

Bahrs, Enno (Ed.) et al.

Proceedings

Resilienz von regionalen und globalen Wertschöpfungsketten der Agrar- und Ernährungswirtschaft

Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.,
No. 58

Provided in Cooperation with:

Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. (GEWISOLA)

Suggested Citation: Bahrs, Enno (Ed.) et al. (2023) : Resilienz von regionalen und globalen Wertschöpfungsketten der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., No. 58, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/283370>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Schriften der Gesellschaft für
Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.
Band 58

2023

RESILIENZ VON REGIONALEN UND GLOBALEN WERTSCHÖPFUNGSKETTEN DER AGRAR- UND ERNÄHRUNGSWIRTSCHAFT

Mit Beiträgen von

Achs, T., Angenendt, E., Baaken, D., Back, H., Bahrs E., Balmann, A., Bardusch, B., Beck, V., Becker, S., Bendel, D., Bergschmidt, A., Berndt, M., Blake-Rath, R., Boesino, M., Böhringer, M., Bonke, V., Christoph-Schulz, I., Cordes, L., Danne, M., di Guida, N., Dusel, S., Efken, J., Ehsani, A., Espey, A., Essich, Chr., Feil, J.H., Feuerbacher, A. Filiptseva, A., Filler, G., Fuchs, C., Gebhardt, B., Geier, C., Gerlach, S., Götz, L., Graubner, M., Gröner, C., Grothe, U., Grottsch, H., Gunarathne, A., Hansen, R., Hellstern, L., Hess, S., Hose, M., Humpsch, M., Hüttel, S., Isenhardt, L., Jaghdani, T., Johansen, U., Johns, J., Jorissen, T., Kantelhardt, J., Karner, K., Köder, M., Kokemohr, L., Kropf, B., Kusserow, K., Lackner, S., Lakes, T., Langer, G., Läßle, D., Lindena, T., Luy, J., Mager, R., Margarian, A., Menauer, V., Mergenthaler, M., Meyer, D., Michels, M., Mittag, F., Mittenzwei, K., Mitter, H., Mohrmann, S., Mußhoff, O., Niedermayr, A., Nordmeyer, E., Nordt, A., Odening, M., Otter, V., Over, C., Paulus, M., Pfaff, S., Poehls, A., Recke, G., Schaller, L., Schaper, Chr., Schipmann-Schwarze, Chr., Schmid, E., Schön, M.-A., Schönhart, M., Schukat, S., Schultheiß, U., Schulze, H., Schulze-Walgern, A., Schünemann, F., Schweiger, W., Seifert, S., Sinabell, F., Sommer, P., Sonntag, W., Sponagel Chr., Steinhübel, L., Tanneberger, F., Thakur, M., Thiele, H., Treu, H., von Gall, P., von Meyer-Höfer, M., Weber, T., Wegemann, J., Weltle, A., Werwatz, A., Wieck, Chr., Witte, F., Wolff, S., Zamani, O.

Im Auftrag der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. herausgegeben von Enno Bahrs, Claudia Bieling, Regina Birner, Jürgen Braun, Sebastian Hess, Stefan Hirsch, Andrea Knierim, Christian Lippert, Nicole Schönleber, Heinrich Schüle, Ramona Weinrich, Christine Wieck.

**62. Jahrestagung der
Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.
vom 7. bis 9.9.2022**

Erstellung der Druckvorlage und Redaktion:

Universität Hohenheim
Fakultät Agrarwissenschaften
Fachgebiet Landwirtschaftliche Betriebslehre
Schloss 1
70599 Stuttgart

1. Auflage 2023

Alle Rechte, auch die der Übersetzung des Nachdrucks
Und der photomechanischen Wiedergabe, auch auszugsweise, vorbehalten

Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.

VORWORT

Die Klimakrise, technologischer und gesellschaftlicher Wandel, Bevölkerungswachstum und damit verbundene Nachfrageänderungen sowie die dramatischen Verluste von Biodiversität und die Übernutzung natürlicher Ressourcen bewirken, dass die Agrar- und Ernährungswirtschaft einem starken Veränderungsdruck unterliegt. Für die agrarische Landnutzung ändern sich vielerorts die natürlichen Standortbedingungen und dadurch langfristig auch die Grundlagen für Anbau- und Tierhaltungssysteme sowie für Ertragspotentiale und -stabilitäten.

Infolge dieser Veränderungen unterliegen auch die Funktionsfähigkeit und Beständigkeit sektoraler Wertschöpfungsketten einer zunehmenden Unsicherheit. Damit sind weitreichende, regional und global wirksame ökologische, ökonomische und gesellschaftliche Auswirkungen verbunden, deren Richtung und Ausmaß oft schwer einzuschätzen sind und die häufig als ökologische und politische Krisen auftreten. Diese Problematik wirft die Frage nach der Resilienz regionaler und globaler Wertschöpfungsketten der Agrar- und Ernährungswirtschaft auf, also ihrer Fähigkeit, mit Veränderungen und Störungen umzugehen, ohne zentrale Funktionen und Leistungen zu verlieren. Gemäß der in den Agrarwissenschaften geforderten systemischen Perspektiven lässt sich diese disziplinär und interdisziplinär ansprechen und differenzieren, sowie auch in unterschiedliche raum-historische Kontexte einbetten. Daher wurde die 62. Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus e.V. (GEWISOLA) vom 07.-09. September 2022 zum Thema „Resilienz von regionalen und globalen Wertschöpfungsketten der Agrar- und Ernährungswirtschaft“ an der Universität Stuttgart Hohenheim abgehalten, in gemeinsamer Verantwortung getragen von der Fakultät Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim und der Fakultät Agrarwirtschaft, Volkswirtschaft und Management der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt, Nürtingen-Geislingen. Für die Tagung wurden drei Themenbereiche eröffnet, zu denen gezielt Beiträge eingeladen wurden:

- Die Erfassung, Beschreibung und Erklärung von Resilienz im Agrar- und Ernährungssektor sowie ihrer potenziellen Gefährdungen;
- Beitrag und Bedeutung verschiedener Akteure bei der Steigerung der Resilienz der agrar- und ernährungswirtschaftlichen Wertschöpfungsketten, in der Landwirtschaft sowie in den vor- und nachgelagerten Stufen der Wertschöpfungsketten, insbesondere angesichts der Klimakrise und zunehmender Witterungsextreme;
- Die Beschreibung und Analyse gesellschaftlicher Transformationsprozesse zur Förderung von Resilienz in Verarbeitung, Handel und Verbrauch von Agrarprodukten mit Fokus auf spezifische Handlungsfelder, wie z. B. die Digitalisierung, Bildung und Beratung und staatliche Fördermaßnahmen; sowie im globalen Kontext die Frage des Umgangs mit Ziel-konflikten zwischen Versorgungsleistungen und der nachhaltigen Gewährleistung von Regulierungs- und kulturellen Leistungen.

Vor Tagungsbeginn fand ein Präkonferenzworkshop zum Thema “Repurposing Agricultural Subsidies for the Transformation of the Food System: Scope, Hope and Challenges” statt. In den Plenarvorträgen zur Eröffnung der Tagung setzte sich zunächst Prof. Dr. Tilmann Brück (Leibniz Zentrum für Gemüse- und Zierpflanzenbau) mit den Auswirkungen der COVID-19 Pandemie anhand von Daten aus vier afrikanischen Ländern auseinander und konnte negative Auswirkungen auf die Ernährungssituation in vielen Bevölkerungsgruppen und eingeschränkte Bewältigungsstrategien vor allem für ärmere Bevölkerungsgruppen ausmachen. In der zweiten Plenarsitzung beleuchteten die Referenten PD Dr. Peter Wehrheim (Europäische Kommission, Direktion Forschung und Innovation) und Prof. Dr. Bedir Tekinerdogan (Wageningen University Research) die Rollen und Spielräume von Wissenschaft und digitalen Informationstechnologien, Ernährungssystemen und damit verbundene unternehmerische Vorhaben mit ihren Resi-

liezpotenzialen. Zum Abschluss der Tagung fand eine Panel-Diskussion mit dem Titel „Welt-ernährung und Ressourcenschutz statt: Wird es nie für alle(s) reichen?“, an der Friedhelm Taube (Christian-Albrechts-Universität Kiel), Matthias Mogge (Welthungerhilfe), Hans Benno Wichert (Landesbauernverband Baden-Württemberg), Pierre Johannes (NABU), Ludwig Striewe (ATR Agrarhandel) und Regina Birner (Universität Hohenheim) teilnahmen. Moderiert wurde diese Diskussion von Guido Hörner (top agrar) und eine besondere Aufmerksamkeit galt den Handlungsoptionen der Akteure in Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft auf regionalen und internationalen Ebenen.

Während der Tagung wurden 38 Arbeitsgruppenvorträge und 26 Poster in Kurzvorträgen präsentiert. Weiterhin fanden drei selbst-organisierte Arbeitsgruppen statt, (i) zur europäisch-afrikanischen Zusammenarbeit in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, (ii) zum Verständnis der Rolle der Landwirte in der deutschen Nitratproblematik und (iii) zu den Auswirkungen der russischen Invasion und Krieg in der Ukraine aus agrarökonomischen Perspektiven. Der vorliegende Tagungsband gibt einen Überblick über die Inhalte der Arbeitsgruppen, Vorträge der verschiedenen Sessions und vorgestellter Poster.

Die Organisatoren und Organisatorinnen der Tagung danken dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft für die Unterstützung der Tagung. Für die Ausrichtung des Abendempfanges danken wir dem Ministerium für Ernährung, ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg, vertreten an diesem Abend durch Frau Ministerialdirektorin Grit Puchan. Ebenso danken wir der landwirtschaftlichen Rentenbank für die gewährte finanzielle Unterstützung.

Wir danken Manuela Richter-Hipfel für die organisatorische Vorbereitung der Tagung und Herrn Rainer Leibfried für die Betreuung der IT und technischen Komponenten. Frau Maria Gerster-Bentaya danken wir für die Unterstützung bei der Erstellung des Tagungsbandes sowie allen, die darüber hinaus zum Gelingen der Tagung beigetragen haben.

Hohenheim, im Juni 2023

Die Mitglieder des lokalen Organisations- und Programmkomitees der GEWISOLA-Jahrestagung 2022: Enno Bahrs, Claudia Bieling, Regina Birner, Jürgen Braun, Sebastian Hess, Stefan Hirsch, Andrea Knierim, Christian Lippert, Nicole Schönleber, Heinrich Schüle, Ramona Weinrich, Christine Wieck.

INHALTSVERZEICHNIS

VORWORT	I
NACHHALTIGKEITSBEWERTUNG UND ERNEUERBARE ENERGIEN.....	1
Ökonomische und agronomische Auswirkungen von Agri-photovoltaik auf die landwirtschaftliche Ackernutzung am Beispiel der Region Stuttgart	3
<i>Christian Sponagel, Arndt Feuerbacher, Daniela Bendel, Tobias Karl David Weber, Enno Bahrs</i>	
Bewertung der Zertifizierungsfähigkeit ausgewählter Carbon Farming Maßnahmen hinsichtlich ihres Klimaschutzeffektes mit ökonomischer Analyse am Beispiel von drei Landkreisen Baden-Württembergs	17
<i>Cecilia Roxanne Geier, Christian Sponagel, Elisabeth Angenendt, Enno Bahrs</i>	
Produktion und Einsatz von synthetischem Diesel in der Landwirtschaft – Simulationen für einen Milchviehbetrieb (Production and Use of Synthetic Diesel in Agriculture – Simulations for a Dairy Farm)	31
<i>Clemens Fuchs, Drees Meyer, Axel Poehls</i>	
AGRICULTURE AND FOOD SECURITY IN DEVELOPING AND TRANSFORMATION COUNTRIES	45
Could Generic Improvement Policies Boost Milk Production in Senegal? A Synthetic Control Mechanism	47
<i>Omid Zamani, Anoma Gunarathne</i>	
RISK AND INSURANCE IN AGRICULTURE	61
Farmers’ Preferences for Satellite-based and Precipitation-based Index Insurance: Insights from Germany.....	63
<i>Eike Florenz Nordmeyer, Oliver Musshoff, Michael Danne</i>	
RESILIENZ UND STRUKTURWANDEL IN DER LANDWIRTSCHAFT.....	77
Multiplikator-, Spillover- und Verdrängungseffekte: Analyse der regionalwirtschaftlichen Bedeutung der Veredlungswirtschaft.....	79
<i>Anne Margarian</i>	
Resilienz und Digitalisierung in der deutschen Agrarwirtschaft: Lehren aus der COVID-19-Pandemie.....	93
<i>Robyn Blake-Rath, Ulrike Grothe</i>	
Resilienz des österreichischen Agrar- und Ernährungssystems – Erkenntnisse aus der AT-Agri-SSPs	107
<i>Katrin Karner, Martin Schönhart, Hermine Mitter, Franz Sinabell</i>	
CLIMATE CHANGE IN AGRICULTURE	121
Governance for Greenhouse Gas Abatement in Norwegian Agriculture.....	123
<i>Lennart Kokemohr, Klaus Mittenzwei</i>	
Framing of Agricultural climate Change Information	133
<i>Doris Läßle</i>	

A Qualitative Behavioral Systems Map for Analyzing Farmers' Actual and Intended Drought Adaptation	151
<i>Bernadette Kropf, Tina Achs, Erwin Schmid, Hermine Mitter</i>	
AGRICULTURAL MARKETS AND TRADE.....	163
Predicting Agricultural Trade Flows under the EU-Japan Free Trade Agreement: A Comparison of CGE Simulations and Gravity Regressions	165
<i>Marvin Berndt, Sebastian Hess</i>	
The Duration and Survival of Salmon Export by Norwegian Firms in the International Markets.....	179
<i>Tinoush Jamali Jaghdani, Ulf Johansen, Maitri Thakur</i>	
Red Meat Consumption as a Benchmark for Food Security During Crisis: Case Study of Meat Crisis and Covid-19 Pandemic in Iran	195
<i>Afsaneh Ehsani, Tinoush Jamali Jaghdani, Linde Götz</i>	
NEUE MÄRKTE UND ERFOLGSFAKTOREN VON START-UPS.....	207
Der Markt für Körnerleguminosen in Deutschland – Ein fragmentierter Markt?...	209
<i>Franziska Mittag, Sebastian Hess</i>	
Erfolgsfaktoren von Agri-food-Startups – Erste empirische Erkenntnisse aus Deutschland.....	223
<i>Sibylle Gerlach, Jan-Henning Feil</i>	
Anpassungsstrategien regionaler Akteure an einen beschleunigten Strukturwandel in einer Veredelungsintensivregion.....	239
<i>Verena Beck, Josef Efken, Anne Margarian</i>	
TECHNOLOGY AND INNOVATION IN AGRICULTURE	153
Comparing Technical-economic and Environmental Performance of Ecological Dairy Farming Systems Farms in Austria	255
<i>Andreas Niedermayr, Lena Schaller, Jochen Kantelhardt</i>	
Applications of Land-use Data from the Integrated Administration and Control System (IACS) in Scientific Research: A Scoping Review Pilot Analysis	267
<i>Heidi Leonhardt, Silke Hüttel, Tobia Lakes, Saskia Wolf</i>	
Factors Affecting the Diffusion of Digital Farming Towards More Resilient Farming Systems – Empirical Evidence from Baden-Württemberg	279
<i>Michael Paulus, Sara Anna Pfaff</i>	
PATHWAYS TO SUSTAINABLE AGRICULTURE.....	291
Factors Influencing the Adoption of Herbicide Resistance Tests in German Agriculture.....	293
<i>Marius Michels, Vanessa Bonke, Oliver Mußhoff</i>	
Social Sustainability of German Dairy Farmers: Development of a Concept for Measuring Social Sustainability and First Results from 8,677 Farms	307
<i>Tomke Lindena</i>	

How – and How Much? An Analysis of Options for a Transformation of German Animal Farming towards Sustainability	323
<i>Philip von Gall, Jörg Luy, Moritz Köder, Marie von Meyer-Höfer</i>	
EINSATZ NEUER TECHNOLOGIEN IN DER AGRARPRODUKTION	333
Strohpellets als innovatives Alternativsubstrat in der Biogasproduktion: Ergebnisse einer empirischen Analyse	335
<i>Sören Mohrmann, Christian Schaper, Verena Otter</i>	
Adoption von Aktivitätsmessungssystemen in der Milchviehhaltung: Identifikation von Einflussfaktoren mittels Customer Journey Analyse	353
<i>Henrike Grotsch, Holger Schulze, Winnie Sonntag, Holger Thiele</i>	
Die Einstellung deutscher Milchviehhalter gegenüber dem Internet der Dinge	369
<i>Greta Langer, Sirkka Schukat</i>	
NUTRITION AND CONSUMER DEMAND	383
European Demand for Plant-Based Dairy Substitutes: Hype or Hope for a Broader Transformation of the Food System	385
<i>Rebecca Hansen, Beate Gebhardt, Sebastian Hess</i>	
SOZIALE ASPEKTE DER NACHHALTIGKEIT DER LANDWIRTSCHAFT	397
Kommunikation zu Bio-Lebensmitteln: Welche Instrumente und Botschaften stärken Verbrauchervertrauen?	399
<i>Nina di Guida, Christin Schipmann-Schwarze, Inken Christoph-Schulz</i>	
Altern in der Landwirtschaft - Ruhestand: Ja oder nein?	411
<i>Kim Marei Kusserow</i>	
Der Kohleausstieg als politisches Modell für die Moorwiedervernässung? Eine Aufstellung der Gemeinsamkeiten und Unterschiede	419
<i>Pia Sommer, Sebastian Lackner, Anke Nordt, Franziska Tanneberger, Johannes Wegemann</i>	
FARMLAND PRICES AND COMPENSATION SCHEMES IN AGRICULTURAL PRODUCTION	341
How does Tenancy Affect Farmland Prices? Effects of Lease Status, Lease Term, and Buyer Type	433
<i>Stefan Seifert, Maximilian Humpsch, Alfons Balmann, Silke Hüttel</i>	
Compensation Options for Quarantine Costs in Plant Production	447
<i>Anna Filiptseva, Günther Filler, Martin Odening</i>	
POSTERSESSION 1: AGRARPOLITIK UND GESELLSCHAFT	461
Erwartungen der Gesellschaft an ein nationales Tierwohl-Monitoring: Ergebnisse einer Online-Befragung	463
<i>Ute Schultheiß, Regina Mager, Hanna Treu, Angela Bergschmidt</i>	
Kommunikationsprobleme zwischen Landwirtschaft und Naturschutz in Deutschland – eine Diskursanalyse	467
<i>Verena Menauer, Wolfgang Schweiger</i>	

Panelmortalität bei einer Befragung zur landwirtschaftlichen Nutztierhaltung im Hinblick auf soziodemografische Merkmale	471
<i>Bea Bardusch, Anna Schulze Walgern, Marcus Mergenthaler</i>	
Policy Beliefs, Argumentationen und Akteur-Koalitionen: Eine vergleichende Analyse der Debatten zur Kastenstandhaltung von Sauen in den Jahren 2019 und 2003	475
<i>Sara Dusel, Christine Wieck</i>	
Renewable Energy Policy Effects and Farmland Markets – The German Perspective	479
<i>Lars Isenhardt, Stefan Seifert, Saskia Wolff, Tobia Lakes, Axel Werwatz, Marten Graubner, Silke Hüttel</i>	
Potenzial landwirtschaftlicher (Rest-)Stoffe für die Bioökonomie in Baden-Württemberg	483
<i>Marius Boesino, Franziska Schünemann</i>	
Einstellungen landwirtschaftlicher Verbände und gemeinnütziger Organisationen zu einem nationalen Tierwohl-Monitoring	487
<i>Regina Magner, Caroline Over, Caroline Gröner, Julia Johns, Ute Schultheiß</i>	
POSTERSESSION 2: MÄRKTE UND HANDEL.....	491
Clustering Consumers of Plant-based Meat According to Their Informational Preferences	493
<i>Laura Hellstern, Beate Gebhardt</i>	
Ein Food Hub für Frankfurt? Eine Studie aus Sicht der Außer-Haus-Verpflegung anhand von Best-Practice-Beispielen aus den USA und Kanada	497
<i>Anna-Mara Schön, Alina Weltle, Marita Böhringer</i>	
The Market Outlook and Production Technologies for Plant-Based Milk and Meat Alternatives - An Expert Survey	499
<i>Amelia Espey, Franziska Schünemann</i>	
Estimating Seasonal Milk Supply Elasticities from Regional Climate Data	501
<i>Dominik Baaken, Sebastian Hess</i>	
POSTERSESSION 3: BETRIEBSWIRTSCHAFT UND UNTERNEHMENSFÜHRUNG	505
Ökonomische Analyse und Treibhausgasbilanzierung von Begleitsaaten in Winterraps	507
<i>Tobias Jorissen, Silke Becker, Guido Recke</i>	
Neighborhood Effects, Urbanization, and Agricultural Commercialization in South India	509
<i>Linda Steinhübel, Johannes Wegmann, Monish Hose</i>	
Kosten-Nutzen-Analyse zur Ansäuerung von organischen Düngemitteln bei der Feldausbringung	513
<i>Larissa Cordes, Tobias Jorissen, Christoph Essich, Guido Recke</i>	
Qualität von Preisvorhersagen gebrauchter Traktoren auf Auktionen durch Landwirte und Händler sowie Studierende im Vergleich zu Planrestwerten.....	515
<i>Felix Witte, Hans Back, Christian Sponagel, Enno Bahrs</i>	

ANHANG	519
Autorenverzeichnis.....	521
Gutachterverzeichnis	523
Jahrestagungen der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. (Stand: Januar 2023).....	525
Anschriften der Mitglieder des Vorstandes und der Geschäftsstelle der Gesell- schaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. (Wahlperi- ode 01.01.2023 bis 31.12.2024)	529
Ehrenmitglieder der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. (Stand: Januar 2023).....	531

NACHHALTIGKEITSBEWERTUNG UND ERNEUERBARE ENERGIEN

ÖKONOMISCHE UND AGRONOMISCHE AUSWIRKUNGEN VON AGRI-PHOTOVOLTAIK AUF DIE LANDWIRTSCHAFTLICHE ACKERNUTZUNG AM BEISPIEL DER REGION STUTTGART

*Christian Sponagel¹, Arndt Feuerbacher, Daniela Bendel, Tobias Karl David Weber,
Enno Bahrs*

Zusammenfassung

Um die angestrebte Klimaneutralität in Deutschland im Jahr 2045 zu erreichen, müssen erneuerbare Energien wie Photovoltaik und Windenergie erheblich ausgebaut werden. Gerade Freiflächen-Photovoltaikanlagen gehen häufig mit einer hohen Flächeninanspruchnahme einher, was zu Konflikten mit anderen Raumnutzungen wie der Landwirtschaft führt. Agri-Photovoltaikanlagen (Agri-PV) bieten das Potenzial die Flächeneffizienz durch gleichzeitige Stromerzeugung und landwirtschaftliche Nutzung bedeutsam zu steigern, weshalb sie explizit im politischen Fokus stehen. Bisherige Forschungsaktivitäten haben sich vor allem mit der Technologie an sich sowie potenziellen Ertragsveränderungen einzelner Kulturarten beschäftigt. Darauf aufbauend leistet diese Studie eine räumlich-explizite Analyse des Potenzials von Agri-PV am Beispiel von Ackerland in der Region Stuttgart, einer der bedeutendsten Ballungsräume in Deutschland. Der Fokus liegt auf den resultierenden agronomischen Auswirkungen in der Region sowie die damit verbundenen ökonomischen Effekte auf Seiten der Landwirtschaft, abseits der Rentabilität der Stromerzeugung. Die Analyse erfolgt mit einem integrierten Landnutzungsmodell, das die ackerbauliche Nutzung auf Schlagebene anhand von Deckungsbeiträgen optimiert. Rechtliche Rahmenbedingungen wie der Regionalplan als Nebenbedingungen werden berücksichtigt und vorhandene Studien zu den Ertragsauswirkungen unter Agri-PV genutzt. Die Ergebnisse zeigen, dass grundsätzlich Synergieeffekte zwischen Landwirtschaft und erneuerbaren Energien möglich sind. Aus der Perspektive der Landnutzung könnten, unter den gesetzten Annahmen, Synergieeffekte bis zu einem Ausmaß von Agri-PV in der Region auf bis zu etwa 4% der Ackerfläche erzielt werden. Bei Anteilen von über 10% sinken die *Deckungsbeiträge im Ackerbau um etwa 270 € je ha Agri-PV. Bei der Wirtschaftlichkeit existieren räumliche Disparitäten basierend auf dem vorherrschenden Kulturartenspektrum. Eine hohe ökonomische Vorzüglichkeit ergibt sich für Betriebe bzw. Räume mit einem hohen Anteil an Sonderkulturen wie Erdbeeren. Dementgegen scheinen Regionen mit hohen Anteilen von Hackfrüchten in der Fruchtfolge eher weniger vorzüglich für die Errichtung von Agri-PV. Die landwirtschaftliche Flächennutzungsstruktur ist somit relevant für die ganzheitliche Bewertung der Flächennutzungseffizienz von Agri-PV-Anlagen. Unsere Ergebnisse helfen politischen Entscheidungsträgern, die Effekte von Agri-PV auf die Landnutzung noch besser einschätzen zu können und sind für die Identifikation prioritärer Umsetzungsräume, u. a. bei Regional- oder Flächennutzungsplänen nützlich.*

Keywords

Agri-Photovoltaik, Energiewende, Ökonomisches Optimum, Agrarpolitik, Region Stuttgart

¹ Universität Hohenheim, Fachgebiet für Landwirtschaftliche Betriebslehre, 410b, Universität Hohenheim, Schwerzstraße 44, 70593 Stuttgart, Christian.Sponagel@Uni-Hohenheim.de

1 Einleitung

Nach den Zielen des Bundes-Klimaschutzgesetzes soll Deutschland bis zum Jahr 2045 klimaneutral sein, wofür vor allem der Anteil an erneuerbaren Energien erheblich gesteigert werden muss (UBA 2021). Um die Versorgungssicherheit dauerhaft gewährleisten zu können, müssen daher vor allem die Wind- und Solarenergie stark ausgedehnt werden, auch zur Reduktion der Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen (PIETRONI et al. 2017). Bis zum Jahr 2030 schätzen PIETRONI et al. (2017) den erforderlichen Bedarf an Solarenergie auf fast 200 GW installierter Leistung, d. h. nahezu eine Vervierfachung der installierten Leistung im Vergleich zu 2021 (BUNDESNETZAGENTUR 2021). Erneuerbare Energien wie Wind und Solar sind aber in der Regel mit einer hohen Raumwirksamkeit verbunden, zumal die notwendige Solarkapazität wohl nicht allein auf Dachflächen realisiert werden kann (NITSCH und MAGOSCH 2021). Insbesondere Freiflächen-Photovoltaikanlagen führen zu einer hohen Flächeninanspruchnahme die dabei im Widerspruch zu anderen Nachhaltigkeitszielen steht (SCHINDELE 2021).

Agri-Photovoltaik (Agri-PV) ist ein Ansatz mit hoher Flächennutzungseffizienz, der eine Integration von landwirtschaftlicher Nutzung und Photovoltaik (PV) mit dem Ziel des Erhalts von Landwirtschaftsflächen ermöglicht (SCHINDELE 2021). Obwohl es weltweit bereits viele Anlagen gibt, spielt die Technologie in Deutschland bisher kaum eine Rolle (SCHINDELE 2021). Aus politischer Sicht steht Agri-PV als innovative Form der Solarenergie in Deutschland aktuell aber explizit im Fokus zur Erreichung der Klimaziele (KOALITIONSVERTRAG ZWISCHEN SPD, FDP und GRÜNE 2021). Im Rahmen der aktuellen EEG Ausschreibung zum 01.04.2022 im Zuge der Innovationsausschreibungsverordnung (InnAusV) werden in § 15 InnAusV Solaranlagen seit dem 01.10.2021 auf Ackerland adressiert. Demnach muss ein gleichzeitiger Nutzpflanzenanbau auf derselben Fläche erfolgen bzw. eine Nutzung durch mehrjährige Kulturen. Dauergrünlandflächen sind dabei ausgeschlossen. Neben der Aufnahme im Rahmen der EEG Ausschreibung, werden Agri-PV-Anlagen auch in der GAP-Direktzahlungen-Verordnung vom 26.11.2021 (GAPDZV) explizit erwähnt. In der neuen GAP-Periode ab 2023 soll die Prämie für landwirtschaftlich nutzbare Flächen unter Agri-PV zu 85% gezahlt werden.

Agri-PV-Anlagen unterliegen als bauliche Anlagen baurechtlichen Restriktionen. Eine Baugenehmigung kann unter Umständen als privilegiertes Vorhaben im Außenbereich nach § 35 Baugesetz (BauGB) erteilt werden bzw. im Rahmen eines vorhabenbezogenen Bebauungsplans (TROMMSDORFF et al. 2020). Nach § 1 Abs. 4 BauGB sind dabei die Ziele der Raumordnung zu berücksichtigen. Im Rahmen der Raumordnung können dann u. a. bestimmte Nutzungen in definierten Räumen explizit ausgeschlossen werden (§ 7 Raumordnungsgesetz).

Die grundsätzliche Idee von Agri-PV wurde bereits von GOETZBERGER und ZASTROW (1982) beschrieben. In Baden-Württemberg wurde im Jahr 2016 eine Pilotanlage errichtet und die Effekte der Verschattung durch die aufgeständerten Solarpaneele auf die Erträge von vier landwirtschaftlichen Kulturarten untersucht (TROMMSDORFF et al. 2020). Die Ergebnisse zeigen, dass Ertragsrückgänge zu erwarten sind, jedoch sind diese sehr kulturarten- und witterungsabhängig. So können sich bei Sonderkulturen wie Erdbeeren sogar positive Ertragseffekte durch die Beschattung ergeben (TANG et al. 2020). Dieses Ergebnis wird auch in der Meta-Analyse von LAUB et al. (2021) zu Ertragsauswirkungen landwirtschaftlicher Kulturen durch unterschiedliche Verschattungsgrade bestätigt. Eine ökonomische Betrachtung von Agri-PV erfolgt z. B. bei FEUERBACHER et al. (2021) oder TROMMSDORFF (2016). In den genannten Studien finden jedoch keine Betrachtungen der räumlichen Ebene statt. Nach unserem Kenntnisstand gibt es noch keine Studie, die die ökonomischen und agronomischen Auswirkungen von Agri-PV simultan auf die landwirtschaftliche Nutzung mit Hilfe eines räumlich hochaufgelösten integrierten Landnutzungsmodells untersucht. Vor diesem Hintergrund untersucht der vorliegende Beitrag Agri-PV auf Ackerland am Beispiel der Region Stuttgart aus Sicht der landwirtschaftlichen Flächennutzung, wobei eine grundsätzliche Rentabilität der Stromerzeugung durch Agri-PV vorausgesetzt wird. Die InnAusV fixiert Gebote bei Agri-PV derzeit auf 7,5 Cent je kWh. Die

Stromgestehungskosten liegen aktuell noch bei ca. 9 Cent je kWh, jedoch könnten ähnlich wie bei Freiflächenanlagen die Kosten mit der Zeit sinken (TROMMSDORFF et al. 2020). Die Region Stuttgart ist einer der ökonomisch bedeutendsten Ballungsräume in Europa (DISPAN et al. 2021). In diesem Kontext werden unterschiedliche Szenarien zur Deckung des Energiebedarfs in der Region durch Agri-PV betrachtet. Wesentliche Forschungsfragen sind inwiefern der Ausbau von Agri-PV agronomische und ökonomische Auswirkungen auf die ackerbauliche Nutzung hat und welche Standorte aus landwirtschaftlicher Sicht am ehesten ein Umsetzungspotenzial bieten. Aus den Ergebnissen werden Handlungsempfehlungen zur Entwicklung von Agri-PV am Beispiel der Region Stuttgart abgeleitet, mit dem Ziel einer Übertragbarkeit auf andere Metropolregionen in Deutschland und weltweit. Zu diesem Zweck nutzen wir ein geodatenbasiertes integriertes Landnutzungsmodell, wobei auch rechtliche Restriktionen hinsichtlich der Raumordnung Berücksichtigung finden.

2 Rahmenbedingungen für Agri-PV in der Region Stuttgart

Die Region Stuttgart besteht aus den Landkreisen Böblingen, Esslingen, Göppingen, Ludwigsburg, Rems-Murr-Kreis sowie dem Stadtkreis Stuttgart, deren ackerbauliche und rechtliche Rahmenbedingungen für Agri-PV nachfolgend skizziert werden.

2.1 Ackerbauliche Nutzung in der Region Stuttgart

Die Ackerfläche in der Region Stuttgart beträgt gemäß den Daten des Gemeinsamen Antrags 2021² etwa 72.120 ha. Dabei unterscheidet sich die Ackerlandnutzung deutlich zwischen den Landkreisen (Tabelle 1). Sonderkulturen nehmen in Stuttgart und Esslingen mit 10% bzw. 9% einen vergleichsweise hohen Anteil an der Ackerfläche ein. In den Landkreisen Böblingen und Göppingen dominiert vor allem der Anbau von Getreide mit Flächenanteilen von knapp 60%.

Tabelle 1. Überblick über den Umfang sowie Nutzung des Ackerlands in den Landkreisen der Region Stuttgart im Jahr 2021

Landkreis	Ackerland in ha	Anbauanteile von Feldfrüchten in den Landkreisen im Jahr 2021 in %					
		Ackerfutter und Mais	Hackfrüchte	Getreide	Ölsaaten	Gemüse & Beeren	Sonstiges
Böblingen	14.661	19,1	6,5	59,0	8,8	1,4	5,1
Esslingen	9.572	27,4	2,1	50,6	3,1	9,2	4,8
Göppingen	11.955	32,0	0,3%	55,8	7,6	0,2	2,2
Ludwigsburg	23.418	29,4	12,0%	52,4%	1,7	2,4	5,1
Rems-Murr-Kreis	11.116	36,8	3,0	47,9%	2,8	3,0	3,9
Stuttgart	1.398	21,3	7,1	41,7%	1,3	10,2	11,1
Region Stuttgart	72.120	28,7	6,2	53,2	4,3	3,0	4,5

2.2 Rechtliche Rahmenbedingungen für Agri-PV in der Region Stuttgart

Bei der Aufstellung eines vorhabenbezogenen Bebauungsplans sind nach dem Baurecht die Ziele der Raumordnung zu berücksichtigen. Deshalb wurde seitens des Verbandes Region Stuttgart der aktuelle Regionalplan zur Verfügung gestellt, der u. a. Festlegungen zu den Grünzäsuren, Flächen für den Rohstoffabbau bzw. -sicherung enthält. Diese sind nach Auskunft des Verbandes Region Stuttgart (Mündliche Auskunft von Frau Jahnz, 15.03.2021) ein grundsätzliches Ausschlusskriterium für Agri-PV. Regionale Grünzüge wurden nicht als Restriktion berücksichtigt, da innerhalb der Grünzüge in der Praxis dennoch eine Errichtung von PV-Anlagen gestattet werden kann (siehe z. B. REGIONALVERBAND HEILBRONN-FRANKEN

² Die Daten wurden vom MLR Baden-Württemberg zur Verfügung gestellt.

(2020)). In Anlehnung an den Kriterienkatalog für die Errichtung von Freiflächen-PV-Anlagen nach LUBW (2021b) wurden Restriktionen hinsichtlich des Umwelt- und Naturschutzes festgelegt. Zudem wurde angenommen, dass Agri-PV auf Flächen mit einer mittleren Hangneigung von über 7% nicht möglich ist (Mündliche Auskunft von Herrn Schindele, BayWa AG, 15.11.2021). Nach Berücksichtigung aller Restriktionen (Tabelle 2) ist Agri-PV grundsätzlich auf 45.495 ha bzw. 63% der Ackerfläche in der Region Stuttgart möglich.

Tabelle 2. Restriktionen hinsichtlich der Errichtung von Agri-PV-Anlagen

Restriktion	Datenquelle
Grünzäsuren	Regionalplan des Verbandes Region Stuttgart
Gebiet für den Abbau oberflächennaher Rohstoffe	Regionalplan des Verbandes Region Stuttgart
Gebiete zur Sicherung von Rohstoffvorkommen	Regionalplan des Verbandes Region Stuttgart
Naturschutzgebiete	LUBW (2021a)
Biotope	LUBW (2021a)
Biosphärengebiete	LUBW (2021a)
Flächenhafte Naturdenkmale	LUBW (2021a)
Wasserschutzgebiete (Zone 1 und 2)	LUBW (2021a)
Überschwemmungsgebiete HQ 100	LUBW (2021a)
Nähe zum Waldrand (< 30 m)	BKG (2021a)
Mittlere Hangneigung (> 7 %)	BKG (2021b)

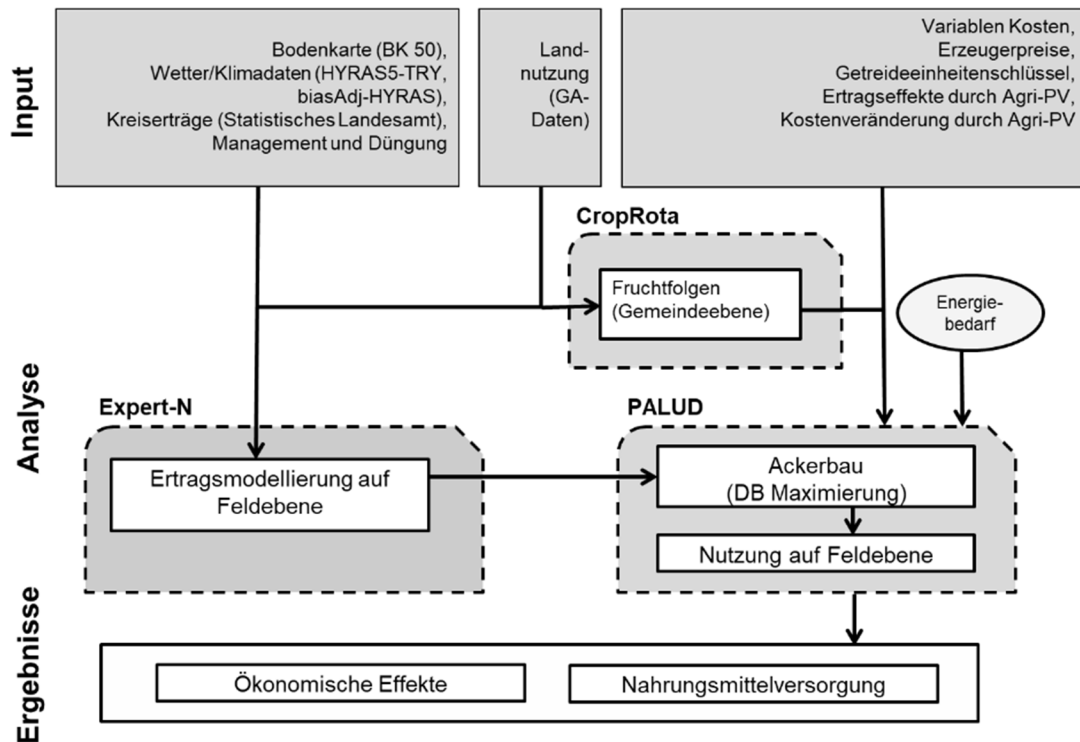
3 Material und Methoden

Das folgende Kapitel gibt zunächst einen Überblick über das verwendete integrierte Landnutzungsmodell sowie die Annahmen hinsichtlich der Auswirkungen von Agri-PV auf landwirtschaftliche Deckungsbeiträge unter der Anlage.

3.1 Übersicht über das integrierte Landnutzungsmodell

Abbildung 1 zeigt schematisch das integrierte Landnutzungsmodell mit den gekoppelten Modellen CropRota (SCHÖNHART et al. 2011), Expert-N (PRIESACK 2006) sowie PALUD (SPONAGEL et al. 2022). Alle Modellkomponenten werden nachfolgend ausführlich erläutert.

Abbildung 1. Schematische Übersicht über das integrierte Landnutzungsmodell.



3.2 Ertragssimulationen mit Expert-N

Projektionen der Ertragsentwicklungen bis 2050 wurden für sieben ausgewählte Kulturen (Silomais, Körnermais, Zuckerrüben, Kartoffeln, Winterweizen, Sommergerste, Wintererbsen) mit dem biophysikalischen Agrarökosystemmodell Expert-N (PRIESACK 2006) auf Schlägebene auf Basis des Szenarios RCP8.5 (*business-as-usual*) mit einem Klimaensemble simuliert. Die durchschnittlichen Erträge der simulierten Feldfrüchte zwischen 2020 und 2050 sind als exogene Daten ins Modell PALUD eingeflossen. Winterweizen wurde dabei als Indikator für den relativen Ertrag weiterer Wintergetreidearten wie Wintergerste herangezogen. Diese sieben Feldfrüchte machen insgesamt mehr als 75% der Ackerfläche in der Region Stuttgart im Jahr 2021 aus. Für alle weiteren Kulturarten wie Gemüse und Beeren wurden gemäß der natürlichen Bodenfruchtbarkeit aus der Bodenkarte 50 (LGRB 2015) jeweils drei Ertragsstufen gebildet.

3.3 CropRota

CropRota ist ein Fruchtfolgemodell auf Grundlage linearer Programmierung, das zur Ableitung typischer Fruchtfolgen auf Basis der beobachteten Landnutzung sowie einer agronomischen Experteneinschätzung genutzt wird (SCHÖNHART et al. 2011). Mit Hilfe von CropRota wurden auf Ebene der 179 Kommunen in der Region Stuttgart drei- bzw. vierjährige Fruchtfolgen inkl. Sonderkulturen auf Basis der Anteile der einzelnen Kulturarten im Jahr 2021 gemäß den Daten des Gemeinsamen Antrags abgeleitet. Im Durchschnitt wurden je Kommune etwa 15 Fruchtfolgen simuliert. Die Fruchtfolgen wurden anschließend in PALUD integriert.

3.4 PALUD

PALUD (SPONAGEL et al. 2022) ist ein ökonomisches geodatenbasiertes Landnutzungsmodell auf Basis linearer Programmierung. In der Zielfunktion wird die Landnutzung auf Ebene der Ackerschläge ($n=76.280$) anhand der Summe der Deckungsbeiträge (DB) aller Ackerschläge unter Restriktionen optimiert. Die Landnutzung eines Ackerschläges ergibt sich dabei aus den mit CropRota generierten verfügbaren möglichen Fruchtfolgeoptionen in der jeweiligen Kom-

mune und den damit verbundenen Deckungsbeiträgen. Diese wurden anhand der räumlich-differenzierten Erträge (siehe Kapitel 3.2) sowie Standardkalkulationsdaten berechnet (LEL 2021; LFL 2021; KTBL 2021). Dies erfolgte modellendogen, wobei die Düngungskosten in Anlehnung an die Erträge und Nährstoffgehalte in Anlage 7 der Düngeverordnung berücksichtigt wurden. Bei Ackerfutter inkl. Silomais wurde zudem von einer überwiegend organischen Düngung ausgegangen (ca. 30% Stickstoff mineralisch). Ackerfutter wurde in Anlehnung an Mais-silage mit 0,22 € je 10 MJ NEL bewertet (AMI 2019, 2020, 2021). Zudem wurden anlehnend an die GAPDZV Flächenprämien von 150 € je ha angesetzt bzw. 127,50 € bei Agri-PV-Nutzung. Die Optimierung der Zielfunktion oblag dabei der Bedingung, die Menge an Ackerfutter im Status Quo 2021 in MJ NEL auf kommunaler Ebene zu decken. Ferner musste der Anteil stillgelegter Ackerfläche im Vergleich zum Jahr 2021 auf kommunaler Ebene konstant bleiben. Zudem wurde angenommen, dass die Anbaufläche von Futtergetreide wie Wintergerste in der Region bei mind. 60% verbleiben muss, um den Bedarf der Tierhaltung zu decken (BLE 2020). Um im Modell eine Flexibilität hinsichtlich des künftiges Anbaus zu ermöglichen, wurde angenommen, dass eine Flächenausdehnung der Kulturarten um 25% bzw. 20% auf kommunaler bzw. Regionsebene möglich ist (HAB et al. 2020). Zur Antizipation der Nahrungsmittelversorgung in der Region, als Nebenziel, wurde die Getreideeinheit als standardisierter Indikator verwendet und modellendogen kalkuliert (MÖNKING et al. 2010).

3.5 Annahmen zur Agri-PV-Anlage sowie deren Auswirkungen auf den Ackerbau

In Anlehnung an die in SCHINDELE et al. (2020) betrachtete Pilotanlage in Baden-Württemberg wurde je Hektar Agri-PV eine installierte elektrische Leistung von 0,52 MWp angesetzt. Die PV-Module sind aufgeständert und fest installiert mit Süd-West-Ausrichtung. Dies erlaubt eine Durchfahrtsbreite von ca. 5 m und eine Durchfahrtsbreite zwischen den Stützreihen von etwa 19 m mit landwirtschaftlichen Maschinen (SCHINDELE et al. 2020). Bei den betrachteten Kulturarten bzw. Fruchtfolgen in PALUD kann somit die gleiche Flexibilität bei Anbauentscheidungen als bei einer Fläche ohne Agri-PV unterstellt werden, da es sich z. B. nicht um ein spezielles Agri-PV-Design für Obstplantagen etc, handelt. Durch die Aufständigung wurde eine Reduktion der landwirtschaftlich nutzbaren Fläche unter Agri-PV von 8% angenommen (TROMMSDORFF et al. 2020). Außerdem ergaben sich durch die Aufständigung Auswirkungen auf die Bewirtschaftungskosten der nutzbaren Fläche unter der Anlage (TROMMSDORFF 2016). So wurden eine Erhöhung der variablen Maschinenkosten um 2% bzw. bei Kosten für Lohnmaschinen um 5% angenommen (TROMMSDORFF 2016). Dementgegen kann die Anlage den darunter angebauten Kulturen einen Schutz vor Hagelschäden bieten, sodass bei der Hagelversicherung eine Kostenreduktion um 10% angenommen wurde (TROMMSDORFF 2016). Außerdem wurde von einer Verringerung der nutzbaren Sonneneinstrahlung durch die Kulturen unter Agri-PV von 35% ausgegangen (TROMMSDORFF et al. 2020). Tabelle 3 gibt eine Übersicht über die angenommenen relativen Ertragsverluste durch Agri-PV basierend auf Studien von LAUB et al. (2022), ARTRU et al. (2018), ZHANG und FLOTTMANN (2015) und TROMMSDORFF et al. (2020). Demnach wird z. B. bei Weizen ein Ertragsverlust von 30% angesetzt, bei Mais ist dieser mit ca. 50% noch höher.

Tabelle 3. Auswirkungen der Beschattung durch Agri-PV auf die Kulturarten

Kulturart	Ackerfutter	Mais	Gemüse	Kartoffeln	Körnerleguminosen	Ölsaaten	C3 Getreide	Zuckerrüben	Beeren
Relativer Ertrag bei Agri-PV in %	95	51,5	90,1	66,6	56,6	80	67,7	70	115,6

3.6 Entwicklungsszenarien für Agri-PV in der Region

Nitsch und Magosch (2021) beschreiben einen Ausbaupfad für erneuerbare Energien, der für die Erreichung des Klimaneutralitätsziel von Baden-Württemberg bis 2040 nötig ist. Hiervon wurden die Agri-PV Entwicklungsszenarien für die Region Stuttgart abgeleitet. Die in 2020 geschätzte installierte Leistung und Stromerzeugung nach Energieträger sowie der Stromverbrauch wurde für das Land Baden-Württemberg von Nitsch und Magosch (2021) übernommen. Demnach liegt der notwendige Bedarf an PV im Jahr 2040 bei etwa 38,66 GWp installierter Leistung in Baden-Württemberg. Im Jahr 2017 hatte die Region Stuttgart basierend auf Steidle (2021) einen Anteil von etwa 21% am Stromverbrauch in Baden-Württemberg. Bei Übertragung des projizierten Ausbaubedarfs von PV in Baden-Württemberg auf die Region Stuttgart ergibt sich somit ein Bedarf von knapp 8,3 GWp bis 2040. Dies umfasst alle Arten von PV einschließlich Anlagen auf Dachflächen. Im Jahr 2018 betrug die Summe der installierten PV-Leistung in der Region Stuttgart etwa 0,8 GWp, davon knapp 99% auf Dachflächen (LUBW 2022). Darauf aufbauend wurden drei Ausbauszenarien für Agri-PV erstellt (Tabelle 4).

Tabelle 4. Übersicht über die Agri-PV Ausbauszenarien

Szenario		Ausbau von Agri-PV in GWp	Fläche Agri-PV in ha	Anteil an Ackerfläche in %	Anteil Agri-PV am PV-Bedarf bis 2040 in %
1	Geringer Ausbau	1	1.923	2,7	12
2	Mittlerer Ausbau	3	5.769	8,0	36
3	Hoher Ausbau	5	9.615	13,3	60

Szenario 1 („geringer Ausbau“) basiert auf der Annahme, dass 1 GWp durch Agri-PV gedeckt wird, d. h. ein Anteil von knapp 12% des PV-Bedarfs. Szenario 2 („mittlerer Ausbau“) geht davon aus, dass 3 GWp durch Agri-PV bereitgestellt werden und Szenario 3 („hoher Ausbau“) nimmt einen Agri-PV-Ausbau von 5 GWp an. Die Ackerflächenanteile unter Agri-PV variieren somit stark zwischen 2,7% und 13,3% in der Region Stuttgart.

4 Ergebnisse

Hinsichtlich der Vorzüglichkeit von Agri-PV-Anlagen auf Ackerland zeigen sich deutliche Disparitäten in der Region Stuttgart (Tabelle 5). Bei einem moderaten Ausbau von Agri-PV in Szenario 1 von 1 GWp sind mehr als 50% der Agri-PV-Flächen in den Landkreisen Ludwigsburg mit hohem Hackfruchtanteil und Böblingen mit dem höchsten Getreideanteil der Region am Ackerland lokalisiert.

Tabelle 5. Verteilung der Agri-PV-Flächen in den Szenarien nach Landkreis

Landkreis	Ackerland unter Agri-PV in ha nach Szenario			Anteil der gesamten Agri-PV-Fläche in der Region nach Szenario in %		
	1	2	3	1	2	3
Böblingen	362	1.253	2.300	18,8	21,7	23,9
Esslingen	260	950	1.497	13,5	16,5	15,6
Göppingen	19	773	2.218	1,0	13,4	23,1
Ludwigsburg	628	1.186	1.502	32,7	20,5	15,6
Rems-Murr-Kreis	420	1.314	1.774	21,8	22,8	18,5
Stuttgart	235	293	324	12,2	5,1	3,4

Im Verhältnis zum Anteil am Ackerland befindet sich zudem ein Großteil der Agri-PV-Flächen in den Landkreisen Stuttgart und Esslingen, welche durch einen besonders hohen Anteil an

Sonderkulturen wie Erdbeeren charakterisiert sind. Nur 1% der Agri-PV-Fläche wäre demnach im Landkreis Göppingen etabliert, in dem kaum Sonderkulturen angebaut werden. Mit zunehmender Ausdehnung von Agri-PV in der Region ändern sich allerdings die Flächenverhältnisse zwischen den Landkreisen. So sind in Szenario 3 (5 GWp) nur noch etwa 39,5% der Agri-PV-Flächen in den Landkreisen Ludwigsburg und Böblingen umgesetzt. In Stuttgart kann in Szenario 3 im Vergleich zu Szenario 2 (3 GWp) nur noch eine geringe Ausdehnung der Agri-PV-Flächen beobachtet werden. Dies ist anders im Landkreis Göppingen, der in Szenario 3 etwa 23% der gesamten Agri-PV-Fläche in der Region ausmacht.

Auch innerhalb der einzelnen Landkreise gibt es räumliche Disparitäten (Abbildung 2). So weisen z. B. die Kommunen Stuttgart, Herrenberg, Geislingen an der Steige und Nürtingen vergleichsweise hohe Flächenumfänge für Agri-PV auf. Während sich die Agri-PV-Fläche in Szenario 1 vor allem auf den westlichen Teil der Region konzentriert, kann in Szenario 3 auch eine zunehmende Flächenausdehnung im östlichen Teil der Region beobachtet werden.

Abbildung 2. Gesamtpotenzial bzw. Flächenumfänge von Agri-PV gemäß eigener Berechnung in den einzelnen Szenarien nach Kommune (BKG 2018)

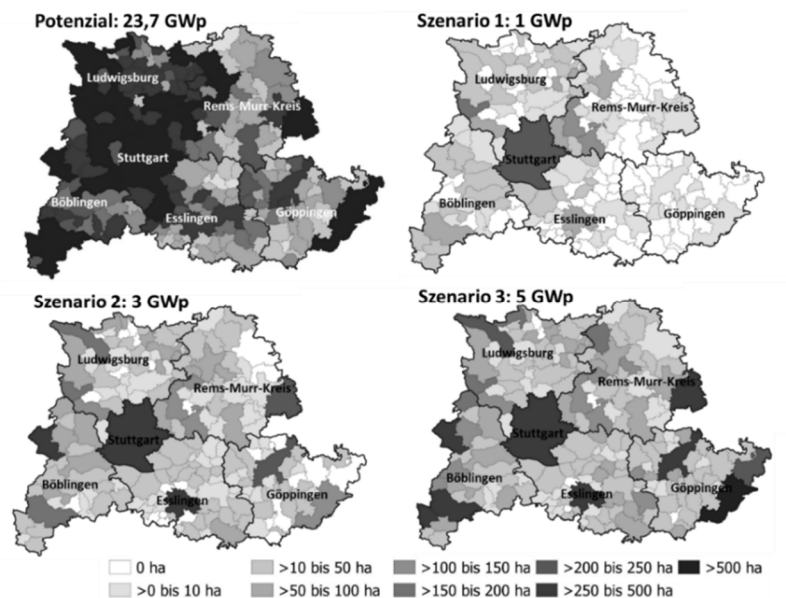


Tabelle 6 gibt eine Übersicht über die Flächennutzung unter Agri-PV-Anlagen in den Szenarien. In Szenario 1 (1 GWp) werden mit knapp 30% ein erheblicher Anteil von Sonderkulturen wie Gemüse und Erdbeeren unter Agri-PV angebaut. Weitere etwa 50% der Nutzung machen Sommer- und Wintergetreide aus. Ackerfutter und Ölsaaten werden unter diesen Annahmen nahezu gar nicht unter Agri-PV-Anlagen kultiviert. Im mittleren Szenario 2 (3 GWp) ändert sich allerdings das Anbauspektrum unter Agri-PV. Der Anteil an Gemüse und Beeren nimmt auf etwa 13% ab, wohingegen das Ackerfutter nun mit über 40% einen erheblichen Umfang der Flächennutzung ausmacht. Auch der Anteil von Wintergetreide geht zurück. Lediglich im Stadtkreis Stuttgart machen Gemüse und Beeren mit etwa einem Drittel an der Landnutzung unter Agri-PV noch einen erheblichen Anteil aus. In Szenario 3 (5 GWp) werden auch Ölsaaten in größerem Flächenumfang mit einem Anteil von ca. 9% an der gesamten Agri-PV-Fläche kultiviert. Im Gegenzug kommt es zur Reduktion des Anteils an Ackerfutter, wobei Wintergetreide wiederum auf einen Anteil von etwa 30% zunimmt. Kartoffeln werden in keinem Szenario unter Agri-PV kultiviert. Zuckerrüben machen in Szenario 3 mit ca. 1,7% der Fläche unter Agri-PV ebenfalls nur einen geringen Anteil aus.

Betrachtet man die gesamte Ackerfläche in der Region, dann gibt es in Szenario 1 im Vergleich zur Referenz keine Veränderungen bei den Anteilen der einzelnen Kulturarten. Lediglich in Szenario 3 sind im Vergleich zur Referenz Tendenzen einer Auswirkung von Agri-PV auf das

Anbauspektrum in der Region erkennbar. So sinkt der Anteil von Wintergetreide an der Ackerfläche um 0,6%, wobei der Anteil von Sommergetreide um etwa 0,1% zulegt. Ebenso kann bei Mais eine Zunahme um etwa 0,1% der Ackerfläche in der Region beobachtet werden. Zudem nimmt die Anbaufläche von Eiweißpflanzen um etwa 6% ab bzw. um ca. 0,1% der gesamten Ackerfläche. Außerdem nimmt die Anbaufläche von Zuckerrüben um etwa 3% ab. Bei Kartoffeln und Ölsaaten können hingegen auch in Szenario 3 keine Auswirkungen durch Agri-PV festgestellt werden.

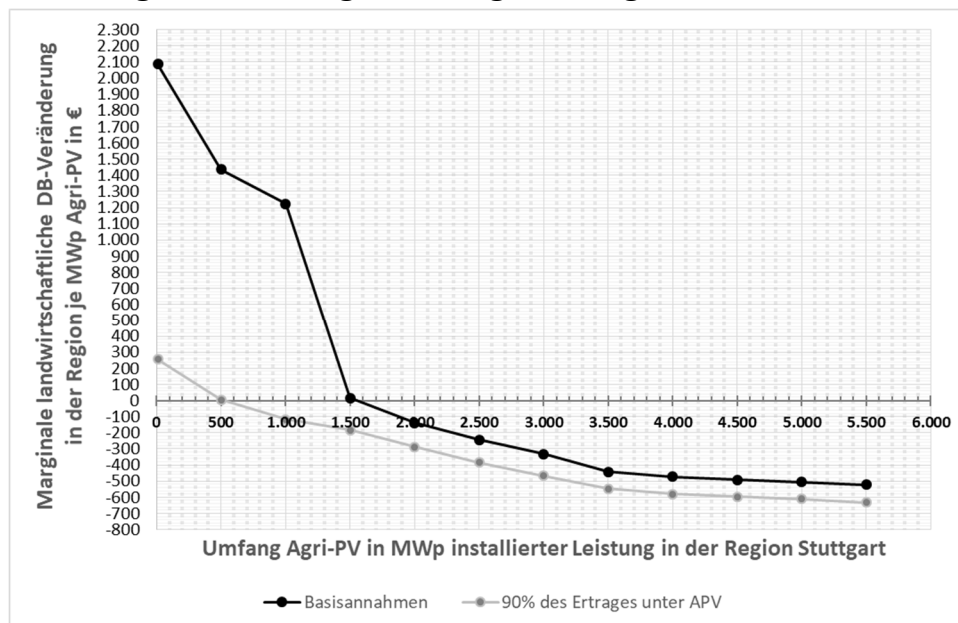
Tabelle 6. Fläche der Kulturarten unter Agri-PV nach Landkreis und Szenario in ha

Landkreis	Anbauumfang der Kulturarten unter Agri-PV in ha								
	Ackerfutter	Körnerleguminosen	Mais	Ölsaaten	Sommergetreide	Gemüse & Beeren	Sonstige Kulturarten	Wintergetreide	Zuckerrüben
Szenario 1									
Böblingen	4	5	4	3	138	95	13	74	25
Esslingen	1	3	36	0	21	86	8	105	0
Göppingen	0	0	3	0	4	5	0	7	0
Ludwigsburg	0	48	29	0	76	160	6	246	64
Rems-Murr-Kreis	0	0	43	0	63	121	1	138	53
Stuttgart	0	0	78	0	0	78	0	78	0
Summe in ha	5	56	194	3	303	545	28	648	143
Anteil Region	0,3%	3,0%	10,6%	0,2%	16,6%	29,8%	1,5%	35,4%	7,4%
Szenario 2									
Böblingen	722	5	2	3	273	106	34	70	38
Esslingen	422	7	85	0	92	134	24	186	0
Göppingen	526	0	73	0	44	5	16	108	0
Ludwigsburg	277	76	68	8	73	203	62	359	60
Rems-Murr-Kreis	511	3	116	0	93	197	34	304	57
Stuttgart	36	22	56	0	22	78	0	78	0
Summe in ha	2.493	113	400	11	598	724	171	1105	156
Anteil Region	43,2%	2,0%	6,9%	0,2%	10,4%	12,5%	3,0%	19,1%	2,7%
Szenario 3									
Böblingen	888	5	2	232	436	106	71	517	41
Esslingen	497	7	89	94	206	134	36	434	0
Göppingen	525	2	87	406	242	5	21	931	0
Ludwigsburg	376	76	74	48	95	203	138	430	62
Rems-Murr-Kreis	573	3	129	86	172	197	46	511	57
Stuttgart	41	26	52	0	26	78	22	78	0
Summe in ha	2.899	118	432	867	1.178	724	335	2.902	161
Anteil Region	30,2%	1,2%	4,5%	9,0%	12,2%	7,5%	3,5%	30,2%	1,7%

Abbildung 3 zeigt die marginalen Veränderungen des gesamten landwirtschaftlichen DB der Ackerernutzung in der Region in Abhängigkeit der installierten elektrischen Leistung von Agri-

PV. Unter den Annahmen hinsichtlich der Ertragsauswirkungen gemäß Kapitel 3.5 können bis zu einer Installation von etwa 1.500 MWp, d. h. zwischen Szenario 1 und 2, positive Auswirkungen auf den Deckungsbeitrag bzw. marginale Erträge in der Region verzeichnet werden. Dies trifft auch in Bezug auf den DB in jedem einzelnen Landkreis zu. Ab etwa 3.500 MWp steigen die marginalen Kosten von Agri-PV nur noch geringfügig und liegen bei 5.500 MWp bei etwa 520 € je MWp bzw. ca. 270 € je ha. Jedoch gibt es hinsichtlich der ökonomischen Auswirkungen regionale Disparitäten. So beträgt der Mehrerlös in Bezug auf den DB durch Agri-PV in Szenario 3 in Stuttgart durchschnittlich knapp 650 € je ha Agri-PV, wobei im Landkreis Göppingen Kosten von durchschnittlich etwa 210 € je ha Agri-PV entstehen. Im Landkreis Böblingen würde der durchschnittliche Mehrerlös je ha Agri-PV noch bei etwa 10 € liegen.

Abbildung 3. Marginale landwirtschaftliche DB-Veränderung je MWp installierter Agri-PV Leistung in der Region Stuttgart



Abweichend von den Ertragsannahmen in Kapitel 3.5 wurde zudem eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. D. h. es wurden 90% des Ertrages unter Agri-PV in Relation zu 3.5 angenommen. Unter diesen Bedingungen können nur bis zu einer installierten Gesamtleistung von etwa 500 MWp positive Auswirkungen auf den DB in der Region beobachtet werden. D. h. in Szenario 1 betragen die marginalen Kosten etwa 120 € je MWp Agri-PV. Jedoch kann beobachtet werden, dass sich die Verläufe der Kosten bei einer größeren Ausdehnung von Agri-PV annähern. Bei 5.500 MWp liegen die Kosten etwa 100 € je MWp auseinander. Die Ausdehnung von Agri-PV reduziert die Nahrungsmittelversorgung in Szenario 1 (1 GWp) von etwa 0,7% bis zu ca. 2,7% in Szenario 3 (5 GWp) in Getreideeinheiten.

5 Diskussion

Die Ergebnisse zeigen generell, dass in Abhängigkeit des Ausbaus von Agri-PV auf Ackerland durchaus Synergieeffekte zwischen Landwirtschaft und der Erzeugung von erneuerbaren Energien möglich sind. Dies steht im Einklang mit anderen Studien (z. B. DINESH und PEARCE (2016)). In Bezug auf den Gesamtdeckungsbeitrag in der Region können bis zu einem Ausbau von Agri-PV auf etwa 1.500 MWp installierter Leistung marginale Erträge erzielt werden. Das bedeutet, dass bis zu diesem Punkt Synergieeffekte zwischen Landwirtschaft und Stromerzeugung generiert werden können. Dies würde knapp 2.900 ha Ackerland bzw. knapp 4% der Ackerfläche in der Region entsprechen. Eine darüber hinausgehende Ausdehnung würde mit höheren Kosten einhergehen. In Szenario 3 (5 GWp) liegen die Kosten in einem Bereich zwischen 260 € und 320 € je ha Agri-PV. Gemessen am Stromertrag der Agri-PV-Anlage machen

diese DB-Veränderungen in der Landwirtschaft allerdings weniger als 0,1 Cent der Stromgestehungskosten je kWh aus (TROMMSDORFF et al. 2020). Gemäß der InnAusV ist die landwirtschaftliche Nutzung unter der Anlage jedoch verpflichtend, sodass aus Sicht der Landwirtschaft DB-Veränderungen in dieser Größenordnung dennoch relevant sind, auch bezüglich der Art und des Umfangs einzelner Fruchtfolgeglieder unter Agri-PV.

Vor allem in Kommunen mit hohen Anteilen an Sonderkulturen wie Erdbeeren in Verbindung mit Getreideanbau kann Agri-PV zu einer besonders hohen Flächeneffizienz beitragen. Dies schließt auch Kommunen mit vergleichsweise hoher durchschnittlicher Bodengüte gemäß LGRB (2015) ein, was sich am Beispiel Stuttgart zeigte. Gerade für Freiflächen-PV sollen gemäß der Freiflächenöffnungsverordnung (FFÖ-VO) besonders geeignete landwirtschaftliche Nutzfläche möglichst nicht in Anspruch genommen werden. Nach den Ergebnissen kann sich eine optimale Flächenkulisse für Agri-PV somit von derer für Freiflächen-PV unterscheiden. Die Vorzüglichkeit von Agri-PV in Kommunen bzw. landwirtschaftlichen Betrieben mit hohen Anteilen an Hackfrüchten sowie Mais in der Fruchtfolge kann vergleichsweise geringer sein. Dementgegen schließen SCHINDELE et al. (2020) auf eine ökonomische Vorzüglichkeit des Kartoffelanbaus unter Agri-PV, was nicht bestätigt werden konnte. Denn gerade bei Kartoffeln können auch geringe Ertragseinbußen eine hohe Reduktion des Erlöses bedeuten. Auch bei einem hohen Agri-PV-Flächenumfang in Szenario 3 (knapp 13% der Ackerfläche) konnten nur marginale Auswirkungen auf das Anbauspektrum in der Region festgestellt werden.

In dieser Studie lag der Fokus gemäß der aktuellen Rahmenbedingungen hinsichtlich dem EEG auf Ackerland. Jedoch existiert möglicherweise auch auf Grünlandflächen ein Potenzial für Agri-PV, das künftig ebenfalls betrachtet werden sollte. Hinsichtlich der technischen Rahmenbedingungen wurde eine einheitliche Spezifikation gewählt, jedoch können z. B. durch einen geänderten Abstand der Module oder deren Ausrichtung andere Verschattungseffekte und damit andere Auswirkungen auf die Erträge auftreten (TROMMSDORFF et al. 2020). Zudem zeigte sich eine hohe Sensitivität der marginalen landwirtschaftlichen Kosten von Agri-PV im Hinblick auf die Ertragsauswirkungen der Beschattung. Dies ist vor allem durch den Einfluss der Ertragsauswirkungen auf die Deckungsbeiträge bei Beeren bedingt.

In Bezug auf die methodische Vorgehensweise müssen Unsicherheiten hinsichtlich der Modellierung erwähnt werden. Dies betrifft die Ertragssimulation mit Expert-N, insbesondere da die Auswirkungen der am Tage zeitweise auftretenden Verschattung durch die Agri-PV Module auf die Photosyntheseleistung noch nicht vollständig bekannt sind. Die daraus resultierenden Effekte auf die Ertragsbildung würden vor allem die absoluten Kosten der Ackernutzung unter Agri-PV betreffen. Die Fruchtfolgen aus CropRota stellen typische Fruchtfolgen dar, die jedoch von der Realität abweichen können (SCHÖNHART et al. 2011). Weitere Modellunsicherheiten betreffen Restriktionen in PALUD wie z. B. Ackerfütterrestriktionen oder Stilllegungsflächen, die sich durch die GAP-Reform ändern können. Im Rahmen dieser Studie lag der Fokus ausschließlich auf den Auswirkungen von Agri-PV auf landwirtschaftliche Ackernutzung abseits der Profitabilität der Stromerzeugung. In diesem Kontext wurden auch Faktoren wie ein potenzieller Netzanschluss oder Mindestflächengrößen nicht betrachtet (TROMMSDORFF et al. 2020). Außerdem spielt für den Ausbau von Agri-PV auch die gesellschaftliche Akzeptanz eine Rolle wie z. B. die Effekte von Agri-PV auf das Landschaftsbild (KETZER et al. 2020). Dies sollte in darauf aufbauenden Studien mit betrachtet werden. Ein weiteres Forschungsfeld ist die Analyse des Beitrags von Agri-PV zur Erhöhung der Resilienz von Anbausystemen im Kontext des Klimawandels, da z. B. die Erträge bei Winterweizen unter Agri-PV in trockenen Jahren auch höher als auf Flächen ohne Agri-PV liegen können (TROMMSDORFF et al. 2020). Insgesamt wurde deutlich, dass Agri-PV vor dem Hintergrund von Synergieeffekten bzw. der vermutlich höheren Akzeptanz seitens der Landwirtschaft ein Potenzial für die Region Stuttgart bzw. für ähnlich strukturierte Regionen bieten kann. Unsere Studie kann politischen Entscheidungsträgern die Auswirkungen von Agri-PV aufzeigen sowie bei der Identifikation von Räumen (z. B.

in Regionalplänen) mit besonderer Priorität für Agri-PV, auch unter Berücksichtigung regionaler Energie- und Nahrungsmittelautarkie oder auch ökologischer Parameter sachdienlich sein.

Literatur

- AMI (2019, 2020, 2021): Verkaufspreise für Grundfutter. In: Bauernzeitung 60, 61, 62 (mehrere Ausgaben).
- ARTRU, S.; LASSOIS, L.; VANCUTSEM, F.; REUBENS, B.; GARRÉ, S. (2018): Sugar beet development under dynamic shade environments in temperate conditions. In: *European Journal of Agronomy* 97, S. 38–47. DOI: 10.1016/j.eja.2018.04.011.
- BKG (2018): NUTS regions. URL: bit.ly/3sNyHw7, zuletzt geprüft am 25.03.2020.
- BKG (2021a): CORINE Land Cover 5 ha, Stand 2018. Bundesamt für Kartographie und Geodäsie. URL: bit.ly/3oRR8yG, zuletzt geprüft am 31.01.2022.
- BKG (2021b): Digitales Geländemodell Gitterweite 200 m. Bundesamt für Kartographie und Geodäsie. URL: <https://bit.ly/3sJnzAC>, zuletzt geprüft am 31.01.2022.
- BLE (2020): 2020. Bericht zur Markt- und Versorgungslage Getreide 2020. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. Bonn. URL: bit.ly/3rSrCv9, zuletzt geprüft am 31.05.2021.
- DISPAN, J.; KOCH, A.; KÖNIG, T.; SEIBOLD, B. (2021): Strukturbericht Region Stuttgart 2021. Stuttgart/Tübingen. URL: bit.ly/3gPDIvA, zuletzt geprüft am 28.01.2022.
- DINESH, H.; PEARCE, J. M. (2016): The potential of agrivoltaic systems. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 54, S. 299-308. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.024>.
- FEUERBACHER, A.; LAUB, M.; HÖGY, P.; LIPPERT, C.; PATACZEK, L.; SCHINDELE, S. et al. (2021): An analytical framework to estimate the economics and adoption potential of dual land-use systems: The case of agrivoltaics. In: *Agricultural Systems* 192, S. 103193. DOI: 10.1016/j.agsy.2021.103193.
- GOETZBERGER, A.; ZASTROW, A. (1982): On the Coexistence of Solar-Energy Conversion and Plant Cultivation. In: *International Journal of Solar Energy* 1 (1), S. 55–69. DOI: 10.1080/01425918208909875.
- HAB, M.; BANSE, M.; DEBLITZ, C.; FREUND, F.; GEIBEL, I.; GOCHT, A. et al. (2020): Thünen-Baseline. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut. DOI: 10.3220/REP1601889632000.
- KETZER, D.; SCHLYTER, P.; WEINBERGER, N.; RÖSCH, C. (2020): Driving and restraining forces for the implementation of the Agrophotovoltaics system technology - A system dynamics analysis. In: *Journal of environmental management* 270, S. 110864. DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.110864.
- KOALITIONSVERTRAG ZWISCHEN SPD, FDP und GRÜNE (2021): Mehr Fortschritt wagen. URL: bit.ly/34JGfIs, geprüft am 27.01.2022.
- KTBL (2021): Leistungs-Kostenrechnung-Pflanzenbau. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. URL: bit.ly/3rSMwKx, geprüft am 31.01.2022.
- LAUB, M.; PATACZEK, L.; FEUERBACHER, A.; ZIKELI, S.; HÖGY, P. (2022): Contrasting yield responses at varying levels of shade suggest different suitability of crops for dual land-use systems. A meta-analysis. In: *Agronomy for Sustainable Development* 43, S. 51. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00783-7>.
- LEL (2021): Kalkulationsdaten Marktfrüchte - konventioneller und Ökologischer Landbau. Landesanstalt für Landwirtschaft, Ernährung und Ländlichen Raum. Schwäbisch Gmünd. URL: bit.ly/3rSPNJW, geprüft am 28.01.2022.
- LFL (2021): LfL Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. URL: bit.ly/3HODQdP, geprüft am 31.01.2022.
- LGRB (2015): Bodenkarte von Baden-Württemberg 1 : 50 000 (GeoLa), blattschnittfreie Vektordaten. URL: <https://bit.ly/3LBvOap>, geprüft am 24.01.2021.
- LUBW (2021a): Daten- und Kartendienst. Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg. URL: <https://bit.ly/34OOAdP>, geprüft am 31.01.2022.
- LUBW (2021b): Kriterienkatalog für die Potenzialerhebung für Freiflächen-Photovoltaikanlagen. URL: <https://bit.ly/33uyUfm>, geprüft am 31.01.2022.

- LUBW (2022): Erneuerbare Energien. Energieatlas. Solarenergie in Baden-Württemberg. URL: <https://www.energieatlas-bw.de/sonne>, zuletzt geprüft am 08.03.2022.
- MÖNKING, S. S.; KLAPP, C.; ABEL, H.; THEUVSEN, L. (2010): Überarbeitung des Getreide- und Vieheinheitenschlüssels. Endbericht zum Forschungsprojekt 06HS030. Göttingen. URL: <https://bit.ly/34TR2fF>, geprüft am 07.06.2021.
- NITSCH, J.; MAGOSCH, M. (2021): Baden-Württemberg klimaneutral 2040: Erforderlicher Ausbau der erneuerbaren Energien. URL: bit.ly/3sNYepc, geprüft am 18.02.2022.
- PIETRONI, A.; FERNAHI, A.; PEREZ LINKENHEIL, C.; NIGGEMAIER, M., HUNEKE, F. (2017): Klimaschutz durch Kohleausstieg. URL: bit.ly/3rSPZZG, zuletzt geprüft am 27.01.2022.
- PRIESACK, E. (2006): Expert-N Dokumentation der Modellbibliothek. Zugl.: Göttingen, Univ., Habil.-Schr., 2006. München: Hieronymus (FAM-Bericht, 60).
- REGIONALVERBAND HEILBRONN-FRANKEN (2020): Teilfortschreibung Fotovoltaik des Regionalplans. URL: bit.ly/3rOT50J, geprüft am 31.01.2022.
- SCHINDELE, S. (2021): Feldfrüchte und Strom von Agrarflächen: Was ist Agri-Photovoltaik und was kann sie leisten? In: GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society 30 (2), S. 87–95. DOI: 10.14512/gaia.30.2.6.
- SCHINDELE, S.; TROMMSDORFF, M.; SCHLAAK, A.; OBERGFELL, T.; BOPP, G.; REISE, C. et al. (2020): Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications. In: Applied Energy 265, S. 114737. DOI: 10.1016/j.apenergy.2020.114737.
- SCHÖNHART, M.; SCHMID, E.; SCHNEIDER, U. A. (2011): CropRota – A crop rotation model to support integrated land use assessments. In: European Journal of Agronomy 34 (4), S. 263–277. DOI: 10.1016/j.eja.2011.02.004.
- SPONAGEL, C.; BENDEL, D.; ANGENENDT, E.; WEBER, T. K. D.; GAYLER, S.; STRECK, T.; BAHRS, E. (2022): Integrated assessment of regional approaches for biodiversity offsets in urban-rural areas – a future based case study from Germany using arable land as an example. In: Land Use Policy 117, S. 106085. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106085>.
- STEIDLE, T. (2021): Persönliche Email Korrespondenz mit Thomas Steidle, KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH am 03.11.2021.
- TANG, Y.; MA, X.; LI, M.; WANG, Y. (2020): The effect of temperature and light on strawberry production in a solar greenhouse. In: Solar Energy 195, S. 318–328. DOI: 10.1016/j.solener.2019.11.070.
- TROMMSDORFF, M. (2016): An economic analysis of agrophotovoltaics: Opportunities, risks and strategies towards a more efficient land use. URL: bit.ly/3BwPc3L, geprüft am 28.01.2022.
- TROMMSDORFF, M.; GRUBER, S.; KEINATH, T.; HOPF, M.; HERMANN, C.; SCHÖNBERGER, F. et al. (2020): Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende. URL: <https://bit.ly/3uQmytb>, geprüft am 31.01.2022.
- UBA (2021): Indikator: Erneuerbare Energien. Umweltbundesamt. URL: <https://bit.ly/3LFJ11Q>, geprüft am 27.01.2022.
- ZHANG, H.; FLOTTMANN, S. (2015): Source-sink manipulation in canola (*Brassica napus* L.) indicates that yield is source limited. In: Building Productive, Diverse and Sustainable Landscapes, 17th URL: bit.ly/3uUGcnG, geprüft am 31.01.2022.

BEWERTUNG DER ZERTIFIZIERUNGSFÄHIGKEIT AUSGEWÄHLTER CARBON FARMING MAßNAHMEN HINSICHTLICH IHRES KLIMASCHUTZEFFEKTES MIT ÖKONOMISCHER ANALYSE AM BEISPIEL VON DREI LANDKREISEN BADEN-WÜRTTEMBERGS

Cecilia Roxanne Geier¹, Christian Sponagel, Elisabeth Angenendt, Enno Bahrs

Zusammenfassung

Die steigende Nachfrage nach CO₂-Zertifikaten verleitet derzeit eine Vielzahl an Unternehmen dazu, den möglichen Klimaschutznutzen von C-Sequestrierungsmaßnahmen im Landnutzungssektor zu THG-Kompensationszwecken marktfähig zu machen. Vor diesem Hintergrund untersucht dieser Beitrag exemplarische Maßnahmen wie Zwischenfruchtanbau, vielfältige Fruchtfolgen, Umwandlung von Acker- in extensives Dauergrünland und Integration von Agroforstsystemen auf ihre Richtlinienkompatibilität anerkannter Zertifizierungsstandards für THG-Emissionsreduktionen. Darüber hinaus werden Deckungsbeitragsveränderungen und erwartbare CO₂-Vermeidungskosten am Beispiel der landwirtschaftlichen Produktion in den Landkreisen Reutlingen, Rhein-Neckar und Ludwigsburg in Baden-Württemberg kalkuliert. Der Beitrag stützt sich dabei auf eine breit angelegte Literaturrecherche anerkannter Bewertungsstandards sowie einer Kalkulation der Mehraufwendungen und Mindererträge durch die Etablierung der betrachteten Maßnahmen mithilfe eines modellierten Vergleichs von regional differenzierten Deckungsbeiträgen typischer Fruchtfolgen. Die Analysen dieser C-Sequestrierungsmaßnahmen zeigen, dass diese die Anforderungen bisheriger Zertifizierungsstandards lediglich zu 50-79 % erfüllen könnten und damit deren Eignung zur THG-Kompensation infrage zu stellen ist. Darüber hinaus sind diese Maßnahmen auch aus ökonomischer Sicht fragwürdig. Die Analyse der mittleren Deckungsbeitragsveränderungen in Höhe von -1.535 bis +165 €/ha zeigen stark von den Standort- und insbesondere Fruchtfolgebedingungen abhängige Effekte. Bei einer reinen Berücksichtigung der C-Sequestrierungsleistung liegen die mittleren CO₂-Vermeidungskosten der betrachteten Maßnahmen mit bis zu 1.408 €/t CO₂ im Vergleich zu anderen Klimaschutzmaßnahmen des Landwirtschaftssektors im mittleren bis oberen Bereich und ließen sich nur unter Einbezug weiterer positiver Nebeneffekte wie z. B. verminderte Erosion, verbesserte Nährstoffexploration und erhöhte Biodiversität rechtfertigen, könnten aber an wenigen Standorten auch Vermeidungsgewinne bis 521 €/t CO₂ erzielen.

Keywords

C-Sequestrierung, Vermeidungskosten, Zertifizierungsstandards, Carbon Farming.

1 Einleitung

Durch die Sequestrierung von Kohlenstoff aus der Atmosphäre kommt den Böden eine relevante Bedeutung als Senkenfunktion im Rahmen des Klimaschutzes zu. Von Pflanzen aus der Atmosphäre im Laufe der Photosynthese absorbiertes und bspw. in Form toter organischer Masse in den Boden abgegebenes CO₂ kann bei geeigneter Bodenart, Standortfaktoren und Bewirtschaftung über einen langen Zeitraum aus der Atmosphäre entzogen werden (LÜTZOW et al. 2006; KELL 2012; WIESMEIER et al. 2013). Durch diesen stetigen Eintrag an organischem Kohlenstoff (C_{org}) stellen Böden heute den hierfür größten terrestrischen Speicher dar und enthalten doppelt so viel Kohlenstoff, wie die gesamte irdische Atmosphäre (CIAIS et al. 2013).

¹ Universität Hohenheim, Fachgebiet Landwirtschaftliche Betriebslehre, Schloss Hohenheim 1, 70599 Stuttgart, cecilicaroxanne.geier@uni-hohenheim.de

Durch dieses Potential entwickelt sich zunehmend ein eigener Markt. Seit einigen Jahren drängen vermehrt privatwirtschaftliche Unternehmen auf den freiwilligen CO₂-Kompensationsmarkt, um sogenannte „Carbon Farmer“ und CO₂-emittierende Unternehmen zusammenzuführen. Entlohnt werden die LandwirtInnen über einen Anteil des erzielten Verkaufserlös‘ der Humus- oder CO₂-Zertifikate, um die Mehrkosten für die Etablierung C-bindender Maßnahmen zu decken.

Dieser Beitrag untersucht, inwiefern die häufig geförderten Maßnahmen des Zwischenfruchtanbaus, der vielfältigen Fruchtfolgen, der dauerhaften Umwandlung von Acker- in extensives Grünland und der Integration von Agroforst die Kriterien anerkannter Standards zur Zertifizierung der THG-Emissionsreduktion erfüllen könnten, und betrachtet die durch die Etablierung für LandwirtInnen erwartbaren Deckungsbeitragsveränderungen und Vermeidungskosten. Folgende Forschungsfragen sollen hierfür beantwortet werden:

1. Erfüllen die ausgewählten Maßnahmen die Kriterien zur Zertifizierung der THG-Emissionsreduktion anerkannter Standards, um deren Klimaschutzbeitrag in Form einer THG-Emissionskompensation sicherzustellen?
2. In welcher Größenordnung liegen die für LandwirtInnen erwartbaren Deckungsbeitragsveränderungen und die daraus resultierenden Vermeidungskosten der ausgewählten Maßnahmen in den betrachteten Gebieten?

2 Hintergrund

Die Erarbeitung von Systemen ergebnisbasierter Zahlungen zur Förderung klimapositiver Landnutzung sind derzeit von zentraler Bedeutung für die Europäische Kommission, wengleich deren Ausgestaltung zur Implementierung bisher nicht abgeschlossen ist (COWI, ECOLOGIC INSTITUTE und IEEP 2021). Eine Möglichkeit ergebnisbasierter Zahlungen bieten die sogenannten Humusaufbauprojekte, die sich am Vorbild der bereits existierenden CO₂-Märkte orientieren und die Menge des im Boden durch Anwendung humusfördernder Maßnahmen gebundenen, mithilfe von Bodenproben gemessenen CO₂ und in Form von an Unternehmen zu Kompensationszwecken verkauften Zertifikaten vergüten. Jedoch weisen wissenschaftliche Studien zunehmend auf die mangelhafte Effektivität dieser Maßnahmen in Bezug auf den Klimaschutz hin (DON ET AL. 2018; BONARES-ZENTRUM FÜR BODENFORSCHUNG 2020). Zwar existieren bereits landwirtschaftliche Humusaufbauprojekte in Deutschland, jedoch ist von diesen keines in einem offiziellen Projektregister anerkannter Standards wie Verra, Gold Standard oder Plan Vivo gelistet und demnach nicht als unabhängig geprüfetes Klimaschutzprojekt zertifiziert (vgl. VERIFIED CARBON STANDARD 2021; GOLD STANDARD 2021; PLAN VIVO 2022). Demnach kann nicht sicher davon ausgegangen werden, dass eine Zertifizierung solcher Maßnahmen ihrer Förderprojekte nach anerkannten Standards in Deutschland überhaupt möglich ist. Darüber hinaus weisen Untersuchungen eine unzureichende Höhe der monetären Vergütung der Humuszertifikate nach. PUUPPONEN et al. (2022) zeigen, dass viele Landwirte der Etablierung klimafreundlicher Landnutzungsmaßnahmen kritisch gegenüberstehen, weil sie deren Rentabilität infrage stellen.

Zur Reflexion dieser Problemstellung und Beantwortung der Forschungsfragen wurde eine Zusammenfassung der wichtigsten Kriterien von anerkannten Standards zur Verifizierung der Klimaschutzwirkung von C-Sequestrierungsmaßnahmen angefertigt. Anhand von Literaturanalysen wurden die vier im weiteren Verlauf näher beleuchteten Maßnahmen ausgewählt, sowie ein Referenzwert für deren C-Sequestrierungspotential ermittelt. Die Kalkulation der Deckungsbeitragsveränderung der implementierten Maßnahmen wurden am Beispiel typischer Fruchtfolgen der Landkreise Reutlingen, Ludwigsburg und Rhein-Neckar, die sich durch drei unterschiedliche Ertragsniveaus auszeichnen, anhand von Standarddaten berechnet.

3 Empirische Methoden und Analyserahmen

3.1 Auswahl C-bindender Maßnahmen und Begründung

Die Auswahl der vier untersuchten Maßnahmen erfolgte auf Grundlage der im Technischen Leitfaden (COWI, ECOLOGIC INSTITUTE und IEEP 2021) innerhalb des EU-Kontextes als relevant eingestuft und auf der Studie nach MARTINEAU et al. (2016) basierenden Maßnahmen zur C-Sequestrierung. Diese waren anhand vergangener Studien in Bezug auf ihre Klimaschutzwirksamkeit bereits als vielversprechend eingestuft, jedoch nicht auf Kriterienkonformität zu einem anerkannten Standard überprüft worden. Dies umfasst die Umwandlung von Acker- zu extensivem Dauergrünland, die eine sehr effektive Maßnahme zur Erhöhung der C-Vorräte in Böden darstellt. Ebenso weist die Integration von Zwischenfrüchten ein vergleichsweise hohes Bindungspotential auf, wenngleich sie nicht in jede Fruchtfolge integriert werden können (DON et al. 2018). Ausgewählt wurde auch die Etablierung von Agroforstsystemen, die in globalen Fallstudien zu einer signifikanten Erhöhung der Bodenkohlenstoffvorräte geführt hat (STEFANO und JACOBSON 2018). Schwedische Langzeitversuche haben aufgezeigt, dass vielfältige Fruchtfolgen die Bodenkohlenstoffvorräte in den oberen 25 cm signifikant steigern konnten (BOLINDER et al. 2012; POEPLAU und DON 2015).

3.2 Erstellung der Kriterienliste

Die Kriterienliste basiert auf den ausgewählten Standards Verra, Gold Standard und Plan Vivo, welche über eine für Landnutzungsprojekte angepasste Methodologie verfügen und auch für Landnutzungsbedingungen in Deutschland anwendbar sind. Zudem werden diese als geeignete Standards für freiwillige Kompensationsprojekte ausgewiesen (z.B. UNGER et al. 2018; UMWELTBUNDESAMT 2015). Um die Vollständigkeit der aus den Standards herausgearbeiteten Kriterien in Hinblick auf die Klimawirksamkeit überprüfen zu können, wurden diese mit weiteren Literaturquellen verglichen und ergänzt (s. Tabelle 1). Dabei stellte sich heraus, dass eine Hierarchisierung der Kriterien nach Projekt, Zertifikaten und Maßnahmen sinnvoll ist. Projekte bilden den administrativen Rahmen zur Umsetzung einer Maßnahme und können Kriterien der Verlässlichkeit, Resilienz, Stakeholder-Einbindung, holistische Betrachtungsweise, Konservativität und Fairness erfüllen. Zertifikate hingegen stellen den monetarisierten und einem Käufer zugeordneten Klimaschutznutzen dar und können insbesondere die Gefahr der Doppelzählung vermeiden. Permanenz, Zusätzlichkeit, Leakage-Effekte, Nachhaltigkeit, Relevanz, Anwendbarkeit, Legalität und Kosteneffizienz stellen wiederum Anforderungen an eine Maßnahme zum Nachweis der THG-Reduktionswirkung dar und werden im weiteren Verlauf näher betrachtet. Die Bewertung der Maßnahmen erfolgte auf Grundlage der Studien von LEIFELD et al. 2019, BONARES-ZENTRUM FÜR BODENFORSCHUNG 2020, DON et al. 2018 und weiteren (s. Tabelle 2), um deren jeweilige Ansichten sowie Kritikpunkte in Bezug auf das entsprechende Kriterium zusammenzufassen und damit eine möglichst fundierte Begründung der Erfüllung oder Nicht-Erfüllung des Kriteriums durch die Maßnahme geben zu können.

3.3 Ökonomische Bewertung der Carbon-Farming-Maßnahmen

Für die Ermittlung des veränderten Deckungsbeitrags (DB) wurden zunächst typische Fruchtfolgen für die drei Landkreise Ludwigsburg, Rhein-Neckar-Kreis und Reutlingen, basierend auf den Daten des Gemeinsamen Antrags abgeleitet. Diese dienen als Basisfruchtfolge zur Bewertung der C-Sequestrierungsmaßnahmen. Die einzelnen Landkreise wurden anhand der mittleren Hektarerträge der Jahre 2018 und 2019 von Winterweizen in drei Ertragsstufen eingeteilt, da diese für alle Landkreise verfügbar sind (STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG 2020). Dem Rhein-Neckar-Kreis wurde ein hohe, Ludwigsburg eine mittlere und Reutlingen eine niedrige Ertragsstufe zugeordnet. Basierend auf der Nutzung der Ackerfläche ge-

mäß den Daten des Gemeinsamen Antrags aus dem Jahr 2021 wurden mit Hilfe des Fruchtfolgemodells CropRota (SCHÖNHART et al. 2011) typische Fruchtfolgen und deren Flächenanteile für jeden Landkreis abgeleitet. Anschließend wurden für diese Fruchtfolgen Deckungsbeiträge kalkuliert. Dazu wurden betriebswirtschaftliche Kalkulationsdaten sowie einzelne Veröffentlichungen für jede Kulturart in drei Bewirtschaftungsintensitäten entsprechend der genannten Ertragsstufen untergliedert (LEL 2021; KTBL 2021; LFL 2021; AMI 2020, 2021, 2019). Die resultierenden Deckungsbeiträge stellen das Referenzniveau dar.

Die Ermittlung des C-Bindungspotentials im Boden ist von einer Vielzahl von Faktoren auch abseits des Landnutzungsmanagements abhängig (JACOBS et al. 2018), weshalb eine exakte Kalkulation derselben für spezifische Standorte sehr schwierig ist. Vor dem Hintergrund der Zielsetzung des Beitrags werden hier deshalb Orientierungswerte basierend auf einer aktuellen Studie von WIESMEIER et al. (2020) genutzt, die mittlere C-Sequestrierungsraten für gemäßigte Klimazonen aus der Literatur abgeleitet haben.

Zur Bestimmung der Deckungsbeitragsveränderungen, die sich durch die Etablierung der vier ausgewählten Maßnahmen ergeben, wurden zunächst die Deckungsbeiträge für diese Maßnahmen auf Grundlage der Kalkulationsdaten des KTBL (2021) und der LFL (2021) ermittelt. Die Kosten für die Etablierung von Zwischenfrüchten – in der Annahme Senf als integrierte Zwischenfrucht – belaufen sich auf 104 €/ha*a). Zur Kalkulation des Szenarios vielfältiger Fruchtfolgen wurde der Deckungsbeitrag in Höhe von 204 €/ha*a) basierend auf dem Anbau von Futtererbsen herangezogen und je nach Anzahl der Fruchtfolgeglieder verhältnismäßig berücksichtigt. Für die Ermittlung der Deckungsbeiträge von Agroforstsystemen in Höhe von - 6 €/ha*a) wurden die Daten der LfL für Kurzumtriebsplantagen verwendet. Der Deckungsbeitrag für Grünland lag bei 83 €/ha*a), der anhand des Veredlungswertes in der Tierhaltung entsprechend nach dem Gehalt an MJ NEL mit 0,22 € je 10 MJ NEL in Anlehnung an den Preis für Maissilage ermittelt wurde.

Die hier berücksichtigten CO₂-Vermeidungskosten resultieren aus dem Verhältnis der Deckungsbeitragsveränderung zum in WIESMEIER et al. (2020) ermittelten C-Sequestrierungspotential (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1. Durchschnittliche C-Sequestrierungspotentiale der ausgewählten Maßnahmen sowie bei Einbindung in die Basisfruchtfolge

Maßnahme	potentielle C-Sequestrierung	C-Sequestrierungspotential bei Einbindung in die Basisfruchtfolge	Herleitung
ZF	0,32 t C _{org} /ha*a	0-0,32 t C _{org} /ha*a	Abhängig von Verhältnis Zwischenfrucht zu Fruchtfolge
VF	0,15 t C _{org} /ha*a	0,03-0,04 t C _{org} /ha*a	Abhängig von Anzahl Fruchtfolgegliedern
GL	0,73 t C _{org} /ha*a	-0,73 t C _{org} /ha*a	Basisfruchtfolge fällt weg
AF	0,68 t C _{org} /ha*a	0,27 t C _{org} /ha*a	Max. Anteil an Agroforst an Acker beträgt 40 % nach GAPDZV §4 Abs. 2

Quelle: eigene Darstellung nach WIESMEIER et al. (2020) und BMEL (2021)

4 Ergebnisse

4.1 Ergebnisse der Kriterienkonformität

Die zusammenfassende Bewertung der Kriterienkonformität (KK) „integrierter Zwischenfrüchte“, „Verbesserung von Fruchtfolgen“, „Umwandlung Acker- in extensives Dauergrünland“ und „Integration von Agroforstsystemen“ ist in Tabelle 2 aufgeführt. Ein Wert von 1

illustriert die Konformität einer Maßnahme mit dem jeweiligen Kriterium, während ein Wert von 0 die Nicht-Erfüllung desselben bedeutet. Der Kriterienkonformitätsgrad (KKG) stellt den durch die Maßnahme erfüllbaren Anteil des Zertifizierungskriteriums in Prozent dar.

Tabelle 2. Übersicht der Kriterienkonformität einzelner Maßnahmen und ihrer Bewertung in Prozent

Kriterien der zertifizierten Klimaschutzwirkung	Etablierung von Zwischenfrüchten (ZF)	KK	Verbesserte Fruchtfolgen (VF)	KK	Umwandlung von Acker- zu extensivem Dauergrünland (GL)	KK	Integration von Agroforstsystemen (AF)	KK
Maßnahme (ist)								
permanent Σ		0		0		1		1
kann C _{org} unabhängig vom Bodenmanagement speichern	C-Bindung reversibel ^{1;12}	0	C-Bindung reversibel ^{1;12}	0	C-Bindung reversibel ^{1;12}	0	C-Bindung reversibel ^{1;12}	0
im Fortbestehen gesichert durch politische Auflagen oder sonstige Hürden	nicht gesichert	0	nicht gesichert	0	Grünlandumbruchverbot ⁵	1	Beseitigung ausgewachsener Baumbestände aufwendig	1
resistent gegen sich verändernde Klimaeinflüsse	Resistenz nicht gesichert ^{1; 9; 12; 13}	0	Resistenz nicht gesichert ^{1; 9; 12; 13}	0	Resistenz nicht gesichert ^{1; 9; 12}	0	Resistenz nicht gesichert ^{1; 9; 12}	0
zusätzlich Σ		3		3		4		4
ökonomisch/ finanziell unattraktiv oder unpraktikabel	i.d.R. finanziell unattraktiv ³	1	i.d.R. finanziell unattraktiv ³	1	i.d.R. finanziell unattraktiv ³	1	i.d.R. finanziell unattraktiv ³	1
nicht gesetzlich vorgeschrieben	nicht gesetzlich vorgeschrieben	1	nicht gesetzlich vorgeschrieben	1	nicht gesetzlich vorgeschrieben	1	nicht gesetzlich vorgeschrieben	1
nicht üblich (common practice)	Als common practice definiert nach ZINNGREBE et al. ⁴	0	als nicht common practice definiert nach ZINNGREBE et al. ⁴	1	Grünlandflächen haben um 1,6 % zugenommen (2010-2021) ¹⁶	1	als nicht common practice definiert nach ZINNGREBE et al. ⁴	1
mit Umsetzungsbarrieren konfrontiert, aber in der Lage, diese zu überwinden	nicht immer in Fruchtfolge integrierbar ¹	1	-	0	Mangelndes Interesse der Landwirte ¹⁵	1	Mangelnde Akzeptanz und Kenntnis der Landwirte ¹⁹	1
non-leaking Σ		1		2		0		3
verursacht keine Aktivitätsverschiebung auf andere Flächen (Activity-Leakage)	nicht erkennbar	1	nicht erkennbar	1	mögl. Produktionsverlagerung durch Flächenverlust	0	Produktivitätsverlust durch Flächenverlust nicht erwartbar ^{z.B. 20}	1
verursacht keine Angebotsverschiebung (Market-Leakage)	Verschiebung des Anbauspektrums zugunsten von Sommerungen	0	Lediglich Substitutionseffekte zu erwarten ²²	1	Nahrungsmittelverlust	0	nicht erkennbar	1
verursacht keine höheren Emissionen inner-/außerhalb des Projektgebietes (Ecological Leakage)	mögl. erhöhte N-Emissionen bei Einsatz von Leguminosen ⁶	0	mögl. erhöhte N-Emissionen bei Einsatz von Leguminosen ⁶	0	mögl. erhöhte Emissionen durch Beweidung ^{17;6}	0	nicht erkennbar	1
relevant Σ		1		1		1		1
führt zu geringeren THG-Emissionen als das Basisszenario	Potential für Deutschland nachgewiesen ¹	1	Potential für Deutschland nachgewiesen ¹	1	Potential für Deutschland nachgewiesen ¹	1	Potential für gemäßigte Zonen nachgewiesen ²¹	1
nachhaltig Σ		1		1		1		1
Leistet einen Beitrag zur Erreichung der SDGs durch weitere positive ökologische und sozio-ökonomische Nebeneffekte	Beitrag zu SDG 2, 13, 15 ¹¹ z.B. durch verbesserte Bodeneigenschaften ⁷	1	Beitrag zu SDG 2, 13, 15 ¹¹ z.B. durch verbesserte Wasser- und Nährstoffexploration ¹	1	Beitrag zu SDG 13, 15 ¹¹ z.B. durch verbesserten Erosionsschutz und Biodiversität ¹⁸	1	Beitrag zu SDG 2, 12, 13, 15 ¹¹ z.B. durch Erosionsschutz ¹⁴	1
messbar Σ		0		0		0		0
C-Vorratsänderungen gegenüber einer verlässlichen Baseline kosteneffizient messbar	Messungen aufwendig und wenig praktikabel ^{8;9;10}	0	Messungen aufwendig und wenig praktikabel ^{8;9;10}	0	Messungen aufwendig und wenig praktikabel ^{8;9;10}	0	Messungen aufwendig und wenig praktikabel ^{8;9;10}	0
kosteneffizient Σ		1		1		1		1
nicht doppelt gefördert	-	1	-	0	-	0	-	0
KKG (%) Σ		50		57		57		79

¹ DON et al. 2018; ² POEPLAU UND DON 2015; ³ KTBL 2021; ⁴ ZINNGREBE et al. 2017; ⁵ VERORDNUNG (EU) NR. 1307/2013, ART. 42; ⁶ GU et al. 2017; ⁷ ADETUNJI et al. 2020; ⁸ GUBLER et al. 2019; ⁹ BONARES-ZENTRUM FÜR BODENFORSCHUNG 2020; ¹⁰ LEIFELD et al. 2019; ¹¹ BUNDESUMWELTMINISTERIUM 2021; ¹² JACOBS ET AL. 2018; ¹³ SIEBERT UND EWERT 2012; ¹⁴ GAPDZV ¹⁵ KNUTH et al.; ¹⁶ STATISTISCHES BUNDESAMT 2021b; ¹⁷ WEN et al. 2021; ¹⁸ BENGTSOON et al. 2019; ¹⁹ COWI, ECOLOGIC INSTITUTE UND IEEP 2021; ²⁰ OLLINAHO UND KRÖGER 2021; ²¹ MAYER et al. 2022; ²² MOHR & EMCKE-KASCH 2021;

Wie in Tabelle 2 ersichtlich, kann keine der Maßnahmen alle Zertifizierungskriterien für Klimaschutzwirksamkeit vollständig erfüllen, sie weisen aber in Summe eine ähnlich hohe Kriterienkonformität zwischen 50 % für vielfältige Fruchtfolgen (VF), die Umwandlung von Acker- zu extensivem Grünland (GL) und für die Etablierung von Zwischenfrüchten (ZF) und 79 % für die Integration von Agroforstsystemen (AF) auf. Als Hauptgründe sind hierzu die

nicht garantierte Permanenz, mögliche Verlagerungseffekte sowie die diffizile Quantifizierung des Beitrags zum Klimaschutz zu nennen. Die höchstmögliche Permanenz bieten die Maßnahmen GL und AF, da ihre Umkehrung gesetzlich verboten bzw. sehr aufwendig ist. Bei drei von vier Maßnahmen handelt es sich um unübliche, landwirtschaftliche Praktiken, lediglich die ZF wird bereits auf mehr als 10 % der Gesamtackerfläche umgesetzt (STATISTISCHES BUNDESAMT 2021). Darüber hinaus ist erwartbar, dass sich die Maßnahmen z.B. durch weitere Förderung stärker etablieren und damit zukünftig nicht mehr zusätzlich sind. Leakage-Effekte in Form erhöhter N-Emissionen, Nahrungsmittelverluste oder Produktionsverlagerung können grundsätzlich durch unterschiedliche Maßnahmen hervorgerufen werden, für einige basieren diese jedoch auf theoretischen Annahmen, da hierzu kaum Literatur vorliegt. Die Reduktion von THG-Emissionen ist für jede Maßnahme im Rahmen verschiedener Studien nachgewiesen. Zudem leisten alle Maßnahmen einen Beitrag zur Erreichung der Sustainable Development Goals (SDG) durch Erzielen zahlreicher weiterer ökologischer und sozio-ökonomischer Nebeneffekte. Derzeit besteht aber für keine Maßnahme ein valides Verfahren zur Messung der tatsächlichen CO₂-Reduktion, da deren Quantifizierung in entsprechender Größenordnung aufwendig und teuer ist (GUBLER et al. 2019; LEIFELD ET AL. 2019).

4.2 Ergebnisse der Deckungsbeitragsveränderung und der Vermeidungskosten

Abbildung 1 zeigt die Deckungsbeitragsveränderungen (DB-Veränderungen) einzelner Fruchtfolgen in Form von Boxplots durch die Etablierung von Zwischenfrüchten (ZF), vielfältige Fruchtfolgen (VF), Umwandlung von Acker- in extensives Dauergrünland (GL) und Integration von Agroforstsystemen (AF) in den unterschiedlichen Landkreisen Ludwigsburg (LB), Rhein-Neckar-Kreis (HD) und Reutlingen (RT).

Abbildung 1. DB-Veränderungen (Boxplots) in den Landkreisen LB und RT sowie HD durch Integration der ausgewählten Maßnahmen mit Median (--) und Durchschnitt (x)

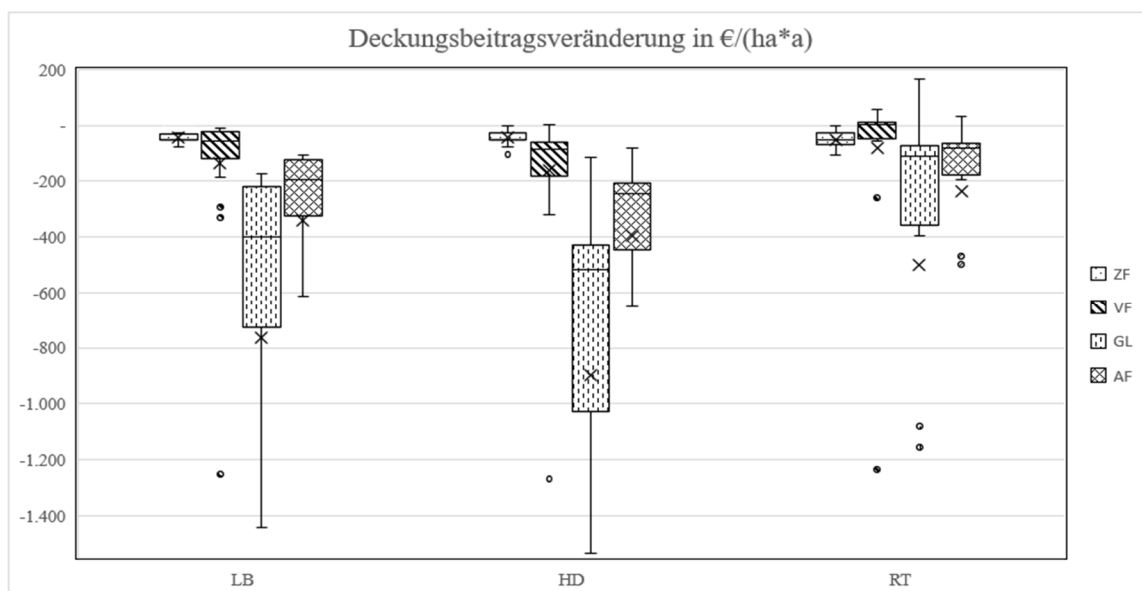


Abbildung 1 zeigt, dass durch die Etablierung der Maßnahmen für den überwiegenden Teil der betrachteten Fruchtfolgen in den Landkreisen LB, HD und RT ein mitunter erheblicher Deckungsbeitragsverlust entsteht. Die Deckungsbeitragsrückgänge in RT, das durch niedrige Ertragsstufen gekennzeichnet ist, fallen bei allen betrachteten Maßnahmen am niedrigsten aus. Analog hierzu weist LB höhere DB-Veränderungen auf als der Landkreis RT, liegt jedoch im Vergleich zu HD moderater, wo die vergleichbar besten Ackerbaubedingungen der ausgewählten Untersuchungsregionen vorherrschen. Vergleicht man die Maßnahmen untereinander, so verursacht die Etablierung der Maßnahmen ZF und VF deutlich geringere, mediane De-

ckungsbeitragsveränderungen als die Maßnahmen GL und AF. Während die Deckungsbeitragsveränderungen für die Maßnahmen ZF und VF in einem Bereich zwischen -104 (RT) und 0 €/ha*a (RT) bzw. -320 (HD) und +57 €/ha*a (RT) liegen, umfassen die DB-Veränderungen für GL und AF mit -1.535 (HD) und 165 €/ha*a (RT) bzw. -650 (HD) und +30 €/ha*a (RT) eine deutlich größere Wertespanne. An den Standorten HD und LB verursachen vor allem die Maßnahmen Umwandlung von Acker- in Grünland und Agroforst sehr hohe DB-Verluste mit bis zu -1.535 (GL in HD) und -650 €/ha*a (AF in HD).

Abbildung 2 zeigt die THGE-Vermeidungskosten oben genannter Maßnahmen in den Landkreisen LB, HD und RT in €/t CO₂. Zur Ermittlung dieser wurden die Deckungsbeitragsveränderungen der verschiedenen Maßnahmen in Relation zum C-Sequestrierungspotential gesetzt.

Abbildung 2. CO₂-Vermeidungskosten aus der C-Sequestrierung (Boxplots) in den Landkreisen LB und RT sowie HD durch Integration der ausgewählten Maßnahmen mit Median (--) und Durchschnitt (x)

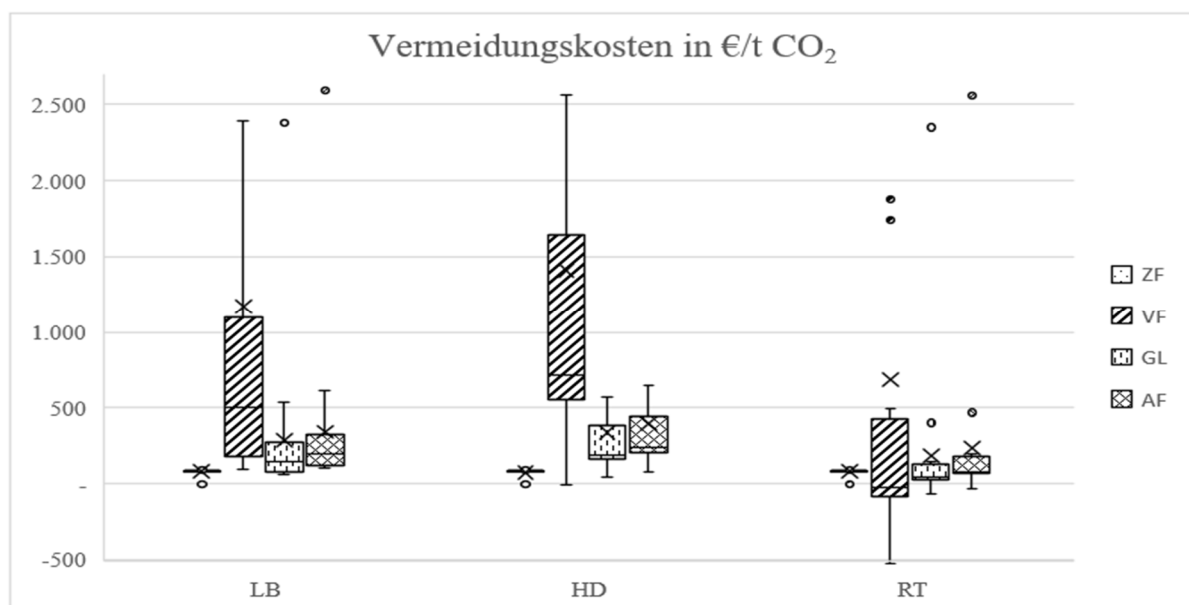


Abbildung 2 zeigt, dass durch die Etablierung der Maßnahmen für den überwiegenden Teil der betrachteten Fruchtfolgen in den Landkreisen LB, HD und RT z. T. erhebliche Vermeidungskosten entstehen, sofern ausschließlich die C-Sequestrierung hinsichtlich CO₂-Vermeidung angerechnet wird. RT hat jedoch das Potenzial bei bestimmten Basisfruchtfolgen, für alle Maßnahmen auch Vermeidungsgewinne zu erzielen. Zudem fallen hier die Vermeidungskosten mit max. 497 €/t CO₂ vergleichsweise gering aus. Parallel zu den DB-Veränderungen liegen auch die Vermeidungskosten für LB niedriger als in HD, jedoch deutlich höher als dieselben in RT. Die aus Abbildung 1 gewonnenen Erkenntnisse scheinen sich in Bezug auf die Höhe der Vermeidungskosten in Abbildung 2 umzukehren. Vergleicht man die Maßnahmen untereinander, so verursacht die Verbesserung der Fruchtfolgen eine extreme Schwankungsbreite der Vermeidungskosten von 2.567 (HD) bis -521 €/t CO₂ (RT), während die Vermeidungskosten für Grünland mit 572 (HD) und -61 €/t CO₂ (RT) und Agroforst mit 613 (LB) bis -30 €/t CO₂ (RT) deutlich geringer ausfallen. Dieser Umstand ist auf die unterschiedliche Effizienz bzw. Effektivität der Maßnahmen zurückzuführen. Während die Umwandlung von Acker- und extensives Dauergrünland hohe DB-Veränderungen verursacht, relativieren sich die Vermeidungskosten der Maßnahme aufgrund des hohen C-Sequestrierungspotentials. Die Verbesserung der Fruchtfolgen wiederum verursacht geringere DB-Veränderungen, muss aber aufgrund des sehr geringen C-Sequestrierungspotentials von 0,03-0,04 t C/(ha*a) auf einer breiten Fläche etabliert werden und verursacht so insbesondere

bei Gemüsebaufruchtfolgen immense CO₂-Vermeidungskosten in Bezug auf die C-Sequestrierungsleistung.

Jedoch könnten durch die teilweise Etablierung der Maßnahmen bereits nicht unerhebliche Mengen CO₂ eingespart werden. Unter Annahme eines Zertifikatspreises von 100 €/t CO₂, zeigen die Berechnungen, dass in den drei Landkreisen insgesamt 42.529 t CO₂ sequestriert werden könnten. Dabei entfielen ein Anteil von 11.462 t auf Agroforst, 3.479 t auf Grünland und 27.577 t CO₂ auf Zwischenfrüchte.

5 Diskussion und Schlussfolgerung

5.1 Diskussion der Ergebnisvalidität

Der vorliegende Beitrag soll eine Einordnung von zwei Aspekten im Bereich des neuen Geschäftsfelds des Carbon Farming beleuchten. Dieses ist zum einen die Einordnung der Kriterienkonformität ausgewählter und für die C-Sequestrierung im Landnutzungssektor relevanter Maßnahmen im Kontext der Zertifizierbarkeit. Zum anderen die Analyse der Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen aus der Sicht der landwirtschaftlichen Produktion, aber auch im Kontext der gesamtwirtschaftlichen Vorzüglichkeit in Form der CO₂-Vermeidungskosten im Vergleich zu anderen hier nicht beleuchteten Maßnahmen, die potentiell klimawirksam sind. Hierzu zählt die in Bezug auf den Klimaschutz äußerst wirkungsvolle Wiedervernässung von Moorböden (BIANCHI et al. 2021), welche jedoch an landwirtschaftlich genutzte Moorstandorte gebunden und daher nicht flächendeckend bzw. insbesondere in den ausgewählten Kreisen RT und LB nicht anwendbar ist (LUBW 2021). Zudem sind viele Moorschutzprojekte bereits unter anerkannten Standards wie MoorFutures, Max.Moor und Peatland Code zertifiziert. Ebenfalls ausgeschlossen wurden die Maßnahmen „Unterlassen des Verbrennens von Ernteresten“, da dies in Deutschland gesetzlich verboten ist (§ 7 AgrarZahlVerpflV). Auch der Verzicht auf Bodenbearbeitung ist nicht relevant, da dieser Maßnahme häufig unterstellt wird, dass sie nicht zu einer Akkumulation sondern lediglich zu einer Umverteilung von organischem Kohlenstoff im Boden führt (z.B. BAKER et al. 2007). Der Verbleib von Ernteresten wiederum wird als weniger klimaschutzwirksam angesehen als deren energetische Nutzung, weshalb auch diese von einer engeren Betrachtung ausgeschlossen wurden (POWLSON et al. 2008).

Des Weiteren basiert die Bewertung der Kriterien teilweise auf Annahmen, für deren Nachweis weitere Forschungsarbeit notwendig ist. So könnten durch die Integration aller Maßnahmen Leakage-Effekte entstehen, auch wenn diese im vorliegenden Beitrag als nicht erkennbar gewertet wurden, da sie methodisch nicht einzuordnen waren und auch insgesamt schwer zu erfassen sind (THAMO und PANNELL 2016). Auch die Verschiebung des Anbauspektrums durch die Integration von Zwischenfrüchten hin zu Sommerungen ist nicht durch Studien belegbar. Sollte dies der Fall sein, könnten damit aber Nahrungsmittelverluste einhergehen, da Sommerungen im Vergleich zu Winterungen durchschnittlich geringere Erträge erzielen (vgl. STATISTISCHES BUNDESAMT 2019).

Darüber hinaus kann der Anbau von Zwischenfrüchten entgegen der hier vorgenommenen Bewertung gesetzlich vorgeschrieben sein und wäre in manchen Fällen nicht als zusätzlich zu werten (§ 13a Abs. 2 der DüV 2020). Ebenso besteht laut Wasserrahmenrichtlinie Anspruch auf Förderung von Zwischenfrüchten in Wasserschutzgebieten. Die Fruchtfolgen- diversifizierung ist ebenso wie Grünland nur förderfähig, wenn diese mindestens 5-gliedrig ist bzw. dieses extensiv bewirtschaftet wird (Anl. 5 Abs. 2 und Anl. 4 Nr. 4 GAPDZV). Da es aber derzeit keine Instanz gibt, die die Doppelförderung, d.h. Bezug von Prämien sowie privatwirtschaftlicher Finanzfördermittel für denselben Klimaschutznutzen verhindert, wurde in diesem Beitrag davon ausgegangen, dass grundsätzlich beide Fördermöglichkeiten in Anspruch genommen werden könnten. Grundsätzlich schmälert die Doppelförderung nicht die Klimawirksamkeit einer Maßnahme, beeinflusst aber deren Kostenwirksamkeit: Für den/die

einzelne LandwirtIn wird die Umsetzung der Maßnahme dadurch attraktiver, während sie aus volkswirtschaftlicher Sicht ineffizienter wird, da diese Mittel zur Finanzierung weiterer Klimaschutzmaßnahmen fehlen.

Die Ermittlung des C-Sequestrierungspotentials erfolgte nicht standortspezifisch, sondern auf Basis der in WIESMEIER ET AL. (2020) für Bayern errechneten Werte, die wiederum selbst auf Meta-Analysen beruhen. Das Bindungsvermögen eines Standortes ist sehr stark variabel und von einer Vielzahl von Faktoren abhängig, wie die Bodenzustandserhebung Landwirtschaft zeigt (JACOBS et al. 2018). Das C-Sequestrierungspotential könnte daher für die jeweiligen Standorte höher oder niedriger liegen, wodurch sich die Kostenstruktur der Maßnahmen verändern könnten. Zudem erfolgen Humusauf- und -abbau als nichtlineare Größen und die Effektivität des C-Eintrags sinkt über die Jahre bzw. zur Aufrechterhaltung der Akkumulationsintensität wird mit anhaltender Dauer eine höhere Zufuhr notwendig (POEPLAU et al. 2011; CHENU et al. 2019). Erkenntnisse aus JACOBS et al. 2018 und BONARES-ZENTRUM FÜR BODENFORSCHUNG 2020 weisen darauf hin, dass sich Humusgehalte einem Fließgewicht nähern, sodass der jährliche zusätzliche C-Eintrag in Form von Humusaufbau tendenziell sinkt und die Vermeidungskosten im Verlauf der Jahre steigen. Diese Umstände wurden jedoch vor dem Hintergrund vernachlässigt, dass zunächst eine Größenordnung für zu erwartende DB-Veränderungen und Vermeidungskosten ermittelt werden sollte, die in weiteren Forschungsarbeiten zu spezifizieren ist. Dennoch sind die vorgenommenen, vereinfachenden Annahmen geeignet, grundsätzliche Trends abzubilden. Diese zeigen eindrücklich, dass die Etablierung solcher C-Sequestrierungsmaßnahmen vor dem Hintergrund des Zertifikatehandels bis auf wenige Ausnahmen weder rentabel sind, noch den Ansprüchen anerkannter Zertifizierungsstandards genügen können und daher in dieser Form nicht als Klimaschutz- oder Kompensationsmaßnahme geeignet sind.

5.2 Einordnung der Ergebnisse zu anderen THG-Minderungsmaßnahmen im Landwirtschaftssektor und Schlussfolgerungen

Im Vergleich zu anderen Klimaschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft liegen die Vermeidungskosten für die Maßnahmen Zwischenfruchtanbau, vielfältige Fruchtfolgen, Umwandlung von Acker- zu extensivem Dauergrünland und Agroforst unter reiner Anrechnung der C-Sequestrierungsleistung in einem mittleren bis hohen Bereich. Eine Studie zur Kalkulation von Vermeidungskosten durch Moorschutz in Süddeutschland errechnete durchschnittliche Vermeidungskosten zwischen 22 und 92 €/t CO₂ (KRIMLY et al. 2016). Die Senkung der Stickstoffüberschüsse in der Landwirtschaft etwa durch angepasste Düngetechnik oder reduziertem Düngereinsatz würde Vermeidungskosten in Höhe von 150 €/t CO₂-Äquivalente für die THG-Emissionen in der Landwirtschaft bzw. 100 €/t CO₂-Äquivalente unter Berücksichtigung der Emissionsminderung bei der Düngerproduktion verursachen (THÜNEN-INSTITUT 2019). Für die Ausweitung des ökologischen Landbaus belaufen sich diese unter Berücksichtigung der THG-Wirkung des Humusaufbaus auf ca. 140 €/t CO₂-Äquivalente, könnten aber unter Einbezug der Leakage-Effekte bis zu 410 €/t CO₂-Äquivalente betragen (THÜNEN-INSTITUT 2019). Unter Einbezug weiterer THG-Speicherleistungen zusätzlich zur C-Sequestrierung im Boden liegen die Vermeidungskosten vielfältiger Fruchtfolgen bei 106-218 €/t CO₂ und damit in einem vergleichbaren Bereich mit der Ausweitung des Ökolandbaus (Annahmen zur Speicherleistung nach Angenendt et al. 2021).

Der vorliegende Beitrag verdeutlicht, dass eine Förderung allein durch die derzeit üblichen Zertifikatspreise von 30 bis 60 €/t CO₂ (z.B. Humusprojekt Ökoregion Kaindorf, CO₂-Land) nicht ausreichen, um die entstehenden Vermeidungskosten zu decken, insbesondere vor dem Hintergrund, dass keine der betrachteten Maßnahmen die Anforderung an relevante Zertifizierungskriterien vollständig erfüllen kann. Wir erachten daher die Etablierung von C-Sequestrierungsmaßnahmen in der Landwirtschaft zum Zwecke der THG-Emissionskompensation sowohl aus ökonomischer als auch aus rechtlicher Perspektive als fragwürdig, sofern

dieses Urteil anhand von lediglich drei exemplarischen Landkreisen Baden-Württembergs getroffen werden kann. Gleichwohl bilden diese eine große Bandbreite der landwirtschaftlichen Nutzung Deutschlands ab. Eine staatliche und/oder privatwirtschaftliche Förderung kann nur dann angezeigt sein, wenn weitere positive Externalitäten wie z. B. verminderte Erosion, verbesserte Nährstoffexploration und erhöhte Biodiversität mit den skizzierten Maßnahmen berücksichtigt würden, die im Rahmen dieser Studie nicht gemessen wurden. Dafür sind im Rahmen weiterer Forschungsarbeiten komplexere Ökosystemmodelle erforderlich.

Literaturverzeichnis

- ADETUNJI, A. T.; NCUBE, B.; MULIDZI, R.; LEWU, F. B. (2020): Management impact and benefit of cover crops on soil quality: A review. In: *Soil and Tillage Research* 204, S. 104717. DOI: 10.1016/j.still.2020.104717.
- AMI (2019; 2020; 2021): Verkaufspreise für Grundfutter. In: *Bauernzeitung* 60; 61; 62 (several editions).
- ANGENENDT, E.; NITSCH, E., SPONAGEL, C. (2021): Möglichkeiten zur Verstärkung des Aspektes Klimaschutz in den landwirtschaftlichen Förderprogrammen; Online verfügbar unter <https://bit.ly/3KwKMhN>; zuletzt eingesehen am: 20.08.2022
- BAKER, J. M.; OCHSNER, T. E.; VENTEREA, R. T.; GRIFFIS, T. J. (2007): Tillage and soil carbon sequestration—What do we really know? In: *Agriculture, Ecosystems & Environment* 118 (1-4), S. 1–5. DOI: 10.1016/j.agee.2006.05.014.
- BENGTSSON, J.; BULLOCK, J. M.; EGOH, B.; EVERSON, C.; EVERSON, T.; O'CONNOR, T. et al. (2019): Grasslands-more important for ecosystem services than you might think. In: *Ecosphere* 10 (2), e02582. DOI: 10.1002/ecs2.2582.
- BIANCHI, A.; LARMOLA, T.; KEKKONEN, H.; SAARNIO, S.; LÅNG, K. (2021): Review of Greenhouse Gas Emissions from Rewetted Agricultural Soils. In: *Wetlands* 41 (8). DOI: 10.1007/s13157-021-01507-5.
- BOLINDER, M. A.; KÄTTERER, T.; ANDRÉN, O.; PARENT, L. E. (2012): Estimating carbon inputs to soil in forage-based crop rotations and modeling the effects on soil carbon dynamics in a Swedish long-term field experiment. In: *Can. J. Soil. Sci.* 92 (6), S. 821–833. DOI: 10.4141/CJSS2012-036.
- BONARES-ZENTRUM FÜR BODENFORSCHUNG (HG.) (2020): CO₂-Zertifikate für die Festlegung atmosphärischen Kohlenstoffs in Böden: Methoden, Maßnahmen und Grenzen. Online verfügbar unter https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn062163.pdf, zuletzt geprüft am 30.10.2021.
- BUNDESUMWELTMINISTERIUM (2021): 17 Nachhaltigkeitsziele – SDGs. Online verfügbar unter <https://bmu.de/ytu7>, zuletzt aktualisiert am 05.03.2022, zuletzt geprüft am 05.03.2022.
- CHENU, C.; ANGERS, D. A.; BARRÉ, P.; DERRIEN, D.; ARROUAYS, D.; BALESSENT, J. (2019): Increasing organic stocks in agricultural soils: Knowledge gaps and potential innovations. In: *Soil and Tillage Research* 188, S. 41–52. DOI: 10.1016/j.still.2018.04.011.
- CIAIS, P.; SABINE, C.; BALA, G.; BOPP, L.; BROVKIN, V.; CANADELL, J.; CHHABRA, A.; DEFRIES, R.; GALLOWAY, J.; HEIMANN, M.; JONES, C.; LE QUÉRÉ, C.; MYNENI, R. B.; PIAO, S.; THORNTON, P. (2013): Carbon and Other Biogeochemical Cycles. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- COWI, ECOLOGIC INSTITUTE und IEEP (2021): Technischer Leitfaden – Einrichtung und Umsetzung ergebnisbasierter Programme für eine klimaeffiziente Landwirtschaft in der EU. Bericht an die Europäische Kommission, GD Klimapolitik. COWI. Kongens Lyngby (under Contract No. CLIMA/C.3/ETU/2018/007.). Online verfügbar unter <https://ec.europa.eu/4pbr>, zuletzt geprüft am 13.01.2022.
- DON, A.; FLESSA, H.; MARX, K.; POEPLAU, C.; TIEMEYER, B.; OSTERBURG, B. (2018): die 4-Promille-Initiative "Böden für Ernährungssicherung und Klima" - Wissenschaftliche Bewertung und Diskussion möglicher Beiträge in Deutschland. Thünen Working Paper 112. Online verfügbar unter <https://Thuenen-Institut.de/xuuq>, zuletzt geprüft am 02.11.2021.

- GOLD STANDARD (HG.) (2021): Gold Standard. GSF Registry. Online verfügbar unter <https://registry.goldstandard.org/projects?q=&page=1>, aktualisiert 30.11.2021, zuletzt geprüft 11.01.2022.
- GU, J.; YUAN, M.; LIU, J.; HAO, Y.; ZHOU, Y.; QU, D.; YANG, X. (2017): Trade-off between soil organic carbon sequestration and nitrous oxide emissions from winter wheat-summer maize rotations: Implications of a 25-year fertilization experiment in Northwestern China. In: *The Science of the total environment* 595, S. 371–379. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.03.280.
- GUBLER, A.; WÄCHTER, D.; SCHWAB, P.; MÜLLER, M.; KELLER, A. (2019): Twenty-five years of observations of soil organic carbon in Swiss croplands showing stability overall but with some divergent trends. In: *Environmental monitoring and assessment* 191 (5), S. 277. DOI: 10.1007/s10661-019-7435-y.
- JACOBS, A.; FLESSA, H.; DON, A. (2018): Landwirtschaftlich genutzte Böden in Deutschland. Ergebnisse der Bodenzustandserhebung. Braunschweig, Germany: Thünen-Institut (Thünen-Report, 64). Online verfügbar unter <https://Thuenen-Institut.de/uq6f>, zuletzt geprüft 08.11.2021.
- KELL, D. B. (2012): Large-scale sequestration of atmospheric carbon via plant roots in natural and agricultural ecosystems: why and how. In: *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences* 367 (1595), S. 1589–1597. DOI: 10.1098/rstb.2011.0244.
- KNUTH, ULRIKE; AMJATH-BABU, T. S.; KNIERIM, ANDREA (2018): Adoption of Farm Management Systems for Cross Compliance - An empirical case in Germany. In: *Journal of environmental management* 220, S. 109–117. DOI: 10.1016/j.jenvman.2018.04.087.
- KRIMLY, T.; ANGENENDT, E.; BAHRS, E.; DABBERT, S. (2016): Global warming potential and abatement costs of different peatland management options: A case study for the Pre-alpine Hill and Moorland in Germany. In: *Agricultural Systems* 145, S. 1–12. DOI: 10.1016/j.agsy.2016.02.009.
- KTBL (2021): Leistungs-Kostenrechnung-Pflanzenbau. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. Online verfügbar unter bit.ly/3rSMwKx, zuletzt geprüft am 31.01.2022.
- LEIFELD, J.; MÜLLER, A.; STEFFENS, M. (2019): Kriterien für die Zertifizierung von Kohlenstoff-senken in Landwirtschafts-böden. In: *Agrarforschung Schweiz* 10 (9), S. 346–349. Online verfügbar unter <https://Agrarforschung-Schweiz.de/uw6f>.
- LEL (2021): Kalkulationsdaten Marktfrüchte - konventioneller und Ökologischer Landbau. Landesanstalt für Land-wirtschaft, Ernährung und Ländlichen Raum. Schwäbisch Gmünd. Online verfügbar unter bit.ly/3rSPNJW, zuletzt aktualisiert am 2021, zuletzt geprüft am 02.03.2022.
- LFL (2021): LfL Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. Online verfügbar unter bit.ly/3HODQdP, zuletzt geprüft am 31.01.2022.
- LUBW (2021): Moorkarte Baden-Württemberg. Online verfügbar unter <https://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/xlbe>, zuletzt aktualisiert am 03.03.2022, zuletzt geprüft am 03.03.2022.
- LÜTZOW, M. v.; KÖGEL-KNABNER, I.; EKSCHMITT, K.; MATZNER, E.; GUGGENBERGER, G.; MARSCHNER, B.; FLESSA, H. (2006): Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions - a review. In: *European Journal of Soil Science* 57 (4), S. 426–445. DOI: 10.1111/j.1365-2389.2006.00809.x.
- MARTINEAU, H.; WILTSHIRE, J.; WEBB, J.; HART, K.; KEENLEYSIDE, C.; BALDOCK, D. et al. (2016): Effective performance of tools for climate action policy - meta-review of Common Agricultural Policy (CAP) (40202/2014/688088/SER/CLIMA.A.2).
- MAYER, S.; WIESMEIER, M.; SAKAMOTO, E.; HÜBNER, R.; CARDINAE, R.; KÜHNEL, A.; KÖGEL-KNABNER, I. (2022): Soil organic carbon sequestration in temperate agroforestry systems – A meta-analysis. In: *Agriculture, Ecosystems & Environment* 323, S. 107689. DOI: 10.1016/j.agee.2021.107689.
- MOHR, R.; EHMCKE-KASCH, T. (2021): Re-Evaluierung von Fruchtfolgen mit und ohne Raps hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit unter Berücksichtigung der neuen Düngeverordnung, der Ackerbaustrategie und der Umweltwirkung, UFOP-Studie
- OLLINAHO, O. I.; KRÖGER, M. (2021): Agroforestry transitions: The good, the bad and the ugly. In: *Journal of Rural Studies* 82, S. 210–221. DOI: 10.1016/j.jrurstud.2021.01.016.

- PLAN VIVO (HG.) (2022): Plan Vivo Foundation. Projects. Online verfügbar unter <https://www.planvivo.org/Pages/Category/projects?Take=27>, aktualisiert 11.01.2022, zuletzt geprüft 11.01.2022.
- POEPLAU, C.; DON, A. (2015): Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops – A meta-analysis. In: *Agriculture, Ecosystems & Environment* 200, S. 33–41. DOI: 10.1016/j.agee.2014.10.024.
- POEPLAU, C.; DON, A.; VESTERDAL, L.; LEIFELD, JENS; VAN WESEMAEL, B. A.S.; SCHUMACHER, J.; GENSIOR, ANDREAS (2011): Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone - carbon response functions as a model approach. In: *Glob Change Biol* 17 (7), S. 2415–2427. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2011.02408.x.
- POWLSON, D. S.; RICHE, A. B.; COLEMAN, K.; GLENDINING, M. J.; WHITMORE, A. P. (2008): Carbon sequestration in European soils through straw incorporation: limitations and alternatives. In: *Waste management (New York, N.Y.)* 28 (4), S. 741–746. DOI: 10.1016/j.wasman.2007.09.024.
- PUUPPONEN, A.; LONKILA, A.; SAVIKURKI, A.; KARTTUNEN, K.; HUTTUNEN, S.; OTT, A. (2022): Finnish dairy farmers’ perceptions of justice in the transition to carbon-neutral farming. In: *Journal of Rural Studies* 90, S. 104–112. DOI: 10.1016/j.jrurstud.2022.01.014.
- SCHÖNHART, M.; SCHMID, E.; SCHNEIDER, U. A. (2011): CropRota – A crop rotation model to support integrated land use assessments. In: *European Journal of Agronomy* 34 (4), S. 263–277.
- SIEBERT, S.; EWERT, F. (2012): Spatio-temporal patterns of phenological development in Germany in relation to temperature and day length. In: *Agricultural and Forest Meteorology* 152, S. 44–57. DOI: 10.1016/j.agrformet.2011.08.007.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2019): Wachstum und Ernte -Feldfrüchte - Fachserie 3 Reihe 3.2.1 - August/September 2019. Online verfügbar unter <https://destatis.de/v4og>, zuletzt geprüft 12.03.2022.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2021B): Dauergrünland nach Art der Nutzung im Zeitvergleich. Online verfügbar unter <https://destatis.de/m413>, aktualisiert 22.11.2021, zuletzt geprüft 06.03.2022.
- STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG (2020): Hektarerträge der Feldfrüchte seit 1988 - 2020. Online verfügbar unter <https://statistik-bw.de/ssdt>, zuletzt geprüft am 05.03.2022.
- STEFANO, A. DE; JACOBSON, M. (2018): Soil carbon sequestration in agroforestry systems: a meta-analysis. In: *Agroforestry Systems*, 92, S. 285–299.
- THAMO, T.; PANNELL, D. J. (2016): Challenges in developing effective policy for soil carbon sequestration: perspectives on additionality, leakage, and permanence. In: *Climate Policy* 16 (8), S. 973–992. DOI: 10.1080/14693062.2015.1075372.
- THÜNEN-INSITUT (2019): Folgenabschätzung für Maßnahmenoptionen im Bereich Landwirtschaft und landwirtschaftliche Landnutzung, Forstwirtschaft und Holznutzung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050. Thünen Working Paper 137
- UMWELTBUNDESAMT (HG.) (2015): Aktualisierte Analyse des deutschen Marktes zur freiwilligen Kompensation von Treibhausgasemissionen. adelphi; sustainable. Online verfügbar unter <https://umweltbundesamt.de/cim7>, zuletzt geprüft am 11.01.2022.
- UNGER, M. VON; EMMER, I.; JOOSTEN, H.; COUWENBERG, J. (2018): Designing an International Peatland Carbon Standard: Criteria, Best Practices, and Opportunities. Hg. v. German Environment Agency. Online verfügbar unter <https://umweltbundesamt.de/j6od>, zuletzt geprüft 31.01.2022.
- VERIFIED CARBON STANDARD (HG.) (2021): REGISTRY - VERIFIED CARBON STANDARD. Verra Search Page. Online verfügbar unter <https://registry.verra.org/app/search/VCS/All%20Projects>, zuletzt aktualisiert am 16.12.2021, zuletzt geprüft am 11.01.2022.
- WEN, Y.; FREEMAN, B.; HUNT, D.; MUSARIKA, S.; ZANG, H.; MARSDEN, K. A. et al. (2021): Livestock-induced N₂O emissions may limit the benefits of converting cropland to grazed grassland as a greenhouse gas mitigation strategy for agricultural peatlands. In: *Resources, Conservation and Recycling* 174, S. 105764. DOI: 10.1016/j.resconrec.2021.105764.
- WIESMEIER, M.; HÜBNER, R.; BARTHOLD, F.; SPÖRLEIN, P.; GEUB, U.; HANGEN, E. et al. (2013): Amount, distribution and driving factors of soil organic carbon and nitrogen in cropland and

- grassland soils of southeast Germany (Bavaria). In: *Agriculture, Ecosystems & Environment* 176, S. 39–52. DOI: 10.1016/j.agee.2013.05.012.
- WIESMEIER, M.; MAYER, S.; BURMEISTER, J.; HÜBNER, R.; KÖGEL-KNABNER, I. (2020): Feasibility of the 4 per 1000 initiative in Bavaria: A reality check of agricultural soil management and carbon sequestration scenarios. In: *Geoderma* 369, S. 114333. DOI: 10.1016/j.geoderma.2020.114333.
- ZINNGREBE, YVES; PE'ER, GUY; SCHUELER, STEFAN; SCHMITT, JONAS; SCHMIDT, JENNY; LAKNER, SEBASTIAN (2017): The EU's ecological focus areas – How experts explain farmers' choices in Germany. In: *Land Use Policy* 65, S. 93–108. DOI: 10.1016/j.landusepol.2017.03.027

PRODUKTION UND EINSATZ VON SYNTHETISCHEM DIESEL IN DER LANDWIRTSCHAFT – SIMULATIONEN FÜR EINEN MILCHVIEHBETRIEB

PRODUCTION AND USE OF SYNTHETIC DIESEL IN AGRICULTURE – SIMULATIONS FOR A DAIRY FARM

Clemens Fuchs¹, Drees Meyer, Axel Poehls

Zusammenfassung

Eine klima-freundliche und CO₂-neutrale Energieversorgung von landwirtschaftlichen Betrieben ist Gegenstand der Untersuchung. Sie umfasst die Betrachtung der Innenwirtschaft (Gebäude und Tierhaltung) ebenso wie die Erzeugung von synthetischen Kraftstoffen für die Außenwirtschaft (Bewirtschaftung der Felder). Gefordert wird dies nicht zuletzt von den Abnehmern der landwirtschaftlichen Erzeugnisse wie, z.B. der Molkereigenossenschaft Arla Foods, deren Ziel die Erzeugung von Kuhmilch mit Netto-Null-CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2050 ist. Das betrachtete betriebliche Energiesystem umfasst die erneuerbare Stromerzeugung (PV und Windrad), die Deckung des Stromverbrauches im Kuhstall (80.000 kWh), die Batteriespeicherung für Zeiten ohne Stromerzeugung, die Produktion synthetischer Kraftstoffe (35.000 l Diesel) und eine Einspeisung des Stromüberschusses ins öffentliche Stromnetz. Tages- und jahreszeitabhängige Schwankungen werden beim Strom in 15-Minuten Zeitintervallen und beim Kraftstoff pro Kalenderwoche jeweils für ein Jahr berücksichtigt. Im Ergebnis wird gezeigt, dass die eigene Stromproduktion derzeit bereits rentabel ist, die eigene Produktion von synthetischem Kraftstoff jedoch noch vergleichsweise hohe Kosten verursacht und damit noch nicht rentabel ist. Weitere technische Fortschritte, steigende Preise für fossile Kraftstoffe und Skaleneffekte, z.B. größere genossenschaftlich betriebene Anlagen könnten der neuen Technologie zum Durchbruch zu verhelfen.

Keywords

Fischer-Tropsch-Synthese, synthetische Kraftstoffe, Verbrennungsmotoren, Photovoltaik, Windräder, Batterien, Break-Even-Kalkulation

1 Einleitung

Um das gesteckte Ziel der Europäischen Union zur Erlangung der Klimaneutralität bis 2050 (EUROPEAN COMMISSION, 2021) und damit die Begrenzung der Erderwärmung auf 1,5 – 2 °C laut dem Pariser Klimaschutzabkommen von 2015 sicherzustellen (UNFCCC, 2017), müssen die meisten Länder, auch Deutschland, noch große Anstrengungen in der Nutzung von erneuerbaren Energien leisten. Die Überführung von Wind- und Sonnenenergie, die in großen Mengen auf der Erde verfügbar sind, in elektrische Energie ist durch technische Entwicklung der letzten Jahrzehnte praktikabel, kostengünstig und gut vorangeschritten. In Deutschland wird dies seit dem Jahr 2000 gefördert durch das Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG 2000, mit größeren Revisionen in 2004, 2009, 2012, 2014, 2017). Die Herausforderung besteht darin, die erneuerbare Stromproduktion deutlich zu erhöhen und in die beiden Sektoren Wärme und Mobilität zu überführen, um fossile Energieträger zu verdrängen.

¹ Hochschule Neubrandenburg, cfuchs@hs-nb.de

Auch die Landwirtschaft muss ihren Beitrag zur Energiewende in zweierlei Hinsicht leisten (BMU, 2021). Zum einen haben landwirtschaftliche Betriebe gute Voraussetzungen für die Produktion von erneuerbaren Energien, vor allem von Strom, durch ihre Dächer und Freiflächen für die Errichtung von PV-Anlagen und Windrädern. Zum anderen ist der größte Anteil am Energieverbrauch in landwirtschaftlichen Betrieben der Kraftstoffbedarf der Außenwirtschaft in Form von Diesel. Hier stellt sich die Frage, ob die Antriebsenergie für den Acker mittels Power to Liquid wieder selbst erzeugt werden kann, wie vor 80 Jahren Heu und Hafer für die Pferde. In einem speziellen Elektrolyseverfahren wird CO₂ und Wasserdampf mittels Stroms chemisch aufgespalten und das sogenannte Synthesegas erzeugt, ein Gasgemisch aus Wasserstoff (H₂) und Kohlenstoffmonoxid (CO). Es dient als Grundlage für die Fischer-Tropsch-Synthese, die daraus unterschiedliche lange Kohlenwasserstoffketten bildet, vergleichbar mit den fossilen Kraftstoffen. Nach einem weiteren Bearbeitungsschritt können die gebildeten Kohlenwasserstoffketten als flüssiger synthetischer Kraftstoff in herkömmlichen Verbrennungsmotoren eingesetzt werden. Zudem können die Vorteile der Kraftstoffe, z.B. die hohe Energiedichte oder schnelle Betankung genutzt werden.

Der Druck zur Adaption neuer nachhaltiger Technologien kommt nicht nur aus der Politik, sondern auch vom Markt, d.h. den Verarbeitern und den Verbrauchern. So hat die Molkerei Arla Foods bereits im Jahr 2020 einen Klima-Check auf Milchviehbetrieben durchgeführt, um CO₂-Einsparpotenziale aufzudecken (ARLA FOODS, 2020). Bis 2050 soll die Milch mit Netto-Null-CO₂-Emissionen produziert werden und die Bezahlung könnte sich an der jeweiligen CO₂-Bilanz orientieren. Am Beispiel eines typischen Lieferanten dieser Molkerei, der in Norddeutschland angesiedelt ist, wird die eigene Produktion und Speicherung von elektrischer Energie sowie Kraftstoff simuliert und ökonomisch bewertet. Der betreffende Milchviehbetrieb mit 235 ha Gesamtfläche und 150 Milchkühen hat einen jährlichen Energieverbrauch von etwa 80.000 kWh Strom und 35.000 l Diesel mit einem Energiegehalt von etwa 350.000 kWh. Im Jahr 2008 wurde die erste Photovoltaikanlage auf Dächern des Betriebes installiert und 2019 kam eine weitere auf dem Milchviehstall mit Batteriespeicher dazu, so dass sich der Betrieb bereits im Stall, d.h. in der Innenwirtschaft bilanziell selbst mit Strom versorgt. Noch nicht gelöst ist der Ersatz des fossilen Diesels in der Außenwirtschaft, d.h. auf dem Acker und im Grünland durch synthetische Kraftstoffe aus Erneuerbaren Energien, was die wesentliche Forschungsfrage in diesem Artikel darstellt. Quelle für alle Erneuerbaren Energien für die Innen- und Außenwirtschaft im landwirtschaftlichen Betrieb ist zunächst der elektrische Strom aus Wind und Sonne. Da der gewählte Betrieb typische Produktionstechnologien einsetzt, können die Ergebnisse auch auf andere Betriebsgrößen skaliert werden.

Ziel der Untersuchung ist zum einen die Darstellung der technischen Möglichkeiten der eigenen Produktion von synthetischen Kraftstoffen im landwirtschaftlichen Betrieb, zum anderen die ökonomische Beurteilung, indem der Break-even für die entsprechenden Investitionen ermittelt wird. Die Analyse der synthetischen Kraftstoffversorgung soll in einem ersten Schritt als Insellösung für einen Betrieb erfolgen, wobei am Ende diskutiert wird, wie Economies of Scale durch Skalierung oder genossenschaftliche Organisation erreicht werden könnte.

Das technische Energiesystem (Massenmodell) umfasst die erneuerbare Stromerzeugung für den gesamten Betrieb, die Deckung des Stromverbrauches im Kuhstall, die Batteriespeicherung, die Produktion synthetischer Kraftstoffe und eine Eingliederung ins öffentliche Stromnetz. Ziel ist es, eine selbständige und regenerative Energieversorgung zur Deckung des Eigenbedarfes an Strom und Kraftstoff mit dem Modell möglichst realitätsnah zu simulieren. Tages- und jahreszeitabhängige Schwankungen werden beim Strom in 15-Minuten Zeitintervallen und beim Kraftstoff pro Kalenderwoche jeweils für ein Jahr berücksichtigt.

Für die ökonomische Zielsetzung werden in Szenarien die Kosten der Energieversorgung ermittelt und durch den Vergleich mit dem Status quo (fossile Energiequellen) der Break-Even für Investitionen in die Erneuerbare Energieerzeugung berechnet. Daraus sollen Chancen und

Risiken eines betrieblich autarken Energiesystems abgeleitet, die weitere Entwicklung abgeschätzt und Empfehlungen gegeben werden, wie die Landwirtschaft durch die Nutzung von synthetischen Kraftstoffen zum Klimaschutz beitragen könnte. Im Ausblick soll erläutert werden, inwieweit tatsächlich einzelbetriebliche Lösungen oder doch kooperative bzw. überbetriebliche Ansätze notwendig wären, um eine CO₂-neutrale Energieversorgung zu erreichen.

2 Stand der Technik und Vorstellung des Betriebs- bzw. Simulationsmodells

2.1 Stand der Technik

Synthetische Kraftstoffe können mit verschiedenen Methoden in unterschiedlichen Verfahren hergestellt werden. Darauf soll in diesem Beitrag nicht näher eingegangen werden. Einen guten Überblick bezüglich grüner synthetischer Brennstoffe, einschließlich Wasserstoff und Erdgas, über die gesamte Versorgungskette hinweg hinsichtlich Produktion, Transport, Lagerung und Endverbrauch von synthetischen Kraftstoffen, geben ROZZI et al. (2020). Es wird auch dargelegt, in welcher Weise thermochemische, elektrochemische und photochemische Prozesse in relevanten Technologien genutzt werden. Ein Schwerpunkt in der Forschung zu Power to Liquid (PtL) ist die Produktion und der Einsatz von E-Fuels im Verkehr. Das PtL-Verfahren bietet unter anderem eine mögliche Lösung für die dezentrale Produktion von synthetischem Kerosin. MEURER und KERN (2021) beschreiben die grundlegende Entwicklung eines vereinfachten Anlagenlayouts, das die spezifischen Herausforderungen der dezentralen Kerosinproduktion adressiert sowie den Einfluss der Fischer-Tropsch-Synthese auf den PtL-Prozess anhand eines stationären Reaktormodells darstellt. Die Ergebnisse belegen den maßgeblichen Einfluss des Fischer-Tropsch-Reaktors auf den PtL-Prozess. SAMAVATI et al. (2018) beschreiben die Integration der Festoxid-Koelektrolyse von Wasserdampf und Kohlendioxid mit dem Fischer-Tropsch-Verfahren zur Umwandlung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen in Fischer-Tropsch-Diesel als ein vielversprechendes Mittel zur Speicherung erneuerbarer Energie. Kritisch eingeschätzt wird unter anderem der niedrige Kapazitätsfaktor in Anbetracht der Unregelmäßigkeiten bei der Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen sowie die Wirtschaftlichkeit gegenüber herkömmlichem Dieselmotorkraftstoff. Darüber hinaus wird ein neuartiges integriertes System zur Herstellung von Fischer-Tropsch-Diesel aus verschiedenen erneuerbaren Energiequellen vorgeschlagen.

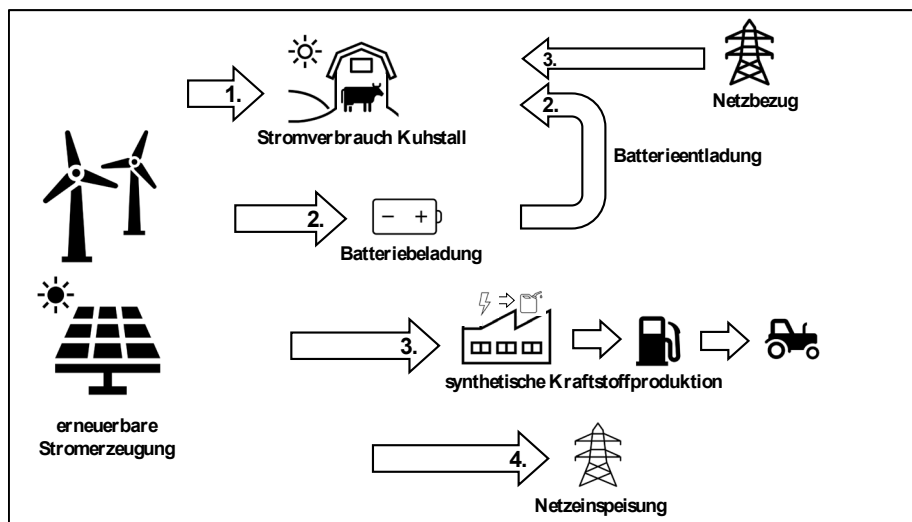
Für die Modellkalkulation dieser Arbeit wird angenommen, dass der landwirtschaftliche Betrieb in eine Containeranlage zur Produktion von synthetischem Kraftstoff investiert. Diese steht dezentral am Ort der Stromerzeugung und somit auf dem Betriebsgelände. Der zur Herstellung notwendige Kohlenstoff wird aus der Luft gewonnen. Auf dem Gelände des Energy Lab 2.0 am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) wird die Anlage zur Produktion von CO₂-neutralen flüssigen Kraftstoffen erprobt (KIT, 2019). In einer Containeranlage können in einer integrierten Prozesskette bis zu 10 l Kraftstoff am Tag produziert werden. Die Prozesskette mit täglich ca. 200 l Output entsteht in der laufenden zweiten Phase des Kopernikus-Projektes am Energy Lab 2.0 des KIT. Die Prozesskette ist hierbei noch nicht vollständig aufgebaut, wenngleich die Syntheseanlage bereits vorhanden ist (KIT, 2021). Durch die modulare Bauweise ist sie für eine zukünftige industrielle Nutzung skalierbar.

Die dezentrale Containeranlage zur Produktion von synthetischem Diesel kann ca. 57 % des eingesetzten Stroms im Kraftstoff speichern. 90 % des gewonnenen Kohlenstoffs aus der Luft befindet sich im flüssigen Endprodukt. Im Gegensatz zum fossilen Kraftstoff sind im synthetischen Kraftstoff keine Aromate und Schwefelverbindungen. Daher verbrennt der synthetische Kraftstoff sauberer.

2.2 Vorstellung des Betriebs- bzw. Simulationsmodells

Der betrachtete landwirtschaftliche Betrieb aus Norddeutschland strebt in Zukunft die Nutzung von regenerativer Energie zur Deckung seines Strom- und Kraftstoffbedarfes an. Die benötigte Stromproduktion und Umwandlungsschritte sollen im Betrieb stattfinden. Das Energiesystem umfasst die erneuerbare Stromerzeugung, die Deckung des Stromverbrauches im Kuhstall, die Batteriespeicherung für Zeiten mit keiner Stromerzeugung, die Produktion synthetischer Kraftstoffe und eine Eingliederung ins öffentliche Stromnetz (Abb. 1). Die Anlage zur synthetischen Kraftstoffproduktion wird nicht in einem konstanten Lastbereich betrieben, sondern passt sich der schwankenden Strombereitstellung aus Wind- und Sonnenenergie an. Somit hat das lokale Energiesystem Eigenschaften eines Microgrids (KLAUSMANN und ZHU, 2018). Die Auslastung der technischen Anlagen und die Stromflüsse werden dargestellt, so dass eine ökonomische Bewertung möglich wird. Diese beinhaltet die maximalen Investitionskosten in einer Anlage zur synthetischen Kraftstoffproduktion sowie die dafür notwendigen Betriebskosten vorwiegend in Form von regenerativem Strom.

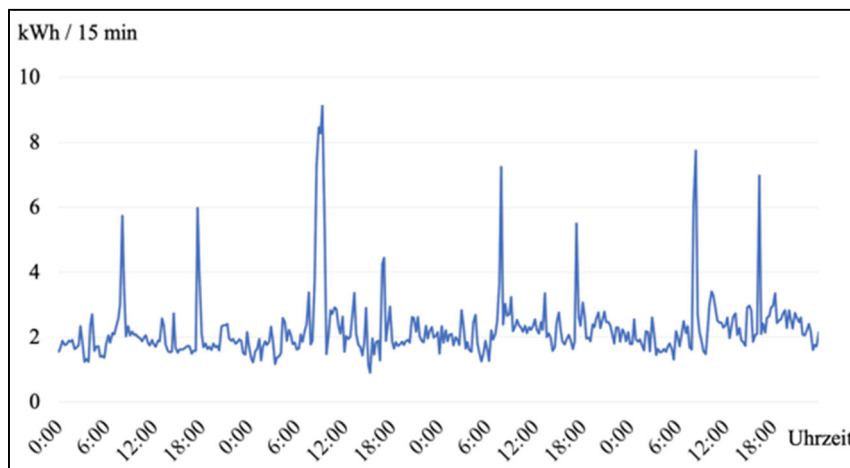
Abbildung 1. Schematische Darstellung einer regenerativen Energieversorgung aus eigener Stromerzeugung im Milchviehbetrieb



Quelle: Eigene Darstellung

Im Modell ist die Stromerzeugung aus Windkraft und Photovoltaik der Ausgangspunkt. Die Erzeugungswerte sind im 15 Minutenintervall für das ganze Jahr hinterlegt. Die Größen der einzelnen Komponenten im Modell kann mit Skalierungsfaktoren verändert werden, so dass das Modell flexibel für Simulations- bzw. Planungszwecke eingesetzt werden kann. Der Stromfluss im Modell und damit im Energiesystem erfolgt kaskadenförmig. Das bedeutet, dass der erzeugte Strom zur ersten Stufe des Verbrauches fließt und die dort nicht benötigte Energie fließt zur nächsten Stufe. Auf der ersten Stufe steht der Milchviehstall mit seinem Strombedarf für Licht, Fütterung, Melken mit Melkroboter und Entmistung (Abb. 2). Kann der Strombedarf des Stalles nicht aus eigener Erzeugung direkt gedeckt werden, wird die Batterie entladen oder der Strom aus dem Netz bezogen.

Abbildung 2. Tageslastkurven des Stromverbrauches im Milchviehstall mit Melkroboter an vier aufeinander folgenden Tagen



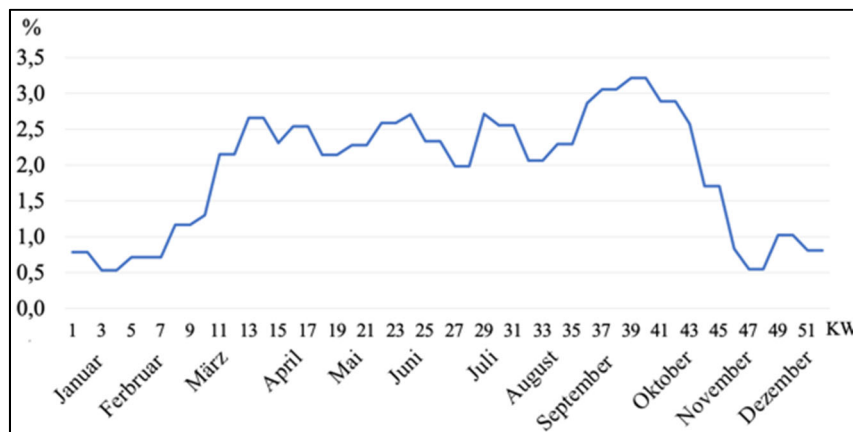
Quelle: Eigene Erhebungen im Untersuchungsbetrieb

An zweiter Verbrauchsstelle steht die Batteriebeladung bei Stromüberschuss aus der ersten Stufe. Ist der Batteriespeicher vollgeladen, steht der nicht verbrauchte Strom für die nächste Stufe zur Verfügung. Die Batterieentladung erfolgt, wenn die erneuerbare Stromerzeugung den direkten Verbrauch des Kuhstalles nicht decken kann. Die Energie der Batterie wird ausschließlich für die Deckung des Strombedarfes im Kuhstall genutzt, vorausgesetzt es ist genügend Strom eingespeichert.

Zur Bewirtschaftung der Felder benötigen Fahrzeuge wie Traktoren, Mähdrescher, Häcksler, Radlader, LKW usw. Kraftstoff. Der jährliche Dieselbedarf im Beispielbetrieb weist jahreszeitliche Schwankungen auf (Abb. 3) und liegt bei ca. 35.000 l (ca. 150 l/ha) mit einem Brennwert von etwa 350.000 kWh. Damit ist der Energiebedarf etwa dreimal so hoch wie der Strombedarf in der Innenwirtschaft mit ca. 80.000 kWh. Im Status quo betragen die jährlichen Kosten für Energie aus fossilen Ressourcen 24.128 € für den Strombezug (Marktpreis 0,30 € pro kWh) und 45.066 € für den Dieselbezug (Marktpreis 1,25 € pro Liter). In der Break-Even-Rechnung für die Szenarien mit erneuerbaren Ressourcen sollte der Summe dieser beiden Beträge, 69.194 €, durch die Wertsuche der maximalen Investition für die synthetische Kraftstoff-Produktionsanlage gegenübergestellt werden.

Für die synthetische Kraftstoffproduktion wird der selbsterzeugte Strom genutzt, der nicht auf den Stufen des Direktverbrauches und der Batteriebeladung abgeflossen ist. Der Input der technischen Anlage zur Produktion von synthetischem Kraftstoff ist Strom in kWh. Der Output ist der hergestellte synthetische Kraftstoff, dessen Einheit auch in kWh angegeben wird. Der Kraftstoff wird bis zum Verbrauch in einem Kraftstofflager zwischengespeichert. Das Modell sieht vor, dass nur so viel Energie wie nötig in Kraftstoff umgewandelt wird und es zu einer möglichst gleichmäßigen Auslastung der synthetischen Kraftstoffproduktionsanlage kommt. Um dies zu gewährleisten ist der Kraftstoffbedarf eines landwirtschaftlichen Betriebes mit Acker- und Futterbau für die einzelnen Wochen des Jahres im Modell hinterlegt (Abb.3).

Abbildung 3. Jahresverteilung des Kraftstoffbedarfes in einem Milchviehbetrieb mit Futter- und Ackerbau



Quelle: Eigene Erhebungen im Untersuchungsbetrieb

Erst wenn die Stromerzeugung die Summe der Leistungsabnahme vom Kuhstall, Batterieladung und Kraftstoffproduktion übersteigt, findet eine Netzeinspeisung ins öffentliche Stromnetz statt. Zu einem Netzbezug aus dem öffentlichen Stromnetz kommt es nur, wenn der Strombedarf des Kuhstalles nicht durch die erneuerbare Stromerzeugung und die Batterieentladung gedeckt werden kann. Strom aus dem öffentlichen Netz wird im Modell nicht für die Batterieladung oder synthetische Kraftstoffproduktion verwendet. Ausfall- oder Wartungszeiten der gesamten technischen Anlagen des Energiesystems werden im Modell nicht berücksichtigt.

3 Wirtschaftlichkeit und Szenarien

3.1 Investitionsbedarf

Einzelne Komponenten des vorgestellten Energiesystems, insbesondere die Energieerzeugungsanlagen, sind bereits als bewährte Technologien weit verbreitet im Einsatz. Ihre Investitionskosten (A_0) sind daher bekannt. In Tabelle 1 sind neben dem Anschaffungswert auch die angenommene Nutzungsdauer, der Zinssatz zur Finanzierung und die jährlichen Kosten für Unterhalt und Wartung dargestellt.

Tabelle 1. Kosten für Anlagen zur Energieerzeugung, -speicherung und -umwandlung

	Anschaffungswert (A_0)	Nutzungsdauer in Jahren	Zinssatz in % p.a.	sonstige Kosten in % von A_0
Photovoltaikanlage auf dem Dach	975 €/kWp	20	2,0 %	1,0 %
Photovoltaikanlage im Freiland	800 €/kWp	20	2,0 %	1,0 %
Kleinwindkraftanlage (250 kW)	2.000 €/kW	20	2,0 %	2,5 %
Großwindkraftanlage	1.100 €/kW	20	2,0 %	2,5 %
Batteriespeicher	900 €/kWh	20	2,0 %	1,0 %
Synthetische Kraftstoffproduktion	siehe Tab. 2	20	2,0 %	3,0 %

Quelle: Betriebsdaten 2020, WENDEL (2019), KOST ET AL. (2018)

Die Anschaffungskosten betragen bei PV-Anlagen zwischen 800 und 1000 EUR/kWp, bei Kleinwindkraftanlagen ca. 2.000 EUR/kW, während für Großwindkraftanlage nur ca. die

Hälfte davon aufgebracht werden müssen und Anlagen zur Batteriespeicherung ca. 900 €/kWh kosten (Betriebsdaten 2020, WENDEL (2019), KOST et al. (2018)). Für alle benötigten Anlagen zur Energieerzeugung und -speicherung wird eine Nutzungsdauer von 20 Jahren angenommen sowie eine Fremdkapitalfinanzierung zu einem jährlichen Zinssatz von 2%. Die jährlichen Kosten für Unterhaltung und Wartung sind als sonstige Kosten in Höhe prozentualer Anteile der Anschaffungskosten ebenfalls in Tabelle 1 aufgeführt.

Die Anlage zur synthetischen Kraftstoffproduktion existiert in Karlsruhe, Germany, zur Zeit erst als Pilotanlage. Eine weitere Pilotanlage für die Produktion von synthetischem Kerosin ist im Oktober 2021 in Werlte, Emsland, Germany, in Betrieb genommen worden (NDR 2021). Die in der Literatur genannte Bandbreite für die Investitionshöhe (A_0) reicht beim Preisniveau im Jahr 2020 von 3.840 €/kW bis über 4.000 €/kW. Für das Jahr 2050 werden leicht niedrigere Anschaffungskosten (FRONTIER ECONOMICS, 2018) zwischen dann 2.335 €/kW und 3.235 €/kW angenommen (Tabelle 2).

Tabelle 2. Investitionskosten aus der Literatur für Anlagen zur synthetischen Kraftstoffproduktion in €/kW

Jahr:	2020		2050	
	min	max	min	max
CO ₂ -Gewinnung aus der Luft mittels Temperature Swing Adsorption-Technologie	2.231	2.231	1.635	1.635
Hochtemperaturelektrolyse	877	969	400	800
Fischer-Tropsch-Synthese + Upgrading	732	843	300	800
Summe:	3.840	4.043	2.335	3.235

Quelle: In Anlehnung an Frontier ECONOMICS (2018)

3.2 Kostenkalkulation und Break-Even-Berechnung

Der landwirtschaftliche Betrieb muss den Strom- und Kraftstoffbedarf decken und möchte dies selbständig aus erneuerbaren Energiequellen gewährleisten. Bei der hier durchgeführten Break-Even-Analyse soll der selbsterzeugte Diesel/Strom nur so teuer werden, wie ein Zukauf herkömmlicher fossiler Betriebsmittel wäre. Daher sollen die maximalen Investitionskosten für eine Kraftstoffproduktionsanlage bestimmt werden.

Für das Energiesystem wird eine Kosten-Leistungsrechnung erstellt. Mit Hilfe der approximativen Kalkulation und der angenommenen Werte aus Tabelle 1 werden die jährlichen Kosten für die Investitionen in erneuerbare Stromerzeugung, Batteriespeicherung und synthetische Kraftstoffproduktion berechnet. Sie setzen sich aus Abschreibung für Abnutzung (AfA), Zinsansatz und sonstigen Kosten (Wartung, Reparatur, Versicherung usw.) zusammen. Mit Hilfe der Kosten-Leistungsrechnung werden die maximalen jährlichen Kosten, die für eine Investition in die synthetische Kraftstoffproduktion zur Verfügung stehen, berechnet. Das Ziel ist, dass der selbständig erzeugte Strom und synthetische Kraftstoff die gleichen Kosten verursacht wie ein fossiler Kraftstoffzukauf und kompletter Strombezug aus dem öffentlichen Netz. Um den Break-Even-Point zu bestimmen, fließen zunächst die jährlichen Kosten für einen kompletten Strom- und Kraftstoffzukauf in die Kosten-Leistungsrechnung ein. Da die genannten Kosten im Betrieb ersetzt werden sollen, gehen sie als Leistung in die Rechnung ein. Von ihnen werden die jährlichen Kosten für die Photovoltaik- und Windkraftanlage sowie dem Batteriespeicher abgezogen.

Bei der Anlage zur Herstellung von synthetischem Kraftstoff werden keine Betriebskosten für Strom berücksichtigt, da diese mit elektrischer Energie aus hofeigenen PV-Anlagen oder Windkraftanlagen betrieben wird. Als Leistung ist der Jahresertrag für den Verkauf von Strom zu berücksichtigen, der bei Überschuss in das öffentliche Stromnetz eingespeist wird. Das

Ergebnis der Kalkulation sind die maximalen jährlichen Kosten, die für die Herstellung synthetischer Brennstoffe zur Verfügung stehen, um die gleichen Kosten für das Gesamtsystem zu haben wie für einen fossilen Brennstoffbezug und einen vollständigen (Kohle-)Strombezug aus dem öffentlichen Netz.

3.3 Szenarien der Stromgewinnung

Der Aufbau einer selbstständigen und regenerativen Energieversorgung eines landwirtschaftlichen Betriebes hängt neben den beschriebenen technischen Möglichkeiten auch von betrieblichen Gegebenheiten ab. Um einerseits verschiedene betriebliche Ausgangssituationen und andererseits mögliche zukünftige (Preis-) Entwicklungen abbilden zu können werden zwei Szenarien für unterschiedliche technische Lösungen der erneuerbaren Stromerzeugung betrachtet. In Szenario 1 erfolgt die Stromproduktion mit einer Photovoltaikanlage auf dem Dach (125 kWp) und einer (kleinen) Windkraftanlage (250 kW), ergänzt durch eine 210 kW synthetische Dieselproduktionsanlage. Das Szenario 2 produziert den erforderlichen Strom nur mit Photovoltaikanlagen, die sich auf den Dächern (200 kWp) und im Freiland (520 kWp) befinden, hier ergänzt durch eine 385 kW synthetische Dieselproduktionsanlage². Weiterhin werden für beide Szenarien Sensitivitätsanalysen mit aktuellen und steigenden für Strom- und Dieselpreisen simuliert. Beide Szenarien werden mit dem Status quo verglichen, wobei Energie ausschließlich aus fossilen Ressourcen gewonnen wird und die jährliche Kosten 69.194 € betragen.

4 Wirtschaftlichkeit und Szenarien-Simulation

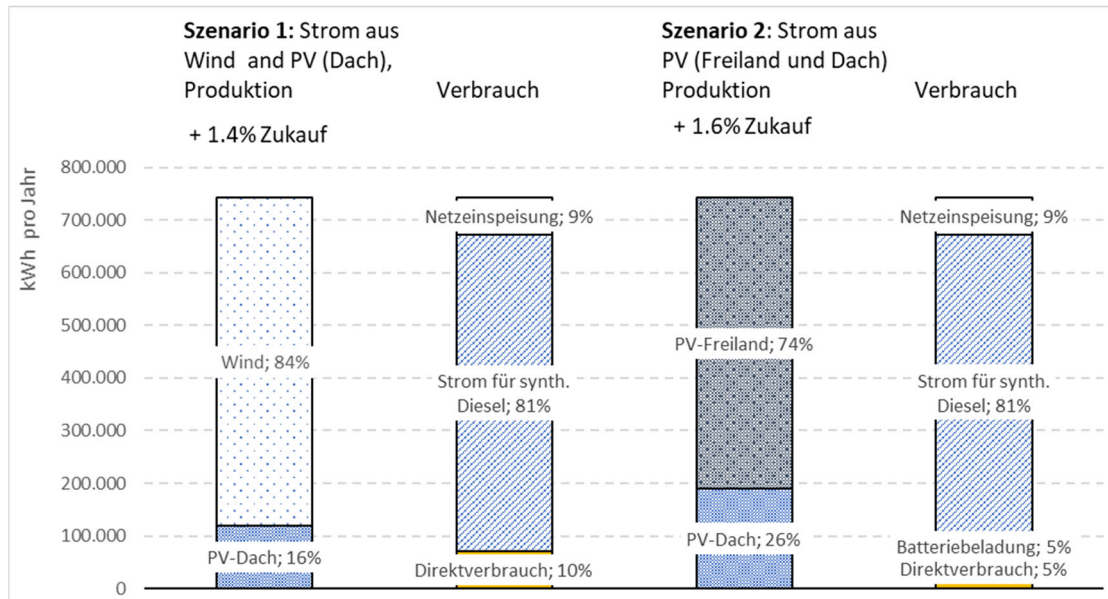
4.1 Erzeugung und Verbrauch des Stroms sowie des synthetischen Kraftstoffs

In beiden Szenarien wird zusätzlich der Bedarf von 10.000 kWh aus dem öffentlichen Stromnetz berücksichtigt. Dieser wird zur Deckung des Stromverbrauches des Kuhstalls (Direktverbrauch) in Zeiten mit keiner eigenen erneuerbaren Stromproduktion benötigt. Somit hat der Netzbezug am Gesamtstromverbrauch des Kuhstalls einen Anteil von ca. 13 %. Das bedeutet, dass der übrige Strombedarf von den eigenen erneuerbaren Energieerzeugungsanlagen gedeckt wird und der Autarkiegrad des Kuhstalles bei beiden Szenarien bei ca. 87 % liegt.

In der Abbildung 4 werden die prozentualen Anteile der Erzeugung und des Stromverbrauchs dargestellt. Den größten Teil der Stromerzeugung übernimmt in Szenario 1 das Windrad mit 84 % und in Szenario 2 die PV-Anlage im Freiland mit einem Anteil von 74 %. Die ergänzende Stromproduktion erfolgt jeweils durch die PV-Anlagen auf dem Dach. Die Verwendung des selbst erzeugten Stroms ist in beiden Szenarien gleich. 9 % werden ins öffentliche Netz eingespeist, da zum Zeitpunkt der Erzeugung keiner der nachfolgenden Verbraucher den Strom abnehmen kann. Die synthetische Kraftstoffproduktion hat mit 81 % den größten Anteil am Stromverbrauch. In der Innenwirtschaft wird 10 % des erzeugten Stroms verbraucht und dies hauptsächlich im Kuhstall. Letzteres teilt sich im Szenario 2 nochmals auf in Strom, der direkt verbraucht und Strom, der zunächst zwischengespeichert wird. 5 % werden zum Zeitpunkt der Erzeugung auch im Kuhstall verbraucht. Die anderen 5 % werden erst zum späteren Zeitpunkt, überwiegend in der Nacht, verbraucht und werden vorübergehend in der Batterie gespeichert.

² Die Größen der Anlagen ergeben sich in den Varianten mit Windrad (Szenario 1) aus der Begrenzung für Kleinwindräder, die bis 250 kW nicht an Raumordnungs- oder Flächennutzungspläne gebunden sind, was das Genehmigungsverfahren deutlich vereinfacht. In Ergänzung werden hier die PV-Anlagen und Batterie so dimensioniert, dass der jährliche Dieselbedarf selbst erzeugt werden kann, wobei das Kostenminimum durch Alternativrechnungen (Simulationen) angenähert wurde (FUCHS et al. (2022)).

Abbildung 4. Jahresstromerzeugung und Verbrauch des erzeugten Stroms im Vergleich



Quelle: Eigene Berechnungen

Welchen Einfluss die verschiedenen Eigenschaften der Stromerzeugungsanlagen im Jahresverlauf auf das Kraftstofflager, die Netzeinspeisung und den Netzbezug im Energiesystem haben, ist der Abbildung 5 zu entnehmen. Die blauen Linien zeigen für das Szenario 1 (PV + Wind) und Szenario 2 (ausschließlich PV) jeweils den aktuellen Lagerbestand an synthetischem Kraftstoff im Verlauf eines Jahres. Die beiden Graphen zeigen die wöchentliche Kraftstoffentnahme für Traktoren in der Außenwirtschaft. Einem stärkeren Rückgang des Lagerbestandes, folgt dessen Aufbau durch die synthetische Kraftstoffproduktion im Betrieb in den nachfolgenden Tagen. Der Dieselverbrauch ist von März bis Oktober auf einem konstant hohen Niveau (Abb. 3).

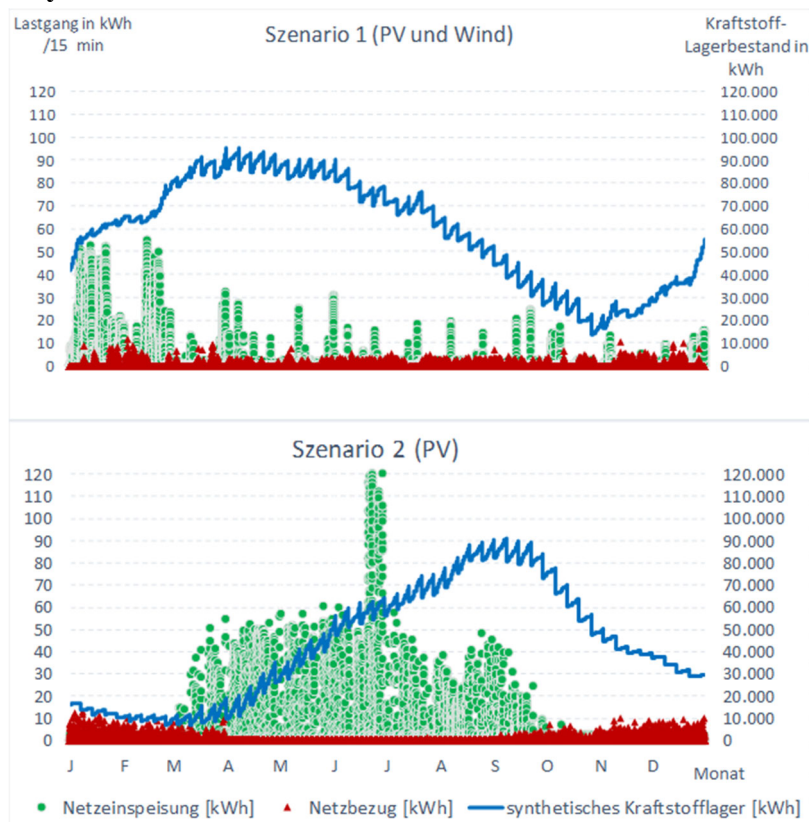
In Szenario 1 führt die durch ein geringeres Windaufkommen eingeschränkte Stromproduktion in den Sommermonaten bei gleichzeitig hohem Kraftstoffverbrauch zu einem sich ständig abbauenden Kraftstofflagerbestand in den Monaten von April bis in den November hinein. Im Dezember steigt der Lagerbestand wieder stark an, sodass Anfang des Jahres Strom ins öffentliche Netz eingespeist werden kann, da der angestrebte Mindestvorrat des Kraftstofflagers erreicht ist. Der Netzbezug ist über das gesamte Jahr ähnlich gering. Deutlich wird, dass im Szenario 1 gegenüber Szenario 2 eine Kraftstoffreserve über die Wintermonate angelegt werden muss, um Ende des Herbstes noch ausreichend Diesel für die Maiseernte im Lager zu haben (Abb. 5).

Im Szenario 2 führt die erhöhte Stromproduktion der Photovoltaikanlage in den Sommermonaten selbst bei dem gleichzeitigen Hauptverbrauch des Diesels zu einem ansteigenden Kraftstofflagerbestand. Es zeigt sich, dass eine Kraftstoffreserve über die Sommermonate angelegt werden muss, um Anfang März die Feldarbeiten beginnen zu können. Die dargestellte Netzeinspeisung bis zu einem Lastgang von ca. 50 kWh/15 min ist durch Spitzenlastzeiten der Photovoltaikanlage über die Mittagszeit bedingt, welche die Abnahmeleistung der synthetischen Kraftstoffproduktion übersteigt. Im Juli gibt es eine hohe Einspeisung von ca. 120 kWh/15min, da die Anlage zur Kraftstoffproduktion keinen Strom verbraucht. Das Kraftstofflager ist zu dem Zeitpunkt ausreichend gefüllt.

Die geringeren Laststunden einer Photovoltaikanlage pro Jahr erfordern nicht nur einen größeren Batteriespeicher, sondern auch größere Energieerzeugungs- und Energieumwandlungsanlagen, wenn in der Summe des Jahres eine ähnliche Energiemenge wie mit Windkraftanlagen genutzt werden soll. Die Energieerzeugungsanlagen in Szenario 2 (PV)

haben mit 720 kW eine fast doppelt so hohe Leistung wie in Szenario 1 (PV + Wind) mit 375 kW.

Abbildung 5. Lastgang von Netzeinspeisung und Netzbezug sowie Lagerbestände der synthetischen Kraftstoffe beider Szenarien im Jahresverlauf)



Quelle: Eigene Berechnungen

4.2 Kosten der Energieversorgung und Break-Even für Investitionen

Die Energieversorgung des Beispielsbetriebes erfolgt zunächst vollständig durch Strom, der dann durch Sektorkoppelung in synthetischen Kraftstoff umgewandelt wird. Hierbei wird Strom hauptsächlich bei der Hochtemperatur-Co-Elektrolyse benötigt. Aufgrund des hohen Strombedarfs für diesen Umwandschritt stellen die Stromentstehungskosten einen großen Teil an den Gesamtkosten für synthetischen Kraftstoff dar.

Die Stromerzeugung in einer Kombination aus PV-Dachanlage (125 kWp) und Kleinwindenergieanlage (250 kW) (Szenario 1) kostet ca. 53.000 € p.a. und entspricht damit in etwa der von PV-Anlagen (720 kWp) in Kombination mit einer Batterie (105 kWh) (Szenario 2). Wenn der Strom aus einer großen Windkraftanlage günstiger bezogen werden kann, würden die jährlichen Kosten auf ca. 35.000 € sinken, was eine Differenz und damit jährliche Kosteneinsparungen von ca. 20.000 € bedeutet³.

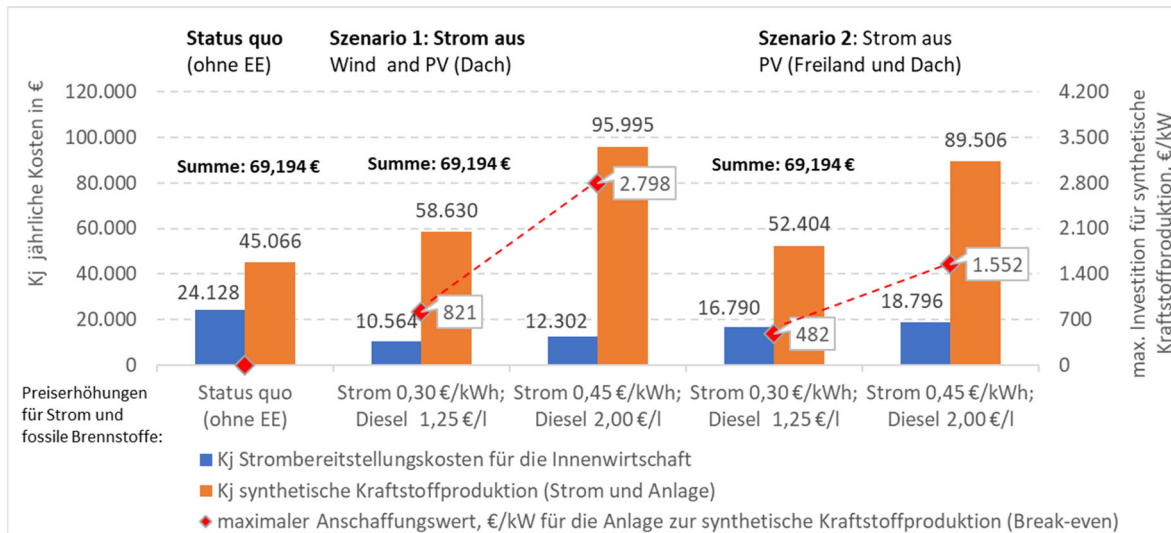
Im Status quo (fossile Energieressourcen) mit einem Strompreis von 0,30 €/kWh und einem Dieselpreis von 1,25 €/l hat der Betrieb Energiekosten von insgesamt rund 70.000 €, wovon rund zwei Drittel für den Einkauf von Diesel aufgewendet werden müssen. Beim Umstieg auf Erneuerbare Energien würden die durchschnittlichen Stromkosten auf 0,13 €/kWh (Szenario 1) bzw. 0,16 €/kWh (Szenario 2) sinken. Grund für die Kostensenkungen gegenüber der Ausgangssituation (0,30 €/kWh) sind die zusätzlichen Investitionen in PV-Anlagen oder Wind-

³ Die Variante „großes Windrad“ wird hier nicht näher erläutert. Die günstigere Stromerzeugung hätte jedoch im Break-Even einen höheren maximalen Investitionsbetrag für die Anlagen zur Produktion synthetischer Kraftstoffe zur Folge.

kraftanlagen, die unter anderem für die synthetische Kraftstoffherstellung notwendig sind. Im Gegensatz dazu steigen die Kosten für synthetischen Diesel.

Um zu vermeiden, dass die jährlichen Gesamtkosten den Betrag von ca. 70.000 € übersteigen, darf die Investition in Anlagen zur Produktion synthetischer Kraftstoffe nicht höher sein als 821 €/kW (Szenario 1) bzw. 482 €/kW (Szenario 2). Dieser Betrag liegt weit unter den aktuellen Investitionskosten für solche Anlagen von rd. 4.000 €/kW (Tabelle 2). Daher die Einschätzung am Ende des Artikels, dass solche Systeme derzeit wirtschaftlich nicht vertretbar wären.

Abbildung 6. Simulationsergebnisse der maximalen Anschaffungswerte (€/kW) für die synthetische Kraftstoffproduktionsanlage und deren jährlichen Kosten



Szenario 1 mit Kleinwindanlage (250 kW) und PV-Anlage (125 kWp), Szenario 2 mit PV-Anlage (720 kWp); zur Aufteilung der Kostenanteile Strom/synthetische Kraftstoffproduktion, siehe FUCHS et al. (2022).

Quelle: Eigene Berechnungen

5 Diskussion und Empfehlung

Die von einem landwirtschaftlichen Betrieb benötigte Energie in Form von Strom, Diesel oder Wärme weist nicht den höchsten Anteil an den Treibhausgasemissionen, die aus der Landwirtschaft stammen, auf. Die größten Emissionsquellen sind landwirtschaftliche Böden und die Verdauung der Wiederkäuer (BMU, 2019). Zum Erreichen der Klimaziele und zur Begrenzung der Erderwärmung auf möglichst 1,5 °C muss an mehreren Stellschrauben gedreht werden. Darunter fällt auch der Ersatz des fossilen Dieselmotors durch synthetische Kraftstoffe. Laut der nationalen Wasserstoffstrategie der deutschen Bundesregierung soll ein großer Anteil Wasserstoff und synthetischer Kraftstoffe in der Zukunft importiert werden, da die Erzeugungskapazitäten für erneuerbare Energien in Deutschland begrenzt sind.

Die vorliegende Arbeit weist aus, dass die Effizienz des betrieblichen Energiesystems durch eine synthetische Kraftstoffproduktion innerhalb des landwirtschaftlichen Betriebs erhöht werden kann. Dadurch kann eine selbstständige und regenerative Energieversorgung gewährleistet werden. Für das dargestellte kleine Energiesystem des Milchviehbetriebes ist es positiv, einen flexiblen, aber notwendigen Stromverbraucher, wie z.B. in Form einer synthetischen Kraftstoffproduktion, zu nutzen, um den konstanten Stromverbrauch des Milchviehstalles mit einem sehr hohen Anteil aus erneuerbaren Energieerzeugungsanlagen zu decken. Des Weiteren ist eine Kopplung zwischen den Sektoren Strom und Mobilität in dem in dieser Arbeit vorgestellten landwirtschaftlichen Betrieb notwendig. Dieses Erfordernis gilt allerdings grundsätzlich für die gesamte deutsche Landwirtschaft, da der Kraftstoffbedarf die

größte Energieposition darstellt und sich der mobile Energiebedarf der Traktoren (noch) nicht praktikabel elektrifizieren lässt.

Die maximalen Investitionskosten in € je kW für eine synthetische Kraftstoffproduktionsanlage würden laut Literatur im Jahr 2020 ca. 4.000 €/kW installierter Leistung betragen. Nach dem jetzigen Stand wären diese Anschaffungskosten selbst mit einer Großwindkraftanlage bei dem höchsten Energiepreisniveau von 0,45 ct/kWh Strom und 2,00 €/l Dieselmotorkraftstoff nicht rentabel. Sie dürften dann maximal bei 3.810 €/kW liegen.

Da bei dem heutigen Energiepreisniveau in keinem der Szenarien rentabel synthetischer Kraftstoff produziert wird, kann keine Empfehlung für den Milchviehbetrieb ausgesprochen werden, in eine selbstständige und regenerative Energieversorgung zu investieren, wie es das vorgestellte Energiesystem vorsieht. Ebenso spricht dagegen, dass die Containeranlagen zur synthetischen Kraftstoffproduktion noch keine Marktreife erreicht haben. In ein paar Jahren könnte die mögliche Investition rentabel sein, wenn das Energiepreisniveau wie angenommen stark steigt und der benötigte erneuerbare Strom kostengünstig produziert werden kann. Auch könnte eine genossenschaftliche Lösung die Economies of scale auszunutzen.

Als ein weiterer Aspekt soll die temporäre autarke Energieversorgung zur Krisenabsicherung angemerkt werden. Mit dem produzierten synthetischen Diesel ist es denkbar einen Dieselmotor für eine regenerative Notstromversorgung im Betrieb zu nutzen. Sollte es zu einem Stromausfall z.B. im öffentlichen Stromnetz kommen, können wichtige Stromverbraucher wie die Milchtankkühlung und der Melkroboter oder Lüftungsanlagen in Schweine- und Hühnerställen weiterbetrieben werden. Ein solcher Stromausfall würde auch auftreten, wenn das öffentliche Netz und damit die Anbindung an überörtliche Windparks oder PV-Anlagen wegen Reparaturarbeiten zeitweise abgeschaltet werden. Ein Notstromaggregat ist bei größeren Viehhaltungsanlagen sogar gesetzliche Vorschrift.

Ein weiterer Vorteil der vorgestellten Technologie ist der geringere Flächenverbrauch im Vergleich zur Produktion von Bio-Kraftstoffen, z.B. Bio-Diesel aus Rapsöl. Hier beträgt der Flächenverbrauch selbst bei Freiland-Photovoltaikanlagen nur 10% einer vergleichbaren Pflanzenölproduktion.

Literatur

- ARLA FOODS (2020): Corporate Responsibility Report 2020 [Online]. URL: https://www.arla.com/492ee1/globalassets/arla-global/company-overview/responsibility/csr-reports/2020/de_csr_arla_2020.pdf#page=12 [Stand: 17.06.2021].
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit) (2019): Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050 [Online]. URL: <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975226/.../2019-10-09-klimamassnahmen-data.pdf?download=1> [Stand: 09.06.2021].
- BMU (Bundesministerium für Umwelt) (2021): Beitrag der Landwirtschaft zu den Treibhausgas-Emissionen [Online]. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/> [Stand: 21.06.2021].
- EEG 2000 (2000): Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG) sowie zur Änderung des Energiewirtschaftsgesetzes und des Mineralölsteuergesetzes vom 29. März 2000 (BGBl. I S. 305); hat das Stromeinspeisungsgesetz (StrEG) zum 1. April 2000 abgelöst
- EEG 2021 (2021): Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das zuletzt durch Artikel 11 des Gesetzes vom 16. Juli 2021 (BGBl. I S. 3026) geändert worden ist". https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/BJNR106610014.html (14.11.2021)
- EUROPEAN COMMISSION (14 July 2021): A European Green Deal https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_en (Stand: 02 October 2021)
- FRONTIER ECONOMICS (2018): Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe. Studie im Auftrag von Agora Verkehrswende und Agora Energiewende. In Agora Verkehrswende,

- Agora Energiewende und Frontier Economics (2018): Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe [Online]. URL: https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2017/Die_Kosten_synthetischer_Brenn-_und_Kraftstoffe_bis_2050/Agora_SynCost-Studie_WEB.pdf [Stand: 23.07.2021].
- FUCHS, C.; MEYER, D.; POEHLIS, A. (2022): Production and Economic Assessment of Synthetic Fuels in Agriculture—A Case Study from Northern Germany. *Energies* 2022, 15, 1156. <https://doi.org/10.3390/en15031156>
- KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE (KIT) (2019): Kohlendioxidneutrale Kraftstoffe aus Luft und Strom. *Presseinformation* 107/2019 [Online]. URL: https://www.kit.edu/kit/pi_2019_107_kohlendioxidneutrale-kraftstoffe-aus-luft-und-strom.php (29.11.2021)
- KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE (KIT) (2021): Synthetische Kraftstoffe: Containeranlage am KIT im gekoppelten Betrieb erfolgreich. *Presseinformation* 069/2021 [Online]. URL: https://www.kit.edu/kit/pi_2021_069_synthetische-kraftstoffe-containeranlage-am-kit-im-gekoppelten-betrieb-erfolgreich.php (11.12.2021)
- KLAUSMANN, F.; ZHU, L. (Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation) (2018): Technologiestudie Microgrid - Markt- und Technologieübersicht für Komponenten eines Microgrids [Online]. URL: https://www.muse.iao.fraunhofer.de/content/dam/iao/muse/de/documents/Labore/Technologiestudie%20Microgrid_final_190221.pdf [Stand: 02.07.2021].
- KOST, C., SHAMMUGAM, S., JÜLCH, V., NGUYEN, H.-T.; SCHLEGL, T. (Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme) (2018): Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien [Online]. URL: https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2018_ISE_Studie_Stromgestehungskosten_Erneuerbare_Energien.pdf [Stand: 08.07.2021].
- MEURER, A.; KERN, J. (2021): Fischer-Tropsch Synthesis as the Key for Decentralized Sustainable Kerosene Production. *Energies* 2021, 14, 1836. <https://doi.org/10.3390/en14071836>
- NDR (2021): Emsland: Anlage in Werlte produziert CO₂-neutrales Kerosin. [https://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/osnabrueck_emsland/Emsland-Anlage-in-Werlte-produziert-CO₂-neutrales-Kerosin,werlte224.html](https://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/osnabrueck_emsland/Emsland-Anlage-in-Werlte-produziert-CO2-neutrales-Kerosin,werlte224.html) (16.10.2021)
- ROZZI, E.; MINUTO, F.D.; LANZINI, A.; LEONE, P. (2020): Green Synthetic Fuels: Renewable Routes for the Conversion of Non-Fossil Feedstocks into Gaseous Fuels and Their End Uses. *Energies* 2020, 13, 420. <https://doi.org/10.3390/en13020420>
- SAMAVATI, M.; MARTIN, A.; SANTARELLI, M.; NEMANOVA, V. (2018): Synthetic Diesel Production as a Form of Renewable Energy Storage. *Energies* 2018, 11(5), 1223; <https://doi.org/10.3390/en11051223>
- UNFCCC. (2017): United Nations framework convention on climate change: The Paris Agreement. Retrieved from http://unfccc.int/paris_agreement/items/9485.php (Stand: 07.11.2020)
- WENDEL, M. (E.ON Energie Deutschland) (2019): Autarke Stromversorgung in lokalen Netzen mit speichergestützten Kleinwindanlagen [Online]. URL: https://www.smart-systems-conference.de/wp-content/uploads/2020/01/E.ON-SmartEnergy2019_MWE.pdf [Stand: 06.04.2021].

**AGRICULTURE AND FOOD SECURITY IN DEVELOPING
AND TRANSFORMATION COUNTRIES**

COULD GENERIC IMPROVEMENT POLICIES BOOST MILK PRODUCTION IN SENEGAL? A SYNTHETIC CONTROL MECHANISM

Omid Zamani¹, Anoma Gunarathne

Summary

The study elaborates the potential synergies and tradeoffs between the policy objectives in the Senegalese agricultural sector. Here, we focus on genetic improvements. In our empirical analysis, we study the effects of the artificial insemination (AI) projects on dairy production in Senegal over the 2002-2018 period. Thus, we employ the Synthetic Control Method (SCM) for comparative case studies which allows comparison between the trajectories of post-intervention production of milk in Senegal with a combination of similar but untreated countries. We found evidence that the AI projects caused milk production to increase by 59,161 tons on average from 2008 to 2018, which might be positively correlated with food security (i.e. synergies). However, this may put significant pressure on water resources in Senegal. Thus, the negative externality of these projects (i.e. tradeoffs) on water resources should be considered to achieve a more efficient outcome.

Keywords

Livestock improvement, Dairy production, Dairy policy, Senegal.

1 Introduction

In Senegal, agriculture remains the primary means of livelihood, especially for the 8.6 million population living in rural areas (FAOSTAT, 2018). Despite the lower contribution of the agricultural sector to the whole economy, this sector employs over 60% of the total labor force in Senegal (WORLD BANK, 2019). The dairy sector is one of the most important agricultural sectors in Senegal, as it plays a vital role in their daily cash income and food and nutrition security (WOLFENSON, 2013). However, dairy production is not able to meet domestic demand, therefore, large amounts of milk, mainly in the form of powdered milk, are annually imported (FAOSTAT, 2019)². Moreover, due to a combination of unstable international powdered milk prices triggered by the global food price crisis in 2007-2008 and rapid growth of urban demand, policymakers and private dairy businesses have shown a renewed interest in developing domestic production (MAGNANI et al. 2019).

The low milk production is primarily caused by the lower milk yield in Senegal which is attributed to the low genetic potential of the indigenous cattle breeds (Marshall et al., 2016; Diouf et al., 2016). Besides, climatic conditions such as water resource scarcity and extreme temperature as well as poor feed, in terms of quality and quantity, are identified as the other factors explaining the gap between the potential and actual yield of dairy products in Senegal (NIEMI et al., 2016; MARSHALL et al., 2016; RAILE et al., 2019). To improve milk yield and thereby increase production, the Government of Senegal has given high priority to livestock development and encouraged private initiatives into dairy development (DIOUF et al., 2016). Among other initiatives, genetic improvement of local cattle breeds through Artificial Insemination (AI) has been considered the preferred strategy for improving milk yield from indigenous breeds (SECK et al., 2016).

¹ Thünen-Institut für Marktanalyse, Bundesallee 63, 38116 Braunschweig, omid.zamani@thuenen.de

² In 2018, 251 thousand tons (milk equivalent) of dairy products were produced in Senegal, while 595 thousand tons were imported.

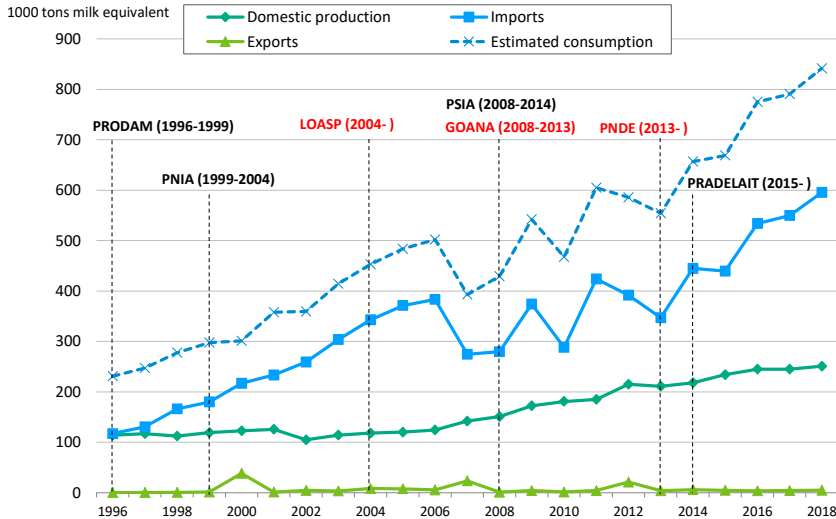
Since the 1990s, several genetic improvement initiatives have been implemented in Senegal. However, due to a lack of data, research studies evaluating dairy interventions are limited in Senegal. To the best of our knowledge, no previous work has empirically analyzed the impacts of the main dairy policies on milk production in Senegal. In this study, we contribute to the literature by empirically investigating the potential effects of the major policy interventions in the dairy sector including the artificial insemination initiatives on domestic milk production in Senegal. The study objectives are indicated threefold. First, we identified the most influential policies in the dairy sector of Senegal from 1990 to 2019 by reviewing the trend of domestic milk production. Second, we assessed the effect of identified policies using the synthetic control approach. Finally, we identified the potential barriers to dairy production including water resource scarcity and explored ways to optimize policy intervention options.

The remaining sections of this paper are structured as follows: Section 2 presents the general overview of the dairy sector. Section 3 explains the dairy policies and programs. Section 4 describes the methods of analysis. Finally, section 4 summarizes the key findings.

2 Overview of the dairy sector in Senegal

The livestock sector has been playing a significant role by improving household income and food security for subsistence farmers and pastoralists in Senegal. Senegal's livestock sector mainly comprises cattle, goats and sheep, and poultry. Most of the small rural households are engaged in traditional poultry raising. Livestock accounts for only about 3.6% of national GDP, but it is an integral part of many other agricultural enterprises providing draught power, organic fertilizer, and transport (ANSD Senegal, 2020). In Senegal, milk is a product of great socio-economic and nutritional importance where the national supply is not able to meet the growing demand for milk and dairy products. Currently, Senegal is only 66% self-sufficient with its milk production, and this resulted in the importation of about 100,000 metric tons of powdered milk, spending more than US\$ 400 million per year to fulfill domestic demand (ZAMANI et al., 2021).

Figure 1. Development of the Dairy Sector in Senegal from 1996 to 2018 (in 1000 tons, milk equivalent)



Note: The domestic consumption is estimated based on imports + production - exports. Storage was not considered. The artificial insemination policies are presented in black and the other livestock policies are in red. The policies are discussed in the following section in detail. Source: Exports and imports are based on UN COMTRADE (2018). The production data is retrieved from FAO (2018).

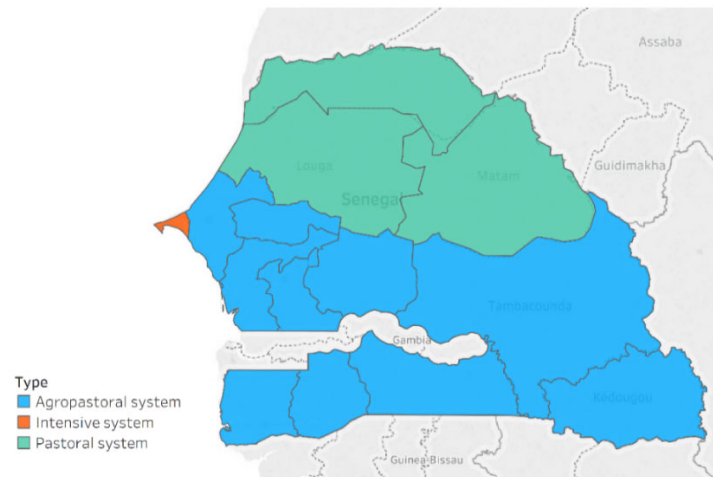
Moreover, in 2018, the total dairy imports amounted to about 595 million tons of milk equivalent, accounting for about 85% of the milk powder and full-fat milk by value (UN

COMTRADE, 2017). As a result, ZAMANI et al. (2021) investigated that between 2000 and 2018, the self-sufficiency rate of the Senegalese dairy sector steadily declined from 41% to 20% (figure 1). This indicates that the dependency on imported milk and milk products will continue to increase in the future.

The cattle population in Senegal amounts to 3.7 million heads, and it represents 1% cattle population in Africa (FAO, 2020). This comprises indigenous and exotic cattle breeds and their cross-breeds. Cattle rearing is classified under three major dairy production systems: pastoral, agro-pastoral, and, most recently, the intensive peri-urban system (figure 2).

The pastoral system: This is an extensive farming system present in two areas in the north and

Figure 2. Location of Dairy Production Systems in Senegal



Source: Own presentation based on DIEYE, 2006

the north-central regions of the country (Ferlo and the Senegal River areas). The Ferlo silvopastoral zone covers a third of the country's landmass and concentrates two-thirds of the total domestic ruminants in Senegal with 15% of the cattle population. This system contributes about 38% of the national milk production (DIOA, 2003) which is mainly exploited from the Gobra zebu cattle breed. Notwithstanding the contribution of this system, there are constraints to production such as irregular water supply which worsens in the dry season, and inadequate health coverage for farm animals. Despite these constraints, this is the only zone that produces a surplus of milk in the rainy season, thus justifying the installation of a milk collection network by Nestlé Senegal between 1992 to 2003.

The agro-pastoral system: These production systems are found in the groundnut basin/production zone (administrative regions of Diourbel, Louga, Kaolack, Thiès, and Fatick) and the south administrative regions of Kolda, Ziguinchor, and Tambacounda. Around 25% and 20% of the national cattle herd are located in the groundnut zone and the southern administrative regions, respectively (DUTEURTRE, 2006). In this production system, cattle are typically kept for beef production and animal traction by traditional Fulani pastoralists. Moreover, the average herd size and annual milk yield are 15 dairy cows and 600 liters per cow respectively. Artificial insemination first appeared in the groundnut zone in 1994 with the PAPEL project (Projet d'appui à l'élevage), which was intended to improve the level of milk production of local cattle breeds. This project enabled the exploitation of cross-bred cows and enhanced the level of milk production (about 6 liters/cow/day) and the income of the producers (DIA, 2004). Despite the performance recorded in this system, constraints to the improvement of production persist. In this production system, breeding is achieved through AI or natural service depending on the farmer's production goal which could either be dairy or beef products. This decision on the production goal is particularly dependent on the availability of food

(forage) in the dry season, difficulties in marketing dairy products, the low success rate of AI, and its relatively high cost.

The intensive peri-urban system: This system is usually practiced mainly in the Niayes area of Dakar-Thiès. It represents less than 1% of the cattle herd and is primarily based on the use of exotic cows (Montbéliarde, Jersiaise, Holstein, and Gir) in permanent stabling for milk production. Milk production is of the highest interest in this production system and because of that AI is widely applied to increase the production of milk. The average daily milk yield per cow is considerably high compared to the other two systems with the production of 30.0 liters in the rainy season (Jan-Mar) and 15.0 liters in the dry season (April-Dec).

The dairy sector has been facing several challenges including water resource scarcity and harsh environmental conditions (MARSHALL, 2016; RAILE et al., 2019). The water-related issues, including water shortages and unequal water distribution over seasons or regions, have become a national concern in Senegal (FAYE et al., 2019). Like other countries in Africa, the agriculture sector uses the major share of freshwater for production. In 2018, withdrawals from water resources in Senegal accounted for 2.22 billion m³, out of which 93% was used for the agriculture sector (FAO-AQUASTAT, 2018). Apart from the direct effect of water scarcity for livestock watering in dairy production, the production of livestock feed is highly dependent on the constant availability of water throughout the year.

3 Dairy Policies and Programs in Senegal

The public policies in Senegal are generally formulated to make the agricultural sector a driver for economic growth and improving farmers' livelihood (DEMONT and RIZZOTTO, 2012). After an expensive period of state intervention between the 1960s and 1980s, Senegal adopted the structural adjustment programs in agriculture (PASA) in the 1980s intended to remove too much state control in the agricultural sector. In this program privatization and market liberalization were the main components (WEISSMAN, 1990; Resnick and BIRNER, 2010).

In the dairy sector, reduction of import dependency through increasing domestic production is a central objective for public interventions that are jointly implemented by the private sector (to carry out livestock vaccination), NGOs, and public projects (DIEYE et al., 2005). The policies in the dairy sector cover five thematic areas including institutional policies (e.g. organization of dairy industries, farmers' associations), access to natural resources (e.g. water and land), livestock development (e.g. genetic improvement), economic and trade policies such as tariffs and non-tariff barriers, subsidies and macroeconomics policies (DIEYE et al., 2005; SECK et al., 2016).

Adopted in 2004, the Agriculture, Forestry, and Livestock Act (LOASP) represents an important institutional framework for reviving the agricultural sector of Senegal (WTO, 2017). Aiming at achieving food security and increasing the income sources of farmers, this law constitutes a legal framework for implementing the agricultural development plan in Senegal for the next 20 years (FAO, 2015). This law led to the implementation of several operational plans and projects, including the National Agricultural Development Program, the National Program for Livestock Development (PNDE), and the Grand Agricultural Offensive for Food and Abundance (GOANA). These programs are common in identifying livestock among the priority sectors that significantly impact the achievement of the Millennium Development Goals (DIOUF et al., 2016).

As part of the LOASP, the Ministry of Livestock launched the PNDE as a framework for the implementation of the interventions in the livestock sector (SECK et al., 2016). This plan specifically addresses animal husbandry. More specifically, it seeks to increase the productivity and competitiveness of animal value chains and to reach self-sufficiency in this market by 2026 (WTO, 2017; SECK et al., 2016; WORLD BANK, 2020). The program became operational in 2013, and it covers five specific pillars namely; improving productivity, developing breeding

systems, improving product marketing, and strengthening institutional structure (SECK et al., 2016; WORLD BANK, 2020).

From 2000 to 2005, Senegalese dairy imports grew substantially from 23 to 42 billion CFA (35 to 64 million Euro) (DUTEURTRE, 2009). However, the 2007-2008 food price spike highlighted the high vulnerability of Senegal's food security to the international food price variations (SECK et al., 2016). As result, on one hand, several contingency policies were taken to control milk price including tax exemptions for powdered milk imports. On the other hand, to reduce Senegal's food dependency, the government implemented GOANA in 2008, which comprise technical elements like animal feed, cross-breeding, and artificial insemination, as well as trade-related policies such as tax exemptions for production inputs and the processing of local milk (MASANGI et al., 2021; DEMONT and RIZZOTTO, 2012). Nevertheless, due to a lack of finance, only artificial insemination effectively became operational under the GOANA project which finances breeding and genetic improvement (MASANGI et al., 2021). Further, the GOANA got replaced by the New Alliance for Food Security and Nutrition in 2012 (FAO, 2015). The artificial insemination projects are discussed in the following section.

3.1 Artificial Insemination and Genetic Improvement Programs

In Senegal, as in most tropical countries, genetic improvement has always been the cornerstone of dairy policies. As indicated above, artificial insemination has been widely supported by successive national programs. Subsidized by the public sector, all dairy genetic improvement programs in Senegal³ have been implemented at no cost to cattle keepers (MARSHALL et al., 2016). The main stakeholders of the genetic improvement program include the state, livestock professionals, public services, and private companies, including veterinarians, livestock engineers, and livestock technicians, and the dairy farmers are the main beneficiaries (DIOUF et al., 2016).

In 1992, the Livestock Support Project (PAPEL) was launched to improve the production of milk and meat in the Groundnut and Sylvopastoral zones. This project was funded by the Government of Senegal with the support of the African Development Bank (AfDB). Under this project, around 5000 cows located in these production zones were inseminated during 1995 and 2005. The results showed an overall 43.4% pregnancy rate per artificial insemination recorded for the years 1995-1998. A higher pregnancy rate (73.6%) was obtained in 1996, and the lowest rate of 38.8 % was recorded in 1997. The decrease in the pregnancy rate in 1997 was most likely due to the shortage of forage in that year (SECK et al., 2016). The PAPEL project was followed by the Agricultural Development Project of Matam (PRODAM) in northern Senegal. Under this project also, 768 cows were inseminated in two phases (1996/1997 and 1998/1999) with an average success rate of 31% and 42% recorded for the first and second campaigns, respectively (BOUYER, 2016).

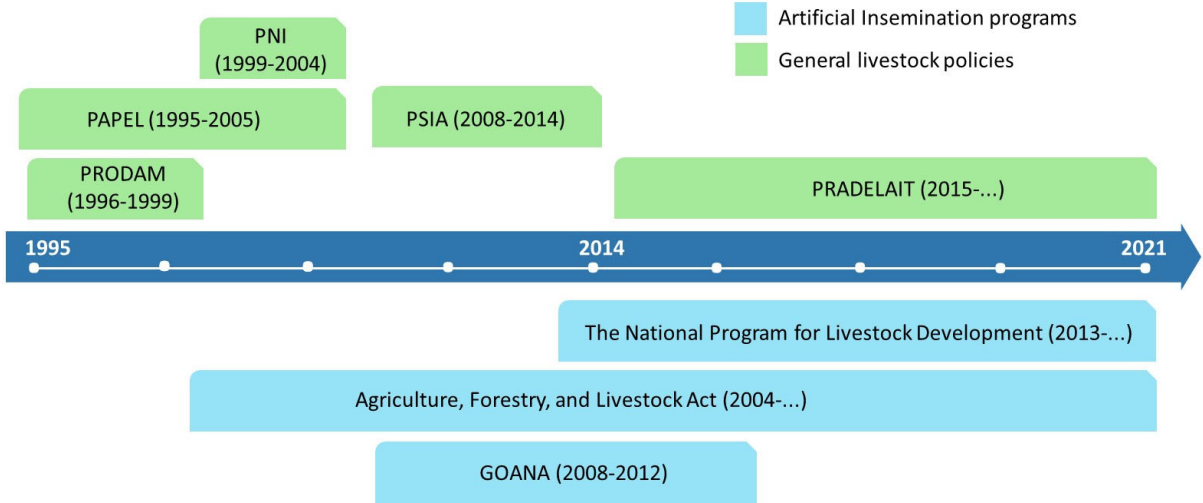
Again, as part of the national milk production development policy, three breeding campaigns were conducted under the national artificial insemination program (PNIA) in 1999, 2001, and 2004. This was done predominantly by private companies using protocols defined based on the specifications of agro-ecological zones. As a result, between 1999 to 2001, the overall insemination success rate enhanced from 31% to 42% (MAE, 2002a; MAE, 2002b; MAE, 2002c; MASANGI et al., 2021; GUEYE, 2003). Although there was an increment in the success rate, feeding challenges, inadequate experience of AI technicians, and geographic dispersion of activities were identified as some of the significant barriers that negatively impacted AI programs. This impact can be observed in Figure 1, where the earlier insemination programs (including PAPEL and PNIA) resulted in little changes in domestic production from 1996 to 2004.

³ except two campaigns.

Later on, the GOANA program was implemented in 2008 to boost livestock production through the implementation of different genetic improvement initiatives (CABRAL, 2016). The GOANA livestock project and the Special Artificial Insemination Program (PSIA) ran simultaneously as autonomous programs of genetic improvement from 2008 to 2014. The production objective of PSIA was to inseminate 500,000 cows by 2012 with the expectation of obtaining 100,000 cross-breed and additional milk production of up to 400 million liters. Under this program, 116,024 cows were inseminated with a success rate of 42.5% from 2008 to 2014 (MEPA, 2012 and 2014). It is as a result of this foresight that the Government of Senegal presented AI as the best technical option to rapidly increase national milk production and reduce imports. Due to some good progress by the government, the insemination programs were made to showcase the presidential commitment to modernity and which testifies to a growing "technicist" attitude in dairy development (MAGNANI, 2016: 143-158). The goal of the PSIA (2010-2011) insemination program was to inseminate 20,000 cows, out of which 19,209 were inseminated, representing 96% of the targeted population of cattle (SECK et al., 2016). However, the evaluation of PSIA highlights a reduction in pregnancy rate from 47.4% to 44.2% over the implementation period (SECK et al., 2016). Additionally, critics have expressed concern about the lack of effective monitoring of the project outcomes which are necessary for making the profitability evaluation of the project challenges.

In line with its vision and despite the challenges with PSIA, the government decided to continue the genetic improvement plan through the Dairy Industry Development Support Project (PRADELAIT - Projet d'Appui au Développement et à la Modernisation de la Filière Lait). This project was carried out within the framework of the 2014-2018 Emerging Senegalese Plan (PSE) with a budget of 30 million euros (DIOUF et al., 2016). The PRADELAIT project shared similar aims with PSIA as it also seeks to improve milk production through the intensification and modernization of production systems. The goal of the project was to contribute to the creation of jobs, income generation and mitigate extreme poverty as well as improve food security, especially in rural areas. Finally, in June 2018, the "my milk is local" campaign was launched in several countries in West Africa by a coalition of organizations of professionals in the dairy sector, NGOs, and research institutes. This advocacy was aimed at promoting the domestic consumption of milk in producer countries such as Burkina Faso, Mali, Mauritania, Niger, Ghana, and Senegal (GRET, 2019). Figure 3 shows the timelines of AI and livestock improvement projects implemented in Senegal.

Figure 3. Timeline of different artificial programs and livestock policies in Senegal (1995-2021)



Source: own representation.

4 Data and method

Due to limited data availability, the empirical analysis of policy effects in developing countries is a difficult task. To overcome this challenge, some scholars proposed the synthetic control method (SCM) (OLPER et al., 2018). Over the last decade, SCM has been widely used for estimating the effects of interventions in different contexts (see e.g. MOHAN, 2017; COLE et al., 2020; ABADIE, 2021). In this paper, we used the Synthetic Control Method (SCM) to estimate the effects of AI projects on dairy production in Senegal. Additionally, we projected the potential effects on water resources as one of the key constraints of the Senegalese dairy production. The SCM provides several advantages over other similar methods, e.g. propensity score matching (PSM) and difference-in-difference (DID). First, it can control endogenous problems due to selection bias and other factors associated with control group selection and relaxes the parallel trend assumption of the DID method (OLPER et al., 2018; LI et al., 2020). Secondly, SCM does not calculate weights without using the post-intervention data (COLE et al., 2020).

Following ABADIE et al. (2010), we split our sample into two periods, a pre-intervention period, T_0 , and the post-intervention period, T_1 , where $T = T_0 + T_1$. We assumed there are $K + 1$ countries, among which the first country (i.e. treated unit) was affected by the AI projects over the pre-intervention period $T_0 + 1, \dots, T$, and the other K countries (so-called "donor pool") is considered as the control samples. The idea of SCM is to estimate the pre-intervention characteristics of the treated unit using a weighted average of control units in the donor pool, known as the synthetic control, that approximate the pre-treatment outcomes for the treated unit (ABADIE et al., 2015; BEN-MICHALE et al., 2021).

For each country j and time t , let $Y_{j,t}^I$ be the production of milk observed for the countries that did not experience the AI projects, and $Y_{j,t}^N$ be the milk production for the treated unit (i.e. Senegal) after it had adopted the AI projects. Accordingly, the net effect of the AI projects ($\rho_{j,t}$) for the treated unit is defined by the gap between $Y_{j,t}^N$ and $Y_{j,t}^I$, as follows,

$$\text{Eq(1)} \quad \rho_{j,t} = Y_{j,t}^N - Y_{j,t}^I$$

Following ABADIE et al. (2015), it is assumed that the AI projects have no effects on production in the pre-intervention period, i.e. $Y_{j,t}^N = Y_{j,t}^I$ so for $t < T_0$ and all units. We define $D_{j,t}$ as an indicator that takes the value 1 if the country j is exposed to the AI projects at time t , and zero otherwise. Accordingly, the observed outcome for country j at time t is,

$$\text{Eq(2)} \quad Y_{j,t} = Y_{j,t}^N + \rho_{j,t}D_{j,t}$$

Following ABADIE ET AL. (2010), the potential effect of the intervention for the affected country on our study (Senegal) in period $t > T_0$ is measured by ABADIE et al. (2010),

$$\text{Eq(3)} \quad \rho_{j,t} = Y_{1,t}^I - Y_{1,t}^N = Y_{j,t} - Y_{1,t}^N$$

Since $Y_{1,t}^I$ is known, one can estimate the post-intervention trend of milk production by estimating $Y_{1,t}^N$ which is the milk production of Senegal where no intervention occurred. ABADIE et al. (2010) applies the following linear factor model to estimate $Y_{j,t}^N$.

$$\text{Eq(4)} \quad Y_{j,t}^N = \beta_t + \theta_t X_j + \delta_t Z_j + \varepsilon_{j,t}$$

Where β_t denote the time-variant fixed effect, X_j are the observed variables, and Z_j is the unobserved variable affecting milk production. $\varepsilon_{j,t}$ is the random error term with zero means. According to ABADIE (2021), a weighted average of units in the donor pool may approximate the characteristics of the treated unit much better than any untreated unit alone. Given a set of weights for each untreated unit $W = (w_2, \dots, w_{J+1})'$, a synthetic control estimates of $Y_{1,t}^N$ is:

$$\text{Eq(5)} \quad \hat{Y}_{1,t}^N = \sum_{j=2}^{J+1} w_j Y_{j,t}$$

Where $\hat{Y}_{1,t}^N$ stands for the counterfactual domestic production. In Equation (5), the weights are assumed to be nonnegative and sum up to one, i.e. $\sum_{j=2}^{J+1} w_j = 1$. Following ABADIE and GARDEAZABAL (2003), an optimization algorithm is applied to determine the optimal weights (w_j) by minimizing the deviation of the outcome variable path of the synthetic treatment country for the pre-intervention period.

4.1 Data, measures, and donor Pool selection

We use annual panel data from 1975 to 2018. As mentioned earlier, genetic improvement policies are the major interventions in the dairy sector of Senegal. In this line, we aimed to assess the effects of the recent artificial insemination projects that started in 2008, giving a pre-intervention period of 33 years to assess the trajectory of the domestic production of milk. The study data was taken from the FAO database. To estimate the effects of the policies on domestic production, we used the most recent data on domestic production, powdered milk imports, livestock numbers, the rural and urban population, and the decennial averages of milk production as explanatory variables. A treatment group was constructed by a convex combination of the potential comparison of African countries in the donor pool that is most closely similar to Senegal in terms of pre-intervention volume of milk production. We selected the comparative countries in the donor pool using literature and expert opinions. Moreover, the water requirement for dairy production was assessed by referencing the blue and green water footprints for fresh milk which is estimated at 107 and 1185 m³ per ton of milk (OWUSU-SEKYERE et al., 2016). Accordingly, it was estimated that producing 251 thousand tons of fresh milk in 2018 required 0.027 billion m³ of blue and green water, accounting for 1.2% and 13.4% of annual total water withdrawals in Senegal respectively (FAO-AQUASTAT, 2018).

5 Results

Evaluation of the synthetic control method (SCM) determines how milk production evolved in Senegal after 2008 in the absence of AI policies compared to the actual production trend. This was done by constructing an appropriate synthetic control group while holding all other factors constant. Our findings in Table 1 imply that synthetic Senegal is best projected by a weighted average of 5 countries, including Angola (0.32%), Central African Republic (0.19%), Chad (0.23%), the Democratic Republic of the Congo (0.24%), and Mali (0.01%), which constitute synthetic Senegal. Moreover, as shown in Appendix I, synthetic Senegal closely reproduces the variables for the pre-2008 period of milk production in Senegal.

Table 1. Country weight that constitutes synthetic Senegal

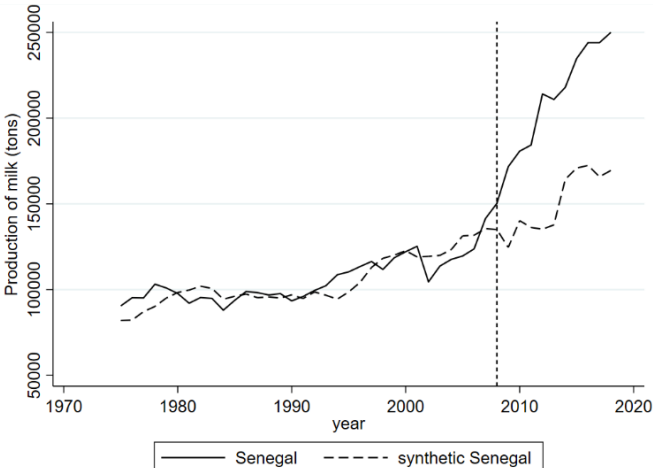
Country	Weight
Central African Republic	0.191%
Angola	0.324%
Chad	0.232%
DR. Congo	0.243%
Mali	0.010%
Sum	100%

Source: Own calculation using STATA 17.

Figure 5 shows the trend in the milk production trajectory of Senegal and its synthetic counterparts from 1975 to 2018. Although synthetic Senegal very closely tracks the trajectory of milk production in the pre-intervention period, the two lines diverge from each other notably in the post-2008 period. This means that synthetic Senegal provides a sensible approximation for the pre-intervention period. Our findings suggest that the domestic production of milk in the post-intervention period increases at a growing pace as also indicated in Figure 5. The divergence in

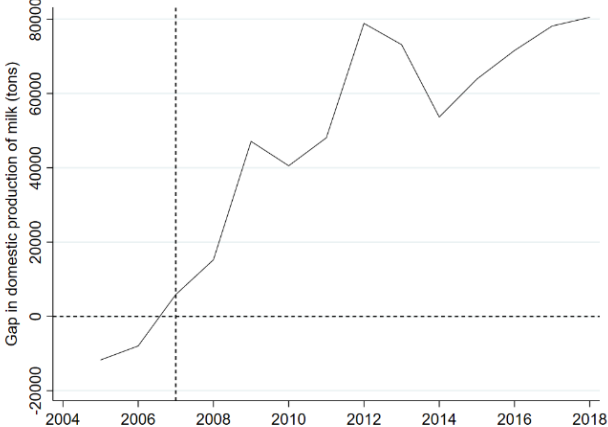
the synthetic and treated unit shows that the recent AI projects (PSIA and PRADELAIT) had a positive effect on domestic production during the post-2008 period. As mentioned earlier, the gap between the treated unit and synthetic Senegal demonstrates the potential effects of the AI projects in Senegal, which accounts for 59 thousand tons of milk annually on average. Figure 4 further shows that production changes as a percent of annual milk production stand at 27% in 2009 (the year after the implementation of PSIA) and 32% in 2018. From 2008 to 2018, the production of milk in Senegal grew by 66% in total. Compared with counter-factual synthetic Senegal, our results illustrate that milk production changed by 40% over the post-intervention period. Given the fact that the main dairy policy over the post-2008 period are AI and genetic improvements projects (as discussed in the previous section), the observed changes might be majorly driven by these projects. As laid out above, the production objective of PSIA was to obtain additional milk production of up to 400 million liters by 2012 (SECK et al., 2016). Our findings are in line with previous work that AI initiatives have the potential to improve pregnancy rates, which may eventually lead to higher milk production (e.g. BOUYER, 2016; MAGNANI et al., 2015). However, the results imply that only 55% of the initial objective were achieved by 2012.

Figure 4. Actual milk production of Senegal vs. synthetic, Senegal



Source: Own calculation using STATA 17.

Figure 5. Gap in milk production, Senegal

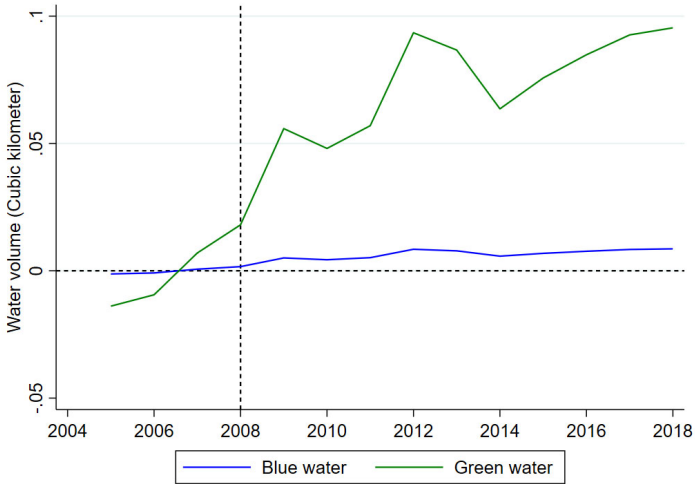


5.1 The effects on water resources depletion

The dairy sector of Senegal has been facing several challenges including water resource scarcity and harsh environmental conditions (MARSHALL, 2016; RAILE et al., 2019; DUTEURTRE et al., 2021). Water scarcity not only has a direct effect on livestock watering but also influences forage and animal feed availability. Due to water resource shortage, herders, especially in the northern region, rely heavily on groundwater, as the average rainfall is low and erratic (SECK et al., 2016). In this sense, the water used for milk production not only involves drinking water for cattle but also the water used for upstream production of feed and the downstream processing of products. Thus, in our analysis, we consider Blue Water used for watering animals as well as Green Water, which corresponds to the sum of soil evaporation and plant transpiration, mainly related to feeding animals (DUTEURTRE et al., 2021). Using the water footprint of fluid milk estimated by OWUSU-SEKYERE et al., (2016), we calculate the water required for implementing AI projects in Senegal from 2008 to 2018. Figure 6 indicates the volume of water required to achieve the outcome of the AI projects. Based on our estimates for implementing the AI projects from 2008 to 2018, 0.84 cubic kilometers (km³) of extra water is

required in total, consisting of 0.07 and 0.77 km³ of blue and green water⁴. In 2018, the total extra water required for AI projects accounts for 5% of annual agricultural water withdrawals in Senegal. It is worth noting that, apart from the positive effects of AI projects on domestic production, there is still a huge gap between total imports and production in Senegal. To bridge this gap by reducing the dependency on imports, more water resources might be required, which is a serious constraint for domestic production.

Figure 6. Extra water required for AI projects



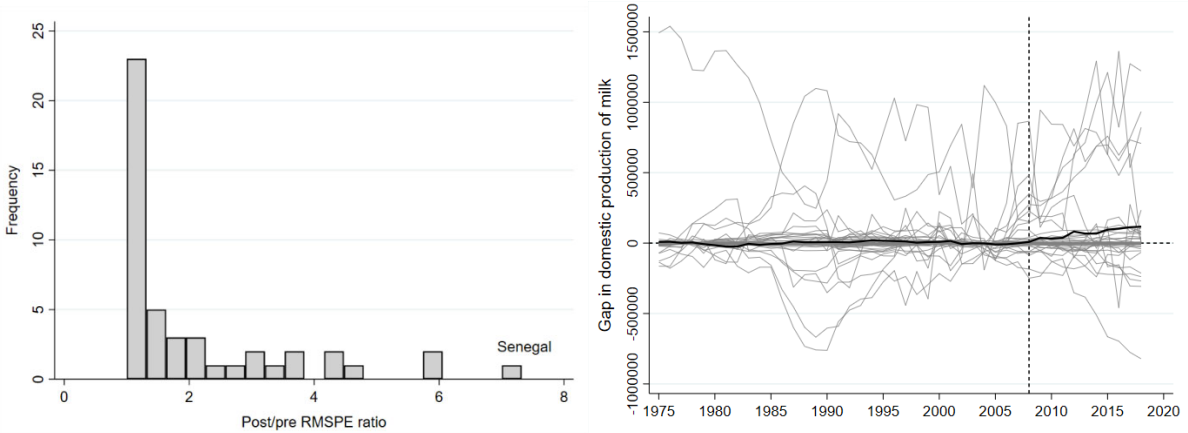
Source: Own calculation using data from Owusu-Sekyere et al (2016).

5.2 Robustness Check

To check for the credibility of our findings, we further carried out a placebo study as suggested by ABADIE, DIAMOND, and HAINMUELLER (2015). We iteratively estimated the baseline model to construct the control placebo estimates for countries that did not experience the same interventions such as Ghana. The placebo test is a test of whether a similar pattern for the post-intervention period can be obtained if one had randomly chosen another country as an alternative to Senegal. Thus, we estimated synthetic control for countries that did not experience the same policy interventions in the pre-2008 period. Applying this idea to each country in the donor pool allows us to compare the effects of the policy intervention in Senegal with the distribution of placebo effects for the other countries in the donor pool. To measure the magnitude of the gap in milk production between factual and synthetic trends, we used root mean square prediction errors (RMSPE). Figure 7 presents the ratios between the post-intervention root mean square prediction errors (RMSPE) and the pre-intervention RMSPE for Senegal and all the countries in the donor pool. As shown in figure 8, Senegal has the largest ratio of RMSPE, which provides evidence of the statistical significance of the results.

⁴ For definition of blue and green water, please check previous sections.

Figure 7. Placebo test results



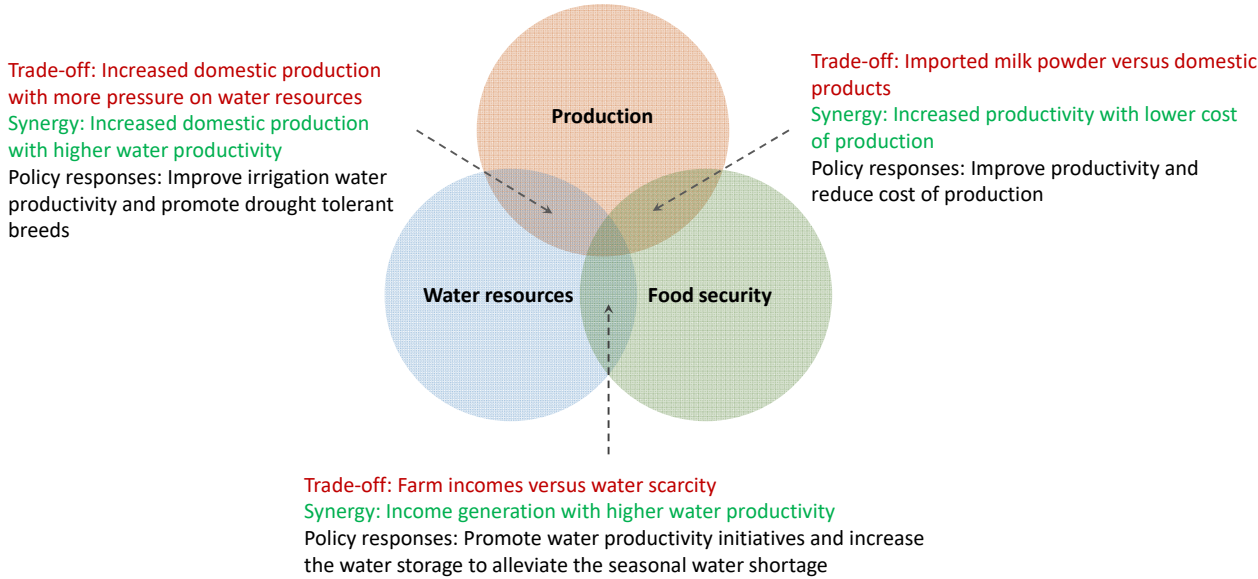
Note: The solid black line denotes synthetic Senegal. Source: Own calculation using STATA 17.

5.3. Synergies and tradeoffs between policy objectives in the dairy sector

Using our findings discussed in the previous section, this section elaborates on the possible interaction and coherence between policy objectives in the dairy sector of Senegal. We first highlight the policy objectives and challenges faced by policymakers in the dairy sector of Senegal. Further, we shed light on the implications of our empirical findings given the interconnection between different policy objectives. A breakdown of public expenditures for food and agriculture in Senegal may reflect the importance of food security and water-related initiatives. The Senegalese Government spent USD 349 million on food security-specific actions in 2020. A major share of this budget (64%) was aimed at making food available to people, mainly through subsidies and irrigation projects (PERNECHELE et al., 2021). As mentioned earlier, access to natural resources including water and land is one of the five thematic areas targeted by dairy policymakers in Senegal. Besides that, improving domestic dairy production has been always a prominent goal for Senegalese policymakers (MAGNANI et al., 2019). Accordingly, we identified three main challenges in the dairy sector of Senegal, domestic production, food security, and water resource scarcity.

The spillover effects between policy objectives underscore the need for increased economic research on the agriculture–poverty–water nexus (BALASUBRAMANYA and STIFEL, 2020). Following OECD (2021), we use a simplified framework as illustrated in Figure 8 to explain the interactions between main policy challenges in the Senegalese dairy sector. As the Figure suggests, policies in one dimension may have cross-sectoral impacts and spillover effects on other areas that can be explained in the form of building synergies and tradeoffs between the policy challenges. By increasing the low levels of per capita milk consumption, genetic improvement projects may increase the productivity and profitability of dairy cattle which can positively affect food security in Senegal (a synergy). However, higher domestic production may aggravate water scarcity (a tradeoff), especially during drought seasons. The extra water required for implementing the AI projects might be needed in non-dairy sectors that may promote higher water productivity. Accordingly, the interactions between different policy objectives need to be considered in formulating policies to prevent unintended externalities (in the case of trade-offs) or to be able to attain all possible benefits (in the case of synergies).

Figure 8. Synergies and tradeoffs between policy objectives in the dairy sector



Source: Own presentation.

6 Conclusion

This paper investigated the production effects of public interventions into the dairy market of Senegal. This was done by reviewing literature and trend in milk production to assess the potential effects of AI projects on domestic milk production using the synthetic control method (SCM) for a comparative case study developed by ABADIE and GARDEAZABAL (2003) and ABADIE et al. (2010). More specifically, The SCM uses a combination of African countries, which were not affected by AI projects, to constitute a "synthetic" control group with similar characteristics to Senegal in the pre-intervention period. Furthermore, to investigate the short and long-run causal effects, we project the spillover effects of increasing milk production on water resources, as an important constraint in the agriculture sector of Senegal and discuss the possible synergies and trade-offs between food security, water resources, and milk production. Our findings show that the AI projects caused milk production to increase by 69 thousand tons on average from 2008 to 2018 (equal to 759 thousand tons in total). Our estimate also indicates that production changes as a percent of annual milk production were 21% in 2009, 41% in 2015, and 47% in 2018. This in turn induces an increase in water usage for milk production. For instance, the water required for implementing AI projects in 2018 is about 6% of total agricultural water withdrawals in Senegal, which can be used in other sectors with higher water productivity. Thus, the negative externalities of production change may cancel out the positive effects eventually. In line with MARSHALL et al. (2016), an increase in domestic production with higher productivity (e.g. more productive breeds) may positively affect food security, as it may increase milk consumption. Nevertheless, we have no information to estimate the potential effects on food security precisely. Thus, this might be a venue for future studies. While the AI projects aimed to reduce dependency on imports significantly, yet, the actual trend of the market shows a substantial gap between import and domestic production of milk in Senegal. This is partly due to that the initial goals of these projects have not been achieved. Different barriers hinder the real effects of AI projects. Although artificial insemination services were used to be provided free of charge in the past, the farmers should pay for them now which is cost-prohibitive (CRAIGHEAD et al. 2021). Thus, financial support (subsidies) may improve the final results of AI projects. Additionally, water shortage in hot seasons may prevent farmers to increase production throughout the year. This may cause the feed costs to change seasonally with a peak in summer. In this regard, comprehensive AI projects should be supported by

sufficient water availability and livestock feed throughout the year for optimal milk production and feed conversion efficiency. Last but not least, a more realistic dairy policy should be based on a better understanding of spillover effects and coherency between different policy objectives.

Reference

- ABADIE, A. (2021): Using synthetic controls: Feasibility, data requirements, and methodological aspects. *Journal of Economic Literature*, 59(2), 391– 425.
- ABADIE, A., DIAMOND, A., & HAINMUELLER, J. (2010): Synthetic Control Methods for comparative case studies: Estimating the effect of California's tobacco control program. *Journal of the American Statistical Association*, 105(490), 493– 505.
- ABADIE, A., DIAMOND, A., & HAINMUELLER, J. (2015): Comparative politics and the Synthetic Control Method. *American Journal of Political Science*, 59(2), 495– 510.
- ABADIE, A., & GARDEAZABAL, J. (2003): The economic costs of conflict: A case study of the Basque Country. *American Economic Review*, 93(1), 113– 132.
- ANSD (2020): Situation Economique et Sociale du Sénégal Ed. 2017/2018, Juillet 2020 http://www.ansd.sn/ressources/ses/chapitres/11-SES-2017-2018_Elevage.pdf.
- BEN-MICHAEL, E., FELLER, A., & ROTHSTEIN, J. (2021): The augmented synthetic control method. *Journal of the American Statistical Association*, 116(536), 1789– 1803.
- BOUYER (2006): Results and analysis of the use of artificial insemination in genetic improvement programmes of dairy breeds in Africa, in Sudanese-Sahelian Africa. Nantes, France: PhD thesis in Veterinary Medicine.
- CABRAL, F., J. (2016): Artificial Insemination, Livestock Productivity and Economic Growth in Senegal, AGRODEP Working Paper 0022.
- CRAIGHEAD, L., CARDWELL, J. M., PRAKASHBABU, B. C., BA, E., MUSALLAM, I., ALAMBÉDJI, R. B., ... & HÄSLER, B. (2021). Everything in this world has been given to us from cows, a qualitative study on farmers' perceptions of keeping dairy cattle in Senegal and implications for disease control and healthcare delivery. *Plos one*, 16(2), e0247644.
- COLE, M. A., ELLIOTT, R. J., & LIU, B. (2020): The Impact of the Wuhan Covid-19 Lockdown on Air Pollution and Health: A Machine Learning and Augmented Synthetic Control Approach. *Environmental and Resource Economics*, 76 (4), 553–580.
- DEMONT, M., RIZZOTTO, A. C. (2012): Policy sequencing and the development of rice value chains in Senegal. *Dev. Policy Rev.* 30, 451–472.
- DIEYE, P. N., DUTEURTRE, G., SISSOKHO, M. M., SALL, M. & DIA, D. (2005): Linking local production to urban demand: The emergence of small-scale milk processing units in southern Senegal. *Livestock Research for Rural Development*, 17(4), 8.
- DIOUF, M. N. K., MARSHALL, K., & FADIGA, M. L. (2016): Analysis of the dairy germplasm value chain in Senegal. ILRI Project Report. International Livestock Research Institute (ILRI), Nairobi, Kenya.
- DUTEURTRE, G. (2009): La tradition laitière africaine : un héritage menacé ?. In : Conférence sur le lait, produit moderne ou traditionnel ?, Dakar, Sénégal, 9 avril 2009. s.l.: s.n., 12 p.
- FAO (2015): Country Fact Sheet on Food and Agricultural policy Trends: Senegal. Retrieved from <https://www.fao.org/3/i4841e/i4841e.pdf>
- FAOSTAT (2018). FAOSTAT Database. Retrieved from Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAOSTAT (2019): Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT database available at <http://www.fao.org/faostat/en/#data>.
- FAO-AQUASTAT (2015): AQUASTAT website. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- FAYE, A., NOBLET, M., CAMARA, I., & MBOUP, S. D. (2019): Evaluation de La Vulnérabilité Du Secteur Agricole à La Variabilité et Aux Changements Climatiques Dans La Région de Fatick (Sénégal). Senegal.

- GRET (2019): Étude filière lait dans les Bassins Laitiers de Ouagadougou et de Bobo-Dioulasso au Burkina Faso. GRET, Rapport définitif, p. 64.
- GUEYE, N. S. (2003): Revue et analyse des expériences de croisements de bovins pour l'amélioration de la production laitière au Sénégal. Mémoire: ENSA: Thiès.
- LI, X., WONG, T. K. L., CHEN, R. T., & DUVENAUD, D. K. (2020): Scalable gradients and variational inference for stochastic differential equations. In Symposium on Advances in Approximate Bayesian Inference, 1–28.
- MAGNANI, G., ZUCHELLA, A., & STRANGE, R. (2019): The dynamics of outsourcing relationships in global value chains: Perspectives from MNEs and their suppliers. *Journal of Business Research*, 103, 581-595.
- MARSHALL, K., TEBUG, S., JUGA, J., TAPIO, M., & MISSOHOU, A. (2016): Better dairy cattle breeds and better management can improve the livelihoods of the rural poor in Senegal. ILRI research brief 65, International Livestock Research Institute (ILRI), Nairobi, Kenya (2016).
- MOHAN, P. (2017): The economic impact of hurricanes on bananas: A case study of Dominica using synthetic control methods, *Food policy*, 68, 21-30.
- OLPER, A., CURZI, D., & SWINNEN, J. (2018): Trade Liberalization and Child Mortality: A Synthetic Control Method. *World Development*, 110, 394– 410.
- OWASU-SEKYERE, E., SCHEEPERS, A.E., & JORDAAN, H. (2016): Water footprint of milk produced and processed in south Africa: implications for policy-makers and stakeholders along the dairy value chain. *Water*, 8, 322.
- RESNICK, D. & BIRNER, J. (2010): Agricultural Strategy Development in West Africa: The False Promise of Participation? *Development Policy Review*, 28 (1), 97–115.
- SECK, M., MARSHALL, K., & FADIGA, M. L. (2016): Policy framework for dairy development in Senegal. ILRI Project Report International Livestock Research Institute (ILRI), Nairobi, Kenya.
- WEISSMAN, S. R. (1990): Structural Adjustment in Africa: Insights from the experiences of Ghana and Senegal. *World Development*, 18(12), 1621–1634.
- WFP (2011): Comprehensive Food Security and Vulnerability Analysis – Senegal, Dakar.
- WOLFENSON, K. D. M. (2013): Coping with the food and agriculture challenges: small-holders' agenda. In: Proceedings of the 2012 United Nations Conference on Sustainable Development. 47.
- WORLD BANK REPORT (2020): Trading for Development in the Age of Global Value Chains. Washington, DC: World Bank.
- ZAMANI, O., PELIKAN, J., & SCHOTT, J. (2021). EU exports of livestock products to West Africa: An analysis of dairy and poultry trade data (No. 162). Thünen Working Paper.

Appendix I

Variable	Treated	Synthetic
The logarithm of powdered milk imports	6.809	6.723
The logarithm of livestock numbers	14.048	13.984
The logarithm of the rural population	8.309	8.736
The logarithm of the urban population	7.701	7.701
Milk production (1975-85)	111079.5	121369.6
Milk production (2005)	95166.64	93460.28

Funding

The project is supported by funds from the German Ministry of Food and Agriculture (BMEL) based on a decision of the Parliament of the Federal Republic of Germany via the Federal Office for Agriculture and Food (BLE). Funding reference number: 28N1800017

RISK AND INSURANCE IN AGRICULTURE

FARMERS' PREFERENCES FOR SATELLITE-BASED AND PRECIPITATION-BASED INDEX INSURANCE: INSIGHTS FROM GERMANY

Eike Florenz Nordmeyer¹, Oliver Musshoff, Michael Danne

Abstract

Crop insurance and index insurance in particular is a promising tool for farmers to cope with rising climate risks. However, the demand of index insurance in Europe is low as current policies based on weather station data suffer from high basis risk. To reduce the basis risk, the use of satellite data is discussed. While this has been empirically shown, valid studies on insights into farmers' preferences for satellite-based index insurance are missing. We employ a discrete choice experiment with 127 German farmers to compare preferences for hypothetical satellite-based and precipitation-based index insurance. We also focus on the effect of partial subsidization on farmers' utility as the common agricultural policy allows for subsidization of index insurance to reduce premiums for farmers. We include other attributes like premium, strike level and payout as they were rated as important by farmers. Mixed logit model results show a preference for both index insurance policies against no insurance. Furthermore, the average farmer has a statistically significant higher preference for the satellite-based against the precipitation-based index insurance. We find farmers to be more sensitive to subsidizing satellite-based index insurance. Our results highlight the potential of satellite data to increase farmers' demand for index insurance and are of interest for insurers and policymakers.

Keywords

Satellite data, index insurance, risk management, discrete choice experiment

1. Introduction

Climate risks caused by climate change, especially droughts and heat waves, are expected to occur more often and affect larger areas in the temperate zone in Europe. This will adversely affect crop yields, increases income uncertainty for farmers and calls risk management to improve (FINGER and EL BENNI, 2021; HARKNESS et al., 2020; LUNT et al., 2016). Crop insurance is commonly discussed in this context to ensure liquidity of farms. Yet, only a small proportion of farmers in Europe is insured against drought (MEUWISSEN et al., 2018) as no program like the US Federal Crop Insurance Program is in place (GLAUBER, 2013). Likewise, in Germany, fewer than 1% of farmers are insured against drought, even though the country was hit by a catastrophic nationwide drought in 2018 (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG und LANDWIRTSCHAFT, 2018; GERMAN INSURANCE ASSOCIATION, 2019). To increase farmers' demand, the common agricultural policy (CAP) established measures to support farmers in risk management and allowed subsidization of insurance for catastrophic events (EUROPEAN UNION, 2017).

Further, the concept of index insurance seems promising to increase demand among farmers, as it simplifies loss assessment and reduces moral hazard risk compared to traditional indemnity-based crop insurance (BARNETT and MAHUL, 2007). However, while these new insurance schemes are already well established in the USA and Canada, they are emerging too slowly in Europe to deal with the increasing climate risks (VROEGE et al., 2019). In particular, the intensively discussed high basis risk of policies based on weather station data does not fit

¹ Georg-August-Universität Göttingen, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen, eike.nordmeyer@uni-goettingen.de

the preferences of farmers (HEIMFARTH and MUSSHOFF, 2011). It is known that high basis risk makes index insurance unattractive even for risk-averse decision-makers, as it can even worsen the financial situation in the event of a claim (CLARKE, 2016). Moreover, increasing premiums, resulting from more frequent occurrence of droughts, discourage farmers from buying insurance even under fair premium conditions (DU et al., 2017). Therefore, making index insurance more attractive presents insurers and policymakers with a challenging task that should focus on improving the quality and pricing of policies to increase demand (HILL et al., 2016).

Satellite data (e.g. biomass data or soil moisture data) has received considerably research attention to reduce basis risk and improve hedging effectiveness of index insurance. Previous studies in developed and developing countries investigated various satellite indices for integrating into index insurance (e.g. BOKUSHEVA et al., 2016; TURVEY and MCLAURIN, 2012). In general, positive effects on hedging effectiveness or a reduction in basis risk were found. Surprisingly, there is a lack of literature on farmers' demand and their preferences for satellite-based insurance. VROEGE et al. (2021) point out that satellite data improve the number of insurance options. Moreover, satellite data can contribute to the development of individually tailored insurance (BUCHELI et al., 2021). However, insights into farmers' preferences and experiences with satellite data are needed to design future policies.

This article provides first insights into preferences for satellite-based insurance. In particular, we investigate into farmers' overall preferences for satellite-based compared to precipitation-based index insurance. We also focus on the effect of partially subsidizing index insurance on farmers' utility. However, this study is more basic research on farmers' demand for satellite-based index insurance than it is aimed at precisely quantifying its market potential. As satellite-based insurance is hard to find in Europe, a discrete choice experiment (DCE) was conducted with German farmers. In a hypothetical scenario, farmers could decide whether or not to insure themselves against drought by purchasing hypothetical index insurance policies. Specifically, they could choose between a satellite-based and a precipitation-based policy. To the best of our knowledge, we are the first measuring farmers' preferences for a satellite-based index insurance. Additionally, we are the first to study the influence of subsidized index insurance on farmers' utility. Herewith, we can contribute to the political discussion on government intervention to improve risk management on a national level. The results should provide guidance to insurers regarding the design of insurance products and give policymakers insights into how governmental support would change farmers' demand. The article is structured as follows. First, we give a brief overview on index insurance and satellite data in this context in particular. In section 3, the idea of the DCE approach and its methodology is explained. Additionally, our experimental setting is shown. We present and discuss the results of farmers' preferences in section 4. A conclusion ends up this article.

2. Index insurance and the potential of satellite data

The literature on index insurance mainly focus on meteorological indices like precipitation or temperature sums, but also indexes referring to water stress like evapotranspiration are discussed (LEBLOIS and QUIRION, 2013). However, the performance of such insurance schemes is affected by the distance to the next weather station, creating a geographical basis risk (HEIMFARTH and MUSSHOFF, 2011). Moreover, the correlation of the crop yield and the underlying index is imperfect, resulting in a mismatch of the payoff and the yield loss experienced by the farmer because the weather index is not the only determinant of the crop yield (JENSEN et al., 2016). Nevertheless, the majority of index insurance policies in Europe are currently based on weather station data (VROEGE et al., 2019). To reduce the problem of basis risk and increase the hedging effectiveness, several opportunities are under discussion. For one, gridded precipitation data is used to ensure a low geographical basis risk (DALHAUS and FINGER, 2016). Weighted daily precipitation data from different weather stations combined with

orographic data are converted into a grid to interpolate precipitation between weather stations. Thus, heavy precipitation and zero precipitation observations at weather stations are not excluded, but remain in the data. This reduces the technical risk, since a failure of one weather station can be compensated.

Further, satellite data is under investigation given their availability in almost real time and their independency of the density and number of weather stations (QUIRING and GANESH, 2010). Several indexes on biomass data, such as the normalized difference vegetation index (NDVI), are discussed. The NDVI describes the density and vigor of green biomass and is an indicator for the health of the vegetation (LEBLOIS and QUIRION, 2013). The NDVI is highly adapted to biomass assessment, while it shows an inconsistent relationship to crop yield. Due to this, the NDVI is primarily investigated for use in forage index insurance (TURVEY and MCLAURIN, 2012). Other studies focus on the vegetation condition index (VCI) and the temperature condition index (TCI). The VCI is a relative indicator that shows how vegetation develops between the minimum and maximum potential of a particular region, while TCI is a relative indicator of how favorable or unfavorable the thermal conditions are at the vegetation surface (KOGAN, 1995).

Even though these biomass indices show good results in terms of hedging effectiveness (BOKUSHEVA et al., 2016; MÖLLMANN et al., 2019a), it will face problems for practical integration. First, it cannot be accurately identified that the observed loss in yields due to the low index is drought-related (AGHAKOUCHAK et al., 2015). It is important that the interaction of the weather events and damage in a specific growth phase is clear (NIETO et al., 2010). Especially in spring, late frosts can cause damage to growing winter crops (MARTINO and ABBATE, 2019). Second, the use of high granularity increases the risk of moral hazard costs, as agricultural practices and potential diseases can also affect yields (WEBBER et al., 2020). If farmers notice their crops being in bad conditions, there is a risk to neglect crop protection and fertilization as the insurance would cover a defined damage. This would entail high monitoring costs for insurers and lead to higher premiums (CLEMENT et al., 2018) or requires a lower spatial resolution, which would be accompanied by a loss of hedging effectiveness. Third, there is a time lag between weather effects and indices such as NDVI, VCI and TCI. In the case of moderate heat stress, crops react with a time delay with reduced chlorophyll production (NIETO et al., 2010). In particular, drought periods towards the end of the insurance period could not be reflected in the index.

By taking these constraints into account, other papers focus on soil moisture (ENENKEL et al., 2018). A drought-related reduced soil moisture combined with a decrease in evapotranspiration has negative effects on crop yields (SENEVIRATNE et al., 2010). Soil moisture is commonly described as the water content of the unsaturated part of the soil in m^3 of water per m^3 of soil, resulting in a volumetric soil moisture content. However, because measuring soil moisture on ground is costly and difficult, researchers investigate into globally available satellite-retrieved soil moisture (DE JEU and DORIGO, 2016). Likewise, sentinel satellites can provide soil moisture data with a spatial resolution of 1×1 km (BAUER-MARSCHALLINGER et al., 2019). Remotely sensed soil moisture data are also available with lower spatial resolution, which can depict entire regions (COPERNICUS CLIMATE CHANGE SERVICE, 2019). As these studies shown, satellite data is potentially suitable for insurance. It can provide farmers information on crop health status and soil moisture.

3. Discrete choice experiment

3.1. Conceptual framework

Within the field of DCEs, especially the stated preference approach is of huge interest for researchers and very commonly used. In contrast to revealed preference methods, stated-

preference methods allow to measure preferences in hypothetical situations in the context of e.g. new products (LOUVIERE et al., 2000). Since insurance based on satellite data for crops is still hard to find in Europe and no real data can be used, we apply the stated preference approach. To measure peoples' preferences, DCEs are well established methodology in agricultural economics (e.g. SCHULZ et al., 2014) and have been used in the context of crop insurance as well (LIESIVAARA and MYYRÄ, 2014; MÖLLMANN et al., 2019b). The random utility theory of MCFADDEN (1974) is the baseline for all developed choice models. According to the theory, consumers do not derive utility from a good itself, only from the characteristics associated with the good. Accordingly, a consumer chooses the good from a set of goods that provides the maximum individual utility. Following HENSHER et al. (2015), the random utility U of an individual n for an alternative j in choice situation s can be divided into 2 parts, a modeled and observable component V_{nsj} and a non-modeled and non-observable component ε_{nsj} , such that:

$$U_{nsj} = V_{nsj}(\beta_n X_{nsj}) + \varepsilon_{nsj} \quad (1)$$

where X_{nsj} describes the vector of attributes of an insurance and personal and farm characteristics, β_n is a vector of individual-specific random coefficients and ε_{nsj} is an error term that is assumed as an independently and identically distributed extreme value. In a DCE, participants are presented with different decision situations in which they have to choose one out of several alternatives. These alternatives are characterized by certain attributes, which have different characteristics (levels) across the decision situations. A pre-defined varying of the levels over choice sets allows the preferences for alternatives and attributes to be determined (LIST et al., 2006). In order to avoid forced decisions and resulting contradictions and inconsistencies with the demand theory, the opt-out option as a further alternative is offered in each decision situation (HANLEY et al., 2002).

3.2. Estimation procedure

For analyzing choice data, LOUVIERE (2000) developed different econometric models. We apply the mixed logit model (MXL). The MXL allows for more flexible estimations of the random utility compared to the conditional logit model. It does not depend on the assumption on interdependence of irrelevant alternatives. Moreover, it allows for correlation of unobserved factors and varying parameter across the sample. According to HENSHER et al. (2015), the probability of a farmer n choosing alternative j in choice situation s is given by:

$$Prob (Choice_{ns} = j | \mathbf{X}_{nsj}, \mathbf{Z}_n \mathbf{v}_n) = \frac{\exp(V_{nsj})}{\sum_{j=1}^{J_{ns}} \exp(V_{nsj})} \quad (2)$$

where and \mathbf{X}_{nsj} represents the K attributes of alternative j a farmer n facing in choice situation s and β_n are the parameters to be estimated for the attributes. \mathbf{Z}_n is set of M characteristics of farmer n influencing the mean of the taste parameters and \mathbf{v}_n describes a vector of random variables with zero means, knowing variances and zero covariances. We apply the Wald test to analyze if differences in coefficients of satellite-based and precipitation-based index insurance differ statistically significant from zero.

3.3. Experimental design

In our study, we offer farmers a satellite-based and a precipitation-based policy. We use winter wheat as the related crop because winter wheat is the most important crop in Germany and is grown in at least the whole country (DESTATIS, 2021). To give practical implications, we consider the discussion on satellite and meteorological indexes presented in section 2 in the design. Therefore, to minimize the risk of moral hazard and to avoid high control costs and thus high loadings, we provide farmers a satellite-based soil moisture index. The index is based on

the volumetric soil moisture values ($\text{m}^3 \text{ water}/\text{m}^3 \text{ soil}$) measured during the insurance period. As ranges of soil moisture can differ even at short distance depending on soil type and absolute level (MITTELBACH and SENEVIRATNE, 2012), we offer an index with high spatial resolution (1x1 km). For the precipitation-based index insurance, we provide farmers an index based on gridded precipitation data with a spatial resolution of 1x1 km. Within these grids, the sum of precipitation per m^2 during the insured period is interpolated (DALHAUS and FINGER, 2016). Policies based on this index are currently offered by insurers in our study region (VEREINIGTE HAGEL, 2020). The insured period of a policy usually refers to a fix calendar period (e.g. April to June). However, different latitudes and altitudes result in differences in vegetation periods throughout Germany (GERSTMANN et al., 2016). Following DALHAUS et al. (2018), we focus on the critical phenological phase, since crops vulnerability changes across the different growth phases. For wheat, the most vulnerable time frame for damage by water lacking is between stem elongation and milk ripeness (ACEVEDO et al., 2002).

In practice, farmers can determine the sum insured per ha themselves. The sum insured may be the expected market price multiplied by the expected yield for the insured crop. However, farmers can choose individually a sum that is above or below the expected revenues as well. To take the differences in yield potential and risk attitudes into consideration, farmers could choose 1,000€, 1,250€ and 1,500€ per ha in advance of the experiment. The premiums and the payout of the insurance refer to the selected sum. In particular, they are calculated proportionally. Hence, premiums and payouts for 1,500€ sum insured are 50% higher than for 1,000€. We derived the attributes and levels for the final design of the experiment from the literature on DCEs in insurance context and the pilot study, which was conducted in May 2021 with 15 German farmers. As part of it, farmers were asked to rate the relevance of various attributes in the decision-making progress for purchasing insurance on a Likert scale. According to the results, the four most important attributes are the amount of premium, the level of subsidization, the respective strike level and the amount of payout. Table 1 shows the attributes and levels used in the experiment.

Table 1. Attributes and levels of the alternatives

Sum insured per ha^a	1,000€, 1,250€, 1,500€
Attribute	Levels
Premium	2%, 4%, 6%, 8% (based on sum insured)
Subsidy level	0%, 25%, 50% of the premium
Strike level	20%, 25%, 30% expected loss in yields
Payout	20%, 30%, 40% (based on sum insured)
Weather data source:	<p>Precipitation index: The index is based on the interpolated precipitation per m^2 calculated proportionally from various weather stations in your region by using gridded data with a spatial resolution of 1x1 km during the insured period (stem elongation to milk ripeness).</p> <p>Satellite index: The index is based on values of the volumetric soil moisture ($\text{m}^3 \text{ water}/\text{m}^3 \text{ soil}$) measured by satellites by means of radar radiation at 5-10 cm soil depth on your land with a spatial resolution of 1x1 km during the insured period (stem elongation to milk ripeness).</p>

^aThe sum insured per ha has to be determined by the farmers in advance of the experiment. It is constant across all choice sets.

The attribute “premium” describes the amount to be paid annually per ha. Premiums for a particular farm are composed of the fair premium, which depends on the long-term damage,

and the loading factor including the production costs of the policy and the margin of the insurer. However, calculation of fair premiums was not possible due to unknown risk exposure of participating farmers. According to the largest insurer in Germany, premiums for drought insurance start from 2% up to 10% of the insured sum (VEREINIGTE HAGEL, 2020). Hence, we use the respective value for 2%, 4%, 6% and 8% of the insured sum for both policies. DU et al. (2017) identify that higher expenditures for premiums even under fair conditions reduce farmers' willingness to insure. MÖLLMANN et al. (2019b) show that an increased premium for revenue insurance and whole farm insurance declines the probability to insure. Therefore, we expect a negative effect of the premium on farmers' utility.

Under CAP, subsidies of up to 65% of the annual premium for insurance are allowed (EUROPEAN UNION, 2017). Based on this, farmers are presented with a subsidy of 0%, 25% or 50% of the premium. We expect an increase in utility with a higher subsidy level due to the reduction in the premium. MUSSHOF et al. (2014) show for farmers in our study region that an explicit communication of a subsidization leads to an increased demand for index insurance even the exactly costs for farmers are not affected. Further, they find that farmers nevertheless perceive a subsidy as an indicator for economically beneficial alternatives. We want to identify whether this effect depends on the subsidized index.

The attribute "strike level" is defined as the threshold for the respective index. Based on historical yield and index observations, the corresponding value of the index for the average yield can be quantified (CONRADT et al., 2015a). More precisely, a specific quantile of the yield corresponds to a specific value of the index which can be used as the threshold value. We set up a minimum expected loss in yields of 20% in order to meet the legal requirements for partial subsidization (EUROPEAN UNION, 2017). If the interpolated precipitation per m² during the insurance period is below the amount that corresponds to a 20% lower yield than the long-term average, the farmer receives a payout. Regarding the satellite index, the farmer receives a payout if the average value of volumetric soil moisture during the insurance period is at least below the corresponding average soil moisture that will cause a 20% yield loss. Furthermore, we offer farmers a strike level of 25% and 30% and expect a decrease in utility. The attribute "payout" describes the amount of compensation that farmers would receive per ha in the event of claim. According to the findings of LIESIVAARA and MYYRÄ (2014), we assume an increasing payout to have a positive effect on farmers' utility. We offer a fixed payout, since current policies in Germany also offer a fixed payout (VEREINIGTE HAGEL, 2020).

Table 2. Exemplary choice set for insuring 1,500€ per ha

	Precipitation index	Satellite index	No insurance
Index	Sum of precipitation per m ² proportionally calculated based on the various weather stations by using gridded data with a spatial resolution of 1x1 km	Volumetric soil moisture measured by satellites using radar radiation at 5-10 cm soil depth with a spatial resolution of 1x1 km	
Premium	90€	90€	
Subsidy level	25%	50%	
Strike level	20% expected loss in yields	30% expected loss in yields	
Payout	300€	600€	
I choose:)))

Our DCE with two alternatives results in a full-factorial design of 11,664 possible choices (4x3x3x3)². Results from the pilot study were used to take prior information for all integrated utility parameters into account. Additionally, we use them to reduce the number of choice sets

to 12 to increase practicability and avoid overburdening farmers (BECH et al., 2011). We create a D-efficient design with a D-error of 0.0058 (ROSE and BLIEMER, 2009). Furthermore, we randomize the order of all choice sets between the respondents to minimize order effects (CARLSSON et al., 2012). Table 2 shows an exemplary choice set. In each situation, the opt-out was also offered to the farmers as the “no insurance” alternative.

3.4. Sample collection

An online survey among German farmers was conducted in June 2021. Farmers who grow wheat as part of their crop rotation were allowed to participate. Farmers were invited via social media and online forums. Furthermore, farmers who had already participated in previous surveys were invited to participate via an e-mail distribution list. The survey was divided into four sections. First, information on socio-economic and farm business characteristics was required. Second, we investigate farmers’ current climate risk management as well as the economic effect of climate change on the farm over the past several years. Third, the DCE was conducted. Finally, farmers’ knowledge, experiences with insurance as well as their trust and understanding of index insurance in particular were investigated.

4. Results and discussion

4.1. Descriptive statistics

127 farmers fully completed the survey. Table 3 shows the socio-economic characteristics. The farmers are about 42 years on average and thus younger than the average German farmer (53 years). 84% claim farming as their main occupation which is above the German average (48%). Therefore, the average farmer cultivates 201 hectares which lies above the German average (63 hectares). In addition, the sample consists of 93% conventional farmers which lies close to the German average (90%). Our sample is equal in terms of gender distribution to the German average (10% are female farmers). The proportion of farmers who have completed an agricultural degree is 57% and lies far above the German average of 12%. 53% of farmers also keep livestock, which is lower than the German average (67%) (GERMAN FARMERS FEDERATION, 2021). Our sample is more highly educated, larger and younger than the average German farmer. Likewise, CONRADT et al. (2015b) mention that the use of phenology data for insurance requires a high level of understanding. This could also be applied to the use of satellite data. Moreover, young, large and highly educated farmers have been identified as the core group for precision agriculture adoption (e.g. MICHELS et al., 2020). Satellite-based insurance could also first be adopted by these farmers.

Table 3. Descriptive statistics (n=127)

Variable	Mean	SD	Min	Max
Age in years	42.08	13.68	22	75
Conventional farmer (yes=1, no=0)	0.93	-	0	1
Farm size in ha	200.66	267.92	5	2,300
Female (yes=1, no=0)	0.10	-	0	1
Fulltime farmer (yes=1, no=0)	0.84	-	0	1
Livestock owner (yes=1, no=0)	0.53	-	0	1
University degree (yes=1, no=0)	0.57	-	0	1

4.2. Farmers’ overall preferences for insurance and their attributes

Table 4 presents the estimation results for the determinants of farmers’ preferences for index insurance. Results of the Wald test are given in Table 5, indicating if the difference between

the corresponding preference estimates for satellite-based and precipitation-based insurance attributes is statistically significant different from zero. Furthermore, we investigate whether policy attributes (premium, subsidy level, strike level and payout) have a different effect on farmers' preferences. The alternative specific constants (ASCs) for the two policies are dummy-coded variables und must be seen in relation to no insurance. As MUSSHOF et al. (2014) show that explicit communication of a subsidy despite unchanged actual costs increases demand, we interpret the effect of the attributes "premium" and "subsidy level" separately for the purpose of our study.

Table 4. Estimation results of the MXL (n=127)

Variable	Mean coefficient (Standard error)	SD ^a coefficient (Standard error)
ASC precipitation ^b	1.76** (0.85)	1.41*** (0.52)
xPremium	-0.42*** (0.05)	-
xSubsidy in 10% ^c	0.27*** (0.05)	0.25*** (0.06)
xStrike level	-0.13*** (0.03)	0.06*** (0.01)
xPayout	0.11*** (0.02)	0.08*** (0.01)
ASC satellite ^b	2.42*** (0.76)	2.50*** (0.33)
xPremium	-0.53*** (0.05)	0.15** (0.06)
xSubsidy in 10% ^c	0.31*** (0.05)	0.20** (0.08)
xStrike level	-0.08*** (0.03)	0.06** (0.01)
xPayout	0.07*** (0.01)	0.04*** (0.01)
Goodness of fit		
Log of simulated likelihood	-1,101.47	
LR-statistic (χ^2)	717.84	
Prob > chi2	0.00	
AIC	2,240.94	
BIC	2,363.07	

^aSD indicates standard deviation. Only SD coefficients with statistical significance at the 10%, 5% and 1% levels are shown.

^bAlternative specific constant (ASC): dummy-coded-variable with a value of 1 for the insurance alternative and 0 for "no insurance".

^cIndicating the average preference estimate for an increase in subsidy level by 10%.

*, ** and *** represents statistical significance at the 10%, 5% and 1% levels, respectively.

The statistically significant positive values for the ASCs in Table 4 indicate that farmers have, on average, an increase in utility by choosing insurance compared to no insurance. Furthermore, the coefficient for satellite-based insurance is higher indicating a higher preference for satellite-

based insurance on average. The statistically significant results of the Wald-test in Table 5 confirm that the preference of farmers for satellite-based compared to precipitation-based differs from zero at 1% significance level (Wald chi-square statistic of 82.68). From Tables 4 and 5, we can conclude that farmers' preferences for satellite-based insurance is statistically significantly higher than their preference for precipitation-based. We credit this finding to farmers' understanding that using the high-resolution satellite index can increase a police's hedging effectiveness and reduce the geographical basis risk. Considering the preferences of farmers, insurers should increasingly incorporate satellite data into the development of index insurance. As a first step, satellite data could be integrated into existing policies based on weather station data. This could already increase their attractiveness for farmers.

Table 5. Wald test results of differences in coefficients for both insurance products

Test	Wald statistic	Prob > chi2
Precipitation = Satellite	82.68***	0.000
Precipitation premium = Satellite premium	145.25***	0.000
Precipitation subsidy level = Satellite subsidy level	105.63***	0.000
Precipitation strike level = Satellite strike level	86.25***	0.000
Precipitation payout = Satellite payout	165.26***	0.000

*, ** and *** represents statistical significance at the 10%, 5% and 1% levels, respectively.

An increase in premium is associated with high losses in farmers' utility for both policies. Thus, we can confirm the findings from other studies in the context of crop insurance (LIESIVAARA and MYRÄ, 2014; MÖLLMANN et al., 2019b). In particular, if the premium for the satellite index increases by 2% of the sum insured, the average farmer has a decreased utility of 1.06 ($-0.53 \cdot 2$). For the precipitation index, the result can be interpreted in the same way. Wald test results suggest that the difference between farmers' utility for the premium for satellite-based and precipitation-based insurance is statistically significant different from zero at 1% significance level (Wald chi-square statistic of 145.25). Considering the price range in the experiment, 2% means an increase in the premium per ha of 20 to 30€, depending on the sum insured, which is a comparatively high amount of money. Since not all sources of satellite data are freely available and the calculation of the indices is more demanding than for weather station data, the production costs for satellite-based insurance can be higher, which would be reflected in a higher loading factor. Further, DU et al. (2017) highlight that more frequent droughts increase fair premiums and discourage farmers from buying. As for our farmers an increase in premiums for satellite-based insurance has a stronger negative effect on utility, high loadings combined with high fair premiums represent a potential demand problem especially for satellite-based insurance and should be considered by insurers.

We observe from Table 4 that for our surveyed farmers, on average, subsidizing satellite-based insurance has a statistically significant higher positive effect on utility. If a subsidy of 25% is offered compared to no subsidy, the utility of the average farmer increases by 0.78 ($0.31 \cdot 2.5$) for satellite-based and 0.68 ($0.27 \cdot 2.5$) for precipitation-based index insurance. We confirm this finding by the results of the Wald test in Table 5 which show that the difference between farmers' preference for a 10% increase in subsidy level for satellite-based insurance to precipitation-based insurance is statistically significantly different from zero at 1% significance level (Wald chi-square statistic of 105.63). It is known that farmers may perceive subsidy as an indicator of the relative economic advantage of alternatives even if actual costs remain unchanged (MUSSHOFF et al., 2014). Based on our findings, we can specify that the perceived economic advantage from a subsidy depends on the particular insurance subsidized. More specifically, our farmers perceive the satellite-based as the more economically advantageous

insurance. If policymakers' aim is to get as many farmers as possible to buy insurance on a fixed budget, satellite-based insurance should be subsidized as a priority because the leverage effect seems to be higher than for weather station-based insurance. If index insurance is thereby adjusted to farmers' preferences, the effect of a subsidy could persist over time (HILL et al., 2016). However, it should be noted that subsidizing only satellite-based insurance would cause providers to focus on developing satellite-based insurance and neglect alternative products.

Furthermore, the higher the loss threshold of the policy, the less likely farmers will choose insurance. Table 4 shows that a strike level of 25% compared to 20% is associated with a statistically significant loss in utility by 0.65 (-0.13•5) for the precipitation index and 0.40 (-0.08•5) for the satellite index for the average farmer. We confirm this finding by the results of the Wald test in Table 5 which show that the difference between farmers' preference for a higher strike level for satellite-based insurance to precipitation-based insurance is statistically significantly different from zero at 1% significance level (Wald chi-square statistic of 86.25). Thus, a higher strike level of the precipitation-based policy has a higher negative effect on farmers' utility compared to the satellite-based. We observe from Table 4 that a higher payout is positively associated for both policies. In detail, the average farmer derives an increase in utility of 1.10 (0.11•10) given an increase in payout from 20% to 30% of the sum insured for the precipitation-based and 0.70 (0.07•10) for the satellite-based. The statistically significant results of the Wald test confirm at 1% significance level that the coefficients differ from zero (Wald chi-square statistic of 165.26). Therefore, we conclude that an increased payout has a higher effect on the preference for the precipitation-based insurance.

5. Conclusion

The relevance of climate risk management in Europe is growing, especially since the catastrophic drought in 2018. However, farmers still lack sufficient insurance schemes to cope with climate risks. Satellite data have the potential to improve the hedging effectiveness and reduce the basis risk of index insurance. As no literature deals with farmers' preferences for satellite-based index insurance, a DCE was conducted to explore farmers' preferences for index insurance in Germany. In particular, this study investigated farmers' preference for using satellite data compared to weather station data. Several insurance policy attributes were included (premium, subsidy level, strike level and payout) as these are of high importance to farmers when making insurance-related decisions. Our sample has, on average, a higher preference for the satellite-based than for the precipitation-based index insurance. We also show that the leverage effect off a subsidization is higher for the satellite-based index insurance.

Our results provide preliminary insights into preferences of German farmers for satellite-based index insurance. As farmers, on average, prefer satellite data, insurers can increasingly incorporate them into the design of new policies. By integrating satellite data into policies based on weather station data or by developing purely satellite-based policies, insurers could better tailor index insurance to farmers' preferences. Policymakers can be advised that a partial subsidization will increase the demand for drought insurance in general. As farmers are, on average, more sensitive to subsidizing satellite-based index insurance, policymakers could focus on subsidizing these policies if they want to achieve the highest possible proportion of farmers to purchase index insurance with a given budget. However, it should be noted that this could lead to a steering effect of insurers, as they would focus exclusively on the development of satellite-based insurance.

With regard to debate on reliability and validity of DCEs (RAKOTONARIVO et al., 2016), we argue that the decision behavior of the surveyed farmers follows the standard assumptions of rational choice theory and thus theoretical validity is given. We claim this given the statistically significantly negative coefficients for "premium" and the statistically significantly positive coefficients for "payout" for both policies (MAS-COLELL et al., 1995). Additionally, the insured

sum per ha does not affect farmers' preferences. Since premiums and payouts are calculated proportional to the sum insured, there is no economic advantage between the different sums insured. Thus, a rational farmer makes the same decisions regardless of the sum insured. However, further research is needed to validate these findings. First, the integration of socio-economic and farm characteristics can further identify factors influencing farmers' preferences. Second, given the statistically significant standard deviation of the estimated coefficients, research interest could be dedicated to heterogeneity in preferences to identify potential target groups for satellite-based index insurance. Third, given the young and highly educated sample, a larger and more representative sample is needed to strengthen the results. Furthermore, the knowledge of fair premiums would be of interest to investigate the effect of the farm-specific risk exposure. Future research should also focus on developing countries and the low educated farmers, as the preferences in the high educated European context may not directly applicable. Especially since many of these countries do not have a comparably dense network of weather stations, farmers could prefer satellite data as their use can significantly reduce the basis risk.

References

- ACEVEDO, E., P. SILVA AND H. SILVA (2002): Wheat growth and physiology. Bread wheat - Improvement and Production, edited by B. C. Curtis, Rajaram, S., Macpherson, H.G.
- AGHAKOUCHAK, A., A. FARAHMAND, F.S. MELTON, J.T. EIXEIRA, M.C. ANDERSON, B.D. WARDLOW AND C.R. HAIN (2015): Remote sensing of drought: Progress, challenges and opportunities. In: *Reviews of Geophysics* 53: 452–480.
- BARNETT, B.J. AND O. MAHUL, (2007): Weather Index Insurance for Agriculture and Rural Areas in Lower-Income Countries. *American Journal of Agricultural Economics* 89: 1241–1247.
- BAUER-MARSCHALLINGER, B., V. FREEMAN, S. CAO, C. PAULIK, S. SCHAUFLE, T. STACHL, S. MODANESI, C. MASSARI, L. CIABATTA, L. BROCCA and W. WAGNER (2019): Toward Global Soil Moisture Monitoring With Sentinel-1: Harnessing Assets and Overcoming Obstacles. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 57: 520–539.
- BECH, M., T. KJAER and J. LAURIDSEN (2011): Does the number of choice sets matter? Results from a web survey applying a discrete choice experiment. *Health Economics* 20: 273–286.
- BOKUSHEVA, R., F. KOGAN, I. VITKOVSKAYA, S. CONRADT and M. BATYRBAYEVA (2016): Satellite-based vegetation health indices as a criteria for insuring against drought-related yield losses. In: *Agricultural and Forest Meteorology* 220: 200–206.
- BUCHELI, J., T. DALHAUS and R. FINGER (2021): The optimal drought index for designing weather index insurance. *European Review of Agricultural Economics* 48: 573–597.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG und LANDWIRTSCHAFT (2018): Trockenheit und Dürre 2018 – Überblick über Maßnahmen. <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/klimaschutz/extremwetterlagen-zustaendigkeiten.html>
- CARLSSON, F., M.R MØRKBÅK and S.B. OLSEN (2012): The first time is the hardest: A test of ordering effects in choice experiments. *Journal of Choice Modelling* 5: 19–37.
- CLARKE, D.J., (2016): A Theory of Rational Demand for Index Insurance. *American Economic Journal: Microeconomics* 8: 283–306.
- CLEMENT, K.Y., W.J. WOUTER BOTZEN, R. BROUWER and J.C.J.H. AERTS (2018): A global review of the impact of basis risk on the functioning of and demand for index insurance. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 28: 845–853.
- CONRADT, S., R. FINGER and R. BOKUSHEVA (2015A): Tailored to the extremes: Quantile regression for index-based insurance contract design. *Agricultural Economics* 46: 537–547.
- CONRADT, S., R. FINGER and M. SPÖRRI (2015B): Flexible weather index-based insurance design. *Climate Risk Management* 10: 106–117.
- COPERNICUS CLIMATE CHANGE SERVICE, (2019): Soil moisture gridded data from 1978 to present. <https://cds-climate-copernicus>

eu.translate.google.com/cdsapp?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=de&_x_tr_hl=de&_x_tr_pto=sc#!/dataset/satellite-soil-moisture?tab=overview

- DALHAUS, T. and R. FINGER (2016): Can Gridded Precipitation Data and Phenological Observations Reduce Basis Risk of Weather Index–Based Insurance? *Weather, Climate, and Society* 8: 409–419.
- DALHAUS, T., O. MUSSHOFF and R. FINGER (2018): Phenology Information Contributes to Reduce Temporal Basis Risk in Agricultural Weather Index Insurance. *Scientific Reports* 8: 46.
- DE JEU, R., and W. DORIGO (2016): On the importance of satellite observed soil moisture. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 45: 107–109.
- DESTATIS (2021): Erntemengen ausgewählter Anbaukulturen im Zeitvergleich. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Feldfruechte-Gruenland/Tabellen/liste-feldfruechte-zeitreihe.html>
- DU, X., H. FENG and D.A. HENNESSY (2017): Rationality of Choices in Subsidized Crop Insurance Markets. *American Journal of Agricultural Economics* 99, 732–756.
- ENENKEL, M., C. FARAH, C. HAIN, A. WHITE, M. ANDERSON, L. YOU, W. WAGNER and D. OSGOOD (2018): What Rainfall Does Not Tell Us—Enhancing Financial Instruments with Satellite-Derived Soil Moisture and Evaporative Stress. *Remote Sensing* 10: 1819.
- EUROPEAN UNION (2017): Regulation (EU) 2017/2393 of the European Parliament and of the Council.
- FINGER, R. and N. EL BENNI (2021): Farm income in European agriculture: new perspectives on measurement and implications for policy evaluation. *European Review of Agricultural Economics* 48: 253–265.
- GERMAN FARMERS FEDERATION (2021): German Farmers’ Federation-Deutscher Bauernverband. <https://www.bauernverband.de/fileadmin/berichte/2021/index.html#0>
- GERMAN INSURANCE ASSOCIATION (2019): Landwirtschaftliche Mehrgefahrenversicherung für Deutschland. <https://www.gdv.de/resource/blob/8942/fa2dc37ecb8fafbb8b6fe7c2ae1a10d1/publikation---landwirtschaftliche-mehrgefahrenversicherung-fuer-deutschland-data.pdf>
- GERSTMANN, H., D. DOKTOR, C. GLÄBER and M. MÖLLER (2016): PHASE: A geostatistical model for the Kriging-based spatial prediction of crop phenology using public phenological and climatological observations. *Computers and Electronics in Agriculture* 127: 726–738.
- GLAUBER, J.W. (2013): The Growth Of The Federal Crop Insurance Program, 1990–2011. *American Journal of Agricultural Economics* 95: 482–488.
- HANLEY, N., S. MOURATO and R.E. WRIGHT (2002): Choice Modelling Approaches: A Superior Alternative for Environmental Valuation? *Journal of Economic Surveys* 15: 435–462.
- HARKNESS, C., M.A. SEMENOV, F. AREAL, N. SENAPATI, M. TRNKA, J. BALEK and J. BISHOP (2020): Adverse weather conditions for UK wheat production under climate change. *Agricultural and Forest Meteorology* 282–283: 107862.
- HEIMFARTH, L. and O. MUSSHOFF (2011): Weather index-based insurances for farmers in the North China Plain: An analysis of risk reduction potential and basis risk. *Agricultural Finance Review* 71: 218–239.
- HENSHER, D.A., J.M. ROSE and W.H. GREENE (2015): *Applied choice analysis*. Cambridge University Press UK; New York, NY, USA.
- HILL, R.V., M. ROBLES AND F. CEBALLOS (2016): Demand for a Simple Weather Insurance Product in India: Theory and Evidence. *American Journal of Agricultural Economics* 98: 1250–1270.
- JENSEN, N.D., C.B. BARRETT and A.G. MUDE (2016): Index Insurance Quality and Basis Risk: Evidence from Northern Kenya. *American Journal of Agricultural Economics* 98: 1450–1469.
- KOGAN, F.N. (1995): Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. *Advances in Space Research* 15: 91–100.
- LEBLOIS, A. and P. QUIRION (2013): Agricultural insurances based on meteorological indices: realizations, methods and research challenges: Agricultural insurances based on meteorological indices: a survey. *Meteorological Applications* 20: 1–9.

- LIESIVAARA, P. and S. MYYRÄ (2014): Willingness to pay for agricultural crop insurance in the northern EU. *Agricultural Finance Review* 74: 539–554.
- LIST, J., S. PARAMITA and M. TAYLOR (2006): Using Choice Experiments to Value Non-Market Goods and Services: Evidence from Field Experiments. *The B.E. Journal of Economic Analysis & Policy*, *The B.E. Journal of Economic Analysis & Policy* 5: 1–39.
- LOUVIERE, J.J., D.A. HENSHER and J.D. SWAIT (2000): *Stated choice methods: analysis and applications*. Cambridge University Press, Cambridge, UK; New York, NY, USA.
- LUNT, T., A.W. JONES, W.S. MULHERN, D.P.M. LEZAKS and M.M. JAHN (2016): Vulnerabilities to agricultural production shocks: An extreme, plausible scenario for assessment of risk for the insurance sector. *Climate Risk Management* 13: 1–9.
- MARTINO, D.L. and P.E. ABBATE (2019): Frost damage on grain number in wheat at different spike developmental stages and its modelling. *European Journal of Agronomy* 103: 13–23.
- MAS-COLELL, A., M.D. WHINSTON and J.R. GREEN (1995): *Microeconomic theory*. Oxford University Press, New York.
- MEUWISSEN, M.P.M., Y. DE MEY and M. VAN ASSELDONK (2018): Prospects for agricultural insurance in Europe. *Agricultural Finance Review* 78: 174–182.
- MICHELS, M., C.-F. VON HOBE and O. MUSSHOF (2020): A trans-theoretical model for the adoption of drones by large-scale German farmers. *Journal of Rural Studies* 75: 80–88.
- MITTELBACH, H. and S.I. SENEVIRATNE (2012): A new perspective on the spatio-temporal variability of soil moisture: temporal dynamics versus time-invariant contributions. *Hydrology and Earth System Sciences* 16: 2169–2179.
- MÖLLMANN, J., M. BUCHHOLZ and O. MUSSHOF (2019A): Comparing the Hedging Effectiveness of Weather Derivatives Based on Remotely Sensed Vegetation Health Indices and Meteorological Indices. *Weather, Climate, and Society* 11: 33–48.
- MÖLLMANN, J., M. MICHELS, and O. MUSSHOF (2019B): German farmers' acceptance of subsidized insurance associated with reduced direct payments. *Agricultural Finance Review* 79: 408–424.
- MUSSHOF, O., N. HIRSCHAUER, S. GRÜNER and S. PIELSTICKER (2014): Der Einfluss begrenzter Rationalität auf die Verbreitung von Wetterindexversicherungen – Ergebnisse eines internetbasierten Experiments mit Landwirten. Discussion paper.
- NIETO, J.D., S.E COOK, P. LÄDERDACH, M.J. FISHER and P.G. JONES (2010): Rainfall index insurance to help smallholder farmers manage drought risk. *Climate and Development* 2: 233–247.
- QUIRING, S.M. and S. GANESH (2010): Evaluating the utility of the Vegetation Condition Index (VCI) for monitoring meteorological drought in Texas. *Agricultural and Forest Meteorology* 150: 330–339.
- RAKOTONARIVO, O.S., M. SCHAAFSMA and N. HOCKLEY (2016): A systematic review of the reliability and validity of discrete choice experiments in valuing non-market environmental goods. *Journal of Environmental Management* 183: 98–109.
- ROSE, J.M. and M.C.J BLIEMER (2009): Constructing Efficient Stated Choice Experimental Designs. *Transport Reviews* 29: 587–617.
- SCHULZ, N., G. BREUSTEDT and U. LATA CZ-LOHMANN (2014): Assessing Farmers' Willingness to Accept "Greening": Insights from a Discrete Choice Experiment in Germany. *Journal of Agricultural Economics* 65: 26–48.
- SENEVIRATNE, S.I., T. CORTI, E.L. DAVIN, M. HIRSCHI, E.B. JAEGER, I. LEHNER, B. ORLOWSKY and A.J. TEULING (2010): Investigating soil moisture–climate interactions in a changing climate: A review. *Earth-Science Reviews* 99: 125–161.
- TURVEY, C.G. and M.K. MCLAURIN (2012): Applicability of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in Index-Based Crop Insurance Design. *Weather, Climate, and Society* 4: 271–284.
- VEREINIGTE HAGEL (2020): Hagel aktuell. <https://www.vereinigte-hagel.net/wp-content/uploads/2020/11/Hagel-Aktuell-2020.pdf>

- VROEGE, W., T. DALHAUS and R. FINGER (2019): Index insurances for grasslands – A review for Europe and North-America. *Agricultural Systems* 168: 101–111.
- WEBBER, H., G. LISCHIED, M. SOMMER, R. FINGER, C. NENDEL, T. GAISER and F. EWERT (2020): No perfect storm for crop yield failure in Germany. *Environmental Research Letters* 15: 104012.

RESILIENZ UND STRUKTURWANDEL IN DER LANDWIRTSCHAFT

MULTIPLIKATOR-, SPILLOVER- UND VERDRÄNGUNGSEFFEKTE: ANALYSE DER REGIONALWIRTSCHAFTLICHEN BEDEUTUNG DER VEREDLUNGSWIRTSCHAFT

Anne Margarian¹

Zusammenfassung

Dieser Beitrag fragt, was die starke regionale Konzentration der Veredlungswirtschaft in Deutschland erklärt, wie die Konzentration die regionale Wirtschaftsentwicklung bisher beeinflusst hat und welche Auswirkungen ein sich möglicherweise beschleunigender Strukturwandel der Veredlungswirtschaft in der Region haben könnte. Um die besondere Wachstumsdynamik der Fallregion in Nordwestdeutschland zu verstehen, werden in einem Regressionsansatz positive und negative Zusammenhänge in der Entwicklung unterschiedlicher Branchen innerhalb und außerhalb der Fallregion identifiziert. Mithilfe der Koeffizienten werden numerische Simulationen zur Entwicklung der Fall- und Vergleichsregion im Fall- und Vergleichsregime durchgeführt und im kontrafaktischen Design ausgewertet. Die Ergebnisse zeigen unter anderem, dass vom Branchenwachstum im Fallregime stärker positive Spillover-Effekte auf andere Branchen ausgehen als im Vergleichsregime. Wenn die Ernährungswirtschaft geschwächt wird, findet im Fallregime zudem ein deutliches kompensatorisches Wachstum des sonstigen verarbeitenden Gewerbes statt. Damit das Fallregime im Strukturwandel erhalten werden kann, sollten die anstehenden Veränderungen eher unterstützt als aufgehalten werden.

Schlüsselwörter

Kapazitätsgrenzen, Wachstumsregime, Spill-Over, Strukturwandel

1 Einleitung

Auch in reichen Industriestaaten wie Deutschland zeigen einige ländliche Regionen eine ausgeprägte Spezialisierung in der Agrar- und Ernährungswirtschaft. Die dort regional wachsenden Branchen verlieren im Strukturwandel in diesen Ländern sonst konstant an Bedeutung ("anti-trend growth", DAUTH und SUEDEKUM, 2016). Ein besonders auffallendes Beispiel liefern die Veredlungsregionen im Nordwesten Deutschlands. Ihr Kern mit den höchsten Schweinedichten gehört zu Niedersachsen, ihr Rand reicht bis nach Nordrhein-Westfalen. Während die Vieh- und Fleischindustrie zum wirtschaftlichen Wachstum dieser Region beiträgt, steht der Sektor auch vor großen Herausforderungen in den Bereichen Arbeitsbedingungen, Tierschutz und Umweltschutz (DUMONT et al., 2013; WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT AGRARPOLITIK BEIM BMEL, 2015). Viele Beobachterinnen und Beobachter gehen daher davon aus, dass das regionale Wachstum der Viehwirtschaft in Zukunft durch eine stärkere Regulierung der Viehbesatzdichte und anderer Aspekte der Produktion begrenzt werden wird (z.B. ANKER et al., 2018 oder GAINÉ et al., 2012).

Dieser Beitrag fragt vor diesen Hintergründen, was die starke regionale Konzentration der Veredlungswirtschaft im Nordwesten Deutschlands erklärt, wie die Konzentration die bisherige regionale Wirtschaftsentwicklung beeinflusst hat und welche Auswirkungen ein sich möglicherweise beschleunigender Strukturwandel der Veredlungswirtschaft in der Region haben könnte. Die Bearbeitung dieser Fragen erfordert eine regionalwirtschaftliche Perspektive, die die ökonomischen Besonderheiten ländlicher Regionen berücksichtigt.

¹ Thünen-Institut für Marktanalyse, Bundesallee 63, 38116 Braunschweig, anne.margarian@thuenen.de

Während Agglomerationen als Wachstumspole von Volkswirtschaften fungieren, sind Peripherien durch dünne Arbeitsmärkte und häufig auch durch langsames Wachstum gekennzeichnet. Wie bereits 1920 von Marshall erörtert, resultieren Agglomerationsvorteile aus der gemeinsamen Nutzung lokaler Ressourcenpools durch lokale Unternehmen, die von diesem Ressourcenpool profitieren und gleichzeitig zu seinem weiteren Wachstum beitragen (BEAUDRY und SCHIFFAUEROVA, 2009). Die externen Effekte, die sich aus der gemeinsamen Nutzung von Produktionsfaktoren ergeben, wurden von Marshall als "Urbanisierungsvorteile" bezeichnet.

Das Wirtschaftswachstum treibt jedoch nicht nur die endogene Schaffung solcher allgemeiner Ressourcen voran; die Unternehmen schaffen und akkumulieren auch spezifischere Ressourcen, deren Handelbarkeit eingeschränkt sein kann (MARGARIAN, 2022). Diese spezifischen Ressourcen unterstützen dann eher das weitere Wachstum verwandter Unternehmen und Branchen. Marshall hat diese eingeschränkten externen Effekte als Lokalisierungseffekte bezeichnet. Wohlhabende periphere Regionen profitieren vor allem von den spezifischeren Ressourcen, die von den Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes in den vorausgehenden Jahrzehnten des nachhaltigen Wachstums geschaffen und angesammelt wurden (MARGARIAN, 2022). Die so geschaffenen, standortspezifischen komparativen Vorteile haben aus der nationalen Perspektive das Potenzial, gegenläufiges Wachstum zu induzieren (DAUTH und SUEDEKUM, 2016), d.h. auch Branchen, die im Strukturwandel der Volkswirtschaft tendenziell schrumpfen, können das Wachstum bestimmter Standorte innerhalb dieser Volkswirtschaft beflügeln.

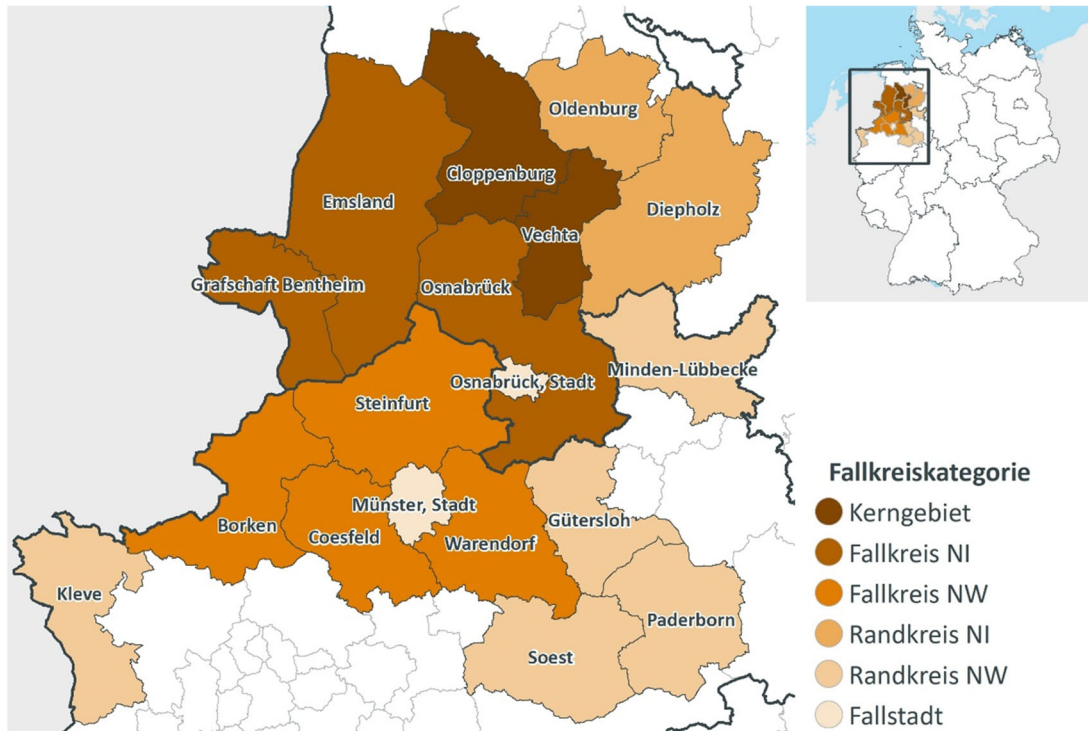
Während einige Unternehmen und Branchen ihre spezifischen Fähigkeiten und die ihrer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter nutzen, um wertvolle Nischenmärkte zu dominieren, nutzen andere unternehmensinterne und externe positive Skaleneffekte und realisieren ein skalenbedingtes, sich selbst verstärkendes Wachstum. Dieses größenbedingte Wachstum kommt anderen Branchen nicht direkt zugute, sondern kann ihre Entwicklung sogar hemmen, wenn es knappe Faktoren absorbiert. Der Fokus auf eine agrarisch geprägte, ländliche Region mit eher unattraktiven Arbeitsmärkten lenkt die Aufmerksamkeit auf solche regionalen Kapazitätsgrenzen. Wir identifizieren in einem Regressionsansatz positive und negative Zusammenhänge am Arbeitsmarkt in der Entwicklung unterschiedlicher Branchen innerhalb und außerhalb der Fallregion. Mithilfe der Koeffizienten werden numerische Simulationen zur Entwicklung der Fall- und Vergleichsregion im Fall- und Vergleichsregime durchgeführt und im kontrafaktischen Design ausgewertet. Zunächst aber beschreibt das folgende Kapitel die ökonomische und strukturelle Genese und Situation der Fallregion.

2 Die Fallregion: Genese und Auswirkungen der Viehhaltungskonzentration

Die Schweine- und Geflügelproduktion und die damit verbundene fleischverarbeitende Industrie weisen nicht nur in Deutschland, sondern auch weltweit (ROBINSON et al., 2014: 7) und innerhalb Europas (NEUMANN et al., 2009: 1218) eine deutliche räumliche Konzentration auf. Die Kreise mit der höchsten Schweinedichte in Deutschland werden in Karte 1 abgebildet; sie bilden auch den Kern der Fallregion der vorliegenden Studie. Zur Erklärung der hohen Bedeutung der Veredlungswirtschaft in der Region werden die schlechten Bedingungen für Ackerbau, die relative Nähe zu großen Absatzmärkten (im Ruhrgebiet) und die Nähe zu Wasserwegen und Seehäfen, von denen aus importiertes Eiweißfutter in die Region kommt, angeführt (s. z.B. KLEIN, 2015). Während diese Faktoren möglicherweise die ursprüngliche Ansiedlung der Veredlungswirtschaft in der Region begründen, erklären sie nicht ihr andauerndes Wachstum und die weiter zunehmende regionale Konzentration. Generell hat die Schweinedichte seit 1990 in eben den Kreisen auch prozentual am stärksten zugenommen, in denen die Schweinedichte schon zu Beginn des Beobachtungszeitraums am höchsten war. Dabei spielen Transportkosten sowie positive Skaleneffekte innerhalb und außerhalb der Unternehmen der Wertschöpfungskette eine wichtige Rolle.

Der Transport von lebenden Tieren ist mit hohen Kosten verbunden. Vion, eines der größten europäischen Fleischverarbeitungsunternehmen, zeigt auf seiner Website am Beispiel seines Schlachthofes im Landkreis Landshut² dass die große Mehrheit der gelieferten Schweine aus einem Umkreis von 50 km kommt. Offensichtlich gewinnt ein Standort dann an Attraktivität für die Ansiedlung von Schlachthöfen, wenn dort viele oder große Viehhalter ansässig sind. Umgekehrt ist es für die Viehzüchter auch von Vorteil, wenn eine ausreichende Nachfrage nach ihren Tieren auf dem lokalen Markt besteht.

Karte 1. Fallregion: Viehhaltungskonzentrationsgebiet in Deutschland



Quelle: Eigene Darstellung

Der dadurch angestoßene Konzentrationsprozess wird durch zunehmende positive Größeneffekte der Produktion verstärkt. Für die steigenden Skaleneffekte sind unter anderem technologische und organisatorische Weiterentwicklungen sowie wachsende globale Märkte mit Absatzmöglichkeiten für Fleisch(neben)produkte, die auf den heimischen Märkten kaum absetzbar sind, verantwortlich. Jenseits von Unternehmensgrenzen wachsen mit der Größe des Sektors auch lokal verfügbare spezialisierte Dienstleistungen zum Beispiel von Tierärzten. Schließlich wird mit zunehmender Produktionsdichte auch der Arbeitsmarkt effizienter. So steigt zum Beispiel der Anreiz für spezialisierte Zeitarbeitsfirmen, sich langfristig auf dem lokalen Arbeitsmarkt für Fleischverarbeitung zu engagieren.

Die hohe Bedeutung der Realisierung von Skaleneffekten zeigt sich auch in einer wachsenden Konzentration der Produktion auf Unternehmensebene: Weltweit hat die Bedeutung internationaler Konzerne in der Fleischbranche in den zurückliegenden Jahren schnell zugenommen. Von den fünf größten Unternehmen der Branche in der EU27 nach Fleischproduktionsvolumen im Jahr 2011 (EUROPEAN FEDERATION OF FOOD, AGRICULTURE and TOURISM TRADE UNIONS, 2011: 9–11)³ haben mit Westfleisch, Tönnies und Danish Crown drei einen Unternehmenssitz in der Fallregion. Ein vierter Konzern, Vion, hat im Beobachtungszeitraum sein Werk in der Region geschlossen;⁴ Tönnies hat im Kreis Gütersloh

² <https://www.vion-transparenz.de/standorte/landshut/>

³ Neuere Daten des kommerziellen Informationsbrokers GIRA (<https://www.girafood.com/gallery/european-meat-companies-panorama-2020/>) sind uns nicht zugänglich.

⁴ <https://www.agrarheute.com/tier/schwein/werkschliessung-vion-schliesst-schlachthof-zeven-532618>

seinen Stammsitz. Diese Strukturen können zum Wachstum in der Region beitragen; sie können aber etwa durch Standortverlagerungen und Fokussierung auf Einsparungen in den Arbeitskosten mittel- und langfristig auch negativ wirken.

Die wachsende Bedeutung großer Produktionseinheiten liegt auch daran, dass die Unternehmen der Vieh- und Fleischwirtschaft sich in einem ausgeprägten Kostenwettbewerb befinden. Dementsprechend niedrig sind in der Region die Löhne in der Branche: Während vollzeitbeschäftigte Fachkräfte der Fleischverarbeitung im Westen Deutschlands im Median ein Bruttomonatsentgelt von 2228 Euro erhalten, verdienen sie in den in Karte 1 abgebildeten niedersächsischen Fallkreisen nur 1936 Euro⁵. Auch insgesamt sind die Haushaltseinkommen in der Region, und insbesondere in den niedersächsischen Fallkreisen, unterdurchschnittlich⁶. All dies deutet vor dem Hintergrund der eingangs diskutierten Erklärungen für Konzentrationsprozesse darauf hin, dass die Entwicklung zumindest der Vieh- und Fleischwirtschaft der Fallregion weniger durch klassische Lokalisations- oder gar Urbanisationseffekte, sondern vielmehr durch das Ineinandergreifen von Skaleneffekten auf verschiedenen Ebenen getrieben ist. Damit stellt sich auch die Frage, ob von der Vieh- und Fleischwirtschaft Wachstumsimpulse auf andere Branchen ausgehen, oder ob ihr Wachstum andere Entwicklungen angesichts der Begrenztheit etwa des lokalen Arbeitsmarktes (HAGGBLADE et al., 1991) sogar behindert.

Tatsächlich weisen die Kreise der Fallregion für die zurückliegenden Jahre ein weit überdurchschnittliches Beschäftigungswachstum auf. Während die Zahl der Erwerbstätigen deutschlandweit zwischen 2007 und 2019 um 12.4 und in den deutschen Vergleichskreisen (Westdeutschland, ohne kreisfreie Städte) um 12.3 Prozent gewachsen ist, beläuft sich dieses Wachstum in den niedersächsischen Fallkreisen auf 24.4 und in den Fallkreisen Nordrein-Westfalens auf 14.8 Prozent. In den Kreisen Vechta und Cloppenburg lag das Beschäftigungswachstum mit 28.9 respektive 33.3 Prozent im selben Zeitraum besonders hoch. In dieser Kernregion des Konzentrationsgebietes ist auch der Anteil der Agrar- und Ernährungswirtschaft am Arbeitsmarkt höher als in allen anderen Kreisen.

Auch innerhalb der Fallregion und vor allem in ihren Randgebieten hat aber in den vergangenen Jahren auch schon ein deutlicher Branchenstrukturwandel stattgefunden (Abbildung 1). Während im Beobachtungszeitraum etwa in Cloppenburg die Agrar- und Ernährungswirtschaft noch erheblich direkt und indirekt zum Beschäftigungswachstum beiträgt, wachsen im Kreis Warendorf neben den Dienstleistungen vor allem die Branchen des "komplexen" verarbeitenden Gewerbes⁷.

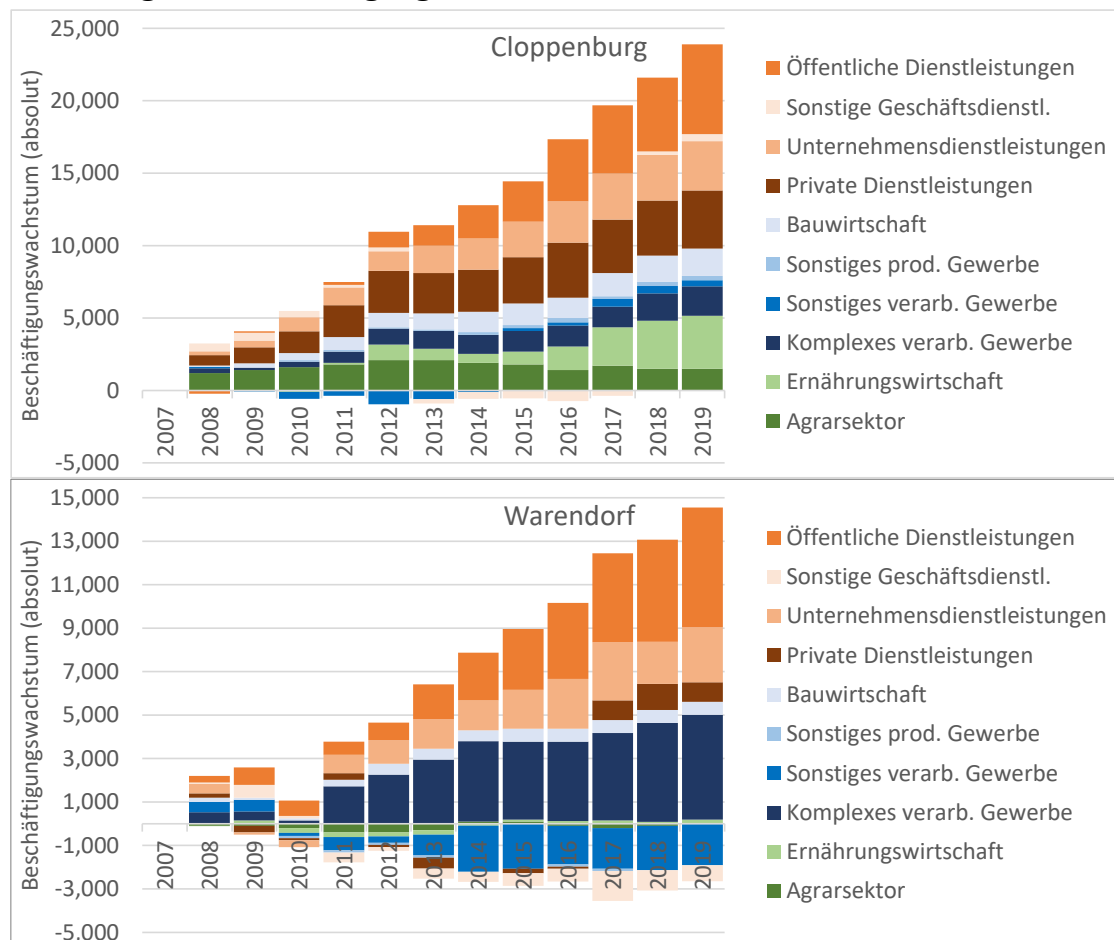
⁵ Statistik der Bundesagentur für Arbeit, Sonderauswertung: Sozialversicherungspflichtig Vollzeitbeschäftigte der Kerngruppe nach ihrem Medianentgelt

⁶ INKAR, BBSR Bonn 2022, Datenstand 2019.

⁷ Wegen der familienbetrieblichen Struktur des Agrarsektors im Westen Deutschlands sind die Zahlen zu den sozialversicherungspflichtig (svp) Beschäftigten der Bundesagentur für Arbeit (BA) nicht geeignet, ihn abzubilden. Stattdessen werden die Erwerbstätigenzahlen der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung verwendet. Andererseits werden Zahlen zur Ernährungswirtschaft, und somit auf einer Aggregationsebene, die nur für svp Beschäftigte verfügbar ist, benötigt. Wir kombinieren daher beide Datenquellen. Mit Daten zu den svp Beschäftigten bilden wir auch das "komplexe verarbeitende Gewerbe" mit durch große Einheiten oder relativ hohe Innovationsintensität geprägten Branchen: 19 Kokerei und Mineralölverarbeitung, 20 Herstellung von chemischen Erzeugnissen, 21 Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen, 22 Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren, 23 Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden, 26 Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen; 27 Herstellung von elektrischen Ausrüstungen; 28 Maschinenbau; 29 Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen; 30 Sonstiger Fahrzeugbau; 33 Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen. Die Zahl der svp Beschäftigten der Ernährungswirtschaft und des komplexen verarbeitenden Gewerbes wird von der Zahl der Erwerbstätigen für das gesamte verarbeitende Gewerbe abgezogen, so dass das verbleibende "sonstige verarbeitende Gewerbe" alle anderen Branchen des Wirtschaftszweiges (WZ) C, aber auch die nicht svp beschäftigten Erwerbstätigen der ersten beiden Branchen umfasst. In Bezug auf die unternehmensnahen Dienstleistungen der WZ K, L, M, und N werden über die svp Beschäftigten

Gleichzeitig lässt sich in den Arbeitsmarktregionen (AMR), in denen unsere Fallkreise liegen, angesichts des starken Wachstums nicht nur eine sinkende Verfügbarkeit von Bauland, sondern auch eine relativ geringe Verfügbarkeit bzw. ein Mangel an "excess capacity" an Arbeitskräften (HAGGBLADE et al., 1991) beobachten. Das gilt am wenigsten für die Arbeitsmarktregion Oldenburg, in der der Fallkreis Cloppenburg liegt: dort ist das Verhältnis von registrierten Arbeitssuchenden mit der entsprechenden Qualifikation zu ausgeschriebenen Stellen in den relevanten Branchen auch im deutschlandweiten Vergleich relativ hoch. In den Berufen in der Fleischverarbeitung ist die Arbeitskräfteversorgung in Deutschland mit einer Arbeitslosen-Stellen Relation von 1.2 insgesamt sehr knapp⁸.

Abbildung 1. Beschäftigungswachstum nach Branchen in zwei Fallkreisen, 2007-2019



Quelle: Statistisches Bundesamt, Erwerbstätigenrechnung des Bundes und der Länder; Statistik der Bundesagentur für Arbeit, Sonderauswertung; eigene Berechnung und Darstellung

3 Mögliche Auswirkungen eines beschleunigten Strukturwandels

Wenn Faktoren wie Arbeit nicht vollkommen mobil sind und es lokale Kapazitätsgrenzen gibt, können neben positiven Multiplikator- und Spill-Over-Effekten auch negative Verdrängungseffekte zwischen Branchen bestehen (MARGARIAN, 2018). Eine möglicherweise zeitlich begrenzte sehr positive Entwicklung einer Branche wie der Vieh- und Fleischwirtschaft kann dann die kontinuierliche Diversifizierung der regionalen Wirtschaft behindern und mittel- und langfristig zu einer geringen Resilienz der Region gegenüber Strukturschocks führen. Die

der WZ M und N unter anderem Konzernzentralen, unter deren Dach oft auch große Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes verwaltet werden, als "Unternehmensdienstleistungen" gesondert erfasst. Der Rest der Branchengruppe enthält als "sonstige Geschäftsdienstleistungen" alle (anderen) Erwerbstätigen der WZ K, L, M und N.

⁸ Statistik der Bundesagentur für Arbeit: Fachkräfte radar, Mai 2019 bis April 2020

Einsicht in die große Bedeutung sowohl positiver als auch negativer Branchenbeziehungen für die regionale Entwicklung bildet den Ausgangspunkt der empirischen Analyse.

3.1 Regressions- und Simulationsmodelle

Die Schätzung des Zusammenhangs zwischen der Beschäftigungsentwicklung jeweils einer Branche und der Struktur und Entwicklung aller anderen Branchen erfolgt in mehreren strukturell vollkommen identischen Panelmodellen (Restricted Maximum Likelihood Schätzung). Um auch die Effekte stabiler Kovariate, nämlich der Bedeutung der Branchen in der Ausgangssituation, bestimmen zu können, wird ein Modell mit zufälligen Effekten geschätzt (ALLISON, 2005). Unterstellt wird innerhalb der geclusterten Fehlerterme ein autoregressiver Zusammenhang erster Ordnung. Es gibt wenige, genau definierte Freiheitsgrade: Die unerklärte Varianz, die durch das Weglassen einer einzelnen Branche entsteht, wird jeweils soweit "erklärt" als sie mit den anderen Branchen im Zusammenhang steht. Dabei ist zu erwarten, dass die meisten Koeffizienten sehr klein sind, da Abhängigkeiten meist nur zu wenigen anderen Branchen derselben Region bestehen. Probleme von Endogenität oder Fehlspezifizierungen spielen bei diesem deskriptiven Ansatz, in dem die empirisch verfügbare Information zum Zusammenhang zwischen Branchen maximal ausgenutzt wird, keine Rolle.

Als endogene oder zu erklärende Variable wird das absolute Beschäftigungswachstum der jeweiligen Branche im Beobachtungszeitraum (2007-2019) verwendet. Als exogene oder erklärende Variablen dienen die absoluten Beschäftigungszahlen im Ausgangsjahr 2007 und im jeweiligen Beobachtungsjahr für alle Branchen außer der, deren Entwicklung im jeweiligen Modell erklärt wird (s.a. Tabelle A1 im Anhang). Die unterschiedliche Größe der verschiedenen Kreise wird über die Gesamtzahl der Erwerbstätigen im Ausgangsjahr 2007 kontrolliert. Jahresdummies kontrollieren die Konjunkturreffekte; sie werden in den weiteren Analysen nicht berücksichtigt.

Die Regionstypen Fall- und Vergleichsregion werden durch zwei Dummy-Variablen abgebildet, mit denen alle Koeffizienten außer den Jahresdummies interagiert werden. Weil die Fallregion nur aus 16 Landkreisen und entsprechend wenig Beobachtungen bestehen, sind die geschätzten Standardfehler der entsprechenden Koeffizienten hier allgemein relativ hoch, was für die sich anschließende, auf dem jeweiligen Punktschätzer beruhende Simulation aber zunächst unerheblich ist, da der Punktschätzer die vorhandene Information unabhängig vom Standardfehler bestmöglich bündelt. Die Standardfehler drücken in anderen Worten zwar möglicherweise eine Variabilität des Koeffizienten, nicht aber eine Unsicherheit über die bestmögliche Zusammenfassung dieser Variabilität im Punktschätzer aus. Da kein eigener Achsenabschnitt bestimmt wird, bilden die zwei Regionsdummies zwei Achsenabschnitte.

Die geschätzten Koeffizienten (Tabelle A1) dienen in erster Linie der Simulation. Tabelle 1 fasst die Bedeutung der verschiedenen Koeffizienten für die Simulation zusammen. Mithilfe der Zahl der Beschäftigten in den verschiedenen Branchen in der Ausgangssituation im Jahr 2007 und den Koeffizienten zu "Niveau 2007" in Tabelle A1 wird ein "Struktureffekt" bestimmt, der den Einfluss der anfänglichen Branchenstruktur auf die weitere Entwicklung erfasst. Der Einfluss der sich jährlich verändernden Zahl der Erwerbstätigen in den Branchen in den Folgejahren wird mithilfe der Koeffizienten zu " Δ je Jahr" in Tabelle A1 berechnet. Dieser Spillover-Effekt bestimmt, wie die *Entwicklung* der anderen Branchen die Entwicklung der Branche, die im jeweiligen Modell erklärt wird, beeinflusst. Negative Spillover-Effekte sind Verdrängungseffekte. Der "Größeneffekt", der sich aus der Kontrolle der anfänglichen Gesamtzahl der Beschäftigten im jeweiligen Kreis ergibt, und der Achsenabschnitt bilden zusammen den "Brancheneffekt". Er bildet die der jeweiligen Branche selbst innewohnende Dynamik im jeweiligen Regionstyp ab.

Tabelle 1. Bedeutung der Regressionskoeffizienten in der Simulation

Koeffizient bezogen auf ...	Branche im Fokus	Andere Branchen
Ausgangssituation	Brancheneffekt = Achsenabschnitt + Größeneffekt (Regionsspezifisch)	Struktureffekt = Summe Effekte anderer Branchen (Regionsspezifisch)
Jahresspezifische Situation	Konjunkturreffekte = Jahresdummies (nicht regionsspezifisch)	Spillover-/Verdrängungseffekt = Summe Effekte Veränderung anderer Branchen (Regionsspezifisch)

Quelle: Eigene Darstellung

Ausgehend von den Beschäftigungszahlen des letzten Beobachtungsjahres 2019 (t₀) wird die weitere Entwicklung in einem iterativen Prozess mithilfe der Koeffizienten simuliert. Mit den Koeffizienten für die Vergleichskreise (linke Spalten in Tabelle A1) wird die Entwicklung im Vergleichsregime, mit denen für die Fallkreise (rechte Spalten in Tabelle A1) die im Fallregime abgebildet. Branchen- und Struktureffekt bleiben bei jeder Iteration eines Durchlaufs gleich. Da die Regression sich auf zwölf Jahre bezog, ist ein Durchlauf nach 12 Iterationen beendet. Danach beginnt eine neue Runde, in der mit den simulierten Beschäftigungszahlen nach Branchen aus t₀ + 12 zunächst neue Branchen- und Struktureffekte berechnet werden, die für die nächsten 12 Iterationen wieder konstant bleiben. Wir simulieren zwei Durchläufe, die insgesamt einem Zeitraum von 24 Jahren entsprechen.

Um die möglichen Auswirkungen einer drastischen Reduzierung der Viehhaltung auf die weitere Entwicklung abzuschätzen, werden die beschriebenen Simulationen für Vergleichs- und Fallkreise im Vergleichs- und Fallregime anschließend ausgehend von einem in t₀ um die Hälfte reduzierten Agrarsektor wiederholt. Nach t₀ wird die Zahl der Erwerbstätigen im Agrarsektor weiter bei maximal 50 Prozent des Ausgangswertes ohne Intervention gehalten. In einer kontrafaktischen Analyse werden dann die unterschiedlichen Entwicklungen verglichen.

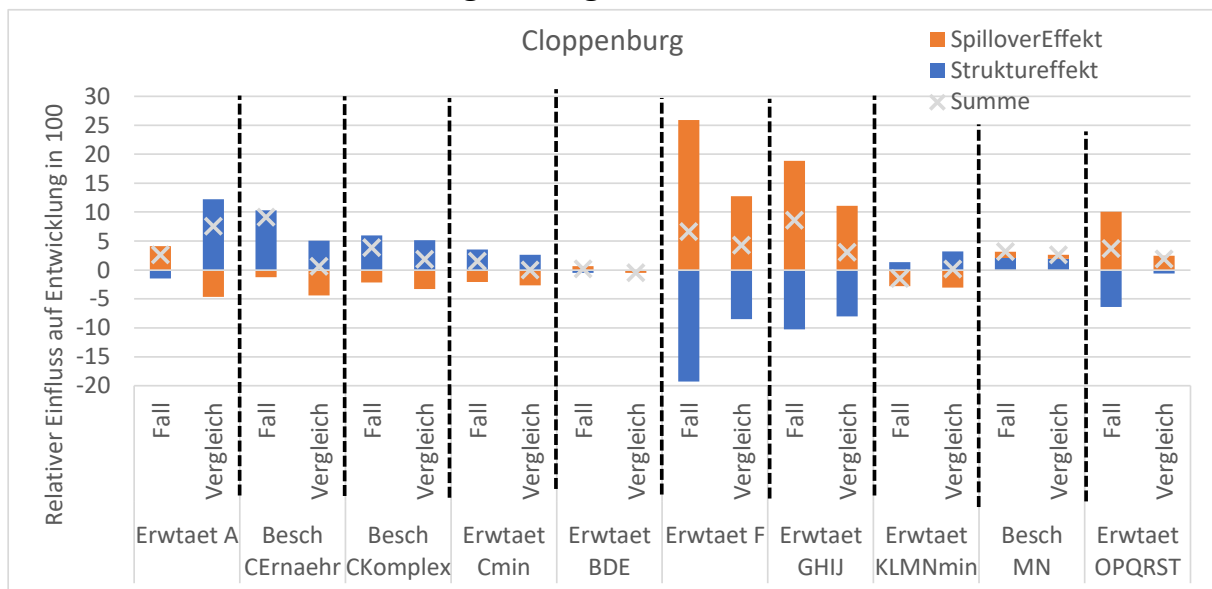
3.2 Ergebnisse von Simulation und kontrafaktischer Analyse

Die Ergebnisdiskussion beginnt mit einer Analyse der Bedeutung der unterschiedlichen Branchen für die weitere Entwicklung der Fallkreise. Dabei werden die Koeffizienten jeder Zeile in Tabelle A1 im Zusammenhang ausgewertet. Der Gesamteffekt jeder Branche ergibt sich aus ihren Struktur- und Spillover-Effekten auf alle anderen Branchen. Für die Auswertung werden die Koeffizienten mit den Beschäftigungszahlen der jeweiligen Branche im entsprechenden Kreis multipliziert und die Effekte einer Zeile dann aufsummiert. Diese Summe wird als relativer Effekt auf die (geschätzte) Gesamtentwicklung der Beschäftigung im Kreis normiert.

Wir diskutieren die Effekte am Beispiel konkreter Kreise, zwischen denen sich die Zusammenhänge je nach Beschäftigungsstruktur nur graduell, aber nicht grundsätzlich unterscheiden. Unter den Bedingungen von Cloppenburgs Branchenstruktur geht von allen Branchen außer vom Agrarsektor und den sonstigen Geschäftsdienstleistungen im Fallregime ein positiverer Impuls aus als im Vergleichsregime (Abbildung 2). Der Agrarsektor (WZ A) allerdings zeigt ausgerechnet im Vergleichsregime einen deutlich positiveren Gesamteffekt. Allerdings wirkt hier der Struktur- und nicht wie im Fallregime der Spillover-Effekt positiv. Wo der Agrarsektor (noch) stark ist, findet im Vergleichsregime also ein "verspätetes" aber dafür verstärktes Wachstum anderer Branchen statt. Im Fallregime gilt das nicht.

Die Ernährungswirtschaft zeigt zwar den erwarteten positiven Effekt auf die anderen Branchen der Region, das hängt aber nicht mit den Spillover-Effekten zusammen. Wie im Falle des Agrarsektors im Vergleichsregime geht der positive Gesamteffekt der Ernährungswirtschaft vielmehr auf einen starken Struktureffekt zurück. Man könnte sagen, die Ernährungswirtschaft schafft die Grundlage für das verstärkte Wachstum anderer Branchen. Die geringen Spillover-Effekte bedeuten auch, dass ein Wachstumseinbruch in der Ernährungswirtschaft nur begrenzt

Abbildung 2. Relative Effekte der Branchen auf die Entwicklung in der Fallregion im Fall- und im Vergleichsregime



Quelle: Eigene Berechnung, eigene Darstellung

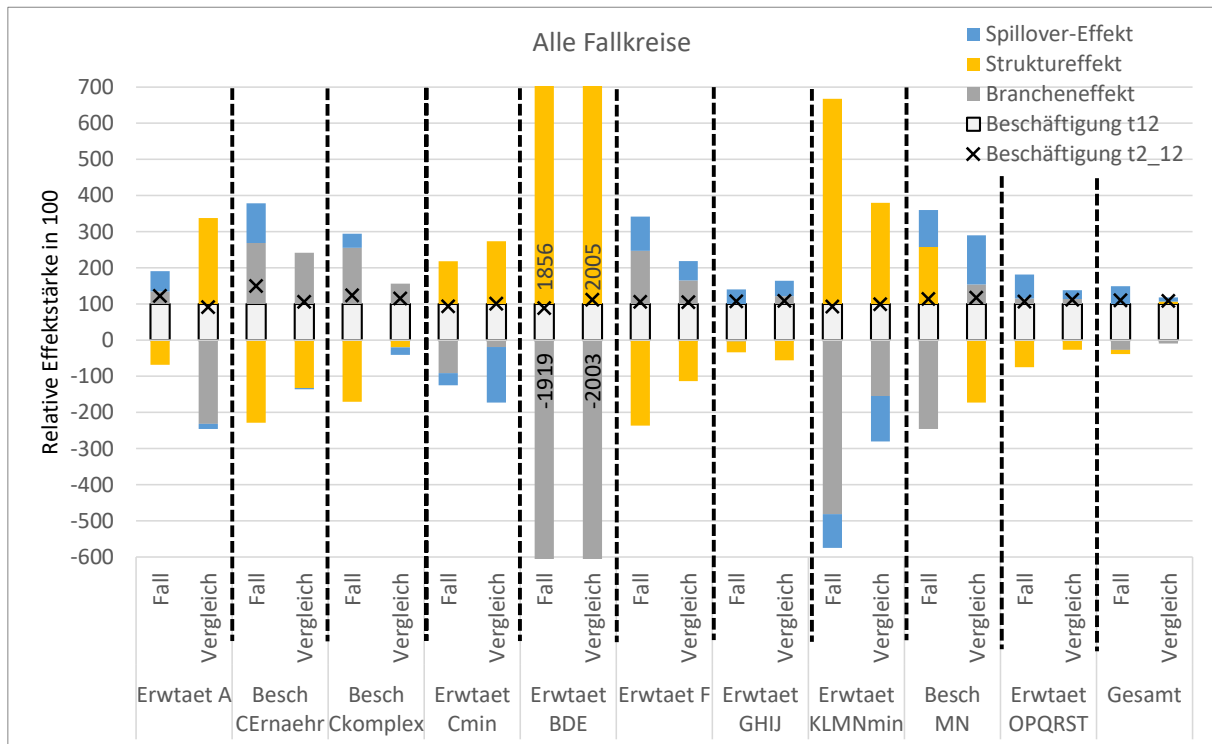
negative Effekte auf die Entwicklung der anderen Branchen der Region haben sollte. Stark positive Spillover-Effekte gehen vor allem von der Bauwirtschaft (WZ F) und den privaten Dienstleistungen (WZ G, H, I, J) aus. Die unternehmensnahen Dienstleistungen (WZ M und N) mit svp Beschäftigten, die auch Konzernstandorte umfassen,⁹ sind in Cloppenburg insgesamt zu klein, um einen starken Effekt auszuüben, es fällt aber auf, dass sie als einzige Branche sowohl einen positiven Struktur-, als auch einen positiven Spillover-Effekt erzeugen.

Im nächsten Schritt wird analysiert, welche Effekte umgekehrt auf die Entwicklung der Branchen wirken (Abbildung 3). Dafür werden die Koeffizienten jeder Spalte in Tabelle A1 im Zusammenhang ausgewertet. Die relative Stärke der verschiedenen Effekte (vgl. Tabelle 1) wird auch hier berechnet, indem die entsprechenden Koeffizienten mit der Zahl der Erwerbstätigen in den jeweiligen Branchen multipliziert und dann aufsummiert werden. Normiert werden die Werte hier, indem sie durch die Gesamtzahl der Erwerbstätigen in der Ausgangssituation geteilt werden.

Besonders deutliche Unterschiede zwischen Fall- und Vergleichsregime finden sich in den Effekten, die auf die Entwicklung des Agrarsektors (WZ A) und die Unternehmensdienstleistungen (WZ M, N) wirken. Mit Blick auf den Agrarsektor beobachten wir im Vergleichsregime einen deutlich negativen Brancheneffekt, der den typischen Bedeutungsverlust des Agrarsektors am Arbeitsmarkt im gesamtwirtschaftlichen Strukturwandel widerspiegelt. Ebenfalls negative Brancheneffekte finden wir vor allem mit Blick auf die WZ B, D und E, unter die unter anderem der Bergbau fällt, und für die WZ K, L, M und N, die unter anderem Finanz- und Versicherungsdienstleistungen umfassen. Nur in der Fallregion zeigt auch die svp Beschäftigung der Unternehmensdienstleistungen der WZ M und N einen negativen Brancheneffekt. Das unterstreicht die Ambivalenz einer Entwicklung hin zu größeren Konzernstrukturen, die zwar positive Struktur- und Spillover-Effekte ausüben (vgl. Abbildung 2), aber andererseits immer auf der Suche nach Einsparpotentialen sind.

⁹ vgl. Fußnote 6

Abbildung 3. Einflüsse auf die Entwicklung der Branchen der Fallregion in Fall- und Vergleichsregime, Beschäftigung in der Ausgangssituation (hier t12) = 100



Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung

Der Agrarsektor ist im Fallregime, anders als im Vergleichsregime, nicht durch einen negativen Brancheneffekt gekennzeichnet, was sich im Wesentlichen durch die starken regionalen Konzentrationstendenzen der Viehwirtschaft erklären lässt (vgl. Kapitel 2). Dazu passt, dass der Agrarsektor in der Fallregion anders als in der Vergleichsregion von positiven Spillover-Effekten profitiert. Ein Blick auf die Koeffizienten der zweiten Spalte in Tabelle A1 zeigt, dass diese Spillover-Effekte vor allem aus dem Baugewerbe und Geschäftsdienstleistungen, aber auch aus der Ernährungswirtschaft stammen.

Auch die Ernährungswirtschaft selbst profitiert (nur) in der Fallregion von positiven Spillover-Effekten (vgl. Abbildung 3), die nach Tabelle A1 (vierte Spalte) auch auf den Agrarsektor zurückzuführen sind. Von negativen Spillover- bzw. Verdrängungseffekten sind insbesondere Branchen des sonstigen verarbeitenden Gewerbes (WZ C) und die Geschäftsdienstleistungen (WZ K, L, M und N) betroffen. Tabelle A1 (Spalten 7 und 8) zeigt, dass zwischen den verschiedenen Branchen(gruppen) des verarbeitenden Gewerbes, darunter die Ernährungswirtschaft, in Fall- und Vergleichskreisen gleichermaßen Verdrängungseffekte existieren, dass diese aber in der Fallregion durch positive Spillovereffekte von Unternehmensdienstleistungen, privaten Dienstleistungen und des sonstigen Produzierenden Gewerbes teilweise kompensiert werden.

In ihrer Summe und ihrem Zusammenspiel begründen all diese Effekte die Beschäftigungsentwicklung in den Kreisen. Tabelle 2 bildet die unterschiedliche Gesamtentwicklung nach einem zweimaligen Simulationsdurchlauf, der für 24 Jahre ab dem Basisjahr 2019 steht, ab und ermöglicht kontrafaktische Vergleiche.

Tabelle 2 bildet für alle Fallregionen und -kreise die "Normalentwicklung" im Fallregime ohne Intervention im Agrarsektor (1), die Entwicklung im Fallregime bei dauerhafter Halbierung der Zahl der Erwerbstätigen im Agrarsektor (2) und die Entwicklung mit Intervention im Vergleichsregime (3) ab. Dabei bleibt die Zahl der Erwerbstätigen im Agrarsektor im

Vergleichsregime in den Jahren nach t0 von selbst bei unter 50%, während das im Fallregime nur durch dauerhafte Beschränkungen erreicht wird. Für die Vergleichskreise wird außer für Hohenlohe nur die Normalentwicklung im Vergleichsregime ohne Intervention dargestellt.

Die dauerhafte Halbierung der Zahl der Erwerbstätigen im Agrarsektor hat natürlich selbst einen direkten Effekt auf die Zahl der Erwerbstätigen. Die Tabelle zeigt in der Spalte "t0 (2019)", dass dieser Effekt selbstverständlich in den Kreisen mit dem größten Agrarsektor, Vechta und vor allem Cloppenburg, am größten ist. Der Gesamteffekt der Intervention auf die Entwicklung der Zahl der Erwerbstätigen in den Fallkreisen übersteigt diesen direkten Effekt aber deutlich. Der negative Interventionseffekt ist vor allem in den stärker agrarisch geprägten Kreisen (in Tabelle 2 Cloppenburg und Vechta) noch einmal stärker ausgeprägt, wenn in der Folge ein Wechsel vom Fall- ins Vergleichsregime erfolgt.

Gegenüber der hypothetischen Entwicklung eines "Weiter-wie-bisher" treten mit der Intervention also Wachstumsverluste am Arbeitsmarkt auf. Es findet aber weiterhin ein deutliches Wachstum statt, wobei das Wachstum in den Fallkreisen mit Intervention kaum je unter dem Wachstum in den Vergleichskreisen ohne Intervention liegt. Wir beobachten das nur im Vergleich des Falls "Alle Fallkreise" (Beschäftigungswachstum mit Intervention bei ca. 15 Prozent) mit dem Fall "Alle Vergleichskreise" (Beschäftigungswachstum ohne Intervention bei knapp 17 Prozent).¹⁰

Tabelle 2. Relatives Beschäftigungswachstum in den verschiedenen Regionen¹¹ und Regimen mit und ohne Intervention; Zahl der Beschäftigten ohne Intervention 2019 = 100

Beobachtungseinheit	Regime	Agrar	t0 (2019)	t2_12 (t24)	
Alle Fallkreise	Fallregime	normal		0.0	20.8
		bleibt halb		-1.6	14.8
	Vergleichsregime	<=halb		-1.6	15.1
Alle Vergleichskreise	Vergleichsregime	normal		0.0	16.8
Fallkreise NI	Fallregime	normal		0.0	28.4
		bleibt halb		-2.4	18.3
	Vergleichsregime	<=halb		-2.4	17.5
Vergleichskreise NI	Vergleichsregime	normal		0.0	17.3
Cloppenburg	Fallregime	normal		0.0	56.6
		bleibt halb		-3.9	37.3
	Vergleichsregime	<=halb		-3.9	27.8
Vechta	Fallregime	normal		0.0	43.6
		bleibt halb		-3.2	29.7
	Vergleichsregime	<=halb		-3.2	25.1
Emsland	Fallregime	normal		0.0	32.6
		bleibt halb		-2.1	22.6
	Vergleichsregime	<=halb		-2.1	20.3
NW Fallkreise	Fallregime	normal		0.0	18.0
		bleibt halb		-1.2	14.0
	Vergleichsregime	<=halb		-1.2	14.4
Vergleichskreise NW	Vergleichsregime	normal		0.0	13.4
Coesfeld	Fallregime	normal		0.0	30.5
		bleibt halb		-1.7	24.7
	Vergleichsregime	<=halb		-1.7	20.8
Hohenlohe	Fallregime	normal		0.0	42.9
		bleibt halb		-1.4	35.8
	Vergleichsregime	<=halb		-1.4	26.3

Quelle: Eigene Darstellung

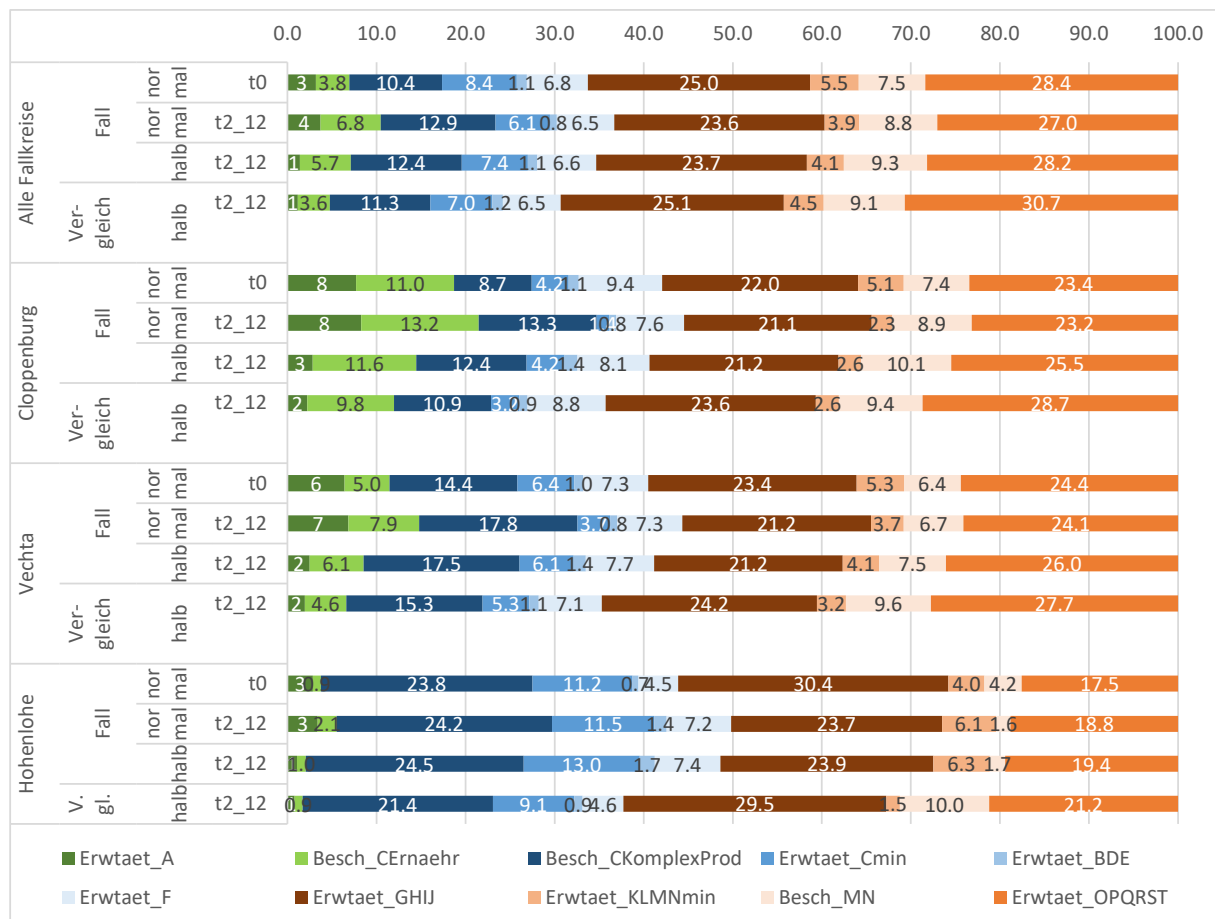
¹⁰ Da die Schätzung der Koeffizienten auf Kreisebene erfolgte, müssen "Alle Fallkreise" oder "Alle Vergleichskreise" als synthetische Kreise mit entsprechend diversifizierter Branchenstruktur interpretiert werden. Sie zeigen nicht den Durchschnitt der Effekte aller zugehörigen Kreise. Welche Beobachtungsebene relevant ist, hängt unter anderem von der räumlichen Mobilität der Produktionsfaktoren ab.

¹¹ Zum Vergleich wird der Baden-Württembergische Kreis Hohenlohe mit aufgeführt. Er gehörte in den 1990er Jahren noch zu den 18 Kreisen mit der höchsten Schweinedichte in Deutschland, doch anders als in der Fallregion ist die Schweinedichte in Hohenlohe seitdem um knapp 20 Prozent gesunken. Das Beschäftigungswachstum war im Hohenlohekreis im Beobachtungszeitraum 2007 bis 2019 mit 22.1 Prozent trotzdem weit überdurchschnittlich.

Angesichts der in Kapitel 2 angesprochenen regionalen Kapazitätsgrenzen muss auch die Frage gestellt werden, ob das "Weiter-wie-bisher" Szenario überhaupt realisierbar wäre. Wenn es etwa aufgrund geringer Arbeitskräfteverfügbarkeit in der ländlichen Fallregion mit ihren niedrigen Haushaltseinkommen in jedem Fall zu einer Reduzierung des Beschäftigungswachstums käme, wäre die entscheidende Frage weniger die nach dem quantitativen Interventionseffekt. Relevant wäre eher, ob mit der Intervention möglicherweise der Anstoß zu einer Strukturveränderung gegeben würde, im Rahmen derer mit weniger Arbeitskräften mehr Einkommen generiert werden könnte. Von besonderer Bedeutung ist für die Unterstützung einer solchen Entwicklung in ländlichen Räumen, die für die höchstqualifizierten Beschäftigten und damit für wissensintensive Dienstleistungen wenig attraktiv sind, eine positive Entwicklung des verarbeitenden Gewerbes und hier insbesondere der "komplexen" Produktion (vgl. Fußnote 6).

Abbildung 4 verdeutlicht die Verschiebungen in der typischerweise sehr trägen Branchenstruktur in den unterschiedlichen Szenarien.

Abbildung 4. Beschäftigungsanteile der Branchen in ausgewählten Regionen im Fall- und Vergleichsregime ohne (agrar normal) und mit (agrar halb) Intervention



Quelle: Eigene Darstellung

In den Kreisen, in denen der Agrarsektor von vornherein kleiner ist ("Alle Fallkreise", Hohenlohe) steigt im Fallregime die relative Bedeutung des verarbeitenden Gewerbes außer der Ernährungswirtschaft mit einer Halbierung des Agrarsektors gegenüber der normalen Entwicklung ohne Intervention. In Vechta und Cloppenburg hingegen zeigt die komplexe Produktion kein solches kompensatorisches Wachstum mehr. Nur das sonstige verarbeitende (WZ Cmin) und das sonstige produzierende Gewerbe (WZ B, D, E) sowie die Bauwirtschaft (WZ F) gewinnen hier im Zuge der Intervention neben den Dienstleistungen an relativer

Bedeutung. Die Bedeutung der Ernährungswirtschaft sinkt erwartungsgemäß überall im Vergleich zum Referenz-Szenario der Normalentwicklung. Die aus Tabelle A1 ersichtlichen Verdrängungseffekte der Ernährungswirtschaft auf andere Branchen des verarbeiteten Gewerbes erklären das beobachtete kompensatorische Wachstum im Falle seiner Schrumpfung. Würden die Fallkreise ins Vergleichsregime wechseln, so gäbe es dieses kompensatorische Wachstum im verarbeitenden Gewerbe nach den Ergebnissen allerdings nicht. Stattdessen würden vor allem die öffentlichen und die Unternehmensdienstleistungen an relativer Bedeutung gewinnen, vermutlich weil ihr Wachstum von der Intervention am wenigsten beeinträchtigt wird. Insbesondere die wachsende Bedeutung der öffentlichen Dienstleistungen, von denen viele zum "Residualektor" (MARGARIAN, 2018) gehören, deutet auf eine aus wirtschaftlicher Sicht bedenkliche Entwicklung hin.

Der Vergleichskreis Hohenlohe zeichnet sich schon in der Ausgangssituation durch eine sehr hohe Bedeutung des verarbeitenden Gewerbes aus. Diese Bedeutung nimmt im Fall einer Halbierung des Agrarsektors im Vergleichsregime erheblich ab, im Fallregime hingegen deutlich zu. Das könnte nahe legen, dass der Kreis Hohenlohe es in seinem eigenen Strukturwandel weg von der Vieh- und Fleischwirtschaft in den vergangenen Jahrzehnten geschafft hat, das typische Fallregime beizubehalten, so dass er zwar den Vergleichskreisen zugeordnet wurde, sich aber möglicherweise und trotz der geringeren Bedeutung der Vieh- und Fleischwirtschaft eigentlich wie die Fallkreise im Fallregime entwickelt. Dann könnte es grundsätzlich auch den nordwestdeutschen Kreisen gelingen, das Fallregime im Strukturwandel aufrecht zu erhalten.

4 Schlussfolgerungen

Anhand einer regressionsbasierten Simulation wurde gezeigt, dass die Wirtschaft in den Fallkreisen der Veredlungsregion diversifiziert genug ist, damit das Beschäftigungswachstum dort im hypothetischen Fall einer Halbierung der Zahl der Erwerbstätigen im Agrarsektor unter sonst gleichbleibenden Bedingungen zwar spürbar verlangsamt wird, aber nicht zum Erliegen kommt. Die Stabilisierung ist besonders dann erfolgreich, wenn das besondere Entwicklungsregime der Fallregion bewahrt werden kann. In ihm sind Ernährungswirtschaft und komplexe Produktion durch besondere Wachstumsstärke gekennzeichnet und profitieren zusätzlich von positiven Spillover-Effekten, während eine Schwächung der Ernährungswirtschaft durch Wachstum des sonstigen verarbeitenden Gewerbes kompensiert wird. Ein Wechsel ins Normal- oder Vergleichsregime hingegen führt nicht nur zu einer weiteren Schwächung des Beschäftigungswachstums, sondern auch zu einer relativen Stärkung der Branchen, die üblicherweise wenig zur Dynamik ländlicher Räume beitragen.

Damit der Strukturwandel weg von der lokalen Dominanz der Vieh- und Fleischwirtschaft hin zu einer diversifizierten, produktionsintensiven Wirtschaft in der Region gelingt, sollte er keinesfalls behindert werden. Eine durch die sektorale Perspektive geleitete Politik der Stabilisierung bestehender Kapazitäten würde Gefahr laufen, dass mittel- und langfristig der kontinuierliche Aufbau alternativer Produktionskapazitäten durch sie eher verhindert als befördert würde. Ohne eine solche Stärkung der regionalen Alternativen würde aber im Fall eines sich beschleunigenden Strukturwandels der Verlust der besonderen Stärken der Region und der Wechsel ins wachstumsschwächere Normalregime mit den beschriebenen Konsequenzen drohen.

Literaturverzeichnis

- ALLISON, P. D. (2005): Fixed effects regression methods for longitudinal data using SAS. The power to know. SAS Press, Cary, NC.
- ANKER, H. T., L. BAANER, C. BACKES, A. KEESEN und S. MÖCKEL (2018): Comparison of ammonia regulation in Germany, the Netherlands and Denmark. IFRO Report Nr. 276. University of Copenhagen.
- BEAUDRY, C. und A. SCHIFFAUEROVA (2009): Who's right, Marshall or Jacobs? The localization versus urbanization debate. In: *Research Policy* 38 (2): 318–337.
- DAUTH, W. und J. SUEDEKUM (2016): Globalization and local profiles of economic growth and industrial change. In: *Journal of Economic Geography* 16 (5): 1007–1034.
- DUMONT, B., L. FORTUN-LAMOTHE, M. JOUVEN, M. THOMAS und M. TICHIT (2013): Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. In: *Animal : an international journal of animal bioscience* 7 (6): 1028–1043.
- EUROPEAN FEDERATION OF FOOD, AGRICULTURE and TOURISM TRADE UNIONS (2011): Putting meat on the bones. A report on the structure and dynamics of the European meat industry.
- GAGNÉ, C., J. LE GALLO, S. LARUE und B. SCHMITT (2012): Does Regulation of Manure Land Application Work Against Agglomeration Economies? Theory and Evidence from the French Hog Sector. In: *American Journal of Agricultural Economics* 94 (1): 116–132.
- HAGGBLADE, S., J. HAMMER und P. HAZELL (1991): Modeling Agricultural Growth Multipliers. In: *American Journal of Agricultural Economics* 73 (2): 361–374.
- KLEIN, O. (2015): Imaginative Geographien in multiskalaren Produktionsnetzwerken. Das Beispiel der Schweinefleischproduktion im Oldenburger Münsterland. *Vechtaer Studien zur Geographie*, Heft 4. Univ., Institut für Strukturforchung und Planung in agrarischen Intensivgebieten (ISPA), Vechta.
- MARGARIAN, A. (2018): Strukturwandel in der Wissensökonomie. Eine Analyse von Branchen-, Lage- und Regionseffekten in Deutschland. *Thünen Report*, Heft 60. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, Germany.
- MARGARIAN, A. (2022): The Hidden Strength of Rural Enterprises. Why Peripheries Can Be more than A City Centre's Deficient Complements. Chapter 2. In: Leick, B., S. Gretzinger und T. Makkonen (Hrsg.): *The Rural Enterprise Economy*. Routledge, London: 19–34.
- NEUMANN, K., B. S. ELBERSEN, P. H. VERBURG, I. STARITSKY, M. PÉREZ-SOBA, W. DE VRIES und W. A. RIENKS (2009): Modelling the spatial distribution of livestock in Europe. In: *Landscape Ecology* 24 (9): 1207–1222.
- ROBINSON, T. P., G. R. W. WINT, G. CONCHEDDA, T. P. VAN BOECKEL, V. ERCOLI, E. PALAMARA, G. CINARDI, L. D'AIETTI, S. I. HAY und M. GILBERT (2014): Mapping the global distribution of livestock. In: *PloS one* 9 (5): e96084.
- WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT AGRARPOLITIK BEIM BMEL (2015): Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats für Agrarpolitik. *Berichte über Landwirtschaft (Sonderheft 221)*. Das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Berlin.

Anhang:

Tabelle A1. Koeffizienten der Regressionen zur Identifizierung der Zusammenhänge zwischen den jeweils anderen Branchen und der Entwicklung der Beschäftigungszahlen in den Branchen (ohne Jahresdummies); 2007 bis 2019

Veränderung d. Zahl d.: (2007-2019) Regionstyp:	Erwerbst.LdwA		Besch_Ernaehr		Besch.KomplexVerarbC		Erwerbst.SonstVerarbC		Erwerbst.ProdBE		Erwerbst.BauF		Erwerbst.Dienstl		Erwerbst.Gesch.Dienstl		Besch.UIDienstl		Erwerbst.Oeff		
	Vergleich	Fall	Vergleich	Fall	Vergleich	Fall	Vergleich	Fall	Vergleich	Fall	Vergleich	Fall	Vergleich	Fall	Vergleich	Fall	Vergleich	Fall	Vergleich	Fall	
Achsenabschnitt	-128 (41)	-48 (270)	28 (63)	-109 (419)	181 (201)	1017 (1340)	-9 (181)	295 (1201)	49 (51)	189 (343)	225 (72)	217 (471)	11 (235)	341 (1567)	-29 (186)	312 (1164)	603 (202)	-620 (1346)	1283 (266)	2052 (1786)	
Erwerbstätige insgesamt 2007	0.061 (0.017)	0.012 (0.096)	0.052 (0.037)	0.084 (0.064)	0.063 (0.015)	0.173 (0.117)	0.015 (0.014)	0.066 (0.185)	0.232 (0.023)	0.184 (0.260)	0.043 (0.027)	0.099 (0.142)	0.054 (0.022)	0.008 (0.155)	0.077 (0.067)	0.221 (0.727)	0.044 (0.053)	0.210 (0.404)	0.040 (0.016)	0.043 (0.138)	
Land- & Forstw., Fischerei	Δ je Jahr		0.064 (0.035)	0.193 (0.060)	0.294 (0.087)	0.030 (0.150)	0.408 (0.098)	0.030 (0.172)	0.013 (0.027)	0.018 (0.047)	0.041 (0.038)	0.141 (0.065)	0.180 (0.105)	0.031 (0.180)	0.066 (0.104)	0.272 (0.180)	0.246 (0.109)	0.048 (0.190)	0.138 (0.118)	0.025 (0.202)	
Niveau 2007			0.049 (0.061)	0.084 (0.186)	0.611 (0.119)	0.134 (0.514)	0.761 (0.118)	0.038 (0.377)	0.263 (0.038)	0.129 (0.205)	0.048 (0.062)	0.288 (0.304)	0.261 (0.143)	0.421 (0.635)	0.236 (0.135)	0.182 (0.976)	0.340 (0.143)	0.145 (0.511)	0.210 (0.161)	0.160 (0.657)	
Ernäh-rungs- gewerbe	Δ je Jahr		0.035 (0.018)	0.032 (0.017)		0.271 (0.069)	0.043 (0.068)	0.336 (0.078)	0.437 (0.072)	0.041 (0.021)	0.008 (0.021)	0.062 (0.030)	0.001 (0.029)	0.075 (0.083)	0.077 (0.080)	0.050 (0.083)	0.021 (0.080)	0.038 (0.087)	0.073 (0.073)	0.232 (0.094)	0.156 (0.090)
Niveau 2007			0.095 (0.038)	0.053 (0.116)		0.211 (0.140)	0.120 (0.237)	0.389 (0.135)	0.609 (0.275)	0.234 (0.043)	0.191 (0.267)	0.118 (0.061)	0.157 (0.161)	0.081 (0.169)	0.027 (0.291)	0.018 (0.147)	0.212 (0.805)	0.142 (0.160)	0.325 (0.485)	0.108 (0.188)	0.200 (0.261)
Komplexes verarb. Gew.	Δ je Jahr		0.018 (0.005)	0.007 (0.014)	0.025 (0.008)	0.015 (0.023)		0.508 (0.020)	0.386 (0.062)	0.017 (0.006)	0.039 (0.017)	0.015 (0.009)	0.042 (0.024)	0.116 (0.024)	0.025 (0.067)	0.104 (0.024)	0.104 (0.067)	0.014 (0.025)	0.087 (0.071)	0.003 (0.027)	0.105 (0.075)
Niveau 2007			0.081 (0.018)	0.023 (0.101)	0.020 (0.038)	0.074 (0.076)		0.579 (0.031)	0.606 (0.254)	0.247 (0.023)	0.229 (0.267)	0.070 (0.030)	0.105 (0.150)	0.148 (0.040)	0.109 (0.160)	0.021 (0.072)	0.352 (0.757)	0.037 (0.063)	0.016 (0.467)	0.063 (0.037)	0.249 (0.250)
Sonstiges verarb. Gew.	Δ je Jahr		0.017 (0.005)	0.009 (0.014)	0.026 (0.007)	0.276 (0.020)	0.407 (0.016)	0.319 (0.052)		0.001 (0.005)	0.036 (0.016)	0.000 (0.008)	0.016 (0.024)	0.016 (0.021)	0.149 (0.062)	0.166 (0.021)	0.133 (0.064)	0.122 (0.022)	0.109 (0.068)	0.123 (0.024)	0.034 (0.072)
Niveau 2007			0.074 (0.017)	0.110 (0.074)	0.026 (0.038)	0.215 (0.094)	0.362 (0.030)	0.097 (0.273)		0.231 (0.023)	0.126 (0.232)	0.052 (0.031)	0.096 (0.202)	0.085 (0.037)	0.014 (0.342)	0.217 (0.071)	0.376 (0.809)	0.176 (0.056)	0.155 (0.414)	0.085 (0.036)	0.106 (0.263)
Prod. o. verarb. Gew.	Δ je Jahr		0.011 (0.016)	0.001 (0.072)	0.032 (0.025)	0.112 (0.113)	0.174 (0.064)	0.866 (0.278)	0.016 (0.072)	0.871 (0.315)		0.058 (0.028)	0.313 (0.119)	0.305 (0.077)	0.319 (0.338)	0.205 (0.076)	0.400 (0.337)	0.197 (0.080)	0.261 (0.354)	0.020 (0.086)	0.352 (0.378)
Niveau 2007			0.080 (0.026)	0.205 (0.168)	0.007 (0.050)	0.192 (0.331)	0.122 (0.102)	0.745 (1.040)	0.033 (0.097)	1.408 (0.829)		0.109 (0.051)	0.720 (0.467)	0.552 (0.124)	1.091 (1.262)	0.274 (0.115)	0.662 (1.311)	0.037 (0.121)	0.213 (0.973)	0.014 (0.141)	0.292 (1.330)
Bauge- werbe	Δ je Jahr		0.009 (0.012)	0.231 (0.043)	0.032 (0.018)	0.064 (0.068)	0.068 (0.046)	0.497 (0.169)	0.009 (0.052)	0.048 (0.194)	0.030 (0.014)	0.129 (0.051)		0.421 (0.054)	0.538 (0.199)	0.100 (0.054)	0.016 (0.205)	0.457 (0.056)	0.541 (0.208)	0.252 (0.061)	0.955 (0.214)
Niveau 2007			0.027 (0.031)	0.138 (0.179)	0.084 (0.050)	0.275 (0.160)	0.064 (0.095)	0.610 (0.457)	0.006 (0.093)	0.199 (0.577)	0.230 (0.036)	0.138 (0.353)		0.399 (0.113)	0.760 (0.522)	0.123 (0.120)	0.432 (0.692)	0.467 (0.108)	0.134 (0.712)	0.263 (0.125)	0.908 (0.640)
Handel, Gast & Infor- mation	Δ je Jahr		0.006 (0.004)	0.008 (0.019)	0.003 (0.006)	0.125 (0.029)	0.075 (0.016)	0.055 (0.073)	0.012 (0.018)	0.262 (0.081)	0.020 (0.005)	0.017 (0.023)	0.054 (0.007)	0.093 (0.031)		0.004 (0.019)	0.086 (0.088)	0.200 (0.020)	0.118 (0.092)	0.167 (0.022)	0.315 (0.096)
Niveau 2007			0.071 (0.018)	0.017 (0.105)	0.062 (0.039)	0.134 (0.079)	0.203 (0.030)	0.195 (0.143)	0.011 (0.030)	0.028 (0.269)	0.215 (0.024)	0.203 (0.276)	0.093 (0.030)	0.134 (0.150)		0.101 (0.080)	0.890 (0.772)	0.196 (0.060)	0.055 (0.463)	0.185 (0.038)	0.496 (0.266)
Geschäfts- dienst- leistung	Δ je Jahr		0.001 (0.004)	0.046 (0.019)	0.004 (0.007)	0.042 (0.030)	0.030 (0.017)	0.138 (0.083)	0.145 (0.019)	0.206 (0.083)	0.014 (0.007)	0.028 (0.023)	0.003 (0.005)	0.003 (0.032)	0.010 (0.020)	0.055 (0.088)		0.358 (0.159)	0.363 (0.089)	0.106 (0.022)	0.094 (0.099)
Niveau 2007			0.063 (0.021)	0.002 (0.222)	0.039 (0.041)	0.500 (0.285)	0.089 (0.076)	0.337 (0.860)	0.106 (0.068)	0.178 (0.829)	0.227 (0.028)	0.189 (0.384)	0.003 (0.042)	0.135 (0.262)	0.010 (0.101)	0.089 (1.027)		0.337 (0.115)	0.256 (1.125)	0.024 (0.106)	0.059 (1.222)
Unterneh- mens-dienst- leistung	Δ je Jahr		0.008 (0.004)	0.008 (0.013)	0.002 (0.006)	0.049 (0.021)	0.011 (0.016)	0.050 (0.051)	0.098 (0.018)	0.109 (0.059)	0.012 (0.005)	0.013 (0.016)	0.054 (0.007)	0.067 (0.022)	0.176 (0.019)	0.108 (0.018)	0.332 (0.018)	0.219 (0.059)		0.094 (0.021)	0.007 (0.069)
Niveau 2007			0.046 (0.020)	0.041 (0.097)	0.051 (0.042)	0.179 (0.151)	0.020 (0.061)	0.015 (0.464)	0.035 (0.051)	0.136 (0.370)	0.267 (0.027)	0.178 (0.244)	0.137 (0.032)	0.331 (0.232)	0.216 (0.069)	0.116 (0.540)	0.424 (0.105)	0.191 (0.988)		0.059 (0.077)	0.059 (0.480)
Öffentl. Dienst-leist- ungen	Δ je Jahr		0.004 (0.004)	0.002 (0.012)	0.011 (0.006)	0.094 (0.018)	0.001 (0.015)	0.089 (0.045)	0.087 (0.016)	0.032 (0.052)	0.001 (0.005)	0.012 (0.014)	0.028 (0.006)	0.067 (0.019)	0.138 (0.017)	0.125 (0.053)	0.079 (0.017)	0.032 (0.055)	0.091 (0.018)	0.040 (0.057)	
Niveau 2007			0.061 (0.018)	0.044 (0.095)	0.064 (0.037)	0.207 (0.060)	0.062 (0.024)	0.337 (0.180)	0.122 (0.025)	0.049 (0.178)	0.240 (0.024)	0.164 (0.253)	0.078 (0.029)	0.174 (0.157)	0.239 (0.031)	0.146 (0.227)	0.152 (0.073)	0.195 (0.797)	0.158 (0.057)	0.228 (0.360)	

Quelle: s. Abbildung 1; eigene Berechnungen, eigene Darstellung; Jahresdummies nicht abgebildet; Standardfehler unter den Koeffizienten in Klammern

RESILIENZ UND DIGITALISIERUNG IN DER DEUTSCHEN AGRARWIRTSCHAFT: LEHREN AUS DER COVID-19-PANDEMIE

Robyn Blake-Rath¹, Ulrike Grothe

Zusammenfassung

Die COVID-19-Pandemie hat vor allem die Fragilität sowie die zugrunde liegenden Probleme in der Lieferkette des Agrarsektors sichtbar gemacht. Zusätzlich kreiert sie viele Herausforderungen, aber auch neue Chancen und führt so zu unterschiedlichsten Anpassungen in landwirtschaftlichen Betrieben. Es bleibt jedoch unklar, ob infolge der Pandemie die Digitalisierung vorangetrieben wird, ob Vermarktungskonzepte angepasst werden, und inwieweit diese Veränderungen die Resilienz der Betriebe beeinflussen. Die Analyse basiert auf einem dreistufigen Resilienz-Konzept und Primärdaten aus einer Online-Befragung von Landwirt:innen, die in Deutschland Ende 2021 bis Mitte 2022 durchgeführt wurde. Die Ergebnisse zeigen, dass Vermarktung und Digitalisierung gleichzeitig Herausforderungen als auch Chancen darstellen. Es wird eine hohe Diversität in der Wahrnehmung der Resilienz-Kapazitäten unter den Landwirt:innen festgestellt. Betriebe, die ihre Resilienz als höher wahrnehmen, sind vor allem gekennzeichnet durch: (i) höhere Technologiebereitschaft; (ii) Acker- und Gartenbau gegenüber tierischer Erzeugung; (iii) ökologischem gegenüber konventionellem Anbau und (iv) (digitale) Direktvermarktungskanäle. Zudem weisen die Betriebe im Durchschnitt eine eher geringe Resilienz in Bezug auf ihre Widerstands- und Transformationsfähigkeit und eine hohe Resilienz in Bezug auf ihre Anpassungsfähigkeit auf. Eine Resilienz-Steigerung lässt sich durch Weiterbildung und Online-Training im Hinblick auf die digitale und direkte Vermarktung befördern. In diesem Zusammenhang sind zudem Aspekte wie Datensouveränität, Datenschutz, Ausbau der digitalen Infrastruktur und Abbau bürokratischer Hürden bedeutend. Um speziell die Transformationsfähigkeit der Betriebe zu stärken, ist eine Neuausrichtung des gesamten Agrar- und Ernährungssystems nötig.

Schlüsselwörter

Resilienz, Agrarwirtschaft, COVID-19-Pandemie, Digitalisierung, Direktvermarktung

1 Einleitung

Die COVID-19-Pandemie hat gravierende ökonomische und soziale Auswirkungen auf die Agrarwirtschaft (BMEL, 2021). Weltweit werden die Anfälligkeit, Ungerechtigkeit sowie Risiken des globalen Ernährungssystems sichtbar (IPES-FOOD, 2020). So führt die Pandemie zu Disruptionen bei der Beschaffung und vor allem auch beim Absatz der erzeugten pflanzlichen und tierischen Agrarprodukte (OECD et al., 2020; OECD, 2020). Die europaweit verhängten Reise-, Ausgangs- und Kontaktbeschränkungen beeinträchtigten die Lieferketten, so dass es zeitweise aufgrund logistischer Probleme und des Personalmangels bei Lieferunternehmen zu Verzögerungen im grenzüberschreitenden Lieferverkehr und zu Verlusten gerade bei verderblichen Produkten kam. Darüber hinaus ist die Nachfrage bestimmter Branchen wie Hotels und Restaurants stark zurückgegangen (OECD et al., 2020).

Die veränderte Nachfrage- und Absatzsituation in der COVID-19-Pandemie stellt die Agrarwirtschaft somit vor erhebliche Herausforderungen (HOBBS, 2020). Eine besondere Rolle nimmt hierbei die Digitalisierung ein, die für die Betriebe neue Probleme mit sich bringt, aber auch neue Chancen insbesondere in der Vermarktung der Agrarprodukte eröffnet. Neben

¹ Leibniz Universität Hannover, blake-rath@iuw.uni-hannover.de

Hofläden und Marktständen befördert sie neue Absatzwege für die Direktvermarktung besonders frischer Agrarerzeugnisse, wie beispielsweise Verkaufsautomaten, Lieferdienste oder Onlineshops und die Kooperation mit Onlineplattformen (z.B. Crowdfarming, Gemüsebox). Dieser Trend geht einher mit der Veränderung des Kaufverhaltens der Verbraucher:innen, deren Alltag aufgrund von politischen Maßnahmen (Kontaktbeschränkungen, veränderte Öffnungszeiten, Hamsterkäufe, Ausgangsbeschränkungen) infolge der COVID-19-Pandemie beeinflusst wird. So greifen Konsument:innen vermehrt auf Möglichkeiten des Direktbezugs frischer regionaler Ware und des Onlinehandels zurück (WBGU, 2019). Es bleibt allerdings unklar, ob die Nutzung digitaler Technologien für den Absatz landwirtschaftlicher Betriebe Chancen und Risiken beinhaltet und inwieweit diese die Resilienz der Unternehmen beeinflussen.

Obwohl eine Resilienz-Steigerung in der Agrarwirtschaft auch von der Europäischen Kommission als eines ihrer Hauptziele deklariert wird (EU KOMMISSION, 2020), steht die Forschung zur Resilienz von Unternehmen noch am Anfang (SPIEGEL et al., 2021). Unter Resilienz ist die Kapazität der Landwirtschaft zu verstehen, robust gegenüber Schocks zu sein (ANSAH et al., 2019; TENDALL et al., 2015). Ein resilientes System stellt die langfristige Versorgung mit Nahrungsmitteln sicher. Das Auftreten von Pandemien und Krisen (COVID-19, Nahrungsmittelkrise) verdeutlicht die bedeutende Rolle der Resilienz in der Agrarwirtschaft. Um diese zu erhöhen, sind erhebliche Anpassungsprozesse auf betrieblicher Ebene sowie Transformationsprozesse im gesamten System nötig (IPBES, 2019; WBGU, 2020; WILLETT et al., 2019). Die Digitalisierung bietet hier den Betrieben viele Möglichkeiten, schneller und präziser auf Veränderungsprozesse zu reagieren. Auch wird vermutet, dass eine Verkürzung und Entflechtung der Wertschöpfungsketten sowie ökologisch orientierte und stärker diversifizierte Betriebe resilientere Systeme erzeugen (WBGU, 2020). Allerdings ist auch zu erwarten, dass der Onlinehandel neue Anforderungen an die Rückverfolgbarkeit und Deklaration von Erzeugnissen stellt (ANSAH et al., 2019; BMEL, 2020).

Das Ziel dieser Studie ist es zu untersuchen, inwieweit sich die deutsche Agrarwirtschaft auf die Veränderungen im Rahmen der COVID-19-Pandemie anpassen kann, ob in diesem Zusammenhang die Direktvermarktung und die Digitalisierung insbesondere mit Blick auf die Vermarktung befördert werden, inwieweit diese einen Einfluss auf die Resilienz verschiedener landwirtschaftlicher Betriebe haben und welche Einflussfaktoren die Resilienz der Betriebe beeinflussen. Konkret geht es um folgende Fragestellungen:

1. Welche Herausforderungen und Chancen ergeben sich für die deutsche Agrarwirtschaft aufgrund der COVID-19-Pandemie?
2. Welche Einflussfaktoren beeinflussen die wahrgenommene Resilienz in der Agrarwirtschaft?
3. Inwieweit hat die digitale Direktvermarktung das Potenzial, die Resilienz in der Agrarwirtschaft zu erhöhen?

Im Ergebnis werden Handlungsempfehlungen zu den Möglichkeiten einer Resilienz-Steigerung in der Agrarwirtschaft gegeben. Diese Studie leistet zudem einen Beitrag zur empirischen Resilienz-Forschung.

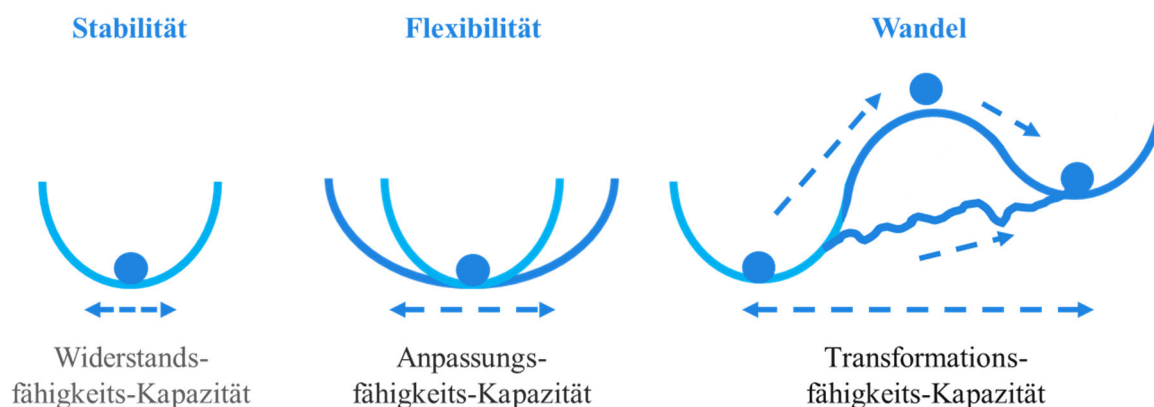
2 Das Konzept der Resilienz

Anhand von Resilienz-Konzepten können die unterschiedlichen Fähigkeiten landwirtschaftlicher Betriebe beschrieben werden, mit Schocks wie der COVID-19-Pandemie umzugehen (Abb.1). Die unterschiedlichen Dimensionen der Resilienz können dabei als folgende drei Kapazitäten charakterisiert werden (BÉNÉ et al., 2016; MEUWISSEN et al., 2019; SPIEGEL et al., 2021):

1. *Widerstandsfähigkeits-Kapazität*: Die Fähigkeit eines Betriebs, Auswirkungen von (un)erwarteten Schocks abzumildern. Sie umfasst abpuffernde, kurzfristige Anpassungen und führt somit zum Erhalt des Betriebs oder eines existierenden Systems.
2. *Anpassungsfähigkeits-Kapazität*: Die Fähigkeit eines Betriebs, als Reaktion auf moderate Schocks (oder einer zunehmenden Belastung) weiterhin zu funktionieren, ohne größere qualitative Änderungen in ihrer Arbeitsweise vorzunehmen oder die Strukturen, Rückkopplungsmechanismen oder die Identität eines Betriebs zu verändern. Dies umfasst inkrementelle Anpassungen, wie beispielsweise Veränderungen bei der Zusammensetzung der Betriebsmittel, der Produktion, der Vermarktung oder dem Risikomanagement.
3. *Transformationsfähigkeits-Kapazität*: Die Fähigkeit eines Betriebs, dauerhafte und radikale Veränderungen in der internen Struktur sowie bezüglich der Rückkopplungsmechanismen vornehmen zu können, um die unmittelbare Weiterführung des Betriebs oder des Systems gewährleisten zu können. Dies führt zu einem langfristigen Wandel in den Betrieben, aber auch darüber hinaus zu Transformationen ganzer Systeme. Die Transformation kann dabei durch eine einzige radikale Veränderung oder durch viele aufeinanderfolgende inkrementelle Anpassungen erreicht werden.

Dieses erweiterte Resilienz-Verständnis lässt nicht nur ex-post sowie ex-ante Analysen zu, sondern lässt sich zudem auch anhand objektiver und subjektiver Befragungen operationalisieren (MEUWISSEN et al., 2019).

Abbildung 1. Die drei Kapazitäten der Resilienz



Quelle: Eigene Darstellung modifiziert nach (MEUWISSEN et al., 2019; BÉNÉ et al., 2016).

3 Datengrundlage und Methodik

Um die Effekte der COVID-19-Pandemie und die Auswirkungen auf die Digitalisierung entlang der Wertschöpfungskette zu erfassen, wurde eine Online-Befragung von landwirtschaftlichen Betrieben, ergänzt durch Expert:inneninterviews, in Deutschland von November 2021 bis August 2022 durchgeführt. Dabei gab es eine erste Umfragerunde von November 2021 bis Januar 2022 sowie eine zweite Umfragerunde von Januar 2022 bis August 2022. Teilnehmende Betriebe wurden zunächst systematisch über die Landwirtschaftskammer Niedersachsen (direkte Ansprache von Gartenbaubetrieben sowie über den Newsletter) und anschließend deutschlandweit über verschiedene Verbände kontaktiert. Qualitative Interviews mit Expert:innen der Landwirtschaftskammer und einer digitalen Direktvermarktungsplattform haben geholfen, den Fragebogen zu konzipieren und vorab iterativ zu testen. Insgesamt nahmen 129 Betriebe an der Umfrage teil, von denen allerdings nur 55 den Fragebogen vollständig ausfüllten. Für die Analysen wurden diese 55 vollständigen Fragebögen ausgewertet. Der Fragebogen wurde in sieben Untergruppen gegliedert. Diese umfassen zunächst betriebliche

Daten, gefolgt von Fragen zu den Auswirkungen der COVID-19-Pandemie auf den Betrieb sowie auf die Digitalisierung inklusive der Direktvermarktung. Weiterhin werden Informationen zur Technikbereitschaft, zur Resilienz und sozio-demographische Daten der befragten Personen erfasst.

Die Daten der landwirtschaftlichen Betriebe werden aufgrund der relativ kleinen Stichprobengröße vor allem qualitativ und deskriptiv ausgewertet. Für die graphische Aufbereitung der Daten werden u.a. Karten und Boxplots-Abbildungen mit Werteverteilungen verwendet. Um die Anonymität auch großer Betriebe zu gewährleisten, erfolgt die Erstellung geografischer Karten auf der Grundlage der ersten zwei Ziffern der Postleitzahl.

Die Einstellung der Produzent:innen gegenüber der Direktvermarktung wird anhand von 15 Items auf einer fünfstufigen Likert-Skala auf der Grundlage einer systematischen Literaturrecherche abgefragt. Hierbei wird zudem der Implementierungs-Zeitpunkt der Digitalisierungsmaßnahmen (*vor / während der COVID-19-Pandemie, zukünftige Planung*) aufgenommen.

Die Technikbereitschaft wird basierend auf der Kurzsкала von (NEYER et al., 2012) auf einer fünfstufigen Likert-Skala abgefragt. Insgesamt werden zwölf Items berücksichtigt, von denen je vier einer der drei Subskalen (1) Technikakzeptanz, (2) Technikkontrollüberzeugungen und (3) Technikkompetenzüberzeugungen zuzuordnen sind. Dabei beschreibt die Technikakzeptanz den persönlichen Bezug zu sowie Interesse an modernen Technologien. Die Technikkontrollüberzeugung spiegelt wiederum das Ausmaß der wahrgenommenen Kontrollierbarkeit von Techniken, technischen Prozessen sowie deren Konsequenzen wider. Die Technikkompetenzüberzeugung zeigt die subjektiv erwartete Anpassungsfähigkeit an noch unbekannte technologische Innovationen auf und basiert auf den bereits biografisch gemachten Erfahrungen im Umgang mit vertrauten Technologien (NEYER et al., 2012).

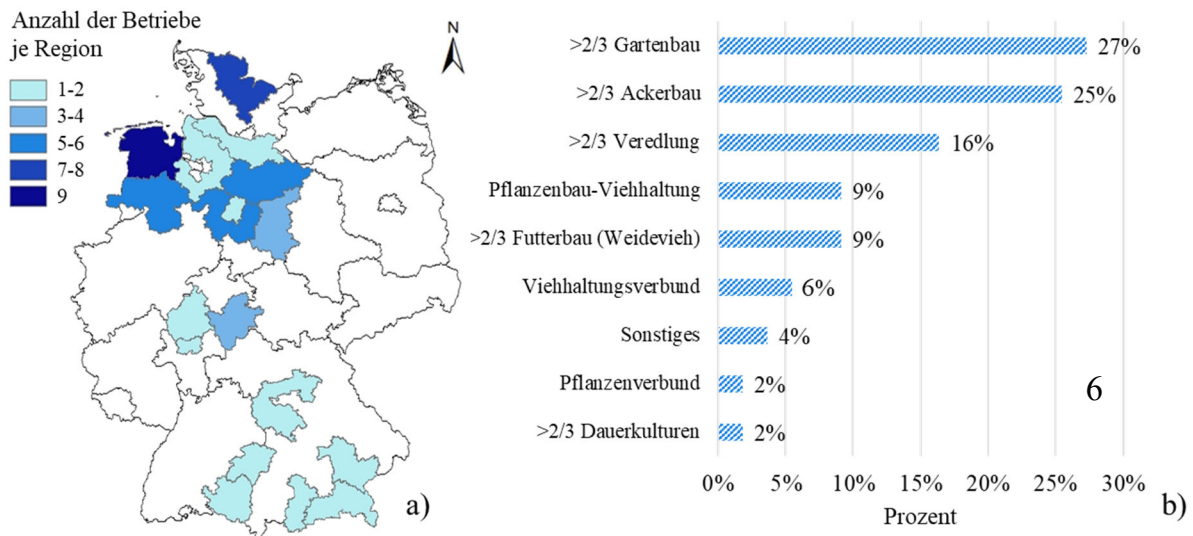
Für die Erfassung der wahrgenommenen gegenwärtigen sowie zukünftigen Resilienz werden 14 Items (Anhang 1) entlang einer siebenstufigen Likert-Skala mit den Antwortmöglichkeiten (1) „stimme überhaupt nicht zu“ bis hin zu (7) „stimme völlig zu“ nach SPIEGEL et al. (2021) abgefragt. Jeweils vier Items (drei mit positiver und ein mit negativer Polung) erfassen dabei die gegenwärtige Resilienz in den drei Kapazitäten (1) Widerstandsfähigkeit, (2) Anpassungsfähigkeit und (3) Transformationsfähigkeit sowie zwei weitere Items die Wahrnehmung der zukünftigen Resilienz (SPIEGEL et al., 2021).

4 Ergebnisse: Auswirkungen der COVID-19-Pandemie in der Agrarwirtschaft

Die geographische Verteilung der zwischen 1980 und 2020 gegründeten Betriebe sowie die Verteilung der betriebswirtschaftlichen Ausrichtungen sind Abbildung 2a und 2b zu entnehmen. Die ungleiche Verteilung der Betriebe über das Bundesgebiet (nur alte Bundesländer), die unterschiedlichen Ausrichtungen und die relativ kleine Stichprobengröße sind bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen.

Der Hauptteil der befragten Betriebe ist dem Gartenbau (27%) und dem Ackerbau (25%) zuzuordnen (Abb. 2b). Weitere rund 31% der Betriebe sind hauptsächlich auf Nutztierhaltung (Veredlung, Viehhaltungsverbund und Pflanzenbau-Viehhaltung) ausgerichtet. Zudem betreiben insgesamt 59% aller Betriebe teils zusätzliche Tierhaltung. Hauptkulturen stellen vor allem Getreide (insg. 51%; Weizen & Mais davon je 23%), Grünland (15%), Beerenobst (11%) und Spargel (9%) dar. Während 82% der Betriebe im konventionellen Anbau tätig sind, geben 18% der befragten Betriebe an, ökologischen Landbau zu betreiben. Zu 95% werden die Betriebe im Haupt- und zu 6% im Nebenerwerb geführt, wobei diejenigen im ökologischen Landbau alle im Haupterwerb geführt werden.

Abbildung 2. a) Anzahl der teilgenommenen Betriebe je Region
b) Verteilung der betriebswirtschaftlichen Ausrichtung der Betriebe



Quelle: a) Eigene Darstellung basierend auf: OPENSTREETMAP, 2022

Die landwirtschaftlich genutzte Fläche variiert im konventionellen Landbau zwischen 8,5 und 450 ha mit einem Mittelwert von knapp 147 ha. Die Betriebe aus dem ökologischen Landbau sind hingegen mit einer landwirtschaftlichen Flächengröße von 16 bis 250 ha vergleichsweise kleiner; der Mittelwert beträgt hier 75 ha. Die Anzahl der Arbeitskräfte unterscheidet sich stark, je nachdem, ob es sich um Fremd-, Familien- oder Saisonarbeitskräfte handelt. Rund 49% der Betriebe sind auf die Mitarbeit von Saisonarbeitskräften angewiesen.

4.1 Herausforderungen und Chancen durch die COVID-19-Pandemie

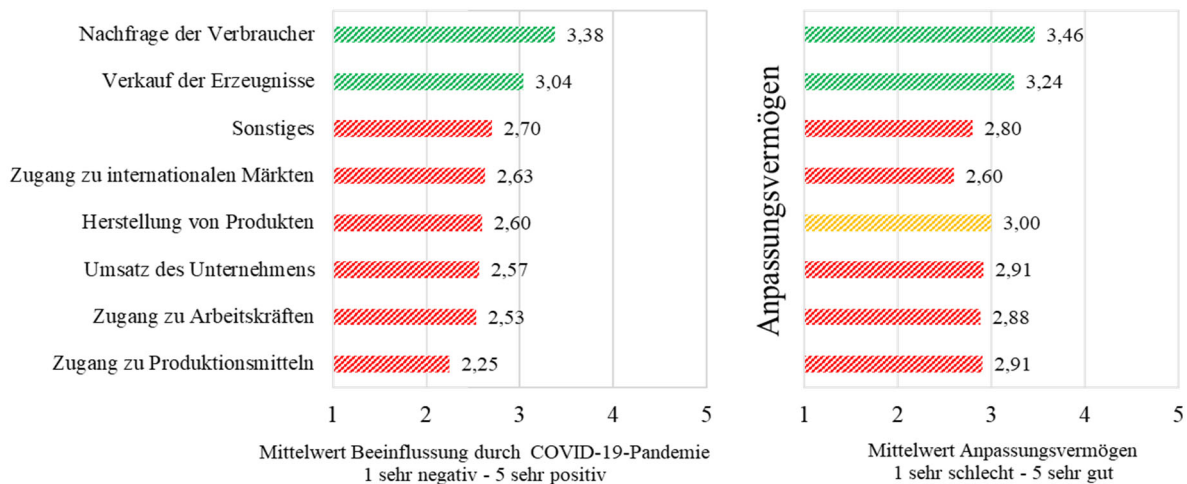
Die erste Forschungsfrage beschäftigt sich mit den Herausforderungen und Chancen, die sich für die landwirtschaftlichen Betriebe aufgrund der COVID-19-Pandemie ergeben. Die Teilnehmenden der ersten Umfragerunde wurden zu Beginn der Befragung mit einer offenen Frage zu den Problemen und Chancen konfrontiert, ohne dass vorher schon konkrete Beispiele genannt wurden, mit dem Ziel, einen möglichst ungefilterten Eindruck aufnehmen zu können. Von den 40 Betrieben werden 85 Probleme und 46 Chancen identifiziert. Insgesamt nennen 35 bis zu drei Hauptprobleme, während 15 Betriebe überhaupt keine Chancen identifizieren.

Die drei am häufigsten Hauptprobleme betreffen (1) die Mitarbeiter:innen, deren Verfügbarkeit und Unterbringung (besonders von Saisonarbeitskräften), Motivation, Akzeptanz der getroffenen Pandemie-Maßnahmen, Krankenstand (25%), (2) die Beschaffung von Betriebsmitteln angesichts der Preissteigerungen und Lieferengpässe (20%) und (3) den Absatz von Produkten aufgrund von Preis- und Absatzeinbrüchen (19%). Hinsichtlich des größten Problems, das die Mitarbeiter:innen betrifft, ist anzumerken, dass rund 42% der Betriebe von Arbeitsausfällen aufgrund von Quarantäne durch COVID-19-Pandemie betroffen waren. Rund 38% der Betriebe hatten zudem Probleme bei der Vermittlung von Saisonarbeiter:innen aufgrund der COVID-19-Pandemie. Lediglich 6% der Betriebe sehen keine Probleme.

Interessanterweise werden Absatzsteigerung, neue Absatzwege und Vermarktung von den meisten Betrieben (knapp 40%) als Chancen gesehen. Dies bezieht sich insbesondere auf die Direktvermarktung, z.B. in Hofläden oder Verkaufsautomaten. Die am zweithäufigsten genannte Chance steht im Zusammenhang mit der Digitalisierung. So befördert die Pandemie zum einen die Möglichkeiten der Landwirt:innen an Fortbildungskursen, Veranstaltungen und Konferenzen digital teilzunehmen und zum anderen den Online-Handel stärker zu nutzen. Weitere 15% der Betriebe nehmen ein erhöhtes Konsument:innen-Bewusstsein im Hinblick auf die Regionalität, die Wertschätzung der Landwirtschaft sowie die Gesundheit wahr.

Auf diese offenen Fragen folgen geschlossene Fragen, die ganz konkrete Aspekte im Hinblick auf ihre Wirkungen auf einer fünfstufigen Likert-Skala abfragen (Abb. 3). Es bestätigt sich das Bild. Veränderungen im Hinblick auf die Nachfrage der Verbraucher:innen und den Verkauf der Erzeugnisse werden von vielen Betrieben im Durchschnitt als eher positiv wahrgenommen, während Aspekte wie der Zugang zu Arbeitskräften und Betriebsmitteln eher als negativ bewertet werden. Darüber hinaus werden auch der Zugang zu internationalen Märkten und der Umsatz des Unternehmens als Bereiche eingestuft, die eher negativ durch die COVID-19-Pandemie beeinflusst werden.

Abbildung 3. Durch die COVID-19-Pandemie beeinflusste Bereiche sowie das Anpassungsvermögen der Betriebe an diese Veränderungen



(rot=eher negativ; gelb=neutral; grün=eher positiv)

Zwar werden die Betriebe insgesamt in vielen Bereichen eher negativ durch die Pandemie beeinflusst. Dennoch können sich viele Betriebe teilweise gut an die Veränderungen anpassen und den Einfluss des Schocks abmildern. Diese Anpassungsfähigkeit, die bereits einen wichtigen Aspekt der Resilienz beschreibt, betrifft insbesondere die durch die Pandemie beeinflussten Bereiche „Veränderungen bei der Nachfrage der Verbraucher:innen“ und „Verkauf der Erzeugnisse“. Hier geben die Betriebe im Mittel an, dass sie sich gut an die Veränderungen in diesen Bereichen anpassen können. Zudem können 7% der Betriebe, die vom Ausfall von Einkommensquellen betroffen sind und von Umsatzverlusten berichten, diese durch Diversifizierung in andere Tätigkeiten ausgleichen (v.a. Aufnahme von Arbeit auf anderen Betrieben/außerhalb der Landwirtschaft, Erzeugung erneuerbarer Energien, Be- und Verarbeitung von Holz). Dabei betreiben die Betriebe bis zu sechs verschiedene zusätzliche Einkommensquellen. Ein Großteil der Betriebe (93%) war auch schon vor der Pandemie unter anderem mit der Energieproduktion (67%), Verarbeitung und Direktvermarktung (46%) und der Forstwirtschaft (40%) beschäftigt. Es gibt jedoch auch Bereiche, an die sich die Betriebe nur schlecht anpassen können. Diese betreffen insbesondere den Zugang zu internationalen Märkten, Arbeitskräften und zu Produktionsmitteln sowie bei der Herstellung von Produkten. Dies sind demnach Bereiche, in denen die Resilienz der Agrarwirtschaft als eher geringer einzuschätzen ist und teils nicht allein auf betrieblicher Ebene zu lösen sind.

Zudem zeigen sich deutliche Unterschiede hinsichtlich der betriebswirtschaftlichen Ausrichtung der Betriebe. So weisen Veredelungsbetriebe über alle Kategorien hinweg eine eher negative Beeinflussung auf. An diese können sie sich zudem auch nur schlecht bis sehr schlecht anpassen. Demgegenüber können sich die Ackerbau-, Viehhaltungsverbund- und Pflanzenverbundbetriebe gut bis sehr gut, über alle Kategorien hinweg, an die Veränderungen anpassen.

4.1.1 Digitalisierung in der Agrarwirtschaft

Die 40 Betriebe aus der ersten Umfragerunde sehen in der betrieblichen Nutzung von Digitalisierung Vorteile (58 Nennungen) als auch Nachteile (55 Nennungen). Die genannten Nachteile und Sorgen beziehen sich zum einen auf den benötigten Zeitaufwand für Schulungen und Datenmanagement (18%) und zum anderen auf die Angst vor der Überwachung und Datenspeicherung durch Dritte (13%) sowie die Abhängigkeit von digitalen Geräten und Techniken und die Gefahr von Systemausfällen (20%). Zudem werden hohe Investitions- und Wartungskosten (9%) und ein Know-How-Verlust und Entfremdung (9%) angegeben. Demgegenüber wird jedoch auch eine Vielzahl an Vorteilen genannt. Hier werden vor allem die Einsparung von Betriebsmitteln und Ressourcenschonung (17%), eine verbesserte Kommunikation und Informationsaustausch (15%) ein verbessertes Qualitätsmanagement (12%) sowie Zeitersparnisse durch automatisierte Abläufe (12%) und neue Distributions- und Marketingmöglichkeiten (9%) gesehen.

Bereits *vor der Pandemie* haben 93% der Betriebe in unterschiedliche Digitalisierungsmaßnahmen investiert. So wurde beispielsweise Hardware (z.B. Tablets, Smartphones, Laptops) angeschafft (66% der Betriebe), Agrar-Apps für Smartphone oder Tablet genutzt (53%), digitale Technologien für die Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln und Dünger verwendet (53%) oder aber es wird intern digital kommuniziert (51%). *Während der COVID-19-Pandemie* nimmt die Digitalisierung in der Landwirtschaft tendenziell zu. Dies bestätigt auch eine Studie des BUNDESVERBANDES INFORMATIONSWIRTSCHAFT TELEKOMMUNIKATION und NEUE MEDIEN et al. (2020), die zeigt, dass im April 2020 etwa 82% der Landwirte auf digitale Technologien setzen. Rund 73% der von uns befragten Betriebe haben während der COVID-19-Pandemie Digitalisierungsmaßnahmen vorgenommen. So nehmen 62% von ihnen in dieser Zeit online an Weiterbildungsmaßnahmen teil; vor der Pandemie sind dies nur rund 22%. Auch kommen bei 38% der Betriebe die externe Kommunikation beispielsweise durch Beratung via Video-Call oder das digitale Ausfüllen von Agraranträgen hinzu. Zudem werden Agrar-Apps (9%) verstärkt genutzt und in die Anschaffung von Hardware (7%), GPS-gesteuerte Landmaschinen (6%), Drohnen (6%), interne Kommunikationsmittel (4%) oder Vertrieb (4%) und Marketing (6%) investiert. Die Betriebe geben zudem zu 49% an, dass die Pandemie vor allem auch Auslöser für die Implementierung vieler dieser digitalen Techniken ist. Dies ist vor allem für externe Kommunikation (36%), Agrar-Apps (11%) und die interne Kommunikation (9%) der Fall. Zukünftig planen darüber hinaus 27% der Betriebe in weitere Digitalisierungsmaßnahmen (v.a. Robotik, Hardware, Sensortechnik) zu investieren.

4.1.2 Direktvermarktung in der Agrarwirtschaft

Endverbraucher:innen stellen bereits *vor der COVID-19-Pandemie* für 53% der Betriebe eine wichtige Kundengruppe dar, gefolgt von dem Verkauf an andere landwirtschaftliche Betriebe (47%). Weitere wichtige Kunden sind die Industrie und Verarbeitung (44%), Großhandel (40%), Einzelhandel (35%), Versteigerungen und Genossenschaften (29%) sowie der Großmarkt (18%) und Restaurants/Hotels (15%). Die Ergebnisse zeigen, dass nur drei Betriebe (5%) infolge der Pandemie neue Kundengruppen (Industrie, Einzelhandel und Restaurants/Hotels) aufgenommen haben und zwei Betriebe künftig neue Kundengruppen (Endkonsumenten, Einzelhandel) aufnehmen wollen.

Die Betriebe, die ihre landwirtschaftlichen Produkte an Endkonsument:innen verkaufen (n=30), wurden zudem noch detaillierter zu ihrer Direktvermarktung und ihren Kundenbeziehungen befragt. Die Betriebe nutzen dabei analoge sowie digitale Distributionskanäle. Diese werden in unterschiedlicher Häufigkeit bereits vor als auch während der COVID-19-Pandemie genutzt oder sind zukünftig geplant.

Für den Zeitraum *vor der COVID-19-Pandemie* geben 63% der Betriebe an, die eigenen Produkte entweder ab Hof ohne Laden (Verkaufsautomaten/ Selbstbedienungsstationen oder

Straßenverkauf) sowie 57% im eigenen Hofladen verkauft zu haben. Weitere wichtige Distributionskanäle sind der Ab-Feld-Verkauf/Selbsternte (30%) sowie der eigene Wochenmarktstand (17%). Zudem haben 47% der Betriebe eine eigene Webseite ohne Webshop oder aber eine eigene Gastronomie (13%). *Während der Pandemie* geben jeweils 7% der Betriebe an, entweder die Kooperation mit Online-Plattformen ausgebaut zu haben oder Produkte ab Hof ohne Laden zu verkaufen. Jeweils 3% der Betriebe haben *während der Pandemie* auch einen eigenen Online-Lieferservice aufgebaut sowie an der solidarischen Landwirtschaft teilgenommen. *Zukünftig* planen 20% der Betriebe eine Kooperation mit Online-Plattformen einzugehen, 13% einen eigenen Online-Lieferservice und 10% eine eigene Webseite mit Webshop aufbauen zu wollen. So schreiben die Betriebe der digitalen Direktvermarktung auch zukünftig eine größere Rolle zu. Zudem wurde bei allen Betrieben die Einstellung gegenüber digitaler Direktvermarktung befragt.

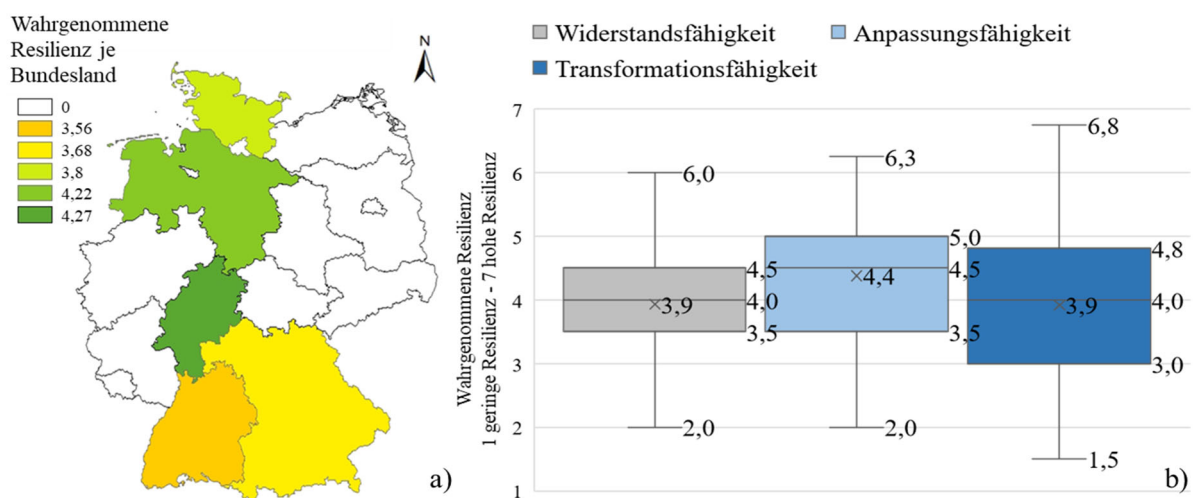
Die Betriebe geben einerseits an, dass sie Unterstützung für den Aufbau der digitalen Direktvermarktung benötigen und dass dieser mit bürokratischen Hürden, einem hohen personellen Einsatz sowie hohen Investitionskosten verbunden ist. Andererseits wird herausgestellt, dass die digitale Direktvermarktung zu mehr Transparenz für die Kund:innen, einem vergrößerten Kundenkreis, höheren Verkaufspreisen, der Möglichkeit, die Preise selbst festsetzen zu können und dem Wunsch nach direktem Kundenkontakt und Wertschätzung entspricht.

Es wird somit deutlich, dass mehr Betriebe infolge der Pandemie sich neue Absatzmöglichkeiten erschließen und dabei zunehmend von der Digitalisierung Gebrauch machen. In diesem Zusammenhang stellen ELGHANNAM et al. (2019) heraus, dass die Nutzung von sozialen Medien für landwirtschaftliche Betriebe existenziell sein kann, weil diese nicht nur preiswert sind, sondern auch zur Gewinnung von Echtzeit-Feedback und Schlüsseldaten von insbesondere jungen Konsument:innen beitragen, die wiederum mittels Werbung gezielt angesprochen werden können.

4.2 Resilienz in der Agrarwirtschaft und deren Einflussfaktoren

Hinsichtlich der wahrgenommenen Resilienz ergeben sich teils recht große regionale Unterschiede im Bundesgebiet (Abb. 4a).

Abbildung 4: a) Wahrgenommene Resilienz je Bundesland
b) die drei Kapazitäten der wahrgenommenen Resilienz



Quelle: a) Eigene Darstellung basierend auf: BKG & GEOBASIS-DE, 2021

Während die befragten Betriebe aus dem Süden ihre Resilienz als relativ geringer einschätzen, nehmen sich Betriebe aus den zentralen und nördlichen Regionen als relativ resilienter wahr.

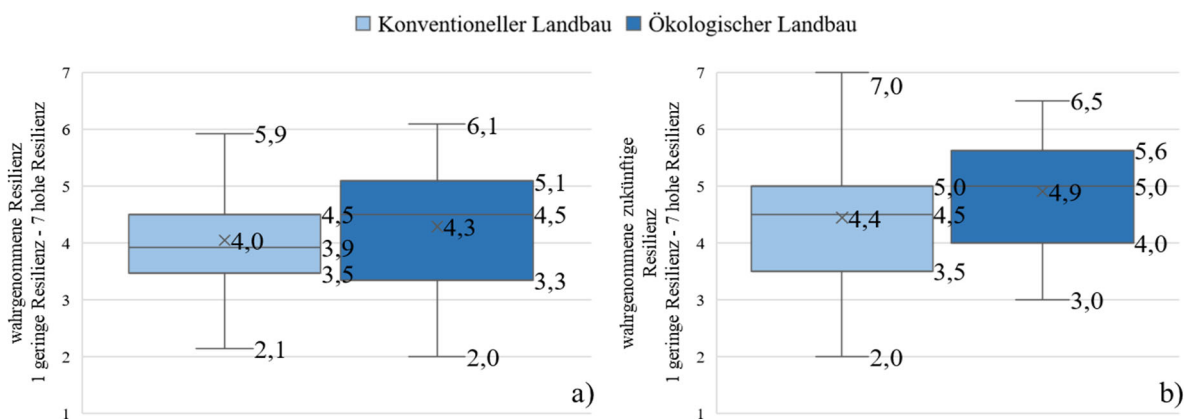
Auch zeigen die Betriebe unterschiedlich wahrgenommene Resilienz-Kapazitäten (Abb. 4b). Eher niedrig wahrgenommene Resilienz zeigen die Betriebe im Mittel in ihrer Widerstands- sowie Transformationsfähigkeit. Eine höhere durchschnittliche Resilienz zeigen die Betriebe in ihrer Anpassungsfähigkeit. Dies deckt sich mit den Angaben der Betriebe, sich größtenteils gut an die Veränderungen der Pandemie anpassen zu können. Die größte Spanne von 1,5 (sehr geringe Resilienz-Kapazität) bis 6,8 (sehr hohe Resilienz-Kapazität) ist bei der Transformativen-Kapazität zu finden.

Im Folgenden wird untersucht, welche Einflussfaktoren die wahrgenommene Resilienz in der Agrarwirtschaft beeinflussen. Landwirtschaftliche Betriebe mit relativ höherer Technikbereitschaft nehmen sich als relativ resilienter wahr als solche mit geringerer Technikbereitschaft. Im Mittel weisen diese einen Wert von ca. 4,3 auf und sind somit leicht über dem Durchschnitt der Gesamtstichprobe (4,1) und der Betriebe mit relativ geringerer Technikbereitschaft (\bar{x} 3,7). Die Spanne erstreckt sich zwischen 3,1 und 6,1.

Bei der Betrachtung nach betriebswirtschaftlicher Ausrichtung ist festzustellen, dass ein Pflanzenverbundbetrieb (\bar{x} 5,1) und die Gartenbaubetriebe (\bar{x} 4,3) relativ am resilientesten sind. Bei den letzteren ist allerdings eine recht große Spannweite von gut 3 bis gut 6 auf der siebenstufigen Likert-Skala zu erkennen. Als relativ weniger resilient nehmen sich hingegen die Viehhaltungsverbundbetriebe (\bar{x} 3,2) oder die Betriebe, die Pflanzenbau und Viehhaltung (\bar{x} 3,9) betreiben, wahr sowie die Veredlungsbetriebe (\bar{x} 3,7) und Futterbaubetriebe (\bar{x} 3,7). Auch bei den Ackerbaubetrieben ist die Resilienz vergleichsweise hoch (\bar{x} 4,3), allerdings zeigt diese die größte Spannweite von um die 2 bis hin zu 5,9.

Die Resilienz ist bei Betrieben des ökologischen Landbaus im Mittel etwas höher. Sie liegt bei rund 4,3, während die des konventionellen Landbaus bei ca. 4 Punkten liegt. Allerdings ist die Spannweite bei den Betrieben des ökologischen Landbaus etwas größer (2 bis 6,1) im Vergleich zum konventionellen Landbau. Das bedeutet, dass einige ökologische Betriebe durchaus die höchste (6,1), aber auch die niedrigste (2) wahrgenommene Resilienz aufzeigen (Abb. 5a).

Abbildung 5. a) Einfluss der Ausrichtung (konventionell vs. ökologisch) auf die gegenwärtige Resilienz und b) auf die zukünftige Resilienz

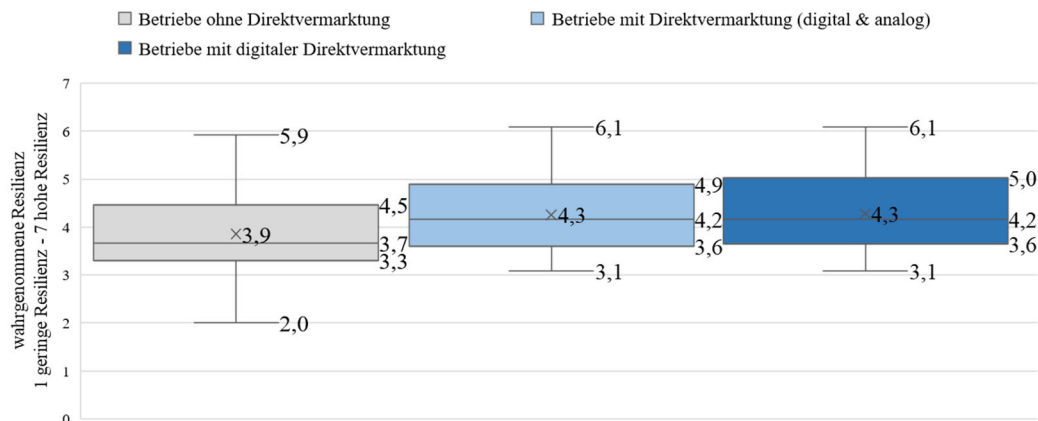


Zudem ist die zukünftige Resilienz besonders bei Betrieben des ökologischen Landbaus im Durchschnitt relativ hoch. Sie liegt bei 4,9, während die des konventionellen Landbaus bei 4,4 liegt. Die Spannweite ist bei den Betrieben des ökologischen Landbaus allerdings etwas geringer (3 bis 6,5) im Vergleich zum konventionellen Landbau. Das bedeutet, dass einige konventionelle Betriebe durchaus die höchste (7), aber auch die niedrigste (2) wahrgenommene zukünftige Resilienz aufweisen (Abb. 5b). Die ökologischen Betriebe scheinen somit etwas optimistischer in die Zukunft zu blicken als die konventionellen Betriebe.

Um die Frage klären zu können, ob (digitale) Direktvermarktung zu einer Erhöhung der Resilienz des Betriebs beiträgt, wird in Abbildung 6 die wahrgenommene Resilienz der

Betriebe mit und ohne Direktvermarktung sowie die zwischen allgemein direkt-vermarktenden Betrieben und Betrieben, die mindestens einen digitalen Distributionskanäle nutzen, dargestellt. Es ist erkennbar, dass die Resilienz von Betrieben mit Direktvermarktung höher ist als die von Betrieben ohne. Im Mittel weisen direkt-vermarktende Betriebe rund 0,4 Punkte mehr auf und liegen dadurch im Gegensatz zu Betrieben ohne Direktvermarktung über dem Durchschnitt der Gesamtstichprobe. Dies findet sich auch in der Betrachtung der Spannweite wieder. So weisen Betriebe mit Direktvermarktung sowohl einen höheren Minimal- als auch Maximalwert auf. Eine noch leicht relativ höhere Resilienz zeigte die Gruppe der Betriebe, die mindestens einen digitalen Distributionskanal im Rahmen der Direktvermarktung nutzen.

Abbildung 6. Einfluss der (digitalen) Direktvermarktung auf die Resilienz



5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die COVID-19-Pandemie hat die landwirtschaftlichen Betriebe in ganz Deutschland vor neue Herausforderungen gestellt, eröffnet aber auch einige Chancen. Das Ziel dieser Studie ist es zu untersuchen, inwieweit sich die Agrarwirtschaft auf die Veränderungen im Rahmen der COVID-19-Pandemie anpassen kann, ob die Direktvermarktung und Digitalisierung befördert werden und inwieweit diese einen Einfluss auf die Resilienz verschiedener landwirtschaftlicher Betriebe haben und welche Einflussfaktoren die Resilienz der Betriebe charakterisieren. Mittels einer Online-Umfrage von landwirtschaftlichen Betrieben in Deutschland werden viele Herausforderungen, aber auch einige Chancen infolge der COVID-19-Pandemie identifiziert. Die Hauptprobleme betreffen vor allem die Mitarbeiter:innen (Verfügbarkeit, Motivation, Krankenstand), die Beschaffung von Betriebsmitteln angesichts der Preissteigerungen und Lieferengpässe sowie den Absatz von Produkten aufgrund von Preis- und Absatzeinbrüchen. Als Chancen werden hingegen neue Absatzwege und Vermarktung sowie die Digitalisierung von vielen Betrieben gesehen.

Insgesamt nehmen die Betriebe ihre Resilienz-Kapazitäten recht unterschiedlich wahr. Eher niedrig wahrgenommene Resilienz zeigen die Betriebe im Mittel in ihrer Widerstands- sowie Transformationsfähigkeit, denn der Zugang zu Arbeitskräften, internationalen Märkten sowie Produktionsmitteln stellt weiterhin eine Herausforderung dar. Eine höhere durchschnittliche Resilienz zeigen die Betriebe in ihrer Anpassungsfähigkeit. In der Tat können sich viele Betriebe relativ gut an Veränderungen auf der Nachfrageseite anpassen. Zudem konnten einige Betriebe Umsatzverluste durch Diversifizierung der Einkommensquellen und Distributionskanäle ausgeglichen. Es wird deutlich, dass mehr Betriebe infolge der Pandemie sich neue Absatzmöglichkeiten erschließen und dabei zunehmend von der Digitalisierung Gebrauch machen. So kann festgestellt werden, dass die Digitalisierung infolge der COVID-19-Pandemie das Potenzial aufweist einen Beitrag zur Resilienzsteigerung in der Agrarwirtschaft leisten zu können.

Die wahrgenommenen Resilienzen der Betriebe können zusammenfassend durch folgende Einflussfaktoren erklärt werden: (i) landwirtschaftliche Betriebe mit höherer Technikbereitschaft sind relativ resilienter als solche mit geringerer Technikbereitschaft; (ii) Pflanzenverbund- und Gartenbaubetriebe sowie Ackerbaubetriebe sind relativ resilienter als Viehhaltungs- oder Veredlungsbetriebe; (iii) die gegenwärtig und zukünftig wahrgenommene Resilienz ist bei Betrieben des ökologischen Landbaus im Mittel etwas höher als bei den konventionellen Betrieben; (iv) die Resilienz von Betrieben mit (digitaler) Direktvermarktung ist relativ höher als die von Betrieben ohne.

Um die Resilienz-Steigerung in der deutschen Agrarwirtschaft zu unterstützen, lassen sich auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse eine Reihe von konkreten Handlungsempfehlungen und politischen Maßnahmen ableiten. Die digitale Direktvermarktung, die von vielen als Chance gesehen wird, kann vor allem durch Weiterbildung, Online-Schulungen und Kommunikation gefördert werden. Für eine nachhaltige Digitalisierung sind auch Aspekte wie Datenhoheit, Datenschutz, Infrastrukturausbau, Abbau bürokratischer Hürden sowie Unterstützung bei der Bewältigung der Investitions- und Personalkosten wichtig, um die derzeit bestehenden Barrieren der Digitalisierung abzubauen. Dies sind insbesondere Maßnahmen, die die Widerstands- und Anpassungsfähigkeiten der Betriebe kurz- bis mittelfristig stärken.

Die dringend notwendige Stärkung der Transformationsfähigkeit des gesamten Agrarsystems ist hingegen nur durch die langfristige politische Neuausrichtung und den Richtungswechsel in der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) und ein Umdenken der Konsument:innen erreichbar (IPBES, 2019; WBGU, 2020; WILLET et al., 2019) und geht auch über die betriebliche Ebene hinaus. Herausforderungen an die sich die Betriebe eher schlecht anpassen konnten stellten oft vor- oder nachgelagerte Stellen der Lieferkette dar (Zugang zu internationalen Märkten, Arbeitskräften und Produktionsmitteln). Das gesamte System benötigt daher eine Transformation, um zukünftig resilienter zu sein, denn die Pandemie hat vor allem die Fragilität sowie zu Grunde liegende Lieferkettenprobleme und Abhängigkeiten in der Agrarwirtschaft sichtbar gemacht. So sollten einerseits Lieferketten regionaler ausgerichtet werden und andererseits die GAP dazu beitragen, externe Kosten zu internalisieren und Ökosystemleistungen stärker zu honorieren. Dies schafft Anreize zur Diversifizierung sowie Ökologisierung, die langfristig zu resilienteren Systemen führen. Gleichzeitig spielen die Konsument:innen eine zentrale Rolle, da sie durch veränderte Kaufentscheidungen ein wichtiger Treiber für eine resiliente Transformation sind. Nachhaltigkeit, Lokalität und Wertschätzung für die Landwirtschaft sind wichtige Attribute, die sich während der Pandemie herauskristallisiert haben und die es auch künftig auch mittels digitaler Möglichkeiten zu befördern gilt.

Literatur

- ANSAH, I. G. K., GARDEBROEK, C. und R. IHLE (2019): Resilience and household food security: a review of concepts, methodological approaches and empirical evidence. *Food Security*, 11(6), 1187–1203.
- BÉNÉ, C., HEADEY, D., HADDAD, L. und K. GREBMER (2016): Is resilience a useful concept in the context of food security and nutrition programmes? Some conceptual and practical considerations. *Food Security*, 8(1), 123–138.
- BUNDESVERBANDES INFORMATIONSWIRTSCHAFT TELEKOMMUNIKATION UND NEUE MEDIEN, DEUTSCHER BAUERNVERBAND und LANDWIRTSCHAFTLICHE RENTENBANK (2020): Digitalisierung in der Landwirtschaft 2020.
- BKG - BUNDESAMT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEODÄSIE, und GEOBASIS-DE (2021): Verwaltungsgebiete 1:5 000 000 (Ebenen), Stand 01.01. BKG. <https://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/open-data/verwaltungsgebiete-1-5-000-000-ebenen-stand-01-01-vg5000-ebenen-01-01.html>

- BMEL - BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (2020): Pressemitteilungen - Kein Zwei-Klassen-Verbraucherschutz. <https://www.bmel.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2020/186-online-handel.html>
- BMEL - BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (2021): Fragen und Antworten (FAQ) - Coronavirus - Fragen und Antworten. https://www.bmel.de/SharedDocs/FAQs/DE/faq-corona-virus/FAQ-corona-virus_List.html
- ELGHANNAM, A., MESIAS, F. J., ESCRIBANO, M., FOUAD, L., HERRILLO, A. und A.J. ESCRIBANO (2019). Consumers' Perspectives on Alternative Short Food Supply Chains Based on Social Media: A Focus Group Study in Spain. *Foods*, 9(1).
- EU KOMMISSION (2020): Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A Farm to Fork Strategy for a Fair, Healthy and Environmentally-Friendly Food System.
- HOBBS, J. E. (2020): Food supply chains during the COVID-19 pandemic. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 68(2), 171–176.
- IPBES - Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity (2019): The Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services. Summary for Policymakers. Bonn: IPBES Secretariat.
- IPES-FOOD - THE INTERNATIONAL PANEL OF EXPERTS ON SUSTAINABLE FOOD SYSTEMS (2020): COVID-19 and the crisis in food systems: Symptoms, causes, and potential solutions. Brüssel: IPES-Food.
- MEUWISSEN, M. P., FEINDT, P. H., SPIEGEL, A., TERMEER, C. J., MATHIJS, E., MEY, Y. DE, FINGER, R., BALMANN, A., WAUTERS, E., URQUHART, J., VIGANI, M., ZAWALIŃSKA, K., HERRERA, H., NICHOLAS-DAVIES, P., HANSSON, H., PAAS, W., SLIJPER, T., COOPMANS, I., VROEGE, W. . . . und P. REIDSMA (2019): A framework to assess the resilience of farming systems. *Agricultural Systems*, 176, 102656.
- NEYER, F. J., FELBER, J. und C. GEBHARDT (2012): Entwicklung und Validierung einer Kurzsкала zur Erfassung von Technikbereitschaft. *Diagnostica*, 58(2), 87–99.
- OECD (2020): The impact of COVID-19 on agricultural markets and GHG emissions. Paris: OECD.
- OECD und FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2020): OECD-FAO Agricultural Outlook (Edition 2020). Advance online publication.
- OPENSTREETMAP (2022): Karten von Deutschland: Postleitzahlenkarte. OpenStreetMap. <https://www.suche-postleitzahl.org/plz-karte-erstellen>
- SPIEGEL, A., SLIJPER, T., MEY, Y. DE, MEUWISSEN, M. P., POORTVLIET, P. M., ROMMEL, J., HANSSON, H., VIGANI, M., SORIANO, B., WAUTERS, E., APPEL, F., ANTONIOLI, F., GAVRILESCU, C., GRADZIUK, P., FINGER, R. und P.H. FEINDT (2021): Resilience capacities as perceived by European farmers. *Agricultural Systems*, 193, 103224.
- TENDALL, D. M., JOERIN, J., KOPAINSKY, B., EDWARDS, P., SHRECK, A., LE, Q. B., KRUEHLI, P., GRANT, M. und J. SIX (2015): Food system resilience: Defining the concept. *Global Food Security*, 6, 17–23.
- WILLETT, W., ROCKSTRÖM, J., LOKEN, B., SPRINGMANN, M., LANG, T., VERMEULEN, S., GARNETT, T., TILMAN, D., DECLERCK, F., WOOD, A., JONELL, M., CLARK, M., GORDON, L. J., FANZO, J., HAWKES, C., ZURAYK, R., RIVERA, J. A., VRIES, W. DE, MAJELE SIBANDA, L. . . . MURRAY, C. J. L. (2019): Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 393(10170), 447–492.
- WBGU - WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DER BUNDESREGIERUNG GLOBALE UMWELTVERÄNDERUNGEN (2019): Unsere gemeinsame digitale Zukunft. Berlin: WBGU.
- WBGU - WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DER BUNDESREGIERUNG GLOBALE UMWELTVERÄNDERUNGEN (2020): Landwende im Anthropozän: Von der Konkurrenz zur Integration. Berlin: WBGU.

Anhang

Anhang 4: Items zur Messung der drei wahrgenommenen gegenwärtigen Resilienz-Kapazitäten sowie der zukünftigen Resilienz nach (Spiegel et al., 2021)

Subskala	Item	Polarität	
Wahrgenommene gegenwärtige Resilienz	Widerstandsfähigkeits-Kapazität	• Nach einer Herausforderung ist es für meinen Betrieb einfach zu seiner aktuellen Rentabilität zurückzufinden.	+
		• Als Landwirt ist es schwierig, meinen Betrieb so zu führen, dass er sich schnell von Schocks erholen kann.	-
		• Ich persönlich finde es leicht, nach einem Rückschlag wieder zur Normalität zurückzukehren.	+
		• Ein großer Schock wird mich nicht schwer treffen, denn ich habe in meinem Betrieb genügend Möglichkeiten, mit diesem Schock umzugehen	+
	Anpassungsfähigkeits-Kapazität	• Falls erforderlich, kann ich meinen Betrieb auf neue Aktivitäten, Sorten oder Technologien umstellen.	+
		• Als Landwirt kann ich mich leicht an schwierige Situationen anpassen.	+
		• In Zeiten des Wandels bin ich gut darin, mich anzupassen und mich den landwirtschaftlichen Herausforderungen zu stellen.	+
		• Mein Betrieb ist nicht flexibel und lässt sich kaum an eine sich ändernde Umwelt anpassen.	-
	Transformations-fähigkeits-Kapazität	• Für mich ist es einfach, Entscheidungen zu treffen, die zu einer Veränderung führen.	+
		• Ich bin in Schwierigkeiten, wenn sich die äußeren Umstände drastisch ändern würden, da es schwierig ist meinen Betrieb umzustrukturieren.	-
		• Nach einer schwierigen Zeit in meinem Betrieb, habe ich immer noch die Möglichkeit meinen Betrieb radikal umzugestalten.	+
		• Falls erforderlich, kann ich leicht größere Änderungen vornehmen, die meinen Betrieb umwandeln würden.	+
Zukünftige Resilienz	• Ich erwarte, dass mein Betrieb den landwirtschaftlichen Herausforderungen in den nächsten fünf Jahren gewachsen ist.	+	
	• Ich erwarte, dass mein Betrieb den landwirtschaftlichen Herausforderungen in den nächsten zwanzig Jahren gewachsen ist.	+	
	•		
	•		

RESILIENZ DES ÖSTERREICHISCHEN AGRAR- UND ERNÄHRUNGSSYSTEMS – ERKENNTNISSE AUS DER AT-AGRI-SSPs

Katrin Karner¹, Martin Schönhart, Hermine Mitter, Franz Sinabell

Zusammenfassung

Eine resiliente Entwicklung von Agrar- und Ernährungssystemen ist von zentraler Bedeutung, um vielfältige politische und gesellschaftliche Ziele zu erreichen. Gleichzeitig sind zukünftige Entwicklungen von Agrar- und Ernährungssystemen durch Unsicherheiten gekennzeichnet. Szenarien erlauben eine Bandbreite von plausiblen Entwicklungen zu berücksichtigen und die Implikationen für die Resilienz von Agrar- und Ernährungssystemen zu beleuchten. Ziel dieses Beitrages ist es, Szenarien für das österreichische Agrar- und Ernährungssystem, die AT-Agri-SSPs, zu beschreiben und mögliche Auswirkungen auf die Resilienz regionaler Wertschöpfungsketten zu identifizieren. Dazu haben wir fünf AT-Agri-SSPs entlang eines 10 Schritte umfassenden Protokolls erstellt. In vier Schritten wurden nationale Stakeholder eingebunden. Die Szenarien unterscheiden sich bezüglich der Herausforderungen für den Klimaschutz und die Klimawandelanpassung. AT-Agri-SSP1 beschreibt ein resilientes Szenario mit geringen Herausforderungen für den Klimaschutz und die Klimawandelanpassung. In diesem Szenario gelten erfolgsorientierte öffentliche Zahlungen und Maßnahmen zur Bewusstseinsbildung als zentral, um die Resilienz des Agrar- und Ernährungssystems zu erhöhen. Regionale Wertschöpfungsketten werden vor allem durch das Umweltbewusstsein der Bevölkerung, Wirtschaftswachstum, Umweltstandards, Preise für natürliche Ressourcen, Betriebsmittel, Agrargüter und Lebensmittel sowie sozial-ökologische Steuern beeinflusst. Agrar-politische Instrumente sollten daher verstärkt bei diesen Aspekten ansetzen, um die Resilienz regionaler Wertschöpfungsketten des Agrar- und Ernährungssystems zu fördern.

Keywords

Unsicherheit, Szenarien, regionale Wertschöpfungskette, Partizipation

1 Einleitung

Agrar- und Ernährungssysteme decken Grundbedürfnisse menschlichen Daseins und gelten darüber hinaus als zentral, um weitere politische und gesellschaftliche Ziele zu erreichen. Beispielsweise tragen agrarische Landnutzungsänderungen (z.B. Intensivierungen, Rodung tropischer Regenwälder, Aufgabe von Grenzertragsflächen) wesentlich zum globalen Artensterben und der Klimakrise bei (IPBES, 2018; IPCC, 2019). Daraus resultiert ein zunehmender Druck zum nachhaltigen und resilienten Wandel der Agrar- und Ernährungssysteme. Dieser Wandel muss unter einer Vielzahl von Treibern stattfinden, deren zukünftige Entwicklung durch Unsicherheiten gekennzeichnet ist.

Vergangene und andauernde Krisen belegen den Einfluss unterschiedlicher Treiber auf regionale Wertschöpfungsketten. Beispielsweise verknappte die COVID-19 Pandemie in Österreich die Verfügbarkeit von Fremdarbeitskräften und führte zu Absatzproblemen von Gütern mit hohem Selbstversorgungsgrad (z.B. Rindfleisch) aufgrund der geschlossenen Gastronomie (HÖLZL und SINABELL, 2021). Der Angriffskrieg in der Ukraine beeinflusst Weizen-, Gas- und Erdölpreise, die wiederum zu Preisanstiegen von weiteren Betriebsmitteln wie Düngemittel führen (BLOOMBERG NEWS, 2022). Auch wenn diese Ereignisse Ausnahmezustände beschreiben, verdeutlichen sie die Vulnerabilität von regionalen

¹ Universität für Bodenkultur, Wien, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien, katrin.karner@boku.ac.at

Wertschöpfungsketten und die Notwendigkeit, ihre Resilienz zu stärken. Regional wird in diesem Zusammenhang als innerhalb eines Nationalstaates (hier konkret innerhalb Österreichs) von den Autor*innen verstanden. Die Resilienz von Agrar- und Ernährungssystemen wird als die dynamische Fähigkeit, gesellschaftliche Ziele trotz etwaiger Krisen und Schocks zu erreichen, beschrieben (BÉNÉ, 2020; TENDALL et al., 2015).

Methoden zur Szenarienentwicklung erlauben die Darstellung einer Bandbreite von plausiblen und konsistenten Entwicklungen von Agrar- und Ernährungssystemen und daher eine strukturierte Berücksichtigung von Treibern und deren Unsicherheiten. Szenarien erlauben zudem, mögliche Folgen von Handlungsalternativen aufzuzeigen und Handlungsempfehlungen abzuleiten. Die „Shared Socioeconomic Pathways for European agriculture and food systems“, die Eur-Agri-SSPs (<https://eur-agri-ssps.boku.ac.at>; MITTER et al., 2020), sind ein Szenarien-Bündel, das die Bandbreite plausibler Entwicklungen des europäischen Agrar- und Ernährungssystems bis 2050 beschreibt. Sie sind eine sektorale und regionale Spezifikation der allgemeineren und globalen SSP (O'NEILL et al., 2017). Aus Konsistenzgründen mit den globalen SSPs wurden die Eur-Agri-SSPs entlang der beiden Achsen „Herausforderungen für den Klimaschutz“ und „Herausforderungen für die Klimawandelanpassung“ entwickelt. Sie unterscheiden fünf Szenarien mit variierenden Herausforderungen und beschreiben plausible Entwicklungen von 50 Szenarienelementen. Für weiterführende nationale Analysen wurden fünf Szenarien für das österreichische Agrar- und Ernährungssystem (AT-Agri-SSPs) entwickelt. Diese Regionalisierung und Spezifizierung sind nötig, weil europäische Trends nicht unmittelbar auf Österreich übertragbar sind und es zu unterschiedlichen Entwicklungen innerhalb Österreichs kommen kann. Hierbei spielen vor allem die regionalen Unterschiede bei Topographie (Berg-, Hügel- und Flachland) und Agrarstruktur eine wichtige Rolle. Die AT-Agri-SSPs und gezielte Analysen davon sollen die Beantwortung der folgenden Forschungsfragen ermöglichen: „Welche Entwicklungen und Treiber fördern, welche beeinträchtigen die Resilienz regionaler Wertschöpfungsketten des österreichischen Agrar- und Ernährungssystems? Mit welchen (agrar-)politischen Instrumenten kann Resilienz gestärkt bzw. gesichert werden?“.

Im nächsten Abschnitt werden die Methoden der Szenarienentwicklung und der Analyse regionaler Wertschöpfungsketten beschrieben. In Kapitel 3 werden Kurzzusammenfassungen der fünf Szenarien präsentiert, Analyseergebnisse zu den Haupttreibern regionaler Wertschöpfungsketten sowie Handlungsempfehlungen beschrieben. Der Beitrag endet mit einer Schlussfolgerung.

2 Methodik

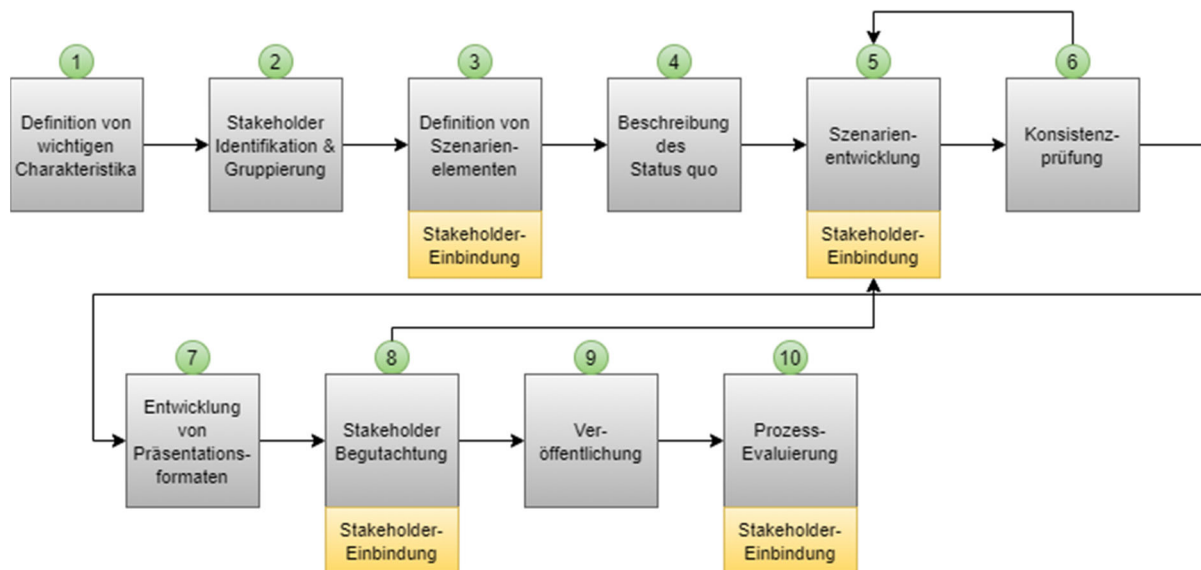
Die Entwicklung der AT-Agri-SSPs erfolgte entlang eines Protokolls, das in Abbildung 2 dargestellt ist und auf MITTER et al. (2019) basiert. Das Protokoll diente der Standardisierung, Qualitätssicherung und Nachvollziehbarkeit des Szenarienentwicklungs-Prozesses. In mehreren Arbeitsschritten wurden Stakeholder eingebunden, beispielsweise durch die Abhaltung von Online-Workshops und mittels Befragungen. Um die Forschungsfragen zu beantworten, wurden jene Szenarienelemente ausgewählt und analysiert, die im Zusammenhang mit regionalen Wertschöpfungsketten des Agrar- und Ernährungssystems stehen. Dies wird in Punkt 2.8 näher beschrieben.

2.1 Definition von wichtigen Charakteristika

Die AT-Agri-SSPs umfassen fünf plausible Szenarien für das österreichische Agrar- und Ernährungssystem bis 2050. Zielgruppe sind Entscheidungsträger*innen und Forscher*innen aus verschiedenen Bereichen des Agrar- und Ernährungssystems, der Transformations- und der Klimaforschung. Beispielsweise dienen sie zur Quantifizierung sozio-ökonomischer Rahmenbedingungen für ihre Anwendung in normativen, agrar-ökonomischen Modellen. Die

räumliche Ebene der semi-quantitativen Szenarien ist Österreich, unter Berücksichtigung der regionalen Gegebenheiten, wie Berg-, Hügel- und Flachland oder der Ausstattung mit Ackerland und Grünland.

Abbildung 2. Protokoll zur Entwicklung der AT-Agri-SSPs



2.2 Stakeholder Identifikation & Gruppierung

In diesem Schritt wurden relevante Stakeholder identifiziert und gruppiert, um die Themenbereiche Bevölkerung-Urbanisierung, Wirtschaft, Politik-Institutionen, Technologie, Umwelt-Ressourcen, übernommen aus der Struktur der Eur-Agri-SSPs (MITTER et al. 2020), innerhalb des österreichischen Agrar- und Ernährungssystems abzubilden. Mit Hilfe des professionellen Netzwerks des Forschungsteams, einer internetbasierten Recherche und des Schneeball-Verfahrens wurden 68 nationale Stakeholder identifiziert und zur Mitarbeit bei der Szenarientwicklung eingeladen.

2.3 Definition von Szenarienelementen

Szenarienelemente beschreiben die Treiber des österreichischen Agrar- und Ernährungssystems. Das Forschungsteam erweiterte und spezifizierte die 50 Szenarienelemente der Eur-Agri-SSPs für das österreichische Agrar- und Ernährungssystem auf 57. Diese Szenarienelemente wurden in einem Online-Workshop im Oktober 2020 mit 34 teilnehmenden Stakeholdern auf 114 erweitert. Die Stakeholder kamen aus Verwaltung, NGOs, Interessenvertretungen, Jugendorganisationen, Industrie und Forschung aus dem Agrar- und Umweltbereich. In fünf Kleingruppen wurden die Entwicklungsrichtungen von vorausgewählten Szenarienelementen festgelegt (siehe 2.5). Basierend auf diesen Ergebnissen fasste das Forschungsteam Szenarienelemente zusammen oder entschied sich gegen eine Aufnahme, z.B. wenn diese keine Treiber des Agrar- und Ernährungssystems beschreiben oder bereits in einem anderen Szenarienelement enthalten sind. Nach diesem Schritt betrug die Anzahl der Szenarienelemente 79. Das Projektteam definierte die wechselseitigen Beziehungen der Szenarienelemente, um darauf aufbauend eine Validierung des abgebildeten Systems durchführen zu können. Dazu wurden bis zu sechs Haupttreiber für jedes Szenarienelement und dessen Wirkungsrichtung (verstärkend, abschwächend, indifferent) festgelegt. Haupttreiber wurden nur aus den 79 Szenarienelementen gewählt unter der Annahme, dass diese die wesentlichen Treiber des österreichischen Agrar- und Ernährungssystem darstellen. Stakeholder evaluierten diese Beziehungen im Zuge einer Online-Befragung.

2.4 Beschreibung des Status quo

In diesem Arbeitsschritt wurden Daten (z.B. wissenschaftliche und graue Literatur, statistische Datenbanken) recherchiert, die den Status quo jedes Szenarienelements beschreiben. Die Entwicklungen von 2000-2020 bildeten die Grundlage zur Berechnung des Trends, also der durchschnittlichen jährlichen Änderungsraten bis 2050. Geht man in den Szenarien von einer gleichbleibenden Entwicklung aus, so wurden die Änderungsraten der Vergangenheit übernommen.

2.5 Szenarienentwicklung

In diesem Arbeitsschritt wurden die Szenarien, inkl. den Narrativen, für die fünf AT-Agri-SSPs verfasst. Dafür wurden zuerst die Entwicklungsrichtungen für alle Szenarienelemente festgelegt. Die Narrative beschreiben verbal die Entwicklungsrichtungen der für ein Szenario wichtigsten Szenarienelemente. Es wird zwischen den folgenden Entwicklungsrichtungen unterschieden: gleichbleibend (= Fortschreibung des Trends), mäßig oder stark abnehmend oder mäßig oder stark zunehmend. Die Entwicklungsrichtungen der Szenarienelemente in den AT-Agri-SSPs basieren auf (i) den im Workshop festgelegten Entwicklungsrichtungen, (ii) Entwicklungs- und Wirkungsrichtungen der Haupttreiber der Szenarienelemente, (iii) Entwicklungsrichtungen der Szenarienelemente in den Eur-Agri-SSPs, wenn eine Abweichung davon unplausibel ist oder (iv) vom Forschungsteam festgelegte Entwicklungsrichtungen, die der Szenarien-Logik entsprechen.

2.6 Konsistenzprüfung

Die vorläufigen Entwicklungsrichtungen und Narrative wurden in mehreren Feedback-Schleifen durch das Forschungsteam auf ihre Konsistenz überprüft. Dabei wurde auf folgende Aspekte besonders geachtet: horizontale (interne) Konsistenz innerhalb eines Szenarios, vertikale Konsistenz (also zwischen AT- und Eur-Agri-SSPs), Verständlichkeit, Plausibilität, Vielfalt und Kreativität, Berücksichtigung der Spezifika des österreichischen Agrar- und Ernährungssystems und Kontrast zwischen den Szenarien. Die Konsistenzprüfung der Entwicklungsrichtungen der einzelnen Szenarienelemente basierte auf den Entwicklungsrichtungen der Haupttreiber und deren Wirkungsrichtung. Dazu wurden die Wirkungsrichtungen (Haupttreiber verstärkt Szenarienelement (+1), schwächt dieses ab (-1) oder wirkt indifferent (0)), sowie Entwicklungsrichtungen (mäßige/starke Zunahme des Haupttreibers (+1/+2), mäßige/starke Abnahme (-1/-2) oder eine gleichbleibende Entwicklungsrichtung (0)) quantifiziert. Das Produkt aus der Entwicklungsrichtung der Haupttreiber und der Wirkungsrichtung wurde für alle Haupttreiber eines Szenarienelements summiert und dann durch die Anzahl der Haupttreiber dividiert. Bei einem Wert größer als 1,5 oder falls dies der Szenarien-Logik entspricht wurde eine starke Entwicklung festgelegt.

2.7 Schritt 7 bis Schritt 10

Die Schritte 7-10 sind noch nicht abgeschlossen. In Schritt 7 werden zielgruppengerechte Präsentationsformate entwickelt. In Schritt 8 erfolgt die Stakeholder-Begutachtung. Die zuvor eingebundenen Stakeholder werden eingeladen, die vorläufige Endversion der Narrative und eine Tabelle mit den Entwicklungsrichtungen der Szenarienelemente mittels eines Fragebogens zu kommentieren. Schritt 9 dient der Verbreitung der Szenarien, beispielsweise über Zeitungsartikel, wissenschaftliche Präsentation und Zeitschriftenartikel und über die Website <https://eur-agri-ssps.boku.ac.at>. In Schritt 10 sollen Stakeholder den Prozess der Szenarienentwicklung und Stakeholdereinbindung evaluieren.

2.8 Analysen zur Resilienz regionaler Wertschöpfungsketten

Ende Dezember 2020 wurde ein Online-Workshop mit 14 Stakeholdern abgehalten, mit dem Ziel, Maßnahmen zu erarbeiten, die die Resilienz regionaler Wertschöpfungsketten des österreichischen Agrar- und Ernährungssystems erhöhen können. Regional wurde hier als die Wertschöpfung innerhalb Österreichs definiert. Das Forschungsteam erarbeitete auf dieser Grundlage und anhand von Erkenntnissen aus AT-Agri-SSP1 agrar-politische Instrumente um die Resilienz von regionalen Wertschöpfungsketten zu stärken. Dazu traf das Projektteam eine Vorauswahl jener Szenarienelemente, die regionale Wertschöpfungsketten abdecken bzw. direkt betreffen. Die Diskussion der agrar-politischen Instrumente erfolgt aus drei Gründen entlang des AT-Agri-SSP1 Szenarios. Erstens entsprechen Regionalisierungsstrategien der Szenarien-Logik von AT-Agri-SSP1. Zweitens verbleiben in diesem Szenario nur geringe Herausforderungen für den Klimaschutz und die Klimawandelanpassung – anders als in AT-Agri-SSP3, das ebenso Regionalisierungsstrategien verfolgt. Drittens kommt es in AT-Agri-SSP1 zu einer starken Zunahme der dezentralen Versorgung mit Lebensmitteln (in AT-Agri-SSP3 nicht) und der Nachfrage nach regionalen Produkten.

3 Ergebnisse

3.1 Kurzzusammenfassungen der AT-Agri-SSPs

3.2.1 AT-Agri-SSP1

Das Umweltbewusstsein der österreichischen Bevölkerung steigt stark und kontinuierlich an. Die Menschen genießen viel Zeit in der Natur und leben naturverbunden. Dadurch erkennen sie zunehmend die Zusammenhänge zwischen der Landwirtschaft, Biodiversität und den Ökosystemleistungen. Landwirtschaftliche Arbeitsplätze werden attraktiver, insbesondere durch einen ansprechenden Mindestlohn und Sozialleistungen. Ebenso steigen die nötigen Fertigkeiten der Arbeitskräfte. Dies lockt junge Leute auch außerhalb bäuerlicher Familien in die Landwirtschaft. Österreich und insbesondere die naturnahen, alpinen Räume sind ein beliebtes Ziel für den Ökotourismus, sodass zusätzliche Einkommensmöglichkeiten aus nicht-landwirtschaftlichen Tätigkeiten entstehen. Der österreichischen Bevölkerung ist ein bewusster Umgang mit den Ressourcen und Lebensmitteln überaus wichtig. Der Großteil der Bevölkerung ernährt sich gesund und mit regionalen Produkten, die hohe Umwelt-, Sozial-, und Tierwohlstandards erfüllen. Die Weidehaltung und die extensive Grünlandnutzung werden dadurch sehr wertgeschätzt. Die Effektivität von österreichischen und europäischen Institutionen und Multilevel Governance nehmen stark zu. Die Agrarpolitik ist eingebettet in die an gesellschaftlicher Bedeutung stark zunehmenden Umwelt- und Sozialpolitiken. Es werden mehr bzw. strengere Umwelt- und Sozialstandards festgelegt und sozial-ökologische Steuern eingeführt, die die negativen Umweltauswirkungen besteuern und sozial gestaffelte Ausgleichs für die Steuern erfolgen. Verarbeitende Betriebe, v.a. in ländlichen Räumen, profitieren vom besteuerten Transport von Importgütern und der hohen Nachfrage nach regionalen Produkten. Zudem werden kleine Betriebe finanziell unterstützt, wodurch eine gewisse Kleinteiligkeit der österreichischen Agrarstruktur erhalten bleibt. Der technologische Fortschritt und das stark zunehmende Bildungsniveau der Erwerbstätigen in der Landwirtschaft bewirken nur mäßige Steigerungen der Arbeits- und Flächenproduktivität, weil ein Großteil der Technologieentwicklung auf umweltfreundliche Prozesse abzielt.

3.2.2 AT-Agri-SSP2

Vergangene Trends bestimmen die Entwicklungen des österreichischen Agrar- und Ernährungssystems. Dies spiegelt sich beispielsweise in einer anhaltenden Landflucht und einer langsamen aber stetigen Weiterentwicklung der technischen Infrastruktur in ländlichen Räumen

wider. Das Bewusstsein für Nachhaltigkeit der österreichischen Bevölkerung steigt mäßig an. Das zeigt sich auch in der politischen Agenda, beispielsweise durch eine mäßige Zunahme von politischen Umwelt- und Sozialzielen. Zum Beispiel entsprechen die Direktzahlungen nominal dem heutigen Niveau, allerdings ergänzt um weitere Umweltauflagen. Landwirt*innen nehmen aber auch das zunehmende öffentliche Schulungs- und Beratungsangebot zu einer nachhaltigeren landwirtschaftlichen Produktion an. Marktintegration wird auf österreichischer und europäischer Ebene mäßig forciert, wodurch österreichische Agrargüter weiterhin vorwiegend am europäischen Markt abgesetzt werden. Vor allem tierische Produkte aus Weidehaltung wird von Tierwohl-orientierten Konsument*innen nachgefragt, was – zusammen mit den öffentlichen Zahlungen – die Wettbewerbsfähigkeit der Almwirtschaft erhält. Kleinere Verarbeitungsbetriebe außerhalb von Nischen geraten unter Druck und können immer seltener mit großen Betrieben in Verhandlungen mit einem hochkonzentrierten Lebensmitteleinzelhandel konkurrieren. Der Strukturwandel schreitet weiterhin voran. Dadurch steigt der Bedarf an Fremdarbeitskräften. Dem steht der bereits heute spürbare Mangel an Arbeitskräften gegenüber. Der technologische Fortschritt in der Landwirtschaft, darunter Technologien zur Verringerung von Nährstoff- und Pestizideinträgen in die Umwelt sowie wassersparende Bewässerungssysteme, bewirkt, dass sich der Druck auf die natürlichen Ressourcen langsam aber stetig verringert.

3.2.3 AT-Agri-SSP3

Die österreichische Politik arbeitet nach dem Motto „Österreich zuerst“. Sie zieht sich aus dem europäischen Integrationsprojekt der EU zurück, das ohnehin nur mehr in Ansätzen besteht. Der Fokus der nationalen Agrarpolitik wird auf Ernährungs- und Energiesouveränität gelegt. Das Umweltbewusstsein der österreichischen Bevölkerung nimmt mäßig ab. Dementsprechend werden für die Versorgungssicherheit negative Umweltauswirkungen in Kauf genommen. Da sich viele Länder auf den Nationalstaat rückbesinnen, sinkt die ausländische Nachfrage nach österreichischen Agrarprodukten stark, begleitet von stark steigenden Einfuhr- und Ausfuhrzöllen. Die Fleischnachfrage bleibt in Österreich zwar hoch, kann das Überangebot aus den Grünlandregionen jedoch nicht kompensieren. Politische Maßnahmen und finanzielle Unterstützungen richten sich vor allem an jene Bereiche, bei denen der Selbstversorgungsgrad in Österreich bisher niedrig war. Um steigende Lebensmittel- und Rohstoffpreise zu verhindern, stabilisiert der Staat die Preise und greift dem landwirtschaftlichen Sektor mit Einkommensstützungen unter die Arme. Die Landwirtschaft hat aufgrund ihrer Versorgungsfunktion einen hohen Stellenwert in der politischen Agenda. Agrarumweltzahlungen sind in diesem Umfeld untergeordnet. Sie bleiben aber bestehen, um ein Mindestniveau an Umweltqualität zu sichern, insbesondere zur Aufrechterhaltung der Produktionskapazitäten (z.B. qualitativer Bodenschutz). Die nationale, agrarische Produktion soll vor allem durch verbesserte produktionsorientierte Beratung, einen verbesserten Zugang zu Land und verringerte regionale Einschränkungen zur agrarischen Landnutzung gefördert werden. Die Konzentration auf den Nationalstaat Österreich und reduzierte Investitionen verringern den technologischen Fortschritt, der, sofern vorhanden, vor allem Produktivitätssteigerungen forciert.

3.2.4 AT-Agri-SSP4

Soziale Ungleichheit, Instabilität und Spannungen nehmen sowohl zwischen als auch innerhalb der städtischen und ländlichen Regionen stark zu. Es gibt eine Zweiklassengesellschaft: die reiche Elite, die politisch den Ton angibt, national und international gut vernetzt ist und vorwiegend in Österreichs Groß-, und Mittelstädten lebt, und eine gesellschaftlich benachteiligte absolute Mehrheit mit sinkendem Bildungsstand und Gesundheitszustand. Das führt zu einem geringen durchschnittlichen Umweltbewusstsein der Bevölkerung. Trotz zunehmender Urbanisierung sucht die städtische Bevölkerung ländliche Räume seltener für

Freizeit- und Erholungszwecke auf. Die nationale Agrarpolitik wird entsprechend der Interessen von großen, global-agierenden Agrarkonzernen im Eigentum der Eliten gestaltet. Die politische und wirtschaftliche Elite forciert vor allem Technologieentwicklung und internationalen Handel durch die öffentliche finanzielle Unterstützung von Agrarinvestitionen und Agrartechnologieentwicklung. Die Ausgestaltung der öffentlichen Unterstützungen geht auf Kosten der Einkommensunterstützung für Landwirt*innen. Die flächendeckende Verfügbarkeit von Agrarumweltmaßnahmen wird zugunsten regionaler Maßnahmen aufgegeben, die besonders dort angeboten werden, wo es zur Lebensqualität einer städtischen Elite beiträgt. Die Landwirtschaft im alpinen Raum ist von untergeordnetem Interesse für die Elite, sodass Zahlungen für die Entwicklung ländlicher Räume annähernd eingestellt werden. Die reiche Elite im In- und Ausland konsumiert vor allem qualitativ hochwertige Produkte, wobei die Herkunft der Produkte gleichgültig ist. Gleichzeitig kann sich die sozial schwächer gestellte Mehrheit der Bevölkerung nur billige Lebensmittel leisten, meist hochverarbeitet und als Fertigprodukte mit wenig Wissen zubereitbar. Es folgt, dass die Mehrheit der landwirtschaftlichen Betriebe in Österreich agrarische Rohstoffe zu geringen Kosten und damit geringen Standards hinsichtlich Umwelt- und Tierschutz herstellt. Diese werden je nach Rohstoff bzw. Produkt national oder international verarbeitet.

3.2.5 AT-Agri-SSP5

Die österreichische Bevölkerung ist sehr wohlhabend und von den Vorteilen des technologischen Fortschritts überzeugt. Dies zeigt sich in allen Lebensbereichen, inkl. des Lebensmittelkonsums. Dass Wirtschaftswachstum und technologische Weiterentwicklungen fast ausschließlich auf fossilen Ressourcen beruhen, ist für weite Teile der österreichischen Bevölkerung von nachrangigem Interesse. Umweltziele sind den wirtschaftlichen Zielen klar untergeordnet. Die politischen Entscheidungsträger*innen folgen wirtschaftsliberalen Prinzipien und greifen kaum in Märkte ein. Das führt zu einem stark gekürzten Agrarbudget mit einer drastischen Reduktion der Direktzahlungen, Agrarumweltzahlungen und Zahlungen für die ländliche Entwicklung. Typische Produktionseinschränkungen in Zusammenhang mit Direktzahlungen, z.B. ökologische Vorrangflächen oder Umweltstandards, bestehen nicht. Um die Aufrechterhaltung des Wirtschaftswachstums zu gewährleisten, gibt es einen erleichterten Zugang zu sowie geringe Kosten für natürliche Ressourcen, etwa für die agrarische Bewässerung oder für bisher geschützte aber produktive Flächen. Das Umweltbewusstsein der Bevölkerung und die Nachfrage nach Ökosystemleistungen sinken zwar, aber eine Grundnachfrage nach Erholung in der Kulturlandschaft bleibt bestehen. Die technologieintensiven Agrarbetriebe in den Gunstlagen sind hoch spezialisiert und global vernetzt. Die Betriebsgröße in der Landwirtschaft nimmt unter dem Druck des internationalen Wettbewerbs und der rasanten technologischen Entwicklung stark zu. Bei der Wahl der Lebensmittel achten die Konsument*innen weder auf Herkunft, noch auf traditionelle Produktionsstandards wie etwa die biologische Landwirtschaft. Dennoch entwickeln die Konsument*innen ein großes Interesse an neuartigen Qualitäts- und Produktionsstandards, die vor allem durch technologische Weiterentwicklung, bspw. in Züchtungen und Genmodifikationen, erreicht werden.

3.2 Szenarienelemente mit Bezug zu regionalen Wertschöpfungsketten und deren Haupttreiber

Die Tabellen 1 und 2 (jeweils 1. Spalte) zeigen jene 13 Szenarienelemente, und damit Treiber des österreichischen Agrar- und Ernährungssystems, die in direktem Bezug zu regionalen Wertschöpfungsketten stehen. Das Forschungsteam unterscheidet dabei zwischen Szenarienelementen zu Nachfrage (Tabelle 1) und Angebot (Tabelle 2). Die meisten Szenarienelemente werden von den Haupttreibern „Umweltbewusstsein“ (8 Szenarienelemente), „Wirtschaftswachstum“ (7) und „Umweltstandards“ (4) beeinflusst.

Tabelle 1. Nachfrageseitige Szenarienelemente mit Bezug zu regionalen Wertschöpfungsketten und deren Haupttreiber

Szenarienelement	Haupttreiber (Wirkungsrichtung)
Nachfrage nach Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen	<ul style="list-style-type: none"> • Bevölkerung (+) • Umweltbewusstsein der Bevölkerung (+) • Wirtschaftswachstum (+) • Relative Preise für nat. Ressourcen (-) • Sozial-ökologische Steuern (+) • Geschwindigkeit des technologischen Fortschritts in der Landwirtschaft (+)
Nachfrage nach erneuerbaren Energieträgern aus der landwirtschaftlichen Produktion	<ul style="list-style-type: none"> • Gleich wie oben
Pro-Kopf Nachfrage nach tierischen Produkten für die Ernährung	<ul style="list-style-type: none"> • Umweltbewusstsein der Bevölkerung (-) • Wirtschaftswachstum (+/-) • Pro Kopf Nachfrage nach pflanzlichen Produkten für die Ernährung (-) • Relative Lebensmittelpreise tierische Produkte (-)
Pro-Kopf Nachfrage nach pflanzlichen Produkten für die Ernährung	<ul style="list-style-type: none"> • Umweltbewusstsein der Bevölkerung (+) • Wirtschaftswachstum (+/-) • Pro Kopf Nachfrage nach tierischen Produkten für die Ernährung (-) • Relative Lebensmittelpreise pflanzliche Produkte (-)
Nachfrage nach Futtermitteln	<ul style="list-style-type: none"> • Bevölkerung (+) • Pro Kopf Nachfrage nach tierischen Produkten für die Ernährung (+) • Relative Lebensmittelpreise tierische Produkte (+) • Umweltstandards (-)
Pro-Kopf Nachfrage nach Tierwohl-Produkten	<ul style="list-style-type: none"> • Umweltbewusstsein der Bevölkerung (+) • Durchschnittliches Bildungsniveau der Bevölkerung (+) • Wirtschaftswachstum (+) • Relative Lebensmittelpreise tierische Produkte (-)
Pro-Kopf Nachfrage nach regulierenden und kulturellen Ökosystemleistungen	<ul style="list-style-type: none"> • Geschwindigkeit der Urbanisierung (-) • Umweltbewusstsein der Bevölkerung (+) • Wirtschaftswachstum (+)
Pro-Kopf Nachfrage nach regionalen Produkten	<ul style="list-style-type: none"> • Stadt-Land Beziehung (+) • Umweltbewusstsein der Bevölkerung (+) • Sozialer Status der landwirtschaftlichen Erwerbsarbeiter*innen in der Bevölkerung (+) • Dezentrale Versorgung mit Lebensmitteln im ländlichen Raum (+) • Wirtschaftswachstum (+)

Abkürzungen: Rel. = Relativ; + = verstärkende Wirkung, - = abschwächende Wirkung +/- indifferent

Das Umweltbewusstsein der Bevölkerung beeinflusst über die Politiken oder die Einstellung zu Konsum, Landwirtschaft und ländlichen Räumen sogar jedes der 13 Szenarienelemente direkt oder indirekt. Wirtschaftswachstum wurde sowohl von den Stakeholdern als auch dem Forschungsteam meist als „schwacher“ Treiber festgelegt. Das heißt, der Effekt eines positiven Wirtschaftswachstums alleine, ohne den Einfluss der anderen Treiber, wird als nicht nennenswert auf das jeweilige Szenarienelement eingeschätzt. Entwickelt sich das Wirtschaftswachstum jedoch stark negativ, wird von einem wesentlichen Einfluss ausgegangen. Beispielsweise würde ein starkes Abnehmen des Wirtschaftswachstums die Szenarienelemente mit Bezug zur Nachfrage (z.B. Pro-Kopf Nachfrage nach Tierwohl-Produkten) negativ beeinflussen, unter der Annahme, dass den Haushalten weniger Einkommen zur Verfügung steht. Acht Szenarienelemente werden durch Preise von Betriebsmitteln oder Lebensmitteln beeinflusst. Die jeweiligen Preise werden unter anderem von „Sozial-ökologischen Steuern“ beeinflusst. Letztere haben einen direkten oder indirekten Einfluss auf 9 von 13 der in Tabelle 1 und 2 dargestellten Szenarienelemente.

Tabelle 2. Angebotsseitige Szenarienelemente mit Bezug zu regionalen Wertschöpfungsketten und deren Haupttreiber

Szenarienelement	Haupttreiber (Wirkungsrichtung)
Dezentrale Versorgung mit Lebensmitteln im ländlichen Raum	<ul style="list-style-type: none"> • Infrastrukturentwicklung in ländlichen Räumen (+) • Marktkonzentration in vor- und nachgelagerten Sektoren (-)
Import von Agrargütern nach Österreich	<ul style="list-style-type: none"> • Marktintegration (+) • Pro-Kopf Nachfrage nach regionalen Produkten (-) • Relative Lebensmittelpreise tierische Produkte (+) • Relative Lebensmittelpreise pflanzliche Produkte (+) • Internationale Handelsabkommen (+) • Umweltstandards (+/-)
Export von österreichischen Agrargütern	<ul style="list-style-type: none"> • Gleiche wie Import von Agrargütern nach Österreich
Flächenproduktivität	<ul style="list-style-type: none"> • Relative Preise für Agrargüter (+) • Ökologische Ausrichtung der nationalen Agrarpolitik (-) • Umweltstandards (-) • Zahlungen für Agrarumweltmaßnahmen (-) • Geschwindigkeit des technologischen Fortschritts in der Landwirtschaft (+) • Verbreitung der Technologien in der Landwirtschaft (+)
Internationale Handelsabkommen	<ul style="list-style-type: none"> • Umweltbewusstsein der Bevölkerung (-) • Politische Stabilität (+) • Effektivität der Europäischen und österreichischen Institutionen (+)

Abkürzungen: Rel. = Relativ; + = verstärkende Wirkung, - = abschwächende Wirkung +/- indifferent

Tabelle 3 zeigt die festgelegten Entwicklungsrichtungen der 13 Szenarienelemente mit direktem Bezug zu regionalen Wertschöpfungsketten für jedes AT-Agri-SSP Szenario. Teilweise unterscheiden sich die Entwicklungsrichtungen zwischen den Szenarien wesentlich, teilweise gibt es Übereinstimmungen. Letzteres ist ein Indiz für robuste zukünftige

Entwicklungen. Beispielsweise unterscheiden sich die Importe von Agrargütern nach Österreich oder die Nachfrage nach regionalen Produkten je nach Szenario stark, während es kaum Unterschiede bei der Nachfrage nach pflanzlichen Produkten gibt (mit Ausnahme von AT-Agri-SSP1, wo diese zunimmt). Dies hängt mit den Entwicklungen der Haupttreiber zusammen. Nur in AT-Agri-SSP1 und 2 kommt es zu einem Anstieg des Umweltbewusstseins der Bevölkerung und zu einer stärkeren Zunahme der Umweltstandards als bisher. In anderen Szenarien sinken die Umweltstandards bzw. werden regional eingeschränkt – jedoch immer aufgrund anderer Beweggründe, etwa der Einstellung der Bevölkerung zu Umwelt und Technologieentwicklung, dem Bildungs- oder dem Wohlstandsniveau der Bevölkerung. In vier der fünf Szenarien entwickelt sich das Wirtschaftswachstum weiter wie bisher oder steigt stärker an (in AT-Agri-SSP5). Nur in AT-Agri-SSP3 kommt es zu einem Rückgang aufgrund der starken Nationalisierung.

Tabelle 3. Entwicklungsrichtungen der Szenarienelemente mit Bezug zu regionalen Wertschöpfungsketten in den fünf AT-Agri-SSPs

Szenarienelement	AT-Agri-SSP1	AT-Agri-SSP2	AT-Agri-SSP3	AT-Agri-SSP4	AT-Agri-SSP5
Nachfrage nach Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen	↗	↗	→	→	↗
Nachfrage nach erneuerbaren Energieträgern aus der landwirtschaftlichen Produktion	→	→	→	→	↘
Pro-Kopf Nachfrage nach tierischen Produkten für die Ernährung	↘	→	→	→	↘
Pro-Kopf Nachfrage nach pflanzlichen Produkten für die Ernährung	↗	→	→	→	→
Nachfrage nach Futtermitteln	↘	→	→	→	↘
Pro-Kopf Nachfrage nach Tierwohl-Produkten	↑	↗	↘	↘	→
Pro-Kopf Nachfrage nach regulierenden und kulturellen Ökosystemleistungen	↑	↗	↘	↘	→
Pro-Kopf Nachfrage nach regionalen Produkten	↑	→	↑	↓	↘
Dezentrale Versorgung mit Lebensmitteln im ländlichen Raum	↑	↘	↘	↓	↘
Import von Agrargütern nach Österreich	↘	↗	↓	↑	↑
Export von österreichischen Agrargütern	↘	↗	↓	↗	→
Flächenproduktivität	↗	→	→	↗	↑
Internationale Handelsabkommen	↗	↗	↓	↑	↑

Legende: Entwicklungsrichtungen: ↑ stark zunehmend, ↗ mäßig zunehmend, ↓ starke abnehmend, ↘ mäßig abnehmend, → gleichbleibend

3.3 Agrar-politische Instrumente zur Stärkung der Resilienz regionaler Wertschöpfungsketten

In den fünf Szenarien wirken unterschiedliche Treiber fördernd oder hemmend auf regionale Wertschöpfungsketten (siehe Tabelle 3). Zur Stärkung der Resilienz nannten Stakeholder die Stärkung des Umweltbewusstseins der Bevölkerung als zentrale Maßnahme. Ziel sei es, den Konsument*innen den Beitrag einer nachhaltigen und resilienten Landwirtschaft für den Klima- und Artenschutz sowie zur Bereitstellung von Ökosystemleistungen zu vermitteln. Zur Bewusstseinsbildung bedarf es der Vorbereitung und Bereitstellung eines objektiven und aktuellen Informationsangebots, das flächendeckend und einfach zugänglich ist. Geeignete Formate können unter anderem Benchmarking-Systeme, Visualisierungen und Erfahrungsberichte von Landwirt*innen sein. Unterschiedliche Medien sollten hierfür verwendet werden (z.B. Soziale Medien, Printmedien, Podcasts). Ein agrar-politisches Instrument kann die finanzielle Unterstützung von (innovativen) Beratungs-, Bildungs-, Weiterbildungs- und Informationsangeboten für Landwirt*innen und der allgemeinen Bevölkerung sein. Aus AT-Agri-SSP1 lässt sich ableiten, dass die agrar-politischen Rahmenbedingungen- neben einem hohen Umweltbewusstsein- eine große Rolle spielen, um regionale Wertschöpfungsketten resilienter zu gestalten. Ein weiteres agrar-politisches Instrument kann daher die Einführung von erfolgsorientierten öffentlichen Zahlungen für Landwirt*innen sein. Beispielsweise können die Zahlungen auf die Implementierung von robusten oder neuen Maßnahmen, von Maßnahmen mit positiven externen Effekten für Umwelt oder Gesellschaft, von Maßnahmen zur Steigerung der Ressourcennutzungseffizienz, zur Steigerung der Kooperation zwischen Landwirt*innen oder von Investitionen in technologische Entwicklungen abzielen. Weitere mögliche agrar-politische Instrumente sind die Erhöhung von Umweltstandards und die Einführung von sozial-ökologischen Steuern. Höhere Umweltstandards können zusammen mit den erfolgsorientierten öffentlichen Zahlungen negative Umweltauswirkungen der landwirtschaftlichen Produktion reduzieren. Sozial-ökologische Steuern beeinflussen unter anderem den Transport von Lebensmitteln und Agrargütern und können gleichzeitig für einen sozialen Ausgleich, bspw. durch eine Staffelung sorgen. Dadurch kann die Wettbewerbsfähigkeit von regionalen Wertschöpfungsketten steigen. Ein weiterer agrar-politischer Ansatzpunkt wäre, die Effektivität der österreichischen Institutionen zu stärken, da diese wesentlich jene Szenarienelemente beeinflusst, die einen agrar-politischen Bezug haben. Dies kann beispielsweise durch eine Ausstattung mit Ressourcen, Entscheidungshoheit, sowie strukturierte und kontinuierliche Kooperation ermöglicht werden. Hierbei ist zentral, dass Interessen und Bedürfnisse von unterschiedlichen Akteursgruppen Eingang finden und ein von den Akteursgruppen als fair eingeschätzter Ausgleich hergestellt wird. Institutionen können sich beispielsweise bei der Festlegung, Weiterentwicklung oder Ausdifferenzierung von Lebensmittel-, Umwelt-, Sozial- und Tierwohlstandards einbringen.

4 Methodendiskussion

Die verwendeten Methoden zur Szenarientwicklung und zur Analyse der Szenarien hinsichtlich der Resilienz von regionalen Wertschöpfungsketten unterliegen Unschärfen und Einschränkungen. Um die Robustheit der Ergebnisse zu erhöhen, gab es mehrere Feedback-Schleifen innerhalb des Forschungsteams und der Stakeholder, insbesondere bei der Definition der Szenarienelemente und deren Haupttreibern und bei der Festlegung der Entwicklungsrichtungen der Szenarienelemente. Die Komplexität des Agrar- und Ernährungssystems ist mit einer großen Anzahl an Treibern (i.e. Szenarienelementen) und Interaktionen zwischen diesen Treibern verbunden. Um die Treiber des österreichischen Agrar- und Ernährungssystems möglichst umfassend abzubilden, wurden Stakeholder aus unterschiedlichen Organisationen und Institutionen eingebunden. Manche Stakeholder sind der Einladung zur Mitarbeit an den Szenarien nicht gefolgt, vorwiegend aufgrund zeitlicher Restriktionen, wodurch deren Expertise nicht eingebunden werden konnte. Dadurch könnten

wichtige Treiber fehlen mit Auswirkungen auf die Plausibilität der Szenarien. Dieses Risiko erscheint aber gering, zumal Stakeholder aus unterschiedlichen Fachbereichen (z.B. Landwirtschaft, Umweltschutz), entlang der Wertschöpfungskette (Vertreter*innen von Landwirt*innen, Arbeiter*innen, Industrie, Handel), aus Wissenschaft, Administration und NGOs, sowie unterschiedlicher Altersgruppen und Geschlechter eingebunden waren. Zudem haben die Moderator*innen der Workshops auf eine ausgewogene Diskussion geachtet und die Ergebnisse neutral ausgewertet, wodurch einzelne Interessen nicht stärker gewertet wurden.

Die Entwicklungsrichtungen der Szenarienelemente wurden für die fünf Szenarien auf Basis von Stakeholder-Einschätzungen, den Entwicklungsrichtungen der Haupttreiber der Szenarienelemente und den Entwicklungsrichtungen auf europäischer Ebene (den Eur-Agri-SSPs) festgelegt. Bei manchen Szenarienelementen (z.B. Importe, Exporte) war es nötig, auch die Auswirkungen eines Szenarios auf die landwirtschaftliche Produktion in Österreich zu berücksichtigen. Im Allgemein war es das Ziel solche Auswirkungen nicht direkt in die Szenarien zu integrieren und nur die Treiber in den Szenarien näher zu beschreiben, da vor allem diese für weitere Modellanwendungen benötigt werden. Zudem fielen diese Einschätzungen einigen Stakeholdern schwer. Beispielsweise hängt die Entwicklung der Exporte von der Entwicklung der landwirtschaftlichen Produktion, besonders in Sektoren mit derzeit hohem Selbstversorgungsgrad ab, v.a. in weniger produktiven Gebieten (z.B. Rindfleisch/Milch-Betriebe in Berggebieten). Eine Einschätzung der Exporte war v.a. in AT-Agri-SSP4 und 5 für Stakeholder schwierig, da hier große Abweichungen aktueller Rahmenbedingungen, v.a. bezüglich öffentlicher Zahlungen, beschrieben werden.

Die Resilienz regionaler Wertschöpfungsketten wurden mit Perspektive auf das österreichische Agrar- und Ernährungssystem analysiert. Schlussfolgerungen für die Resilienz einzelner Betriebe können daher nur begrenzt gezogen werden. Modellanwendungen, z.B. Agrarsektormodelle mit endogener Nachfrage, können die partizipative Szenarienentwicklung ergänzen und zur Validierung der Entwicklungsrichtungen genutzt werden. Zudem können solche Modelle die Szenarien mit quantitativen Daten ergänzen und andere Aspekte der Resilienz des Agrar- und Ernährungssystems genauer beleuchten.

5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurden die fünf AT-Agri-SSPs herangezogen und in Hinblick auf regionale Wertschöpfungsketten und deren Resilienz analysiert. Die Treiber mit direktem Bezug zu regionalen Wertschöpfungsketten in Österreich sind das Umweltbewusstsein der Bevölkerung und das Wirtschaftswachstum. Weitere direkte und indirekte Treiber sind Umweltstandards, Preise für natürliche Ressourcen, Betriebsmittel, Agrargüter und Lebensmittel, sowie sozial-ökologische Steuern. Die Resilienz der regionalen Wertschöpfungsketten kann in AT-Agri-SSP1 als sehr groß erachtet werden – beispielsweise aufgrund der geringen Herausforderungen für den Klimaschutz und die Klimawandelanpassung anders als in AT-Agri-SSP3, das auch Regionalisierungsstrategien verfolgt. Eine Stärkung der Resilienz wie in AT-Agri-SSP1 kann durch agrar-politische Instrumente erfolgen. Beispielsweise können erfolgsorientierte öffentliche Zahlungen, sozial-ökologische Steuern, strengere Umweltstandards und Maßnahmen zur Stärkung der Effektivität der österreichischen Institutionen und des Umweltbewusstseins der Bevölkerung dienlich sein. Die AT-Agri-SSPs geben auch Aufschluss über Entwicklungen, die der Resilienz von regionalen Wertschöpfungsketten des österreichischen Agrar- und Ernährungssystems entgegenwirken können (z.B. in AT-Agri-SSP4 und SSP5). In diesen Szenarien schreitet der Strukturwandel stark voran, die alpine Landwirtschaft verliert an Wettbewerbsfähigkeit und die dezentrale Versorgung mit Lebensmitteln verschlechtert sich, auch weil die Nachfrage nach regionalen Lebensmitteln sinkt. Zugrundeliegende Entwicklungen sind vor allem das abnehmende Umweltbewusstsein, die Liberalisierung der Wirtschaftspolitik und die Abschaffung eines

Großteils der öffentlichen Unterstützungen für die landwirtschaftliche Produktion im Allgemeinen und eine umweltfreundliche Produktion im Speziellen.

Danksagung

Die Arbeit wurde im Rahmen der Forschungsprojekte „Resilienz-Corona-Krise und land- und forstwirtschaftliche Wertschöpfungsketten – Lessons Learnt“ - unterstützt durch das BMLRT- und „SALBES“ - unterstützt durch den Wissenschaftsfond FWF und über den 2017-18 Joint BiodivERsA-Belmont Forum Call finanziert [FWF I-4009]- durchgeführt.

Literatur

- BÉNÉ, C. (2020): Resilience of local food systems and links to food security – A review of some important concepts in the context of COVID-19 and other shocks. *Food Sec.* 12, 805–822.
- IPBES (2018): The regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for Europe and Central Asia. .
- IPCC (2019): Climate Change and Land - An IPCC Special Report.
- MITTER, H. et al. (2019): A protocol to develop Shared Socio-economic Pathways for European agriculture. *Journal of Environmental Management* 252, 109701.
- MITTER, H. et al. (2020): Shared Socio-economic Pathways for European agriculture and food systems: The Eur-Agri-SSPs. *Global Environmental Change* 65, 102159.
- O’NEILL, B.C. et al. (2017): The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century. *Global Environmental Change* 42, 169–180.
- TENDALL, D.M. et al. (2015): Food system resilience: Defining the concept. *Global Food Security* 6, 17–23.

CLIMATE CHANGE IN AGRICULTURE

GOVERNANCE FOR GREENHOUSE GAS ABATEMENT IN NORWEGIAN AGRICULTURE

Lennart Kokemohr¹, Klaus Mittenzwei

Summary

This paper analyses greenhouse gas abatement costs of a Norwegian dairy farm and discusses the results in the context of current reduction plans of the Norwegian government. Marginal abatement costs are calculated with the bio-economic farm level model FarmDyn. We show that many current initiatives do not seem to be sufficient to achieve the required greenhouse gas emission reduction targets in a cost-efficient manner. They are either not politically feasible, not politically desired, not covered by the National Inventory or not cost efficient. We conclude that current climate policies for the agricultural sector in Norway are not resilient and propose possible ways forward.

Keywords

Abatement costs, dairy, Norway, Global warming potential, Climate policies, Resilience.

1 Introduction

The reduction of greenhouse gas (GHG) emissions is a major necessity of our time. Research has become more and more confident that global warming above 1.5-2 degree Celsius compared to pre-industrial levels will have severe, and partly irreversible, consequences for most countries. The Paris agreement signed by many countries around the world therefore aims at limiting global warming well below 2 degree Celsius.

Mitigation efforts to achieve the targets set out in the Paris agreement require a concerted action from all parties and cutting emissions from agriculture and food production (CLARK et al. 2020). This implies that the Norwegian agricultural sector has to reduce its emissions, too. The question is how this should be achieved without compromising other agricultural policy objectives. Norway has ambitious policy objectives such as ensuring food security, maintaining agricultural activity in all parts of the country, and value creation. Moreover, there is a strong focus on farm income. Subsidies and other regulations are provided so that the farming community is given the same opportunity to raise income as other parts of the economy. The Norwegian agricultural sector emits about 10.5 mio. t CO₂-equ. annually (STATISTICS NORWAY 2021). About one-half or 4.5 mio. t CO₂-equ. are reported in the agricultural emission sector and stem mostly from animal husbandry and fertilizer management (MITTENZWEI and PRESTVIK 2022). Agricultural fuel and other energy use amount up to 0.4 mio. t CO₂-equ. and are reported in the transport emission sector. Finally, land use and land use change constitute 2.2 mio. CO₂-equ. and are reported in the Land Use, Land Use Change, and Forestry sector (LULUCF). Leaving out LULUCF, agriculture has a share of 10-11 per cent of the total GHG emission in Norway.

The milk and beef sector are the most important sectors in Norwegian agriculture, accounting for half of the land use, employment, and value creation in Norway (MITTENZWEI 2018). Moreover, milk and beef are the most subsidized food products and generate the highest emissions. Any approach that aims at reducing GHG emissions in agriculture needs to include the milk and beef sector.

¹ Rheinische-Friedrichs-Wilhelms Universität Bonn, Lennart.Kokemohr@ilr.uni-bonn.de

Although a dietary change towards a more plant-based diet and the reduction of the consumption of red and processed meat, has shown to have low social costs (MITTENZWEI et al. 2019), that measure is highly disputed and not promoted by the majority of the political parties due to negative impacts on other agricultural policy objectives. Instead, farm-level measures have been proposed by agricultural stakeholders.

Surprisingly little knowledge exists on how mitigation options affect the profitability of milk and beef farming. While there is increasing literature on the pure accounting costs of implementing mitigation technology, the economic effects of farm adjustment and profit foregone are much less understood. In this study, we close this knowledge gap by first, adapting the single farm optimization model FarmDyn to Norwegian policy, including its natural conditions, and second, calculating abatement cost curves for a Norwegian dairy farm.

The remainder of the paper is structured as follows. We introduce the data and methods in the section 2, and present results in section 3. Results are discussed in section 4, while section 5 concludes with advice on sound policy design.

2 Material and methods

2.1 Climate initiatives in the agricultural sector

In 2019, the two Norwegian farmer organizations, the Norwegian Farmers Union and the Norwegian Farmers and Smallholders Union, entered into an intentional agreement with the government to reduce GHG emissions from the agricultural sector by 5 mio. t CO₂-equ. in the period 2021-2030 (NORWEGIAN GOVERNMENT 2019). The annual emissions covered by the agricultural emission sector are estimated to be 4.5 mio. t CO₂-equ. If emission reductions are implemented linearly between 2021 and 2030, emissions will be about 22 per cent lower in 2030 compared to 2021. However, the intentional agreement covers not only GHG emissions reported in the agricultural sector, but also GHG emissions caused by agricultural activity in other emission sectors. Agricultural fuel and energy use in the transport sector amount to about 0.4 mill t CO₂-equ., while emissions associated with land use and land use change in the LULUCF sector are about 2.2 mill. t CO₂-equ. Therefore, the intentional agreement covers a total of 10.5 mill. t CO₂-equ. per year so that the ambition of a 5 mio t reduction in the 2021-2030 period rather compares to a reduction by 14 per cent between 2021 and 2030.

The intentional agreement consists of two parts. Part A contains farm level mitigation measures for which the farmer organizations are responsible. Part B consists of emission reduction through dietary change and less food waste. The government is responsible for achieving emission cuts for these two measures. The agreement does not split the overall ambition target of 5 mill. t CO₂-equ. into these two parts. Therefore, it remains open how much mitigation measures of each part will finally contribute to the target.

Three major climate initiatives targeted towards the agricultural sector in Norway were proposed in the last years: the so-called Climate Cure 2030, the farmers' own climate plan, and the White Paper on climate policy.

In 2019 the government commissioned the study *Climate Cure 2030* (NORWEGIAN ENVIRONMENT AGENCY 2020) coordinated by the Norwegian Environment Agency to analyze mitigation measures in the domestic greenhouse gas emissions that are not covered by the Emission Trading Scheme (Non-ETS sector) which includes transport and agriculture.

The mandate of the study required an overall GHG emission reduction potential of 50 per cent by 2030 compared to 2005. At this time, the official climate goal was to cut GHG emissions in the Non-ETS sector by 45 per cent in 2030 compared to 2005, and aligned to the corresponding climate objective of the EU. The Climate Cure report was released in 2020 (NORWEGIAN ENVIRONMENT AGENCY 2020) and provided a comprehensive knowledge base for the White Paper on climate policy for the 2021-2030 period that was released in 2021

(NORWEGIAN GOVERNMENT 2021). The Norwegian Farmer’s Union published its own climate plan in 2020 (NORWEGIAN FARMER UNION 2020). The climate plan was a response to the intentional agreement between the two farmer unions and the government from 2019 to cut agriculture related GHG emissions by 5 mio. t CO₂-equ. between 2021 and 2030.

2.2 Abatement cost calculation

A common approach to calculate abatement costs in agriculture is the use of mathematical programming models like the farm-level model FarmDyn (BRITZ et al. 2014). FarmDyn simulates farm management, while the outcome represents the economically optimal farm-plan, maximizing the farm's net present value. In order to calculate abatement costs, the model is restricted by an emission ceiling. The abatement costs are calculated as the profit foregone through abatement compared to a baseline run without emission ceiling. The advantages of the approach is the consideration of detailed technology, management decisions and their interaction and combination potential (LENGERS et al. 2014).

The model depicts herd management and herd demographics, feeding and grazing, cropping decisions, and fertilization. Herds are differentiated by age, gender and lactation cycle. The feed requirements of different herds are calculated using the methodology of the feed planning tool Zifo2 (LFL 2016), by considering dry matter, fibre, protein, energy and nutrient intake as well as animal performance and lactation periods. The animals can be fed with bought feedstuff or grown roughages on the farm.

Cropping decision include which crops to grow and their acreage. Grasslands can be managed as pastures or meadows with differing means of harvest (hay, silage) and different intensities (yields, stocking density and cuts per year). Crops, meadows and pastures can be fertilized with artificial fertilizer, animal manure and excreta from grazing animals to meet the nutrient demand given by the yield.

In the study at hand the FarmDyn model is applied to a Norwegian case study farm which participated in the CLIMPLEMENT project financed by the Research Council of Norway (2019-2022). In the project, detailed data was raised on farm with the help of the farming family. Key attributes of the case study farm are listed in table 1 below.

Table 1. Overview on the case study farm

Location	• Viken, Norway
Reference year	• 2019
Land endowment	• 33.6ha arable land • 31.2ha grassland
Grown crops	• Wheat, oat, barley
No. of cows	• 37 Norwegian Red dairy cows + offspring
Sold milk per year	• 32500ltr
No. of sold bulls	• 20
Labor endowment	• 3400 hours per year

Source: Own illustration

The model is calibrated to the case study by restricting the solution to the given endowments of land, labor and the existing production technology (stable system, milking parlor, mechanization). Because the FarmDyn model originates from Germany, the background data was adapted to the case study region. This includes prices, yields, process length and length of different work tasks. Where possible, data raised on the case study farm is used, if not it is taken from Norwegian farm planning data (EBBESVIK 2020). Where Norwegian data is still missing the models default settings are utilized which are based on ACHILLES (2016). The policy

environment in which the case study farm operates is depicted, too. This includes fertilizer restriction, degressive payment schemes for animal husbandry, grazing and small farmers schemes.

The abatement capabilities of the model are determined by the emission calculation methodology, the decision realm of the model and included abatement technology. Here the emission accounting follows the Norwegian national inventory under the Kyoto protocol (NIR 2019). Considered emissions are methane, nitrous dioxide and carbon dioxide from enteric fermentation, manure management in stables and storage, manure application, fertilization, excreta of grazing animals, liming and crop residues. Up-stream emissions are not covered because they are considered in the climate action plans of the respective sector where they occur.

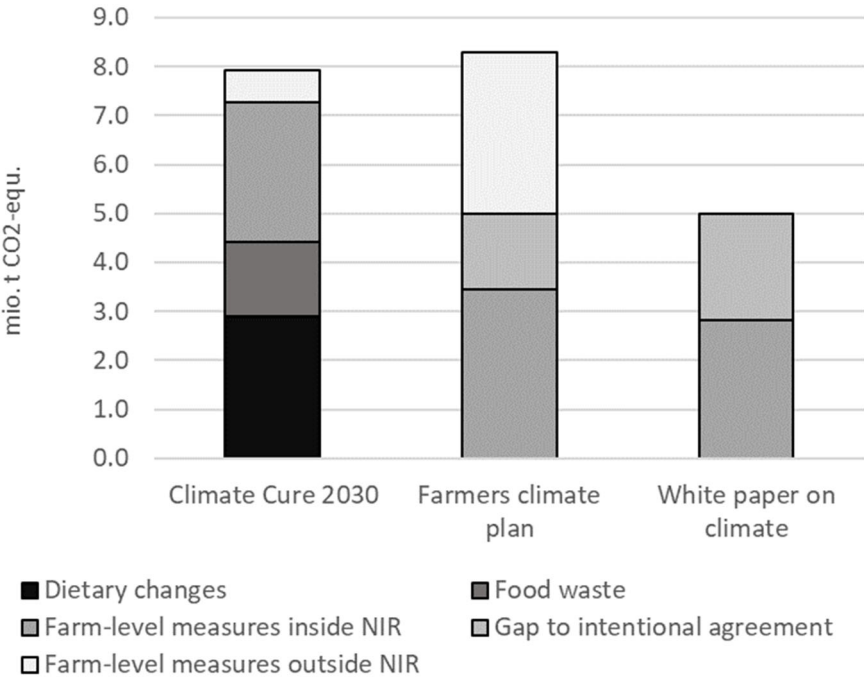
Included abatement measures comprise explicit technology like manure pit coverage and manure application technology or variable management decisions like fodder optimization, intensity management, fertilization practice, cropping decisions, herd size management and grazing management. In accordance with the national inventory due to the gravity of methane emissions from enteric fermentation in the total emissions we use a tier three emission calculation methodology to account for changes in emissions due to changes in feeding. This does not include feed additives as these are not legally allowed. Finally, the model chooses the cost-efficient mix of abatement-measures in the optimization.

3 Results

3.1 Climate initiatives

Figure 1 displays the climate measures in the three climate initiatives for the agricultural sector in Norway. The figure distinguishes measures which can be included in the National Inventory Report (NIR), measures that are not included in the NIR and the gap in the respective plans to reach the ambition of 5 mio. t CO₂-equ. in the agricultural sector. For the Climate Cure 2030 initiative the measures dietary change and food waste are also considered.

Figure 1. Greenhouse gas abatement measures in three climate initiatives for the agricultural sector in Norway



Source: Own illustration

The Climate Cure 2030 report contains mitigation measures that by far exceed the climate ambition. Dietary changes that bring the current diet more in line with official dietary guidelines are estimated to cut 2.9 mio. t CO₂-equ. in the 2021-2030 period. These changes imply, among others, a reduction in the consumption of red and processed meat and an increase of fruits and vegetables. The reduction of food waste in the food value chain from producer to consumer adds another 1.5 mio. t CO₂-equ. in emission cuts. Therefore, the two measures alone would be almost sufficient to achieve the target set by the intentional agreement. Climate Cure 2030 also includes a wide range of mitigation measures at the farm level that can be reported in the NIR. Their overall GHG emissions reduction potential is almost as high as the dietary change option. Finally, Climate Cure 2030 included some measures that Norway would not be able to report in the NIR and that therefore, would not contribute in the achievement of Norway's international mitigation obligations.

The farmers' own climate plan lists neither dietary changes nor food waste reduction as mitigation options. This is in part because a reduction of red meat consumption is actively opposed by the farmers' organizations and because, following the principle of the intentional agreement, the farmers are only responsible for mitigation measures at the farm level. Still, the climate plan contains climate measures at the farm level some of which can currently not be included in the national inventory due to measurement and methodological issues. The total amount of GHG emission reductions of farm level measures within the NIR is slightly higher than in the Climate Cure report with 3.45 mill. t CO₂-equ. However, this amount falls short of the ambition target so that a gap of 1.55 mill. t CO₂-equ. remains. The potential of mitigation options not covered by the national inventory is 3.45 mill. t CO₂-equ.

The government's White paper on climate policies for the 2021-2030 period basically follows the farmer's climate plan. It includes farm level measures amounting to 2.8 mill. t CO₂-equ. which is somewhat lower than the farmers' own climate plan. The White paper mentions dietary changes and less food waste as options to reduce GHG emissions from agriculture, but does not quantify a certain level of emission cuts. Therefore, there is still a gap between the specific mitigation options listed in the White paper and the ambition target of 2,2 mill. t CO₂-equ. Given the reduction potential of less food waste estimated in Climate Cure 2030 of 1.5 mill. t CO₂-equ, it becomes clear that either some dietary change will be necessary to achieve the ambition target or new farm level measures that can be included in the NIR, must be proposed. Neither the farmers' climate plan nor the White paper have assessed the marginal abatement costs for the proposed measures. This has, however, been done for the mitigation options in Climate Cure 2030. It turns out that the social abatement costs per reduced t CO₂-equ. are lowest, partly negative, for dietary change and food waste. Farm level measures have abatement costs above 150 € per reduced t CO₂-equ.

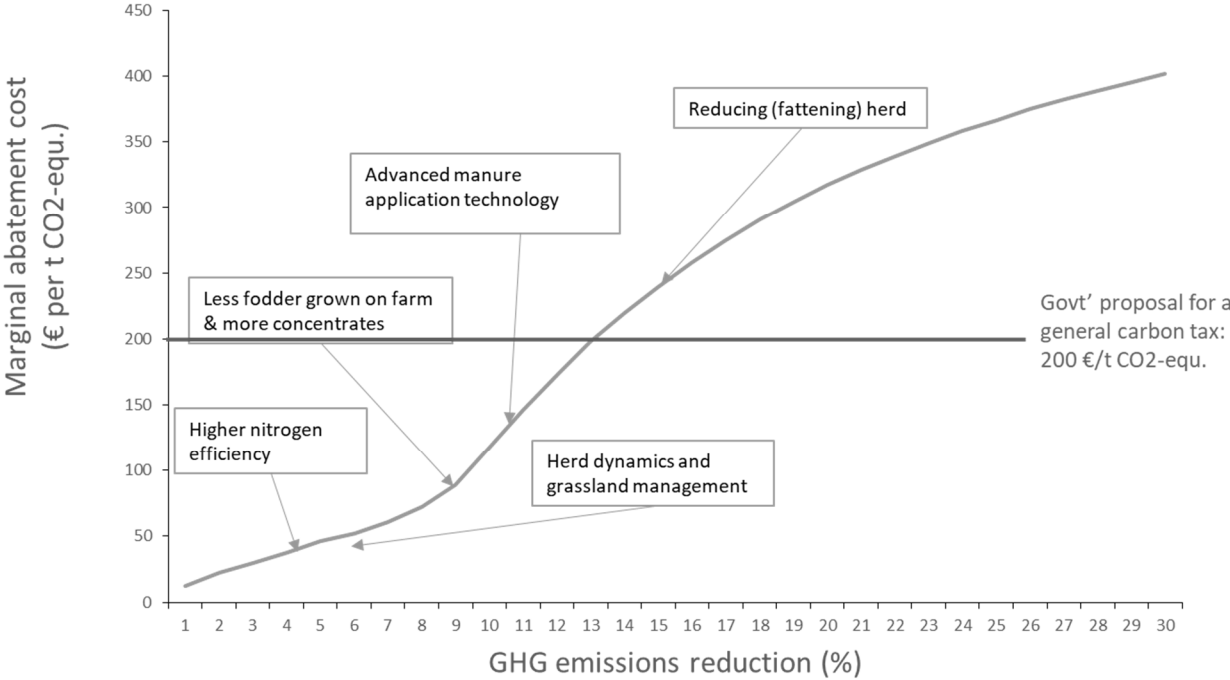
3.2 Abatement costs of the case study

Without abatement efforts, the case study farm emits a total of 443,738 kg CO₂-equ. with the majority of emissions stemming from enteric fermentation, manure management and fertilizer use. Figure 2 shows the abatement costs per ton emitted CO₂-equ. for 30 per cent emission reduction.

Lower reduction efforts up to 9 per cent are possible at costs lower than 100€ per ton CO₂-equ. The measures to reach these first abatement steps are small adjustments in management, such as lowering the date of first insemination of heifers, a small increase in the amount of grazing and a better fertilizer management through small changes in grassland management. Further abatement (10-15 per cent) is bound to higher costs (100-240€ per t CO₂-equ.) and requires investment in technology. The use of manure injection for application enables direct abatement of ammonia and therefore spares indirect GHG emissions. Furthermore, the higher nitrogen efficiency decreases the need of mineral fertilizer which also reduces emissions. Besides the

investment in manure application technology, the farm extensifies the grassland production which spares fertilizer and ultimately emissions. The extensification reduces the yield and requires the purchase of fodder to sustain the herd. Emissions arising from the production of fodder outside the farm boundaries are not considered. Abatement above 15 per cent is only achievable by reducing the number of fattened bulls. This substantially reduces the farm income resulting in high abatement costs over 240€ per ton CO₂-equ. Due to the high profitability of cereal production and dairying these branches are excluded from on-farm reduction efforts.

Figure 2. Abatement cost curve of case study farm



Source: Own illustration

4 Discussion

To our knowledge no other study estimated abatement costs of Norwegian farms before, despite the ambitious targets formulated in the farmers union climate plan and the climate White paper. However, other studies with a different regional scope confirm the findings at hand in that substantial savings on farms are bound to substantial costs (MOSNIER et al. 2019, CECCHINI et al. 2018).

Our results suggest that emission reductions up to 10 per cent are achievable at comparably low costs. The abatement measures to reach this reduction are a diffuse mix of adjustments in management. These might differ among farms and are hard to translate into an actual action plan and therefore it is questionable if they are fully covered in the NIR. Opportunities arise where measures have the potential of combined benefits with other policy goals. For example, increasing the nitrogen efficiency through better manure application technology and reducing the amount of applied fertilizer can contribute to the reduction of water pollution and acidification, too. Other measures, such as shifting fodder production outside the farms boundaries may pose the danger of emission leakage, meaning, emissions are not abated but pushed outside the analyzed system boundaries (ARVANITOPOULOS et al 2021).

A macroeconomic analysis using a CGE-model for Norway showed that a 50 per cent emission reduction in the Non-ETS sector by 2030 compared to 2005 would imply a carbon tax of about 370 € per ton CO₂-equ. (FÆHN et al. 2020). The government proposed a carbon tax of 200 € per ton CO₂-equ. in its White paper on climate policy (NORWEGIAN GOVERNMENT 2021). Our model results indicate that a carbon tax of 200 € per t CO₂-equ. would reduce GHG emissions

by about 14 per cent. This reduction is about the same level as the target set out in the intentional agreement. If abatement costs of our study farm are higher than the sectoral average, the intentional agreement could possibly be achieved in a cost efficient way - under the condition that all emission reductions achieved would be covered by the NIR. However, as most emissions in agriculture are related to dairy and beef, we can hypothesize that relative emission cuts need to be higher in these two sectors than in other sectors. If this is the case, the achievement of the emission target in the intentional agreement would not be achieved in a cost efficient way for society as the marginal abatement costs would be higher than the general carbon tax. Given that the cost-efficient measures in our case study are partially not translatable into an action-plan for farmers or might lead to emission leakage further indicates shortcomings in the economic feasibility.

If a carbon tax of 370 € per ton CO₂-equ. would be needed, the picture changes. Based on the study farm, emission reduction in the agricultural sector would become more competitive compared to mitigation options in other Non-ETS sectors. However, abatement at such level would have potentially negative impacts on other agricultural policy objectives such as less land use and less food production.

We expect that emission efforts are influenced by farm profitability. This effect is not visible when abatement costs are calculated for one single farm only, but should become clearer when more farms are analyzed. In this respect, we plan to expand the analyzed sample of dairy farms from the Norwegian farm register (i.e., the equivalent to the EU FADN database) to assess variation in abatement costs due to location, farm size and farm management.

Against this background, drawing conclusions about sectoral abatement costs from a single dairy farm is limited. The study farm seems to have implemented mitigation options already (e.g., environmental-friendly manure application technology) and is positioned above the average farm. We hypothesize that abatement costs for the average Norwegian dairy farm will be somewhat smaller than for our study farm.

The review of the climate initiatives for the agricultural sector shows that mitigation measures with lower costs, such as dietary change, are not pushed by farmers or the government. In the case study, one abatement measure that was associated with high costs for the farmer was the reduction of the bull-fattening herd, i.e. reducing red-meat production. While this is one of the key aspects of the Climate Cure 2030 plan and bound to low societal costs it adversely effects associated farmers through lower farm income. This might explain the preference of the farmers union of mitigation measures with higher costs, but, in sum, those fail short in achieving the envisaged GHG emission reduction target the agricultural sector has set itself. As a consequence, there is considerable uncertainty about how to reduce GHG emission reductions in the agricultural sector. This is an indication of a lack of good governance since farmers are left in a veil of political uncertainty regarding climate policy in agriculture, potentially facing high societal costs without achieving desired goals (BRINKERHOFF 2017).

5 Conclusion

This paper calculates GHG abatement costs of a Norwegian dairy farm and discusses the results in the context of climate policy in Norwegian agriculture. Results indicate high abatement costs for meaningful abatement if compared with the price of carbon offsets. Given this, we find that policy-makers and farmers have rather high ambitions illustrated by the intentional agreement to reduce greenhouse gas emissions by about 14 per cent by 2030 compared to 2005. However, it remains unclear how these emissions are to be achieved and whether they can be achieved in a cost-efficient manner. The intentional agreement seems to have been made in a veil of ignorance. A first step forward would include more and better knowledge on the economic and environmental effects of emission reduction at the farm level.

The governance of climate politics in Norway does not seem to be robust as farmers face considerable uncertainty about future (climate and agricultural) policies. This is especially true for policy-makers and society's position regarding dietary changes towards a less meat-based diet. This option is not favored, but cost-efficient. Figures show that the per-capita consumption of red meat is slightly decreasing (NORWEGIAN HEALTH DIRECTORATE 2022), but the reasons for this development are unclear (VATN et al. 2022). Rather than developing a forward-looking climate policy for the agricultural sector in Norway, policy-makers seem to hesitate to make unpopular decisions. It may still be the case that Norwegian agriculture accomplishes the emission reduction target set out in the intentional agreement, but this will then rather be despite of, and not because of, good governance. A second step forward could be to provide more and better guidance to farmers on the desirable contribution of dietary change, food waste reduction and mitigation options at the farm level to achieve the ambition of the intentional agreement.

References

- ACHILLES, Werner (2016): Betriebsplanung Landwirtschaft 2016/17. Daten für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft. 25. Aufl. Edited by Norbert Sauer. Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL - Datensammlung, 2016/17).
- ARVANITOPOULOS, T., Garsous, G., & Agnolucci, P. (2021). Carbon leakage and agriculture: A literature review on emissions mitigation policies.
- BRINKERHOFF, D. W. (2017). Accountability and good governance: concepts and issues. *International development governance*, 269-287.
- BRITZ, W.; Lengers, B.; Kuhn, T.; Schäfer, D. (2014): A highly detailed template model for dynamic optimization of farms. In Institute for Food and Resource Economics, University of Bonn. Model Documentation.
- CECCHINI, L., Venanzi, S., Pierri, A., & Chiorri, M. (2018). Environmental efficiency analysis and estimation of CO₂ abatement costs in dairy cattle farms in Umbria (Italy): A SBM-DEA model with undesirable output. *Journal of Cleaner Production*, 197, 895-907.
- CLARK, M.A. et al. 2020. Global food system emissions could preclude achieving the 1.5 and 2 C climate change targets. *Science* 370: 705-708.
- EBBESVIK, Martha (2020) Økologisk jordbruk. In: Hovland, Ivar (Hrsg.) *Handbok for driftsplanlegging 2020/2021*. NIBIO BOK, Nr. 6. Norsk institutt for bioøkonomi, Oslo, S. 232-244
- FÆHN, T. et al. 2020. Abating greenhouse gases in the Norwegian non-ETS sector by 50 per cent by 2030. *Statistics Norway Report 2020/23*. Statistics Norway. Oslo/Kongsvinger.
- LENGERS, Bernd; Britz, Wolfgang; Holm-Müller, Karin (2014): What Drives Marginal Abatement Costs of Greenhouse Gases on Dairy Farms? A Meta-modelling Approach. In *J Agric Econ* 65 (3), pp. 579–599. DOI: 10.1111/1477-9552.12057.
- LFL (2016): *Zifo2–Zielwert Futteroptimierung*. Poing, Bavaria: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft.
- MITTENZWEI, K. and Prestvik, A.S. 2022. Klimagassutslipp fra norsk jordbruk fordelt på areal, dyr og matproduksjon. *PLATON-rapport 5/2022*. [In Norwegian]
- MITTENZWEI, K. 2018. Økonomisk modellering av klimatiltak i jordbruket. Dokumentasjon og anvendelser i CAPRI og Jordmod. *NIBIO-Rapport 4(60)*. NIBIO. Ås. [In Norwegian]
- MITTENZWEI, K. et al. 2019. Klimakur 2030: “Overgang fra rødt kjøtt til vegetabilsk og fisk”. *Notat M-1497|2019*. NIBIO. Ås. [In Norwegian]
- MOSNIER, C., Britz, W., Julliere, T., De Cara, S., Jayet, P. A., Havlik, P., ... & Mosnier, A. (2019). Greenhouse gas abatement strategies and costs in French dairy production. *Journal of Cleaner Production*, 236, 117589.
- NORWEGIAN GOVERNMENT. 2019. Intensjonsavtale mellom jordbruket og regjeringen om reduserte klimagassutslipp og økt opptak av karbon fra jordbruket for perioden 2021-2030. 21. juni 2019. Oslo.
- NORWEGIAN GOVERNMENT. 2021. *Meld. St. 13 (2020-2021) Klimaplan for 2021-2030*. Oslo.

- NORWEGIAN ENVIRONMENT AGENCY. 2020. Klimakur 2030. Tiltak og virkemidler mot 2030. Rapport M-1625|2020. Oslo [In Norwegian]
- NORWEGIAN HEALTH DIRECTORATE. 2022. Utviklingen i norsk kosthold 2021. Matforsyningsstatistikk. Rapport IS-3031. Health Directorate. Oslo. [In Norwegian]
- STATISTICS NORWAY. 2021. Emissions to air. Statistics Norway. Oslo/Kongsvinger. StatBank source tables 08940 and 08941. (Internet: <https://www.ssb.no/en/natur-og-miljo/forurensning-og-klima/statistikk/utslipp-til-luft>, downloaded 18.03.22).
- VATN, A. et al. 2022. What role do climate considerations play in consumption of red meat in Norway? Global Environmental Change 73. (<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2022.102490>).

FRAMING OF AGRICULTURAL CLIMATE CHANGE INFORMATION

Doris Läßle¹

Abstract

The agricultural sector is a significant contributor to greenhouse gas (GHG) emissions, hence it is important that GHG emissions from agriculture decline. In this context, the adoption of climate change mitigation measures by farmers is seen as a key step to achieve lower emissions. In general, information provision is important to facilitate uptake of new practices, but its effectiveness is often below expectations. In this paper, we explore means to increase engagement of farmers with climate change mitigation information. Specifically, we assess the effect of framing of messages on engagement with the information, knowledge and stated intentions to implement GHG mitigation measures. To this end, we conducted an online field experiment with over 500 livestock farmers in Ireland, where participants were randomly allocated into one of the two treatments or control group. One treatment generated interest by stressing the need to act due to concern about the reputation of the industry, while the second treatment was based on loss aversion. We hypothesise that framing will increase engagement with the information, and lead to better knowledge and higher stated intentions to change farm practices. Our findings show that framing significantly affects information engagement, but does not significantly impact knowledge or stated intentions. We also find that increased information engagement is positively associated with better knowledge, which in turn is positively related to stated intentions to increase the uptake of GHG mitigation measures. Our findings have important implications for advisory programmes focused on agricultural climate change mitigation.

Keywords

GHG mitigation, livestock agriculture, economic experiment, behavioural economics

1 Introduction

Meat and to a lesser extent dairy consumption have become the focus of public debates about sustainable food consumption. In line with increasing concerns about and the urgency to address the climate crisis, greenhouse gas (GHG) emissions from livestock production have dominated those public debates. Overall, food systems are responsible for one third of global GHG emissions (CRIPPA et al. 2021). In industrialized countries almost 50% of GHG emissions originate from land use and the livestock sector is responsible for a large share of those emissions (CRIPPA et al. 2021). Hence, the development and implementation of improved technologies on farms is seen as an important strategy to mitigate agricultural GHG emissions (PARLASCA and QAIM 2022). In fact, environmental impacts are often dominated by producers with very high impacts, which provides opportunities for mitigation at the farm-level (POORE and NEMECEK 2018). Key GHG mitigation strategies are the implementation of climate-smart practices, such as feed additives, improved grazing management, reduced fertilizer application and improved breeding.

However, in order to adopt new technologies, farmers need to be aware that these exist. Hence, any adoption of new a technology or farm practice starts with the discovery of new knowledge. Therefore, facilitating new knowledge through information provision is of major importance. As such, the urgency of adopting climate change mitigation technologies in the farming sector

¹ National University of Ireland Galway, doris.laepple@nuigalway.ie

highlights the key role of effective knowledge transfer programs to facilitate widespread adoption. However, some decision makers tend to underutilize available information (WEIZSÄCKER 2010) or ignore information altogether (GOLMAN, HAGMANN, and LOEWENSTEIN 2017), which can be a reason why the promotion of innovations often fails to realise intended outcomes. This can be a limiting factor in the widespread uptake of climate change mitigation measures, which requires attention. In this study, we test how to increase the effectiveness of information provision about climate change mitigation through an online field experiment.

In general, information use in agriculture is a complex process. While farmers learn from many different sources, agricultural extension services and other farmers are seen as the most prevalent means of knowledge diffusion (BIRKHAUSER, EVENSON, and FEDER 1991; CASE 1992; FOSTER and ROSENZWEIG 1995). Agricultural extension services provide information to farmers through a variety of means, such as one-to-one advice, farm visits, group advice, or information events. In addition, online information provision has become more important over the last number of years, further stimulated due to covid, when in-person (group) meetings were not possible. Given the fact that widespread farm level changes are required to mitigate climate change, online information provision will likely further increase in importance over time as it can be a cost effective means to reach a large number of farmers. More broadly, extension services educate farmers to make better decisions and as such increase human capital (ANDERSON and FEDER 2004). Available information impacts perceived benefits of new technologies, which in turn influence adoption decisions (CHAVAS and NAUGES 2020). To date, information use by farmers has largely been addressed through direct approaches based on observational data. For example, a large body of research has evaluated the impact of extension services. Results vary widely from positive or unclear impact to ineffectiveness (e.g., BIRKHAUSER, EVENSON, and FEDER 1991), DUFLO, KREMER, and ROBINSON (2011), FEDER, MURGAI, and QUIZON (2004), and PAN, SMITH, and SULAIMAN (2018)). These approaches largely focus on final outcomes, such as adoption, wealth, etc. with a main focus on economic outcomes. However, how farmers engage with information and how their engagement with information can be facilitated has received scant attention in the literature. This is despite the fact that the behavioural economics literature shows that framing of information can have an important impact on subsequent behaviour change (KAHNEMAN 2003; TVERSKY and KAHNEMAN 1974). One exception is a study by WALLANDER, FERRARO, and HIGGINS (2017) who examined the effect of framed outreach messages on conservation programme uptake in a field experiment. In particular, this study provides evidence of inattentive behaviour and shows that peer comparisons and social norm messaging do not affect contract enrolment. This is an unexpected finding in the context that other research has shown that framing of messages to initiate climate change action can have profound effects, and can help to initiate constructive dialogue about climate change with audiences that are more difficult to reach (WHITMARSH and CORNER 2017).

In contrast, there is an emerging literature that explores information engagement in sustainable food choices, which is important given that dietary changes are seen as another key strategy to reduce food related GHG emissions (PARLASCA and QAIM 2022). For example, EDENBRANDT, LAGERKVIST, and NORDSTRÖM (2021) explore active information avoidance in relation to carbon emissions of food. They find that people who experience climate related cognitive dissonance change their behaviour more. In addition, GRAHAM and ABRAHAMSE (2017) assessed the effectiveness of information about climate impacts of meat consumption, and whether framing of information will facilitate better impact. They show that targeted framing of messages affects attitudes towards meat consumption.

However, how framing of the agricultural extension message affects information engagement has received scant attention, and remains an open question. In this paper, we explore means to increase information engagement of farmers with climate change mitigation information. Specifically, we assess the effect of framing of messages on engagement with the information,

knowledge and stated intentions to adapt farm practices. We hypothesise that framing will increase engagement with the information, and lead to better knowledge and higher stated intentions to change farm practices. To this end, we conducted an online field experiment with over 500 livestock farmers in Ireland. Farmers were randomly allocated into one of the two treatments or control group. Our findings show that information framing significantly affects engagement with the provided information, but does not significantly impact knowledge or stated intentions. In addition, we find that increased information engagement is positively associated with increased knowledge, which in turn is positively related to stated intentions.

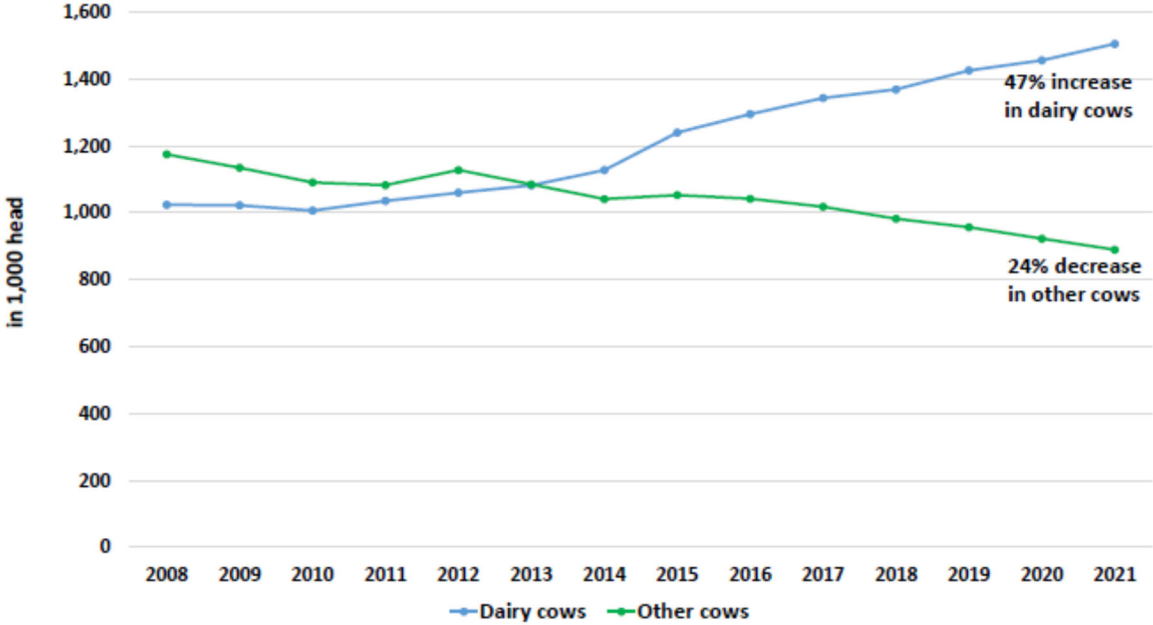
The remainder of the paper is structured as follows: The next section provides background about the context of the study setting. A conceptual framework is outlined next. In the methodology section, we describe the survey and experimental approach and data. This is followed by a results and discussion section, while the paper finishes with conclusions that outline policy implications with a focus on advisory services.

2 Background

The Irish agricultural sector is livestock dependent, and dairy and beef are the dominant agricultural systems in terms of output. More specifically, about 87% of all 135,000 farms in Ireland have some livestock (CSO 2022b). With 74,000 farms beef production is the dominant farm system in terms of farm numbers, while there are about 15,300 dairy farms and 17,000 sheep farms. The remaining farms are mixed grazing livestock or cereal farms.

Beef and dairy production is mainly grass-based, with cows calving in the spring to maximize grass intake. At the end of 2021, there were over 6.6 m cattle in Ireland, and the evolution of dairy cow and other cow numbers are shown in figure 1. With an increase of 5.5% between 2008 and 2021, total cattle numbers have remained relatively stable over the last decade. In contrast, dairy cow numbers have increased by almost 50% between 2008 and 2021, while other cows (i.e. suckler cows) have decreased by 24% over the same time period (CSO 2022a).

Figure 1. Overview of Cattle Numbers



Source: Central Statistics Office, 2022

This change in the composition of cattle population was initiated by the EU milk quota abolition, that came into effect in 2015. The ending of milk quotas was preceded by a `soft

landing period, that allowed gradual increases in milk quota production in each EU Member State. In Ireland, dairy farming is generally associated with high farm incomes, while cattle farming achieves much lower incomes from farming (CARTER and LÄPPLE 2019). Thus, due to the opportunity of unconstrained production growth, many dairy farmers expanded their milk production and significant intra and inter farm substitution from beef to dairy production took place, as suggested by the development of cattle numbers shown in figure 1.

In fact, Ireland was one of the few countries that significantly expanded its milk production. For example, milk production has increased by over 75% between 2008 and 2021 in Ireland, while total EU milk production increased only by about 7% between 2014 and 2020 (EUROSTAT 2021).

However, Ireland's livestock focused agricultural production has implications on GHG emissions. Specifically, the Irish agricultural sector accounts for 37.1% of national GHG emissions, which is unique in a developed country context. For example, agriculture accounts for about 10% of national GHG emissions in the EU and US. Ireland is committed to reduce GHG emissions as part of the EU target to be climate-neutral by 2050. In addition, Ireland has its own national target to reduce its GHG emissions by 51% by 2030 compared to 2018. The 2021 Climate Action Plan introduced sector specific targets, and the agricultural sector is required to reduce GHG emissions by 25% by 2030 compared to 2018.

A key measure to reduce agricultural GHG emissions is based on increased adoption of GHG mitigation measures by farmers, such as reduced fertilizer use, improved breeding, and low emission slurry spreading. To this end, a specific initiative has been launched in Ireland (Teagasc Signpost Programme) to facilitate and support farmers in the adoption of climate action measures. The Signpost Programme created over 100 demonstration farms to showcase best practice, hosts regular (online) seminars, and disseminates information via newsletters and on their website. In this study, we work with the Teagasc Signpost programme to test if different framing of information impacts engagement with information material, knowledge and intentions to adopt climate action measures.

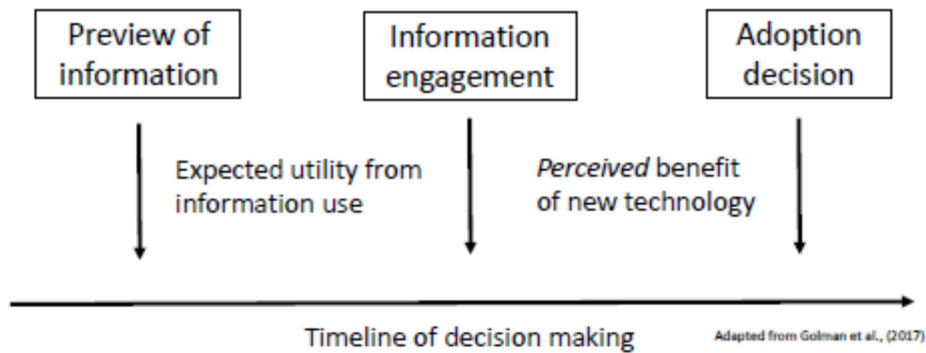
3 Conceptual Framework

Agricultural extension services are an important means to disseminate information to farmers in order to initiate change at the farm level. However, agricultural extension services have a mixed record of success (AKER 2011; BIRKHAUSER, EVENSON, and FEDER 1991; LÄPPLE and HENNESSY 2015), but reasons of this underperformance have not received much attention in the agricultural economics literature. However, there is a considerable experimental literature that shows that people tend to underutilize information (WEIZSÄCKER 2010). Experiments in psychology shed light as to why this might be the case: individuals can be held back by their over-confidence (MOBIUS and ROSENBLAT 2014; MALMENDIER and TAYLOR 2015). In addition, people have been found to avoid information altogether (GOLMAN, HAGMANN, and LOEWENSTEIN 2017), which can be a concern for agricultural information provision. In fact, WALLANDER, FERRARO, and HIGGINS (2017) show that farmers exert inattentive behaviour.

Assume that a farmer is provided with a preview of information that is framed in a particular way and promotes a climate change mitigation measure. This will influence the farmer's expected utility of the information, and affect how attentively the farmer engages with the information.

The more closely the farmer engages with the provided information, the more likely it is that the farmer will perceive that the promoted technology will yield some benefit when implemented. It is the perceived benefit that influences the adoption decision (CHAVAS and NAUGES 2020). This process is shown in figure 2.

Figure 2. Framework



Source: Adapted from GOLMAN et al., 2017

4 Methodology

4.1 Survey

We conducted an online field experiment where farmers were randomly allocated into one of the two treatments or the control group. In fact, as we included different livestock farm systems, we used stratified randomization to assign participants into one of the groups. Participants were stratified by farm system (either dairy or beef and/or sheep (drystock)) and assigned into blocks. Simple randomization was performed within each block to assign subjects to one of the two treatments and control group that received no introduction to the information.

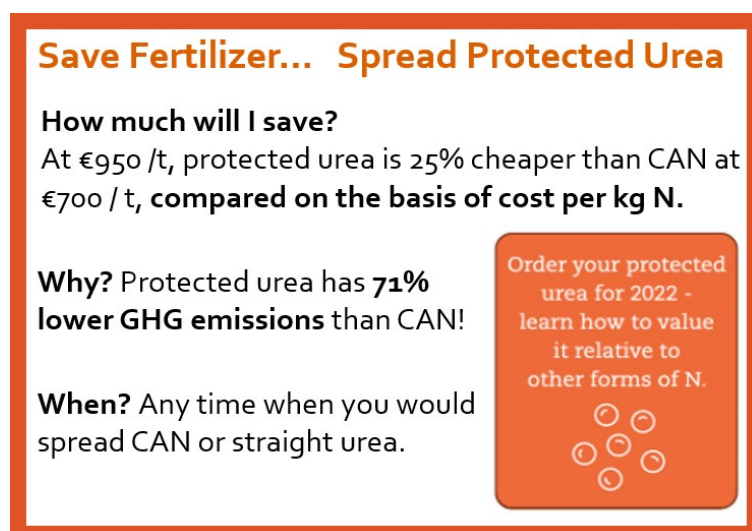
Treatment one motivated the information by aiming to generate reputation concerns of farmers by stating that 'Increasing concerns by society about agricultural GHG emissions threatens the reputation of the Irish agricultural sector. It is important that every farmer adjusts farm practices to help reduce agricultural GHG emissions. Every contribution, regardless how small, is valuable. Together we can make a difference and ensure Irish agriculture retains its environmentally sustainable reputation. In the following, we will give you some information on how you can contribute to this common goal.'

Treatment two focused on loss aversion and introduced the information by reminding farmers to 'Avoid unnecessary expenses!...and save the environment too. In the following, we will give you some information on how you can avoid reductions in your income by introducing simple measures on your farm.'

Both treatments and the control group were followed by the same three infographics that provided information on how to save chemical N fertilizer. Reducing the application of chemical N fertilizer was promoted as one of the main actions to reduce agricultural GHG emissions in Ireland at the time of data collection. Specifically, we focused on the application of lime, the implementation of clover, and increased usage of protected urea. The application of lime is promoted as it increases soil pH, which then reduces fertilizer requirement. The implementation of clover in grazing swards is a substitute for fertilizer, while protected urea is an 'environmentally friendly' fertilizer that releases fewer GHG emissions when compared to traditional fertilizers.

Figure 3 provides an example of one of the infographics, focusing on protected urea. All infographics followed the same structure, providing an economic and environmental motivation, as well as information on how to implement the practice.

Figure 3. Infographic from Survey



As mentioned, the study was conducted in collaboration with a farm advisory service focused on climate action ('Teagasc Signpost Programme'). The provided information was aligned with messages that were due to be promoted by the programme shortly after the study was completed. Furthermore, the infographics were developed in collaborations with farm advisors and discussed with farmers in a small focus group. This focus group discussion also influenced our treatment selection.

The outcome variables are information engagement, knowledge and stated intentions to change farm practices. We elicited information engagement by measuring how long farmers spent looking at each infographic, and by assessing participants knowledge on the information provided with two multiple choice questions for each infographic.

Stated intention was measured by asking farmers about their plans for 2022 in relation to the three promoted farm practices (i.e. plans to increase lime application, clover and protected urea in 2022), and one general question about fertilizer application reduction plans, i.e. in 2022, I plan to reduce chemical N fertilizer. The answer choices were 'yes', 'no' and 'unsure', with follow up questions for reasons if 'no' or 'unsure' was selected. The survey also elicited current farm practices, and farmers attitudes towards agricultural GHG emissions and climate change, as well as farm information usage. The survey has received ethical approval and has been pre-registered on Open Science Framework.

4.2 Data

The study was conducted in January 2022 and was administered in Qualtrics. An online link was sent to farmers through their local advisor. An incentive of 30 €50 online gift vouchers was provided. The vouchers were randomly allocated to all respondents who opted to participate in the draw.

We received 528 completed responses. Of those completed responses, 300 were dairy farmers, and 228 drystock farmers, comprising of 108 suckler (i.e. calf-cow operations), 92 cattle finishing and 28 sheep farmers. Dairy farmers in our sample have on average 129 dairy cows, which is significantly larger than the national average of 90 dairy cows (DILLON, MORAN, and DONNELLAN 2020). Suckler farms have on average 31.74 suckler cows, cattle finishers have an average cattle herd of 91.22, while sheep farmers lambed on average 169.75 ewes/hoggets.

Our key outcome variable was the length of time farmers viewed the presented infographics, which we used to measure information engagement. Farmers viewed all infographics on

average for 58 seconds, see table 1. We hypothesised that this time would significantly increase by the framing of the information, and table 2 provides an overview on the length of time farmers spent looking at each infographic divided by treatment and control groups. It is evident that framing of information influenced how long farmers viewed the infographics, but the direction of the effect is against our initial hypothesis. In fact, the time farmers spent looking at the infographics is shorter for the treatment groups.

Table 1. Outcome variables

Outcome variables	Dairy	Drystock	All
Engagement (time in sec)	56.99 (44.03)	59.47 (46.07)	58.06 (46.76)
Knowledge (score, range: 0 to 30)	22.60 (5.76)	20.17 (6.35)	21.25 (6.09)
Intention (score, range: 0 to 20)	16.14 (4.09)	13.67 (4.85)	15.07 (4.60)
Observations	300	228	528

After viewing the infographics, we asked six multiple choice questions to test respondents' knowledge on the information presented in the infographics. There were two multiple choice questions for each infographic, one question focused on management related issues and one focused on environmental implications. An example for an environmental related question is: 'How much fertilizer can you save by spreading lime?' followed by 5 choices, 30 kg/ha, 50 kg/ha, 70 kg/ha, 90 kg/ha and don't know². The categorical knowledge questions were converted in a numeric score, as follows: a correct answer received a score of 5, the next closest answer a score of 2, the next closest answer a score of 1, while all 'don't know' answers received a score of 0. The average knowledge score across all respondents was 21.25, ranging from 0 to 30, see table 1. Overall, dairy farmers with a knowledge score of 22.60 had better knowledge than drystock farmers, with a score of 20.17. In general, farmers answered management related questions better than questions that related to environmental implications of the respective farm practice, see Appendix B for details. When exploring knowledge by treatment, see table 2, no difference in knowledge score between the three groups is evident.

The third outcome variable is stated intention. Similar to the knowledge score, we converted the four stated intention questions into one continuous score as follows: a 'yes' answer received a score of 5, 'no' and 'unsure' answers received a score of 3 if the follow up question was asked with 'I already use enough and can't do more, otherwise 'unsure' received a score of 1 and 'no' a score of 0. The average intention score of all farmers was 15.07, ranging from 0 to 20, see table 1. Dairy farmers have significantly greater intentions to increase the use of environmentally friendly measures, as shown in table 1. Farmers expressed the greatest intention for reducing chemical N fertilizer, which may partly be driven by high fertilizer prices at the beginning of 2022. Just under 60% of dairy farmers plan to increase the use of protected urea, while less than 40% of drystock farmers plan to use more protected urea. Please see Appendix C for more details. When dividing intention by treatment, see table 2, reveals that intention does not seem to differ by treatment.

² Correct answer in bold

Table 2. Outcome variables by treatment

Outcome variables	Reputation	Loss aversion	Control
Engagement			
All	50.47 (48.02)	57.54 (46.99)	65.92 (44.24)
Dairy	48.26 (43.43)	57.93 (39.04)	64.78 (48.02)
Drystock	53.46 (35.75)	57.00 (56.26)	67.34 (39.27)
Knowledge			
All	20.91 (6.13)	21.67 (5.62)	21.17 (6.48)
Dairy	21.66 (5.77)	22.41 (5.65)	22.12 (5.89)
Drystock	19.89 (6.49)	20.66 (5.42)	19.98 (7.01)
Intention			
All	15.39 (4.68)	14.82 (4.79)	15.01 (4.33)
Dairy	16.57 (3.80)	15.96 (4.34)	15.89 (4.12)
Drystock	13.78 (5.27)	13.28 (4.96)	13.91 (4.36)

Control variables are reported in table 3 for all sample farmers, as well as divided by farm system, while control variables divided by treatment are reported in Appendix O table A5. Survey respondents farm 60.81 ha on average. 15% of sample farmers are younger than 35. When exploring this data in more detail reveals that 8% of sample farmers are older than 65. This implies that the farmers in this sample are significantly younger than the national average, where almost one third is older than 65 (CSO 2021). The majority of farmers (almost 70%) are aware of the Signpost Programme. However, this differs between farm systems.

Table 3. Control variables

Control variables	Dairy	Drystock	All
Farm size	74.50 (44.06)	42.79 (47.30)	60.81 (48.08)
Age 18-35 (% in category)	17.33	12.71	15.34
Age 36-45	23.67	21.49	22.27
Age 56-55	33.67	26.31	30.49
Age 56-65	21.00	25.88	23.11
Age 65+	4.33	13.6	8.33
Signpost (% aware)	82.33	48.24	67.61
Reduced N application in last 3 years (% yes)	43.67	48.68	45.83
Protected urea (% of fertilizer N in 2021)	29.98 (32.16)	11.65 (23.39)	22.07 (30.08)
Clover (% of grassland with clover in 2021)	28.41 (25.91)	38.85 (32.43)	32.92 (29.34)
Lime (% of farmers applied lime in 2021)	81.33	51.32	67.23
Climate change attitude (range: 4 to 20)	14.60 (3.22)	14.79 (3.56)	14.68 (3.37)

Over 80% of dairy farmers are aware of the Signpost Programme, while just half of drystock farmers know of the Signpost Programme.

As mentioned, reductions in chemical N fertilizer is one of the key measures to reduce agricultural GHG emissions in Ireland at present. Spreading lime and implementing clover are steps to achieve lower fertilizer application rates, while protected urea is marketed as 'environmentally friendly fertilizer. Table 3 also provides an overview of current practices on our sample farms. About 45% of sample farmers reduced chemical N fertilizer application over the last three years. Almost 30% of fertilizer spread by dairy farmers was applied as protected urea, while only 12% of fertilizer applied by drystock farmers was applied as protected urea. When interpreting this difference, it is important to realize that absolute fertilizer applications of dairy farmers are generally much higher than application rates of drystock farmers. Possibly in line with the more extensive nature of drystock farms, almost 40% of grassland of drystock farmers includes clover, while this figure is just under 30% of dairy farmers. Finally, the vast majority (81%) of dairy farmers spread lime on their fields last year, while only about half of drystock farmers spread lime. We also asked farmers about their opinions in relation to GHG emissions from agriculture and climate change and created a climate change attitude variable based on the sum of the following four statements: 'GHG emissions from agriculture are an important issue', 'GHG emissions from agriculture are cause for alarm', 'Addressing climate change is urgent' and 'I can make a contribution to mitigating climate change on my farm, which were all assessed by a 5-point Likert scale ranging from strongly disagree to strongly agree. The four statements achieved a Cronbach's alpha of 0.715. The average score of the sample farmers is 14.68 with no difference in climate change attitude between the two farm systems, see table 1.

5 Results and Discussion

In line with our pre-registered hypotheses, we explore the impact of our treatments on the time spent looking at the infographics (information engagement), knowledge and stated intentions. Table 4 reports the results of a linear regression model with overall information engagement as dependent variable and separate models for each infographic (i.e., lime, clover and protected urea). The treatments are included as dummy variables with the control group as base category. The following control variables are also included in the models: farm size and system; climate change attitude, use of the respective practice (i.e. lime, clover, protected urea), farmer's age measured in categories and awareness of the Signpost programme.

As can be seen in table 4, the reputation treatment significantly affects the time participants viewed the infographics, but the direction of the effect differs to what was expected. In contrast to our expectations, the treatments significantly reduced the time farmers engaged with the provided information.

Table 4. Regression Results - Information Engagement

Information engagement (sec)	All Model 1	Lime Model 2	Clover Model 3	Protected urea, Model 4
Reputation	-15.245*** (4.879)	-8.322*** (3.112)	-4.394*** (1.283)	-2.409 (1.995)
Loss aversion	-9.603** (4.823)	-5.620** (2.773)	-1.876 (1.572)	-1.386 (1.668)
Control variables	yes	Yes	Yes	yes
Observations	528	528	528	528
R-squared	0.057	0.040	0.050	0.027

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

More specifically, the reputation treatment significantly reduced total engagement by 15 seconds. Exploring this effect by infographic (models 2 to 4) reveals that the effect is mainly due to a reduction in viewing the lime infographic (8 seconds reduction), followed by a 4 seconds reduction in viewing the clover infographic. However, the treatment did not significantly impact how long farmers viewed the protected urea infographic.

A similar pattern is evident with the loss aversion treatment, yet the effect is less pronounced. Overall, the loss aversion treatment reduces engagement with all infographics by almost 10 seconds. Focusing on the individual infographics reveals that the loss aversion treatment significantly reduced viewing time of the lime infographic, but did not significantly influence how long farmers viewed the remaining two infographics.

The results from table 4 suggest that the treatment effect diminishes over time, as the effect is stronger for the first infographic (lime) and neither treatment significantly influences how long the last infographic (protected urea) is viewed.

Overall, it appears that a close link between framing of the message and the infographic is required to exert an effect in the desired direction, i.e. increase information engagement. For example, Graham and Abrahamse (2017) suggest framing of the message to align with people's value sets as an important factor of communicating climate change messages. Despite close collaboration with farm advisors and farmers, the treatments may not have been aligned with farmers pre-existing beliefs, leading them to reduce engagement with the information.

Next, we explore the effect of the treatments on knowledge and stated intentions. In table 5 the results of the treatment impact on knowledge are reported. Model 1 is an OLS model with the overall knowledge score converted into a continuous score. Models 2 to 4 are the knowledge scores for each infographic, i.e. lime, clover and protected urea. These models are ordered probit models, where the highest category means that the farmer answered both questions correctly. As before, treatments are included as dummy variables, and all models include a set of control variables comprising of farm size and system, lime, clover and protected urea usage, age categories and whether or not the farmer is aware of the Signpost program.

As can be seen, neither of the treatments have a significant impact on knowledge. Thus, despite impacting engagement in terms of viewing time, the treatments do not influence knowledge. We explore the direct link between engagement and knowledge in more detail below.

Table 5. Regression results – Knowledge

Knowledge	All Model 1	Lime Model 2	Clover Model 3	Protected urea Model 4
Reputation	-0.327 (0.651)	-0.011 (0.120)	-0.142 (0.118)	0.067 (0.117)
Loss aversion	0.528 (0.625)	0.100 (0.122)	-0.088 (0.118)	0.138 (0.118)
Control variables	yes	Yes	Yes	yes
Observations	528	528	528	528
R-squared	0.112			

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Model 1: OLS regression; Models 2-4: ordered probit

The results of the treatment effect on stated intention are reported in table 6. Model 1, focusing on overall intention, is a negative binomial model, while models 2 to 4 are ordered probit

models and focus on each specific practice promoted by the infographics. Similar to the knowledge score, the highest category means that the farmer expressed an intention to implement the respective practice. Treatments are included as dummy variables with the control group as base category, and all models include the following control variables, farm size and system, lime, clover and protected urea usage, age categories and whether or not the farmer is aware of the Signpost program. As can be seen, neither of the treatment variables significantly affect stated intentions, which is against our pre-registered hypothesis. Considering our previous finding that the treatments affected viewing times with diminishing effect for subsequent infographics, may suggest that the treatments were not 'strong enough to influence farmer decisions in a lasting way.

Table 6. Regression results – Intention

Intention	All Model 1	Lime Model 2	Clover Model 3	Protected urea Model 4
Reputation	0.013 (0.031)	0.011 (0.143)	0.074 (0.135)	0.013 (0.123)
Loss aversion	-0.020 (0.032)	-0.019 (0.142)	-0.089 (0.132)	0.031 (0.124)
Control variables	yes	Yes	Yes	yes
Observations	528	528	528	528
R-squared	0.112			

(Robust) standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Model 1: negative binomial model; Models 2-4: ordered probit

Overall, the treatments do not have a significant effect on knowledge or stated intentions, which is against initial expectations.

As a final part of the analysis, we further explored our data to assess whether increased engagement with the infographics leads to better knowledge, which in turn may influence stated intentions, as outlined in the conceptual framework. This model is estimated with a seemingly unrelated regression model that allows correlation of the error terms. Estimation results are reported in table 7.

The empirical findings suggest that time spent looking at the infographic is positively associated with better knowledge. In turn, increased knowledge is positively associated with stated intention to increase the uptake of climate action measures. In this table, control variables are included and reported, and some of their effects are worth highlighting. First, age is significantly related with knowledge, in the sense that being an older farmer is associated with worse knowledge about climate action measures. In addition, awareness of the Signpost Programme is positively associated with better knowledge. Of course, farmers that are aware of the Signpost programme would also generally be more interested in climate action.

In relation to stated intentions, being a dairy farmer is significantly positively associated with higher intentions. In other words, dairy farmers expressed greater intentions to implement climate action measures. This is not surprising as dairy farmers generally operate much more intensive enterprises and there is pressure on dairy farmers to adapt their farm systems. Again, being aware of the Signpost Programme is significantly positively associated with stated intentions.

Table 7. Engagement, Knowledge and Intention

	Knowledge Model 1	Intention Model 1
Knowledge		0.066** (0.033)
Engagement (total)	0.029*** (0.005)	0.006 (0.004)
Farmsize	0.007 (0.005)	0.003 (0.004)
Farmsystem	-0.018 (0.599)	1.466*** (0.449)
GHG attitude	-0.019 (0.104)	0.108 (0.078)
Climate change attitude	0.304** (0.141)	-0.071 (0.106)
Reduced N	-1.075*** (0.404)	1.284*** (0.305)
Pr. Urea use	0.022** (0.009)	0.015** (0.007)
Clover	-0.024*** (0.009)	0.009 (0.006)
Applied lime	0.665 (0.570)	0.793* (0.428)
Age (36-45)	-2.552*** (0.808)	-1.059* (0.612)
Age (46-55)	-2.862*** (0.768)	-0.272 (0.584)
Age (56-65)	-2.731*** (0.817)	-0.330 (0.619)
Age (65 -)	-4.547*** (1.092)	-0.735 (0.833)
Signpost	1.626*** (0.576)	1.110** (0.435)
Constant	19.973*** (1.600)	12.444*** (1.367)
Observations	528	528
R-squared	0.162	0.173

Standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

6 Conclusion

Agricultural advisory services are not always successful in convincing farmers to implement changes on their farms (e.g., AKER (2011), BIRKHAUSER, EVENSON, and FEDER (1991), and LÄPPLÉ and HENNESSY (2015)). Also, just providing information sometimes has very little impact (KARLAN, KNIGHT, and UDRY 2015). To make matters worse, people often only hear what they want to hear (i.e., confirmation bias) or ignore information altogether. For example, some people prefer to be ignorant about whether they are causing harm to the environment (THUNSTRÖM et al. 2014) or how the food was produced that they are eating (BELL, NORWOOD, and LUSK 2017). Many farmers certainly use new information and are willing to embrace changes on their farms. But, reaching enough farmers with information and asking them to change their farm practices to achieve the required GHG reduction targets to achieve EU and national climate targets will be challenging.

This study assessed the impact of framing of information with the aim to achieve more effective knowledge transfer messaging for agricultural GHG mitigation. Specifically, we tested whether different information framing affects engagement with the information, knowledge and stated intentions in relation to farm climate action measures. We used an online survey that included an experiment with over 500 livestock farmers that randomly allocated participants into treatment and control groups. One treatment aimed to generate reputation concern of the agricultural industry, while the second treatment was based on loss aversion. As hypothesized, we find that the treatments significantly affect information engagement, but the direction of the effect was negative. In addition, we do not find a significant relationship between the treatments and knowledge or stated intention. However, we find evidence that an increased time spent looking at the infographics is positively related to knowledge, while better knowledge in turn is positively associated with a stated higher intention to adopt climate action measures.

The findings of our study provide important information for knowledge transfer messages for farmers, and how to improve engagement. Information engagement is very important, as the amount of information and ways how it is delivered is continuously increasing. As information avoidance has become more widespread, finding ways to counteract this issue are needed.

In this context, there are at least three findings from this study that are worth highlighting. First, our results show that framing of information influences engagement with the information. Hence, this 'tool can be used to overcome widely observed information avoidance (GOLMAN, HAGMANN, and LOEWENSTEIN 2017). However, our findings suggest that this framing needs to be in line with farmers beliefs to initiate the desired increase in information engagement. For example, MÖBIUS et al. (2022) show that people follow advice more when they receive a positive signal about their ability to when they receive a negative signal. The negative impact of the treatments seem to suggest that the framing of the information was not in line with farmers beliefs. In addition, a reduction in engagement may be further aggravated by confirmation bias (RABIN and SCHRAG 1999), that makes people reinforce pre-existing beliefs, i.e. farmers may already feel they are blamed for climate change, which may cause further disengagement. Second, better engagement is associated with better knowledge, which in turn is associated with greater intentions to adopt new practices. These links underline the importance of the initial hook that draws farmers into engaging with the information. Thus, careful thought is required to motivate farmers to engage with information. Third, results from the knowledge questions provide useful insight in this regard. Specifically, our findings reveal that farmers have significantly better knowledge of how to implement new farm practices, as opposed to their environmental impact. This may suggest that information on how to implement practices is more important to engage farmers than highlighting the environmental performance of new farm practices.

References

- AKER, J.C. (2011). "Dial 'A' for agriculture: A review of information and communication technologies for agricultural extension in developing countries". In: *Agricultural Economics* 42.6, pp.631-647
- ANDERSON, Jock R. and Gershon FEDER (2004). "Agricultural extension: Good intentions and hard realities". In: *The World Bank Research Observer* 19.1, pp.41-60.
- BELL, Eryn, F Bailey NORWOOD, and Jayson L LUSK (2017). "Are consumers wilfully ignorant about animal welfare?" In: *Animal Welfare* 26.4, pp.399-402.
- BIRKHAUSER, Dean, Robert E EVENSON, and Gershon FEDER (1991). "The economic impact of agricultural extension: A review". In: *Economic Development and Cultural Change* 39.3, pp.607-650.
- CARTER, Colin A. and Doris LÄPPLE (2019). "Brexit and the Disruption of Agricultural Trade: A View from Ireland". In: *ARE Update* 22,3, pp.12-15.
- CASE, Anne (1992). "Neighborhood influence and technological change". In: *Regional Science and Urban Economics* 22.3, pp.491-508.
- CHAVAS, J-P. and Céline NAUGES (2020) "Uncertainty, learning, and technology adoption in agriculture-2. In: *Applied Economic Perspectives and Policy* 42.1, pp42-53.
- CRIPPA, Monica et al. (2021). "Food systems are responsible for third of global anthropogenic GHG emissions". In: *Nature Food* 2.3, pp. 198-209.
- CSO (2021). Census of Agriculture 2020 – Preliminary Results, Central Statistics Office. <https://www.cso.ie/en/csolatestnews/pressreleases/2021pressreleases/presstatementcensusofagriculture2020/#:~:text=There%20were%20135%2C037%20farms%20in,or%202.2%25%20in%202020>
- DILLON, Emma, Brian MORAN, and Trevor DONNELLAN (2020). "Teagasc national Farm Survey 2019 Results". In: Teagasc, Athenry, Co Galway, Ireland.
- DUFLO, Esther, Michael KREMER, and Jonathan ROBINSON (2011). "Nudging farmers to use fertilizer: Theory and experimental evidence from Kenya". In: *American Economic Review* 101.6, pp 2350-90.
- EDENBRANDT, Anna Kristina, Carl Johan LAGERKVIST, and Jonas NORSTRÖM (2021). "Interested, indifferent or active information avoiders of carbon labels: Cognitive dissonance and ascription of responsibility as motivating factors". In: *Food Policy* 101, p. 102036.
- ENVIRONMENT, MINISTRY FOR THE (2022). Agriculture Emissions and Climate Change, New Zealand. Accessed: 07/2022
- EUROSTAT (2021). Milk and Milk Production Statistics. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Milk_and_milk_product_statistics#Milk_production (visited on 03/01/2022)
- FEDER Gershon, Rinku MURGAI, and Jamie B. QUIZON (2004). "The acquisition and diffusion of knowledge: The case of pest management training in farmer field schools, Indonesia". In: *Journal of Agricultural Economics* 55.2, pp. 221-243.
- FORSTER, Andrew D. and Mark ROSENZWEIG (1995). "Learning by doing and learning from others. Human capital and technical change in agriculture". In: *Journal of Political Economy* 103., pp 1176-1209.
- GOLMAN, Russel, David HAGMANN, and George LOEWENSTEIN (2017). "Information avoidance". In: *Journal of Economic Literature* 55.1, pp 96-135.
- GRAHAM, Thomas and Wokje ABRAHAMSE (2017). "Communicating the climate impacts of meat consumption: The effect of values and message framing". In: *Global Environmental Change* 44, pp. 98-108.
- KAHNEMANN, Daniel (2003). "Maps of bounded rationality: Psychology for behavioural economics". In: *American Economic Review* 93,3, pp. 1449-1475.
- KARLAN, Dean, Ryan KNIGHT, and Christopher UDRY (2015). "Consulting and capital experiments with microenterprise tailors in Ghana". In: *Journal of Economic Behavior & Organization* 118, pp. 281-302.

- LÄPPLE, Doris and Thia HENNESSY (2015). "Assessing the impact of financial incentives in extension programmes: evidence from Ireland". In: *Journal of Agricultural Economics* 66.3, pp. 781-795.
- MALMENDIER, Ulrike and Timothy TAYLOR (2015). "On the verges of overconfidence". In: *Journal of Economic Perspective* 29.4, pp. 3-8.
- MOBIUS, Markus and Tanya ROSENBLAT (2014). "Social learning in economics". In: *Annual Review of Economics* 6.1, pp. 827-847.
- MÖBIUS, Markus M. et al. (2022). "Managing self-confidence: Theory and experimental evidence". In: *Management Science*.
- PAN, Yao, Stephen C SMITH, and Munshi SULAIMAN (2018). "Agricultural extension and technology adoption for food security: Evidence from Uganda". In: *American Journal of Agricultural Economics* 100.4, pp. 1012-1031.
- PARLASCA, Martin C and Martin QAIM (2022). "Meat Consumption and Sustainability". In: *Annual Review of Resource Economics* 14.
- POORE, Joseph and Thomas NEMECEK (2018). "Reducing food has environmental impacts through producers and consumers". In: *Science* 360.6392, pp. 987-992.
- RABIN, Matthew and Joel L SCHRAG (1999). "First impressions matter: A model of confirmatory bias". In: *The Quarterly Journal of Economics* 114.1, pp. 37-82.
- THUNSTRÖM, Linda et al. (2014). "On strategic ignorance of environmental harm and social norms". In: *Revue d'économie politique* 124.2, pp.195-214.
- TVERSKY, Amos and Daniel KAHNEMAN (1974). "Judgement under Uncertainty: Heuristics and biases: Biases in judgments reveal some heuristics of thinking under uncertainty." In: *Science* 185.4157, pp. 1124-1131.
- WALLANDER, Steven, Paus FERRARO, and Nathaniel HIGGINS (2017). „Addressing participant inattention in federal programs: a field experiment with the conservation reserve program". In: *American Journal of Agricultural Economics* 99.4, pp. 914-931.
- WEIZSÄCKER, Georg (2010). "Do we follow others when we should? A simple test of rational expectations". In: *American Economic Review* 100.5, pp.2340-60.
- WHITMARSH, Lorraine and Adam CORNER (2017). "Tools for a new climate conversation: a mixed-methods study of language for public engagement across the political spectrum". In: *Global Environmental Change* 42, pp.122-135.

Appendix

Appendix A Engagement in Time

Table A1. Information Engagmeent by Treatment

All Infographics	Dairy	Drystock	All
<i>Reputation</i>	48.26 (43.43)	53.45 (53.75)	50.47 (48.02)
<i>Loss aversion</i>	57.93 (39.04)	57.00 (56.26)	57.54 (46.99)
<i>Control</i>	64.78 (48.02)	67.33 (39.27)	65.92 (44.25)
Lime			
<i>Reputation</i>	11.23 (20.29)	8.23 (4.68)	9.96 (15.72)
<i>Loss aversion</i>	25.12 (18.12)	26.48 (30.47)	25.7 (27.55)
<i>Control</i>	33.46 (34.01)	27.85 (15.91)	30.97 (27.55)
Clover			
<i>Reputation</i>	10.35 (10.68)	11.95 (12.45)	11.03 (11.46)
<i>Loss aversion</i>	14.24 (18.76)	12.88 (15.02)	13.66 (17.23)
<i>Control</i>	13.45 (11.64)	17.98 (13.83)	15.46 (12.83)
Protected urea			
<i>Reputation</i>	15.34 (15.93)	18.96 (25.27)	16.87 (20.45)
<i>Loss aversion</i>	18.57 (15.22)	17.64 (16.69)	18.17 (15.82)
<i>Control</i>	17.87 (13.84)	21.50 (17.11)	19.48 (15.44)

Time spent looking at infographic measured in seconds.

Mean and standard deviation in parentheses.

Appendix B Knowledge questions

Farmers were asked to answer six multiple choice questions about the information provided in the infographics. We ensured farmers that this is not a test of their knowledge, but rather a test of how successful information is provided. The questions and % correctly answered are provided in table A2. It is evident that farmers answered management related questions better than questions that related to environmental implications of the respective farm practice.

Table A2. Knowledge questions

	Dairy	Drystock	All
How much fertilizer can you save by spreading lime	59.33	46.93	53.98
Where should you apply lime	86	83.33	84.85
How much fertilizer can you save by incorporating clover	39.33	25.44	33.33
When should you sow clover	80.33	70.18	75.95
By how much does protected urea reduce GHG emissions when compared to CAN	40.33	37.72	39.2
Protected urea is cheaper than CAN when compared per ...	86.33	79.82	83.52

Numbers refer to % of correct answers.

For the analysis, the knowledge questions were coded as follows: a correct answer received a score of 5, the next closest answer a score of 2, the next closest answer a score of 1, while all 'don t know answers received a score of 0. We then added the scores of all questions to create

the overall knowledge score, see table 1. For the individual knowledge questions, this resulted in the scores shown in table A3. These are used for the ordered probit models shown in table 5

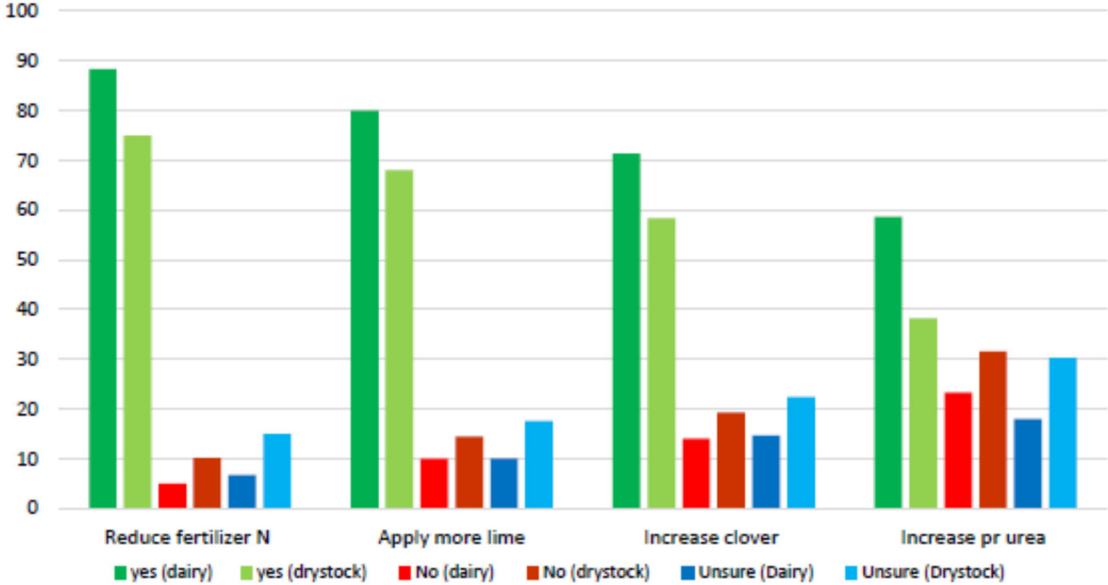
Appendix C Intention Questions

Farmers were asked about their intentions to implement the promoted practices on their farms in 2022. Figure 4 provides an overview of farmers intentions. As can be seen, almost all farmers plan to reduce fertilizer applications in 2022. While this is an important step to reduce GHG emissions, it is also important to realise that fertilizer prices were very high at the time the data were collected, which likely influenced farmers motivations to reduce fertilizer applications.

Table A3. Knowledge categories

Knowledge categories	Lime	Clover	Pr.urea
1 (one or less correct)	85	138	121
2 (6 points)	97	151	99
3 (7 points)	96	87	121
4 (both correct)	250	152	187
n	528	528	528

Figure 4. Stated Intentions for 2022



The intention was then converted in a categorical score that also took the follow up answers into account, as follows: a 'yes answer received a score of 5, 'no and 'unsure answers received a score of 3 if the follow up question was asked with 'I already use enough and can t do more , otherwise 'unsure received a score of 1 and 'no a score of 0. This was then coded for the individual intention questions as shown in table A4.

Appendix D Control Variables by Treatment

Table A4. Intention categories

Intention categories	Lime	Clover	Pr.urea
1 (no intention)	63	67	88
2 (unsure / mixed)	69	114	177
3 (yes)	395	347	263
n	528	528	528

Table A5. Control variables by treatment

Control variables	Reputation	Loss aversion	Control
Farm size	60.56 (49.61)	56.77 (37.16)	64.96 (55.32)
Age 18-35 (% in categorie)	15.52	14.37	16.11
Age 36-45	23.56	20.69	23.89
Age 46-55	31.03	32.18	28.33
Age 56-65	22.99	20.69	25.56
Age 65+	6.09	12.07	6.11
Signpost (% aware)	72.41	65.52	65.00
Reduced N application in last 3 years (% yes)	45.40	48.85	43.33
Protected urea (% of fertilizer N in 2021)	21.72 (31.72)	23.92 (31.18)	20.61 (27.32)
Clover (% of grassland with clover in 2021)	34.29 (27.93)	31.32 (28.83)	33.14 (31.18)
Lime (% of farmers applied lime in 2021)	68.97	68.97	63.89
Climate change attitude (range 4 to 20)	14.62 (3.33)	14.77 (3.42)	14.77 (3.43)
Observations	174	174	180

A QUALITATIVE BEHAVIORAL SYSTEMS MAP FOR ANALYZING FARMERS' ACTUAL AND INTENDED DROUGHT ADAPTATION

Bernadette Kropf¹, Tina Achs, Erwin Schmid, Hermine Mitter

Abstract

Drought adaptation increases in relevance because climate extremes are likely to increase in frequency and severity in the next decades. However, farmers often rely on heuristics or follow experiences and emotions when taking adaptation decisions. This has resulted in a lack of drought adaptation relative to the current and projected future climate. We aim to deepen the understanding of farmers' intended and actual drought adaptation in the semi-arid agricultural production region Seewinkel by combining mental models and behavioral theories. We elicit the mental models of 21 farmers by means of semi-structured, personal interviews. The qualitative content analysis of the interviews is guided by behavioral theories to inform the coding and categorization of the empirical data. The results will be summarized in a behavioral systems map. Farmers referred to changes toward drought-tolerant plants and varieties as well as changes in soil management and irrigation to adapt to decreasing soil water availability. The implementation of these measures is influenced by their measure-specific perceptions toward costs, efficacy and their individual capability for realization. Moreover, perceptions of the economic, environmental, social, legal and technical contexts impede or facilitate drought adaptation. The combination of mental models and behavioral theories provides nuanced understanding of farmers' perceptions and supports the development of targeted public measures to encourage farmers' drought adaptation.

Keywords

Climate change adaptation; drought risk; farmers' behavior; cognitive map

1 Introduction

The recent report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2022) highlights the need for immediate and effective adaptation to climate change. Actors across sectors and scales are challenged to implement adequate measures in order to reduce or avoid potential adverse and harness potential beneficial impacts of climate change. This is particularly true for farmers who face an increasing risk of droughts during the vegetation period, with impacts on farmers' incomes and on public interests, such as food security and related economic and social stability.

A number of drought adaptation measures are discussed in academia and the agricultural practice. Examples are to switch to drought-tolerant plants and varieties, modify tillage practices, install irrigation and purchase a drought insurance. Drought adaptation measures also include an expansion (e.g. buying/renting additional land) or contraction of the farm (e.g. selling/renting land or abandoning certain farm activities) (HANGER-KOPP and PALKA, 2021; IGLESIAS and GARROTE, 2015; WHEELER et al., 2013). Except for irrigation and drought insurance, these measures do not exclusively aim to prevent or reduce impacts of agricultural droughts, but may also be applied to achieve other farming goals (HANGER-KOPP AND PALKA, 2021). Despite the vast scientific and practical knowledge on effective drought adaptation measures, their implementation often lacks effectiveness, involves adverse unintended effects,

¹ Universität für Bodenkultur Wien, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien, bernadette.kropf@boku.ac.at

or they are not at all implemented (BODNER et al., 2015; IGLESIAS AND GARROTE, 2015; MITTER et al., 2018). Farmers typically respond to droughts with short-term (sometimes inadequate) measures (SALMORAL et al., 2020), do not respond at all and only rarely plan for potential future drought events (FINDLATER et al., 2018; MEEMPATTA et al., 2019).

Researchers have identified various factors to explain these behaviors. For example, they argue that experienced droughts are a principal source of information and emphasize the lack of knowledge about future drought projections to be constitutive for farmers' insufficient or inadequate adaptation. Thus, it is called for more, better and easily accessible information. Despite knowledge provision is fundamental, it is a "misplaced assumption" that additional information automatically encourages adaptation (e.g. MCLEOD et al., 2015). This is because individuals' perceptions are, at least partly, processed unconsciously into mental models that help them to make sense of their surroundings and integrate new knowledge. Mental models represent individuals' underlying assumptions about the world (JONES et al., 2011). They are continuously updated with new information but always remain an incomplete projection of external reality (JONES et al., 2011). However, individuals underlie a strong confirmation bias (KAHNEMAN, 2011). They favor information that is already known or recalls their experiences and thereby avoid efforts to change their mental models. As such, this cognitive bias also impedes behavior change (BIGGS et al., 2011). The gap between available measures and the lack of implementation is not only owed to individuals' biases in the uptake of information, but also to individuals' perceptions and the underlying assumptions about their economic, environmental social, legal and technical contexts. (BIGGS et al., 2011; JONES et al., 2011).

Investigations on farmers' drought adaptation increased substantially in recent years (e.g. FINDLATER et al., 2018; HANGER-KOPP and PALKA, 2021; MEEMPATTA et al., 2019; SALMORAL et al., 2020; WHEELER et al., 2013). The majority of studies apply quantitative methods to explain antecedents of drought adaptation (KROPF and MITTER, 2022), while the complexity of economic, environmental, social, legal and technical contexts and the variety of drought adaptation measures is mostly disregarded. In contrast, qualitative methods are suited to explore and describe individuals' mental models and their underlying assumptions in order to increase the understanding of individual perceptions and the variety of behaviors. The open nature of qualitative research approaches and the in-depth results of qualitative methods may essentially contribute to address the diversity of drought adaptation measures and contexts, and to develop targeted public measures that encourage drought adaptation (HANGER-KOPP and PALKA, 2021; MOON and BROWNE, 2020). Qualitative methods are particularly appropriate in the context of farmers' drought adaptation, because farmers operate in complex contexts leading to diverging mental models and behaviors which can be comprehensively described with qualitative methods. Understanding farmers' drought adaptation is of particular relevance, because some measures do not only avert adverse impacts of droughts on farms, but may also have unintended off-farm effects such as the decrease of water resources through irrigation (MEEMPATTA et al., 2019).

Researchers ask for the application of behavioral theories to increase the understanding of antecedents of individuals' adaptation behavior and to inform the development of public measures (e.g. GROTHMANN and PATT, 2005; MITTER et al., 2019; van VALKENGOED AND STEG, 2019). Hitherto, behavioral theories and mental models have been applied separately, with the recent exception of HALE et al. (2022), who suggest the participatory development of a behavioral systems map to develop public measures for decarbonizing existing homes in Wales, UK. We build upon this recent research approach and contribute to the literature by combining mental models and behavioral theories for the current investigation. Furthermore, we offer new empirical evidence for a comprehensive set of constructs and relationships relevant for farmers' drought adaptation.

We aim to gain in-depth understanding of farmers' reasoning about their drought adaptation in the semi-arid agricultural production region Seewinkel. In particular, we focus on the following research questions: i) What are farmers' reasons for and against the implementation of drought adaptation measures? ii) To what extent do perceptions of contexts influence farmers' implementation of drought adaptation measures? iii) Based on farmers reasoning, which public measures would be most appropriate to encourage the implementation of drought adaptation measures? Overall, we aim to contribute to the advancement of qualitative research approaches by combining the application of mental models and behavioral theories.

The article is structured as follows. In section 2, the case study region Seewinkel is introduced and the theoretical foundations are explained. Thereafter, the applied qualitative research approach is described. In section 3, we present preliminary results, which are discussed in section 4 and concluded in section 5.

2 Data and method

2.1 The case study region Seewinkel

The Seewinkel region covers a size of about 45,000 ha and is located in eastern Austria. It is characterized by a flat landscape and Pannonian climate, with average annual precipitation sums below 600 mm and mean annual temperatures around 10 °C. The region has been identified as an individual groundwater body, which is influenced by low natural runoff (BLASCHKE and GSCHÖPF, 2011). Projected changes in climate conditions might hamper the renewal of the ground water body (REISNER, 2014), which also serves as main water source for agricultural irrigation purposes. Moreover, the groundwater also feeds unique and biodiversity rich habitats which are part of the national park "Neusiedlersee-Seewinkel" in the western area of the Seewinkel region (BLASCHKE and GSCHÖPF, 2011).

2.2 Theoretical foundations

We exploit advantages of mental models and behavioral theories in a qualitative research approach. Both, mental models and behavioral theories constitute cognitive schemes consisting of a set of interrelated constructs which are applied to incorporate and structure knowledge – either within individuals' minds or within research approaches (BIGGS et al., 2011; WEST et al., 2019). The combination of mental models and behavioral theories allows to enhance qualitative research for several reasons. First, established behavioral theories are useful to facilitate communication across research projects and disciplines, while mental models allow for an in depth-understanding of antecedents of a certain behavior and resulting effects. However, behavioral theories are frequently modified to fit specific research questions. For example, DAXINI et al. (2019) assume that farmers' intention to follow a nutrient management plan is not only influenced by attitude, subjective norm and perceived behavioral control as suggested by the Theory of Planned Behavior (TPB), but also by extension services and policies. MITTER et al. (2019) slightly modify the Model of Pro-Active Adaptation to Climate Change (MPPACC) and include not only farmers' risk but also opportunity perceptions. PRICE and LEVISTON (2014) do not modify but combine two theories, namely the TPB and Value Beliefs Norm Theory (VBN), to learn more about the antecedents of farmers' pro-environmental behavior. The application of mental models increases flexibility and encourages to structure individuals' perceptions beyond a fixed set of constructs of a certain behavioral theory. Moreover, they allow to depict the influence of relevant context factors, which are often neglected in behavioral theories. Second, established definitions of constructs and their relationships provide a basis for the systematic development and analysis of mental models. Third, the constructs of mental models which influence behavior provide information about the drivers and barriers of a certain behavior and thus may build the basis for the development of targeted public measures.

Mental models can be elicited either (i) directly through visualization of individuals' or a group's understanding of a certain system, (ii) indirectly through document analysis and text interpretation (JONES et al., 2011) or (iii) through combined approaches (WOOD et al., 2012). For direct approaches, individuals or groups are asked to visualize their understanding of a certain system or situation by drawing or arranging cards (JONES et al., 2011). Individual mental models aim at understanding the diversity of perceptions (MOON et al., 2019). Group-based mental models aim at joint-creation and shared system understanding of different actors or groups of actors (JONES et al., 2011). The elicitation and depiction of aggregated mental models is termed differently in the scientific literature, e.g. shared mental model (MOON and BROWNE, 2020), causal map (PYRKO and DORFLER, 2018) or aggregated cognitive map (KROPF et al., 2021). However, these approaches do not involve the application of a behavioral theory as suggested by HALE et al. (2022) and as applied in the current analysis.

2.3. Qualitative research approach

2.3.1 Designing the interview guideline

The semi-structured, personal interviews aimed to gain a detailed understanding of farmers' climate change perception in the Seewinkel region, related beneficial and adverse impacts in their region and on their farms as well as their intended and already implemented climate change adaptation measures (ACHS, 2021). A specific focus was put on drought adaptation. The MPPACC informed the development of the interview guideline. Details about irrigation, which is of particular relevance in the Seewinkel region, were enquired through the following guideline question "You have (not) yet addressed agricultural irrigation. I would like to address this topic in a bit more detail. So, please tell me, what role does irrigation of agricultural plants play on your farm?". The interviewer deepened farmers' narrations with prepared sub-questions to address reasons for and against irrigation, the implementation and development of irrigation on the respective farm, and the farm-specific and regional strategies to handle potential water shortages. We used the interview guideline of MITTER et al. (2019) as a basis, refined the questions and added another block of questions to serve the current research questions.

The first interview served as a pre-test for the interview guideline. After the interview, the questions were reflected with the interviewee and slightly adapted. The first four interviewees (including the pre-test) talked about personal adaptation to climate change. Therefore, interview questions on this topic were included for the following interviews. All interviews were included in the analysis.

2.3.2 Selecting interviewees

The selection of interviewees followed maximal variation sampling regarding the structure of the farms (e.g., farm type, location of the farm, main production activity, farm size, irrigation, cultivation system) and the demographic characteristics of the farmers (e.g. age, gender). This information was obtained via online-research before initially contacting potential interviewees via email or phone. With a few exceptions, most of the potential interviewees agreed for the conversation. While a number of potential interviewees were found through online research, others were initially contacted by gatekeepers, who informed them about the scope of the interview. Subsequently the interviewees were contacted by the interviewer to arrange a meeting. Farm and farmer characteristics of selected interviewees are summarized in Table 1.

Table 1. Overview of farm and farmer characteristics

Interviews	Interviewees	Farms
21 Interviews with 24 farmers (3 interviews were conducted with 2 individuals)	<ul style="list-style-type: none"> • 17 Men • 7 Women 	<ul style="list-style-type: none"> • 13 Cropland • 10 Viticulture • 8 Livestock • 6 Vegetables
28 – 125 Minutes	<ul style="list-style-type: none"> • 24 – 71 Years (at the time of the interview) 	<ul style="list-style-type: none"> • 5 Fruit • 4 Grassland • 2 Forestry • 2 Other • Multiple answers possible
Maximal variation sampling	<ul style="list-style-type: none"> • 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 – 2100 ha

Source: Own elaboration

2.3.3. Conducting interviews

Between November 2019 and February 2020 one interviewer conducted 21 semi-structured interviews with farmers located in the semi-arid agricultural production region Seewinkel. All interviews were conducted face-to-face, partially at the interviewees' homes and partially at the interviewer's home in a pleasant and familiar place. Before the interview, the interviewer informed about the aims of the research, about data protection and confidentiality of the interviews, the expected duration of the interview and the interview process. Interviewees were asked to sign the data protection declaration. In return, a declaration of confidentiality was provided to the interviewees to assure confidential data treatment. With the approval of the interviewees, all interviews were recorded. The order of the questions was adapted to interviewees' responses in order to allow a natural flow of narration. After the interviews, the interviewer protocolled specifics such as interruptions by interviewees' family members or phone calls, and statements expressed after recording. Statements relevant for the research questions were considered for analysis.

2.3.4. Coding of interview statements

The interview recordings were transcribed word for word, filler words were omitted and dialects were translated into standard language, for the purpose of qualitative content analysis (MAYRING, 2015). The interview statements were coded computer-assisted by the text analysis software Atlas.ti (FRIESE, 2020). We applied a deductive-inductive coding scheme (SCHREIER, 2014). Deductive codes were based on the constructs of MPPACC, such as perceived climate change impacts, perceived self-efficacy, perceived adaptation efficacy, perceived costs, and farmers' intended and actual behavior as well as perceived effects thereof. Inductive codes were used to differentiate and categorize the deductive codes, e.g. perceived effects may refer to agricultural production, income or the environment. In a first step, all statements related to climate change adaptation were coded. All identified statements were extracted into a tabular format for further processing. In a second step, we used the tabular format to select statements, which explicitly refer to farmers' drought adaptation to meet the research objectives. In particular, the statements have to deal with drought adaptation measures and contain a reason for or against it to be included for further processing. We identified reasons through adverbs, conjunctions or prepositions which introduce conditions for a certain drought adaptation measure (e.g., if ... then, when), purposes (e.g., that) or reasons (e.g., because, as). Statements, which refer to drought adaptation measures without reasoning or only refer to drought perceptions but not to measures were excluded from the analysis. In the following step, all

relevant constructs and their relationships were categorized as summarized in Table 2. Except for drought adaptation measures, constructs were formulated as measurable entities which can increase or decrease, e.g. soil water availability, yield or efficacy of measures. Drought adaptation measures were formulated as actions. Relationships generally refer to “may influence” or “may be influenced by”. Following the definition of WEST et al. (2019), the directed relationship indicates that construct “X may be influenced by Y if a change in Y necessitates a change in X only under some circumstances.” Relationships were categorized as positive (a change in Y causes a change in X in the same direction) or negative (a change in Y causes a change of X in the opposite direction) (WEST et al., 2019). All constructs and their relationships will be united in the behavioral systems map for graphical depiction and further analysis.

Table 2. Summary of constructs and relationships relevant for farmers’ drought adaptation and used in the behavioral systems map based on theoretical foundations

Constructs	Description and categories
Incremental adaptation measures	Measures which maintain the essence and integrity of farm systems or processes. They can be assigned to the following categories (Kropf and Mitter, 2022): <ul style="list-style-type: none"> • Agronomic management • Financial management • Work-organization
Transformational adaptation measures	Measures which change fundamental attributes of farm systems or processes. They can be assigned to the following categories (Wheeler et al., 2013): <ul style="list-style-type: none"> • Contractive • Expansive • Strategic
Antecedents of adaptation measures	Antecedents of behavior are categorized based on the constructs considered in established behavioral theories that are widely applied in climate change adaptation research. They are evaluated as barriers or drivers for a certain adaptation behavior (Mitter et al., 2019, 2018; van Valkengoed and Steg, 2019): <ul style="list-style-type: none"> • Adaptation efficacy • Climate change avoidance • Climate change impacts • Investment and operating costs • Self-efficacy • Social norms • Emotions
Effects of adaptation measures	Effects result of a certain adaptation measure and are evaluated beneficial or adverse. The effects influence on- or off-farm entities and may be congruent with antecedents of adaptation measures (Mitter et al., 2018): <ul style="list-style-type: none"> • Economic effects • Effects on agricultural commodities • Effects on human and social resources • Environmental effects • Weather and climate effects

Constructs	Description and categories
Context	Context refers to different settings in which farmers' drought adaptation is embedded. <ul style="list-style-type: none"> • Agricultural production • Economic context • Environmental context • Social context • Legal and policy context • Technical context
Public measures	Public measures are introduced or applied by public actors to encourage drought adaptation on farms. <ul style="list-style-type: none"> • Collective measures • Legal measures • Incentive-based measures • Technical measures

Source: Own elaboration

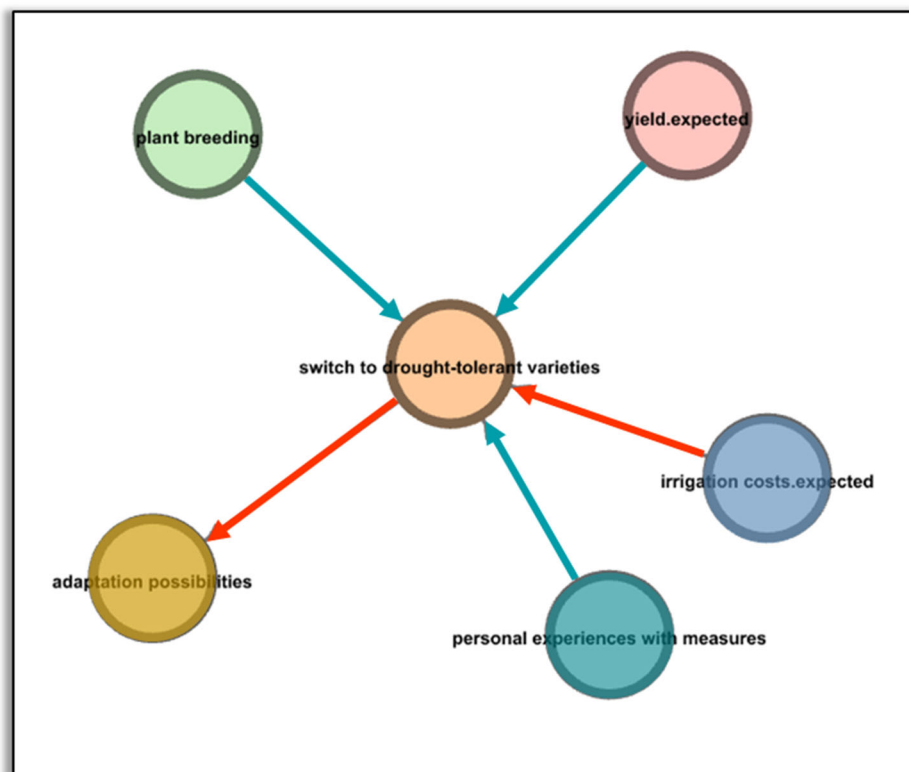
3 Results

The following section gives insights on farmers' perceptions toward their drought adaptation. The results are descriptive and will be extended and deepened in the upcoming analytical steps. Figure 1 depicts an excerpt of the behavioral systems map focusing on relevant constructs which influence the measure of switching to drought-tolerant varieties. Similarly, relevant constructs for all discussed measures will be depicted and aggregated in the final behavioral systems map. Farmers intend to incrementally adapt, if agricultural droughts occur and thus soil water availability decreases. Farmers talk about changes toward drought-tolerant varieties and plants, the cultivation of mixed plants, intercropping, reduced and conservation tillage, greening of driving and irrigation lanes, drought insurance, but also of irrigation and increases in irrigation capacity. Irrigation is motivated by expected improvements in product quality and by expected avoidance of yield losses resulting from reduced soil water availability. Similarly, the environmental context of perceived low soil water holding capacity prompts irrigation. In this regard, one farmer mentions a loop, referring to leached soil due to extensive irrigation, which in turn reinforces irrigation. Economic contexts also affect irrigation activities and include the plant-specific net benefit and contracts with production cooperatives. However, expected operation costs, which are influenced by field size and the spatial distribution of fields, hampers irrigation, or even motivate farmers to switch to drought-tolerant varieties and plants (see in Figure 1).

The frequency of irrigation is influenced by the irrigation efficiency (i.e. energy-use per cubic meter water and efficiency of distribution), which mainly depends on the used irrigation system. Whereby, drip and subsurface drip irrigation are perceived more water- and energy-efficient than mobile field systems. Environmental contexts, such as evapotranspiration motivate farmers to increase irrigation efficiency for example through shifting irrigation to night times. Several farmers also talked about switching to renewable energy to run their irrigation pumps. They are motivated by increasing prices for fossil fuels. However, the implementation is still limited due to expected investment costs including labour, and technical impediments such as the distance to electrical wires. The shift to more energy-efficient irrigation pumps is also justified with the social context of the farm, i.e. an already determined farm successor. As the parents want to transfer their farm in good economic conditions and well equipped to their son,

they invest in more energy-efficient irrigation pumps prior to the transfer. Farmers acknowledge that irrigation without precipitation over a relatively long period is insufficient to ensure yields

Figure 1. Behavioral systems map of the measure "switch to drought-tolerant varieties"



Source: Own elaboration with the Software Gephi (<https://gephi.org/>)

(i.e. environmental context). Irrigation water quantity also depends on the cultivated plants (i.e. agricultural context), whereby vineyards are less water-intensive than other plants. Moreover, farmers also claim, that high irrigation water quantities depend on the social context, referring to the prevailing narrative within farming communities who consider high production more prestigious than the long-term preservation of natural resources. One farmer also mentions the affective state of despair, which prompted him to intensively irrigate his Lucerne grass in order to secure yields. “We tried it this year, because of sheer desperation and [...] irrigated 3 ha of lucerne for 24 hours, this were 40, 50 mm of rain [...] yes, she (the lucerne) thanked it with a harvest [...] Seew_16”. Farmers refer to the environmental context of groundwater availability ambivalently. The regional groundwater body enables irrigation of plants and thus ensures yields and farmers’ income. “It is our job, we have to live from agriculture, so we have to check, because we have the opportunity to irrigate, to secure yields, we do it. Seew_I11”. This option, combined with the high demand for vegetables grown in Austria (i.e. economic context), encouraged the cultivation of potatoes in the region, which are water-intensive and were originally not grown in the Seewinkel region. The perception of available groundwater also impedes the shift to more drought-tolerant plants. However, some farmers express increasing awareness for the preservation of the regional groundwater body and perceive only the irrigation of plants with a high net benefit as warranted to ensure farm income and viability. Some farmers mentioned, that they have already switched to more drought-tolerant plants in order to decrease irrigation water use. The shift toward more drought-tolerant plants is impeded by farmers’ limited knowledge on new plants and whether they are appropriate for the cultivation in the Seewinkel region. However, some farmers also express high self-efficacy toward the shift to more drought-tolerant plants. Their self-efficacy is based on their own experiences with innovative plants and on the awareness that farmers in drier European regions also grow plants successfully. Moreover, the implementation of more drought-tolerant plants

depends on the economic context, such as the plant-specific net benefit and the demand and markets for such plants. Decreasing soil water availability motivates farmers for conservation and reduced tillage, including no-till or reduced depth of soil cultivation. These cultivation measures effect humus formation which in turn is seen as appropriate measure to increase soil water holding capacity. Mulching is seen as efficient to reduce evapotranspiration. Reduced tillage is perceived as time-, fuel- and equipment-efficient, whereas humus formation, in case of compost production effects the time-effort negatively. Farmers perceive prevailing regional agricultural production standards (i.e. social norms) as major barrier to encourage more farmers to switch to reduced tillage. Drought insurance products exclusively depend on the plant-specific net benefit, which has to be above a certain threshold to encourage the purchase. The implementation of measures may also lower the intention to implement additional measures through climate change avoidance. For example, the implementation may lead to fatalism, indicated through the negation of adaptation options. “Reasons, I mean, you can irrigate, that’s not a problem. Shifting varieties can also be done, however, apart from that, nothing can be done. Seew_21”.

In addition to these incremental measures farmers also mention transformational adaptation measures to adapt to droughts, including strategic and contractive measures but no expansive strategies. The environmental context of continuously decreasing soil water availability prompts farmers to increase their stocking capabilities, and to specialize their farm production on agricultural direct marketing. However, it also leads to the intention to abandon farming. Transformational measures with regard to water management include to increase water capacity, i.e. to invest in and install additional irrigation equipments but also to build water reservoirs. Building water reservoirs is facilitated through high self-efficacy resulting of vicarious experiences of farmers in other regions who successfully use water reservoirs. However, it is impeded by the availability of appropriate water resources (i.e. environmental context), because precipitation water may be insufficient to store water. Expected high costs as well as high land consumption due to the building of reservoirs also impedes the implementation.

4 Discussion

Farmers did not only talk about their drought adaptation and related drivers and barriers, but also suggested potential public measures. Such public measures were mostly described superficially. However, farmers’ suggestions can provide first reference points for potential public measures, which would likely be accepted by farmers. Subsequently, suggested public measures are summarized and discussed in the context of the scientific literature.

Farmers explicitly suggested incentive-based measures, namely subsidies or subsidized loans, to encourage the shift toward more efficient irrigation systems and to substitute fossil fuels with renewable energy sources to run their irrigation pumps, because the expected costs related to these measures constitute an important impediment. Additionally, prompting cooperation between farmers may also encourage the implementation. Another incentive-based measure, namely an irrigation price, was suggested to reduce agricultural irrigation water use and to preserve groundwater availability. However, the effectiveness of the measure was questioned, because it is presumed that small-scale farmers would suffer disproportionately and the measure would thus drive structural change. This caveat could be reduced through a progressive price scheme. However, the measure will not be simple to implement as legal changes at the national level would be necessary (KROPF et al., 2021).

The empirical data also reveal, that injunctive social norms, indicated through existing agricultural production standards and narratives impede the implementation of drought adaptation. Social comparison nudges, where individuals are informed about the behavior of their peers could be a promising tool in order to shift prevailing norms. This information may

provoke the implementation of measures because individuals intuitively adapt their behavior to avoid social sanctions and to correspond to what is perceived an adequate behavior in a specific context (CHABÉ-FERRET et al., 2019). However, the effectiveness of these public measures may be limited due to underlying values and low levels of identification with farmers' peers, as CHABÉ-FERRET et al. (2019) reveal in their investigation to encourage more efficient irrigation water use of French farmers.

5 Conclusion

We apply a qualitative research approach to get detailed understanding of farmers' drought adaptation in a semi-arid agricultural production region in Austria and suggest the combination of two hitherto separate approaches, namely mental models and behavioral theories. The elicitation of farmers' mental models and the application of behavioral theories provides deep and nuanced understanding of the antecedents of behavior, intended and actual behavior as well as resulting on-farm and off-farm effects.

The results reveal that farmers respond to decreasing soil water availability with drought adaptation measures, such as the shift toward drought-tolerant varieties and plants, changes in soil management and irrigation. Farmers' drought adaptation is influenced by their measure-specific perceptions on costs and the efficacy to reduce or avoid adverse impacts of decreased soil water availability. Moreover, farmers also consider on- and off-farm effects of drought adaptation measures and their own capability to implement certain measures. Beside these measure-specific factors, the implementation is also influenced by farmers' perception of the economic, environmental, social, legal and technical contexts. Some farmers also suggested public measures, such as financial support aiming at the increase of irrigation water use efficiency in order to preserve the regional groundwater body. The implementation of a social comparison nudge may facilitate a shift of prevailing injunctive norms away from a production-orientation toward an environment-oriented paradigm.

Acknowledgements

This work was supported by the Austrian Climate and Energy Fund within the Austrian Climate Research Program, research projects FARMERengage (grant number KR18AC0K14641) and Build Back Better (grant number KR20AC0K18173). Furthermore, we would like to thank Carina Auzinger and Julia Vihanek for their support in transcribing interviews.

Literature

- ACHS, T., (2021): Farmers' climate change perceptions and adaptation intentions in the Seewinkel region: a qualitative analysis. Universität für Bodenkultur Wien, Wien.
- BENDER, S., SCHALLER, M., (2014): Vergleichendes Lexikon. - Wichtige Definitionen, Schwellenwerte und Indices aus den Bereichen Klima, Klimafolgenforschung und Naturgefahren. Climate Service Center.
- BIGGS, D., ABEL, N., KNIGHT, A.T., LEITCH, A., LANGSTON, A., BAN, N.C., (2011): The implementation crisis in conservation planning: could "mental models" help? *Conservation Letters* 4, 169–183. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2011.00170.x>
- BLASCHKE, A.P., GSCHÖPF, C., (2011): Grundwasserströmungsmodell Seewinkel (Endbericht). Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie Arbeitsbereich Ingenieurhydrologie, Eisenstadt.
- BODNER, G., NAKHFOROOSH, A., KAUL, H.-P., (2015): Management of crop water under drought: a review. *Agron. Sustain. Dev.* 35, 401–442. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0283-4>
- CHABÉ-FERRET, S., LE COENT, P., REYNAUD, A., SUBERVIE, J., LEPERCQ, D., (2019): Can we nudge farmers into saving water? Evidence from a randomised experiment. *European Review of Agricultural Economics* 46, 393–416. <https://doi.org/10.1093/erae/jbz022>

- DAXINI, A., RYAN, M., O'DONOGHUE, C., BARNES, A.P., BUCKLEY, C., (2019): Using a typology to understand farmers' intentions towards following a nutrient management plan. *Resources, Conservation and Recycling* 146, 280–290. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.027>
- FINDLATER, K.M., SATTERFIELD, T., KANDLIKAR, M., DONNER, S.D., (2018): Six languages for a risky climate: how farmers react to weather and climate change. *Climatic Change* 148, 451–465. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2217-z>
- FRIESE, S., (2020): ATLAS.ti 8 Windows. User Manual. ATLAS.ti Scientific Software Development GmbH, Berlin.
- GROTHMANN, T., PATT, A., (2005): Adaptive capacity and human cognition: The process of individual adaptation to climate change. *Global Environmental Change* 15, 199–213. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2005.01.002>
- HALE, J., JOFEH, C., CHADWICK, P., (2022): Decarbonising Existing Homes in Wales: A Participatory Behavioural Systems Mapping Approach (preprint). <https://doi.org/10.14324/111.444/000117.v1>
- HANGER-KOPP, S., PALKA, M., (2021): Decision spaces in agricultural risk management: a mental model study of Austrian crop farmers. *Environ Dev Sustain.* <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01693-6>
- IGLESIAS, A., GARROTE, L., (2015): Adaptation strategies for agricultural water management under climate change in Europe. *Agricultural Water Management* 155, 113–124. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.03.014>
- IPCC, 2022. Climate Change (2022): Impacts, Adaptation and Vulnerability. (Working Group II contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change).
- JONES, N., ROSS, H., LYNAM, T., PEREZ, P., LEITCH, A., (2011): Mental Models: An Interdisciplinary Synthesis of Theory and Methods. *Ecology and Society* 16. <https://doi.org/10.5751/ES-03802-160146>
- KAHNEMAN, D., (2011): *Thinking, Fast and Slow*. Penguin Random House UK, Great Britain.
- KROPF, B., MITTER, H., (2022): Factors influencing farmers' climate change mitigation and adaptation behavior: A systematic literature review, in: Larcher, M., Schmid, E. (Eds.), *Alpine Landesgesellschaften Zwischen Urbanisierung Und Globalisierung*. Vienna.
- KROPF, B., SCHMID, E., MITTER, H., (2021): Multi-step cognitive mapping of perceived nexus relationships in the Seewinkel region in Austria. *Environmental Science & Policy* 124, 604–615. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.08.004>
- MAYRING, P., (2015): *Qualitative Inhaltsanalyse - Grundlagen und Techniken*, 12., überarbeitete Auflage. ed. Beltz Verlag, Weinheim und Basel.
- MCLEOD, L.J., HINE, D.W., PLEASE, P.M., DRIVER, A.B., (2015): Applying behavioral theories to invasive animal management: Towards an integrated framework. *Journal of Environmental Management* 161, 63–71. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.06.048>
- MEEMPATTA, L., WEBB, A.J., HORNE, A.C., KEOGH, L.A., LOCH, A., STEWARDSON, M.J., (2019): Reviewing the decision-making behavior of irrigators. *WIREs Water* 6, e1366. <https://doi.org/10.1002/wat2.1366>
- MITTER, H., LARCHER, M., SCHÖNHART, M., STÖTTINGER, M., SCHMID, E., (2019): Exploring Farmers' Climate Change Perceptions and Adaptation Intentions: Empirical Evidence from Austria. *Environmental Management* 63, 804–821. <https://doi.org/10.1007/s00267-019-01158-7>
- MITTER, H., SCHÖNHART, M., LARCHER, M., SCHMID, E., (2018): The Stimuli-Actions-Effects-Responses (SAER)-framework for exploring perceived relationships between private and public climate change adaptation in agriculture. *Journal of Environmental Management* 209, 286–300. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.12.063>
- MOON, K., BROWNE, N.K., (2020): Developing shared qualitative models for complex systems. *Conservation Biology* n/a. <https://doi.org/10.1111/cobi.13632>
- MOON, K., GUERRERO, A.M., ADAMS, VANESSA.M., BIGGS, D., BLACKMAN, D.A., CRAVEN, L., DICKINSON, H., ROSS, H., (2019): Mental models for conservation research and practice. *Conservation Letters* 12, e12642. <https://doi.org/10.1111/conl.12642>

- PRICE, J.C., LEVISTON, Z., (2014): Predicting pro-environmental agricultural practices: The social, psychological and contextual influences on land management. *Journal of Rural Studies* 34, 65–78. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2013.10.001>
- PYRKO, I., DORFLER, V., (2018) Using Causal Mapping in the Analysis of Semi-structured Interviews. *Proceedings 2018*, 14348. <https://doi.org/10.5465/AMBPP.2018.14348abstract>
- REISNER, D.G., (2014): Bericht. Datenerhebung, Datenaufbereitung und fachliche Darstellung des Bewässerungsbedarfs der landwirtschaftlichen Beregnung (No. 9- W- 1099/315-2014). Amt der Burgenländischen Landesregierung, Eisenstadt.
- SALMORAL, G., ABABIO, B., HOLMAN, I.P., (2020): Drought Impacts, Coping Responses and Adaptation in the UK Outdoor Livestock Sector: Insights to Increase Drought Resilience. *Land* 9, 202. <https://doi.org/10.3390/land9060202>
- SCHREIER, M., (2014) Varianten qualitativer Inhaltsanalyse: Ein Wegweiser im Dickicht der Begrifflichkeiten. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research* 15, 27.
- VAN VALKENGOED, A., STEG, L., (2019): *The Psychology of Climate Change Adaptation*, 1st ed. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108595438>
- WEST, R., GODINHO, C.A., CONNELL, B.L., CAREY, R.N., HASTINGS, J., LEFEVRE, C.E., MICHIE, S., (2019): Development of a formal system for representing behaviour-change theories. *Nature Human Behaviour* 3, 526–536.
- WHEELER, S., ZUO, A., BJORNLUND, H., (2013): Farmers' climate change beliefs and adaptation strategies for a water scarce future in Australia. *Global Environmental Change* 23, 537–547. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.11.008>
- WOOD, M.D., BOSTROM, A., BRIDGES, T., LINKOV, I., (2012): Cognitive Mapping Tools: Review and Risk Management Needs. *Risk Analysis* 32, 1333–1348. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2011.01767.x>

AGRICULTURAL MARKETS AND TRADE

PREDICTING AGRICULTURAL TRADE FLOWS UNDER THE EU-JAPAN FREE TRADE AGREEMENT: A COMPARISON OF CGE SIMULATIONS AND GRAVITY REGRESSIONS

Marvin Berndt¹, Sebastian Hess

Abstract

During negotiations of free trade agreements such as the recent EU-Japan Free Trade Agreement (JEFTA), economic ex ante analyses of future trade flows are an important input to negotiations and provide guidelines for industry representatives in their evaluation of policy proposals. Two methodological approaches for predicting trade flows have emerged that differ fundamentally from one other: gravity models and computable general equilibrium (CGE) models. In CGE models, trade flows are typically determined through the Armington parameters for import substitution, while gravity models tend to predict trade flows econometrically based on the GDP of trade partners and additional covariates. We investigate the accuracy of both models in terms of their projection of actual trade flows and how these change in the case of the CGE models by changing the Armington elasticities. We find that aggregate exports and export changes can be closer or almost identical to actual trade flows when Armington elasticities are chosen appropriately. Transferring the corresponding parameterisation to the simulation of agri-food exports under JEFTA means that the overall trade flows are significantly different than when using default Armington elasticities.

Keywords

CGE, Gravity models, JEFTA, GTAP

1 Introduction

In light of the recent stalemate in multilateral trade negotiations under the WTO Doha Round, regional trade agreements (RTAs) are becoming increasingly important in the determination of future trade flows and regional economic growth. From an economic perspective, this may constitute a second-best approach to global trade liberalisation unless trade diversion effects outweigh trade creation. Quantitative ex ante analyses of prospective regional trade deals therefore constitute an important scientific input to the growing number of regional trade negotiations.

Two models have developed for analysing RTAs and factors influencing international trade, which are increasingly used in synergy (KUIPER AND VAN TONGEREN, 2006; FELBERMAYR ET AL., 2018). The first type of model is general and partial equilibrium trade models. A common feature of these models is that they calibrate a system of equations to a dataset in order to establish a counterfactual image of the economy prior to a change in trade policy, and then introduce changes to equations and policy data (e.g. the baseline tariffs) in order to construct a comparative static or recursive dynamic analysis in relation to the base case. For simplicity, we refer to these models below as computable general equilibrium (CGE) models, acknowledging the fact that only some, but by far not all, partial equilibrium trade models rely on the Armington specification (HESS AND VON CRAMON-TAUBADEL, 2008).

¹ Universität Hohenheim, Fachgebiet Agrarmärkte, Schwerzstr. 46, 70599 Stuttgart, marvin.berndt@uni-hohenheim.de

The second type of model, econometrically estimated Gravity regressions, is widely used to analyse international trade flows and can be used to predict future trade. This class of models is based on the idea that two countries trade more with each other when they are closer to one another – in terms of distance and lower trade costs – and the larger they are in terms of gross domestic product (GDP). While initially criticised as “atheoretical”, it has been shown in trade theory that gravity models can be derived from a constant elasticity of substitution (CES) utility function (ANDERSON, 1979; ANDERSON AND VAN WINCOOP, 2003). Gravity regressions can be applied to relatively disaggregated trade data and econometric estimations tend to fit the data very well, which may contribute to the widespread popularity of these models.

Unlike gravity models, CGE models were not primarily developed with a focus on trade flow changes. Instead, their initial applications tended to focus on the analysis of welfare gains and losses that would result from tariff cuts, for example (HERTEL, 2002). However, as attention has shifted away from multilateral global tariff cuts in the past decade, this class of model is also increasingly used for the ex ante evaluation of RTAs (EC, 2018; VAN TONGEREN ET AL., 2021), and therefore trade flow changes have become a more important output than they are under typical Doha round scenarios.

Both CGE and gravity regression modelling approaches have been criticised in the past for some widely acknowledged, general weaknesses. While simulation models tend to suffer from a lack of empirical justification (MCKITRICK, 1998), especially with respect to important behavioural parameters such as elasticities or CES substitution parameters (including Armington parameters), a major shortcoming of gravity regressions from the perspective of practical trade policy analysis is that this class of model offers substantially less flexibility for introducing certain trade policy changes for use in ex ante analysis in the form of econometric predictions.

From the perspective of real-world decision-makers in politics as well as in export-oriented businesses and industry associations, this situation is inadequate because there is little overview or guidance on how reliable a particular quantitative assessment of the prospective RTA might be based on one or the other modelling approach.

The recent JEFTA provides an example of an important new RTA with potential relevance for EU exports of agri-food products. Over time, most tariffs for European agri-food products entering the Japanese market will be eliminated. In addition to these tariff eliminations, tariff rate quotas (TRQ) are being introduced even for traditionally highly protected products (i.e. rice, wheat, beef and pork, dairy products and sugar). Within those TRQs, tariffs will be reduced or even completely removed (MOFA, 2021).

The aim of the paper is to assess the accuracy of CGE and Gravity models for projecting international trade flows using an out-of-sample comparison of a forecast and a simulation. The findings are then used to assess projections under JEFTA of future agricultural trade flows from the EU27 to Japan.

The paper is organised as follows: Section 2 briefly describes both models, then Section 3 describes the out-of-sample comparison and the implementation of the JEFTA scenario. Section 4 presents the results, that are then discussed in section 5, and the paper concludes with Section 6.

2 GTAP-CGE versus Gravity Regressions

The ‘standard’ Global Trade Analysis Project (GTAP) model was first formulated in HERTEL (1997, p. 13 ff.) and is a widely used multi-regional CGE model in international trade. This study used the static-comparative GTAP model in its current version 7 (CORONG ET AL., 2017) in combination with the GTAP database version 10.

Like other CGE models, the GTAP model is based on the principle of the circular flows of goods and services expressed in monetary terms. This means that the sum of expenditures must equal the sum of revenues. A special feature of the GTAP model is the construct of the regional household, which plays a central role in the distribution of final demand in the respective regions. Income from production through the use of production factors is attributed to the regional household. The sum of the income is then distributed by the regional household to the three options for final demand: private expenditure, government expenditure and investment spending. The production structure in the GTAP model is modelled by CES functions. These allow firms in the model to substitute between different factor inputs (capital, labour, land and natural resources) to certain extents in the production of their goods. It also offers them the possibility of substituting between locally produced goods and imports in intermediate products used in the production process. From an overall perspective, private expenditure is allocated to the different sectors using a constant difference of elasticities (CDE) utility function. Government expenditure is based on a CES utility function and investment expenditure on a Leontief utility function. Within all three types of expenditure, a CES utility function is used to substitute between locally produced and imported goods. A thorough description of the GTAP model can be found in CORONG ET AL. (2017) and HERTEL (1997).

Very important for the simulation of trade flows is the specification of import demand. As in many equilibrium-based trade models, the GTAP model employs the “Armington specification” (ARMINGTON, 1969). This means that import demand is determined by nested CES functions that describe how imports from various countries may substitute each other (nested CES function 1), and the extent to which these imports substitute for domestically produced goods (nested CES function 2). The Armington assumption implies that traded goods are distinguished by country of origin. For instance, cheese from France and cheese from Germany are less than perfect substitutes in the eyes of Japanese consumers. It becomes clear that the degree of substitutability will in reality be highly product-dependent. In a typical CGE model, this elasticity of substitution is exogenously specified, known as “Armington substitution parameters” or “Armington elasticities”. Empirical estimation of these parameters is difficult and the results are additionally influenced by properties of the underlying data, among other things (HESS AND VON CRAMON-TAUBADEL, 2008; BAJZIK ET AL., 2020), while it is widely acknowledged that they have a strong impact on the results of trade policy simulations (HERTEL ET AL., 2007; SCHÜRENBERG-FROSCH, 2015).

The aggregation of the CGE model used in this manuscript comprises a total of four regions, namely Germany, Japan, ROE (EU27 as of 2020 without Germany) and the “rest of world” (ROW). It includes a total of 25 sectors, with the 21 agri-food sectors or commodities of the GTAP 10 database covered individually and all non-agri-food commodities grouped under “manufacturing”² (see Table 1 for a description of the agri-food sectors in GTAP).

In contrast to CGE models, gravity models are not constructed by a set of functions, but are derived from a CES utility function and econometrically estimated. The name “gravity” derives from the original idea of Newtonian gravity, i.e. that two objects attract each other more the closer and larger in mass they are. In the context of international trade, this idea translates to the postulate that two countries trade more with one another (‘attraction’) the larger they are (in terms of GDP) and the closer they are (in terms of trade costs, i.e. lower trade costs) (ANDERSON, 1979; ANDERSON AND VAN WINCOOP, 2003). Besides GDP, typical variables used in gravity models to estimate trade flows include population, tariffs, distance measures between countries and fixed effects to control for multilateral resistances between countries. Gravity models also differ from CGE models in the type of data they use. Due to the circular flow nature of payments in CGE models, they are based on a social accounting matrix (SAM) for a given base year. This SAM reflects all payments and receipts between the sectors of a country and

² Other sectors are: “transportation”, “utilities and construction” and “other services”.

also between sectors of different countries. For the GTAP database version 10, the base year is 2014. In comparison, gravity models are more flexible in terms of the data that can be used to estimate them. For example, they can be applied to panel data containing bilateral trade flows. This type of data is typically available at a much more disaggregated level than is the case for SAMs.

3 Estimating the Gravity model, simulation of CGE

The out-of-sample comparison of the models with agricultural trade flows from the EU27 to Japan is carried out for the year 2018, the year before JEFTA entered into force. For this purpose, the following Gravity model on the trade flows \hat{X}^{ijt} (in million USD) is estimated for the period from 1996 to 2014, which is the base year of the GTAP v10 database used:

$$(1) \quad \hat{X}^{ijt} = \beta'_1 \pi^j + \beta'_2 \mu^i + \beta'_3 \chi^t + \beta'_4 GDPimp^{jt} + \beta'_5 GDPexp^{it} + \beta'_6 POPimp^{jt} + \beta'_7 POPexp^{it} + \beta'_8 tariff^{jit} + \beta'_9 gravity^{ji} + \beta'_{10} NTB^{jit} + \beta'_{11} eu^{jit} + \beta'_{12} rta^{jit} + \beta'_{13} WTOimp^{jt} + \beta'_{14} WTOexp^{it} + \beta'_{15} policyJPN^t + \beta'_{16} policyEU^t + \beta'_{17} Fukushima^t + \varepsilon^{ijt}.$$

π^j , μ^i and χ^t are the importer, exporter and time fixed effects (FE) respectively. $GDPimp^{jt}$, $GDPexp^{it}$, $POPimp^{jt}$, $POPexp^{it}$ and $tariff^{jit}$ are the importers' and exporters' GDP and population as well as the tariff (simple average, including ad valorem equivalents) that importer j imposes on imports from exporter i ³. The variable $gravity^{ji}$ represents trade cost variables that are commonly used in gravity model literature, namely $contig^{ji}$ (dummy for countries sharing a common border), $comlang^{ji}$ (dummy for countries sharing the same official language), $colony^{ji}$ (dummy for when both countries have a colonial tie) and ln_dist^{ji} (natural logarithm of a distance measure between the main population hubs of two countries). NTB^{jit} represents a set of different dummy variables for the presence of various non-tariff measures (NTM) imposed on imports. eu^{jit} and rta^{jit} are dummies for when both importer and exporter are part of the EU (EU15 to EU28) or if both countries have concluded a regional trade agreement (RTA). $WTOimp^{jt}$ and $WTOexp^{it}$ are dummies used to indicate a country's membership of the WTO. $policyJPN^t$ and $policyEU^t$ are dummy variables referring to the presence of major agricultural policies of the EU and Japan. For the EU this refers to the Common Agricultural Policy (COP) and for Japan refers to the so-called 'Basic Plan'. Finally, dummies to consider the effects of the Fukushima nuclear disaster on Japan's imports and exports are summarised in $Fukushima^t$. ε^{ijt} is the error term. The data used to estimate the model are sourced from the World Bank's World Development Indicators (WDI) (WB, 2022), the World Integrated Trade Solutions (WITS) portal (WITS, 2021), the CEPII Gravity database (CONTE ET AL., 2021), the NTMs TRAINS researcher file (UNCTAD, 2017), Mario Larch's Regional Trade Agreements Database (EGGER AND LARCH, 2008), the WTO (2021) and the 'Basic Law on Food, Agriculture and Rural Areas' (MAFF, 2021).

The predictions of the Gravity model of the agricultural trade in 2018 are based on changes in the significant continuous variables of the model, i.e. tariffs, population and GDP of the importer and exporter. High shares of zero-trade observations in the datasets advised for a

³ Regarding the GDP and population variables and the tariffs, separate variables for the case of Japan being the importer and one of the EU28 member countries being the exporter (and vice versa) were created in order to analyse these variables' effects separately. The EU28 were chosen to create the separate variables as the UK was still a member of the EU during the period of the gravity model estimation.

selection procedure of possible estimators regarding estimations of equation (1)⁴. When no selection – and subsequently no estimation – could be made despite selecting the best econometric estimator, the five-year average of trade flows (2014-2018) was taken instead to predict exports to Japan.

For the CGE model, a simulation of agricultural trade from the EU27 to Japan in 2018 was carried out using a scenario with shocks to macroeconomic variables (real GDP, capital and labour supply, investment and population) and tariffs (trade weighted) between the individual countries and regions. The size of the shocks refers to the change in the variables in 2018 compared to the base year 2014. The data required for this are taken from Penn World Tables version 10 (FEENSTRA et al., 2015), WITS (2021) and the WDI of the World Bank (WB, 2022).

The GTAP model uses an Armington structure to model trade between countries, i.e. products are differentiated according to their country of origin and are imperfect substitutes (ARMINGTON, 1969; CORONG ET AL., 2017). There are two Armington elasticities built into the GTAP model: σ_D and σ_M . σ_D is the elasticity of substitution between domestically produced and imported goods. It determines how firms can substitute between domestically produced and imported goods in the formulation of intermediate demand. Furthermore, in determining private, government and investment expenditures, σ_D governs how respective income is allocated between locally produced and imported goods. Based on σ_M , the elasticity of substitution of imports between regions and prices, the resulting regional demand for imported goods is then distributed among the different regions from which imports are made. Both elasticities, σ_D and σ_M , are defined for all tradeable products at region level (CORONG ET AL., 2017). In this context, both Armington elasticities in the model play a central role in governing trade flows between countries. They are important for the analysis of trade agreements, as they directly influence how changes, for example in tariffs, are reflected in changed flows of goods between countries. Especially in trade-focused models, the choice of Armington elasticities is crucial (SCHÜRENBERG-FROSCH, 2015).

Due to this central role, a sensitivity analysis is additionally conducted to investigate how changes in both Armington elasticities affect the accuracy of the CGE model's simulated compared to actual trade flows in 2018. To assess the effect, simulations were carried out for different values of both Armington elasticities present in the GTAP7 model, σ_D and σ_M . Both elasticities vary between -50 % and +50 % in steps of 10 percentage points of their original values, resulting in a total of 121 simulations. Simulations were carried out using the RunGTAP program (version 3.75) by HORRIDGE (2021).

4 Comparison of gravity estimations and CGE simulation results

Table 1 shows for 2018 ROE and Germany the individual agricultural exports to Japan in millions of USD compared to the corresponding predictions of the Gravity model in equation (1), and the CGE simulation with default Armington elasticities. What is striking about the results in Table 1 is that the largest relative deviations tend to occur for products for which the actual exports from ROE and Germany to Japan are small. For example, the Gravity Model predicted exports of oil seeds from ROE of 7.2 million USD are 612% higher than the actual exports of 1 million USD, while the simulated exports of 4.1 million USD are 305% higher. In contrast, for other foods, the predicted exports of 1734.1 million USD and the simulated exports of 1886.8 million USD are 20% and 13% below the actual exports of 2174.7 million USD, respectively. A similar picture emerges when looking at the exports of Germany: The exports

⁴ For the estimation of equation (1), two linear and two non-linear estimators were considered: OLS, Heckman two-step, Poisson Pseudo Maximum likelihood (PPML) and Gamma Pseudo Maximum Likelihood (GPML). The estimators were selected using the Ramsey reset test, the residual mean squared error retransformed according to BAŞER (2007) and the 'MaMu' test to check the shape of the variance assumed by the estimator (MANNING AND MULLAHY, 2001). The test results for observations between the EU and Japan were decisive for the selection.

of fish are with 1.3 and 1.4 million USD respectively 674% and 726% above the actual exports of 0.2 million USD. Exports of other crops, however, are predicted to be 20.8 million USD, only 22% below the actual exports of 26.6 million USD. However, even with low actual exports, small deviations appear, see e.g. vegetable oils and fats or beverages and tobacco.

For ROE the sum of predicted and simulated agri-food exports are with 36.2% and 24.1% respectively below the actual agricultural exports of 9549.1 million USD. For Germany, in the case of the Gravity model, the sum of agricultural exports is 67.9% and in the case of the CGE simulation 34.2% above the actual sum of agricultural exports in the amount of 571.4 million USD.

Table 1. Actual, predicted and simulated exports towards Japan in 2018.

GTAP product code	Product description	Agri-food exports of ROE to Japan (in million USD)			Agri-food exports of Germany to Japan (in million USD)		
		Trade in 2018	Predicti on Gravity	Simulati on CGE	Trade in 2018	Predicti on Gravity	Simulati on CGE
GRO	Maize, barley, other grains	8.5	20.1	31.8	6.6	4.4	11.3
V_F	Vegetables and fruit	89.8	87.5	78.7	0.3	6.7	0.2
OSD	Oil seeds	1.0	7.2	4.1	-	-	-
PFB	Plant based fibre	18.1	9.2	26.7	-	-	-
OCR	Spices and other crops	129.4	164.0	149.3	26.6	20.8	22.2
CTL*	Cattle, live	29.4	14.9	1.9	4.0	3.5	0.1
OAP	Other animal products	93.3	94.6	75.8	7.5	12.7	14.8
WOL	Wool and silk	18.0	25.2	19.7	1.1	0.7	0.5
FSH	Fish	7.5	20.7	85.2	0.2	1.3	1.4
CMT*	Cattle meat	35.9	4.2	16.5	0.3	0.0	0.4
OMT*	Pork, poultry, other meat	1650.3	1537.4	2494.7	144.0	23.0	146.4
VOL*	Vegetable oils and fats	382.2	269.1	330.3	7.0	6.8	6.3
MIL	Dairy products	495.4	304.7	518.0	88.0	111.6	30.3
PCR	Processed rice	0.3	0.1	0.05	-	-	-
SGR	Sugar	25.7	43.6	27.2	22.0	11.4	34.8
OFD	Other food	2174.7	1734.1	1886.8	203.7	327.1	190.1
B_T	Beverages and tobacco	4389.7	1751.8	1500.4	60.1	429.3	307.1
Sum of agri-food exports		9549.1	6088.3	7247.1	571,4	959,3	765,9
Difference of prediction and simulation to sum of agricultural trade in 2018			-36.2%	-24.1%		67,9%	34,2%

Values are in million USD; Paddy rice (PDR), wheat (WHT), and sugar cane and beet (C_B) are excluded from the overview as no trade occurred in 2018 or prediction was not possible due to missing tariff data; * averages of trade flows towards Japan from 2014 to 2018. Source: Own table base on regression and simulation results.

A consideration of the levels rather than changes of trade flows is rarely done in CGE simulations (see e.g. EC (2018)), which is why here the change in trade flows for the CGE model is compared with the actual changes between 2014 and 2018. The changes in traded volumes according to the CGE model refer to the difference between the simulation results for 2018 and the trading volumes of the GTAP 10 database for its base year 2014.

Looking at Table 2, it is noticeable that trade flows according to the CGE model often develop in the opposite direction to actual changes. For example, ROE exports of cattle (live) to Japan increased by 18.8 million USD in 2018 compared to 2014, whereas the CGE model shows a decrease of 8.6 million USD. The difference is most pronounced for pork, poultry and other meat, with an actual reduction in exports of 60.3 million USD and a simulated increase of 783.3 million USD, and beverages and tobacco (1207.3 million USD increase vs. -148.5 million USD decrease according to the CGE model).

Table 2. Actual and simulated changes in exports towards Japan from 2014 to 2018.

GTAP product code	Product description	Change in agri-food exports of ROE to Japan (in million USD)		Change in agri-food exports of Germany to Japan (in million USD)	
		Actual change from 2014 to 2018	Change according to CGE*	Actual change from 2014 to 2018	Change according to CGE*
GRO	Maize, barley, other grains	-21.1	4.8	-5.0	-0,4
V_F	Vegetables and fruit	8.6	-12.6	0.2	0,1
OSD	Oil seeds	-2.1	0.7	-	-
PFB	Plant based fibre	-3.6	4.6	-	-
OCR	Spices and other crops	-5.4	35.4	7.8	3,6
CTL	Cattle, live	18.8	-8.6	-1.2	-0,1
OAP	Other animal products	-20.5	3.4	0.1	-0,3
WOL	Wool and silk	-7.3	-6.9	0.5	-0,1
FSH	Fish	-10.1	8.5	-0.1	0,1
CMT	Cattle meat	27.0	1.0	0.2	-0,3
OMT	Pork, poultry, other meat	-60.3	783.3	71.9	72,2
VOL	Vegetable oils and fats	60.3	2.2	0.0	-0,7
MIL	Dairy products	147.5	165.2	39.3	-19,3
PCR	Processed rice	-0.1	-0.5	-	-
SGR	Sugar	-11.9	-1.1	-4.6	8,1
OFD	Other food	106.3	95.3	23.4	5,0
B_T	Beverages and tobacco	1207.3	-148.5	-245.9	-65,8
Sum of change in agri-food exports		1433.3	926.3	-113.3	2.1
Difference of predicted and simulated change to actual change of agri-food exports in 2018			-35.4%		-101.9%

Values are in million USD; Paddy rice (PDR), wheat (WHT), and sugar cane and beet (C_B) are excluded from the overview as no trade occurred in 2018 or prediction was not possible due to missing tariff data; * changes according to the CGE model refer to trade volumes in the GTAP 10 database for the year 2014. Source: Own table base on simulation results.

A similar picture with partly large differences emerges for Germany. Exports to Japan of dairy products increase by 39.3 million USD, while the CGE model simulates a reduction of 19.3 million USD. For beverages and tobacco, the direction of the trade volume development is the same, but the decline in exports according to the CGE model is approx. 180 million USD less than the actual development. For some products, however, there are also great similarities between the developments. For ROE, for example, the increase in exports of dairy products and

other foods, as well as the decline in wool and silk, almost correspond to the actual developments according to the CGE model. For Germany, the development of pork, poultry and other meat almost coincides. In sum, the changes for ROE according to the CGE simulation are 35.4% below the actual change in exports of 1433.3 million USD. For Germany, on the other hand, the sum of the change according to the CGE model is slightly positive and 101.9% above the decrease of 113.3 million USD.

The results of the CGE simulations with different values of the original Armington elasticities of the GTAP 10 database are shown below in Table 3. Both elasticities, σ_D and σ_M , vary between -50 % and +50 % of their original values in steps of 10 percentage points. Due to space constraints Table 3 only shows an excerpt of the sensitivity analysis. Tables with the all results are readily available upon request.

Table 3. Main results from the sensitivity analysis.

Region	For the year 2018, deviation of ...	Deviation with std. Armington elasticities	Lowest deviation with adjusted Armington elasticities	Δ (in pct. points)	Respective change in the std. Armington elasticities for lowest deviation		Scenario names regarding simulations below
					σ_D	σ_M	
ROE	... total exports	-24.1%	-16.6%	7.5	-50%	+50%	JEFTA_ROE_a
	... trade flow changes	-35.4%	0.3%	35.7	+50%	+50%	JEFTA_ROE_b
Germany	... total exports	34.1%	29.9%	4.2	+50%	-50%	JEFTA_DEU
	... trade flow changes	-101.9%	-80.9%	21.0	+50%	-50%	

Source: Table according to own calculations.

The minimum deviation of total exports to Japan for ROE is -16.6% (see Table 3), meaning that adjusting the Armington elasticities can reduce the deviation of the CGE model with respect to total agri-food exports to Japan in 2018 by up to 7.5 percentage points. This result occurs when σ_D is reduced by 50 % from the default values in GTAP 10 and σ_M is increased by 50 %. In contrast to ROE, the deviation of total exports of the CGE simulations regarding German agri-food exports are always above the actual agri-food exports in 2018. The deviation is smallest (29.9 %) when σ_D is increased by 50 % and σ_M is decreased by 50% with the default values from GTAP 10.

If, on the other hand, we look at the deviations in the changes in total agri-food exports to Japan in 2018 (see Table 3), we notice that in the case of ROE, the changes can be (almost) completely adjusted to the actual changes in total trade volume by making appropriate adjustments to the Armington elasticities. If both Armington elasticities are increased by 50% of their standard values in the GTAP model, the respective deviation decreases from -35.4% to merely 0.3%. For the change in agri-food exports from Germany to Japan, an improvement in the deviation of 21 percentage points is possible, but still amounts to -80.9%.

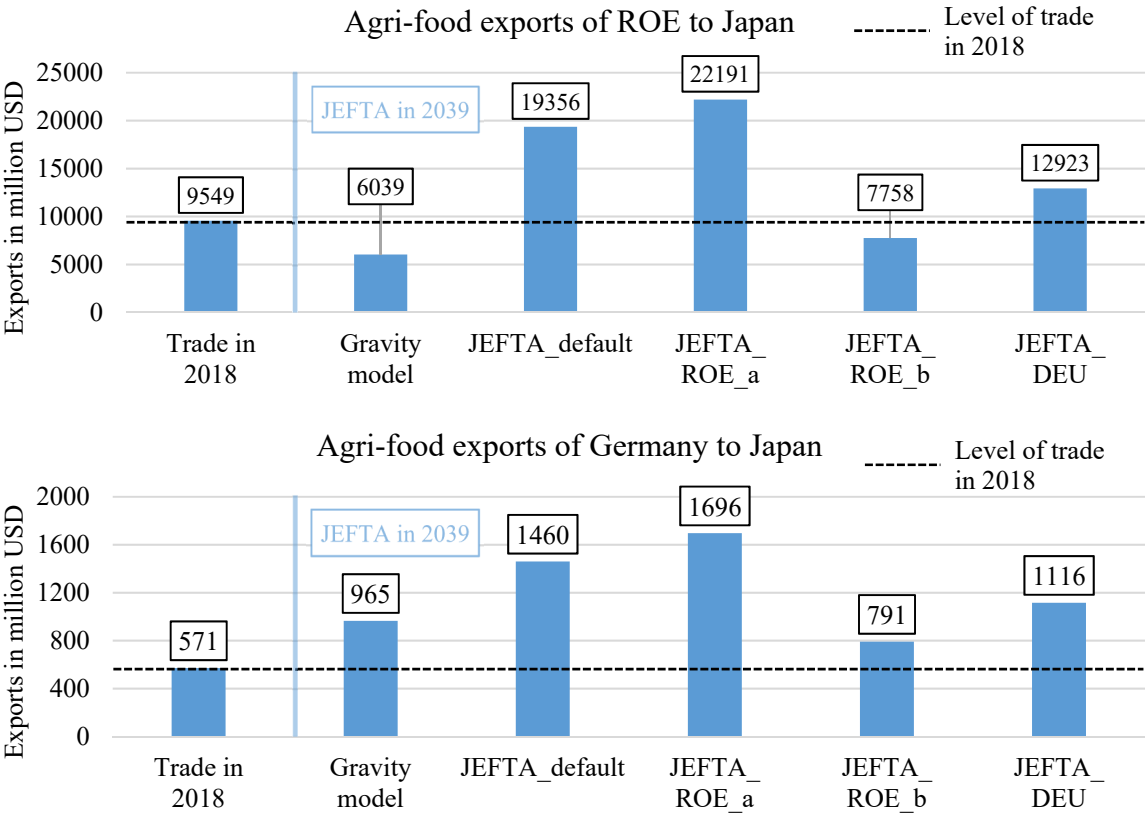
To show the impact of different configurations of Armington elasticities on long-term simulations, the full implementation of JEFTA is simulated in a straightforward form for the year 2039. For this purpose, tariff reductions are based on reductions in EC (2018)⁵ and the

⁵ In EC (2018, p.46) it is assumed that the tariff for e.g. "meat" that Japan levies on imports from the EU is reduced from 1.5% to 1%. The resulting relative reduction in the tariff of 33% is then assumed to be the change in the tariff on cattle and pork, poultry and other meat for the simulation. EC (2018) also uses the GTAP 10 database.

macroeconomic variables for the simulation of agri-food exports in 2018 are extrapolated linearly to 2039 using a 7-year moving average⁶. The 7-year moving average starts with the period 2013 to 2019, as 2019 is the last year of the Penn World Tables version 10 (FEENSTRA et al., 2015). The shocks for 2039 refer to relative changes compared to the base year 2014. The simulations are carried out with the default Armington elasticities and those for which the deviation of total exports and deviation of trade flows change are minimal for ROE and Germany. For comparison with the Gravity Model forecast, tariffs are reduced in the same way as for the CGE model, and population and GDP are linearly extrapolated to 2039 using a 7-year moving average in the same manner as for the CGE starting for 2013 to 2019.

Figure 2 shows the sum of agri-food exports from ROE and Germany to Japan for a full implementation of JEFTA. In addition to the predicted export volumes according to the Gravity Model, the scenario "JEFTA_default" reflects the simulation results using the standard Armington elasticities. Other scenarios are "JEFTA_ROE_a" with corresponding Armington elasticities when minimizing the deviation of total agri-food exports for ROE, "JEFTA_ROE_b" for Armington elasticities when minimizing the deviation of trade flow changes based on ROE, and "JEFTA_DEU" for minimizing the deviation of total agri-food exports and deviation of trade flow changes for the case of Germany.

Figure 2. Gravity model predictions, and CGE simulations of a full implementation of JEFTA at different Armington elasticities.



Source: Own figures based on own calculations.

The projected or simulated sums of agri-food trade flows to Japan in Figure 2 vary considerably. At 6039 million USD, the Gravity model forecast for ROE is below the forecast for 2018 (see Table 1) and the actual trade volume in 2018. For Germany, the Gravity Model predicts a 69% increase in agri-food exports to Japan compared to 2018, at USD 965.2 million. Strikingly, only

⁶ Real GDP, factor supply (capital and labour), investment, population.

for Germany do total agri-food exports to Japan increase relative to exports in 2018 in all CGE simulations and the Gravity forecast, but for ROE under the Gravity model and the "JEFTA_ROE_b" scenario (when Armington elasticities are minimized after deviation of trade flow changes of ROE).

If one decides to select the Armington elasticities according to the minimum 'deviation of total exports' of ROE in 2018, as this is lower in absolute value than the minimum of Germany, ROE exports 22191 million USD of agri-food products to Japan and Germany 1696 million USD. Thus, ROE's exports are 2835 million USD higher and Germany's exports are 580 million USD higher than in the standard CGE simulation with default Armington elasticities. However, if the Armington elasticities are now chosen according to the smallest deviation of the change in ROE exports to Japan compared to the actual changes (scenario JEFTA_ROE_b), the simulated exports turn out to be lower. For ROE, the sum of total agri-food exports to Japan decreases by more than 11500 million USD compared to the scenario with default Armington elasticities to 7758 million USD. Compared to exports in 2018, this is a decrease of almost 1800 million USD. For Germany, exports decrease by more than 600 million USD to 791 million USD compared to the scenario with standard Armington elasticities, but still increase by 220 million USD compared to 2018.

These simulation results also show that long-term simulation results depend more on changes in σ_D than in σ_M : If σ_D decreases from +50% to -50% of its default values, while σ_M remains constant (+50% of its standard value), total agri-food exports to Japan from ROE increase by 186% and from Germany by 114% (moving from scenario JEFTA_ROE_b to JEFTA_ROE_a; see Table 3). However, if σ_M decreases from +50% to -50% of its default values and σ_D remains constant (+50% of its standard value), total agri-food exports from ROE increase by only 66% and for Germany by 41% (moving from scenario JEFTA_ROE_b to JEFTA_DEU). This is the case even though σ_M is by definition twice as large as the corresponding values for σ_D in the GTAP model due to the "rule of two" (HERTEL AND VAN DER MENSBRUGGHE, 2019), and the relative changes in Armington elasticities in the scenarios are thus larger in magnitude.

5 Discussion

The results so far suggest that a lower deviation of ROE's and Germany's total agri-food exports to Japan in 2018 is obtained for different parametrisations of the Armington elasticities. The Armington elasticities were changed for all products simultaneously, however, the smallest deviations may occur in the case of product-specific changes of Armington elasticities. In the present study, the standard elasticities of the GTAP model were used, although these could have in principle been estimated. This could lead to smaller deviations of total agri-food exports in the simulations from actual exports. However, by using the standard Armington elasticities, the impact of a widely used set of Armington elasticities on the accuracy of CGE simulations is analysed.

The results give the impression that a Gravity model is less suitable than a CGE model for making statements about future trade flows. The predicted volumes for 2018 according to the Gravity Model deviate more strongly from the actual exports than the predicted trade flows of the CGE simulation (see Table 1), as the projection error is bigger. For the time being, however, these statements remain limited to the model presented here.

In Table 3, we can see that the changes in total agri-food exports from ROE to Japan (relative to the base year of the GTAP 10 database) can be almost completely aligned with the actual changes in exports between 2014 and 2018 by changing the Armington elasticities. However, this result is related to the sum of all agri-food exports and no statement can be made with regard to individual trade flows.

6 Conclusions

This study investigated how agri-food exports from ROE and Germany differed from actual exports in 2018. To investigate how the accuracy of the CGE model can be improved, different simulations were performed with different values of both Armington elasticities in the model, σ_D and σ_M . The Armington elasticities were chosen as they play a central role in governing trade flows in CGE models.

When comparing individual trade flows for specific products and/or sectors, it is evident from the results presented here that CGE models cannot be expected to yield results within close range of actual trade flows in 2018. However, with appropriate parameterisation of the Armington elasticities, the deviation of total exports of an aggregated region can be improved by 7.5 percentage points to a deviation of -16.5%. Using this parameterisation for a simple simulation of JEFTA means that the sum of simulated agri-food imports to Japan is 3071 million USD higher than using the default Armington elasticities. By using a different parameterisation, it is possible to fully align the changes in total ROE exports to Japan in the simulations with the actual changes in exports between 2014 and 2018.

Literature

- ANDERSON, J. E. (1979): A Theoretical Foundation for the Gravity Equation. In: *The American Economic Review*, Vol. 69(1): 106-116.
- ANDERSON, J. E. AND E. VAN WINCOOP (2003): Gravity with Gravitas: A Solution to the Border Puzzle. In: *The American Economic Review*, Vol. 93(1): 170-192.
- ARMINGTON, P. S. (1969): A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production. In: *IMF Staff Papers*, Vol. 16(1): 159-178.
- BAŞER, O. (2007): Modeling Transformed Health Care Cost with Unknown Heteroskedasticity. In: *Applied Economic Research*, Vol. 1, pp. 1-6.
- BAJZIK, J. AND T. HAVRANEK, Z. IRSOVA, J. SCHWARZ (2020): Estimating the Armington elasticity: The importance of study design and publication bias. In: *Journal of International Economics*, Vol. 127(1): 1-23.
- CONTE, M. AND P. COTTERLAZ, T. MAYER (2021): The CEPII Gravity Database. http://www.cepii.fr/CEPII/en/bdd_modele/presentation.asp?id=8, accessed November 9, 2021.
- CORONG, E. L. AND T. W. HERTEL, R. A. MCDUGALL, M. E. TSIGAS AND D. VAN DER MENSBRUGGHE (2017): The Standard GTAP Model, Version 7. In: *Journal of Global Economic Analysis*, Vol. 2(1): 1-119.
- EC – EUROPEAN COMMISSION (2018): The Economic Impact of the EU-Japan Economic Partnership Agreement (EPA). https://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2018_july/tradoc_157116.pdf, accessed February 14, 2022.
- EGGER, P. H. AND M. LARCH (2008): Interdependent Preferential Trade Agreement Memberships: An Empirical Analysis. In: *Journal of International Economics*, Vol. 76(2), pp. 384-399.
- FEENSTRA, R. C. AND R. INKLAAR, M. P. TIMMER (2015): The Next Generation of the Penn World Table. In: *American Economic Review*, Vol. 105(10): 3150-3182.
- FELBERMAYR, G. AND F. KIMURA, T. OKUBO, M. STEININGER (2018): Quantifying the EU-Japan Economic Partnership Agreement. In: *CESifo Working Paper*, No. 7241.
- HERTEL, T. AND D. HUMMELS, M. IVANIC, R. KEENEY (2007): How confident can we be of CGE-based assessments of Free Trade Agreements?. In: *Economic Modelling*, Vol. 24: 611-635.
- HERTEL, T. AND D. VAN DER MENSBRUGGHE (2019): GTAP 10 Data Base Documentation – Chapter 14: Behavioral Parameters. https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res_display.asp?RecordID=5950, accessed February 10, 2022.
- HERTEL, T. W. (2002): Applied general equilibrium analysis of agricultural and resource policies. In: GARDNER, B. L. AND G. C. RAUSSER (eds.): *Handbook of Agricultural Economics*, Edition 1, Vol. 2. North-Holland, Amsterdam.

- HERTEL, T. W. (ed.) (1997): *Global Trade Analysis – Modelling and applications*. Cambridge University Press, Cambridge.
- HESS, S. AND S. VON CRAMON-TAUBADEL (2008): *Agricultural Trade Policy Modelling: Insights from a Meta-Analysis of Doha Development-Agenda Outcomes*. <https://ageconsearch.umn.edu/record/43466>, accessed February 21, 2022.
- HORRIDGE, M. (2021): *RunGTAP Version 3.75*. <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/products/rungtap/default.asp>, accessed May 2021.
- JOMINI, P. AND J. F. ZEITSCH, R. MCDUGALL, A. WELSH, S. BROWN, J. HAMBLEY, J. KELLY (1991): *SALTER: A General Equilibrium Model of the World Economy, Vol. 1, Model Structure, Data Base, and Parameters*. Industry Commission, Canberra.
- KUIPER, M. AND F. VAN TONGEREN (2006): *Using gravity to move Armington*. <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/2633.pdf>, accessed July 9, 2022.
- MANNING, W. G. AND J. MULLAHY (2001): *Estimating log models: to transform or not transform*. In: *Journal of Health Economics*, Vol. 20, pp. 461-494.
- MCKITRICK, R. (1998): *The Econometric Critique of Applied General Equilibrium Modelling: The Role of Functional Forms*. In: *Economic Modelling*, Vol. 15: 543-573.
- MOFA – MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS OF JAPAN (2021): *Japan-EU FTA – Annex 2-A: Tariff Elimination and Reduction*. https://www.mofa.go.jp/ecm/ie/page4e_000875.html, February 14, 2022.
- SCHÜRENBERG-FROSCH, H. (2015): *We couldn't care less about Armington elasticities – but should we? A systematic analysis of the influence of Armington elasticity misspecification on model results*. https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res_display.asp?RecordID=4710, accessed February 10, 2022.
- VAN TONGEREN, F. AND C. ARRIOLA, A. MOURougANE, S. BENZ (2021): *Trade impacts of the Trade and Cooperation Agreement between the European Union and the United Kingdom*. In: *OECD Economics Department Working Papers*, No. 1698.
- WB – WORLD BANK (2022): *World Development Indicators*. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators/>, accessed January 6, 2022.
- WITS – World Integrated Trade Solutions (2022): *Trade Data (UN Comtrade) and Tariff and Trade Analysis*. <https://wits.worldbank.org/>, accessed January 7, 2022.

Appendix

Appendix 1: Excerpt from regression results of Gravity model estimations. Coefficients are only for respective variables when Japan is importer and an EU country is exporter.

Product code	Product description	estimator	tariff	GDP importer	GDP exporter	Population importer	Population exporter
PDR	Paddy rice	no selection	-	-	-	-	-
WHT	Wheat	PPML	-0.2976***	-0.6545	3.0125***	-3.8075***	-5.4124***
GRO	Maize, barley, other grains	PPML	-0.0402	0.1751	-0.5051	-0.4057	1.9808
V_F	Vegetables and fruit	PPML	3.2785**	-0.3232	2.6931	-2.8456**	-4.2774**
OSD	Oil seeds	PPML	-0.1474**	10.9416**	1.2904***	17.3705***	-1.2388
C_B	Sugar cane and beet	no selection	-	-	-	-	-
PFB	Plant based fibre	PPML	1.2949	1.4012*	0.6619	-1.1896	-2.8549**
OCR	Spices and other crops	PPML	1.0687	-0.5027	0.1841	1.8701*	0.6663
CTL	Cattle, live	no selection	-	-	-	-	-
OAP	Other animal products	PPML	-0.1100	0.5460	-0.0148	-0.8894	-0.9941
WOL	Wool and silk	PPML	0.0579	-0.0457	0.7728*	-1.3707	-2.2573
FSH	Fish	PPML	0.2662	1.0600	-1.0887***	-2.6993	1.1317
CMT	Cattle meat	no selection	-	-	-	-	-
OMT	Pork, poultry, other meat	no selection	-	-	-	-	-
VOL	Vegetable oils and fats	no selection	-	-	-	-	-
MIL	Dairy products	PPML	0.4807**	-0.0745	0.6875**	-0.3175	-1.0652
PCR	Processed rice	PPML	-0.0910	0.7985*	0.3794	-5.0456**	1.7446
SGR	Sugar	PPML	0.1004	-1.0240	2.5716***	0.8684	-5.2304***
OFD	Other food	PPML	-0.1806	0.8494***	0.5149**	-0.8908	-1.0238**
BT	Beverages and tobacco	GPML	0.9097	2.3335*	0.3271	-3.5563	-0.0773

Raw milk (RMK) is excluded as it is not traded internationally; OSD: very high elasticities are crossed out and as outliers not considered further, as they are caused by strongly fluctuating EU exports to Japan before 2003; the positive effect of the tariff on trade of V_F and MIL could be explained by the Japanese government declaring the tariff in response to higher imports, resulting in a positive coefficient; Significance level: *** 1%, ** 5%, * 10%.

THE DURATION AND SURVIVAL OF SALMON EXPORT BY NORWEGIAN FIRMS IN THE INTERNATIONAL MARKETS

Tinoush Jamali Jaghdani¹, Ulf Johansen, Maitri Thakur

Summary

The duration models are tools to understand the persistency in trade market structure for specific commodities and countries. Any decision on entering to trade market can be made easier by knowing the persistency of trade between partners. This study focuses on salmon supply chain relation histories in order to analyse persistence, and thus sustainability of trade and its determinants of business/trade relationships along the salmon international export. The market entry and exit of a certain salmon supply chain actors (e.g., salmon producers, processors, or traders) are analysed as required for the duration model development through time-varying covariates, i.e., the risk of slipping out of a trade relation changes with the length of time an actor spent in this chain. The trade duration is of higher importance for perishable products. In this study, the firm level trade transaction data at the side of importer and exporter for the period 2004-2018 used for trade duration analysis. Kaplan-Meier survival model and Cox proportional hazard model are used for the analysis. The additional impact of a number of available covariates, such as firm's trade characteristics, geographic/regional conditions, and trade or production policies are assessed. In particular, the effects of economic integration agreements on the stability of product-level trade relationships for European export firms, together with the analysis of determinants of trade flow durations, is analysed. Patterns of persistence (i.e., sustainability) of selected supply chains in different countries is identified by comparing the estimation results obtained. The results shows that on average the trade duration for salmon trade between firms is 2.39 years which is relatively low for a perishable products such as salmon. Additionally, different markets in different continents show not a tangible different level of persistency back to the nature of salmon. We conclude that the trade duration between partners can be increased if the competition in the market increases which probably possible in markets like US where other exporters such as Chile are available.

Keywords

Trade duration, Norway, salmon, trade spell, Kaplan-Meier survival, Cox proportional hazard model

1 Introduction

Generally speaking, different aspects of trade are normally analysed by asking who, what, when, and why has the international trade taken place. One of the later questions on trade issue is “*how long*” the international trade continues between partners. Are they exchanging products over long or short periods of time? (BESEDEŠ and PRUSA, 2006a). The duration of trade has its roots in transaction cost economics as changing the partners is costly. The transaction cost economics is applied to explain the trade and supply chain management (BERGHUIS AND DEN BUTTER, 2017). In a global value chain structure, especially when a company has its powerful headquarter located in a high income country, the buyer needs to have a supplier who is technologically capable of providing right commodities in an appropriate quantity and quality and at low costs. Furthermore, it is important that the supplier does not violate the arrangements

¹ Leibnitz-Institut für Agrarentwicklung in Transformationsökonomien, Theodor-Lieser-Straße 2, 06120 Halle (Saale), jaghdani@iaino.de

and alter the agreed terms, and so on. Finding such a reliable partner is costly (DEFEVER et al., 2016). The same analogy goes for other trading partners on final products or raw materials (BESEDEŠ, 2008). The longer trade between partners is a sign of higher vertical coordination and lower transaction costs (KETOKIVI and MAHONEY, 2020). The duration analysis of trade is based on a main hypothesis: “The longer the trade between partners, the higher the possibility of continuous trade between them”. The gravity models are standard models which are developed to analyse the trade intensity. Trade disruption and duration are not an issue for these sort of models which can be studied by trade duration models. Duration, survival, hazard or persistence are all different terms used for the same type of research areas which can be used interchangeably. The studies of BESEDEŠ and PRUSA, (2006a, 2006b) are the pioneer researches on the trade duration. Since then different studies are conducted on different aspects of trade duration and different hypothesis are tested on factors that effecting the duration of trade. Primary researches were more general by covering many commodities and even many countries. The trade duration models are evolving field of trade analysis and as the heterogeneous firm trade model introduced by MELITZ (2003), the trade duration models have got a new ground to study extensive and intensive margins of trade considering the firms heterogeneity (BESEDEŠ and PRUSA, 2011).

The latest development in the trade duration studies is on specific commodities especially agricultural and food products on one side and firm level data for specific commodities on the other side. Specially, the stability of trade for perishable goods is of high interests. For instance, IMAMVERDIYEV et al. (2015) looked to determinants of Kazakhstan’s wheat exports. They concluded that trade cost, local production factors, price competitiveness and experience explain the short duration of Kazakhstan’s wheat exports. GULLSTRAND and PERSSON (2015) studied the firm level export data on food chains from Sweden. They found that firms tended to stay longer in their core markets, while export decisions regarding peripheral markets were much less long-term. PETERSON et al. (2018a) studied the import duration of fruits and vegetables into US market. They found that changes in US commodity prices and exporter gross domestic product (GDP) have the largest impact, on hazard rate. In contrast U.S. production variability and exporter experience have the lowest impacts on the hazard rate of export duration. Second, sanitary and phytosanitary measures (SPS) treatment requirements have persistent impacts on trade duration. LUO and BANO (2020) analysed the New Zealand dairy export. Approximately, half of the relationships survived for only 1–2 years at the sequence level. Furthermore, they found duration of sequence, left-censoring, initial export, decomposed sequences, New Zealand export price index, and the number of cows available for dairy production, the number of origins and destinations, and destination partner’s GDP are the most significant factors reducing the hazard rate of export relationships. Technical barriers of trade (TBT) are found to significantly decrease the hazard rate.

There are some specific studies on seafood export duration. STRAUME (2017) have studied the fresh-farmed salmon export from Norway. He considered firm level data on the side of exporter to different countries. He found that trade duration was remarkably short (average 4 years). Market uncertainty in the form of transportation costs and export to countries in the EU are associated with a larger probability for failure. Factors that are associated with a reduced risk of exiting the market are the size of the initial shipment between the trading partners, continuing large shipments and the size of the exporting firm. WANG et al. (2019) studied seafood export from Association of Southeast Asian Nations (ASEAN). They concluded that if a trade activity can survive for three years, the easier it is for it to survive longer. Additionally, larger seafood output of the ASEAN region decreases the probability of trade failures. Finally, YANG et al. (2020) studied the Shrimps export from China at firm level. Most of trade relationships in the Chinese exports of shrimp were short-lived and influenced by the market as well as product characteristics. The results indicated that it was crucial to account for firm-specific characteristics, large firms have more stable trade relationships. It is also worthwhile to note

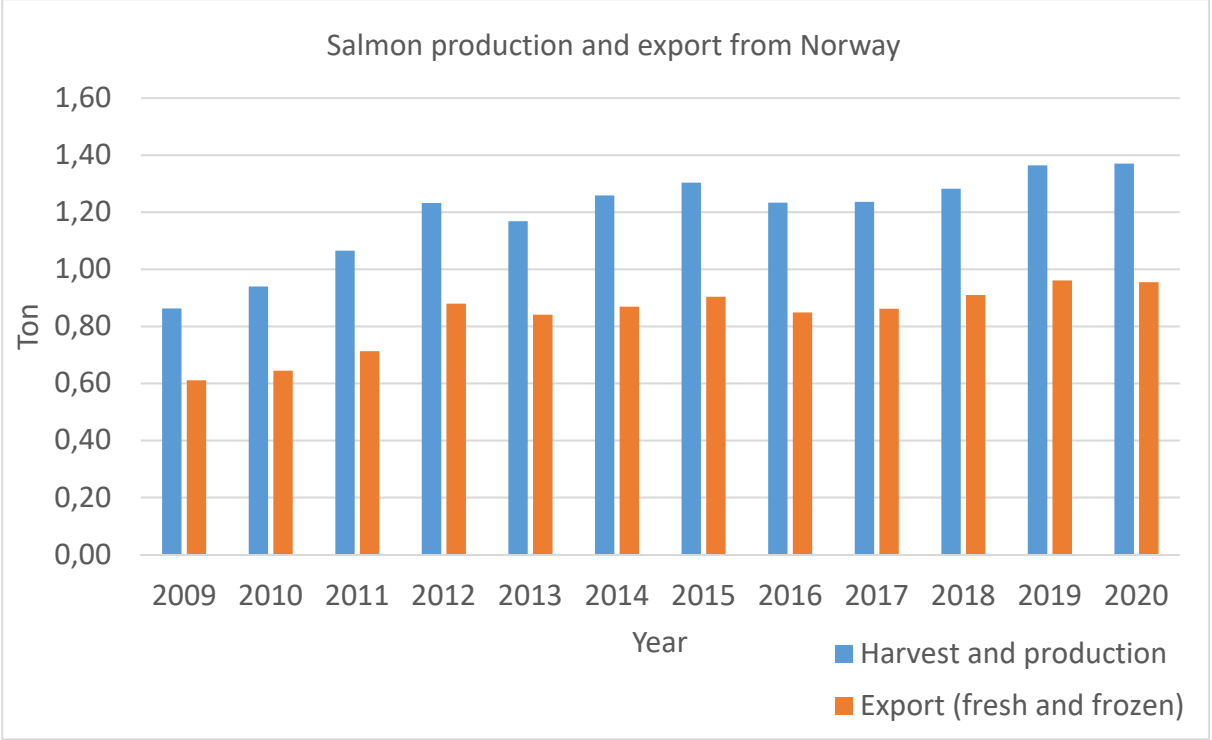
that the firms located within Special Economic Zones (SEZs) have a shorter trade duration than those outside of SEZs, indicating these firms’ opportunistic market behaviour. The studies mentioned above specifically those focused on seafood industry have not investigated the firm to firm trade duration and the factors that affect this sort of relation.

The duration of export of salmon from Norway is the issue of analysis in this paper. Fresh salmon is a perishable product and stable trade relationship should be important for its trade. We apply the survival/hazard approach to analyse the trade duration pattern. We have used firm level transaction data between exporter and importer for this analysis. The available trade duration analysis on salmon are either focused at country to country level trade or firm level data on exporter side to countries as importer. We have considered the firm level transaction trade data at both side of trade relations. The next section presents an overview of the Norwegian salmon trade. Data and methodology are presented in the subsequent sections followed by the results and conclusions.

2 The role of Norway in international salmon trade

Norway is the main producer of salmon in the world. In 2020, from 2.7 million tonnes of Atlantic salmon harvested worldwide, 1.37 million tonnes were from Norway (KONTALI, 2021). The main share of salmon production in Norway is for export (Figure 1). Salmon is the number one species traded on the European market of fish and seafood products in terms of value and the third species consumed (after tuna and cod) (OLAFSDOTTIR et al., 2019). The main part of this export is fresh or chilled salmon (TRADEMAP, 2022).

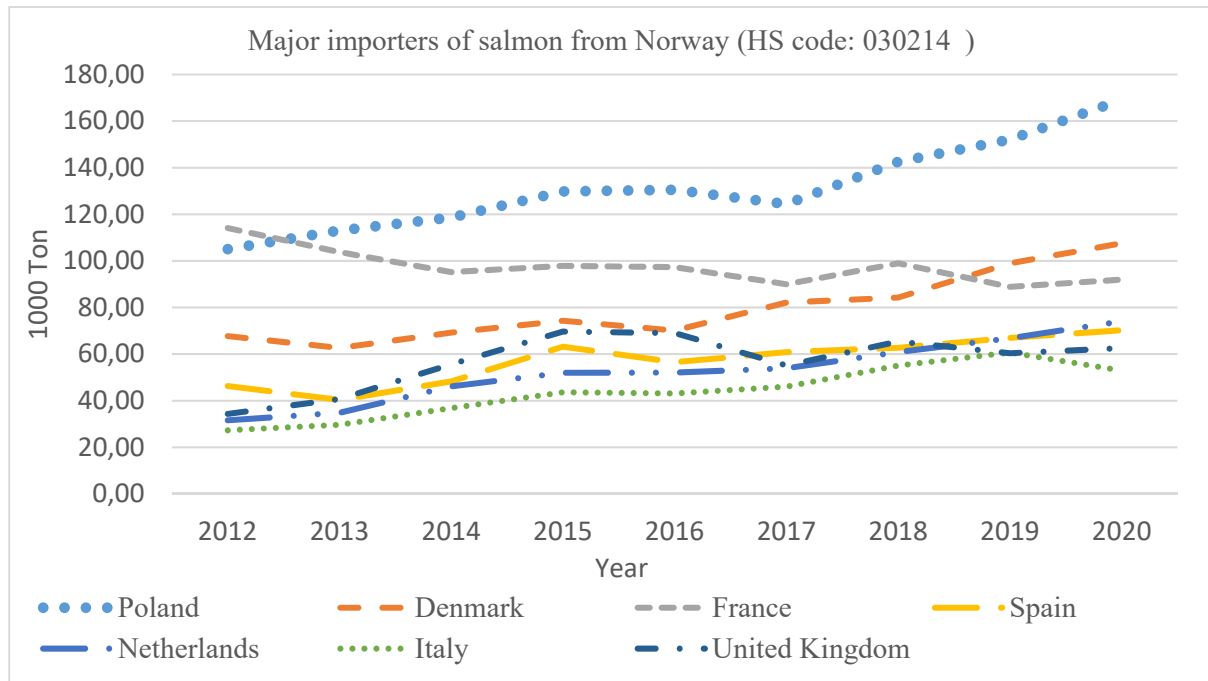
Figure 1. Salmon production and export 2009-2019



Source: KONTALI (2021) and TRADEMAP (2022)

The main part of this export goes to EU countries such as Poland, France, Denmark, Spain, Netherland, Italy and UK (Figure 2). France is the largest consumption market for salmon in the EU. A large part of secondary (value-added) processing of Norwegian salmon takes place in France, Poland and Denmark. The production and export of salmon from Norway is on rise and the Norwegian government is controlling the size of salmon production by issuing licences.

Figure 2. Main salmon importers from Norway



Source: TRADEMAP (2022)

The detailed information on the structure of salmon supply chain and its governance can be found in OLAFSDOTTIR et al. (2019). Furthermore, JAGHDANI et al. (2020) studied the market imperfection at primary stages of salmon supply chain in Norway and found that certain market imperfection was available for large producers till 2015. In the next section, the methodology and data which are used for this analysis are presented.

3 Methodology

In this study, we have applied three different models of survival analysis to understand trade persistency. Survival analysis refers to study of survival times and of the factors that affect this survival. Type of studies with survival outcomes include clinical trials, prospective and retrospective observational studies and animal experiments (MOORE, 2016). There are wide variety of survival/hazard functions. The models selected are non-parametric *Kaplan-Meier survival* model, semiparametric survival estimate *Cox proportional hazard (COX PH)* models and *Cox proportional hazard models with random effect* which are explained below. LANCASTER (1990), HARRELL and JRL (2001), DAVIDSON and MACKINNON (2004) and MOORE (2016) are used for this part.

3.1 Duration models

The object of interest in this study is the survival/hazard of export of selected commodities i (salmon in this case) from Norway to another country j . In survival analysis we use T_{ij} as non-negative random variable representing the failure time (or the time until an event) of an individual from homogeneous population. Instead of defining the statistical model for the response T in terms of the expected failure time, it is advantageous to define survival function, $S(t)$:

$$(1) \quad S(t) = Prob\{T_{ij} > t\} = 1 - F(t)$$

where $F(t)$ is the cumulative distribution function. If the event is death, $S(t)$ is the probability that death occurs after time t , that is, the probability that the subject will survive at least until

time t . $S(t)$ is a non-negative right-continuous function of t with $S(0)=1$ means all subjects survive at least to time zero. The survival function must be non-increasing as t increases.

Another important function is the hazard function, $h(t)$, also called the force of mortality, or instantaneous event (death, failure) rate. The hazard at time t is related to the probability that the event will occur in a small interval around t , given that the event has not occurred before time t . It is defined as

$$(2) \quad h(t) = \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{\text{Prob}(t < T_{ij} < t + \delta | T_{ij} > t)}{\delta} = \frac{F(t + \delta) - F(t)}{\delta S(t)} = \frac{f(t)}{S(t)}$$

The hazard rate is an estimate of the rate at which spells fail after a duration of period, given that they last up until time t . By defining the basic statistical model, the empirical model will be presented. The object of interest in this study is the hazard of export of selected commodities in selected countries in Europe ceasing.

3.1.1 Kaplan-Meier survival

The Kaplan-Meier estimator is a non-parametric estimate of a survival function $S(t)$,

$$(3) \quad \widehat{S}(T_m) = \prod_{k=1}^m \frac{n_k - h_k}{n_k}$$

Where n_k is the number of objects at risk at time k , and h_k is number of failures at time k .

3.1.2 Cox proportional hazard model

To measure the effects of influencing factors on the failure/hazard rate, Cox proportional hazard rate model is commonly used semiparametric method:

$$(4) \quad h(t, \mathbf{X}, \boldsymbol{\beta}) = h_0(t) e^{\mathbf{X}\boldsymbol{\beta}}$$

where $h_0(t)$ is the baseline hazard rate and \mathbf{X} is the covariate and $\boldsymbol{\beta}$ is the vector of coefficients of the covariates. The Cox model assumes a proportional hazard rate, which implies that the ratio of hazard rate of two factors is the same at all-time points.

3.1.3 Cox proportional hazard models with random effect

In the export duration models, there are unobserved heterogeneity of countries or firms that cannot be simply captured. This problem can be solved by considering COX PH model with random effect. By expanding (4) as follow:

$$(5) \quad \begin{aligned} h(t, \mathbf{X}, \mathbf{Z}, \boldsymbol{\beta}, \mathbf{b}) &= h_0(t) e^{\mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}\mathbf{b}} \\ \mathbf{b} &\sim G(0, \Sigma(\theta)) \end{aligned}$$

Additional to (4), \mathbf{X} and \mathbf{Z} are the design matrices for the covariates (and fixed effects) and random effects, respectively. $\boldsymbol{\beta}$ is the vector of covariates and fixed-effects coefficients. \mathbf{b} is the vector of random effects coefficients. The random effects distribution G is modelled as Gaussian with mean zero and a variance matrix, which depends on vector of parameters THERNEAU and CLINIC (2020). R statistical software is used for this analysis and packages “survival”, “coxme” and “ggplot2” are employed.

4 Data Description

The dataset used in this study consists of import and export transactions of all fish products to and from Norway for the period 2004-2018 which is acquired from Statistics Norway (SSB). The total number of export trade transactions are 3.474.726 and covers all export transactions of fish products out of Norway. Only the transactions for salmon trade are considered in this study, thereby removing around 24 % percent of the dataset. Thus, the final dataset consists of 2.630.008 of salmon trade export transactions. The commodity list in the dataset follows the

nomenclature of the Norwegian Customs Tariff, as from 1988 based on the combined tariff/statistical nomenclature, the Harmonized System (HS) and UN standard international trade classification (SITC-Rev. 4)². Comparing the trade pattern in the beginning of the period to the end of the period, some differences in the trade pattern appears. In 2018 Norwegian salmon export was directed towards 99 countries and the total number of trade transactions was 183.967. In 2004 the total number of trade transactions were fewer 144.954 and exported towards 90 different countries. In this dataset, a large drop in the number of trade transactions towards Russia is recognisable. From being one of the core markets in 2004, there are only few reported export transactions in 2018. On the other hand, US and Canada, and more countries in Asia have become more important markets for Norwegian salmon. The dataset shows that three continents are important for the Norwegian market today – US, Europe, and Asia. Traveling distance data between all countries is collected from the CEPII³ Geodist database (MAYER and ZIGNAGO, 2011). To provide the right database, we had the challenge of complicated coding system for the importer as SSB has anonymised the identity of exporters and importers. This problem was solved by creating a unified code for the importers of salmon from Norway in the SSB database. Salmon price in Norway is acquired from SSB and International Monetary Fund (IMF). The country level data such as GDP per capita and exchange rate on constant value are acquired from Economic Research Service (ERS)⁴ website and World Bank (WB)⁵.

5 Results and discussion

Table 1 presents the distribution of active spells across Norway salmon trade relation. A spell of trade is defined as the period of time with uninterrupted imports of a specific product from a specific exporter (PETERSON et al., 2018). The average length of each spell is 2.39 years in this case. It shows the short time relation between export and import firms on salmon trade.

The maximum number of spells in 14 years of available data is 5.12% of the trade cases have more than one spell. We considered all levels of trade in this analysis. The trade duration analysis have left and right censoring issues in dataset. There are observations that we could not recognize the beginning of the trade time. They are at the primary stages in sample. If we eliminate those observations, many observation will drop off. Therefore, we kept them and a dummy is added to COX PH to control for those observations which show trade in 2005. The right censoring is controlled in hazard model automatically.

5.1 Kaplan Meier results

The information in panel B of Table 1 are the results of Kaplan Meier estimation which is explained in methodology. By using this results and further expansion of them, we can establish the survival function (see Figure 3, Figure 4, Figure 5). These graphs show how some explanatory variables influence the survival probability. In all these figures, y-axis refer to survival rate of trade relationship and x-axis is the years of interaction. Figure 3 shows that the survival rate for long term trade relation is low and the difference between EU and non-EU trade relation in the long run is not vastly different. Figure 4 shows that there is not a huge difference between continents considering the length of trade relationship. However, those partners who have diversified means of transport, probably stay in a relation for a long time. Figure 5 shows that after third year, the probability of trade survival between primary producers is lower compare with wholesaler and processors. The probability of long term survival of trade

² The commodity codes from Statistics Norway: <https://www.ssb.no/294954/statistisk-varefortegnelse-for-utenrikshandelen-2017>.

³ CEPII refers to French center for research and expertise on the world economy or “Le Centre d’études prospectives et d’informations internationales”

⁴ ERS International Macroeconomic Data Set: <https://www.ers.usda.gov/data-products/international-macroeconomic-data-set/>

⁵ World Bank Open Data: <https://data.worldbank.org/indicator>

between Norway exporters and Polish and French partners is almost similar. The trade duration between Norway and Russia is low due to having the 2014 ban in the sample. The trade duration with China is not an old trend and could change in the future.

Table 1. Distribution of active spells across Norway salmon trade relationship, 2005-2018 with survival rate estimation for different spell length.

Panel A: Total no. of spells in a relationship between importer and exporter firms

No of spell in a relationships	No. of relationships	Frequency
1	29268	87,82%
2	3404	10,21%
3	569	1,71%
4	82	0,25%
5	3	0,01%
Total	33326	100%

Panel B: Observed spell length in a relationship between importer and exporter firms

Spell length (year)	Number of relationships	Number of events	Survival rate
1	33326	18038	45,87%
2	12672	4996	27,79%
3	6547	1878	19,82%
4	3901	947	15,01%
5	2574	511	12,03%
6	1702	295	9,94%
7	1230	203	8,30%
8	929	142	7,03%
9	673	92	6,07%
10	489	53	5,41%
11	367	72	4,35%
12	243	27	3,87%
13	177	9	3,67%
14	130	0	3,67%

Source: study results

5.2 COX PH model

As it is explained in the methodology, COX PH and COX PH with the random effect are estimated. The results are presented in Table 2: COX PH estimation for salmon trade duration between Norway and partners.

Table 2. Results

Variables	COX PH(main model)	COX PH (alternative 1)	COX PH (alternative 2)	COX PH with random effect
Ratio of number of transaction in 1st year to last year	-0.039(0.002)***	-0.034(0.002)		- 0,036(0,002)***
Trade weigh in last year (KG)	-0.001 (0.00004)***	-0.001(0.000)***		- 0,001(0,000)***
FOB price per unit (NOK/KG)	-0.007(0.0003)***	-	0.007(0.0003)***	- 0,008(0,000)***
SD of salmon price in Norway	-0.201(0.005)***	-0.176(0.004) ***		- 0,186(0,005)***
GDPperCapita (log of USD)	-0.048(0.007)***	-0.082(0.007) ***		- 2,297(0,065)***
Exporter Processing (dummy)	0.142***(0.022)			0,358(0,124)***

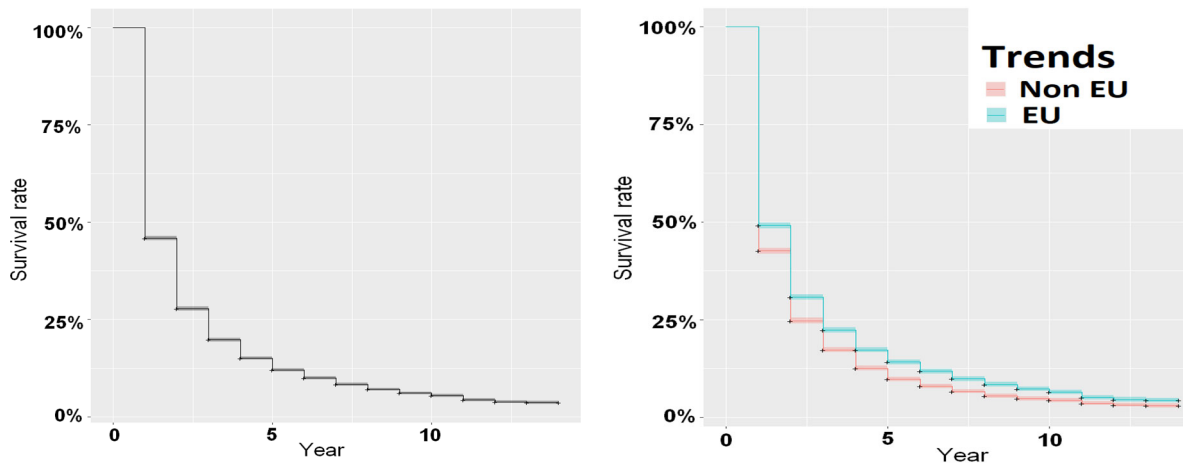
Variables	COX PH(main model)	COX PH (alternative 1)	COX PH (alternative 2)	COX PH with random effect
Exporter Wholesaler (dummy)	-0.004(0.018)			0,277(0,123)**
EU dummy(1 EU, 0 non EU)	-0.084(0.020)***			3,417(0,640)***
Geographical position of producer in Norway (the higher the number, the Northern the region)	-0.002(0.0003)***			0,001(0,002)
Rail transport_2	-0.271(1.000)			-0,675(1,005)
Road transport_3	0.010(0.021)			-0,021(0,032)
Ship transport_4	0.148***(0.021)			0,071(0,024)***
Mix transport_5	-0.464***(0.032)			-
Year effect	0.008(0.002)***			0,468(0,034)***
firstyear_2005 (dummy)	-0.351(0.021)***			0,072(0,002)***
Employees (number)		0.0001(0.00)***		
France importer (dummy)		-0.080(0.024)***		
Poland importer (dummy)		-0.111(0.036)***		
Distance(log of KM)		0.004(0.007)		
County in Norway 2 (dummy)		0.699(0.299)**		
County in Norway _3 (dummy)		0.752(0.261)***		
County in Norway 7(dummy)		0.799(0.158)***		
County in Norway 8 (dummy)		0.503(0.461)		
County in Norway _10 (dummy)		0.416(0.336)		
County in Norway 11 (dummy)		0.471(0.158)***		
County in Norway 12 (dummy)		0.061(0.114)		
County in Norway 14 (dummy)		0.429(0.130)***		
County in Norway 15 (dummy)		-0.041(0.113)		
County in Norway 16 (dummy)		0.0004(0.117)		
County in Norway 17 (dummy)		-0.237(0.114)**		
County in Norway 18 (dummy)		0.087(0.115)		
County in Norway _19 (dummy)		-0.015(0.118)		
County in Norway _20 (dummy)		0.365(0.124)***		
County in Norway _29 (dummy)		-0.068(0.114)		
County in Norway _91 (dummy)		-0.165(0.115)		

Variables	COX PH(main model)	COX PH (alternative 1)	COX PH (alternative 2)	COX PH with random effect
County in Norway _99 (dummy)		-0.045(0.175)		
Continent Africa (dummy)			0.050(0.047)	
Continent America (dummy)			0.050(0.030)* 0.157(0.013)*	
Continent Asia (dummy)			**	
Continent Pacific (dummy)			0.063(0.097)	
Random effect (Exporting firm), sd				0.415
Random effect (importing country) sd				2.862
Observations	33.236	33.236	33.236	33236
R2	0.201	0.187	0.004	
Max,PossibleR2	1	1	1	
Log Likelihood	-257177.300	-257467.000	-260836.700	-255523.2
Wald Test	6580.510*** (df=15)	5991430***(df=26)	150.930*** (df=4)	
LR Test	7468.102*** (df=15)	6888.611***(df=26)	149.255*** (df=4)	
Score(Logrank)Testfff	6170.087*** (df=15)	5652.648***(df=26)	151.220*** (df=4)	

Note: * p < 0.1; ** p < 0.05; ***p < 0.01, inside the () is standard deviation (SD)

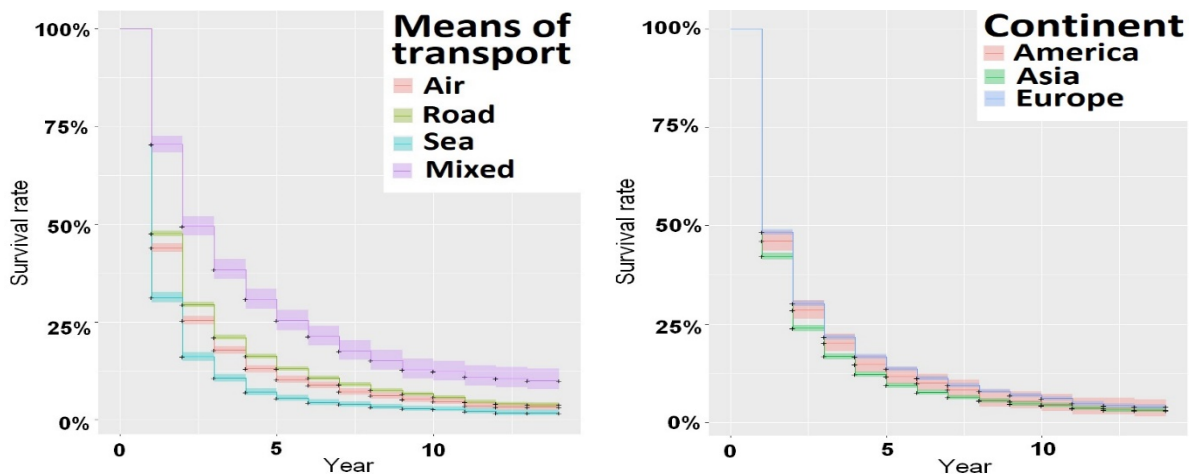
We have conducted three COX PH simple model as we recognized strong multicollinearity in different category of variables of interests. The main primary model is re-estimated with COX PH random effect model. The variables considered for the random effect model were the exporters and importers firms separately. However, as the random effect model with importers did not converge, we considered the random effect for exporters and importing countries. In these models, factors that affect the hazard of trade relation are tested. If we consider the end of relation as one (1) and the continuation of this relation as zero (0), the positive coefficients show that how the exogenous factor increases the possibility of hazard and if the negative coefficient show that how the exogenous factor decreases the possibility of hazard. By having this analogy in mind, the coefficients of COX PH model are interpretable. The results of estimation between COX PH main model and COX PH with random effects are in the main part similar. Both model shows that higher level of trade at first year can increase the possibility of long term relation. Higher volume of trade is also a factor which encourage longer relation. Higher prices at consume markets which reflected by FOB price increase the possibility of trade survival. Higher variation of price during a year in Norway cause longer relation. It could be that the decision on import made by observing price change in Norway. Those partners who use different means of transport have higher chance of longer trade relation. The 2005 dummy variable for controlling the left censoring issue is significant and negative. It shows that probably those partners having longer relation that increase the possibility of trade survival. The two dummy variables on type of exporter in both models shows that the possibility of longer trade with wholesaler is higher than processors and primary producers.

Figure 3. Kaplan-Meier survival function, all firms (left) and EU, non-EU separately (right)



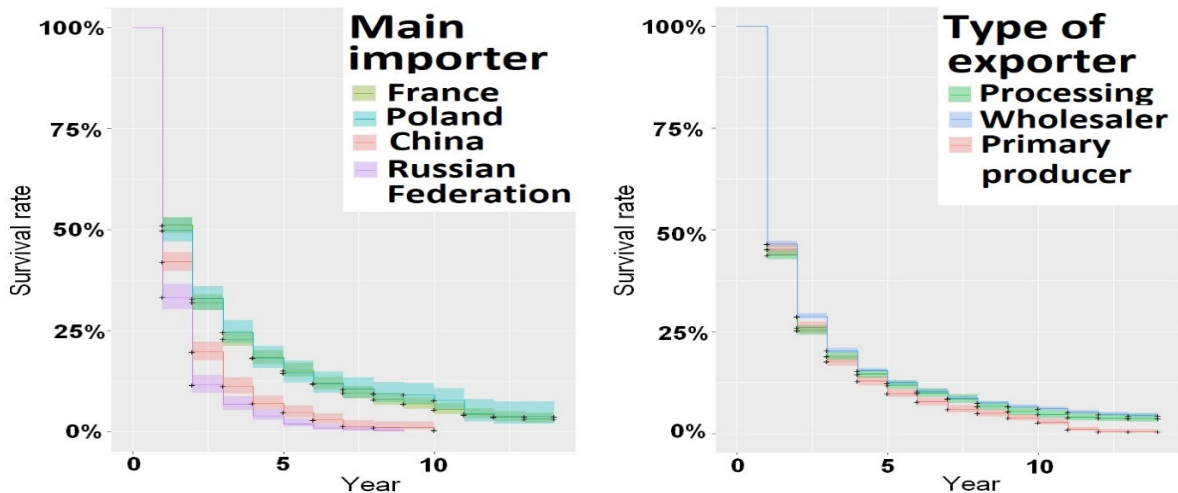
Source: study results

Figure 4. Kaplan-Meier survival function, by means of transport (left) and continents (right) separately



Source: study results

Figure 5. Kaplan-Meier survival function, by main importers (left) and type of exporter (right) separately



Source: study results

Table 3. COX PH estimation for salmon trade duration between Norway and partners

Variables	COX PH(main model)	COX PH (alternative 1)	COX PH (alternative 2)	COX PH with random effect
Ratio of number of transaction in 1 st year to last year	- 0.039(0.002)***	-0.034(0.002)		- 0,036(0,002)* **
Trade weigh in last year (KG)	-0.001 (0.00004)***	- 0.001(0.000)***		- 0,001(0,000)* **
FOB price per unit (NOK/KG)	- 0.007(0.0003)** *	- 0.007(0.0003)** *		- 0,008(0,000)* **
SD of salmon price in Norway	- 0.201(0.005)***	-0.176(0.004) ***		- 0,186(0,005)* **
GDPperCapita (log of USD)	- 0.048(0.007)***	-0.082(0.007) ***		- 2,297(0,065)* **
Exporter Processing (dummy)	0.142***(0.022)			0,358(0,124)* **
Exporter Wholesaler (dummy)	-0.004(0.018)			0,277(0,123)* *
EU dummy(1 EU, 0 nun EU)	- 0.084(0.020)***			- 3,417(0,640)* **
Geographical position of producer in Norway (the higher the number, the Northern the region)	- 0.002(0.0003)** *			- 0,001(0,002)
Rail trasport_2	-0.271(1.000)			-0,675(1,005)
Road transporte_3	0.010(0.021)			-0,021(0,032)
Ship trasport_4	0.148***(0.021)			0,071(0,024)* **
Mix transporte_5	- 0.464***(0.032)			- 0,468(0,034)* **
Year effect	0.008(0.002)***			0,072(0,002)* **
firstyear_2005 (dummy)	- 0.351(0.021)***			
Employees (number)		0.0001(0.00)***		
France importer (dummy)		- 0.080(0.024)***		
Poland importer (dummy)		- 0.111(0.036)***		
Distance(log of KM)		0.004(0.007)		
County in Norway 2 (dummy)		0.699(0.299)**		

Variables	COX PH(main model)	COX PH (alternative 1)	COX PH (alternative 2)	COX PH with random effect
County in Norway _3 (dummy)		0.752(0.261)***		
County in Norway 7(dummy)		0.799(0.158)***		
County in Norway 8 (dummy)		0.503(0.461)		
County in Norway _10 (dummy)		0.416(0.336)		
County in Norway 11 (dummy)		0.471(0.158)***		
County in Norway 12 (dummy)		0.061(0.114)		
County in Norway 14 (dummy)		0.429(0.130)***		
County in Norway 15 (dummy)		-0.041(0.113)		
County in Norway 16 (dummy)		0.0004(0.117)		
County in Norway 17 (dummy)		-0.237(0.114)**		
County in Norway 18 (dummy)		0.087(0.115)		
County in Norway _19 (dummy)		-0.015(0.118)		
County in Norway _20 (dummy)		0.365(0.124)***		
County in Norway _29 (dummy)		-0.068(0.114)		
County in Norway _91 (dummy)		-0.165(0.115)		
County in Norway _99 (dummy)		-0.045(0.175)		
Continent Africa (dummy)			0.050(0.047) 0.050(0.030)	
Continent America (dummy)			*	
Continent Asia (dummy)			0.157(0.013) ***	
Continent Pacific (dummy)			0.063(0.097)	
Random effect (Exporting firm), sd				0.415
Random effect (importing country) sd				2.862
Observations	33.236	33.236	33.236	33236
R2	0.201	0.187	0.004	
Max,PossibleR2	1	1	1	
Log Likelihood	-257177.300	-257467.000	-260836.700	-255523.2

	COX PH (1)	COX PH (2)	COX PH (3)	COX PH with random effect
Wald Test	6580.510*** (df=15)	5991430***(df=26)	150.930*** (df=4)	
LR Test	7468.102*** (df=15)	6888.611***(df=26)	149.255*** (df=4)	
Score(Logrank)Testfff	6170.087*** (df=15)	5652.648***(df=26)	151.220*** (df=4)	

Note: * $p < 0.1$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$, inside the () is standard deviation (SD)

Source: study results

The possibility of longer relation with richer countries is higher. These are the results of the two models. The alternative one model with fix effect factor of region of exporter in Norway shows that we have heterogeneous pattern between exporters and if exporter is stationed in certain regions, the possibility of trade to continue is higher. The same phenomenon is tested in the base model by an index for production region. The Northern the production region, the higher the possibility of trade duration. The model with continent fix factors show that the trade relation with American continent and Asia is at higher hazard rate. The non-expected result is on dummy for EU fix factor effect between COX PH main model and COX PH with random effects. The sign of this variable changes between two models with huge magnitude. It could be due to multi collinearity of random effects and EU fix effect. However, we kept it to show the accuracy that random effect can bring to the estimation. Probably, the EU effect cannot be tested with Random effect model. The exchange rate was not significant. Generally speaking, the random effect model has not improved the model dramatically. To conclude, we can say that certain patterns are recognized in survival possibility of salmon trade between partners. The most unexpected part of Kaplan Meier and COX model was the narrow difference between EU and non-EU partners in Salmon trade and short-run relation in these markets. As salmon is perishable product, we were expecting more stable and long term relation between partners.

5.3 Discussion

We expected longer relation between partners on a perishable commodity such as salmon. However, the results show that the survival rate between the Norwegian salmon exporters and main global importers is rather low. On average, the trade relationship between firms 2.39 years for the period 2004-2018. This is even lower than findings of STRAUME (2017) for firm-country relation which was 4 years. In particular, for most of the firms, the likelihood that the trade in salmon survives after two years is about 28%, and after five years is about 12%. This rate is slightly different between EU and Non-EU countries after five years which largely vanishes in the long run. Most trade relations die out after two-three years on average, independent of the importers' origin (EU–non-EU). As the trade partners are changing fast, at the same time overall trade volume increases, this indicates that entry and exit in trade partnership are not very costly. Decomposing the results by type of exporting firm, after three years of trade, the rate of trade survival is higher for salmon wholesale and processing firms compared to the primary producers. This difference further widens slightly as the duration of continuous trade increases. The results of the econometric models show that countries trading larger amounts of salmon are more often expected to stay longer in a trade partnership. Furthermore, as the prices increases and become volatile, the incentive of having longer trade relationship increases. This shows that stable partners is more on important in turbulent times and markets. To summarize, these results show that the salmon value chain does not depend on stable trading partners, but rather limited production and large demand globally are pushing Norwegian salmon export

forward as the producers are able to easily sell salmon on export markets. Entry and exit in this market are fast which only can be changed by availability more long term contracts between partners or more actors on supply side.

6 Conclusion

The duration models are tools to understand the market structure for specific commodity and countries. Any decision on entering to trade market can be made easier by knowing the persistency of trade between partners. There are commonalities and differences between markets. In this study we have used firm level trade transaction data to study the trade duration for Norwegian salmon for the period 2004-2018. We have used Kaplan-Meier survival model and Cox proportional hazard model. Different specifications are defined for each model. Generally speaking, we found low level survival rate for Norwegian salmon trade at the firm levels. In this study, we have seen different structure of trade persistency. Similarities and differences are recognised between exporters, means of transport, level of quantity and continents. In Kaplan-Meier survival model we could see slightly higher survival rate of trade relation between Norway and EU. Additionally, we see that the higher prices has positively affected the trade duration. This is also the case for annual price volatility and we have seen higher standard deviation of annual prices has positively affected the trade duration. The GDP per capita is positively affecting the trade duration in all models. The richer the importer, the higher the probability of trade duration. The higher the number of transaction in first year of trade to last year, the higher the probability of trade duration. Norwegian salmon production and export is free from competitors.

We can conclude that Norway salmon export enjoys the natural monopoly of salmon production, and it shows slightly different trade persistency with different markets. However, if trade to the regions with other competitors such as US increases, we could expect other patterns of trade duration for these markets. Norway has been excluded from US market for many years and Chile plays more important role in those markets at the moment.

This research can be expanded by including new dimensions. The regional differences between exporters in Norway that we found in econometric model was a sign that issues such as disease outbreak in the salmon farms can be studied further in next stages of duration analysis. Furthermore, we suggest applying spatial analysis in duration model when regional differences are recognised. In this study, we have focused more on firms. However, for the next stages of research, the effects of the difference between fresh and frozen salmon and their duration can be differentiated. Furthermore, the effects of COVID19 pandemic for the period 2020-2021 on trade duration can be studied in the next stages of this research upon an update of our database.

Literature

- BERGHUIS, E. AND F.A.G. DEN BUTTER. (2017): The transaction costs perspective on international supply chain management; evidence from case studies in the manufacturing industry in the Netherlands. In: *International Review of Applied Economics* 31 (6): 754–773.
- BESEDEŠ, T. (2008): A Search Cost Perspective on Formation and Duration of Trade. In: *Review of International Economics* 16 (5): 835–849.
- BESEDEŠ, T. AND T.J. PRUSA. (2006a): Ins, outs, and the duration of trade. In: *Canadian Journal of Economics* 39 (1): 266–295.
- . (2006b): Product differentiation and duration of US import trade. In: *Journal of International Economics* 70 (2): 339–358.
- . (2011): The role of extensive and intensive margins and export growth. In: *Journal of Development Economics* 96 (2): 371–379.
- DAVIDSON, R. AND J.G. MACKINNON. (2004): *Econometric Theory and Methods International Edition*. Internatio., Oxford University Press, USA.

- DEFEVER, F., C. FISCHER AND J. SUEDEKUM. (2016): Relational contracts and supplier turnover in the global economy. In: *Journal of International Economics* 103: 147–165.
- GULLSTRAND, J. AND M. PERSSON. (2015): How to combine high sunk costs of exporting and low export survival. In: *Review of World Economics* 151 (1): 23–51.
- HARRELL, F.E. AND F.E.H. JRL. (2001): *Regression Modeling Strategies: With Applications to Linear Models, Logistic Regression, and Survival Analysis*. Springer Science & Business Media.
- IMAMVERDIYEV, N., S. ANDERS, T. GLAUBEN, O. PEREKHOZHUK AND S. PREHN. (2015): Determinants of Trade Duration of Kazakhstan's Wheat Exports. doi:10.22004/AG.ECON.211788
- JAGHDANI, T.J., L. ČECHURA, G. ÓLAFSDÓTTIR AND M. THAKUR. (2020): Market Power in Norwegian Salmon Industry. Halle(Saale), Germany. doi:10.22004/AG.ECON.305590
- KETOKIVI, M. AND J.T. MAHONEY. (2020): Transaction Cost Economics As a Theory of Supply Chain Efficiency. In: *Production and Operations Management* 29 (4): 1011–1031.
- KONTALI. (2021): *The Salmon Farming Industry in Norway 2021 Report*. Kristiansund, Norway.
- LANCASTER, T. (1990): *The Econometric Analysis of Transition Data*. Cambridge University Press, New York, NY.
- LUO, Y. AND S. BANO. (2020): Modelling New Zealand dairy products: evidence on export survival and duration. In: *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 64 (3): 605–631.
- MAYER, T. AND S. ZIGNAGO. (2011): CEPII - Notes on CEPII's distances measures: The GeoDist database. 2011.
- MELITZ, M.J. (2003): The impact of trade on intra-industry reallocations and aggregate industry productivity. In: *Econometrica* 71 (6): 1695–1725.
- MOORE, D.F. (2016): *Applied Survival Analysis Using R*. Springer International Publishing, Cham. doi:10.1007/978-3-319-31245-3
- OLAFSDOTTIR, G., S. MEHTA, R. RICHARDSEN, D. COOK, I.Y. GUDBRANDSDOTTIR, M. THAKUR, A. LANE AND S.G. BOGASON. (2019): Governance of the farmed salmon value chain from Norway to EU. In: *Aquaculture Europe* 44 (1): 5–17.
- PETERSON, E.B., J.H. GRANT AND J. RUDI-POLLOSHKA. (2018a): Survival of the Fittest: Export Duration and Failure into United States Fresh Fruit and Vegetable Markets. In: *American Journal of Agricultural Economics* 100 (1): 23–45.
- . (2018b): Survival of the Fittest: Export Duration and Failure into United States Fresh Fruit and Vegetable Markets. In: *American Journal of Agricultural Economics* 100 (1): 23–45.
- STRAUME, H.-M. (2017): Here today, gone tomorrow: The duration of Norwegian salmon exports. In: *Aquaculture Economics & Management* 21 (1): 88–104.
- THERNEAU, T. AND M. CLINIC. (2020): *Mixed Effects Cox Models*.
- TRADEMAP. (2022): Trade statistics for international business development. <https://www.trademap.org/Index.aspx>, accessed: February 25, 2022.
- WANG, P., N. TRAN, N.L.W. WILSON, C.Y. CHAN AND D. DAO. (2019): An Analysis of Seafood Trade Duration: The Case of ASEAN. In: *Marine Resource Economics* 34 (1): 59–76.
- YANG, B., J. ANDERSON AND Y. FANG. (2020): Trade duration of Chinese shrimp exports. In: *Aquaculture Economics & Management*: 1–15.

Acknowledgement

This study is conducted in the frame of VALUMICS project. The VALUMICS project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 727243.

RED MEAT CONSUMPTION AS A BENCHMARK FOR FOOD SECURITY DURING CRISIS: CASE STUDY OF MEAT CRISIS AND COVID-19 PANDEMIC IN IRAN

Afsaneh Ehsani¹, Tinoush Jamali Jaghdani, Linde Götz

Summary

Red meat plays an essential role in Iranian cuisine, both as a source of protein and as an integral component in eating behaviours based on religious and cultural factors. Economic challenges, including high inflation and low incomes, have affected red meat consumption in Iran in the last decade. In early 2019, the sharp jump in red meat prices led to fundamental changes in the Iranians' dietary intakes. This price crisis was directly followed by the COVID-19 pandemic, which affected Iran's under pressured economy and food markets. This study investigated the changes in red meat consumption in Mashhad, the second-most populous city and a centre of red meat production in Iran, during these two crises. The data analysis shows that meat consumption decreased among the low-, middle and high-income groups after the price crisis. During the COVID-19 pandemic, the per capita consumption of red meat decreased among low- and middle-income groups, while it increased among the upper-class groups. Moreover, low-income groups were more than the other groups affected by eliminating red meat from their diet or substituting it with non-protein sources. As a conclusion, the two crises have increased food insecurity and weakened social sustainability. To help vulnerable groups, government and civil society need to develop targeted strategies that enable lower-income consumers to cope with nutrition shortages during crisis periods.

Keywords

Red meat crisis, COVID-19 pandemic, food security, social sustainability

1 Introduction

The accessibility of proper food for people from all walks of society plays a crucial role in ensuring physical and mental health. According to FAO (1996) food security is given "when all people, at all times, have physical, social and economic access to sufficient, safe and nutritious food to meet their dietary needs and food preferences for an active and healthy life". In particular, food security is defined by the four dimensions: availability, access, food utilization and stability. Thus, the disruption or instability of any of the four dimensions can threaten food security at the micro, meso or macro-level (GRINBERGA-ZALITE et al., 2021), which, in turn, affects the sustainability of the food system. Furthermore, a sustainable food system also considers the social and economic dimension besides the environmental aspect of sustainability (BLAY-PALMER et al., 2020). Especially, the social dimension of FS is defined as "product or process aspects that affect human safety and welfare, community development, and protection from harm" (KLASSEN and VEREECKE, 2012). The social impact on consumers as one of the main actors in a food supply chain, including health, safety and food security, would be categorized under social sustainability (RAFIAANI et al., 2018; ACCORSI, 2019). Hence, unequal access to healthy and nutritious food undermines social sustainability and increases the risk of marginalizing or even excluding certain social groups from the supply chain (FAN et al., 2021).

¹ Leibnitz-Institut für Agrarentwicklung in Transformationsökonomien, Theodor-Lieser-Straße 2, 06120 Halle (Saale), ehsani@iaino.de

Eating behaviours and availability and affordability of essential nutrient differ between countries and regions, and consequently, the concept of food security and sustainable consumption do not target the same issues in different contexts. Therefore, dietary recommendations on plant and/or animal source food differ from one country to another. For example, in developing or low-income countries, the concept of food security is more concerned with meeting the basic nutritional needs of individuals, while in developed countries, it is more targeted at issues such as obesity (THOMAS, 2010; SADLER, GILLILAND, & ARKU, 2016; WISHON & RENE VILLALOBOS, 2016).

Red meat has always been an integral part of the Iranian cuisine. The popularity of red meat among Iranians is not only because of its taste and availability of domesticated animals but also its roots in the culture and traditions. Red meat consumption is not only a vital part of the daily diets of the Iranians, but its consumption is also highly regarded in religious festivities and cultural celebrations and ceremonies. However, due to the different eating habits/behaviours, the consumption of red meat as significant source of protein² is much lower compared to high-income countries³. For instance, while in 2018 the per-capita consumption of red meat (lamb and beef) in Iran was 9.9 kg (OECD, 2020), it was 45 kg in Germany⁴ (FLEISCHER-VERBAND, 2019).

Animal source foods as a composition of micro⁵- and macronutrients⁶, containing higher quality protein⁷, all essential amino acids and fatty acids, more bioavailable vitamin A, vitamin D3, vitamin B12, and all essential minerals including iron, iodine, zinc, calcium, folic acid, has advantage over plant source foods. poor growth, stuning, low intelligence quotient, autism, depression, and dementia are examples of these nutrients' deficiency. In this regard, the importance of meat in preventing undernutrition in low- and middle-income countries is undeniable (ADESOGAN et al., 2020).

According to the Statistical Center of Iran (2019), the per-capita consumption of red meat has decreased from 8.3 kilograms to 6 kilograms over the last decade. A severe decline in household red meat consumption occurred in Iran in early 2019 (for urban households by 4.3 kg per capita and rural households by 5.3 kg). During that time, the red meat market in Iran encountered a crisis during which the price of lamb and beef increased by almost 130% compared to the same period the year before (Statistical Center of Iran, 2019). Interestingly, a 188% increase in meat imports (JAVANN.IR, 2019) and the distribution and selling of subsidized, imported frozen red meat by the state, cheaper than domestic meat supply, could not solve the 2019 crisis. Moreover, subsidized meat was not only of low quality but also unfairly and unequally distributed in different cities and even in various areas of each county. Therefore, rising red meat prices and shortages in the red meat supply have affected consumers by increasing food expenditures and forcing changes in their dietary intake. According to some government experts, this crisis is affected by economic and political problems. To be more precise, the devaluation of the Iranian Rial boosted livestock smuggling to neighbouring countries due to the high profits for sellers. Additionally, financial resources from the Iranian government that had been allocated for meat imports were suspended in April 2019 after the implementation of the US sanctions. lack of integrated management in meat supply chain, volatility in prices, increasing input and production costs for livestock breeders, lack of control of trafficking of livestock from the border areas, hoarding in warehouses, concentration and monopolization of production and distribution have amplified this crisis.

² Recommended daily protein intake value (g protein/kg body weight per day): infants <4 months: 2.5-1.4, children: 1.3-0.8, adults <65 years: 0.8, adults >65 years: 1.0(RICHTER et al., 2019).

³ In this regard [meat consumption], Iran is a typical country in MENA region (OURWORLDINDATA, 2017).

⁴ Since pork is forbidden in Islam, the statistics of Iran excludes and of Germany includes it.

⁵ Micro-nutrients include vitamins, minerals and fiber which are required by human body in small amount.

⁶ Macro-nutrients include proteins, fats and carbohydrates and human body requires them in large amounts.

⁷ Raw red meat contains on average 20–24 g protein per 100 g

Although the consumption of red meat has been slightly replaced by poultry in recent decades, this replacement is not feasible on a mass scale as a solution to the red meat price crisis. The poultry industry mainly operates at a large scale and is struggling with a lack of required inputs, overuse of hormones and even bankruptcy of many private poultry farms. In contrast, red meat, and particularly lamb, is produced mainly in rural areas by many smallholders, meaning it's a very crucial component of rural livelihoods. It must be added that the manure produced by livestock is used by farmers nearby, significantly reducing the need to use chemical fertilizers. In 2020, the world faced the COVID-19 pandemic, which directly affected food supply and demand. Furthermore, it also indirectly affected purchasing power and the capacity to produce and distribute food. These effects were more severe among vulnerable and poorer social groups (CFS, 2012; GRINBERGA-ZALITE et al., 2021). The particular circumstances associated with the pandemic as "a systemic shock that has critically impacted food systems" (RIVINGTON et al. 2021, 90), lockdown and various restrictions have worsened Iran's red meat crisis, with one of the most significant changes being an exacerbation of social inequalities. COVID-19 pandemic caused economic challenges while Iran's economy was already suffering from different causes such as US sanctions, high inflation and recession (WB, 2020). Moreover, it weakened the FSCs' performance and exacerbated the vulnerabilities in different parts of the red meat chain. Hence, this study investigates the changes in red meat consumption among Iranian consumers (in three groups of low-, middle-, and high-income) in the pre-crisis era (2019), during the rising meat price crisis (2019-2020) and also during the COVID-19 pandemic crisis. Such a study could investigate how one of the most important parts of the food system (consumers in this case) are affected by these crises and how they responded to critical situations. Thus, it helps to develop strategies to reduce the risks of food insecurity among different social groups. This comparison and its relationship to food security and social sustainability justified the novelty of the present article. In this study, statistical analysis of quantitative information which were collected through questionnaire are used. Furthermore, we have used repeated-measures ANOVA approach to compare the differences between groups of interest to find the changes through different crisis period. This methodology aims to understand the social world by observing phenomena or processes that affect individuals, which is in line with the objective of our study (BURRELL and GROSS, 2017).

This article consists of four consecutive sections: A review of the relevant literature that shows the severe impact of rising price crises on the consumer and declining food accessibility in the COVID-19 pandemic. The methodology section includes the application of one-way ANOVA and comparing consumption variance among different income groups in pre-crisis (2019), within price crisis (2019-2020) and during the COVID-19 pandemic crisis. This section is followed by the results, which show a sharp decline in red meat consumption among low- and middle-income groups during the two crises. Finally, a discussion and conclusion are provided.

2 Food Price Crisis and Food Security

Food security can be threatened by various factors, from which the purchasing power is crucial, specifically for the lower-income groups. The effects of rising prices on food consumption are illustrated and discussed in several studies. A systematic review on the impact of rising food prices on food consumption in 162 countries shows that food consumption in low-income countries is much more reduced by increases in the price of all foods compared to high-income countries. Furthermore, such a price increase most adversely affects poorer households (Green et al., 2013). Results of an investigation about the effects of the food price crisis 2007/08 on eleven developing countries show that an increase in the price of essential tradable staple food commodities adversely affects poorer households, regardless of the country, region and location (urban or rural) (ZEZZA et al., 2009). In a more specific study on a developing country, an investigation about the effects of the food crisis on urban Ethiopian households indicates that

urban poor households with low levels of assets were adversely affected by the food price shock (Alem and Söderbom, 2012).

Some studies are available with a specific focus on meat consumption during various crises. A survey about the impact of higher food prices on urban households in Riyadh city in Saudi Arabia indicates that such an increase in costs led to a decrease in the consumption quantities of major food commodities. Although this impact is not so significant for some commodities such as wheat flour, sugar, rice, and beef that the Saudi government subsidizes, it is much greater for non-subsidized commodities, especially mutton, poultry and camel meat (Abdel Karim Yousif and Al-Kahtani, 2014). Due to cultural differences and eating habits in different societies, the price crisis can affect the consumption of various food differently. Nevertheless, in many contexts, meat has been one of the items whose price increase has the most significant impact on the consumer. A systematic review of 160 US-based studies on the price elasticity of demand for major food categories between 1983 and 2007 indicates that meat, compared to other categories, has a very high price elasticity and is most responsive to price changes (ANDREYEVA et al., 2010). A study on the impact of the sudden retail price increases for beef products on the consumer behaviours in Canada shows that higher prices compelled about 38 per cent of the sample to reduce or stop their beef consumption (Charlebois et al., 2016). Furthermore, in Turkey, a country that is geographically and culturally close to Iran and has similar eating habits, price increases in fresh meat negatively impact the consumption and the impact on red meat consumption are much higher (Demirtas, 2018) by decreasing consumers' purchasing power (ÖZEN, TEKİNDAL and ÇEVİRİMLİ, 2019).

The COVID-19 pandemic and the consequent lockdown have negatively influenced food security and purchasing power. These effects have been more significant in underdeveloped and developing countries that have low and middle-income (Erokhin and Gao, 2020). Due to the importance of the aftermath of the start of this latest international crisis, it has been the topic of some studies. A global assessment of the impacts of COVID-19 on food security shows that accessibility is the major dimension of food security that has been affected mainly by the COVID-19 pandemic (Béné et al., 2021). In a meta-analysis, ÉLIÁS and JÁMBOR (2021) have systematically reviewed 51 articles (published in the period Oct. 2020 - April 2021) examining COVID-19 pandemic effect on food security in the first year. They conclude that household food insecurity has increased in 78% of the cases. Their study was conducted based on the FAO's conceptualization of food security⁸. The results show that food access is the most vulnerable dimension during the COVID-19 pandemic. People who belonged to a low-income household were more influenced because of losing their source of income and experiencing food price increases at the same time.

Consequently, such an impact has been particularly adverse on more vulnerable groups like women, people with low socioeconomic status, informal workers and who relied on daily wages (Picchioni et al., 2020). In South Africa, the COVID-19 pandemic has jeopardized the food security of low-income households dependent on labour income (Arndt et al., 2020). Another study about the impacts of the COVID-19 pandemic on household food security in Jordan suggests that food insecurity is associated with household incomes. It also revealed that among different food groups, carbohydrates and the meat group were significantly connected to food insecurity (Elsahoryi et al., 2020). Another investigation about the effects of the COVID-19 pandemic on beef consumption in Colombia shows that the decrease in revenues or the loss of employment and the subsequent financial restrictions are the most decisive factor in consuming beef meat. It is primarily true in the households with the lowest income (Ramírez et al., 2021). Also, the impact of the pandemic and lockdown on the meat consumption pattern in India has been significant, and the consumption of meat and meat products for the majority of the respondents decreased during that time. The main reasons were increases in costs and decreases

⁸ The FAO's definition is provided in section 1.

in the availability of livestock (Faslu Rahman et al., 2021). Finally, a study on the effects of the COVID-19 pandemic on meat consumption habits of Turkish adults shows that the consumption of red meat, poultry meat and fish did not alter among the majority of the participants during the pandemic time. However, the consumption of red meat, poultry meat and fish reduced among 13%, 11%, and 31% of the participants, respectively. According to this study, the reason behind the first two was being unemployed or losing the job, but the case of fish is a bit different, and the reason was mainly due to difficulties in the supply chain. Also, 12% of the respondents had concerns about their access to meat and meat products if they lost their job after the COVID-19 pandemic (Haskaraca et al., 2021).

This study will focus on meat consumption changes among different income groups similar to many studies above. Although some researchers have examined food security in Iran during the Covid 19 pandemic, neither Khorasan Razavi province nor the changes in meat consumption during this period have been investigated. As a contribution, our study considers two consequent crises in Iran and their effects on red meat consumers. Furthermore, this study has been conducted for the two periods of crisis in Iran, and there is no similar study to our knowledge. In this study, we test the hypothesis that if the average per-capita red meat consumption is different between three social groups with distinct income levels who are living in three city quarters (1, 2 and 3) of Mashhad across the three time periods of pre-crisis and during two crises of rising meat price and COVID-19 pandemic.

3 Data and Methodology

The fieldwork was carried out in two stages in summer 2019 and spring 2021 in Mashhad, the second-most-populous city (with more than 6.4 million inhabitants) in Iran and the capital of Razavi Khorasan's eastern province, with a strategic position both geographically and in terms of red meat production, with the meat mainly marketed to domestic markets. Nevertheless, the distribution rate of subsidized imported frozen red meat for domestic consumption has increased five times since the beginning of 2019 compared to the same period last year. This province has a 450 km border with Afghanistan, facing a food security crisis (FAO, 2022).

In Mashhad City, the city quarter of residence can reflect the social class of individuals. So, the primary data was collected within a survey of 296 participants, which were randomly selected in three different city quarters: quarter one (low-income), quarter two (middle-income) and quarter three (high-income). To determine the required sample, stratified random sampling was used, in which the importance of diversity between groups in the population is considered in addition to the sample size (SINGH, R., & MANGAT, 1996). Therefore, to increase the accuracy of the mean estimation, sampling was started by dividing the population into a certain number of strata so that the diversity within them in terms of income and place of residence is minimum and between these strata is maximum. Finally, we selected smaller samples from each group or strata so that the total number of units in all strata were equal to the total sample size.

The questionnaire applied in the first stage of the fieldwork was organized into two identical sections. The first section of the questionnaire was devoted to the pre-crisis period (before early 2019). In contrast, the second section of the questionnaire was devoted to gathering the same information covering the red meat price crisis (2019-2020). The same questionnaire was used for the same individuals in the second fieldwork stage, focusing on the COVID-19 pandemic period (2020 onward).

The critical point is that we have studied the same sample in three different periods. Since one assumption of the analysis of variance or one-way ANOVA is the independence of the observations, it could not be applied to test the hypothesis. Therefore, repeated-measures ANOVA was conducted which compares means across one or more variables that are based on repeated observations. This method is statistically powerful. On the one hand, it controls the

factors that make the difference between observations. On the other hand, it makes it possible to determine the size of the desired effect in a smaller number of samples.

In this study, we investigated the changes in per capita meat consumption in a sample of 296 people living in Mashhad in the age range of 18 to 65 years old belonging to three groups, low-income (up to 30 million Rials), middle-income (30-60 million Rials) and high-income (more than 60 million Rials) household over three different periods. Therefore, per capita meat consumption in each of the mentioned periods and also between different income groups is a dependent variable. In addition, each of these periods and selected areas in the city of Mashhad are independent variables.

4 Results

The characteristics of red meat consumption in our sample of 292 households are presented in Table 1. It becomes evident that red meat consumption mean differs between three periods of pre-crisis, price crisis and COVID-19 pandemic. Comparing these means indicates that red meat consumption has reduced on average after the price crisis; however, it has slightly increased during the COVID-19 pandemic. To examine the significance of this difference, we applied the repeated-measures ANOVA.

Table 1. Descriptive statistics of per capita red meat consumption means between pre-crisis, price crisis and COVID-19 pandemic

Variables	Mean (kg)	Standard deviation	Number of samples
Per capita red meat consumption 2019 (pre-crisis)	23.63	34.45	296
Per capita red meat consumption 2020 (price crisis)	11.06	16.48	296
Per capita red meat consumption 2021 (COVID-19 pandemic)	11.19	17.91	296

A repeated-measures ANOVA has made evident that red meat per-capita consumption means differ significantly across three periods (F Value equal to 44.725)⁹. A pairwise comparison using the Bonferroni correction shows that the per-capita consumption of red meat among the whole sample decreased almost by half after the price crisis compared to the pre-crisis period (11.06 kg vs 23.63 kg, respectively), which is statistically significant. Comparing the per-capita red meat consumption means during the COVID-19 pandemic period with the period before both crises show a significant similar trend (11.19 kg vs 23.63 kg, respectively). The results indicated that the mean of the dependent variable between the period of price crisis and the period of COVID-19 pandemic did not change significantly (11.06 kg vs 11.19 kg, respectively).

According to the results from Table 2, there were significant differences between the mean and standard deviation of the per-capita red meat consumption means between three city quarters with an F-test value equal to 59.65. Therefore, the null hypothesis of equal means has been rejected.

⁹ The results of repeated-measures ANOVA can be sent upon the request.

Table 2. Tests of between-subjects effects; the per-capita red meat consumption between three city quarters

Source	Type III Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square	F-value	Significance level
Intercept	203529.490	1	203529.490	261.243	.000
City quarters	92958.248	2	46479.124	59.659	.000
Error	228271.067	293	779.082		

The results of Table 3, which include binary comparisons of quarters, approved a significant difference in the mean of per capita consumption of red meat between the inhabitants of quarter one (low income) and two (medium income), quarter one and three (upper income) and also between quarter two and three.

Table 3. Pairwise Comparisons of the per capita red meat consumption mean between the inhabitants in three city quarters

(I) quarter	(J) quarter	Mean Difference (I-J)	Standard Error	Significance level	95% Confidence Interval for Difference	
					Lower Bound	Upper Bound
quarter 1	quarter 2	-10.849*	2.298	.000	-16.381	-5.316
	quarter 3	-25.173*	2.314	.000	-30.745	-19.600
quarter 2	quarter 1	10.849*	2.298	.000	5.316	16.381
	quarter 3	-14.324*	2.274	.000	-19.798	-8.849
quarter 3	quarter 1	25.173*	2.314	.000	19.600	30.745
	quarter 2	14.324*	2.274	.000	8.849	19.798

Table 4 shows that after the price crisis and COVID-19 pandemic, the per-capita red meat consumption mean has changed between three groups in the city quarters and among each group. While the low-income group had a consumption level of 5.85 kg of red meat per capita before the crises, this amount was 21.85 kg and 42.53 kg in the middle-income and high-income groups, respectively.

Table 4. Pairwise Comparisons of the per capita red meat consumption mean among and between the inhabitants in three city quarters during three time periods

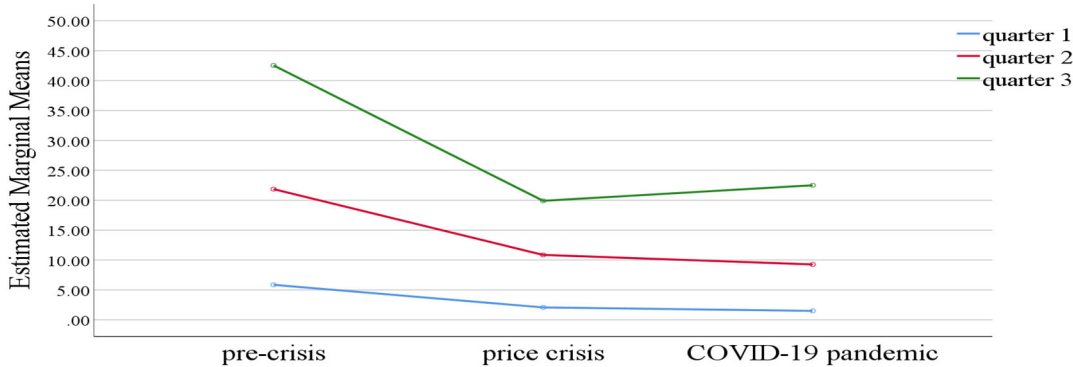
City quarter	Period	Mean	Standard Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
quarter 1	Pre-crisis	5.85	3.196	-.437	12.144
	Price crisis	2.07	1.525	-.928	5.073
	COVID-19 pandemic	1.49	1.616	-1.691	4.672
quarter 2	Pre-crisis	21.85	3.085	15.782	27.924
	Price crisis	10.85	1.471	7.956	13.748
	COVID-19 pandemic	9.25	1.560	6.188	12.329
quarter 3	Pre-crisis	42.53	3.131	36.377	48.701
	Price crisis	19.89	1.494	16.960	22.839
	COVID-19 pandemic	22.49	1.584	19.379	25.612

After the price crisis, red meat consumption decreased in all income groups, reaching 2.07, 10.85 and 19.89 kilograms for low, middle and high-income groups, respectively. The COVID-19 pandemic also affected red meat consumption, decreasing to 1.49 kilograms in the first and second groups to 9.25 kilograms. However, during this period, the average red meat consumption of the third group, in contrast, indicated an increase in consumption (22.49 kg vs 19.89 kg).

Figure 1 shows the estimated marginal meat consumption for three different income groups. As shown in Figure 1, the per capita consumption of red meat between the three groups of low, medium and upper incomes decreased by almost half during the rising meat price crisis compared to the pre-crisis period. Since the per capita consumption in the low-income group was much lower than the other two groups during pre-crisis, changes in consumption among this group have had a more severe impact on them due to the complete elimination of red meat from their diet.

The COVID-19 pandemic again led to decreased per capita consumption among the low- and middle-income groups. The slight change in the low-income group consumption, on the one hand, is because in the previous crisis (rising meat prices), consumption of this type of meat ceased among a large number of meat consumers in this group, and the COVID-19 pandemic practically affected only a small number of low-income households who could still afford red meat. On the other hand, during the COVID-19 pandemic crisis, the price of red meat was almost unchanged or, in some cases, slightly increased (nearly ten per cent) compared to the period of the price crisis. This also justifies the increase in per capita red meat consumption among high-income groups during the COVID-19 pandemic as they could adapt to the new conditions.

Figure 1. Per capita red meat consumption means among and between the inhabitants in three city quarters during three time periods



Source: own study results

5 Discussion

Economic factors directly affect food security. Thus, economic challenges and crises are more likely to confront low-income classes with food insecurity. The size of the red meat consumption in pre-crisis (2019), within the rising meat price crisis (2019-2020) and during the COVID-19 pandemic crisis, shows that consumption of this vital source of protein has decreased dramatically among low and middle-income groups. During the rising meat price crisis period, the rapid price jump, high inflation and low-income levels forced many people to make fundamental changes in their diets, such as drastically reducing or even eliminating red meat, especially the low-income group whose quantity and quality of meat consumed are directly affected by the rising prices. This is in line with some other research findings (for instance (VAN DER HEIJDEN and TSEDU, 2008), As the results of the field research show, many

people in the poor and lower-income deciles have eliminated red meat from their diet or replaced it with bread or pasta¹⁰, which are not protein substitutes. Some of them consumed low quality minced meat supplied at lower prices through unsanitary and illegal channels if they could afford it. In the upper-income deciles, such radical changes in food consumption habits were far more minor. Although the meat was marketed at a lower price during this period (under the Market Regulation Plan), its non-uniform distribution limited some people's access throughout the city.

Our field study results show that in contrast to upper classes whose red meat consumption even increased during the COVID-19 pandemic compared to the rising meat price crisis, the low- and middle-income citizens have experienced irreversible effects on their diet in the period of the COVID-19 pandemic. According to our findings, these crises have excluded some vulnerable groups from the meat supply chain. In addition, substitution with poultry meat is not possible due to the sudden price jump and shortage in the poultry market. It should be mentioned that the emphasis on meat as a source of protein in Iran owes to the fact that there is currently no suitable and affordable alternative in the food market for consumers. Additionally, to the extent that alternative protein sources are conceivable, changing food culture and eating habits takes time and presumably requires changes in the meanings associated with specific eating practices.

6 Conclusion

The crises of rising red meat prices and the COVID-19 pandemic has jeopardized food security dimensions (availability, accessibility, utility and stability), especially for socio-economically vulnerable groups in Iran. Low-, middle and upper-income groups coped with the rising prices by eliminating or reducing red meat consumption. The direct and indirect impacts of the COVID-19 pandemic on the economy and food systems exacerbated this problem. Red meat consumption decreased in low- and middle-income households during this period. However, it has increased among the upper-income classes during this period compared to the previous crisis. As a result of both crises, some consumers, especially those belonging to low-income groups, are excluded from this supply chain due to the unaffordability and inaccessibility of red meat. Thus, the risk of food insecurity has increased subsequently. "Protein undernutrition results in stunting, anemia, physical weakness, edema, vascular dysfunction, and impaired immunity"(WU, 2016). So, underestimating this can lead to serious health problems due to protein deficiency, which will be more severe among vulnerable groups. These forced changes can create many physical and mental health problems for the current young generation, who will be the future elderly population of society and children and adolescents who are in the age of development and puberty. Such a sudden intervention in individuals' nutrition can have long-term harmful effects. One of the strengths of this research is that reducing the consumption of red meat can impose a high cost on society because it can jeopardize social sustainability among certain social groups. Therefore, the results of this study show that the government and civil society need to develop targeted strategies that enable lower-income and vulnerable consumers to cope with crisis periods. For instance, access to red meat could be increased for the low-income people by distributing frozen meat in low-income neighbourhoods of the city during the crisis.

As a short-term suggestion, the government could subsidize some essential commodities, including meat, so lower-income groups are less likely to suffer from price fluctuations caused by different crises. As a long-term suggestion, there should be a plan by the government to introduce alternative sources of protein to meat so that people are not dependent on meat as the only source of protein.

¹⁰ Availability and affordability of nutritious plant-based alternatives in the particular region, socio-economic status, and cultural food habits have affected this replacement.

Since the present study only includes urban households, it is suggested that future research investigate the impact of crises on rural households, whose meat is mainly supplied by themselves, and see if they are as severely affected as urban households. Also, it is suggested that the impact of crises on other crucial food items be examined in future research. Rice is an excellent example of another essential item in the Iranian food basket that - unlike meat - is mainly supplied through imports.

Acknowledgment

This study has been conducted in the frame of “Red Meat Crisis - Determinants of Iran’s Red Meat Crisis: Multidisciplinary Analysis of Supply Chain Governance” project. It has received funding from the Leibniz Forschungsverbund, Leibniz Research alliance (LFV) crises in a globalized world.

Literature

- ABDEL KARIM YOUSIF, I.E. AND S.H. AL-KAHTANI. (2014): Effects of high food prices on consumption pattern of Saudi consumers: A case study of Al Riyadh city. In: *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 13 (2): 169–173.
- ACCORSI, R. (2019): Planning sustainable food supply chains to meet growing demands. In: *Encyclopedia of Food Security and Sustainability*. Elsevier: 45–53.
- ADESOGAN, A.T., A.H. HAVELAAR, S.L. MCKUNE, M. EILITTÄ AND G.E. DAHL. (2020): Animal source foods: Sustainability problem or malnutrition and sustainability solution? Perspective matters. In: *Global Food Security* 25.
- ALEM, Y. AND M. SÖDERBOM. (2012): Household-Level Consumption in Urban Ethiopia: The Effects of a Large Food Price Shock. In: *World Development* 40 (1): 146–162.
- ANDREYEVA, T., M.W. LONG AND K.D. BROWNELL. (2010): The impact of food prices on consumption: A systematic review of research on the price elasticity of demand for food. In: *American Journal of Public Health* 100 (2): 216–222.
- ARNDT, C., R. DAVIES, S. GABRIEL, L. HARRIS, K. MAKRELOV, S. ROBINSON, S. LEVY, W. SIMBANEGAVI, D. VAN SEVENTER AND L. ANDERSON. (2020): Covid-19 lockdowns, income distribution, and food security: An analysis for South Africa. In: *Global Food Security* 26 (July): 100410.
- BÉNÉ, C., D. BAKKER, M.J. CHAVARRO, B. EVEN, J. MELO AND A. SONNEVELD. (2021): Global assessment of the impacts of COVID-19 on food security. In: *Global Food Security* 31.
- BLAY-PALMER, A., D. CONARÉ, K. METER AND A. DI BATTISTA. (2020): Sustainable food system assessment. doi:10.4324/9780429439896-1
- BURRELL, N.A. AND C. GROSS. (2017): Quantitative Research, Purpose of. In: *The SAGE Encyclopedia of Communication Research Methods*. SAGE Publications, Inc: 1377–1380.
- CFS. (2012): Final report 39th Session Committee on World Food Security.
- CHARLEBOIS, S., M. MCCORMICK AND M. JUHASZ. (2016): Meat consumption and higher prices. In: *British Food Journal* 118 (9): 2251–2270.
- DEMIRTAS, B. (2018): The effect of price increases on fresh meat consumption in Turkey. In: *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* 66 (5): 1249–1259.
- ÉLIÁS, B.A. AND A. JÁMBOR. (2021): Food security and covid-19: A systematic review of the first-year experience. In: *Sustainability (Switzerland)* 13 (9).
- ELSAHORYI, N., H. AL-SAYYED, M. ODEH, A. MCGRATTAN AND F. HAMMAD. (2020): Effect of Covid-19 on food security: A cross-sectional survey. In: *Clinical Nutrition ESPEN* 40: 171–178.
- EROKHIN, V. AND T. GAO. (2020): Impacts of COVID-19 on trade and economic aspects of food security: Evidence from 45 developing countries. In: *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17 (16): 1–28.

- FAN, S., D. HEADEY, C. RUE AND T. THOMAS. (2021): Food systems for human and planetary health: Economic perspectives and challenges. In: *Annual Review of Resource Economics* 13: 131–156.
- FAO. (2022): Afghanistan : FAO in Emergencies. <https://www.fao.org/emergencies/countries/detail/en/c/161506/>, accessed: February 19, 2022.
- FASLU RAHMAN, C.K., K. SHARUN, R.R. KUMAR, S. CHAND, D. BARDHAN AND K. DHAMA. (2021): Impact of covid-19 pandemic and lockdown on the meat consumption pattern in india: A preliminary analysis. In: *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences* 9 (2): 172–182.
- FLEISCHER-VERBAND, D. (2019): *Jahrbuch*.
- GREEN, R., L. CORNELSEN, A.D. DANGOUR, R.T. HONORARY, B. SHANKAR, M. MAZZOCCHI AND R.D. SMITH. (2013): The effect of rising food prices on food consumption:systematic review with meta-regression. In: *BMJ (Online)* 347 (7915): 1–9.
- GRINBERGA-ZALITE, G., I. PILVERE, A. MUSKA AND Z. KRUZMETRA. (2021): Resilience of meat supply chains during and after covid-19 crisis. In: *Emerging Science Journal* 5 (1): 57–66.
- HASKARACA, G., E. BOSTANCI AND Y. ARSLAN. (2021): Effects of the COVID-19 Pandemic on Eating and Meat Consumption Habits of Turkish Adults. In: *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology* 9 (1): 63–69.
- HEIJDEN, T. VAN DER AND M. TSEDU. (2008): The Impact of Rising Food Prices on the Poor The Impact of Rising Food Prices on the Poor. 15 (November).
- JAVANN.IR. (2019): 188% increase in red meat imports. <http://www.javanonline.ir/fa/news/944826>, accessed: February 18, 2022.
- KLASSEN, R.D. AND A. VEREECKE. (2012): Social issues in supply chains: Capabilities link responsibility, risk (opportunity), and performance. In: *International Journal of Production Economics* 140 (1): 103–115.
- M. RIVINGTON, R. KING, D. DUCKETT, P. IANNETTA, T. G. BENTON, P.J. BURGESS, C. HAWES, L. WELLESLEY, J. G. POLHILL, M. AITKENHEAD, L.-M. LOZADA-ELLISON, G. BEGG, A. G. WILLIAMS, A. NEWTON, A. LORENZO-ARRIBAS, R. NEILSON, C. WATTS, J. HARRIS, J.A.H.C.K. (2021): UK food and nutrition security during and after the COVID-19 pandemic.pdf. In: *Nutr Bull* 46 (1): 88–97.
- OURWORLDINDATA. (2017): Daily meat consumption per person, 2017. <https://ourworldindata.org/grapher/daily-meat-consumption-per-person>, accessed: August 2, 2022.
- ÖZEN, D. ; TEKİNDAL, M. A. ; ÇEVİRİMLİ, M.B. (2019): Modeling and Forecasting Meat Consumption per Capita in Turkey. In: *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 13 (3): 122–129.
- PICCHIONI, F., L.F. GOULAO AND D. ROBERFROID. (2021): The impact of COVID-19 on diet quality, food security and nutrition in low and middle income countries: A systematic review of the evidence. In: *Clinical Nutrition*.
- RAFIAANI, P., T. KUPPENS, M. VAN DAEL, H. AZADI, P. LEBAILLY AND S. VAN PASSEL. (2018): Social sustainability assessments in the biobased economy: Towards a systemic approach.
- RAMÍREZ, Ó., A. CHARRY, M.F. DÍAZ, K. ENCISO, D. MEJÍA AND S. BURKART. (2021): The Effects of COVID-19 on Beef Consumer Preferences and Beliefs in Colombia: A Logit Model Approach. In: *Frontiers in Sustainable Food Systems* 5.
- SADLER, R.C., J.A. GILLILAND AND G. ARKU. (2016): Theoretical issues in the ‘food desert’ debate and ways forward. In: *GeoJournal* 81 (3): 443–455.
- SINGH, R., & MANGAT, N.S. (1996): Stratified Sampling. In: *Elements of Survey Sampling*. Springer, Dordrecht: 102–144.
- THOMAS, B.J. (2010): Food deserts and the sociology of space: Distance to food retailers and food insecurity in an Urban American neighborhood. In: *World Academy of Science, Engineering and Technology* 67 (7): 19–28.

- WB. Iran Economic Monitor: Mitigation and Adaptation to Sanctions and the Pandemic, Spring 2020. <https://www.worldbank.org/en/region/mena/publication/iran-economic-monitor-mitigation-and-adaptation-to-sanctions-and-the-pandemic-spring-2020>, accessed: March 15, 2022.
- WISHON, C. AND J. RENE VILLALOBOS. (2016): Alleviating food disparities with mobile retailers: Dissecting the problem from an or perspective. In: Computers and Industrial Engineering 91: 154–164.
- FAO. World Food Summit Plan of Action. (1996): <https://www.fao.org/3/w3613e/w3613e00.htm>, accessed: February 11, 2022.
- WU, G. (2016): Dietary protein intake and human health. In: Food and Function 7 (3): 1251–1265.
- ZEZZA, A., B. DAVIS, C. AZZARRI, K. COVARRUBIAS, L. TASCOTTI AND G. ANRIQUEZ. (2009): The Impact of Rising Food Prices on the Poor.

NEUE MÄRKTE UND ERFOLGSFAKTOREN VON START-UPS

DER MARKT FÜR KÖRNERLEGUMINOSEN IN DEUTSCHLAND – EIN FRAGMENTIERTER MARKT?

Franziska Mittag¹, Sebastian Hess

Zusammenfassung

Fragmentierte Märkte ähneln aufgrund ihrer vielgliedrigen Struktur aus Anbietern und Nachfragern nur scheinbar polypolistischen Märkten. Stattdessen geht ein fragmentiertes Marktumfeld mit hohen Transaktionskosten, Eintrittsbarrieren und ineffizienten Preissignalen einher, welche die Knappheit der Produkte nicht widerspiegeln und somit keine Produktionsanreize bieten können. Der Anbau von Körnerleguminosen (Ackerbohnen, Futtererbsen, Süßlupinen und Sojabohnen) ist an vielen deutschen Standorten möglich und weist positive Effekte für Ackerbau und Biodiversität auf. Der Markt für Körnerleguminosen ist jedoch unübersichtlich und hat Nischencharakter, wobei die Preisbildung im deutschen Markt intransparent und lückenhaft erfolgt. Anhand von Cointegrationsanalysen und einem Single-Hurdle Tobit Modell werden Einflussgrößen auf offizielle Preisnotierungen für Körnerleguminosen in deutschen Bundesländern untersucht. Die Hypothese eines fragmentierten Marktes kann dabei insgesamt nicht verworfen werden. Auf den regionalen Teilmärkten wird das Zustandekommen eines Preises von der vorhandenen Mindestmenge sowie den überregionalen Sojapreisen determiniert. Hat sich ein regionaler Preis gebildet, wird dessen Höhe nicht durch Mengenänderungen beeinflusst, sondern durch die Preise anderer Körnerleguminosen auf dem Teilmarkt sowie dem überregionalen Sojapreis. Regionale Preisnotierungen für Körnerleguminosen in Deutschland können somit nicht als Signal für die relative Knappheit dieser Kulturen interpretiert werden und senden kein effizientes Signal für eine entsprechende Ausweitung der Produktion. Berechnungen zur Wettbewerbsfähigkeit dieser Ackerfrüchte sollten daher ebenfalls nicht auf Basis offizieller Preisnotierungen erfolgen.

Keywords

Körnerleguminosen, Marktfragmentierung, Hurdle-Modell, Nachhaltigkeit

1 Einleitung

Der überwiegende Teil des pflanzlichen Eiweißes im deutschen Tierfutter stammt aus importiertem Sojaschrot - entweder gentechnisch verändert („GVO-Soja“) oder „GVO-frei“ (BLE 2020). Die Nachhaltigkeit der Produktion der Sojabohnen sowie deren Import nach Deutschland wird jedoch im Hinblick auf die dem Anbau womöglich vorausgegangene Entwaldung sowie deren negative Umwelteffekte kritisch diskutiert (VISSER et al. 2014). Um möglichst viel importiertes Soja durch heimische Eiweißalternativen substituieren zu können und gleichzeitig die Biodiversität regionaler Fruchtfolgen zu stärken, wird der Anbau heimischer Körnerleguminosen im Rahmen der Deutschen Eiweißpflanzenstrategie gefördert (BLE 2012): Aufgrund vieler agronomischer Vorteile wie der Fähigkeit zur Fixierung von Luftstickstoff und den damit verbundenen positiven Fruchtfolgeeffekten, die Einsparung von chemischem Stickstoffdünger, Bodenlockerung und dem verringerten Bedarf an Pestiziden rücken Körnerleguminosen in die Rolle von potenziell wertvollen, gentechnikfreien und regional erzeugten Eiweißfutteralternativen mit einem hohen Anteil an essentiellen Aminosäuren (BUES et al. 2013; WATSON et al. 2017).

¹ Universität Hohenheim, Fachgebiet Agrarmärkte, Schwerzstr. 46, 70599 Stuttgart, franziska.mittag@uni-hohenheim.de

Als Körnerleguminosen werden dabei Eiweißpflanzen, die hauptsächlich wegen ihrer Körner produziert und entweder für den menschlichen Verzehr oder als Futtermittel verwendet werden, charakterisiert (NEMECEK et al. 2008). Diese beinhalten eine Vielzahl an Kulturpflanzen, wobei hauptsächlich Futtererbsen, Ackerbohnen, Süßlupinen und Sojabohnen in Deutschland zur Nutzung als Eiweißkomponente im Tierfutter angebaut werden (STATISTISCHES BUNDESAMT 2021).

Trotz der genannten Vorteile und der den Anbauern gewährten agrarpolitischen Förderung sind Anbauflächen, Erträge und Produktionsmengen von Körnerleguminosen in Deutschland nach wie vor überschaubar, regional begrenzt und schwankten in den letzten 30 Jahren stark (STATISTISCHES BUNDESAMT 2021). Die Erweiterung der Fruchtfolge um Körnerleguminosen zur Ausweitung der Anbaufläche auf zehn Prozent bis 2030 sowie die Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit der Leguminosen bspw. durch die Entwicklung neuer Wertschöpfungsketten und die Schaffung von Absatzmärkten sind hingegen wichtige Anliegen der Ackerbaustrategie 2035 (BMEL 2019). Aufgrund niedriger und nicht wettbewerbsfähiger Marktpreise konnte ein rentabler Körnerleguminosenanbau jedoch bisher oft nur mit Hilfe zusätzlicher Subventionen aus Agrarumweltmaßnahmen erfolgen (BUES et al. 2013; WATSON et al. 2017).

MONTESANO (1995) stellt in diesem Zusammenhang heraus, dass Marktpreise als Indikatoren ökonomischer Knappheit wichtige Einflussfaktoren auf die Anbauentscheidungen der Landwirte und auf deren Einkaufsentscheidungen für Eiweißfuttermittel sind. Körnerleguminosen tauchen in den offiziellen Preisberichten jedoch kaum auf (KEZEYA SEPNGANG et al. 2019). Die Preisnotierungen für diese Kulturen erscheinen in Deutschland lückenhaft, was den Eindruck von Intransparenz erzeugen kann, so dass sich die Frage stellt, ob die Preise für Körnerleguminosen in Deutschland tatsächlich unverzerrt und damit effiziente Knappheitssignale darstellen (KEZEYA SEPNGANG et al. 2018b).

Ziel des vorliegenden Beitrags ist es daher, die Preisbildung auf dem Markt für Körnerleguminosen in Deutschland zu verstehen und mögliche Ineffizienzen im Hinblick auf die Signalwirkung der Marktpreise zu identifizieren. Ausgehend von der Theorie fragmentierter Märkte wird die Hypothese getestet, dass die Preisbildung für Körnerleguminosen in Deutschland unverzerrt ist und die Preise ein adäquates Signal der relativen Knappheit dieser Produkte darstellen.

2 Die Theorie der Marktfragmentierung

2.1 Preisbildung auf Agrarmärkten unter idealisierten Bedingungen

Die neoklassische Theorie der Preisbildung geht zunächst von der Idealvorstellung eines vollkommenen Marktes aus. In einem solchen Markt liegen weder sachliche noch räumliche noch zeitliche Präferenzen vor; vollkommene Markttransparenz und -information wird angenommen (KOESTER 2016; HESS & KOESTER 2021). Es gilt das Gesetz der Unterschiedslosigkeit der Preise (law of one price) nach Jevons, welches besagt, dass ohne Handelshemmnisse, mit freiem Wettbewerb und mit freier Preisbildung gleichartige Güter, die an unterschiedlichen Orten verkauft werden, einen Einheitspreis aufweisen müssen, wenn dieser in derselben Währung ausgedrückt wird und keine Transaktionskosten vorliegen (BAFFES 1991).

Zudem spiegeln Preise auf einem vollkommenen Markt die Bewertung der vorhandenen Mengen durch Käufer und Verkäufer wider (ROMSTAD 2008). Dabei wird der Preis im kompetitiven Marktgleichgewicht durch das Aufeinandertreffen von angebotener und nachgefragter Menge bestimmt. Wird das Angebot c.p. bei gleicher Nachfrage knapper, so steigt der Preis für die noch verfügbare Gütermenge, weshalb der nun geltende Preis als Signal der Knappheit interpretiert werden kann. Im umgekehrten Fall sinkt c.p. bei fallender Nachfrage

und gleichbleibendem Angebot der Preis, weshalb dieser daraufhin als Signal eines Angebotsüberschusses gilt (ROMSTAD 2008; MONTESANO 1995).

Unter vollkommener Konkurrenz kann davon ausgegangen werden, dass Preise für homogene Güter aus unterschiedlichen Regionen miteinander in Beziehungen stehen und sich interregionale Preisunterschiede lediglich durch Transaktionskosten im allgemeinen und Transportkosten im speziellen erklären lassen (BAFFES 1991). Bei diesen Annahmen handelt es sich jedoch um eine idealtypische Modellvorstellung, die bei der Preisbildung tatsächlicher Agrarprodukte häufig nicht vorliegt (WEISS 2021). NOURSE (1922) äußerte bereits Anfang des 20. Jahrhunderts, dass es auf den Märkten für Agrarprodukte Ungleichgewichte zwischen Käufern und Verkäufern gibt. SEXTON (2013) argumentiert in diesem Zusammenhang, dass die Mehrzahl der Märkte für landwirtschaftliche Güter weltweit nicht dem Konzept eines vollkommenen Marktes entspricht und das Gesetz der Unterschiedslosigkeit der Preise keine Anwendung finden kann. Vielmehr charakterisieren neben SEXTON (2013) auch KOESTER (2016) und WEISS (2021) die meisten Agrarmärkte als polypolistisch und nicht organisiert. Die Preisrelationen zwischen Agrarprodukten, die in der Realität zu beobachten sind, weichen häufig von den optimalen Preisrelationen ab (HESS & KOESTER 2021).

Für die Preisbildung auf Agrarmärkten, in denen Produkte mit unterschiedlicher Lagerfähigkeit und diskontinuierlicher Produktion gehandelt werden, ist u.a. das Vorhandensein von Informationen bedeutsam, wodurch das Ausmaß der vorliegenden Markttransparenz bestimmt wird. In der Realität sind dabei ein Mangel an Informationen über das Verhalten potentieller Marktpartner, über die für Entscheidungen wichtigen Marktdaten (bspw. Preisverhältnisse an anderen Orten) sowie Witterungsschwankungen und Unsicherheiten über das Verhalten politischer Entscheidungsträger vorzufinden (MYERS et al. 2010; SEXTON 2013). Fehlende bzw. asymmetrisch verteilte Informationen beeinflussen das Preisbildungs- und feststellungsverfahren dabei negativ und können zu verringerter Markteffizienz und damit zu Marktversagen führen (ROMSTAD 2008). In ökonomischen Analysen wird das Konzept der Marktintegration verwendet, um Rückschlüsse auf das Vorliegen und das Ausmaß von Markt(in)effizienz zu ziehen (CRAMON-TAUBADEL & GOODWIN 2021).

2.2 Was sind fragmentierte Märkte?

Im Gegensatz zur Preisbildung in einem idealtypischen Markt unter vollständiger Information und vollständigem Wettbewerb ist ein „fragmentierter Markt“ durch eine Struktur gekennzeichnet, in der heterogene Anbieter heterogene Produkte vermarkten, welche einander zwar in bestimmtem Maß substituieren können, aber von welchen keines die Präferenzen der Nachfrager vollständig oder zu einem überwiegend großen Teil bedienen kann (BARDHAN & UDRY 1999). Aus Nachfragesicht ergibt sich somit ein unvollständiges, lückenhaftes oder „fragmentiertes“ Angebot. Ein fragmentiertes Marktumfeld ist weiterhin durch Intransparenz und das Vorliegen von Transaktionskosten gekennzeichnet. Obwohl nicht zwangsläufig Marktmacht vorliegt, kommt es auch ohne asymmetrisch verteilte Informationen zu Marktversagen durch Eintrittsbarrieren und Pfadabhängigkeiten. Fragmentierte Märkte können somit als schwieriges Marktumfeld für neue Anbieter und Nachfrager beschrieben werden; weder die verfügbaren Informationen über vorhandene Mengen noch die jeweiligen Preise liefern ein hinreichend effizientes Signal für die relative Knappheit eines Gutes und verfehlen damit ihre koordinierende Wirkung im Hinblick auf einen effizienten Einsatz von Ressourcen (ROMSTAD 2008; MONTESANO 1995; FIGUEROA 2019).

Kann der Markt für Körnerleguminosen in Deutschland als vollkommener Markt angesehen werden oder könnte es sich um ein fragmentiertes Marktumfeld handeln?

Die Anbaumöglichkeiten für Körnerleguminosen sind durch eine Vielzahl limitierender Faktoren geprägt. Zu nennen sind dabei u.a. die unterschiedlichen Klima- und Standortansprüche der verschiedenen Körnerleguminosen, welche bedingen, dass nicht jede

Frucht uneingeschränkt auf jedem Standort angebaut werden kann. Darin begründet ist auch eine geografische Differenzierung der politischen Fördermaßnahmen (BUES et al. 2013). Ebenfalls wird die Vermarktung der Ernte in einigen Regionen Deutschlands als problematisch beschrieben, da der Landhandel mangels Masse oder Verfügbarkeit hinreichend homogener Partien nur bedingt Interesse an der Abnahme zeigt (SPECHT 2009). Abgesehen davon gelten Körnerleguminosen aufgrund niedriger Erzeugerpreise als ökonomisch wenig attraktiv, da Anbauentscheidungen oft auf Basis eines statischen Deckungsbeitragsvergleichs getroffen werden, d.h. die positiven Fruchtfolgeeffekte und Ökosystemdienstleistungen sind für einen bestimmten Standort kaum exakt monetär zu beziffern und können daher nur unvollständig in die Kalkulationen einbezogen werden (SPECHT 2009). Der Markt für Körnerleguminosen in Deutschland wird in KEZEYA SEPNGANG et al. (2018b) als „fragmentierter und wenig transparenter Nischenmarkt“ charakterisiert, was dadurch begründet wird, dass nur „wenig bekannte Preisnotierungen“ verfügbar sind. Fraglich ist, welche Aussagekraft die vorhandenen Preisnotierungen besitzen.

Verfügbare wöchentliche Preisnotierungen und jährliche Produktionsmengen aus dem deutschen Markt für Körnerleguminosen sollen im Hinblick auf die Hypothese untersucht werden, dass es sich um einen Markt handelt, in dem Preise keinen erkennbaren Zusammenhang zu Anbaumengen abbilden und somit als koordinierende Signale der Knappheit ausscheiden:

H₀: Der Markt für Körnerleguminosen in Deutschland kann trotz regional unterschiedlicher Anbaubedingungen als effizienter Markt charakterisiert werden, wobei fehlende Preisbeobachtungen als zufällige Fehler gewertet werden.

H_A: Aufgrund regionaler Disparitäten im Anbau und einer Vielzahl an fehlenden Preisbeobachtungen kann der Markt für Körnerleguminosen in Deutschland als fragmentiert angesehen werden.

3 Empirische Methoden und Analyserahmen

3.1 Erzeugerpreisdaten von Körnerleguminosen: Puzzle aus fehlenden Werten

Die verwendeten Daten bestehen aus den wöchentlichen Erzeugerpreisen in €/t für Süßlupinen, Sojabohnen, Futtererbsen und Ackerbohnen aus verschiedenen Bundesländern der letzten zehn Jahre. Diese Preise werden von den Erfassungsstellen der Bundesländer (Landwirtschaftskammern, Bauernverbände, Marktinformationsstellen, etc.) registriert und wöchentlich an die Deutsche Agrarmarkt Informations-Gesellschaft mbH (AMI) weitergeleitet.

Die Preisdaten werden mit den jährlichen Anbauflächen und den erzielten Hektarerträgen (STATISTISCHES BUNDESAMT (2021)) für jedes Bundesland und für jede Körnerleguminose verknüpft. Ebenfalls wird der Datensatz um die deutschen Erzeugerpreise für Futterweizen und Rapsextraktionsschrot sowie den Weltmarktpreis für Sojaextraktionsschrot (SES; 44% Rohprotein), die ebenfalls von der AMI mbH stammen (AMI 2022b, 2022a), ergänzt, da diese im Folgenden als Substitute für heimische Körnerleguminosen in der Fütterung angesehen werden und bereits Preiskorrelationen mit den Preisen für heimische Körnerleguminosen berichtet wurden (KEZEYA SEPNGANG et al. 2019).

Abbildung 1 zeigt schematisch das Vorhandensein wöchentlicher Erzeugerpreise von Ackerbohnen in den einzelnen Bundesländern. Ein ausgegrauter Bereich in der Abbildung bedeutet, dass ein Preis gemeldet und notiert wurde; eine weiße Fläche, dass kein Preis gemeldet wurde. Auffällig ist dabei, dass das verwendete Datenmaterial eine Vielzahl von Fehlstellen aufweist, deren Ursache zunächst unklar ist.

Abbildung 1. Schematische Darstellung des Auftretens der wöchentlichen Erzeugerpreise für Ackerbohnen einzelner Bundesländer (Ausschnitt)

		SH	MV	BB	NI	SA	W	N	HE	TH	SN
2020/19	05.05.2020										
2020/20	12.05.2020										
2020/21	19.05.2020										
2020/22	26.05.2020										
2020/23	02.06.2020										
2020/24	09.06.2020										
2020/25	16.06.2020										
2020/26	23.06.2020										
2020/27	30.06.2020										
2020/28	07.07.2020										
2020/29	14.07.2020										
2020/30	21.07.2020										
2020/31	28.07.2020										
2020/32	04.08.2020										
2020/33	11.08.2020										
2020/34	18.08.2020										
2020/35	25.08.2020										
2020/36	01.09.2020										

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis AMI (2022c); Ausgegrauter Bereich = Preis vorhanden; weißer Bereich = kein Preis vorhanden. Die tatsächlichen Preise können nicht gezeigt werden, da es sich um kostenpflichtige Daten der AMI handelt. Abkürzungen der Bundesländer gemäß üblichen Abkürzungen; Ausnahme: N= Nordrhein; W = Westfalen

Zur Identifikation der Ursache wurden explorative Experteninterviews mit an der Wertschöpfungskette für Körnerleguminosen beteiligten Stakeholdern geführt. Im November 2021 wurden dazu telefonisch Landwirte, Landhändler und Verarbeiter sowie Vertreter der Landwirtschaftskammern und Marktbeobachtungsstellen in den einzelnen deutschen Bundesländern befragt. Gemäß den Aussagen der Experten gestaltet sich der datengenerierende Prozess, welcher den in Abbildung 1 dargestellten Daten zugrunde liegt, wie folgt:

1. Die Vermarktung von Körnerleguminosen geschieht in Deutschland über drei verschiedene Kanäle (i-iii):
 - i. Die auf den Ackerflächen viehhaltender Betriebe angebauten Körnerleguminosen werden innerbetrieblich als Futtermittel verwendet und daher nicht auf dem Markt verkauft. Dadurch verringert sich die Notwendigkeit, (importierte) alternative Futterkomponenten zu kaufen, bei gleichzeitiger Erhöhung der innerbetrieblichen Wertschöpfung der auf dem Acker erzeugten Körnerleguminosen. Der auf diese Weise generierte Futterwert kann den auf dem Markt erzielbaren Preis für Körnerleguminosen um mehr als das Zehnfache übersteigen.
 - ii. Die Körnerleguminosen werden über Vertragsanbau und Vorernteverträge mit der verarbeitenden Industrie oder dem zwischengeschalteten Agrarhandel vermarktet. Die Preise werden im Voraus festgelegt - oft basierend auf persönlichen Beziehungen - und nicht an offizielle Stellen gemeldet, sodass die im Rahmen solcher Verträge vereinbarten Preise nicht oder nur bedingt in die offiziellen AMI Preisnotierungen eingehen.
 - iii. Nicht kontrahierte Mengen werden nach der Ernte auf dem Markt gehandelt, bis dieser geräumt ist. Aufgrund der geringen Lagerstabilität von Körnerleguminosen geschieht dies in der unmittelbaren Nacherntezeit. Die Preise der nicht kontrahierten Mengen sind in den Preisnotierungen enthalten und werden für die folgenden Analysen verwendet.
2. Fehlstellen in den Preisnotierungen entstehen daraus, dass zu diesem Zeitpunkt aufgrund mangelnder handelbarer Menge kein Handel der entsprechenden Körnerleguminose im Bundesland stattgefunden hat.
3. Der Datensatz enthält nur Preise für konventionell erzeugte Körnerleguminosen.

4. Die in Deutschland produzierten Körnerleguminosen, die auf dem freien Markt gehandelt werden, werden hauptsächlich in der Futtermittelindustrie verwendet.

3.2 Cointegrationsanalyse

Cointegration kann als ein statistischer Ausdruck eines Gleichgewichts zwischen miteinander in Beziehung stehenden Variablen, die generische stochastische Trends teilen, verstanden werden. Es wird dabei die Grundidee verfolgt, dass eine stabile langfristige Beziehung zwischen den Variablen besteht, welche durch ökonomische Theorie begründet werden kann. Eine temporäre Abweichung von der langfristigen Beziehung ist jedoch möglich (BILGILI 1998).

Nach der Veröffentlichung von ENGLE & GRANGER (1987) hat sich die Cointegrationsanalyse zu einer robusten, einfachen und schnell anwendbaren Technik zur Analyse allgemeiner Tendenzen – sowohl kurz- als auch langfristig – entlang von Zeitreihen etabliert (BILGILI 1998). Zeigt die Cointegrationsanalyse im Ergebnis einen cointegrierten Vektor, so kann davon ausgegangen werden, dass die untersuchten Zeitreihen auf lange Sicht nicht divergieren, sondern nach einer kurzzeitigen Divergenz auf ein gemeinsames Gleichgewichtsniveau zurückkehren und damit cointegriert sind (ENGLE & GRANGER 1987). Im Sinne der Arbeitshypothesen bedeuten cointegrierte Preiszeitreihen für Körnerleguminosen an unterschiedlichen Standorten und eine Cointegration mit dem überregionalen Preis für bspw. importiertes Sojaextraktionsschrot, dass die Hypothese eines integrierten Marktes mit effizienten Preissignalen nicht abgelehnt werden kann. Im Gegenzug wäre die Hypothese eines fragmentierten Marktes in diesem Fall abzulehnen.

Vorgehensweise bei der Cointegrationsanalyse: In einem zweistufigen Verfahren wird zuerst mittels eines Augmented-Dickey-Fuller-Test (ADF-Test) auf das Vorhandensein einer Einheitswurzel sowie auf den Integrationsgrad $I(d)$ beider Preiszeitreihen (y_t und x_t) getestet und eine OLS-Regression beider Zeitreihen aufeinander durchgeführt. In einem zweiten Schritt werden die Residuen der OLS-Regression, die als Linearkombination $\alpha_1 x_t + \alpha_2 y_t$ gelten, mittels eines ADF-Tests auf Stationarität geprüft, wobei der Vektor $[\alpha_1, \alpha_2]$ als Cointegrationsvektor gilt (ENGLE & GRANGER 1987). Die entsprechenden analysierten Preisvariablen gelten dann als cointegriert, wenn sie mit der gleichen Ordnung ($I(d)$) integriert sind, was bedeutet, dass sie nach einem d -fachen Differenzierungsverfahren stationär werden, und eine Linearkombination aus den nicht-stationären Preisvariablen existiert, die ihrerseits stationär ist (ENGLE & GRANGER 1987).

3.3 Schätzung eines Single-Hurdle Tobit Modells

Wie in Abbildung 1 zu sehen ist, enthält das Datenmaterial eine Vielzahl von fehlenden Beobachtungen, welche keinesfalls zufällig fehlende Werte repräsentieren, sondern widerspiegeln, dass zu diesem Zeitpunkt aufgrund mangelnder Mengenverfügbarkeit kein Handel der Leguminose stattgefunden hat. Die Daten sind somit trunziert und widersprechen der Annahme einer Normalverteilung in einer herkömmlichen Regression. Eine Kleinstquadrateschätzung, die die Nullbeobachtungen ignoriert, wäre verzerrt und inkonsistent. Eine Maximum-Likelihoodschätzung mit konsistenten Schätzern wird empfohlen (MULLAHY 1986). Seit der Veröffentlichung von TOBIN (1958) ist eine Vielzahl ökonometrischer Methoden entwickelt worden, um das Problem der Nullbeobachtungen und trunzierter Verteilungen zu berücksichtigen. Das ursprüngliche hurdle-Modell dient zur Analyse von Zähldaten, bei dem die beiden Prozesse, welche die Nullbeobachtungen bzw. die positiven Beobachtungen generieren, nicht zwangsläufig identisch sein müssen (CAMERON & TRIVEDI 1998). Die Idee hinter der „hurdle“-Formulierung liegt darin, dass zunächst ein binomiales Wahrscheinlichkeitsmodell das binäre Ergebnis, ob eine Variable eine Null oder einen positiven Wert annimmt, schätzt. Ist die Hürde überschritten – nimmt also die Variable einen

positiven Wert an –, so wird die Verteilung der positiven Ergebnisse durch ein Null-positiv trunkiertes Modell bestimmt (MULLAHY 1986).

Das single-hurdle Tobit-Modell wurde ursprünglich entwickelt, um auf Datenbasis einer Haushaltsbefragung sogenannte Nullkäufe als Ergebnis eines Mangels an Ressourcen und/oder einer starken Unregelmäßigkeit im Kaufverhalten zu modellieren (CRAGG 1971). Dies soll auf den deutschen Markt für Körnerleguminosen übertragen werden, indem eine fehlende Preisbeobachtung (als Zeichen fehlender Handelsaktivität) als Ergebnis eines Mangels an Ressourcen (fehlender Menge) entsteht. Dabei wird nun zuerst eine latente Variable (q_t) eingeführt, die abbildet, ob zu diesem Zeitpunkt Handel stattgefunden hat (Preis existiert) oder nicht (Preis existiert nicht) (nach CRAGG (1971)):

$$(1) \quad q_t = X'_t \gamma' + \varepsilon_t,$$

wobei X'_t ein $K * 1$ - Vektor der Werte der unabhängigen Variablen, γ' ein Vektor aller Koeffizienten und ε_t unabhängig und normalverteilt ist. Wenn q_t negativ ist, ist die eigentlich beobachtete Variable $y_t = 0$. Nimmt q_t einen positiven Wert an, so ist die eigentliche Variable y_t gleich q_t . Mit diesem Ansatz wird modelliert, dass der Preis von der Verfügbarkeit der jeweiligen Leguminose abhängt. Die Wahrscheinlichkeit, dass y_t den Wert Null annimmt, ist dabei nach CRAGG (1971):

$$(2) \quad f(y_t = 0 | X'_t) = C((X'_t \gamma' / \sigma)$$

Nimmt die latente Variable q_t einen positiven Wert an, so werden für die beobachteten Preise die treibenden Faktoren ermittelt. Es wird dabei folgende Dichtefunktion angenommen (nach CRAGG (1971)):

$$(3) \quad f(y_t | X'_t) = (2\pi)^{-\frac{1}{2}} \sigma^{-1} \exp\{-(y_t - X'_t \gamma')^2 / 2 \sigma^2\}$$

Zur Schätzung wird das mhurdle package in R nach CARLEVARO et al. (2012) verwendet. Durch Spezifizierung der zu verwendeten Datenverteilung ist eine Anwendung des ursprünglichen Modells, welches für die Analyse von Zähldaten verwendet wurde, auf Daten anderer Verteilungen möglich.

4 Ergebnisse

4.1 Ergebnisse der Cointegrationsanalyse

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Cointegrationsanalyse beispielhaft für den Markt für Sojabohnen in (1) Bayern und (2) Südbaden dargestellt. Es zeigt sich, dass für die Preiszeitreihen in diesem Markt die Nullhypothese (Nichtstationarität) nicht abgelehnt werden konnte.

Tabelle 1. Cointegrationsanalyse: Markt für Sojabohnen in Bayern und Südbaden

	Laglänge	Test-Statistik	Asymptotischer p-Wert
(1) Einheitswurzeltest für Preis_Sojabohnen_Bayern	4	-2.39241	0.1439
(2) Einheitswurzeltest für Preis_Sojabohnen_Südbaden	5	-2.06381	0.2597
(3) Einheitswurzeltest auf Linearkombination	4	-4.21137	0.3455

Quelle: Eigene Darstellung

Ebenfalls ist zu erkennen, dass der Integrationsgrad (hier: Laglänge) beider Zeitreihen nicht übereinstimmt, was bedeutet, dass ein unterschiedlich langer Differenzierungsprozess stattfinden muss, bis Stationarität erreicht wird. Ebenfalls kann die Hypothese des Vorhandenseins von Nichtstationarität in der Linearkombination (3) beider Zeitreihen nicht abgelehnt werden. Dies widerspricht der Theorie, die besagt, dass zwei Zeitreihen dann

integriert sind, wenn beide nicht stationär sind, aber ein gleich langer Differenzierungsprozess erfolgt, bis beide einen stationären Verlauf aufweisen und eine Linearkombination aus beiden existiert, die stationär ist. So kann geschlussfolgert werden, dass der Markt für Sojabohnen in den zwei betrachteten Bundesländern nicht integriert ist und so keine räumliche Cointegration vorliegt.

Aus Tabelle 2 lässt sich analog zum bereits beschriebenen Verfahren für den Markt für Sojabohnen und Futtererbsen innerhalb des Bundeslandes Bayern schlussfolgern, dass beide Zeitreihen mit derselben Ordnung ($I(d=4)$) integriert sind und somit vierfach differenziert werden müssen, um Stationarität zu erreichen. Anhand des Einheitswurzeltests ist zu erkennen, dass für die beiden einzelnen Preiszeitreihen die Nullhypothese der Nichtstationarität nicht verworfen werden kann. Sie kann jedoch für die Linearkombination beider Zeitreihen abgelehnt werden, was indiziert, dass eine Cointegrationsbeziehung zwischen dem Markt für Futtererbsen und jenem für Sojabohnen in Bayern und damit innerhalb eines Bundeslandes vorliegt.

Tabelle 2. Cointegrationsanalyse: Markt für Sojabohnen und Futtererbsen in Bayern

	Laglänge	Teststatistik	Asymptotischer p-Wert
(1) Einheitswurzeltest für Preis_Sojabohnen_Bayern	4	-2.39241	0.1439
(2) Einheitswurzeltest für Preis_Futtererbsen_Bayern	4	-2.35006	0.1563
(3) Einheitswurzeltest auf Linearkombination	0	-2.17827	0.0434

Quelle: Eigene Darstellung

Ähnliche Ergebnisse zeigen sich für die Untersuchung der Märkte in weiteren Bundesländern wie in Abbildung 2 dargestellt ist. Neben den Cointegrationsanalysen der Märkte für heimischen Körnerleguminosen in den einzelnen Bundesländern wurde ebenfalls auf Cointegration mit den Preiszeitreihen für Futterweizen, Rapsschrot und Sojaschrot getestet: Die Hypothese der Cointegration konnte nicht verworfen werden.

Abbildung 2. Schematische Darstellung der Ergebnisse der Cointegrationsanalysen

		Ackerbohnen										Futtererbsen								Soja-bohnen		Lup	SES	FW	RES			
		SH	MV	BB	NI	SA	W	N	HE	TH	SN	SH	BB	NI	SA	N	RP	HE	TH	SN	BY	BY	BW	TH	WMP	D	D	
Ackerbohnen	SH	■									✓													✓	✓	✓		
	MV		■									✓													✓	✓	✓	
	BB			■									✓												✓	✓	✓	
	NI				■									✓											✓	✓	✓	
	SA					■									✓										✓	✓	✓	
	W						■									✓									✓	✓	✓	
	N							■									✓								✓	✓	✓	
	HE								■									✓							✓	✓	✓	
	TH									■									✓					✓	✓	✓	✓	
	SN										■									✓				✓	✓	✓	✓	
Futtererbsen	SH	✓									■													✓	✓	✓		
	BB		✓									■													✓	✓	✓	
	NI			✓									■												✓	✓	✓	
	SA				✓									■											✓	✓	✓	
	N					✓	✓								■										✓	✓	✓	
	RP							✓	✓							■									✓	✓	✓	
	HE								✓	✓							■								✓	✓	✓	
	TH									✓	✓							■							✓	✓	✓	
	SN										✓								■						✓	✓	✓	
	BY																			■			✓	✓	✓	✓	✓	
Soja-bohnen	BY																				■	■	■	✓	✓	✓		
	BW																					■	■	■	✓	✓	✓	
Lupinen	TH								✓														■	■	■	✓	✓	✓

Quelle: Eigene Darstellung; „✓“ = Cointegrationsbeziehung nicht verworfen, leeres Feld = Cointegrationsbeziehung abgelehnt; Abkürzungen der Bundesländer s. Abb.1

4.2 Ergebnisse des hurdle-Modells

In Tabelle 3 sind die Ergebnisse der Schätzung des Single-hurdle-Tobit-Modells für den Markt für Sojabohnen in Bayern dargestellt. Ebenso enthält der Output die Häufigkeit an fehlenden Werten („frequency of zeros“), die für die analysierte Preiszeitreihen bei 7% lag. Bei den übrigen analysierten Preiszeitreihen zu Körnerleguminosen ist diese Häufigkeit jedoch z.T. deutlich höher (bis zu 70%).

Aus Tabelle 3 ist zu erkennen, dass die Wahrscheinlichkeit der Entstehung eines Preises zum Zeitpunkt t signifikant positiv durch die Menge an Sojabohnen zum Zeitpunkt t determiniert wird.

Tabelle 3. Single-hurdle Modell für den Markt für Sojabohnen in Bayern

Modell	Determinanten	Koeffizienten	Standardfehler	t-Wert	p-Wert
Probit	Intercept	-2409,5000	1608,5000	-1,498	0,1341
	Menge	0,0367	0,0200	1,837	0,0662
	Preis SES	-14,9430	4,1207	-3,626	0,0003
	Preis Futterweizen	39,5150	19,4970	2,027	0,0427
	Preis Rapsschrot	9,4407	9,8892	0,955	0,3398
Tobit	Intercept	-1007,3000	41,4500	-24,302	0,0000
	Menge	-0,0006	0,0005	-1,032	0,3022
	Preist-1	0,2606	0,0353	7,593	0,0000
	Preis Futtererbsen Bayern	0,0021	0,0615	0,034	0,0042
	Preis Futterweizen	0,2574	0,5329	-0,485	0,6277
	Preis SES	1,9316	0,1072	18,014	0,0000
	Preis Rapsschrot	0,3057	0,1973	-1,549	0,1213
	Preis Sojabohnen Südbaden	0,1596	0,0557	2,863	0,9732

Quelle: Eigene Darstellung; Transformation der Koeffizienten und Standardfehler durch Multiplikation mit 100 zur besseren Interpretierbarkeit

So kann geschlussfolgert werden, dass mit steigender Menge der Sojabohne in Bayern die Wahrscheinlichkeit der Preisentstehung steigt. Einen signifikant negativen Effekt übt der Preis für Sojaextraktionsschrot aus, wohingegen der Preis für Futterweizen als ebenfalls betrachtetes Substitut einen signifikant positiven Effekt auf die Wahrscheinlichkeit der Preisentstehung ausübt.

Hat sich einmal ein Preis gebildet, wird dessen Höhe nicht mehr signifikant durch die verfügbare Menge an (heimischen) Sojabohnen beeinflusst. Einen statistisch signifikant positiven Effekt üben jedoch der überregionale Preis für SES sowie der Preis für Futtererbsen ebenfalls in Bayern aus. Der Preis für Sojabohnen in der benachbarten Region Südbaden beeinflusst die Höhe des Preises für Sojabohnen in Bayern jedoch nicht signifikant, was das Ergebnis der Cointegrationsanalyse bestätigt.

Ähnliche Ergebnisse wie jene, die in Tabelle 3 dargestellt, lassen sich für alle analysierten Teilmärkte der einzelnen Körnerleguminosen in den Bundesländern beobachten (Ergebnisse von den Autoren auf Anfrage erhältlich). Für den Prozess der Preisentstehung zeigte sich jeweils, dass die Menge einen signifikant positiven Effekt auf die Wahrscheinlichkeit hat, dass ein Preis entsteht. Ebenso zeigten sich die Effekte der Preise für Futterweizen und Sojaschrot als signifikant. Hat sich ein Preis gebildet, so zeigten sich jeweils signifikante Effekte des Preises der Vorperiode sowie der Preise andere Körnerleguminosen im Bundesland. Auffällig ist, dass die Preise der gleichen Körnerleguminose in einem anderen Bundesland keinen statistisch signifikanten Effekt auf die dortigen Preise aufweisen. Bei den Preisen für Futtererbsen, Ackerbohnen und Lupinen zeigt sich der Preis für (importiertes) Sojaschrot jedoch mit statistisch signifikant positivem Einfluss.

5 Diskussion

Nach einer ersten Betrachtung des Datensatzes der Preisbeobachtungen der Körnerleguminosen in den deutschen Bundesländern wurden explorative Experteninterviews durchgeführt. Ergebnisse zeigen, dass die fehlenden Preisbeobachtungen in den offiziellen Preisnotierungen für Körnerleguminosen nicht als zufällige fehlende Werte interpretiert werden können, sondern auf fehlende Mengen und damit fehlende Handelsaktivität zu diesem Zeitpunkt hindeuten. Damit kann die erste Hypothese, die besagt, dass der Markt für Körnerleguminosen in Deutschland durch effiziente Preisbildung gekennzeichnet ist, abgelehnt werden. Die zweite Hypothese besagt, dass es sich bei dem Markt für Körnerleguminosen um einen fragmentierten Markt handelt. Diese Hypothese konnte durch Anwendung der Cointegrationsanalyse für räumliche Cointegration (zwischen den einzelnen Bundesländern) weder für weit entfernte noch für benachbarte Bundesländer verworfen werden; jedoch für Cointegration der Märkte einzelner Körnerleguminosen innerhalb eines Bundeslandes.

Aus den Ergebnissen ist somit zu schlussfolgern, dass es keinen gesamtdeutschen Markt für Körnerleguminosen gibt, sondern dieser aus regional abgegrenzten Teilmärkten besteht. Dies wurde bereits in KEZEYA SEPNGANG et al. (2018a) anhand qualitativer Analysen angenommen und konnte in der hier durchgeführten quantitativen Analyse nicht widerlegt werden.

Empirische Einflussfaktoren auf Preisentstehung sowie Preishöhe wurden durch ein single-hurdle Tobit-Modell untersucht, welches zeigte, dass die im jeweiligen Bundesland verfügbare Menge der betrachteten Körnerleguminose die Wahrscheinlichkeit der Preisentstehung signifikant beeinflusst. Ein Preis entsteht erst, wenn eine gewisse Menge, deren Höhe es in weiteren Untersuchungen zu bestimmen gilt, angeboten wird. Je größer die Menge ist, desto eher bildet sich ein Preis, was die Aussagen der befragten Experten bestätigt: Jene gaben an, dass bei einem Angebot einer zu geringen Menge der Landhandel nicht an einer Transaktion interessiert sei, um sich keine Lagerkapazität zu blockieren, und deshalb keinen (oder einen unattraktiven) Preis nennt. Dies wird auch in SPECHT (2009) durch das Konzept der Überschreitung einer kritischen Handelsmenge beschrieben, ab welcher Handel stattfindet.

Der statistisch signifikante Einfluss des Preises für Sojaschrot als wichtigstes Eiweißsubstitut zeigt, dass sowohl die Preisentstehung als auch dessen Höhe von der Marktsituation auf dem Markt für Futtermittelkomponenten abhängt, was die Aussagen der Experten bestätigt, wonach die heimischen Leguminosen hauptsächlich in der Mischfutterindustrie verwendet werden und einen Teil des eingesetzten Sojaschrotes je nach Preissituation und -verhältnis substituieren.

Dass die Preise für die jeweiligen Körnerleguminosen aus anderen Bundesländern im Modell statistisch insignifikant erschienen, unterstützt ebenfalls die Hypothese der Marktfragmentierung und bekräftigt das Ergebnis der Cointegrationsanalyse. Hervorzuheben ist auch, dass die vorhandene Menge keinen statistisch signifikanten Einfluss auf die Höhe des Preises ausübt, woraus geschlussfolgert werden kann, dass dieser Preis nicht erkennbar auf unterschiedliche Mengen im Markt reagiert. Im Falle eines effizienten Marktes wäre zu erwarten, dass der Preis bei sinkender Menge ansteigt. Da dies durch die Analyse nicht bestätigt werden kann, ergibt sich ein weiterer Hinweis auf das Vorliegen einer fragmentierten Marktstruktur.

Ein signifikanter Effekt der Preise für Sojaschrot als Kraftfutterkomponente in der Tierfütterung wurde bereits in KEZEYA SEPNGANG et al. (2018b) dokumentiert und konnte auch in der hier durchgeführten Analyse bestätigt werden. Zukünftige Forschung kann auf eine Untersuchung der Preisbildung in Abhängigkeit der Preise für Mineraldünger ausgedehnt werden, da Körnerleguminosen durch die Fähigkeit der Stickstofffixierung laut BUES et al. (2013) die Düngerkosten im Anbau der Leguminose selbst und auch jene im Anbau der Folgefrucht durch entsprechende Fruchtfolgeeffekte senken. KEZEYA SEPNGANG et al. (2019) stellten erste Zusammenhänge mit Mineraldüngerpreisen fest. Eine umfassende Übersicht über potentielle Marktdeterminanten findet sich in KEZEYA SEPNGANG et al. (2018a) und getrennt nach Marktsegmenten in AGROSYNERGIE (2018). Da der Anbau von Körnerleguminosen durch

geringe Wettbewerbsfähigkeit im innerbetrieblichen Vergleich gekennzeichnet ist, wäre auch ein möglicher Zusammenhang mit Erzeugerpreisen der jeweiligen Konkurrenzkultur denkbar, welche in der vorangegangenen Untersuchung nicht berücksichtigt wurden.

Im Hinblick auf die ökonometrische Methodik muss die Anwendung des Engle-Granger Verfahrens zum Testen auf Marktintegration kritisch betrachtet werden, da diese nur die Integration der zwei gewählten Preiszeitreihen (univariates Verfahren) untersucht. Die Cointegrationsanalyse nach JOHANSEN (1988) hingegen wendet ein multivariates Verfahren an, was die gleichzeitige Überprüfung von Cointegration einer Vielzahl von Preiszeitreihen ermöglicht. Da beim vorliegenden Datensatz jedoch nicht für jedes Bundesland für jede Körnerleguminose Preisbeobachtungen vorlagen (s. Abbildung 1), wurde aus Gründen der einfacheren Durchführung das Verfahren nach ENGLE & GRANGER (1987) gewählt.

6 Fazit

Der Anbau von Körnerleguminosen in Deutschland weist viele Merkmale eines fragmentierten Marktes auf. Die vorhandenen Produktionsmengen bilden keine perfekten Substitute für einander und die regionalen Einzelmärkte sind überregional nicht integriert. Die Marktfragmentierung beeinträchtigt die Preisbildung, sodass davon ausgegangen werden kann, dass Preisnotierungen nicht als Knappheitssignale fungieren und folglich auch nicht als Anreize zur Ausweitung des Anbaus von Körnerleguminosen infrage kommen. Gängige Betrachtungen zur Wirtschaftlichkeit von Körnerleguminosen können daher keine unverzerrten Ergebnisse erzielen, sofern die zu erwartenden Erlöse in statischen Vergleichsrechnungen auf Basis offizieller Preisnotierungen kalkuliert werden.

Zukünftig gilt es, marktbasierende Anreize, die den Anbau von Körnerleguminosen am Markt effizienter entlohnen und somit deren positive Umwelteffekte besser abbilden, zu stärken. Gleichzeitig können kurze Wertschöpfungsketten zur Versorgung der viehhaltenden Betriebe mit regionalen Eiweißfuttermitteln etabliert und die Importabhängigkeit verringert werden. Dies leistet ein Beitrag zu einer nachhaltigen Transformation der deutschen Landwirtschaft.

Weiterführende Forschung sollte ebenfalls die Produktion von Körnerleguminosen für die Humanernährung in Deutschland analysieren, da diese aufgrund sich verändernder Ernährungsgewohnheiten der Bevölkerung ein bisher wenig bekanntes Segment innerhalb des fragmentierten Marktumfeldes darstellen (AGROSYNERGIE 2018).

Literatur

- AGROSYNERGIE, 2018: Market developments and Policy Evaluation Aspects of the Plant Protein sector in the EU. Final Report.
- AMI, 2022a: Tabelle für Futtermittelpreise in Deutschland.
- AMI, 2022b: Tabelle für Getreidepreise in Deutschland.
- AMI, 2022c: Wöchentliche Erzeugerpreise für Körnerleguminosen in einzelnen Bundesländern.
- BAFFES, J., 1991: Some further evidence on the law of one price: The law of one price still holds. *American Journal of Agricultural Economics* 73 (4), 1264-1273.
- BARDHAN, P. & C. UDRY, 1999: Development microeconomics. Chapter 7. Fragmented credit markets. OUP Oxford.
- BILGILI, F., 1998: Stationarity and cointegration tests: Comparison of Engle-Granger and Johansen methodologies. *Journal of Faculty of Economics and Administrative Sciences* (13), 131-141.
- BLE, 2012: Ackerbohne, Erbse & Co., Die Eiweißpflanzenstrategie des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft zur Förderung des Leguminosenanbaus in Deutschland.
- BLE, 2020: Bericht zur Markt- und Versorgungslage Futtermittel 2020.
- BMEL, 2019: Ackerbaustrategie 2035. Perspektiven für einen produktiven und vielfältigen Pflanzenbau.

- BUES, A., S. PREIBEL, M. RECKLING, P. ZANDER, T. KUHLMAN, K. TOPP, C. WATSON, K. LINDSTRÖM, F. STODDARD & D. MURPHY-BOKERN, 2013: The environmental role of protein crops in the new common agricultural policy. EU Directorate General for Internal Policies, European Parliament. Brussels, 21-98.
- CAMERON, A. C. & P. K. TRIVEDI, 1998: Regression analysis of count data. Cambridge University Press, Cambridge.
- CARLEVARO, F., Y. CROISSANT & S. HOAREAU, 2012: Multiple hurdle models in R: The mhurdle Package. URL: <http://cran.r-project.org/web/packages/mhurdle/vignettes/mhurdle.pdf>.
- CRAGG, J. G., 1971: Some Statistical Models for Limited Dependent Variables with Application to the Demand for Durable Goods. *Econometrica: journal of the Econometric Society* 39 (5), 829-844.
- CRAMON-TAUBADEL, S. VON & B. K. GOODWIN, 2021: Price Transmission in Agricultural Markets. *Annual Review of Resource Economics* 13 (1), 65-84.
- ENGLE, R. F. & C. W. J. GRANGER, 1987: Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 251-276.
- FIGUEROA, A., 2019: Do Market Prices Reflect Real Scarcity? Theories and Facts. *ECONOMIA* 42 (83), 54-74.
- HESS, S. & U. KOESTER, 2021: Die Bedeutung von Preisbeziehungen und Preisänderungen in ausgewählten Agrarmärkten. In: KOESTER, U. & S. von CRAMON-TAUBADEL (Hrsg.): *Agrarpreisbildung. Theorie und Anwendung*, 245-278. Springer Gabler, Wiesbaden, Germany, Heidelberg.
- JOHANSEN, S., 1988: Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control* 12 (2), 231-254.
- KEZEYA SEPNGANG, B., W. STAUSS, I. STUTE & M. MERGENTHALER, 2018a: The Market of grain legumes in Germany. First results of the EU-project LegValue.
- KEZEYA SEPNGANG, B., W. STAUSS, I. STUTE & M. MERGENTHALER, 2019: Zusammenhang von Preisen von Körnerleguminosen mit den Preisen für Futtermittel, Dünger und Fleisch. *Forschungsnotizen des Fachbereichs Agrarwirtschaft Soest Vol.13d*.
- KEZEYA SEPNGANG, B., I. STUTE, W. STAUSS, B. C. SCHÄFER & M. MERGENTHALER, 2018b: Möglichkeiten zur Bildung von verwertungsorientierten Preisindikatoren für Futtererbsen und Ackerbohnen im Vergleich zur veröffentlichten Marktpreisberichterstattung. *Berichte über Landwirtschaft (Band 96, Ausgabe 3)*.
- KOESTER, U., 2016: *Grundzüge der landwirtschaftlichen Marktlehre*. Verlag Franz Vahlen, München, 5., überarbeitete und erweiterte Auflage.
- MONTESANO, A., 1995: Scarcity and prices. *Ricerche Economiche* 49 (2), 145-166.
- MULLAHY, J., 1986: Specification and testing of some modified count data models. *Journal of econometrics* 33 (3), 341-365.
- MYERS, R. J., R. J. SEXTON & W. G. TOMEK, 2010: A century of research on agricultural markets. *American Journal of Agricultural Economics* 92 (2), 376-403.
- NEMECEK, T., J.-S. VON RICHTHOFEN, G. DUBOIS, P. CASTA, R. CHARLES & H. PAHL, 2008: Environmental impacts of introducing grain legumes into European crop rotations. *European Journal of Agronomy* 28 (3), 380-393.
- NOURSE, E. G., 1922: Economic Philosophy of Cooperation. *American Economic Review* (12), 577-597.
- ROMSTAD, E., 2008: The informational role of prices. *European Review of Agricultural Economics* 35 (3), 263-280.
- SEXTON, R. J., 2013: Market power, misconceptions, and modern agricultural markets. *American Journal of Agricultural Economics* 95 (2), 209-219.
- SPECHT, M., 2009: Anbau von Körnerleguminosen in Deutschland-Situation, limitierende Faktoren und Chancen. *Journal für Kulturpflanzen* 61 (9), 302-305.

- STATISTISCHES BUNDESAMT, 2021: Wachstum und Ernte- Feldfrüchte- August/September (verschiedene Ausgaben).
- TOBIN, J., 1958: Estimation of relationships for limited dependent variables. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 24-36.
- VISSER, C. L. M. DE, R. SCHREUDER & F. STODDARD, 2014: THE EU's dependency on soya bean import for the animal feed industry and potential for EU produced alternatives. *OCL* 21 (4), D407.
- WATSON, C. A., M. RECKLING, S. PREISSEL, J. BACHINGER, G. BERGKVIST, T. KUHLMAN, K. LINDSTRÖM, T. NEMECEK, C. F. TOPP, A. VANHATALO, P. ZANDER, D. MURPHY-BOKERN & F. L. STODDARD, 2017: Grain Legume Production and Use in European Agricultural Systems. *Advances in Agronomy* (144), 235-303.
- WEISS, C., 2021: Preisbildung bei unvollkommener Konkurrenz. In: KOESTER, U. & S. VON CRAMON-TAUBADEL (Hrsg.): *Agrarpreisbildung. Theorie und Anwendung*, 193-244. Springer Gabler, Wiesbaden, Germany, Heidelberg.

ERFOLGSFAKTOREN VON AGRI-FOOD-STARTUPS – ERSTE EMPIRISCHE ERKENNTNISSE AUS DEUTSCHLAND

Sibylle Gerlach¹, Jan-Henning Feil

Zusammenfassung

Startups gewinnen für den AgriFood-Sektor zunehmend an Bedeutung, wurden jedoch bislang in der wissenschaftlichen Literatur, vor allem aufgrund fehlender Datenbasis, wenig untersucht. Vor diesem Hintergrund analysiert der vorliegende Beitrag erstmalig Erfolgsfaktoren von Agri-Food-Startups auf Grundlage einer aktuellen, quantitativen Umfrage aus 2021/22 von deutschen Startup-Gründer:innen (N=101). Eine erste ökonomische Analyse erfolgt mit Hilfe eines Multinomialen Logit-Modells (MNL), welches den potentiellen Einfluss unternehmensbezogener und persönlicher Variablen auf unterschiedliche Entwicklungsphasen von Startups testet. Für die vorliegende Stichprobe kann unter anderem ein signifikanter Einfluss in Bezug auf das gewählte Geschäftsmodell und die Art der Gründung, sowie in Bezug auf die Bildung und die unternehmerischen Fähigkeiten der Gründer:innen festgestellt werden. Hieraus werden erste Implikationen für Startup-Unternehmer:innen selbst sowie für die Politik in Bezug auf potentielle Fördermaßnahmen abgeleitet.

Keywords

AgriFood-Startups, Startup-Lebenszyklus, Multinomiales Logit-Modell

1 Einleitung

Angetrieben durch die Digitalisierung gewinnen Startups innerhalb des AgriFood-Sektors zunehmend an Bedeutung (GAUTHIER et al., 2019). Die innovativen Geschäftsideen betreffen dabei die gesamte Wertschöpfungskette. Von digitalen Lösungen für die Optimierung der Tier- und Pflanzenproduktion bis hin zu Online-Handelsplattformen werden sowohl die landwirtschaftliche

Primärproduktion aber auch der vor- und nachgelagerter Bereich abgedeckt (POTHERING und BURWOOD-TAYLOR, 2021). Auf diese Weise bieten Startups großes Potenzial für die Agrar- und Ernährungswirtschaft, die sich angesichts der sowohl global als auch national verändernden Rahmenbedingungen zunehmenden Herausforderungen entgegen sieht (ISERMEYER, 2014; CLERCQ et al., 2018; WOLTER, 2018).

Startups sind allgemein als junge Wachstumsunternehmen definiert. Die Realisierung einer eigenen, neuen Geschäftsidee und ein hohes Maß an Innovation in Produkten, Dienstleistungen, Technologien, Geschäftsmodellen oder Prozessen spielen hierbei eine zentrale Rolle (KOLLMANN et al., 2021). Aus politischer und gesellschaftlicher Sicht ist die Gründung von Startups somit von großer volkswirtschaftlicher Bedeutung. Die Jungunternehmen schaffen neue Arbeitsplätze und haben eine positive Wirkung auf Wettbewerbs- und Wachstumspotenziale (SZAREK und PIECUCH, 2018; BMWI, 2021). Während des Gründungsprozesses stehen Startup-Anwärter:innen allerdings häufig vor vielschichtigen Herausforderungen. Wichtige Punkte sind unter anderem bürokratische Hürden und der Zugang zu Startkapital, aber auch fehlende Infrastrukturen und Netzwerke (ISENBERG, 2014). Folglich ist nur ein geringer Anteil an Startup-Gründungen tatsächlich erfolgreich (CANTAMESSA et al., 2018).

¹ Fachhochschule Südwestfalen, Lübecker Ring 2, 59494 Soest, gerlach.sibylle@fh-swf.de

Obwohl den innovativen Unternehmensgründungen ein großes Potenzial für die Agrarbranche zugesprochen wird, finden sie in der wissenschaftlichen Literatur bislang eher wenig Berücksichtigung. Für Deutschland geben beispielsweise HUCHTEMANN und THEUVSEN (2018) auf Basis einer Literatur- und Internetrecherche einen ersten Überblick über den Status quo von Startups im AgriFood-Sektor. SMOLOVÁ et al. (2018) untersuchen mit Hilfe einer qualitativen Befragung die Erfolgsfaktoren von tschechischen AgriFood-Startups und weisen dabei insbesondere auf die Bedeutung von Bildung sowie Kompetenzen in Bezug auf Management und Finanzen hin. Als größte Hürden für die Gründung eines Startups identifizieren sie hierbei die Aspekte Bürokratie sowie Personalfindung und –management. Des Weiteren analysieren KING et al. (2021) die indische Startup-Szene im Agrarbereich. Grundlage der Untersuchung ist zum einen eine Literaturrecherche und zum anderen eine Befragung von 42 Investor:innen und AgTech-Startup-Gründer:innen. Die größten Herausforderungen der Szene werden hier unter anderem in der schlechten wirtschaftlichen Situation der Agrarbranche in Indien, fehlende Investoren für AgTech-Startups und dadurch eine nur langsame Adaption von innovativen Technologien beschrieben. Überwiegend beschränken sich die bestehenden Studien demnach auf Fallstudien, qualitative Befragungen oder Literaturrecherchen (SMOLOVÁ et al., 2018; SHARMA und MATHUR, 2018; CONNOLLY et al., 2018). Eine größere Anzahl an Studien, zum Teil auch auf empirischer Basis, findet sich vorrangig über Startup-Gründungen im allgemeinwirtschaftlichen Kontext ohne Bezug auf die Agrar- und Ernährungswirtschaft (HYDER UND LUSSIER, 2016; SANTISTEBAN und MAURICIO, 2017; VAN WEELE et al., 2019; SKAWIŃSKA und ZALEWSKI, 2020). Auf Grund der strukturellen Unterschiede der Agrarbranche im Vergleich zu anderen Wirtschaftsbereiche, lassen sich jedoch auch in der hiesigen Startup-Landschaft sektorspezifische Besonderheiten vermuten. Dieses verdeutlichen auch die bereits aufgeführten qualitativen Studien aus dem Agrarsektor (KING et al. 2021). Darüber hinaus ist die gezielte und passgenaue Unterstützung von agrarnahen Startups, welche mit innovativen Ideen einen Mehrwert für die sich wandelnde Agrarbranche liefern sollen, derzeit von besonderem politischen Interesse (HUCHTEMANN und THEUVSEN, 2018; BMEL, 2022).

Der vorliegende Beitrag versucht daher, diese Forschungslücke zu schließen. Auf Basis einer aktuellen quantitativen Online-Befragung von deutschen Startup-Gründer:innen aus dem AgriFoodSektor (N = 101) aus dem Jahr 2021/22 soll ein erster umfassenderer Überblick über die Gründungsaktivitäten und -strukturen geliefert werden. In einem weiteren Schritt soll untersucht werden, welche Faktoren einen Einfluss auf die Entwicklung von Startups im AgriFood-Sektor haben. Konkret wird hierzu ein Phasenmodell aus der allgemeinwirtschaftswissenschaftlichen Literatur mit drei Entwicklungsphasen für Startups (Vorgründung, Ausbau und Etablierungsphase) verwendet und mit Hilfe eines multinomialen Logit-Modells (MNL) erstmals empirisch getestet (vgl. z.B. HAHN, 2018; KOLLMANN, 2019). Aus dieser Schätzung sollen Erfolgsfaktoren für die Entwicklung von AgriFood-Startups identifiziert und anschließend Handlungsempfehlungen sowohl für Startup-Unternehmer:innen für ein verbessertes Management als auch für die Politik für gezieltere potentielle Fördermaßnahmen abgeleitet werden.

Hierzu ist der restliche Beitrag ist wie folgt gegliedert: Im zweiten Abschnitt wird zunächst der theoretische Hintergrund dargestellt und das Phasenmodell sowie mögliche Einflussfaktoren auf die Entwicklung eines Startups erläutert. Der dritte Abschnitt beinhaltet einen Überblick über Daten und Methodik. Hier erfolgt zunächst eine Beschreibung der Datenerhebung und der Stichprobe. Anschließend wird das MNL-Modell als Auswertungsmethode vorgestellt. Erste diesbezügliche Ergebnisse werden in Abschnitt vier aufgeführt und diskutiert. Der Beitrag schließt mit einem Fazit sowie einem Ausblick auf weiteren Forschungsbedarf.

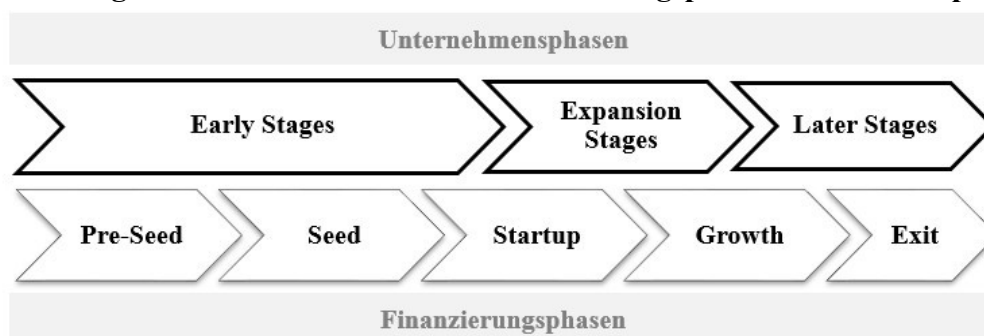
2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Definition und Entwicklungsphasen Startups

Der Begriff Startup ist in der Literatur nicht eindeutig definiert. Nichtsdestotrotz besteht ein allgemeiner Konsens über gültige Merkmale und Eigenschaften (LUGER UND KOO, 2005). Die Gründung eines Startups stellt eine Form der Existenzgründung dar. Als wichtigste Merkmale von Startups nennen KOLLMANN et al. (2021) ein überdurchschnittliches Wachstumspotenzial sowie ein hohes Maß an Innovation in Produkten, Dienstleistungen, Technologie oder Geschäftsmodell. Die Geschäftsmodelle sind dabei in der Regel funktionsfähig und skalierbar, aber noch in der Entwicklung (BLANK und DORF, 2012; PETRŮ et al., 2019). Eine weitere Besonderheit von Startups ergibt sich dementsprechend durch das Alter. Im Deutschen Startup Monitor (DSM) werden nur Jungunternehmen mit einem Alter von höchstens zehn Jahren erfasst (KOLLMANN et al., 2021). Der Bundesverband Deutsche Startups definiert die Altersgrenze sogar nur bei etwa fünf Jahren (BUNDESVERBAND DEUTSCHE STARTUPS E.V., 2018). Ein Großteil der Interpretationen sind an dieser Stelle allerdings weniger konkret und sprechen allgemein von jungen Wachstumsunternehmen, die sich am Anfang der Unternehmensentwicklung befinden und noch nicht am Markt etabliert sind (DAMODARAN, 2009; RIES, 2011; BLANK und DORF, 2012).

Außerdem unterscheiden sich Startups von klassischen Unternehmensgründungen über ihre Finanzierungsquellen. Sie entstehen häufig unter großer Unsicherheit, da die Geschäftsideen als neuartig und wenig ausgereift eingestuft werden (RIES, 2011). Dieses Phänomen spiegelt sich auch in der Kapitalnachfrage wider. Laut DSM sind 75 % der Startups in Deutschland aus eigenen Ersparnissen finanziert. Fremdkapital stammt am häufigsten aus staatlichen Förderquellen, aus dem Freundes- oder Familienkreis oder aus Business Angel Capital. Ein klassisches Bankdarlehen verwendeten nur 16 % der Gründer:innen (KOLLMANN et al., 2021). Vor allem durch die Verwendung von Risikokapital ergibt sich auch das für viele Startup-Gründer:innen und Investor:innen vorherrschende Ziel des späteren Ausstiegs aus der Unternehmung. Der sogenannte Exit kann entweder durch einen Verkauf (Trade-Sale) oder Börsengang erfolgen. Anders als bei klassischen Unternehmen ist das Ziel der Gründung somit häufig nicht die langfristige Kapitalanlage, sondern vielmehr die Veräußerung zu höchstmöglichen Gewinnen (GUO et al., 2015).

Abbildung 1. Unternehmens- und Finanzierungsphasen eines Startups



Quelle: Eigene Darstellung nach HAHN (2018); KOLLMANN (2019); SKAWIŃSKA und ZALEWSKI (2020)

Im Laufe ihres Entwicklungsprozesses durchlaufen Startups so drei verschiedene Unternehmensstufen, denen analog fünf Finanzierungsphasen zugeordnet werden können. Wie in Abbildung 1 zu sehen, ergibt sich zunächst die Unterteilung in die Entwicklungsstadien Early, Expansion und Later Stages (KOLLMANN, 2019). Die Frühphasen, auch Early Stages genannt, sind durch die Findung, Formulierung und Umsetzung einer Idee gekennzeichnet (IBID.) Auf Seiten der Finanzierung beginnt an dieser Stelle die Pre-Seed-Phase. Hier ist noch kein Unternehmen gegründet. Die Hauptaufgaben des Startups bestehen in dieser Phase in der

Ausgestaltung einer Idee und der Planung der Umsetzung. Weitergehend erfolgt in der Seed-Phase die Findung einer geeigneten Rechtsform und die Aufstellung eines Business Plans, so dass in der folgenden Startup-Phase das Unternehmen gegründet und die operativen Tätigkeiten aufgenommen werden können (ROBERTS, 1991; SKAWIŃSKA und ZALEWSKI, 2020). Während dieser Phase erfolgt der Übergang zu den Wachstumsstadien, auch Expansion Stages genannt (KOLLMANN, 2019). Diese Stadien sind durch die Intensivierung der Idee gekennzeichnet. Die Growth-Phase beinhaltet dementsprechend die Marktdurchdringung und die Umsatzsteigerung des Unternehmens. Bis zu diesem Punkt herrscht für die Startups ansteigender Kapitalbedarf, der erst mit Eintritt der Later Stages oder auch Etablierungsphase und des möglichen Exits abnimmt (HAHN, 2018).

2.2 Mögliche Einflussfaktoren auf den Erfolg von Startups

Aus der Analyse der vorhandenen Literatur zum Thema Startups im allgemein-wirtschaftlichen Kontext werden im Folgenden mögliche Einflussfaktoren auf den Erfolg von Startups im Sinne der in Abschnitt 2 dargestellten Entwicklungsphasen identifiziert. Diese lassen sich untergliedern in unternehmensbezogene und persönliche Einflussfaktoren.

Unternehmensbezogene Einflussfaktoren:

Diverse Studien aus dem allgemein-wirtschaftlichen Kontext sprechen der Gründungsidee bzw. dem gewählten Geschäftsmodell des Startups einen deutlichen Einfluss auf den späteren Erfolg zu (ALMUS und NERLINGER, 1999). Laut GROENEWEGEN und DE LANGEN (2012); KALYANASUNDARAM (2018) und KIM et al. (2018) spielen dabei beispielsweise Faktoren wie die Skalierbarkeit und der Innovationsgrad eine wichtige Rolle. Auch strategische Partnerschaften zu Unternehmen oder wissenschaftlichen Institutionen können sich positiv auf den Erfolg des Startups auswirken (AL SAHAF und AL TAHOO, 2021). Mögliche Vorteile können je nach Geschäftsmodell unter anderem die Nutzung von Vertriebskanälen und Technologien aber auch das zügige Erlangen von globaler Bekanntheit sein (FREYTAG, 2019; AL SAHAF und AL TAHOO, 2021). Ein weiterer möglicher Erfolgsfaktor liegt in der Standortwahl des Startups. Die Nähe zu strategischen Partnern, Kunden oder Lieferanten sind dabei etwaige positive Effekte. Zuletzt wirkt sich laut MURRAY (2019) und SANTISTEBAN et al. (2020) auch die Teilnahme an einem Unterstützungsangebot vorteilhaft auf den Unternehmenserfolg aus. Sogenannte Inkubatoren und Acceleratoren sorgen beispielsweise für unterstützende Rahmenbedingungen, indem sie unter anderem Zugang zu Finanzierung, Netzwerken und Mentoring ermöglichen (VAN WEELE et al., 2019).

Persönliche Einflussfaktoren:

Mindestens eine genauso wichtige Position wie die unternehmensbezogenen Einflussfaktoren nehmen auch die persönlichen Einflussfaktoren ein (SANTISTEBAN und MAURICIO, 2017). Einige wenige Studien messen dabei den allgemeinen demographischen Daten wie beispielsweise dem Alter einen Effekt zu (BECCHETTI und TROVATO, 2002; MARTELL et al., 2012). Nach OAKLEY (2003) wirkt sich ein höheres Alter der Gründer:innen somit positiv auf den späteren Erfolg des Geschäftsmodells aus. Ein Großteil der vorliegenden Studien fokussiert sich allerdings auf die Bereiche der Bildung, Erfahrungen und Fähigkeiten des Gründungsteams (GROENEWEGEN und DE LANGEN, 2012; LAINE et al., 2019; SKAWIŃSKA und ZALEWSKI, 2020). Neben der Relevanz des Bildungsgrades (COLOMBO et al., 2004) und der fachlichen, technologischen Kenntnisse (LAINE et al., 2019), finden in der agrarspezifischen Literatur vornehmlich die sogenannten Entrepreneurial Skills Beachtung. Zu diesen im weitesten Sinne unternehmerischen Fähigkeiten gehören unter anderem strategische Fähigkeiten, Netzwerkqualifikationen und ein Gespür für das Wahrnehmen von Möglichkeiten und Chancen. Darüber hinaus beinhalten Entrepreneurial Skills persönliche Eigenschaften, wie zum Beispiel ein gewisses Maß an Aufgeschlossenheit, Risikobereitschaft und Kreativität. In Summe trägt die Ausprägung dieser

Fähigkeiten auf Seiten der Gründer:innen zum Erfolg ihres Vorhabens bei (McELWEE, 2006; WOLF UND SCHOORLEMMER, 2007; AL SAHAF und AL TAHOO, 2021).

3 Datengrundlage und Methodik

Zur empirischen Untersuchung der im vorigen Abschnitt identifizierten, potentiellen Erfolgsfaktoren von Startups in Agrar- und Ernährungssektor wurde erstmalig eine ausführliche, quantitative Umfrage unter deutschen Startup-Unternehmern:innen (N=101) durchgeführt. Zunächst erfolgt eine Beschreibung der Datenerhebung und der Stichprobe. Anschließend wird das zur Auswertung verwendete MNL-Modell kurz beschrieben.

3.1 Datenerhebung und deskriptive Statistik

Die Datengrundlage der vorliegenden Studie bildet eine quantitative Online-Befragung von 101 Startup-Gründer:innen aus dem AgriFood-Sektor. Angesprochen wurden demnach Personen, die planen ein Startup zu gründen oder bereits ein Startup gegründet haben. Dabei muss bei der potentiellen Unternehmung ein Bezug zur Landwirtschaft oder dem vor- oder nachgelagerten Bereich vorhanden sein. Inhaltlich gliedert sich die Umfrage in drei Teile. Im ersten Teil werden allgemeine Charakteristika zum Startup abgefragt, der zweite Teil beinhaltet ein Discrete Choice Experiment zu den Präferenzen der Gründer:innen gegenüber Unterstützungsangeboten und der dritte Teil eine Abfrage der soziodemographischen Daten. Der Erhebungszeitraum erstreckt sich von Mitte Juli 2021 bis Mai 2022. Die Verteilung des Umfragelinks erfolgte deutschlandweit über verschiedenste Kanäle. Inkubatoren und Acceleratoren aus dem Agrarbereich teilten die Umfrage über soziale Medien, Homepages und E-Mail-Verteiler. Außerdem wurden soweit möglich Fachmessen und Veranstaltungen (z. T. digital/in Präsenz) besucht, um weitere Proband:innen persönlich anzusprechen. Um die Teilnahme an der Umfrage darüber hinaus attraktiver zu gestalten, wurden ab Dezember 2021 Gutscheine in Höhe von 40 € von der Firma Wunschgutschein.de genutzt. Der Gutschein wurde den Proband:innen nach der erfolgreichen Teilnahme online zur Verfügung gestellt. Die Auswertung und Datenbereinigung der Stichprobe erfolgte mit der Software R.

In Tabelle 1 ist die deskriptive Statistik der Stichprobe, unterteilt nach Zugehörigkeit der jeweiligen Entwicklungsphase, dargestellt. Das durchschnittliche Alter der Proband:innen liegt demnach bei 35,26 Jahren. Außerdem sind 82,18 % der Stichprobe männlich und 87,31 % verfügen über einen Hochschulabschluss. Die durchschnittliche Risikoeinstellung zeigt mit 7,49 eine mittlere bis leicht erhöhte Risikofreude an (DOHMEN et al., 2011). Die befragten Startups sind im Schnitt 2,46 Jahre alt und 12,87 % sind mit ihrem Unternehmen in den neuen Bundesländern ansässig. Sie können anhand von technologischen Aspekten in neun verschiedene Kategorien eingeteilt werden. Mit jeweils 22,77 % der Stichprobe sind die meisten Startups dabei in den Bereichen „Innovative Vermarktung und Handel“ und „Farm-Management-Software und Sensing-Technologien“ aktiv. Mit Blick auf den letzten Abschnitt der Tabelle 1 kann festgestellt werden, dass der Großteil der befragten Gründer:innen angibt, ihr Startup alleinstehend und ohne Kooperation mit einer Hochschule oder etwa einem landwirtschaftlichen Betrieb initiiert zu haben.

Tabelle 1. Deskriptive Beschreibung der Stichprobe (N=101)

	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Gesamt
N	28	50	23	101
Ø Alter (Jahre)	34,36	34,94	37,04	35,26
Anteil Männer (%)	82,14	86,00	73,91	82,18
Anteil mit Hochschulabschluss (%)	89,29	90	78,26	87,13
Anteil mit Abitur (%)	75	96	78,26	79,21
Ø Risikoeinstellung	6,88	7,73	7,72	7,49
Ø Unternehmensalter (Jahre)	0,61	2,44	4,74	2,46
Standort in Region Ost (%)	17,86	14	4,35	12,87
Anteil Kategorie nach Technologie (%)				
Innovative Vermarktung & Handelsplattformen	14,29	14	52,17	22,77
Farm-Management-Software & Sensing-Technologien	10,71	36	8,7	22,77
Innovative Produktionssysteme	35,71	14	17,39	20,79
Landwirtschaftliche Produktionshardware	25	14	4,35	14,85
Food-Verarbeitungstechnologien	3,57	8	8,7	6,93
Agrar-Biotechnologien	3,57	6	4,35	4,95
Supply-Chain-Technologien	3,57	4	4,35	3,96
Netzwerke & Arbeitsgemeinschaften	0	4	0	1,98
Non-Food-Verarbeitungstechnologien	3,57	0	0	0,99
Anteil Gründungsart (%)*				
Alleinstehende Gründung	82,14	68,00	69,57	72,28
Ausgründung aus Uni/FH	21,43	30,00	8,70	22,77
Ausgründung landw. Betrieb	10,71	4,00	8,70	6,93
Andere	0	8,00	13,04	7,92

*Mehrfachnennungen möglich, Quelle: eigene Berechnungen

Die abhängige Variable, die in diesem Beitrag analysiert werden soll, wird durch die verschiedenen Entwicklungsphasen der Startups beschrieben. Sie kann entsprechend der Tabelle 2 die Werte 1) „Vorgründungsphase“, 2) „Ausbauphase“ und 3) „Etablierungsphase“ annehmen. Laut KIM und SHIN (2017) und SONG ET AL. (2017) ist der Erfolg von Unternehmen nicht als eindeutiger Status anzusehen, sondern viel mehr als ein dynamischer Prozess. Analog dazu kann ein Unternehmen nach KRISHNA (2018) als erfolgreich bezeichnet werden, sobald ein marktfähiges Produkt entstanden ist. In Bezug auf die vorliegende Untersuchung wird deshalb angenommen, dass Startups aus der Phase 1 als (bisher) weniger erfolgreich gelten als Startups aus den höheren Phasen 2 und 3. Die Verteilung der 101 Proband:innen auf die drei Phasen lässt sich der Tabelle 1 entnehmen. Die Einteilung der Startups in die verschiedenen Phasen erfolgt mittels Selbsteinschätzung über die in Tabelle 2 beschriebenen Items.

Tabelle 2. Selbsteinschätzung zur Entwicklungsphase des Startups im Fragebogen

**V_55: Ein Startup durchläuft grundsätzlich unterschiedliche Entwicklungsphasen:
Welche Aussage beschreibt die derzeitige Situation Ihres Startups am besten?**

Ausprägung	Beschreibung	Finanzierungsphase	Unternehmensphase
1	Mein Startup ist offiziell noch nicht gegründet. Wir befinden uns noch in der Konzeptentwicklung und generieren bislang keine Umsätze.	Pre-Seed Phase	Early Stages (Vorgründungsphase)
2	Mein Startup befindet sich derzeit in der Gründung. Die Entscheidung über Standort und Rechtsform sind gefallen und es wurde ein Geschäftsmodell entwickelt.	Seed-Phase	
3	Auf Basis eines marktreifen Angebotes generiert mein Startup erste Umsätze bzw. Kundennutzen. Wir sind gerade dabei die Produktions- und Personalkapazitäten aufzubauen.	Startup-Phase	Expansion Stages (Ausbauphase)
4	Dank des marktreifen Angebotes generiert mein Startup bereits starkes Umsatzwachstum bzw. starkes Nutzenwachstum. Wir arbeiten gerade an der Marktdurchdringung.	Growth-Phase	Later Stages (Etablierungsphase)
5	Mein Startup ist bereits etablierter Marktteilnehmer, ggf. ist ein Börsengang/Trade-Sale geplant oder bereits realisiert.	Exit-Phase	

Quelle: Eigene Darstellung nach HAHN (2018); KOLLMANN (2019); SKAWIŃSKA und ZALEWSKI (2020)

3.2 Multinomiales Logit Modell

Die Analyse einer polytomen Variable kann nach SCHMIDT UND STRAUSS (1975) und CRAMER (1991) mit Hilfe eines multinomialen Logit-Modells (MNL) erfolgen. Eine wesentliche Eigenschaft des MNL ist dabei die Unabhängigkeit der Reihenfolge der Ausprägungen polytomer Variablen. Im vorliegenden Beitrag entspricht die polytome, abhängige Variable den verschiedenen Entwicklungsstufen 1) Vorgründungsphase, 2) Ausbauphase und 3) Etablierungsphase gemäß der Tabelle 2. Die Entscheidung der Startup-Gründer:innen i zwischen den Kategorien $s = 1,2,3$ wird als Vektor y_{is} beschrieben, bei dem eine einzelne Kategorie gleich 1 ist und alle anderen 0. Die Position der 1 bezeichnet somit die jeweils gewählte Phase. In dem MNL wird dann die Wahrscheinlichkeit, dass ein Startup-Gründer i die Entscheidung s trifft illustriert als

$$P_{is} = \Pr(y_i = s) = P(x_i, \theta^*) \quad (1)$$

mit P_{is} als Funktion aller Determinanten der Entwicklungsphasen x_i sowie der unbekannt Parameter θ^* (IBID.). Für alle Bestimmungsfaktoren werden je Kategorie s Parameter β_s^* bestimmt. Für die Schätzung des MNL ist es allerdings notwendig eine Basiskategorie zu bestimmen. Alle geschätzten Parameter β_s^* werden somit als Differenz zur Basiskategorie β_t^* ausgedrückt.

Die geschätzten Parameter β_s sind dann das Ergebnis der Differenz

$$\beta = \beta^* - \beta^* \quad (2)$$

mit t gleich 1 und $\beta^* = 0$. Die dazugehörigen Wahrscheinlichkeiten werden abgebildet durch

$$P = P x \cdot \theta^* = \frac{\exp(x^T \beta_s)}{1 + \sum_{t=2}^s \exp(x^T \beta_t)} \quad (3)$$

In Tabelle 3 sind die in das Modell integrierten, unabhängigen Variablen beschrieben.

Tabelle 3. Erklärende Variablen des MNL-Modells

Variable	Beschreibung	Codierung
Unternehmensbezogene Faktoren		
Kategorie Landwirtschaft	Zuordnung des Startups zur landw. Primärproduktion	1 = ja; 0 = nein
Region Ost	Standort des Startups in den neuen Bundesländern	1 = ja; 0 = nein
Alleinstehende Gründung	Gründung erfolgt ohne Partnerschaft zu einer weiteren Institution oder Unternehmen	1 = ja; 0 = nein
Uni/FH	Ausgründung aus einer Universität/Fachhochschule	1 = ja; 0 = nein
Landw. Betrieb	Ausgründung als Teil eines landw. Betriebes	1 = ja; 0 = nein
Digitaler Bezug	Grundidee des Startups beinhaltet digitale Aspekte	1 = ja; 0 = nein
Unterstützungsangebot ja	Inanspruchnahme eines Unterstützungsangebotes	1 = ja; 0 = nein
Innovativ	Innovativität der Geschäftsidee	1 = ja; 0 = nein
Skalierbar	Skalierbarkeit des Geschäftsmodelles	1 = ja; 0 = nein
Wachstumsorientiert	Signifikantes Mitarbeiter-/Umsatzwachstum wird angestrebt	1 = ja; 0 = nein
Exit	Ziel: Veräußerung des Startups durch Verkauf/Börsengang	1 = ja; 0 = nein
Persönliche Faktoren		
Männlich	Geschlecht	1 = männlich, 0 = weiblich
Alter	Alter in Jahren	Anzahl Jahre
Single	Beziehungsstatus single	1 = ja; 0 = nein
Kinder	Vorhandensein von eigenen Kindern	1 = ja; 0 = nein
Abitur	Schulabschluss Abitur	1 = ja; 0 = nein
Hochschule	Abschluss an einer Universität/Fachhochschule	1 = ja; 0 = nein
Bezug Landwirtschaft nein	Gründer:in hat keinen persönl. Bezug zur Landwirtschaft	1 = ja; 0 = nein
Risiko	Risikoeinstellung mittels subjektiver Selbsteinschätzung nach DOHMEN et al. (2011)	1 = gar nicht risikobereit; 10 = sehr risikobereit

Variable	Beschreibung	Codierung
Personalmanagement	Selbsteinschätzung der Ausprägung der Fähigkeiten im Personalmanagement	1 = gar nicht ausgeprägt; 5 = sehr ausgeprägt
Finanzmanagement	Selbsteinschätzung der Ausprägung der Fähigkeiten im Finanzmanagement	1 = gar nicht ausgeprägt; 5 = sehr ausgeprägt
Strategische Fähigkeiten	Selbsteinschätzung der Ausprägung der strategischen Planungsfähigkeiten	1 = gar nicht ausgeprägt; 5 = sehr ausgeprägt
Netzwerken	Selbsteinschätzung der Ausprägung der Fähigkeit des Netzwerks	1 = gar nicht ausgeprägt; 5 = sehr ausgeprägt
Marktverständnis	Selbsteinschätzung der Ausprägung der Fähigkeit der Beobachtung von Märkten und des Ergreifens von Chancen	1 = gar nicht ausgeprägt; 5 = sehr ausgeprägt
Kreativität	Selbsteinschätzung der Kreativität	1 = gar nicht ausgeprägt; 5 = sehr ausgeprägt
Innovativität	Selbsteinschätzung der Innovativität	1 = gar nicht ausgeprägt; 5 = sehr ausgeprägt
Landw. Praxis	Selbsteinschätzung der Ausprägung von praktischen landw. Fertigkeiten	1 = gar nicht ausgeprägt; 5 = sehr ausgeprägt

Quelle: eigene Darstellung

4 Ergebnisse

Die Tabelle 4 zeigt die Ergebnisse des MNL-Modells bezüglich der Determinanten auf die jeweiligen Entwicklungsphasen, in denen sich die Startups der vorliegenden Erhebung befinden. Die Werte der Koeffizienten sind je nach betrachteter Variable in Bezug zur Basiskategorie, der Phase 1 („Vorgründungsphase“), zu interpretieren. Positive Werte eines Koeffizienten besagen, dass sich mit steigenden Werten der jeweiligen unabhängigen Variable die Chance erhöht, dass sich ein Startup aus der vorliegenden Stichprobe in der betrachteten Phase befindet. Mit negativen Werten verhält es sich genau umgekehrt. Zur Einordnung der Koeffizienten sind darüber hinaus die P-Werte gemäß der Likelihood Ratio Chi²-Statistik ausgewiesen. Die übergeordnete Aussagekraft des Modells ist mit einem Pseudo-R²-Wert von 0,4367 vergleichsweise hoch (DOMENCICH und MCFADDEN, 1975).

Bei Betrachtung der unternehmensbezogenen Faktoren fällt ins Auge, dass Startups, die einen engen Bezug zur landwirtschaftlichen Primärproduktion haben („Kategorie Landwirtschaft“), im Vergleich zu allen übrigen Startups im Sektor mit für die vorliegende Stichprobe signifikant geringerer Wahrscheinlichkeit in Phase 2 und 3 anzutreffen sind. Unter die Kategorie Landwirtschaft fallen hierbei Startups aus dem Bereich „Farm-Management-Software und Sensing-Technologien“, „innovative Produktionssysteme“ und „landwirtschaftliche Produktionshardware“. Eine Begründung dafür, dass diese Startups in der vorliegenden Studie eher seltener den höheren Phasen 2 und 3 angehören, könnte in den spezifischen Eigenschaften der betrachteten Kategorie liegen. Oftmals handelt es sich hier um Startups, die ein physisches Produkt oder ein Produktionssystem erstellen (HUCHTEMANN und THEUVSEN, 2018). Dieses ist häufig mit einem vergleichsweise hohen Bedarf an Zeit, Kapital und Arbeit verbunden. Verglichen mit beispielsweise reinen Software-Lösungen, können sich der Aufbau und die Weiterentwicklung des Startups somit potentiell als langfristiger und insgesamt schwieriger gestalten.

Auch mit Blick auf die Gründungsart können signifikante Einflüsse für die vorliegende Stichprobe nachgewiesen werden: Startups, die aus einer alleinstehenden Gründung ohne jegliche Partnerschaft entstanden sind, sind mit einer relativ geringeren Wahrscheinlichkeit in Phase 3 vorzufinden, als Startups, die in einer Partnerschaft entstanden sind. Dieses Ergebnis wird auch von FREYTAG (2019) und AL SAHAF und AL TAHOO (2021) unterstützt, wonach Partnerschaften zu beispielsweise Unternehmen oder Hochschulen durch Synergieeffekte eine positive Wirkung auf den Werdegang des Startups haben können. Die Variable „Gründung als Spinoff eines Unternehmens“ wurde zwar auch in die vorliegende Studie integriert, allerdings konnte hier bislang keine ausreichend große Stichprobe zur Auswertung generiert werden. Der positive Einfluss der Partnerschaften gilt im Rahmen der betrachteten Erhebung jedoch nicht für den Fall, dass es sich bei dem Partnerunternehmen um einen landwirtschaftlichen Betrieb handelt. Hier kann für die vorliegende Stichprobe eine signifikant geringere Wahrscheinlichkeit für Phase 3 nachgewiesen werden. Eine mögliche Erklärung für dieses Resultat könnte in der Struktur und den Eigenschaften der landwirtschaftlichen Betriebe liegen. Diese bringen zwar häufig Sicherheiten in Form von Eigentum mit sich, allerdings werden sie in ihrem unternehmerischen Handeln auch durch die Bindung an Produktionszyklen und diverse Abhängigkeiten von äußeren Einflüssen wie Märkten und Umweltbedingungen beeinflusst (NORTHCOTE und ALONSO, 2011; GRASKEMPER et al., 2021). Diese Abhängigkeiten könnten sich negativ auf die Entwicklung eines potenziellen Startups auswirken.

Ein ebenfalls für die betrachtete Stichprobe signifikant negativer Effekt auf die Zugehörigkeit zu Phase 3, stellt die Teilnahme an einem Unterstützungsangebot dar. Dies ist widersprüchlich zu SANTISTEBAN et al. (2020), welche auf Basis einer empirischen Befragung von Startups aus dem allgemein-wirtschaftlichen Kontext aus Peru die Teilnahme an Unterstützungsangeboten explizit als Erfolgsfaktor ausweisen. Eine mögliche Erklärung dafür könnte sein, dass die Unterstützungsangebote in der Agrarbranche eher in den früheren Phasen der Startup-Gründung ansetzen. Außerdem entfällt laut dem deutschen Startup Monitor mit 2,4 % nur ein relativ geringer Anteil auf Startups aus der Land- und Ernährungswirtschaft. Das entsprechende „Startup-Ökosystem“ ist für diesen Sektor daher verhältnismäßig gering entwickelt (KOLLMANN et al., 2021). Bei dem sehr ausdifferenzierten Feld von Startups in der Agrarbranche könnte es an Acceleratoren und Inkubatoren fehlen, die explizit auf den Agrarbereich und die spezifischen Probleme ausgerichtet sind (PINDADO und SÁNCHEZ, 2017).

Mit Blick auf die beschreibenden Charakteristika des Startups, fällt auf, dass sowohl die Variable „Skalierbarkeit“ als auch die Variable „Exit“ einen signifikant positiven Einfluss auf die Startup-Entwicklung haben. Die Skalierbarkeit des Geschäftsmodells hat dabei in der vorliegenden Stichprobe einen signifikant positiven Einfluss auf die Zugehörigkeit zu Phase 2 und 3, die Exit-Absicht nur auf die von Phase 2. Ähnliche Ergebnisse erzielten auch GELDEREN et al. (2005) und GROENEWEGEN und DE LANGEN (2012). Demnach sind Erfolgsfaktoren eng mit der zugrundeliegenden Idee des Startups und der Zielorientierung verknüpft. Besonders die Skalierbarkeit gilt in diesem Zusammenhang auch als Maß für die Expansionsfähigkeit des Startups.

Der zweite Teil der Tabelle 4 zeigt die Koeffizienten und P-Werte der persönlichen Faktoren. Ähnlich wie auch in den Untersuchungen von GROENEWEGEN und DE LANGEN (2012) und SANTISTEBAN und MAURICIO (2017) lassen sich auch in der vorliegenden Stichprobe vor allem signifikante Einflüsse in Bezug auf Bildung und Fähigkeiten der Startup-Gründer:innen festhalten. So besteht beispielsweise ein positiver Einfluss auf die Zugehörigkeit zu Phase 2 durch die Variable „Abitur“. Auch Fähigkeiten im Bereich des Netzwerks und eine höhere Ausprägung von Innovationsvermögen steigern die Chancen eines Aufstiegs von Phase 1 in Phase 2. Erstaunlicherweise haben auch Fähigkeiten im Bereich landwirtschaftliche Praxis einen positiven Effekt. Zwar zeigen die zuvor beschriebenen unternehmensbezogenen Faktoren, dass sich ein enger Bezug zur Landwirtschaft eher nachteilig auswirkt, es scheint allerdings dennoch wichtig, über das Wissen und die grundlegenden Kenntnisse aus der

landwirtschaftlichen Praxis zu verfügen. Diese Aussage deckt sich mit LAINE et al. (2019), wonach technologische Fähigkeiten, die an der Kernproblematik des Startups orientiert sind, von Vorteil für den Gründungserfolg sein können.

Tabelle 4. MNL-Modell Determinanten zu Entwicklungsphasen von AgriFood-Startups

Variable	Phase 2		Phase 3	
	Koeffizient	P-Wert	Koeffizient	P-Wert
Unternehmensbezogene Faktoren				
Kategorie Landwirtschaft	-3.1726	0.0105	-4.0765	0.0024
Region Ost	0.4699	0.6972	-2.3091	0.1828
Alleinstehende Gründung	-1.1467	0.5082	-4.3478	0.0582
Gründung mit Uni/FH	1.5321	0.3609	-3.1546	0.1697
Landwirtschaftlicher Betrieb	-2.9813	0.2050	-5.6033	0.0818
Digitaler Bezug	-2.0994	0.1512	-1.8331	0.2278
Unterstützungsangebot ja	-0.6515	0.5850	-2.6340	0.0725
Innovativ	0.3342	0.7808	1.0647	0.4680
Skalierbar	2.0072	0.0538	2.5373	0.0715
Wachstumsorientiert	0.6438	0.4951	1.6743	0.1627
Exit	3.0717	0.0782	0.9024	0.6477
Persönliche Faktoren				
Männlich	1.0434	0.4388	-0.4249	0.7828
Alter	-0.0153	0.7993	-0.0092	0.8913
Single	-1.5100	0.2680	-3.1864	0.1013
Kinder	1.7082	0.2261	0.6297	0.6875
Abitur	7.2338	0.0010	3.0453	0.1261
Hochschule	-2.7051	0.1045	-1.0926	0.5708
Bezug Landwirtschaft nein	0.8262	0.4326	-0.2384	0.8513
Risiko	0.0056	0.9578	0.3137	0.2639
Personalmanagement	-1.8736	0.0076	-1.9545	0.0105
Finanzmanagement	0.6294	0.3225	0.4904	0.4796
Strategische Fähigkeiten	0.4208	0.4613	-0.6150	0.3691
Netzwerken	0.8307	0.0670	0.6320	0.2385
Marktverständnis	-0.1403	0.8043	0.7093	0.3320
Kreativität	-2.0743	0.0065	-1.9037	0.0328
Innovativität	2.3182	0.0058	1.0400	0.2398
Landw. Praxis	0.9917	0.0524	0.8019	0.1459

Quelle: eigene Berechnungen

Ein signifikant negativer Effekt auf die Zugehörigkeit zu Phase 2 und 3 geht in der vorliegenden Stichprobe im Bereich der persönlichen Faktoren von den Variablen „Personalmanagement“ und „Kreativität“ aus. Beide Punkte gehören nach WOLF und SCHOORLEMMER (2007) zum Bereich der Entrepreneurial Skills, welchen nach empirischen Untersuchungen von GELDEREN

ET AL. (2005), GROENEWEGEN und DE LANGEN (2012) und PROHOROVs et al. (2018) ein positiver Effekt auf die Entwicklung von Unternehmen zu gesprochen wird. Allerdings wurden die unternehmerischen Fähigkeiten in diesen Studien nicht explizit in die verschiedenen Unterkategorien, wie zum Beispiel den Bereich Personalmanagement unterteilt. Eine mögliche Erklärung für die im vorliegenden Beitrag abweichenden Ergebnisse könnte eine Überschätzung der diesbezüglichen Fähigkeiten in den frühen Phasen des Startups sein. Die Selbsteinschätzung der Gründer:innen fällt hier eher höher aus als in späteren Phasen. Allerdings ist gerade zu Beginn der Gründung in der Regel auch noch kein besonders hoher Personalbesatz vorhanden und die Gründer:innen haben folglich auch eher weniger Erfahrungen im Bereich Personalmanagement. Bei Startups aus den höheren Phasen ist die Einschätzung dieser Fähigkeiten zurückhaltender.

5 Fazit

Die Gründung von Startups gewinnt im AgriFood-Sektor zunehmend an Bedeutung und sieht sich darüber hinaus auch einem gesteigerten politischen Interesse entgegen. Dennoch ist der Umfang an fachspezifischer wissenschaftlicher Literatur bislang begrenzt. Ziel der vorliegenden Studie war es daher einen Betrag zu leisten, diese Forschungslücke zu schließen, die Erfolgsfaktoren von AgriFood-Startups zu analysieren und daraus Handlungsempfehlungen für gezielte Fördermaßnahmen abzuleiten. Grundlage der Untersuchung bildet eine aktuelle erstmalige quantitative Online-Befragung aus 2021/22, welche von Juli 2021 bis Mai 2022 unter Startup-Gründer:innen aus dem AgriFood-Sektor in Deutschland durchgeführt wurde. Die anschließende Auswertung der ersten Daten (N=101) erfolgte mit Hilfe eines MNL-Modells.

Die deskriptive Statistik verdeutlicht, dass es sich um eine relativ junge, männlich dominierte und überdurchschnittlich gut ausgebildete Stichprobe handelt. Außerdem wird durch die Verteilung auf neun verschiedene technologische Kategorien veranschaulicht, wie differenziert und heterogen die Startup-Szene im AgriFood-Sektor aussieht. Mit Blick auf das berechnete MNL-Modell ist anzuführen, dass es sich um eine erste ökonomische Analyse der sehr aktuellen Daten handelt. Jedoch weißt das Modell schon jetzt einen relativ hohen Erklärungsgehalt zu den Determinanten der unterschiedlichen Entwicklungsphasen von Startups aus dem Agrarbereich auf. Signifikante Variablen sind für die betrachtete Stichprobe sowohl im Bereich der unternehmensbezogenen, als auch der persönlichen Faktoren aufzufinden.

In Bezug auf die unternehmensbezogenen Variablen kann jenen Faktoren, welche mit der Idee oder dem Geschäftsmodell verknüpft sind, ein signifikanter Einfluss für die vorliegende Stichprobe zu gesprochen werden. Hier lassen sich die Punkte „Kategorie Landwirtschaft“, die Fragen, ob das Geschäftsmodell von den Gründer:innen selbst als skalierbar eingestuft wird und ob die Absicht eines Exits verfolgt wird, aufführen. Zum anderen sind Signifikanzen im Bereich der Art der Gründung auffindbar. So ist die alleinstehende Gründung nachteilig für die Entwicklung in eine höhere Phase, genauso wie die Partnerschaft zu einem landwirtschaftlichen Betrieb oder die Teilnahme an einem Unterstützungsangebot. Bei den persönlichen Variablen liegen für die vorliegende Stichprobe vornehmlich Signifikanzen im Bereich von Bildung und technologischen oder unternehmerischen Kompetenzen vor. Dieses bestätigen auch schon vorangegangene Studien, nach welchen die genannten Kenntnisse für die Gründung als wichtig betrachtet werden. Im Bereich der allgemein soziodemographischen Eigenschaften konnten (bislang) keine signifikanten Einflüsse festgestellt werden.

Unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse lassen sich erste Handlungsempfehlungen für die Politik, aber auch die für Agrarbranche im Allgemeinen ableiten. Im Rahmen der Studie wurde festgestellt, dass eine enge Verknüpfung mit der Landwirtschaft selbst, durch die Kategorie des Startups oder eine Partnerschaft, eher nachteilig für die Weiterentwicklung der Unternehmung

sind. Um dieser Tendenz gegebenenfalls entgegenzusteuern, gilt es Möglichkeiten zu schaffen, die unternehmerische Aktivität der landwirtschaftlichen Betriebe zu fördern. Dies kann beispielsweise durch den Abbau von Regularien, aber auch durch den Aufbau von gezielten Unterstützungs- und Bildungsangebote gelingen. Gerade Letzteres unterstützt auch die Ergebnisse im Bereich der persönlichen Faktoren. Da den unternehmerischen Fähigkeiten und der Bildung eine starke Bedeutung in diesem Kontext zu gesprochen wird, ist es auch hier wichtig Unterstützungsangebote zu schaffen, die gezielt auf Startups aus dem AgriFood-Sektor und die speziellen Herausforderungen zu geschnitten sind.

Zuletzt ergibt sich durch den vorliegenden Beitrag weiterer Forschungsbedarf. Hier ist beispielsweise die Fragestellung zu nennen, welche Faktoren dazu führen, dass es überhaupt zu unternehmerischer Aktivität und zur Gründung von Startups im AgriFood-Sektor kommt. Eine Möglichkeit zur Bearbeitung dieser Thematik auf Basis des vorliegenden Datensatzes liegt in der Anwendung von komplexeren Machine Learning Methoden, wie zum Beispiel Random Forest. Außerdem sind weitere Untersuchungen im Bereich der konkreten Ausgestaltung von Unterstützungsangeboten für Startups im Agrarbereich denkbar. Hier wurden im Rahmen der vorliegenden empirischen Erhebung zusätzlich bereits Daten mit Hilfe eines Discrete Choice Experimentes bezüglich der Präferenzen der Startup-Gründer:innen gegenüber möglichen Unterstützungsangeboten seitens der Politik erhoben.

Literatur

- AL SAHAF M., AL TAHOO L. (2021): Examining the Key Success Factors for Startups in the Kingdom of Bahrain. *International Journal of Business Ethics and Governance*: 9–49.
- ALMUS M., NERLINGER E.A. (1999): Growth of New Technology-Based Firms: Which Factors Matter?.
- BECCHETTI L., TROVATO G. (2002): The Determinants of Growth for Small and Medium Sized Firms. the Role of the Availability of External Finance. *Small Business Economics* 19: 291–306.
- BLANK S., DORF B. (2012): *The Startup Owner's Manual: The Step-by-Step Guide for Building a Great Company*. BookBaby.
- BMEL (2022): Bundeslandwirtschaftsministerium fördert agrarnahe Start-ups. In: <https://www.bmel.de/DE/themen/digitalisierung/startups-landwirtschaft.html>; Abruf: 17.08.2022.
- BMW (2022): Exist-Gründerstipendium. In: <https://www.exist.de/DE/Programm/Exist-Gruenderstipendium/inhalt.html>; Abruf: 15.03.2022.
- BUNDESVERBAND DEUTSCHE STARTUPS e.V.(2018): Satzung des Vereins. In: <https://deutschestartups.org/der-verband/satzung/>; Abruf: 15.03.2022.
- CANTAMESSA M., GATTESCHI V., PERBOLI G., ROSANO M. (2018): Startups' Roads to Failure. *Sustainability* 10.
- CLERCQ M.D., VATS A., BIEL A. (2018): Agriculture 4.0: The future of farming technology
- CONNOLLY A., TURNER J., POTOCKI A. (2018): IGNITE your corporate innovation: insights from setting up an ag-tech start-up accelerator. *International Food and Agribusiness Management Review* 21 (6) .
- CRAMER J.S. (1991): *The logit model: An introduction for economists*. London. Eward Arnold
- DAMODARAN A. (2009): Valuing Young, Start-Up and Growth Companies: Estimation Issues and Valuation Challenges. *SSRN Electronic Journal*.
- DOHMEN T., FALK A., HUFFMAN D., SUNDE U., SCHUPP J., WAGNER G.G. (2011): Individual risk attitudes: Measurement, determinants and behavioral consequences. *Journal of the European Economic Association* 9: 522–550.
- DOMENCICH T.A., MCFADDEN D.: *Urban Travel Demand - A behavioral analysis*. North-Holland Publishing Company Limited, Oxford, England 1975.
- FREYTAG R. (2019): Strategic negotiations: three essentials for successful partnerships with startups. *Strategy & Leadership* 47: 19–25.

- GAUTHIER J., STANGLER D., PENZEL M., MORELIX A., ARORA L. (2019): Global Startup Ecosystem Report 2019 with New Life Sciences Ecosystem Ranking. Startup Genome.
- GRASKEMPER V.; YU, X.; FEIL, J.-H. (2021): Analyzing strategic entrepreneurial choices in agriculture - Empirical evidence from Germany. *Agribusiness - An international Journal* 37 (3): 569-589.
- GROENEWEGEN G., DE LANGEN F. (2012): Critical Success Factors of the Survival of Start-Ups with a Radical Innovation. *Journal of Applied Economics Business Research* 2: 155–171.
- GUO B., LOU Y., PÉREZ-CASTRILLO D. (2015): Investment, Duration, and Exit Strategies for Corporate and Independent Venture Capital Backed Start-Ups. *Journal of Economics & Management Strategy* 24: 415–455.
- HAHN C. (2018): Finanzierung von Start-up-Unternehmen: Praxisbuch für erfolgreiche Gründer: Finanzierung, Besteuerung, Investor Relations. 2., vollständig aktualisierte und überarbeitete Auflage; Springer Gabler, Wiesbaden.
- HUCHTEMANN J.-P., THEUVSEN L. (2018): Agricultural Entrepreneurship: Status quo von Startups im deutschen Agribusiness. *Berichte Über Landwirtschaft - Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft* 96.
- HYDER S., LUSSIER R.N. (2016): Why businesses succeed or fail: a study on small businesses in Pakistan. *Journal of Entrepreneurship in Emerging Economies* 8: 82–100.
- ISENBERG D. (2014): What an Entrepreneurship Ecosystem Actually Is. *Harvard Business Review*, 12.05.2014.
- ISERMAYER F. (2014): Künftige Anforderungen an die Landwirtschaft - Schlussfolgerungen für die Agrarpolitik.
- KALYANASUNDARAM G. (2018): Why Do Startups Fail? A Case Study Based Empirical Analysis in Bangalore. *Asian Journal of Innovation and Policy*.
- KIM B., KIM H., JEON Y. (2018): Critical Success Factors of a Design Startup Business. *Sustainability* 10.
- KIM Y., SHIN S. (2017): What causes Technology Commercialization to Succeed or Fail after Transfer from Public Research Organizations. *Asian Journal of Innovation and Policy* 6 (1): 23-44.
- KING B., WONG K., DHULIPALA R., SOUTHWOOD R. (2021): India AgTech Startups' transition to scale.
- KOLLMANN T. (2019): E-Entrepreneurship: Grundlagen der Unternehmensgründung in der Digitalen Wirtschaft. Springer Fachmedien Wiesbaden.
- KOLLMANN T., KLEINE-STEGEMANN L., THEN-BERGH C., HARR M., HIRSCHFELD A., GILDE J., WALK V. (2021): Deutscher Startup Monitor 2021. Bundesverband Deutsche Startups e.V.
- KRISHNA H. (2018): Entrepreneurial Learning and Indian Tech Startup Survival. An Empirical Investigation. *Asian Journal of Innovation and Policy* 7: 55-78.
- LAINE K., TYNJÄLÄ P., ETELÄPELTO A., HÄMÄLÄINEN R. (2019): Students' self-reported learning outcomes after a business start-up education program. *International Journal of Training Research* 17: 98–115.
- LUGER M.I., KOO J. (2005): Defining and Tracking Business Start-Ups. *Small Business Economics* 24: 17–28.
- MARTELL R.F., EMRICH C.G., ROBISON-COX J. (2012): From bias to exclusion: A multilevel emergent theory of gender segregation in organizations. *Research in Organizational Behavior* 32: 137–162.
- MCCELWEE G. (2006): The enterprising farmer: A review of entrepreneurship in agriculture. *Journal of the Royal Agricultural Society of England* 167.
- METZGER G. (2021): KfW-Gründungsmonitor 2021. KfW-Bankengruppe. Frankfurt am Main.
- MURRAY A. (2019): Supporting academic entrepreneurship: a blueprint for a university based business incubator. *Journal of Higher Education Service Science and Management* 2 (2).
- NORTHCOTE J.; ALONSO A.D. (2011): Factors underlying farm diversification: the case of Western Australia's olive farmers. *Agriculture and Human Values* 28: 237-246.
- OAKLEY R.P. (2003): Technical entrepreneurship in high technology small firms: some observations on the implications for management. *Technovation*. 679–688.

- PETRŮ N., PAVLÁK M., POLÁK J. (2019): Factors impacting startup sustainability in the Czech Republic. *Innovative Marketing* 15 (3): 1–15.
- PINDADO E., SÁNCHEZ M. (2017): Researching the entrepreneurial behaviour of new and existing ventures in European agriculture. *Small Business Economics* 49: 421–444.
- POTHERING J., BURWOOD-TAYLOR L. (2021): AgriFoodTech Investing in Europe in 2021. *AgFunder*
- PROHOROV S., BISTROVA J., TEN D. (2018): Startup Success Factors in the Capital Attraction Stage: Founders' Perspective. *Journal of East-West Business* 25: 1–26.
- RIES E. (2011): *The lean startup: how today's entrepreneurs use continuous innovation to create radically successful businesses*. 1st ed; Crown Business. New York.
- ROBERTS E.B. (1991): *Entrepreneurs in High Technology: Lessons from MIT and Beyond*. Oxford University Press.
- SANTISTEBAN J., MAURICIO D. (2017): Systematic Literature Review of Critical Success Factors of Information Technology Startups. *Academy of Entrepreneurship Journal*.
- SANTISTEBAN J., MAURICIO D., CACHAY O. (2020): Critical success factors for technology-based startups. *International Journal of Entrepreneurship and Small Business*.
- SCHMIDT P., STRAUSS R.P. (1975): The prediction of occupation using multiple logit models. *International Economic Review*.
- SHARMA K., MATHUR H.P. (2018): A step towards digital agronomy by startups. *International Journal of Business Insights & Transformation* 12 (1).
- SKAWIŃSKA E., ZALEWSKI R.I. (2020): Success Factors of Startups in the EU—A Comparative Study. *Sustainability* 12.
- SMOLOVÁ H., KUBOVÁ P., URBANCOVÁ H. (2018): Success Factors for Start-ups Related to Agriculture, Food and Nutrition and Their Relevance to Education. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* 66.
- SONG G., MIN S., LEE S., SEO Y. (2017): The effects of network reliance on opportunity recognition: A moderated mediation model of knowledge acquisition and entrepreneurial orientation. *Technological Forecasting and Social Change* 117: 98–107.
- SZAREK J., PIECUCH J. (2018): The importance of startups for construction of innovative economies. *Przedsiębiorczość Międzynarodowa* 4: 69–78.
- VAN GELDEREN M., THURIK R., BOSMA N. (2005): Success and Risk Factors in the Pre-Startup Phase. *Small Business Economics* 24: 365–380.
- VAN WEELE M.A., VAN RIJNSOEVER F.J., GROEN M., MOORS E.H.M (2019): Gimme shelter? Heterogeneous preferences for tangible and intangible resources when choosing an incubator. *The Journal of Technology Transfer*.
- WOLF P. DE, SCHOORLEMMER H. (2007): Exploring the significance of entrepreneurship in agriculture.
- WOLTER P. (2018): „Die Landwirtschaft braucht Startups zum schnellen Innovationstransfer“. In: <https://deutschestartups.org/presse/news-archiv/die-landwirtschaft-braucht-startups-zum-schnellen-innovationstransfer/>; Abruf:15.03.2022

ANPASSUNGSSTRATEGIEN REGIONALER AKTEURE AN EINEN BESCHLEUNIGTEN STRUKTURWANDEL IN EINER VEREDELUNGSINTENSIVREGION

Verena Beck¹, Josef Efken, Anne Margarian

Zusammenfassung

Der Nordwesten Deutschlands weist die höchste Viehdichte in Deutschland auf. Damit einher gehen Folgeproblematiken für Tier, Mensch und Umwelt. Politische Bestrebungen, die hohen Viehdichten zu reduzieren, werden sich insbesondere auf viehhaltungsintensive Regionen auswirken (BMU, 2016; BMEL, 2019). Dieses Papier befasst sich mit den Anpassungsstrategien der regionalen Akteure der Wertschöpfungskette Viehwirtschaft. Es basiert auf Daten aus Interviews mit Expertinnen und Experten. Die Anpassungsfähigkeit wird aus Perspektive der Theorie der Strategic Action Fields (SAF) betrachtet. Unsere Ergebnisse deuten darauf hin, dass angesichts sinkender Viehbestände feldinterne Veränderungen im alten Produktionssystem stattfinden. Das Verhalten einiger regionaler Akteure des etablierten Netzwerkes begünstigt aber auch strukturelle Beharrungstendenzen. Die Wahrscheinlichkeit einer einschneidenden Feldtransformation hängt von der Stärke der etablierten Akteure sowie der Haltung der relevanten staatlichen Akteure ab.

Keywords

Konzentrationsgebiete, Strukturwandel, Stakeholder Strategien, Anpassungsfähigkeit.

1 Einleitung und Fragestellung

Die Veredelungswirtschaft in Deutschland ist sehr ungleich verteilt und konzentriert sich vor allem im Nordwesten Deutschlands. Neun der zehn Landkreise mit den höchsten Viehdichten je landwirtschaftlich genutzter Fläche liegen in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen (NRW). Diese sind die Landkreise Cloppenburg, Emsland, Grafschaft Bentheim, Osnabrück und Vechta in Niedersachsen und die Kreise Borken, Coesfeld, Steinfurt und Warendorf in NRW. Differenziert nach Vieharten zeigt sich, dass hier vor allem die Schweine- und Geflügelhaltung stark ausgeprägt ist. Das hohe Produktionsniveau trägt nicht nur zum wirtschaftlichen Wohlstand in der Region bei, sondern verursacht auch erhebliche Umweltprobleme. Die regionale Reduzierung der Tierbestände gilt in diesem Zusammenhang als unumgänglich, um Standards zum Schutz von Boden, Luft und Wasser einzuhalten (BMU 2016; BMEL 2019). Tritt ein solcher Rückgang ein, wird es in der Region, zumindest in der Wertschöpfungskette „Fleisch“ und möglicherweise darüber hinaus, zu strukturellen Veränderungen kommen. Die Anpassungsfähigkeit an diese Veränderungen hängt von der Bereitschaft und der Kompetenz der beteiligten regionalen Akteure ab, neue Lösungswege zu entwickeln und umzusetzen. Die Forschungsfrage des Papiers lautet vor diesem Hintergrund: Welche Anpassungsstrategien verfolgen die verschiedenen regionalen Akteure der Wertschöpfungskette Viehwirtschaft angesichts eines beschleunigten Strukturwandels?

Die Analyse erfolgt auf der Grundlage qualitativer Interviews² aus einer akteurszentrierten Perspektive.

¹ Thünen-Institut für Marktanalyse, Bundesallee 63, 38116 Braunschweig, verena.beck@thuenen.de

² Die hier vorgestellte qualitative Analyse ist Teil eines größeren Projekts, das von einem zweiten, quantitativen Ansatz ergänzt wird.

2 Theoretische Einbettung

Den konzeptionellen Hintergrund der Analyse bildet die Theorie der Strategic Action Fields (SAF) nach FLIGSTEIN und MCADAM (2011, 2015). Das Konzept bietet einen allgemeinen analytischen Rahmen für die Frage, wie sozialer Wandel stattfindet. FLIGSTEIN und MCADAM beschreiben ein SAF als eine soziale Ordnung auf Mesoebene, in der etablierte Akteure (*incumbents*) und herausfordernde Akteure (*challengers*) miteinander konkurrieren: „Incumbents are those actors who wield disproportionate influence within a field and whose interests and views tend to be heavily reflected in the dominant organization of the SAF. [...] Challengers, on the other hand, occupy less privileged niches within the field and ordinarily wield little influence over its operation” (FLIGSTEIN und MCADAM, 2015: 6). Welche Akteure Teil eines SAF sind ist definitionsabhängig. Beispiele für SAFs sind Wertschöpfungsketten, soziale Bewegungen oder staatliche Systeme.

Unter Normalbedingungen ist das strategische Handeln der einzelnen Akteure, ihre „strategic action“, ausschlaggebend für die Entwicklung eines SAF (FLIGSTEIN und MCADAM, 2015: 7). „A stable field is one in which the main actors are able to reproduce [sic] themselves over a fairly long period of time” (FLIGSTEIN und MCADAM, 2015: 9). Die verschiedenen Akteure profitieren aber immer in unterschiedlichem Ausmaß von der Stabilisierung eines Feldes. Die etablierten Akteure sind daran interessiert, den von ihnen mitgestalteten Status quo beizubehalten, da ihre vorteilhafte Position von diesem abhängig ist. Sie haben ohne einen einschneidenden externen Schock nur eine geringe Motivation, alternative Handlungsoptionen zu konzipieren. Potentiell herausfordernde Akteure verfügen über weniger Ressourcen und weniger starke Netzwerke/Beziehungen als die etablierten Akteure. Solange sich ihnen keine echte Chance bietet, ihre Position radikal zu verbessern, tragen in der Regel auch sie dazu bei das SAF zu reproduzieren. Sie gehen beispielsweise Allianzen mit etablierten Akteuren und/oder Akteuren aus anderen SAFs ein (z.B. Joint Ventures mit großen Unternehmen) oder suchen sich unternehmerische Nischen. Je größer das Machtungleichgewicht zwischen den etablierten Akteuren und den potentiellen Herausforderern ist und je seltener externe Schocks auftreten, desto leichter fällt es etablierten Akteursgruppen das Feld zu reproduzieren. Neben der Ausnutzung von Macht- und Ressourcengefällen dient ihnen auch der Aufbau „externer“ Beziehungen und Netzwerke dazu, das SAF zu konsolidieren. Dabei handelt es sich z.B. um Beziehungen zu staatlichen Schlüsselakteuren (z.B. durch Lobbying), von denen die etablierten Akteure des SAF besonders abhängig sind.

Die beschriebenen Feldstrukturen fördern zwar die Stabilität eines SAF, können Veränderungen aber nicht grundsätzlich verhindern. FLIGSTEIN und MCADAM gehen davon aus, dass SAFs typischerweise durch exogene Schocks destabilisiert werden, die folgende Ursachen haben können: „(1) invasion by outside groups, (2) changes in fields upon which the strategic action field in question is dependent, and (3) those rare macroevents (e.g., war, depression) that serve to destabilize the broader social/political context in which the field is embedded” (FLIGSTEIN und MCADAM, 2015: 99). In Zeiten von Brüchen und Krisen greifen die etablierten Akteure oft auf ihre Netzwerkbeziehungen zurück, um den Status quo wiederherzustellen bzw. zu ihrem Vorteil zu modifizieren. Herausfordernde Akteure können Veränderungen als Gelegenheit nutzen, eine neue, vorteilhaftere Position zu erlangen, sind aber ebenfalls weiterhin auf funktionierende Feldstrukturen angewiesen. Staatliche Akteure haben zwar allgemein ein Interesse an Stabilität, scheuen sich aber nicht, Loyalitäten zu wechseln, wenn sie das alte System als nicht mehr tragfähig ansehen. Nach Meinung von FLIGSTEIN und MCADAM sind Veränderungen in angrenzenden Feldern, von welchen das betreffende SAF abhängig ist, die häufigste Ursache für Destabilisierungsprozesse. Brüche, die von den Feldakteuren als signifikante Bedrohung für die Gruppeninteressen interpretiert werden, können alle Akteursgruppen dazu antreiben innovative Maßnahmen zu ergreifen, um sich an die neuen externen Feldgegebenheiten anzupassen: „The expectation is that when even a single member

of the field begins to act in innovative ways in violation of field rules, others will respond in kind“ (FLIGSTEIN und MCADAM, 2011: 9). Die Transformation eines Feldes ist somit mit der erfolgreichen Umsetzung von potentiell disruptiven Innovationen verbunden. FLIGSTEIN und MCADAM gehen davon aus, dass wahrscheinlich zum einen die potentiell herausfordernden Akteure als erste innovative Maßnahmen ergreifen, da die Chance besteht ihre Position zu verbessern und zum anderen ganz neue Akteursgruppen entstehen. Die Autoren vermuten außerdem, dass sich auch die etablierten Akteure, trotz ihrer anfänglichen Neigung sich auf den Status quo zu berufen, strategisch auf die Entwicklungen einstellen werden, z.B. durch Nachahmung oder Integration (FLIGSTEIN und MCADAM, 2011: 15). Wenn die Regeln des Feldes unsicher sind, sind die Akteure tendenziell offener für neue Perspektiven und lassen sich auf Suchprozesse ein, um Alternativen zu finden. Dabei kommt es zu Wissens-spillover-Effekten (das heißt Wissens- und Informationsflüsse) aus angrenzenden Feldern und es werden neue Ideen oder Praktiken aus anderen Bereichen einbezogen (FLIGSTEIN und MCADAM, 2011: 10).

In diesem Papier wird die antizipierte Reduzierung der regional konzentrierten Tierbestände, als exogener Schock betrachtet, der strukturelle Veränderungen nach sich ziehen muss. Die Wertschöpfungsketten der Schweine-, Geflügel- und Eierproduktion der Region werden als SAF definiert. Es umfasst regionale Akteure aus dem vorgelagerten Bereich (Tiergesundheit, Tierzucht, Futtermittel und Landtechnik), der Primärproduktion (Nutztierhaltung, Viehhandel) und dem nachgelagerten Bereich (Lebensmittel verarbeitende Industrie). Aus den Perspektiven und Plänen der feldinternen Akteure können Rückschlüsse auf ihre Anpassungsstrategien und die mögliche zukünftige Entwicklung des Feldes gezogen werden.

3 Empirische Methoden und Analyserahmen

Zwischen Oktober und Dezember 2020 wurden 21 Interviews mit Expertinnen und Experten aus Politik und Verwaltung, Wissenschaft und Forschung sowie Wirtschafts- und Handelskammern mit Bezug zu Regionalentwicklung und Viehwirtschaft geführt.³ Nach BOGNER und MENZ (2002) gilt eine Person als Expertin oder Experte, die sowohl über Fakten- als auch über Erfahrungswissen im Forschungsumfeld verfügt, um Auskunft über die Kontextbedingungen der einzelnen Handlungen der Akteure zu geben. Die Interviews dauerten durchschnittlich 82 Minuten.

Die Interviews basieren auf einem strukturellen Leitfaden, der aus den theoretischen Grundlagen abgeleitet wurde. Die Auswertung der Interviews folgt der qualitativen Inhaltsanalyse nach MAYRING (2010). Die Analyse der Daten wird deduktiv vorgenommen. Wichtigstes Hilfsmittel ist dabei der Kodierleitfaden, der für jede Kategorie eine Definition, typische Textpassagen und Kodierregeln enthält.

Das strategische Handeln der regionalen Akteure zeigt sich im Wesentlichen in den langfristigen Unternehmens- bzw. Betriebszielen und hier insbesondere in ihren Investitionsentscheidungen. Wie die Akteure diese verfolgen oder auch anpassen hängt von ihren Einschätzungen zu den bevorstehenden exogenen Veränderungen sowie zu den Entwicklungen im Feld selber ab. Eine wichtige Voraussetzung dafür ist die Fähigkeit diese Entwicklungen innerhalb der Unternehmen nutzbringend umzusetzen. TEECE et al. (1997) bezeichnen diese Fähigkeit als „dynamic capabilities“. Dem folgend wurden in den Interviews mit den Expertinnen und Experten offene Fragen gestellt wie, „Welche Entwicklungstrends oder vorherrschenden Unternehmensstrategien beobachten Sie in der Branche?“, „Welche Trends oder Strategien halten Sie für besonders zukunftssträftig?“ und „Lässt sich ein Wandel in der Unternehmenslandschaft beobachten (z.B. hinsichtlich der Tätigkeiten, der

³ Darüber hinaus wurden im Rahmen des qualitativen Teils des Gesamtprojektes 35 Stakeholder-Interviews geführt. Dieses Papier präsentiert Ergebnisse aus den Interviews mit den Expertinnen und Experten. Die Ergebnisse werden in einem zweiten Schritt an den Aussagen der verschiedenen Stakeholder gespiegelt.

Investitionsschwerpunkte oder der Organisationsstruktur der Unternehmen)?“. Diese offenen Fragen zielen unter anderem darauf ab, herauszufinden, ob und in welchem Ausmaß die Unternehmen und Betriebe Diversifikationsstrategien verfolgen, bzw. ob sie eher damit rechnen, ihr SAF stabilisieren zu können, oder an seiner Transformation mitwirken zu müssen.

4 Ergebnisse

Eine grundsätzliche Erkenntnis aus den Interviews mit den Expertinnen und Experten ist, dass die Akteure der Veredelungswirtschaft in der Region in den letzten Jahren meist ein stabiles Wachstum erlebt haben, das kaum durch exogene Schocks ernsthaft bedroht war. Ein Experte vermutet, dass die Familienbetriebe des Agribusiness im Oldenburger Münsterland unter anderem deshalb so krisenfest seien, da sie über hohe Eigenkapitalquoten verfügten und dieses primär in die Firmen reinvestierten. Die Mehrheit der befragten Expertinnen und Experten vermuten jedoch im Blick auf die Zukunft, dass die Summe der veränderten gesellschaftlichen, strukturellen, politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen wahrscheinlich trotz dieser bisherigen Stabilität zu einer Verringerung der Tierzahlen in der Region führen wird. Die Einschätzungen reichen dabei von 10 bis sogar 50 Prozent. Als Beispiele für herausfordernde Rahmenbedingungen werden Regulierungen wie die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) oder die novellierte Düngeverordnung (DüV) genannt. Generell habe aber das „Denken in Ketten“ (Exp19) zugenommen. Nach Einschätzung von fünf Experten zeigt sich hier die Offenheit der Akteure an Entwicklungen wie z.B. der Initiative Tierwohl (ITW) oder dem Niedersächsischen Weg. Dabei handele es sich um Beispiele für erfolgreiches gemeinsames Agieren von Wirtschaft, Politik und Verwaltung sowie Zivilgesellschaft.

Die Aussagen der Expertinnen und Experten bieten auch Einblick in die Handlungsoptionen, Ziele und Präferenzen der regionalen Wirtschaftsakteure. In der Analyse wurden die entsprechenden Aussagen in grundsätzliche Strategieoptionen zusammengefasst. Die beschriebenen Anpassungsstrategien finden auf Basis interner und externer (Forschung und) Entwicklung⁴ (FuE) statt. Ein Experte weist darauf hin, dass Aussagen hier schwierig seien, weil die Unternehmen sehr auf Verschwiegenheit und auf den Schutz des eigenen Know-hows bedacht sind, um Betriebsgeheimnisse zu wahren. Organisationsübergreifende (Forschungs-)Projekt böten hier leichtere Einblicke (Exp6). Bei den von den Expertinnen und Experten beschriebenen Beispielen handelt es sich vor allem um gemeinsame Projekte zwischen Unternehmen des SAF sowie verschiedenen FuE- und Netzwerk-Einrichtungen. Es fänden aber auch branchenübergreifende Aktivitäten statt. Beispielsweise zwischen Akteuren der Cluster Automotive, Energie und Agrar- und Ernährung in der Metropolregion Nordwest (Exp8). Im Folgenden werden zunächst die identifizierten Strategieoptionen der etablierten Akteure beleuchtet bevor die der herausfordernden Akteure dargestellt werden.

4.1 Kosteneinsparung und Effizienzsteigerung

Nach Aussage der Expertinnen und Experten suchen insbesondere die Unternehmen und Betriebe der Tierhaltung sowie der Schlachtung, Zerlegung und Verarbeitung nach Möglichkeiten zur Kosteneinsparung und Effizienzsteigerung, da sie in einem starken Preiswettbewerb mit geringen Margen stehen. So werde beispielsweise in die Bereiche „Automatisierung“ (Exp7, Exp9, Exp12) / „Robotisierung“ (Exp21) oder in ein verbessertes Energiemanagement investiert. Zur weiteren Effizienzsteigerung sind Forschung und Entwicklung erforderlich. Beschrieben werden feldinterne Entwicklungen wie z.B. technische Verfahren zur Gülleaufbereitung, digitale Lösungen zur Steigerung von Aspekten wie Tiergesundheit, Nachhaltigkeit und Transparenz in der Wertschöpfungskette oder alternative Haltungssysteme. Von fast der Hälfte der befragten Expertinnen und Experten wird die

⁴ Ein Teil der von den Expertinnen und Experten beschriebenen Unternehmen entwickeln neue Produkte und Verfahren ohne eigene Forschungs- und Entwicklungsabteilung.

Optimierung der bestehenden Produktionssysteme als erfolgversprechender Entwicklungspfad beschrieben. Eine Reduzierung der inländischen Tierzahlen sei zwar zu erwarten, angesichts der weltweit steigenden Fleischnachfrage, sei sie aber nicht zwingend notwendig, da die Akteure der Branche in der Lage seien die bestehenden Herausforderungen durch technologische Verbesserungen des bestehenden Produktionssystems zu bewältigen: „Kurzum, hier gibt es Innovationen die nur jetzt tatsächlich auf den Weg gebracht werden müssen, möglich gemacht werden müssen. [...] Und deshalb stellt sich dann auch nicht die Frage hinterher, wie viel Tiere darf ich da halten, sondern [...], wenn ich folgende Dinge erfülle – das Tierwohl optimal gestalte, den Tieren mehr Platz gebe, keine Ammoniakbildung [...] entstehen lasse, das Nährstoffproblem und die Überdüngung der Böden dadurch reduziere oder gar nicht entstehen lasse, wenn ich all das, was die Gesellschaft will, erreiche [...] – nennen Sie mir einen Grund, weshalb ich weniger Tiere halten muss“ (Exp4). Diese Maßnahmen trügen aus Sicht der Expertinnen und Experten nicht nur zur Lösung der ökologischen sowie tierwohlbezogenen Probleme bei, sondern ermöglichten auch eine Beibehaltung der Wettbewerbsfähigkeit. Ein Großteil der befragten Expertinnen und Experten bewertet diese durch den Wettbewerb beschleunigten Innovationsprozesse positiv, da der „Innovationsdruck“ (Exp7) zu einer Transformation der Tierhaltung sowie der damit verbundenen Industriezweige führe. Die Expertinnen und Experten beobachten allerdings, dass vor allem die aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen die Reaktionsfähigkeit der Akteure behindern und plädieren insbesondere im Bereich der Tierhaltung für eine schnelle Lösung der anhaltenden baurechtlichen Konfliktsituation.

4.2 Internationalisierung

Die Mehrheit der Expertinnen und Experten konstatiert, dass insbesondere in den Bereichen Geflügelfleisch- und Eierzeugung, Agrartechnik, Schlachtung, Zerlegung und Verarbeitung die Unternehmen ihre Exportaktivitäten, zumindest vor Corona, ausgeweitet oder internationale Märkte neu für sich erschlossen haben. Der „stagnierende beziehungsweise sinkende Fleischkonsum“ in Deutschland werde auf fast allen Ebenen mit steigenden Exporten kompensiert (Exp5). Die Hauptexporteure von Schweinefleisch sind jedoch von der afrikanischen Schweinepest (ASP) stark betroffen, weil durch sie der wichtige chinesische Exportmarkt für deutsches Schweinefleisch eingebrochen ist. Die Lage werde zudem durch Corona-Infektionen in Großschlachthöfen in Niedersachsen sowie die aus Infektionsschutzgründen reduzierten Schlacht- und Zerlegekapazitäten verschärft, die zu dem sog. „Schweinestau“ (Exp3, Exp6, Exp11, Exp14, Exp18, Exp20) führten, da Halter keine Abnehmer für ihre Tiere finden. Eine Entspannung der Situation war zum Zeitpunkt der Interviews nicht in Sicht. Der Export von Geflügelfleisch gehe in erster Linie an die anderen EU-Mitgliedsländer, in denen Produzenten teilweise auch eigene Produktionsstätten betreiben. Und auch wenn Deutschland seit Jahrzehnten der größte Importeur von Eiern in der EU ist, wird aus Deutschland vor allem Eitrockenpulver exportiert, das im Gegensatz zu Frischeiern über längere Distanzen transportierbar ist. Ein großes Werk im Landkreis Vechta verkauft entsprechende Produkte weltweit. Auch die Agrartechnikindustrie (Landtechnik, Stallausrüstung, Biogasanlagen) weist hohe Exportquoten auf und die Auslandsmärkte sind von besonderer Bedeutung für ihr weiteres Wachstum. Vom im Inland hergestellten Mischfutter hingegen wird nur ein geringer Teil exportiert und dann vor allem ins benachbarte Ausland. Mischfutterhersteller sind vielmehr ihrerseits nach wie vor auf den Import von Eiweißfuttermitteln (z.B. Sojabohnen) aus Übersee angewiesen, da der Bedarf an Eiweißfuttermitteln nicht durch die inländische Erzeugung gedeckt werden kann. Trotz der „Exportambitionen der Großunternehmen“ (Exp15) bestehe bei den Unternehmen eine „Ortsgebundenheit“ (Exp1, Exp5, Exp9, Exp10, Exp18): „Also man hat eine Region stark gemacht oder Stärke aus der Region bekommen, warum soll man sich dann daraus verabschieden. Ich glaube nicht, dass das der Fall sein wird. Aber es wird sicherlich für die

Region bedeuten, dass mittelfristig die Zahlen hier zurückgehen werden, was im Agrarbereich Auswirkungen haben wird“ (Exp5). Abgesehen davon sei die Region wichtig als „Testfeld“ (Exp2, Exp19): „wenn ihr hier meine Bauern wegnehmt, dann [...] kann [ich] ja auch nichts mehr ausprobieren“ (Exp2).

4.3 Produktvariation

Für die mit der Tierhaltung stark verknüpften Bereiche der Stallausrüstung und der Gülle- und Transporttechnik wirft ein Experte die Frage auf, wie „revolutionär“ (Exp18) bei der Entwicklung neuer Produkte gedacht werden kann bzw. darf. Aus nachvollziehbaren Gründen erfolgten hier in der Vergangenheit Investitionen schwerpunktmäßig in die Verbesserung bzw. Erweiterung des bestehenden Produktportfolios (z.B. im Bereich der Automatisierung und Produktivitätssteigerung), das heißt innerhalb des bestehenden Pfades.

In der Schlachtbranche sei neben den Investitionen zur Internationalisierung eine Tendenz zur Erschließung von Marktnischen zu beobachten. Da speziell im Markt für Schweinefleisch in Deutschland kaum Wachstum zu erwarten sei, setzten einige Unternehmen auf verbesserte Qualität und mehr Regionalität. Hier wird von fünf Expertinnen und Experten ein in Niedersachsen ansässiger, mittelständischer Schlachthof als Beispiel herangezogen. Das Unternehmen habe sich eine, sowohl national als auch international erfolgreiche, „Qualitätsnische [...] geschaffen“ (Exp8) indem es sich auf „spezielle Nachfragen“ (Exp4) eingestellt und auf Programme wie die Entwicklung neuer Wertschöpfungsketten mit Fokus auf alternative Haltungssysteme zur Förderung „gute[r] Tierwohlbedingungen“ (Exp8, Exp10, Exp20), die Produktion und Verarbeitung „spezielle[r] Rassen“ (Exp8) wie etwa dem Bentheimer Schwein sowie die Bereitstellung einer stufenübergreifenden Rückverfolgbarkeit sämtlicher Tierdaten spezialisiert habe. In eine ähnliche Richtung gehende Tendenzen ließen sich auch bei anderen mittelständischen sowie den größten in der Fallregion ansässigen Schlachtunternehmen beobachten. So habe auch ein in NRW ansässiges großes Schlachtunternehmen ein Tierschutzprogramm in dem es auf Basis von vertraglichen Vereinbarungen gemeinsam mit ausgewählten Landwirten Schweine aus alternativen Haltungsbedingungen vermarktet – auch wenn dieser Anteil marginal im Vergleich zum Gesamtumsatz sei: „die haben [...] so 250, 300 Strohschweine im Angebot und sie haben eine lange Warteliste, aber mehr können sie nicht vermarkten“ (Exp3).

Wie auch schon im Abschnitt zu den Schlachtunternehmen beschrieben, lässt sich nach Beschreibung der Expertinnen und Experten auch in der fleischverarbeitenden Industrie eine Tendenz zu höherpreisigen Marktnischen erkennen – insbesondere bei mittelständischen Verarbeitungsbetrieben. Ein Beispiel ist ein niedersächsisches Familienunternehmen aus dem eine Premium-Marke hervorgegangen ist, die auf die Verarbeitung von traditionellen Tierrassen wie dem Bentheimer Schwein und Tieren aus alternativen Haltungskonzepten sowie die direkte Zusammenarbeit mit Partnerlandwirten aus dem regionalen Umfeld abzielt. Dabei werde das ganze Tier gekauft, von dem bereits erwähnten niedersächsischen, mittelständischen Schlachthof geschlachtet und „From Nose to Tail“ (Exp4) verwertet. Ein Fokus liege dabei auf der Entwicklung neuer Spezialitäten und Rezepturen. Gestartet sei die Marke als Online-Shop für Wurst- und Fleischwaren. Inzwischen könne das Sortiment auch an zwei Standorten erworben werden. Der Online-Handel biete somit auch bei Fleischprodukten Potenzial.

4.4 Unternehmensdiversifizierung

Die Analyse der Aussagen der Expertinnen und Experten zeigen darüber hinaus, dass die Investitionen der Unternehmen und Betriebe auch mit der Diversifizierung des Leistungsspektrums verbunden sind. Die beschriebenen Diversifizierungsstrategien unterscheiden sich dabei nach dem Ausmaß der Risikobereitschaft. Die Strategien reichen von der Erweiterung der Wertschöpfungskette auf vorgelagerte oder nachgelagerte Prozesse, über

die Herstellung neuer Produkte, die ähnlich zu den bisherigen Produkten sind und so den Kernkompetenzen der Unternehmen und Betriebe entsprechen, bis zur Erschließung neuer Geschäftsfelder, die teilweise keinen Bezug mehr zu den alten haben.

4.4.1 Vertikale Diversifizierung

Eine weitere Strategie besteht darin, dass Unternehmen und Betriebe sich bemühen, neue Wertschöpfungsmöglichkeiten zu erschließen, indem sie ihre Produktionstiefe erweitern. Hier werden seitens der Expertinnen und Experten hauptsächlich Beispiele aus den Bereichen der Tierhaltung sowie der Schlachtung, Zerlegung und Verarbeitung angeführt. Auf der Stufe der Tierhaltung werden in erster Linie Beispiele von schweinehaltenden Betrieben genannt, da hier die vertikale Integration weniger ausgeprägt ist als dies im Geflügelsektor bereits seit längerem der Fall ist. Als klassisches Beispiel wird der Schritt in die Direktvermarktung von Produkten im eigenen Hofladen bzw. über Onlineshops „direct to consumer“ (Exp16) angeführt. Im Falle der Onlinevermarktung wird von zwei Experten darauf aufmerksam gemacht, dass die Landwirte hauptsächlich Anwender von innovativen Softwarelösungen sind, die z.B. unkomplizierte Logistik- oder Direktvermarktungstools anbieten. Die Branche werde für die externen Entwickler dabei immer interessanter. Vor allem in den größten deutschen Schlacht- und Fleischverarbeitungsunternehmen findet nach Aussage der Expertinnen und Experten eine verstärkte vertikale Integration statt. Die vormals getrennten Stufen Zerlegung, Verarbeitung, Wurstproduktion und Verpackung seien inzwischen in die großen Schlachtunternehmen eingegliedert. Das größte deutsche Schlachtunternehmen habe beispielsweise den ebenfalls größten deutschen Wursthersteller aufgekauft und sich dadurch weiter vertikal integriert. So sei es sowohl wichtigster Lieferant als auch Konkurrent für Unternehmen, die ausschließlich in der Wurstproduktion tätig sind. Auch für Landwirte und ihre Vermarktungspartner (Erzeugergemeinschaften, Viehhändler) werden die Ausweichmöglichkeiten so geringer. Für Schlacht- und Verarbeitungsbetriebe gewinne zudem auch die Ausweitung auf den Viehhandel an Bedeutung.

4.4.2 Horizontale Diversifizierung

Für die Erweiterung des Produktprogramms auf Produkte, die ähnlich zu den bisherigen Produkten sind böte den Expertinnen und Experten zufolge besonders der Bereich der alternativen Proteine Wachstumspotenzial in Nischen. Hervorgehoben wird ein in Niedersachsen ansässiger traditioneller Wursthersteller als „Impulsgeber“ (Exp20), der anerkannte, dass das eigene Geschäftsmodell aufgrund der rückläufigen Nachfrage nach Fleisch- und Wurstwaren „eventuell nicht mehr das Sicherste für die nächsten zwanzig Jahre“ (Exp18) sei und sich neben der „Verengung des Sortiments“ (Exp20) sowie einer Neuinszenierung bestehender Produkte im Fleischbereich daher frühzeitig mit Alternativen befasste. Im Jahr 2013 entwickelte der Hersteller vegetarische und vegane Produktlinien und zählt heute zu den Marktführern in diesem Bereich. Dies hänge unter anderem mit dem erfolgreichen Marketing des Unternehmens zusammen, das „eine neue Käuferschicht“ (Exp10) bediene, die vor allem aus jungen, sich flexitarisch ernährenden Menschen bestehe. Zudem konnte es, trotz der rückläufigen Nachfrage nach Fleisch- und Wurstwaren, Personal aufbauen. Das Unternehmen zähle auch im Bereich der Kundenorientierung als Pionierunternehmen. Die Entwicklung hin zu vegetarischen und veganen Produkten erfolgte unter anderem auf Basis eines „Kundenbeirat[es]“ (Exp18) in dem es um Themen wie Markttrends, neue Produkt- und Verpackungsideen bis hin zur Werbestrategie ging. Andere traditionelle Wursthersteller sahen es anfänglich als „Verrat“ (Exp5, Exp18) an, dass ein Fleischverarbeiter auch vegetarische und vegane Produkte herstellt, folgten jedoch dem Beispiel pflanzliche Proteine zu verarbeiten nachdem sich der Erfolg der Ersatzprodukte zeigte. Auch das bereits genannte in NRW ansässige große Schlachtunternehmen habe in seiner vertikalen Integration in die Verarbeitung ein eigenständiges pflanzenbasiertes Marktsegment aufgebaut und produziere vegetarische und

vegane Fleischersatzprodukte. Einige fleischverarbeitende Unternehmen bezeichnen sich inzwischen auch gezielt als „Proteinerzeuger“ (Exp21) und nicht mehr allein als Fleischverarbeiter. So gründete beispielsweise ein in Niedersachsen ansässiger großer deutscher Geflügelzüchter und -verarbeiter 2015 eine vegane Produktmarke, um in das Geschäftsfeld der alternativen Proteine einzutreten. Außerdem investiert das Unternehmen in strategische Beteiligungen. Dabei handelt es sich um die Übernahme von Vertriebsrechten für den europäischen Markt (z.B. für ein US-amerikanisches Unternehmen, das Ei-Ersatzprodukte auf pflanzlicher Basis herstellt), um Venture-Capital-Beteiligungen an Start-up-Unternehmen, die in zukunftssträchtigen Märkten tätig sind (z.B. Start-ups, die in den Bereichen Fleisch aus Zellkulturen, vegane Fischprodukte, Burger auf Insektenbasis sowie pflanzenbasierte Produkte tätig sind) und um die Gründung eines Joint Ventures mit einem weltweit agierenden Fonds, der in Unternehmen auf dem Sektor der pflanzenbasierten Lebensmittel investiert (das neue Unternehmen soll zu dessen Produktions- und Vertriebsarm auf dem europäischen Markt zu werden): „das macht [das Unternehmen] sehr stark und wirklich berauschend toll wie die sich selbst disruptieren“ (Exp21). Ein Experte führt an, dass die Investitionen in den Bereich der alternativen Proteine dem Image des Unternehmens zugutekämen. Drei Expertinnen und Experten merken an, dass das Unternehmen mit seiner Strategie im Bereich der alternativen Proteine in der Region allerdings zur Minderheit gehöre. Die anderen „Großen“ (Exp6) der Geflügelbranche seien diesen Weg bislang nicht gegangen, sondern setzten eher auf Wachstum im Segmentbereich, das heißt Spezialisierung. Die Investitionen des Unternehmens in den Bereich der alternativen Proteine erfolgten zudem hauptsächlich außerhalb der Region, da „vor Ort“ (Exp13) nicht die richtigen Grundvoraussetzungen herrschten: „Die [veganen] Produkte werden nicht hier in der Region erzeugt [...]. Also es ist aus der Region rausgegangen“ (Exp6).

4.4.3 Aufbau neuer Geschäftsfelder

Beispiele für eine Risikostreuung durch den Aufbau ganz neuer Geschäftsfelder, die teilweise keinen Bezug mehr zu den alten haben, werden insbesondere aus den Bereichen der Geflügelfleischerzeugung, Agrartechnik, Futtermittelherstellung und Tierhaltung genannt. So berichten die Expertinnen und Experten, dass der bereits mehrfach erwähnte Geflügelzüchter und -verarbeiter seine Kompetenz nicht nur auf den bereits genannten Geschäftsbereich der alternativen Proteinquellen, sondern auch auf das Geschäftsfeld „Gesundheit“ erweitert hat, in dem es um Human- und Tiergesundheit geht (Exp6, Exp10, Exp11). Allerdings sind auch diese Tochterunternehmen nicht in der Fallregion ansässig.

Ein großer in Niedersachsen ansässiger Stalleinrichter investiert nach Expertenbericht seit einigen Jahren in die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle im Bereich der digitalen Unterstützung moderner Steuerungs- und Managementsysteme (unter anderem mit autonomer Robotik, künstlicher Intelligenz oder cloudbasierten Lösungen). Dem zugrunde liege ein verändertes Rollenverständnis „weg vom reinen Provider für Stallbauelemente [...] hin zu einer Datendrehscheibe“ (Exp8). Zwei Experten führen die Gründung eines „Company Builders“ durch einen in Niedersachsen ansässigen und in seinem Gebiet weltmarktführenden Landmaschinenhersteller als Beispiel für den Aufbau neuer Geschäftsfelder an. Der Landmaschinenhersteller nutzt das strategische Start-up zur Entwicklung und zum Aufbau neuer, digitaler Geschäftsmodelle rund um die Themen künstliche Intelligenz, Service, Agrar und Food. Bezeichnend ist allerdings, dass der Sitz des neuen Unternehmensteils sich in Düsseldorf befindet. Das sei für potentielle Mitarbeiter im Bereich der Digitalisierung ein attraktiverer Standort als die Fallregion.

Von vier Experten wird auf zwei Unternehmen hingewiesen, die sich von ihrem ursprünglichen Bezug zur Landwirtschaft unabhängig gemacht haben: zum einen auf einen in Niedersachsen ansässigen weltweiten Entwickler von Automatisierungskonzepten, dessen Ursprung im Bau von Steuerungsanlagen für Tierernährung liegt. Inzwischen setzt das Unternehmen das Know-how auch in anderen Bereichen ein und erschließt neue Märkte, um sich unabhängiger von der

Agrarbranche zu machen. Zum anderen auf einen in NRW ansässigen Anbieter von Blockheizkraftwerken zur dezentralen Energieversorgung mittels Kraft-Wärme-Kopplung. Das Know-how entstand ursprünglich in einem landwirtschaftlichen Geschäftsfeld. Dieser Bezug wurde „mitgenommen“ (Exp14), aber inzwischen habe sich das Unternehmen vom Montagebetrieb zu einem international agierenden Entwickler und Produzenten von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen entwickelt.

Diversifizierungsstrategien von Unternehmen der international verflochtenen Produktion von Mischfuttermitteln werden seitens der Expertinnen und Experten lediglich punktuell erwähnt. Neben Produkterweiterungsstrategien etwa durch die Entwicklung stickstoff- und phosphorreduzierter Futterrezepturen zur Reduktion der Nährstoffausscheidungen aus der Tierhaltung oder durch die Verwendung von heimischen Eiweißpflanzen oder verarbeitetem tierischem Protein aus Nutzinsekten in Futtermitteln für Schweine und Geflügel, wird ein kontinuierlich wachsender Hersteller für Futtermittel und Wirkstoffe mit Sitz in Niedersachsen hervorgehoben, der sich seit seiner Gründung stetig weiterentwickelt und sein Produktprogramm neben dem Schwerpunkt der Tierernährung auch auf Biogaszusätze sowie die Lebensmittelindustrie erweitert habe.

Als Erweiterungsstrategien des betrieblichen Produktionsprogramms in der Tierhaltung wurden von den Expertinnen und Experten z.B. die Einführung eines neuen landwirtschaftlichen Produktionszweigs oder der Anbau neuer Kulturen genannt. Oft sind das der Einstieg in den Tourismus oder die Investition in die Energiegewinnung. Daneben wird von Landwirten berichtet, die z.B. in die Produktion von Algen, Quinoa und Rollrasen oder Proteinpflanzen wie der rheinischen Ackerbohne, Soja oder Lupinen als zusätzliches Standbein zur Tierhaltung eingestiegen seien. Von zwei Experten werden außerdem noch der Einstieg in die Insektenzucht (z.B. zur Futtermittelherstellung) oder die Aquakultur als Alternativen zur konventionellen Tierhaltung thematisiert. Diese sehen sie jedoch eher als mögliche Zukunftsszenarien. Im Bereich der Aquakultur sei Deutschland noch „ein weißer Fleck auf der Karte“ (Exp11), der zukünftig jedoch vielleicht Entwicklungschancen für ungenutzte Ställe sowie Fortschritte bei technischen Systemen (z.B. Abwärme aus Biogas) bieten könnte. Generell sei nach Einschätzung einiger Expertinnen und Experten insbesondere die „jüngere Generation“ (Exp16) der Landwirte bzw. die „Hofnachfolger“ (Exp16) für Alternativen offen, da sie über einen längerfristigen Planungshorizont verfügten. Das heißt, sie müssten noch keine unmittelbaren Lösungen zu Aspekten wie etwa der Hofnachfolge finden und könnten mit längeren Abschreibungszyklen kalkulieren. Zwei Experten stellen darüber hinaus zur Diskussion, ob Landwirte perspektivisch zu „Landschaftswirten“ (Exp11, Exp13) werden sollten. Damit ist gemeint, dass Landwirte für die gesellschaftliche Dienstleistung der notwendigen Bewirtschaftung und Erhaltung einer intakten, vielfältigen und artenreichen Landschaft bezahlt werden. Vor diesem Hintergrund würde die Tierhaltung langfristig zu einem „Nischenmarkt“ werden (Exp13, Exp18). Zwei Experten machen darauf aufmerksam, dass diese Formen der Diversifizierung jedoch keine Universallösungen darstellen könnten, da zum einen Skepsis seitens der Landwirte gegenüber dieser Alternativen bestehe und zum anderen ein höheres Risiko aufgrund der erhöhten Anforderungen an zusätzliches Know-how. In diesem Kontext weisen drei Expertinnen und Experten auf die Wichtigkeit von Beratungseinrichtungen, wie z.B. die Landwirtschaftskammern, hin. Dieser Austausch über Arbeitskreise und Ausschüsse sei sehr wichtig für den langfristigen Planungshorizont.

4.5 Herausfordernde Akteure (Radikale Neuerungen)

Die potentiell herausfordernden Akteure treten vor allem im Marktsegment der alternativen Proteine auf. Nach Aussage der Expertinnen und Experten ist dieses Marktsegment von hoher Dynamik gekennzeichnet, stellt aber nach wie vor eine Nische dar – unter anderem, da vor allem bei Entwicklungen wie z.B. dem In-vitro-Fleisch Fragen zu Aspekten wie der

Skalierbarkeit, den geeigneten Nährmedien oder möglichen Vorbehalten seitens der Verbraucherinnen und Verbraucher noch nicht gelöst seien.

In der Fallregion haben sich auch Hersteller von Proteinen auf pflanzlicher bzw. auf Insektenbasis etabliert, die teilweise Allianzen mit etablierten Akteuren eingehen oder sich unternehmerische Nischen gesucht haben. Bei ihnen handelt es sich z.B. um einen stark wachsenden Hersteller aus NRW, der in den 80er Jahren mit der Herstellung von Tofu begann, inzwischen aber eine breite Palette an pflanzlichen Produkten produziert. Laut Aussage eines Experten positioniert sich das Unternehmen bewusst nicht als Hersteller von Fleischersatzprodukten, sondern stellt gezielt die Vorzüge pflanzlicher Produkte sowie pflanzlicher Ernährung heraus. Eine in eine ähnliche Richtung gehende Marketingstrategie verfolge ein in Niedersachsen ansässiges Start-up, das Lebensmittel aus Insekten entwickelt und produziert. Das Unternehmen sei darauf bedacht seine Produkte ohne eine sichtbare Konnotation zu Insekten zu bewerben, um die kulturellen, westlichen Vorbehalte gegenüber dem Verzehr von Insekten weitestgehend zu umgehen. Im Vordergrund stehe „das Protein, das Aminosäurespektrum und die [...] gesunden Fette“ und nicht das Insekt, damit kein „Kopfkino“ losgehe (Exp5). Ein in Niedersachsen ansässiger Geflügelzüchter und -verarbeiter hat unter anderem in dieses Start-up investiert, um so sein Know-how auszuweiten. Ein weiteres in Niedersachsen ansässiges Start-up, das sich aus einem Gartenbaubetrieb heraus entwickelt habe und mittlerweile vor allen Dingen Lebensmittel aus Mikroalgen produziert, die in einer eigenen Algenfarm hergestellt werden, stelle vor allem seinen Beitrag zu einer gesunden und nachhaltigen Ernährung und Landwirtschaft in den Vordergrund. Als weitere Beispiele für Herausforderer werden von den Expertinnen und Experten z.B. Unternehmen aus den Bereichen der „cellular agriculture“ bzw. dem „tissue engineering“ (Exp13) genannt – etwa zur Herstellung von „In-vitro-Fleisch“ (Exp15, Exp16) oder der „Protein-Synthese aus Fermentationsprozessen“ (Exp18), um neue „Funktionalitäten von pflanzlichen Proteinen“ (Exp5) zu nutzen. Bei dieser vom Tier entkoppelten, zellbasierten Produktion von Proteinen werde nicht mehr allein in Lebensmitteln gedacht, sondern in Stoffen aus denen Lebensmitteln hergestellt werden. Die neuen Unternehmen werden von den Expertinnen und Experten ähnlich wie im bereits genannten Falle der Onlinervermarktungstools für Landwirte als branchenfremd beschrieben. Bei ihnen handele es sich vornehmlich um feldexterne Akteure aus den Niederlanden, den USA und Israel, die „aus dem universitären Umfeld“ (Exp5) und aus Bereichen wie der Informatik/künstliche Intelligenz, Bio-/Lebensmitteltechnologie und Ingenieurwissenschaften (Exp5, Exp6, Exp13) stammten.

5 Schlussbetrachtung

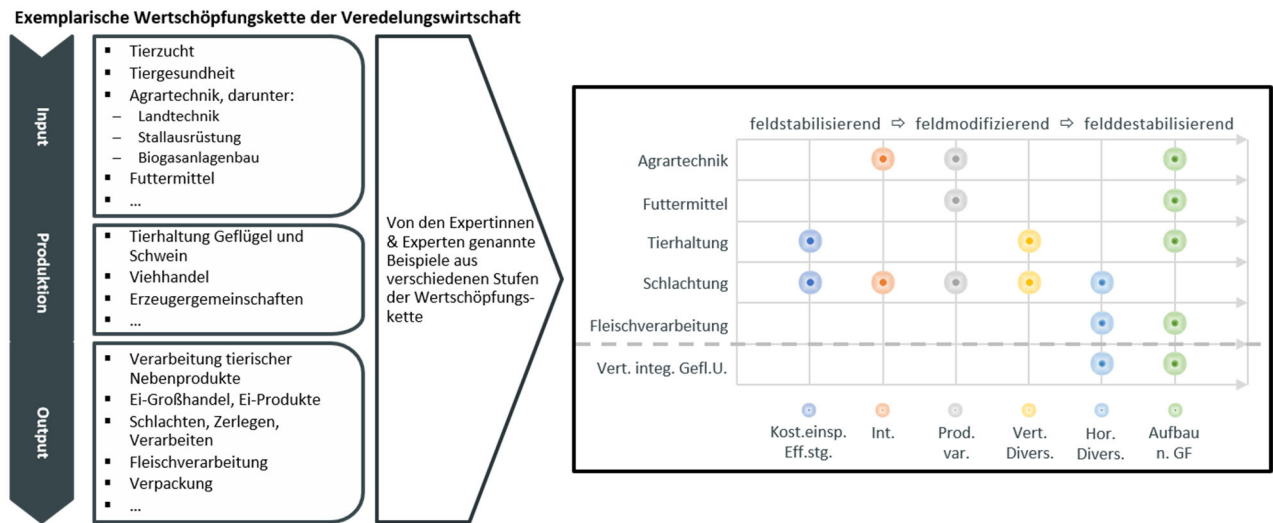
Abschließend werden die Ergebnisse, die sich vor allem auf die Ebene der Unternehmen beziehen, am feldtheoretischen Modell von FLIGSTEIN und MCADAM reflektiert, um daraus mögliche Entwicklungspfade auf der Regionsebene abzulesen.

Nach FLIGSTEIN und MCADAM hängen die Chancen einer feldinternen Transformation letztendlich von der etablierten Akteure sowie dem Ausmaß der staatlichen Unterstützung/Intervention ab. Die auf Grundlage der Einschätzungen von den Expertinnen und Experten identifizierten Investitionsentscheidungen der etablierten Akteure lassen sich schematisch in feldstabilisierende, feldmodifizierende und felddestabilisierende Anpassungsstrategien einordnen (Abbildung 3). Diese idealtypisch dargestellten Strategien sind allerdings nicht als exklusive Optionen zu verstehen. Sie werden parallel von unterschiedlichen Akteuren bzw. teilweise auch von denselben Akteuren realisiert.

Anhand der Abbildung zeigen sich auch die Grenzen der Methode. Die von den Expertinnen und Experten genannten Beispiele decken nicht die gesamte Wertschöpfungskette ab. Außerdem handelt es sich um Einzelbeispiele, was zu Verzerrung führen kann. Zum Beispiel, wenn Strategien nicht erwähnt werden, weil sie als selbstverständlich angesehen werden.

Trotzdem können relevante Schlussfolgerungen aus den gegebenen Informationen gezogen werden.

Abbildung 1. Anpassungsstrategien aus Sicht der befragten Expertinnen und Experten



Quelle: Eigene Darstellung

Zunächst wird deutlich, dass die Stakeholder typische Strategien verfolgen, um sich gegen externe Risiken zu schützen. Diese reichen von der Kosteneinsparung und Effizienzsteigerung, um im bestehenden Markt zu wachsen, über die Expansion in neue Märkte durch Internationalisierung und Produktvariationen, bis zur Diversifizierung in neue Markt- und Produktsegmente, die teilweise nicht mehr mit dem Kerngeschäft der Stakeholder zusammenhängen. Die Strategiebeispiele der vertikal integrierten Geflügelunternehmen sind abgesetzt dargestellt, da in diesen Fällen mehrere Produktionsstufen wie die Futtermittelherstellung, Zucht, Elterntierhaltung, Brüterei, Aufzucht, Transport, Schlachtung, Verarbeitung bis hin zur Vermarktung unter einer Unternehmensführung vereint sind.

Den Aussagen der Expertinnen und Experten folgend zeigt sich, dass insbesondere die landwirtschaftlichen Betriebe sowie die mit der Tierhaltung stärker verknüpften Unternehmen der Stallausrüstung, der Gülle- und Transporttechnik und der Schlachtung, Zerlegung und Verarbeitung bisher überwiegend auf feldstabilisierende Strategien setzen. Bei ihnen handelt es sich um Kosteneinsparung und Effizienzsteigerung, Internationalisierung, pfadimmanente Produktvariationen sowie vertikale Diversifizierung durch die Erweiterung der Produktionstiefe. Anhand dieser Optimierung der bestehenden Produktionssysteme verfolgen sie also eine Konsolidierung des SAF. Nach Einschätzung einiger Expertinnen und Experten können diese Strategien zur Bewältigung der bestehenden Herausforderungen beitragen. Außerdem entstünden vor dem Hintergrund der weltweit steigenden Fleischnachfrage für die regionalen Akteure wirtschaftliche Potenziale durch die Erhöhung des Exports. Diese auf Kosteneffizienz ausgerichtete Strategieoption hängt von hohen Modernisierungsinvestitionen und den entsprechenden Skaleneffekten ab.

Vor allem die fleischverarbeitenden Unternehmen des SAF reagieren vor dem Hintergrund potenziell disruptiver Innovationen wie der zellbasierten Produktion von Nahrungsmitteln und werden zur feldmodifizierenden horizontalen Diversifizierung in der Form von der Herstellung von alternativen Proteinen motiviert. Innerhalb des SAF äußert sich das in erster Linie in der zusätzlichen Herstellung von vegetarischen und veganen Produktlinien. Einerseits hängt diese „Experimentierfreude“ (Exp7) der Unternehmen mit ihrer schwächeren Bindung an die Viehproduktion und somit größeren Unabhängigkeit von dieser zusammen. Andererseits sind die Produkte sehr ähnlich zu den bisherigen Produkten und entsprechen so den

Kernkompetenzen der Unternehmen. Das erklärt auch warum die darüberhinausgehenden zellbasierten Innovationen hauptsächlich von feldexternen Challengern entwickelt werden. Nach Ansicht der Expertinnen und Experten begünstigt das Agieren einiger etablierter Akteure, die diese Neuerungen teilweise als nicht relevant einschätzen, strukturelle Beharrungstendenzen. Als eine Ausnahme wird ein Geflügelzüchter und -verarbeiter genannt, der aktiv über strategische Beteiligungen in zellbasierte Produktionsbereiche investiert. Eine feldmodifizierende Transformation würde eine Veränderung der Wertschöpfungskette nach sich ziehen, da die Produktion von alternativen Proteinen, und hier insbesondere die Produktion von zellbasierten Proteinen, andere Produktionsbedingungen als die traditionelle Tierhaltung erfordert.

Die felddestabilisierende Risikostreuung durch den Aufbau neuer Geschäftsfelder, die teilweise keinen Bezug mehr zu den alten haben, findet insbesondere bei Akteuren aus den Bereichen der Geflügelfleischerzeugung, Agrartechnik, Futtermittelherstellung und Tierhaltung statt. Ebenso wie bei den feldmodifizierenden Strategieoptionen weisen die Expertinnen und Experten auf eine Tendenz zur überregionalen Aktivität hin. Aber auch unabhängig vom Standort der neuen Geschäftsfelder können diese Strategieentscheidungen mittel- und langfristige zu einer Destabilisierung des SAF führen, weil Kapital aus dem SAF abgezogen wird, dessen Stabilität ohne Transformation auf Optimierung und weiteres Wachstum angewiesen ist.

Nach FLIGSTEIN und MCADAM mobilisieren die etablierten Akteure ihre Kräfte, um sich gegen äußeren Druck abzusichern. Brüche, die von ihnen als signifikante Bedrohung interpretiert werden, motivieren sie jedoch dazu innovative Maßnahmen zu ergreifen, um sich an die neuen externen Feldgegebenheiten anzupassen. Bei Betrachtung der Strategien zeigt sich, dass vor allem die landwirtschaftlichen Erzeuger von den feldestabilisierenden Strategien abhängig sind, wenn sie nicht ganz aus der Landwirtschaft ausscheiden wollen. Denn die von den Expertinnen und Experten genannten Diversifizierungsoptionen wie der Anbau neuer Kulturen, die Einführung eines neuen landwirtschaftlichen Produktionszweiges oder Landwirte als „Landschaftswirte“ (Exp11, Exp13) stellen Nischenlösungen dar. Neben den verschiedenen Strategien schildern die Expertinnen und Experten auch geänderte Interaktionsarten und neue Allianzen wie die ITW oder der Niedersächsische Weg. Dieses gemeinsame Agieren von Wirtschaft, Politik und Verwaltung sowie Zivilgesellschaft lässt auf den Hinweis von FLIGSTEIN und MCADAM schließen, dass die Erfolgchancen einer feldinternen Transformation nicht nur von der Stärke der etablierten Akteure abhängt, sondern auch von der Unterstützung der staatlichen Akteure. Wie in der Einleitung deutlich wurde, stellt die Reduzierung hoher Viehdichten aufgrund der mit ihnen einhergehenden Folgeproblematiken für Tier, Mensch und Umwelt eine wichtige politische Frage dar. Gleichzeitig haben politische Entscheidungsträger ein Interesse daran, Kapital und Arbeit in der Region zu halten. Das Beispiel des traditionellen Wurstherstellers, der inzwischen auch vegetarische und vegane Produktlinien herstellt und trotz der rückläufigen Nachfrage nach Fleisch- und Wurstwaren Personal aufbauen konnte, zeigt, dass es trotz feldinterner Veränderung möglich ist Wertschöpfung und Beschäftigung vor Ort zu halten. Allerdings verweisen die Expertinnen und Experten auch auf gegenläufige Strategien, die außerhalb der Region umgesetzt werden, wie beispielsweise die vegane Produktlinie des Geflügelzüchters und -verarbeiters. Politische Entscheidungsträger sollten daher versuchen die Standorttreue und Wettbewerbsfähigkeit der sich anpassenden etablierten Akteure sowie der existierenden Challenger zu unterstützen, um Investitionen in der Region zu halten.

Literatur

- BMEL (Hrsg.) (2019): Nutztierstrategie. Zukunftsfähige Tierhaltung in Deutschland. Berlin.
- BMU (Hrsg.) (2016): Klimaschutzplan 2050. Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. Berlin.

- BOGNER, A. UND W. MENZ (2002): Expertenwissen und Forschungspraxis. Die modernisierungstheoretische und die methodische Debatte um die Experten. In: Bogner, A., B. Littig und W. Menz (Hrsg.): Das Experteninterview. Theorie, Methode, Anwendung. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden: 7–29.
- FLIGSTEIN, N. UND D. MCADAM (2011): Toward a General Theory of Strategic Action Fields. In: *Sociological Theory* 29 (1): 1–26.
- FLIGSTEIN, N. UND D. MCADAM (2015): *A theory of fields*. Oxford Univ. Press, Oxford.
- MAYRING, P. (2010): *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. Beltz Verlagsgruppe, Weinheim Basel.
- TEECE, D. J., G. PISANO UND A. SHUEN (1997): Dynamic Capabilities and Strategic Management. In: *Strategic Management Journal* 18 (7): 509–533.

TECHNOLOGY AND INNOVATION IN AGRICULTURE

COMPARING TECHNICAL-ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF ECOLOGICAL DAIRY FARMING SYSTEMS FARMS IN AUSTRIA

Andreas Niedermayr⁵⁶, Lena Schaller, Jochen Kantelhardt

Abstract

In light of increasing environmental ambitions of the European Union and an associated ecological transition of its farming sector, it is crucial to assess, how such a transition affects in turn the economic viability of farms. In this context, the aim of the present study is thus to investigate and compare farm performance of a range of ecological farming systems, going beyond a comparison of only conventional and organic farms with broadly available European FADN data. Our study focusses on a FADN sample of specialized dairy farms in Austria ($n = 1583$) pooled over the years 2014 and 2015. Austrian agriculture and in particular its dairy sector is an ideal case for such an analysis, as it has already undergone a very dynamic ecological transition in the 1990s and ecological farms have since then further developed and diversified. We identify four different farming systems in our sample (conventional farming, integrated/circular farming, organic farming and a combination of integrated/circular and organic farming), using a novel classification system, the LIFT farm typology. We further control for sample selection and production technology related bias in our comparison of farm performance between these groups. In terms of performance indicators, we use simpler indicators, such as partial productivity and profitability indicators or several environmental pressure indicators and additionally also estimate efficiency of farms with three different Data Envelopment Analysis (DEA) models. Our results indicate that adoption of the identified farming systems is strongly related to site conditions, which cannot be influenced by policies. Consequently, the economic viability of ecological farming systems depends also on public payments, compensating farms for natural disadvantages and the provision of public goods. However, in Austria these latter non-market outputs of ecological farming systems are also an asset, reflected in higher market prices for dairy products from farming systems with established brands and generally high consumer demand for more ecological products. Establishing markets for ecological products can thus reduce the dependency on public support and can be a further economic incentive for conventional farms to switch to a more ecological farming system.

Keywords

farm performance, ecological farming systems, matching, DEA, meta-frontier.

1 Introduction

In the context of the Green Deal and the accompanying strategies like the Biodiversity strategy and the Farm to Fork Strategy, the European Union (EU) is gearing up its efforts to achieve an ecological transition of its farming sector. These ambitious goals have – at least to some extent (PE'ER et al., 2020) – translated into the current reform of its Common Agricultural Policy (CAP). In this context it is crucial to assess, how such a transition, entailing the adoption of a variety of ecological farming practices by farms with associated potential environmental benefits, affects in turn the economic viability of and production of food, feed and fibre by farms within the EU.

⁵⁶ Universität für Bodenkultur Wien, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien, a.niedermayr@boku.ac.at

While a greater number of studies has investigated differences in economic and/or environmental performance between more well-established ecological classifications such as conventional and organic farming systems (see e.g. LAKNER and BREUSTEDT, 2017 for a recent overview) or other farming systems such as grazing and zero-grazing-based cattle farming systems (e.g. MEUL et al., 2012), a broader comparison of a variety of ecological farming systems is less common (FAO, 2019), in particular within a classification framework that is applicable on a European scale with readily available data (REGA et al., 2018).

The aim of the present study is thus to investigate and compare farm performance of a range of ecological farming systems, going beyond a comparison of only conventional and organic farms with broadly available European FADN data. Our study focusses on a FADN sample of specialized dairy farms in Austria ($n = 1583$) pooled over the years 2014 and 2015. Austrian agriculture and in particular its dairy sector is an ideal case for such an analysis, as it has already undergone a very dynamic ecological transition in the 1990s (VOGL and HESS, 1999) and ecological farms have since then further developed and diversified (FEDERAL MINISTRY of AGRICULTURE, REGIONS and TOURISM, 2020a). This allows to identify a broader range of ecological farming systems also within FADN data, where such ecological farms are otherwise often underrepresented (LAKNER and BREUSTEDT, 2017).

Methodologically we identify four different ecological dairy farming systems with the recently developed LIFT farm typology (REGA et al., 2019; THOMPSON et al., 2021). Secondly, we compare technical-economic and environmental farm performance of the identified systems. For this we use on the one hand simpler performance indicators, ranging from the calculation of partial productivity and profitability indicators as well as several environmental pressure indicators, to the estimation of farm efficiency with Data Envelopment Analysis (DEA). A crucial aspect in such comparisons, is the presence of certain biases, such as sample selection bias (BOGETOFT and KROMANN, 2018) or limitations of production possibilities of more extensive production technologies (KUMBHAKAR et al., 2009; BARÁTH et al., 2018). In order to alleviate such biases, we employ a matching procedure to control for selection bias and DEA based meta frontier of production possibilities to identify performance gaps between the farming systems. Both approaches have been used in the literature to compare performance of conventional and organic dairy farms before (MAYEN et al., 2010; ARAVINDAKSHAN et al., 2018).

Our results show potential synergies and trade-offs in terms of economic and environmental performance of the four identified farming systems (conventional farming, integrated/circular farming, organic farming and a combination of integrated/circular farming and organic farming) and of converting to a more ecological farming system.

The remainder of this article is structured as follows: in the next section we describe the case study region, before presenting our methodological approach as well as our empirical data. We then continue with the presentation of our results, before we provide concluding remarks.

2 Background of ecological farming in the Austrian dairy sector

With exception of the Danube valley and the north-eastern and south-eastern plains, Austria is dominated by mountains, making up roughly 64% of the total area. These areas are dominated by forests and permanent grasslands and farms have consequently specialized on grazing livestock husbandry. Dairy farms and more extensive grazing livestock farms, are the most common farm types in these regions. In total, specialist grazing livestock farms make up around 45% of all farms in Austria, of which roughly half (24%) deliver milk to dairies (FEDERAL MINISTRY of AGRICULTURE, REGIONS and TOURISM, 2020b). Dairy farms in Austria are mostly family farms with an average of around 22 dairy cows, a total number of livestock units of about 36 and roughly 33 ha of utilized agricultural area (UAA), which is mostly permanent grassland. Dual use breeds are dominating and the average milk yield is around 7,800 kg per

dairy cow. These farms also often generate additional revenue from forestry and other gainful activities including for example the provision of (machinery) services or agro-tourism, additionally to dairy farming (LBG, 2020).

In terms of ecological transition of the farming sector, many dairy farms in Austria have already converted to organic farming as a more extensive form of agricultural production. Austria has the highest share of organic farms in the EU (18.3% in 2017) and the share of organic farms with milk delivery is even higher (25.5% in 2017) (FEDERAL MINISTRY of AGRICULTURE, REGIONS and TOURISM, 2020b). The organic farming sector in Austria experienced a very dynamic development in the 1990s, shortly before and after Austria joined the EU in 1995 with a growth from around 2,000 organic farms in 1992 to around 20,000 organic farms in 1998. This transition to organic farming was supported by government subsidies and a successful development of organic products and brands as well as their broad acceptance by large food chains and supermarkets (VOGL and HESS, 1999). After this period of huge growth, the number of organic farms developed less dynamically and reached around 24,000 farms in 2019. This is still considerable, if one takes into account structural change, characterised by a steady decline of the total number of farms from about 160,000 in 2000 to around 120,000 in 2019 (FEDERAL MINISTRY of AGRICULTURE, REGIONS and TOURISM, 2020b).

3 Method

Our methodological approach in this study consists of three steps: (i) identification of different ecological farming systems, (ii) calculation of performance indicators (iii) comparison of performance indicators between groups.

We identify different ecological farming systems, using the protocol for the LIFT farm typology (REGA et al., 2019; REGA et al., 2021) and a computer program to implement the protocol (THOMPSON et al., 2021). The LIFT farm typology allows to categorise farms into homogenous groups according to several ecological criteria. Specifically, the protocol allows to identify the following farming systems: (i) low input farms are characterized by a low level of use of environmentally detrimental inputs, (ii) integrated/circular farms are characterized by a high degree of circularity in their input use (e.g. own feed) and (iii) organic farms are either partially or fully certified as organic farms according to FADN data. While the classification of organic farms is straight forward, the classification of low input and integrated/circular systems requires the calculation of several indicators and total scores for each farming systems are then calculated based on a weighted average of the individual indicator scores. The methodology is designed in a way so that farms can belong to more than one farming system at the same time (e.g. low input, integrated/circular and organic). In contrast, conventional farms are those farms, which do not belong to any of the other farming systems.

A wide range of farm performance indicators are calculated in this analysis. In terms of technical-economic performance we investigate indicators related to profitability, partial productivity and efficiency, as well as two additional indicators, measuring the market orientation and financial stability of farms, respectively. With respect to environmental performance indicators, FADN data only provides limited information. We mainly use intensities of input use related to negative environmental externalities on the one hand and environmental subsidies as a proxy for the amount of public goods produced by farms. While this latter approach is far from accurate and does not consider any potential windfall effects of environmental payments, it is nevertheless a useful approximation for measuring the provision of public goods by farms.

Profitability indicators are calculated as revenue cost ratio (RCR). The advantage of using ratios is that they are easy to interpret and compare. A ratio greater than one means that a farm is profitable, while a ratio smaller than one indicates the opposite. Similar indicators have been also used in the literature (DAVIDOVA et al., 2002; BOJNEC and LATRUFFE, 2013). In terms of

costs, we calculate RCRs once with main costs from financial accounting and once additionally considering opportunity costs of the three production factors land, labour and capital in order to be able to compare farms depending on structural differences in terms of ownership of the production factors (e.g. a farm, operating mainly on rented land vs. a farm operating mainly on own land). For the calculation of opportunity costs of land, we use farm-specific rental prices. In order to evaluate labour, we use a uniform wage of 15 EUR/hour, which is derived from average costs for outsourcing work to a machinery ring. For capital we use a uniform interest rate of 1%. Additionally, we calculate these RCRs with and without considering public payments to farms, resulting in a total of 4 RCRs.

Partial productivities are calculated as average products by dividing the total output of the farm by the individual inputs. Market orientation measures the share of subsidies of total output plus subsidies and is a measure of dependence from public payments. Finally, the equity ratio is calculated by dividing total liabilities through total assets and is an indicator for financial stability.

While partial productivity measures provide valuable insights into the use of individual inputs in the production process, they give, as the name suggests, only a partial picture. In order to assess overall productivity of farms, we therefore also calculate efficiency indicators, which consider all inputs and outputs jointly and additionally express productivity of farms as a relative measure, in comparison to benchmark farms. The two most common approaches to estimate efficiency are stochastic frontier analysis (SFA) and data envelopment analysis (DEA) (COELLI et al., 2005; BOGETOFT and OTTO, 2011). In this analysis we rely on DEA to estimate efficiency indicators. DEA is a non-parametric method and has been used for a long time to analyse technical-economic farm performance of dairy farms (FRASER and CORDINA, 1999; KIRNER et al., 2007). We consider an output-oriented DEA model, which is quite common in agriculture, as farmers have more control over their input use, meaning they try to maximise their output, based on their chosen input level (KARAGIANNIS, 2014). Also, we use the double bootstrap procedure of SIMAR and WILSON (2007), which considers the truncated nature of DEA efficiencies and has been used regularly in agricultural applications (e.g. LATRUFFE et al., 2008). Calculations are done in R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2021) and the package {rDEA} (SIMM and BESSTREMYANNAYA, 2020). In order to ease interpretation, we calculated the inverse of output-oriented efficiencies, resulting in efficiency scores between 0 and 1, where 1 indicates a fully efficient farm

The size of our FADN sample allows us to use some further methods, aimed at addressing certain biases, when comparing farm performance of the different farming systems. Firstly, in order to address a possible sample selection bias, we use a matching procedure. A possible problem in this context is that farms, with for example different site conditions or other structural differences are more likely to have adopted certain farming systems than others. Matching allows to control for such structural differences between groups and thus to reduce or eliminate sample selection bias in such a comparison. The basic idea is to match farms based on observed factors in order to create a valid counterfactual and then compare performance of matched farms (HO et al., 2007). Matching is used widely in the empirical literature to compare economic and environmental performance of different farm groups or the response of farms to subsidies (MAYEN et al., 2010; BARÁTH et al., 2018). In this analysis, we use direct covariate matching (DCM), which is a non-parametric, straight-forward and flexible matching approach and has been applied in similar contexts (KIRCHWEGER et al., 2016). In DCM, matching is performed upon several covariates at the same time. As matching algorithm, we use nearest neighbour matching with replacement and set callipers for each variable, allowing us to control the sensitivity of the matching procedure. A statistical comparison of matching covariates before and after matching is then carried out in order to test, whether structural differences between the groups have been successfully eliminated. After matching, inference in terms of

comparison of farm performance between groups is made by computing average treatment effects. Specifically, we calculate the average treatment effect on the treated (ATT).

Another possibly restrictive assumption is that farms in different farming systems all operate under the same production technology. If this is not the case, part of the estimated inefficiency might be related to performance gaps, related to technological constraints or regulations associated with individual farming systems and not actual inefficiency. We therefore further use the metafrontier framework of O'DONNELL et al. (2008), which has also been widely applied (e.g. ARAVINDAKSHAN et al., 2018). Firstly, we estimate efficiency of farms based on separate frontiers for each farming system. Then, we estimate efficiencies for all farms, assuming one common technology, resulting in a metafrontier of production possibilities. Comparing farming system specific efficiencies with efficiencies based on the metafrontier, allows to split up efficiency into a part which is related to differences in technology, the so-called metatechnology ratio (MTR), and a second part which is due to actual inefficiency. MTRs also show which farming system has the most productive technology.

4 Data

Our FADN dataset consists of an unbalanced panel of specialized dairy farms (TF14 = 45). Upon inspecting the data, we removed some observations with very unusual input-output combinations. Our panel dataset then contains 1,583 observations and 853 farms over both years as well as 796 in 2014 and 787 farms in 2015.

We use the five inputs land, labour, capital, intermediate expenses and herd size in all three estimated DEA models, with similar input specifications being quite common for dairy farms (KELLERMANN and SALHOFER, 2014). Land is expressed in ha UAA. Labour is given in annual working units (AWU), where a value of one denotes full-time equivalent employment of one person and includes unpaid family labour as well as hired labour. Intermediate expenses are expressed in Euros and include regular expenses for e.g. feed, energy, plant protection or machinery services, among others. Herd size is measured in livestock Units (LSU), which makes it possible to aggregate different types of animals into one measure. Lastly, our capital input is based on the end of year values of the assets of farms minus the value of agricultural land and livestock, as these two are already included as separate inputs.

The output specification differs between the three models. In the first model we use the aggregated market revenues of farms as output, measured in Euro, excluding subsidies (output 1). In order to better reflect the technical aspect of the production process and investigate efficiency without the consideration of different milk prices between farming systems, in the second model we provide another output definition consisting of 2 separate outputs, namely milk quantity, measured in kg and other output, comprising all other market revenues, measured in Euro (output 2).

Finally, in the third model output consists of the aggregated revenues of farms, but this time including agri-environmental payments and payments for organic farming. In the empirical literature, analysing the productivity and efficiency of farms, subsidies are usually not considered as part of the output, as they are not a physical output generated through the production technology (MINVIEL and LATRUFFE, 2017). This is in particular the case for direct payments from pillar one and LFA payments. However, recent research suggests that farms may be rationally inefficient (HANSSON et al., 2018), meaning that they derive non-use values from e.g. the provision of public goods like enhanced animal welfare or farmland biodiversity. In this context, we follow RENNER et al. (2021), arguing that ecological payments, based on voluntary agri-environmental measures reflect the monetary compensation for the provision of non-marketable goods by farmers like for example animal welfare or farmland biodiversity and are accompanied by adjustments of input levels of farmers. However, we do not include direct payments and payments for less favoured areas (LFA) in the output, as for these payments a

potential link with an adjustment of input levels is less clear. Based on this approach, a comparison of efficiency measures derived from model 1 with those calculated based on model 3, allows us to assess, whether payments for the provision of public goods are high enough to offset potential efficiency losses attributable to the participation in agri-environmental measures and the associated regulations.

5 Results

5.1 Descriptive statistics

Table 1 provides an overview of the variables used for the DEA and additional variables, describing our sample. Arithmetic means as well as coefficients of variation (CV were calculated for the whole sample and the 4 farming systems.

Looking at the in- and outputs it becomes evident, that conventional farms are on average the largest, while integrated/circular farms are by far the smallest. For organic and integrated/circular organic farms there is a similar trend. While both groups are smaller in terms of inputs and outputs compared to conventional farms, they are still bigger than integrated/circular farms and integrated/circular organic farms are not that much smaller compared to organic farms. These differences in size also manifest in the degree of specialisation of the farms, reflected in the share of dairy output from total output. Regarding milk yield, organic and both integrated/circular farming groups have a more extensive dairy husbandry system. With milk prices it is the other way around. A similar trend can be seen for subsidies.

Table 1. Descriptive statistics of DEA variables and selected additional variables

Variable	Whole sample (n = 1,583)	Conventional (n = 871)	Int./circular (n=274)	Organic (n=258)	Int./circular- Organic (n=180)
<i>Output(s) and inputs of DEA models</i>					
Total output excl. AE subsidies (TEUR)	100.04 (0.63)	118.10 (0.56)	57.72 (0.61)	99.50 (0.57)	77.80 (0.53)
Milk (t)	162.12 (0.75)	206.06 (0.65)	83.41 (0.58)	142.27 (0.65)	97.81 (0.58)
Other output (TEUR)	42.55 (0.68)	47.99 (0.62)	30.36 (0.83)	40.63 (0.68)	37.56 (0.65)
Total output incl. AE subsidies (TEUR)	106.39 (0.61)	122.98 (0.55)	62.19 (0.60)	109.85 (0.55)	88.44 (0.52)
Land (ha UAA)	31.02 (0.70)	31.94 (0.58)	24.99 (0.82)	30.37 (0.80)	36.68 (0.84)
Labour (AWU)	1.95 (0.33)	2.04 (0.31)	1.71 (0.35)	1.93 (0.34)	1.95 (0.34)
Capital (TEUR)	536.44 (0.54)	574.06 (0.52)	413.52 (0.65)	559.86 (0.50)	507.94 (0.51)
Intermediate expenses (TEUR)	55.50(0.62)	67.10 (0.55)	31.31 (0.49)	54.71 (0.52)	37.28 (0.46)
Herd size (LU)	39.05 (0.59)	45.96 (0.54)	25.99 (0.47)	36.03 (0.54)	29.83 (0.54)
<i>Additional variables</i>					
Share of dairy output from total output	0.56 (0.27)	0.58 (0.24)	0.49 (0.29)	0.58 (0.26)	0.52 (0.31)
Milk yield (t/cow)	6.55 (0.23)	7.25 (0.19)	5.51 (0.21)	6.09 (0.21)	5.36 (0.17)
Milk price (EUR/kg)	0.36 (0.17)	0.34 (0.12)	0.33 (0.09)	0.41 (0.12)	0.40 (0.22)
Total operational subsidies (TEUR)	21.43 (0.55)	21.30 (0.54)	15.63 (0.53)	25.55 (0.49)	24.95 (0.52)
Decoupled subsidies (EUR/LSU)	226.10 (0.33)	225.99 (0.31)	240.42 (0.36)	202.08 (0.26)	239.25 (0.42)
LFA subsidies (EUR/LSU)	152.96 (0.91)	117.90 (0.91)	170.30 (0.75)	202.21 (0.86)	225.65 (0.78)
RD subs. excl. LFA and inv. (EUR/LSU)	191.30 (0.75)	120.80 (0.77)	186.36 (0.63)	305.61 (0.40)	376.10 (0.37)
Share of dairy cows from total LSU	0.60 (0.17)	0.60 (0.17)	0.57 (0.19)	0.62 (0.16)	0.61 (0.18)
Share of rented land from total land	0.30 (0.83)	0.34 (0.74)	0.22 (0.91)	0.28 (0.86)	0.25 (1.00)
Debt ratio	0.12 (1.83)	0.15 (1.67)	0.07 (2.00)	0.13 (1.46)	0.09 (2.22)
Share of permanent grassland	0.89 (0.17)	0.87 (0.18)	0.86 (0.17)	0.96 (0.08)	0.91 (0.15)
Share of farms above 600 m	0.57	0.49	0.56	0.76	0.66

Source: own calculations. Note: Values denote means, values in parenthesis denote coefficients of variation (CV)

5.2 Technical-economic and environmental performance

As a simple comparison of means might be biased, we focus directly on ATTs of performance indicators after matching. For matching, structural differences between the groups were considered in terms of farm size (measured by standard output), site conditions (proxied by LFA payments per LSU and the share of permanent grassland) and a dummy for the year 2014 (matched farms had to be from the same year). Results are depicted in Table 3. In the upper part of the table, means of the matching variables before and after matching are shown. After matching, none of the variables are statistically different anymore. However, this comes at a cost, as at the same time the number of matched farms decreased significantly. One may say this reduction in sample size is problematic as it introduces attrition bias to our matched sample, but at the same time this allows us to compare farms of the different farming systems of similar size and facing similar site conditions. ATTs were calculated by comparing each of the groups pairwise to one another, whereby the less ecological farming system was always defined as the control group and the more ecological farming system the treated group. This results in a total of 6 comparisons, namely (a) conventional → integrated/circular, (b) conventional → organic, (c) conventional → integrated/circular organic, (d) integrated/circular → organic, (e) integrated/circular → integrated/circular organic and (f) organic → integrated/circular organic. These comparisons allow to identify performance gaps between the different farming systems for the respective performance indicators.

Comparing conventional and integrated/circular farms shows that the latter systems performs largely worse in terms of technical-economic performance and better in terms of environmental performance, indicated by the respective ATTs.

Analysing the differences between conventional and organic farms, shows that organic farms are able to compete with the matched sample of conventional farms in terms of profitability. In particular the three FADN farm income indicators have a positive ATT, indicating that their income per AWU is between around 3,000 and 5,000 EUR higher, compared to conventional farms. However, for the profitability indicator, where public payments are not considered and opportunity costs of production factors are included, there is no difference. This indicates that this advantage in terms of profitability is mostly due to public payments, as at the same time partial productivities tend to be lower, except for productivity in relation to intermediary expenses. Finally, efficiency estimates from model 2 are significantly lower for organic farms. In terms of environmental performance organic farms perform again better than conventional farms. In terms of efficiency, when subsidies, associated with the provision of public goods by agriculture are considered, organic farms have a positive ATT.

When comparing conventional farms with integrated/circular organic farms, the trend is overall very similar to the previous comparison of conventional and organic farms. However, there are also some interesting details to note. Firstly, the higher subsidies this farming system receives on average, contribute to a further increase in the ATTs of profitability indicators, where subsidies are included. On the other hand, partial productivities of land, labour and capital decrease further, while partial productivity in relation to intermediate consumption has an even higher ATT. Coming to environmental performance, ATTs indicate that integrated/circular organic farms perform far better than conventional farms according to the investigated indicators.

Table 2. Comparison of matching variables and ATT of performance indicators between groups

	Means Conv In t	Sig.	Means Conv Or g	Sig.	Means Conv Int_Org t	Sig.	Means Int→Org t	Sig.	Means Int Int_Org g	Sig.	Means Org int_Org g	Sig.
Standard output (TEUR) before matching	88.6 50.6	***	88.6 70.4	***	88.6 60.4	***	50.6 70.4	***	50.6 60.4	***	70.4 60.4	**
Standard output (TEUR) after matching	49.6 49.8	.	55.7 55.8	.	49.8 50.2	.	44.2 44.1	.	40.5 40.5	.	44.3 44.6	.
LFA subsidies (TEUR) before matching	4.1 3.8	**	4.15 5.6	***	4.1 5.6	***	3.8 5.6	***	3.8 5.6	***	5.6 5.6	.
LFA subsidies (TEUR) after matching	4.2 4.2	.	4.92 4.9	.	4.8 4.8	.	5.0 5.0	.	4.9 5.0	.	5.2 5.2	.
Share of perm. grassland before matching	0.87 0.86	*	0.87 0.96	***	0.87 0.91	***	0.86 0.96	***	0.86 0.91	***	0.96 0.91	***
Share of perm. grassland after matching	0.96 0.96	.	0.99 0.99	.	0.99 0.99	.	0.99 0.99	.	0.98 0.98	.	0.99 0.99	.
Number of farms in each group	871 274	.	871 258	.	871 180	.	274 258	.	274 180	.	258 180	.
Number of matched farms	76	.	103	.	60	.	39	.	29	.	42	.
Performance indicators	ATT Conv→In t	Sig.	ATT Conv→Or g	Sig.	ATT Conv→Org_In t	Sig.	ATT Int→Org t	Sig.	ATT Int→Int_Or g	Sig.	ATT Org→int_Or g	Sig.
Technical-economic performance indicators												
Private RCR excluding opp. costs	0.11	***	0.04	*	0.18	***	-0.08	***	0.07	***	0.16	***
Public RCR excluding opp. costs	0.20	***	0.12	***	0.37	***	-0.06	***	0.16	***	0.24	***
Private RCR including opp. costs	-0.03	***	0.00	.	0.00	.	0.01	.	0.03	***	-0.01	.
Public RCR including opp. costs	-0.02	.	0.04	***	0.06	***	0.02	***	0.06	***	0.00	.
Market orientation	-0.03	***	-0.04	***	-0.07	***	-0.02	***	-0.03	***	-0.02	***
Equity ratio	0.02	**	0.00	.	0.01	.	-0.03	***	-0.03	***	0.09	***
Output (EUR) per ha of UAA	-1,046	***	-555	***	-1,745	***	626	***	-359	***	-1,079	***
Output (EUR) per AWU	-6,962	***	-253	.	-1,744	.	3,079	***	3,613	***	-5,823	***
Output (EUR) in relation to assets	-0.03	***	-0.01	.	-0.02	***	0.03	***	0.01	**	-0.01	***
Output (EUR) in relation to interm. exp.	0.24	***	0.10	***	0.38	***	-0.16	***	0.23	***	0.34	***
Output (EUR/LSU)	-243	***	-45	.	-117	*	144	***	216	***	-82	.
Gross farm income (EUR/AWU)	-512	.	4,846	***	8,686	***	860	*	6,677	***	231	.
Farm net value added (EUR/AWU)	470	.	4,353	***	8,723	***	215	.	5,839	***	1,095	.
Farm net income (EUR/AWU)	1,154	.	2,980	***	9,068	***	438	.	6,099	***	998	.
TE vrs1 (output in EUR)	0.00	.	0.01	.	0.02	***	-0.02	***	0.03	***	0.03	***
TE vrs2 (kg milk and other output in EUR)	-0.03	***	-0.07	***	-0.07	***	-0.02	***	-0.01	*	0.03	***
Environmental performance indicators												
Stocking density (LSU/ha)	-0.31	***	-0.21	***	-0.63	***	0.14	***	-0.25	***	-0.33	***
Veterinary expenses (EUR / cow)	-39	***	-33	***	-67	***	39	***	-24	***	-13	***
Fertiliser costs EUR/ha)	-20	***	-4.85	**	-20	***	-0.42	***	-5.91	***	-6.63	***
Crop protection costs EUR/ha)	0.85	.	-3.72	***	-2.90	***	-3.73	***	-2.48	***	-0.12	***
Concentrate feed costs (EUR/ha)	-201	***	-11	.	-285	***	196	***	-65	***	-212	***
RD subsidies (excl. LFA and Inv.) (EUR/ha)	66	***	158	***	254	***	95	***	169	***	89	***
Eff. vrs3 (output incl. RD subsidies in EUR)	0.00	.	0.03	***	0.07	***	0.00	.	0.06	***	0.05	***

Source: own calculations. Note: sig. indicates a statistically significant difference of ATT with ***, **, *, and . indicating significance at the 0.1%, 1%, 5% and 10% level.

A comparison between integrated/circular farms and organic as well as integrated/circular organic farms shows some potential for an improvement in terms of economic performance, in particular with respect to profitability and productivity and partially also efficiency (only for model 1), if they would switch to integrated/circular organic farming systems. For the organic farming system, results are interestingly not that clear, in contrast to the simple mean comparison without matching. With regard to environmental performance, results are mixed. If integrated/circular farms would switch to the organic farming system, their environmental performance would decrease based on some indicators and increase based on others, whereas it would further increase, if they would switch to the integrated/circular organic farming system. Finally, if organic farms were to switch to the integrated/circular organic farming system, this would result on average in no notable change in terms of profitability, but only if subsidies are considered. Partial productivity of land, labour and capital would decrease, but would increase with respect to intermediate expenses and also as regards efficiency estimates of models 1 and 2. At the same time, environmental farm performance would increase based on virtually all indicators.

Up until now, we have assumed that all farms operate under the same production technology, when comparing efficiencies between the groups. Table 3 shows efficiency results, if we instead assume different production technologies for each group. For conventional farms, most of the inefficiency is due to inefficiency within their respective groups, and the MTRs are consequently very high for all 3 models, indicating that conventional farming is overall the most productive production technology. For the other farming systems, more inefficiency is attributable to a potential technology gap, as is visible by the lower MTRs. Only in model 3, which considers agri-environmental and organic payments additionally in its output, the other production systems can keep up to some extent with conventional farming.

Table 3. Comparison of group-, metafrontier-efficiency and metatechnology ratio

Efficiency measure	Conventional (n = 871)	Integrated/circular (n=274)	Organic (n=258)	Integrated/circular-Organic (n=180)
Efficiency with respect to group frontier				
TE vrs1 (output in EUR)	0.65	0.60	0.68	0.66
TE vrs2 (kg milk and other output in EUR)	0.73	0.72	0.75	0.77
Eff. vrs3 (output incl. RD subsidies in EUR)	0.66	0.62	0.69	0.69
Metatechnology ratio (MTR)				
TE vrs1 (output in EUR)	0.96	0.92	0.86	0.89
TE vrs2 (kg milk and other output in EUR)	0.98	0.88	0.83	0.81
Eff. vrs3 (output incl. RD subsidies in EUR)	0.94	0.90	0.90	0.92
Efficiency with respect to metafrontier				
TE vrs1 (output in EUR)	0,62	0,55	0,59	0,59
TE vrs2 (kg milk and other output in EUR)	0,71	0,63	0,62	0,62
Eff. vrs3 (output incl. RD subsidies in EUR)	0,62	0,56	0,62	0,63

Source: own calculations.

6 Discussion and conclusions

The aim of the present study was to investigate and compare farm performance of different farming systems, going beyond a comparison of only conventional and organic farms with broadly available European FADN data. Our methodological approach consists of three steps: (i) identification of different ecological farming systems with the LIFT farm typology, (ii) calculation of performance indicators, measuring technical-economic and environmental farm

performance and (iii) comparison of performance indicators between groups, which was done with simple mean comparisons, matching and a metafrontier of production possibilities. Our analysis is based on a dataset of specialized Austrian dairy farms, pooled over the years 2014 and 2015.

In terms of the data source, we want to point out two issues. Firstly, FADN data provides only limited data on environmental performance of farms and we thus relied on proxies. In the near future, more such data should be available, when the FADN is converted into a Farm Sustainability Network (FSDN). It would be very beneficial to add more environmental data in FSDN, which are already collected for other purposes (e.g. in the IACS), such as data allowing for a better differentiation of grassland in terms of its intensity of use (e.g. number of cuts).

A second issue is that the land variable in our analysis, measured as hectare of UAA is problematic, when farms have large shares of their land in disadvantaged mountainous areas (e.g. alpine pastures, or other very extensive grasslands). In Austrian FADN data, such areas are multiplied with a reduction factor smaller than one, leading to a reduced measure of farm size in terms of land, which better reflects the biophysical production possibilities. Direct payments are also based on this reduced land measure. Adding a similarly adapted land variable to the European FADN data would certainly also be beneficial for future analyses of farm performance with FADN data.

Overall, our results reveal potential synergies and trade-offs in terms of economic and environmental performance of the identified farming systems and of switching to a more ecological farming system. In general, both integrated/circular farming systems identified can be seen as more extensive forms of production, compared to conventional farms and organic farming systems, respectively. However, the conventional integrated/circular farming system performs overall worse compared to the other groups. While this farming system performs better in terms of environmental performance compared to the conventional system, it performs worse, when looking at technical-economic performance. In contrast, organic and integrated/circular organic farming systems can compete with conventional farms in terms of profitability, especially, if subsidies are included, a result which is not always found in similar literature (KUMBHAKAR et al., 2009; MAYEN et al., 2010). At the same time, these farming systems also perform better in terms of environmental performance than the conventional system and also than the integrated/circular system. Switching from organic to an integrated/circular organic farming system does not lead to further economic drawbacks. Profitability stays roughly the same, while overall efficiency even increases slightly and environmental performance also increases further.

Based on these findings we can draw some first conclusions in terms of policy recommendations: Our results indicate that adoption of the identified farming systems is strongly related to site conditions (only a small number of farms remained for matching, when controlling for site conditions and time), which cannot be influenced by policies. Consequently, the economic viability of more ecological farming systems depends also on public payments, compensating farms for natural disadvantages and the provision of public goods. However, in Austria these latter non-market outputs of ecological farming systems are also an asset, reflected in higher market prices and generally high consumer demand. Establishing markets for ecological products can thus reduce the dependency on public support and can be a further incentive for conventional farms to switch to a more ecological farming system.

In a next step, the present analysis could be expanded to include also a second-stage analysis of potential drivers of inefficiency, to control for further structural differences between the farming systems. However, as noted by BOGETOFT and KROMANN (2018) a second stage regression on efficiencies focuses on the combined effect of a frontier shift and catch-up, while the matching approach allows to separate these two effects.

Literatur

- ARAVINDAKSHAN, S., ROSSI, F., AMJATH-BABU, T.S., VEETIL, P.C., KRUPNIK, T.J., 2018. Application of a bias-corrected meta-frontier approach and an endogenous switching regression to analyze the technical efficiency of conservation tillage for wheat in South Asia. *J Prod Anal* 49 (2-3), 153–171.
- BARÁTH, L., FERTŐ, I., BOJNEC, Š., 2018. Are farms in less favored areas less efficient? *Agricultural Eco- nomics* 49 (1), 3–12.
- BOGETOFT, P., KROMANN, L., 2018. Evaluating treatment effects using data envelopment analysis on matched samples: An analysis of electronic information sharing and firm performance. *European Journal of Operational Research* 270 (1), 302–313.
- BOGETOFT, P., OTTO, L., 2011. *Benchmarking with DEA, SFA, and R*. Springer New York, New York, NY.
- BOJNEC, Š., LATRUFFE, L., 2013. Farm size, agricultural subsidies and farm performance in Slovenia. *Land Use Policy* 32, 207–217.
- COELLI, T., PRASADA RAO, D.S., O'DONNELL, C.J., BATTESE, G.E., 2005. *An introduction to efficiency and productivity analysis* (eng), 2. ed. ed. Springer, New York u.a, 349 pp.
- DAVIDOVA, S., GORTON, M., RATINGER, T., ZAWALINSKA, K., IRAIZOZ, B., KOVÁCS, B., MIZO, T., 2002. *An analysis of competitiveness at farm the farm level in the CEECs*. Joint Research Project idara.
- FAO, 2019. *TAPE Tool for Agroecology Performance Evaluation 2019 – Process of development and guidelines for application*. Test version. FAO, Rome.
- FEDERAL MINISTRY of AGRICULTURE, REGIONS and TOURISM, 2020a. *Green Report 2020: The situation of Aus- trian agriculture and forestry*, Vienna.
- FEDERAL MINISTRY of AGRICULTURE, REGIONS and TOURISM, 2020b. *Integrated Administration and Control System (IACS) database*.
- FRASER, I., D. CORDINA, 1999. An application of data envelopment analysis to irrigated dairy farms in Northern Victoria, Australia. *Agricultural Systems* 59 (3), 267–282.
- HANSSON, H., MANEVSKA-TASEVSKA, G., ASMILD, M., 2018. Rationalising inefficiency in agricultural produc- tion – the case of Swedish dairy agriculture. *Eur Rev Agric Econ* 6, 21.
- HO, D.E., IMAI, K., KING, G., STUART, E.A., 2007. Matching as Nonparametric Preprocessing for Reducing Model Dependence in Parametric Causal Inference. *Polit. anal.* 15 (3), 199–236.
- KARAGIANNIS, G., 2014. Modeling issues in applied efficiency analysis: agriculture. *Econom. bus. letters* 3 (1), 12.
- KELLERMANN, M., SALHOFER, K., 2014. Dairy farming on permanent grassland: Can it keep up? *Journal of dairy science* 97 (10), 6196–6210.
- KIRCHWEGER, S., KANTELHARDT, J., LEISCH, F., 2016. Impacts of the government-supported investments on the economic farm performance in Austria. *Agric. Econ. – Czech* 61 (No. 8), 343–355.
- KIRNER, L., ORTNER, K.-M., HAMBRUSCH, J., 2007. Using technical efficiency to classify Austrian dairy farms. *Die Bodenkultur* 58 (1-4), 15–24.
- KUMBHAKAR, S.C., TSIONAS, E.G., SIPILÄINEN, T., 2009. Joint estimation of technology choice and technical efficiency: an application to organic and conventional dairy farming. *J Prod Anal* 31 (3), 151–161.
- LAKNER, S., BREUSTEDT, G., 2017. Efficiency Analysis of Organic Farming Systems: A Review of Concepts, Topics, Results and Conclusions. *German Journal of Agricultural Economics* 66 (2), 85–108.
- LATRUFFE, L., DAVIDOVA, S., BALCOMBE, K., 2008. Application of a double bootstrap to investigation of determinants of technical efficiency of farms in Central Europe. *J Prod Anal* 29 (2), 183–191.
- LBG, 2020. *Betriebswirtschaftliche Auswertung der Aufzeichnungen freiwillig buchführender Betriebe in Österreich 2019*, Vienna.

- MAYEN, C. D., BALAGTAS, J. V., ALEXANDER, C.E., 2010. Technology Adoption and Technical Efficiency: Or-ganic and Conventional Dairy Farms in the United States. *American Journal of Agricultural Econom-ics* 92 (1), 181–195.
- MEUL, M., VAN PASSEL, S., FREMAUT, D., HAESAERT, G., 2012. Higher sustainability performance of intensive grazing versus zero-grazing dairy systems. *Agronomy for Sustainable Development* 32 (3), 629–638.
- MINVIEL, J.J., LATRUFFE, L., 2017. Effect of public subsidies on farm technical efficiency: a meta-analysis of empirical results. *Applied Economics* 49 (2), 213–226.
- O'DONNELL, C.J., RAO, D.S.P., BATTESE, G.E., 2008. Metafrontier frameworks for the study of firm-level efficiencies and technology ratios. *Empirical Economics* 34 (2), 231–255.
- PE'ER, G., BONN, A., BRUELHEIDE, H., DIEKER, P., EISENHAUER, N., FEINDT, P.H., HAGEDORN, G., HANSJÜRGENS, B., HERZON, I., LOMBA, Â., MARQUARD, E., MOREIRA, F., NITSCH, H., OPPERMANN, R., PERINO, A., RÖDER, N., SCHLEYER, C., SCHINDLER, S., WOLF, C., ZINNGREBE, Y., LAKNER, S., 2020. Action needed for the EU Common Agricultural Policy to address sustainability challenges (eng). *People and Nature* 2 (2), 305–316.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Founda- tion for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- REGA, C., PARACCHINI, M.L., DESJEUX, Y., LATRUFFE, L., FERREIRA, J., MANEVSKA-TASEVSKA, G., HANSSON, H., HEINRICH, J., BAREILLE, F., ZAVALLONI, M., RUSU, M., LUCA, L., 2018. Deliverable D1.1: Review of the definitions of the existing ecological approaches. LIFT Low-Input Farming and Territories - Integrat-ing knowledge for improving ecosystem based farming. <https://www.lift-h2020.eu/download/1391/> (accessed 22 April 2021).
- REGA, C., PARACCHINI, M.L., DESJEUX, Y., LATRUFFE, L., FERREIRA, J., MANEVSKA-TASEVSKA, G., HANSSON, H., HEINRICH, J., BAREILLE, F., ZAVALLONI, M., RUSU, M., LUCA, L., 2019. Deliverable 1.3: First version of the LIFT farm typology Towards the protocol to assign farms to LIFT farm typology: linking farming sys-tems with existing EU databases and farming practices. LIFT Low-Input Farming and Territories - In-tegrating knowledge for improving ecosystem based farming.
- REGA, C., THOMPSON, B., D'ALBERTO, R., NIEDERMAYR, A., KANTELHARDT, J., GOUTA, P., KONSTANTIDELLI, V., TZOURANAMI, I., DESJEUX, Y., LATRUFFE, L., BILLAUDET, L., PARACCHINI, M.L., 2021. Deliverable 1.4: LIFT farm typology developed, tested and revised, and recommendations on data needs. LIFT Low-Input Farming and Territories - Integrating knowledge for improving ecosystem based farming.
- RENNER, S., SAUER, J., EL BENNI, N., 2021. Why considering technological heterogeneity is important for evaluating farm performance? *European Review of Agriculture Economics*.
- SIMAR, L., WILSON, P.W., 2007. Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes. *Journal of Econometrics* 136 (1), 31–64.
- SIMM, J., BESSTREMYANNAYA, G., 2020. Package {rDEA}: Robust Data Envelopment Analysis (DEA) for R.
- THOMPSON, B., REGA, C., D'ALBERTO, R., 2021. Typology of Ecological Farms in the EU. Zenodo.
- VOGL, C.R., HESS, J., 1999. Organic farming in Austria. *American Journal of Alternative Agriculture* 14 (3), 137–143.

Acknowledgement

This work is part of the LIFT ('Low-Input Farming and Territories – Integrating knowledge for improving ecosystem-based farming') project that has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 770747.

APPLICATIONS OF LAND-USE DATA FROM THE INTEGRATED ADMINISTRATION AND CONTROL SYSTEM (IACS) IN SCIENTIFIC RESEARCH: A SCOPING REVIEW PILOT ANALYSIS

Heidi Leonhardt¹, Silke Hüttel, Tobia Lakes, Saskia Wolf

Abstract

Georeferenced data from the Integrated Administration and Control System (IACS) that contain plot-level information on the land use of agricultural beneficiaries in the European Union have increasingly become available for scientific purposes. While researchers from various disciplines are using these data for a wide variety of applications, there is currently no complete and structured overview of their use. The work presented here targets at contributing to closing this gap and provides an analysis of twelve purposely-selected publications, serving as a pilot analysis for a systematic scoping review.

In this scoping review – and, correspondingly, the pilot analysis presented here – we aim to identify all scholarly publications that use IACS data from Austria, Czechia, France, Germany, or Sweden. We then analyze these publications with respect to the following research questions:

(1) Which research has been conducted using plot-level IACS data in the five countries of interest? (2) What are the opportunities that the IACS plot-level dataset provides for science, and what limitations to its use exist?

The pilot analysis demonstrates that IACS data are used by various disciplines, for the purposes of describing landscape and farm structure, farm management outcomes, and for conceptual purposes. The analyzed publications derive and apply 27 different indicators from the data to indicate landscape or farm configuration, composition, and management outcomes. Moreover, the pilot analysis shows that there is a lack of common terminology, and identifies the main benefits and challenges associated with IACS data use.

With these results and the scoping review in a next step, we hope to demonstrate the powerful potential of the plot-level information contained in IACS to policy makers as well as scientist from various disciplines. By sharing information on existing use cases, we hope to help others to avoid double work and to inspire novel applications of the data.

Keywords

Integrated Administration and Control System, agricultural beneficiaries data, scoping review, InVeKoS.

1 Introduction

To administer and control subsidies to farmers under the Common Agricultural Policy (CAP), European Union (EU) member states are obligated to operate an "Integrated Administration and Control System", abbreviated by the acronym IACS. The IACS consists of several databases and systems; two of which are a "land parcel identification system" (LPIS) and a corresponding "geospatial aid application" (GSAA). These systems identify agricultural plots eligible for subsidies and allow farmers to graphically declare their farmed land at the plot level for subsidy application (EUROPEAN COMMISSION, n.d.). Both systems are based on a geographical information system (GIS) application, such that the resulting information is georeferenced. In the annual process of declaring their farmland, farmers also specify the crops

¹ Universität für Bodenkultur Wien, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien, heidi.leonhardt@boku.ac.at

they grow on each of their farmed plots every year. Since most farmers in the EU apply for subsidies, the final dataset of georeferenced information on cultivation and location of farmed plots covers the vast majority of farmland in most EU countries, making it a detailed and valuable data source.

In the past years, efforts have been made to make these rich data available for research purposes. The basic dataset of georeferenced plots with crop information (but without any farm-level information) is now publicly accessible via the European Commission's INSPIRE geoportal for several countries. Farm-level information including farm IDs that enable linking the plots of one farm is collected by authorities for subsidy administration, and is accessible for research purposes in some countries. As a result, access modalities to IACS data, restrictions on their use, and the level of detail available vary between countries. Nevertheless, researchers from different disciplines have begun to make use of the data for various applications ranging from use as training data for crop identification from satellite images (e.g., KYERE, 2019) to identifying landscape types (WOLFF et al., 2021) and to calculating measures of agricultural land use fragmentation to estimate its effects on farm's economic performance (LATRUFFE and PIET, 2014).

This variety of use cases from disciplines including agricultural sciences, agricultural economics, ecology, geography, and remote sensing has become apparent to our team of authors at a workshop on the benefits and challenges of IACS data use in spring 2021. At the workshop, a wide range of possible use cases, applications, and indicators derived from the data were presented and the need for a systematic reflection on application fields became apparent. We expect that an even greater variety of applications of the data must additionally exist in the literature. Such, often discipline-specific, knowledge is presumable scattered across research fields, countries, and individual research groups, and the full range of use cases remains most likely unknown to many scientists. This in turn may hinder more efficient and creative use, such that double work may arise. Moreover, while many stakeholders in data providing agencies are aware that the data are used by some researchers, they are often not aware of the full range of applications and may even underestimate the need for support services, including sufficient and sustainable documentation of the data (use).

To address this lack of an overview of possibilities of IACS data for science, we plan to conduct a review of the scope of scientific research that uses information from the IACS plot-level dataset (including LPIS and GSAA). To reduce the vast body of existing work to a manageable amount, we focus on a purposely selected sample of EU countries in this planned review: Austria, Czechia, France, Germany, and Sweden. Our review will address the following research questions:

1. Which research has been published using plot-level IACS data from Austria, Czechia, France, Germany, and Sweden?
 - i. Researchers from which scientific fields have used these data? How many publications exist and from which time periods?
 - ii. Which research questions have been addressed using the dataset?
 - iii. For which purposes have IACS data been used (methodological, content-wise)?
 - iv. Which information from the IACS dataset has been used, at which spatial and temporal level?
 - v. Which indicators have to date been derived from these data for which purposes?
 - vi. How and to which other datasets have IACS plot-level data been linked?
 - vii. Which critical evaluations and suggestions for use or improvement of the dataset have been made?
2. What are the opportunities that the IACS plot-level dataset provides for science, and what limitations to its use exist?

We plan to address these questions by means of a scoping review (MUNN et al., 2018). Our strategy for conducting and publishing this research involves two steps. First, we develop and publish a scoping review protocol that details our search strategy, paper selection process, and planned analysis. This review protocol is developed by means of a pilot analysis of a small sub-sample of publications using IACS data, the results of which are presented here. Second, we conduct the full review, the results of which will be presented later in time. The present publication comprises the first of these two steps and therefore serves to share first insights on the breadth and scope of IACS applications, giving an outlook on what to expect from the final review.

To date, to the best of our knowledge, no attempts have been made to systematically collect and analyse all use cases of IACS data or indicators derived thereof. Some recent works exist that strongly refer to IACS data as a source of valuable information or that test the use of IACS for various individual purposes. For example, LOMBA et al. (2017) evaluate the potential of IACS data for identifying High Nature Value farmland, and successfully apply IACS-derived indicators to do so. Similarly, UTHES et al. (2020) test whether and to what extent IACS data could serve as an addition to data from the EU's Farm Accountancy Data Network (FADN) for measuring agricultural sustainability. They derive and apply several indicators of crop and landscape diversity from IACS data, conclude that they “can be a cost-free data source to increase and validate the indicator portfolio of the FADN”, and recommend that the tested indicators be included in the FADN. This result contrasts a conclusion drawn by KELLY et al. (2018), who discuss IACS data as a source of information on agricultural sustainability, but discard their usefulness in favour of expanding FADN data by additional variables. Finally, TOMLINSON et al. (2018) use IACS data to analyse gross and net agricultural land use change and conclude that the dataset is an invaluable detailed source of information on land use that provides great potential. These endeavours into testing the usefulness of IACS data already demonstrate the potential of the dataset for addressing particular questions. Comparing these publications to our current project, the difference lies in the “direction” of the questions asked: the existing publications address questions of “can IACS data be used for X ”, whereas our intention is to ask “for what X can IACS data be used”?

2 Methods

Given our aim of an evaluation of the *scope* of existing research (rather than an evaluation of interventions or outcomes), the appropriate review method is a scoping review (MUNN et al., 2018). Scoping reviews are “exploratory projects that systematically map the literature available on a topic” (GRIMSHAW, 2010, p. 34) and that are used to “explore the breadth or depth of the literature, map and summarize the evidence, inform future research, and identify or address knowledge gaps” (PETERS et al., 2020, p. 2121). These exemplifications of the method precisely correspond to our research aim of providing a comprehensive overview of the literature.

To conduct and report on our scoping review, we follow the guidance provided by the Centre for Environmental Evidence (CEE) as well as the associated ROSES reporting standards (HADDAWAY et al., 2018). Our pilot analysis follows the same analysis and reporting procedures as the full review.

For the pilot analysis, we compiled a list of twelve articles using IACS data. Given that this list was initially developed to evaluate and refine our search strategy, it is not – and cannot be – representative of the final list of publications that the scoping review will cover. Instead, the sample papers were known to the team of authors prior to the review process as important to their own research fields, or were co-authored by one or more team members. We selected the sample papers to:

- Cover all selected countries (Austria, Czechia, France, Germany, Sweden)

- Cover various disciplines that we know and expect to use IACS data
- Have been published in various journals from different publishers
- Rely on IACS data to varying degrees and as a consequence do or do not place the dataset name in a prominent place such as the title or abstract

The selected papers are marked with an asterisk in the literature list.

From the papers we first extract the general information/metadata for all articles, including year of publication, author information, journal, discipline/field, based on journal subject categories as categorized in SCImago (SCIMAGO, n.d.), and the country/countries of data use. Next, we extract the following information from full texts:

- Importance of IACS data use (minor/major)
- Combination with other datasets (yes/no; dataset names; link)
- Year(s) of data use
- Research question(s) or aim(s) or objective(s) (text)
- Methodological purpose(s) of IACS data and derived indicators (inductive categories)
- Content-related purpose(s) of IACS data (text)
- Indicators generated/derived (indicator names)
- Indicandum of each indicator (text)
- Raw information from IACS used (categories)
- Spatial unit of analysis (categories)
- Discussion of IACS data use (text)

We synthesize open text in a narrative manner and using wordclouds, which help to identify the breadth of research topics as well as particularly common terms. We collect all indicators derived from IACS, link them to their indicanda, and group them by topics in order to provide an exhaustive overview of applications. We analyze categorical, binary, and numerical variables by providing counts, descriptive statistics, and corresponding tables and figures. In addition, we aim to identify country-related differences in IACS data use that may be due to differing data availability and quality; and to identify critical discussion points, suggestions, limitations, etc. that have been raised by the researchers working with the data.

3 Results and Discussion

In summary, the papers analyzed in this pilot analysis

- were published between 2008 and 2021,
- in nine different journals,
- are associated with eleven different disciplines;
- use IACS data from the years 2005 to 2018
- from Germany (5), and fewer from Czechia (2), France (2), Austria (2), Sweden (1),
- nine out of twelve combine IACS data with other datasets, and
- all make “major” use of the IACS data.

We find that IACS data are used to address a wide variety of scientific problems and a broad range of research questions. Notable differences exist with respect to the spatial unit of analysis of the research objects, ranging from the plot or block level (KYERE, 2019; SKLENICKA et al., 2014) to the farm or farmer level (e.g., BARBOTTIN et al., 2018; EDER et al., 2021), the landscape level (KIRCHWEGER et al., 2020; WOLFF et al., 2021), or a mix of several levels (UTHES et al., 2020). The objects of research also differ, covering land ownership structures, land

fragmentation, farms' eco-efficiency, landscape structure, the performance of crop prediction models, generalist predator communities, IACS data usefulness, and more. The methodological approaches that are implicitly contained in the research questions range from economic analysis (EDER et al., 2021; LATRUFFE and PIET, 2014) to ecological analysis (RUSCH et al., 2014), geospatial analysis (WOLFF et al., 2021), remote sensing (KYERE, 2019), and more.

3.1 Purposes of IACS data use

Most applications (9) use information from IACS for the methodological purpose of indicating (an aspect of) a phenomenon, creating and using *indicators* to address their research question(s). These indicators use either untransformed raw data (e.g., plot sizes as indicators for land use fragmentation) or transformed and/or combinations of raw data components (e.g., Shannon diversity index as an indicator for landscape diversity). Fewer of the selected publications (3) use raw data as source of information directly in form of a *metric*, with no indicandum (e.g., to measure plot sizes).

Indicators and metrics then enter various types of models, e.g., for statistical analysis, that appear, however, too diverse to structure for this subsample. Thus, we base our further structuring of methodological purposes on those issues that we expect to occur somewhat frequently in the full review: First, site selection and grouping (2), which refer to the use of IACS-derived information for selecting study sites/farms/landscapes (e.g., RUSCH et al. 2014) or for grouping farms/landscapes/etc. for e.g., comparison (e.g., SKLENICKA and SALEK 2008). Second, typology creation based on IACS data (2), which refers to cases where IACS data (sometimes plus additional data) are used to identify (and describe) landscape and farm land use patterns (e.g., LÜKER-JANS et al. 2016, WOLFF et al. 2021). Last, we identify data use for the purpose of reference data or “ground truth data” (1), which is mainly used in remote sensing applications (KYERE et al. 2019).

Next, we turn to content-related purposes of IACS data use that we extracted verbatim from the sample texts. To structure our findings, we group these content-related purposes into three categories: (1) describing landscape and farm structure, (2) describing farm management activities and outcomes, and (3) conceptual discussion of the data.

(1) Examples of IACS data uses grouped in the category of landscape and farm structure include:

- “[characterizing] agricultural landscapes ... in terms of landscape structure [and] diversity” (WOLFF et al., 2021)
- Identifying “landscapes with similar levels of complexity” (RUSCH et al., 2014)
- Describing “structural aspects of the landscape, namely field size and landscape elements” and “location and length of edges along agriculturally used fields” (KIRCHWEGGER et al., 2020)
- Deriving “farm-level indicators for crop and landscape diversity” (UTHES et al., 2020)
- Characterizing “annual changes in farm area” and “farm size distribution” (BARBOTTIN et al., 2018).
- Describing farmland parcel sizes (SKLENICKA et al., 2014; SKLENICKA and SALEK, 2008, among others) and land use fragmentation (BARBOTTIN et al., 2018; LATRUFFE and PIET, 2014)
- Using crop information and “crop field shapes from the IACS database” to “train a multi-temporal field-based model, which can predict crop types from a satellite image” (KYERE, 2019).

As these examples demonstrate, the terminology used for describing landscape and farm structure varies: Terms such as “patterns”, “diversity”, “complexity” or “fragmentation” describe similar issues.

(2) The applications grouped in the category of farmer management activities and outcomes use IACS data to describe (the results of) farmer behavior with corresponding outcomes at the plot or farm level. The distinction between farmer management outcomes and farm or landscape structure is not always straightforward, since existing structures are to some extent an outcome of farmers’ land management decisions. To tackle this problem, we adopt a narrow notion of management (outcomes) for this category and group only activities that are at the farm level and under very direct control of farm managers. The corresponding uses of IACS data in the sample papers include:

- Providing information on agri-environmental practices (funded through agri-environmental schemes, AES) such as “erosion control measures” (EDER et al., 2021) or “participation in soil-enhancing AES” (LEONHARDT et al., 2019)
- Providing information about organic farming (RUSCH et al., 2014; WOLFF et al., 2021)
- Indicating “soil conservation efforts” (LEONHARDT et al., 2019) or deriving “a measure of soil conservation inactivity of farmers” (EDER et al., 2021) from crop choice
- “Rating land-use change” (LÜKER-JANS et al., 2016)
- Using crop information to derive crop yields and farm gross margins (KIRCHWEGER et al., 2020)

Not all of the purposes listed here can be served by all types of IACS datasets: whether a plot is under organic farming or a farm participates in AES is typically not published e.g., in the datasets available on the INSPIRE portal, but may only be available from national authorities. Crop information may then be the main source of information on farmer management decisions.

(2) We collect applications in the group of “conceptual discussion of the data” that address conceptual questions in terms of IACS data structure or usefulness. Among the sample papers there is only one such case; an evaluation of the possibilities of IACS as an extension of the EU’s FADN data (UTHES et al., 2020).

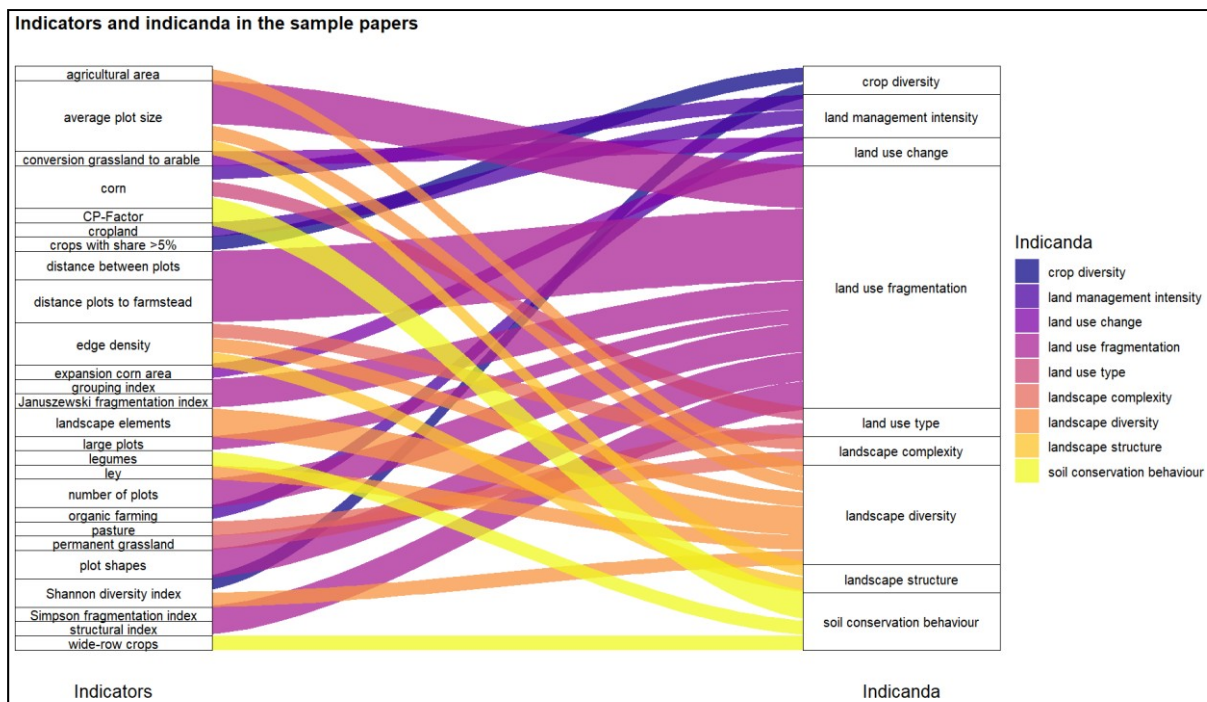
3.2 Indicators derived from IACS data

As shown above, a common use of IACS data is to derive indicators. We find that the twelve sample papers alone already use a very large number of 27 different indicators. Average plot size is the most commonly used (5 publications), followed by edge density, distances between plots and the farmstead, and the share or amount of corn (3 publications each). Considering the indicanda of all indicators, we observe that land use fragmentation is the most commonly measured indicanda (17 occurrences) in the twelve sample papers, followed by landscape diversity (7) and soil conservation behavior (4). Note that all but one publication use multiple indicators to measure one indicandum, causing these large numbers. When considering the main, overarching indicanda of landscape/farm structure, composition, and management, “management” is the least frequently occurring category (12), with “composition” (19) and “configuration” (22) occurring more often (multiple per indicator possible).

Figure 1 summarizes and illustrates connections between indicators and indicanda, connecting each instance of an indicator used in one of the papers to its indicandum. Highlighting some interesting connections and differences when reading the figure from left to right, e.g., average plot size is used to indicate land use fragmentation, landscape diversity, and landscape – three different indicanda. Similarly, edge density is used to indicate the (however, closely related) three indicanda of landscape complexity, diversity, and structure. Reading figure 1 from right to left, indicators of land use fragmentation range from simple average plot sizes to

sophisticated measures such as the “structural index” (a measure of the scattering of plots in space). Landscape complexity is measured by such different approaches as the share/amount of pasture (as aspect of landscape composition) and edge density (an aspect of landscape configuration). Landscape diversity is measured through indicators from all three main groups, including shares/occurrences of ley, landscape elements, and agricultural area; average plot sizes, edge density, and the Shannon diversity index. Although “landscape diversity” is certainly a broad concept, it is still surprising to see so many different approaches to depicting or measuring it.

Figure 1. Relationships between indicators and their indicanda. Each connection represents one instance of an indicator-indicandum pair.



Source: own presentation and data. Created with R (R CORE TEAM, 2018).

3.3 Raw data used from IACS

We classify the raw data that is contained in IACS into the four main groups of spatial information, temporal information, thematic (land use) information, and other information. First, we observe here that the most used IACS raw data components are plot geometries (12) and crops grown (10, including land use classes such as cropland and grassland), in line with the main data contents. Half (6) of the analyzed papers make full use of geometrical information, while the other half (6) uses plot sizes as the only information on geometries. For most – but not all – papers the exact location of plots is relevant (8), as datasets are merged spatially or distances between objects are calculated. Somewhat surprising is the uncommon use of temporal information (3), since analyzing changes over time can provide valuable insights. One reason for this may be that it is difficult to trace plots over time, as plot boundaries change due to plot divisions, plot mergers, and digitization differences in farmers’ yearly process of reporting their land.

Second, we know from our own experience and suspect from the results that the information contained in the data that is available for research purposes varies between countries or access pathways. Whereas landscape elements, organic farming, and farmers’ AES participation is used in some publications and therefore must be available from (some) data providing agencies/authorities, the freely available IACS datasets on the INSPIRE portal usually do not

contain this information. Similarly, farm or user IDs and farmstead location information are provided in some countries, but not all.

3.4 Spatial unit of analysis

The farm level is the most common unit of analysis found in the sample papers (5), followed by the plot or block level (4). While these two terms – “plot” and “block” – may appear to be synonyms, they are not necessarily so. In some countries, an “agricultural production block” represents a set of contiguous plots that are all farmed by the same farmer or all have the same land use. However, we also observe that the terminology for each of those two levels is used inconsistently: “Plot”, “parcel”, “patch” and “field” are all names for the smaller unit, while “production block”, “field” and “islet” are names for the larger unit, within the twelve sample papers alone.

Aside from farm- and plot-level analyses, five of the analyzed papers (also) aggregate data to a larger level such as administrative units (3), or the “landscape” (2, left undefined). Two papers analyze the data at the grid level, where several different options in terms of grid size and cell shape exist.

The chosen unit of analysis largely depends on the research question or aim. Likely (but not substantiated here), the chosen unit of analysis differs between disciplines due to their focus: Ecologists or geographers are often interested in sites or landscapes that cover contiguous areas, such that the question of which piece of land is farmed by which farmer is irrelevant. Economists or researchers studying (impacts of) individual behavior will, on the other hand, find it more adequate to examine farms or single plots, even if this means analyzing non-contiguous patches of land.

3.5 Datasets combined with IACS

A host of datasets have been used in conjunction with IACS data in the twelve sample papers. They are listed below, including information on how the data have been linked – most often through spatial matching.

- Weather data (temperature, precipitation) – space
- Landsat satellite data – space
- CORINE land-use cover layer – space
- Species sampling data – space
- Digital elevation model (topographic data) – space
- Open street map data – space
- Regional planning data – space
- Municipality borders – space
- Soil quality rating/data – space
- Digital cadastre map – space
- Land register – farm ID
- Farm Accountancy Data Network (FADN) data – farm ID (AT); municipality (FR)
- Agricultural structure survey (ASS) data – municipality

This list shows how valuable spatial datasets are, as they allow for merging data on very different topics to analyze large areas or landscapes. Similarly, linking different farm-level datasets via farm IDs allows researchers to address questions relating to farm business structures and farmer behavior (e.g., linking IACS data with FADN or ASS data). However, farm IDs are rarely available for research due to data privacy protection concerns.

3.6 Points of discussion of IACS data raised

Last, we collect all points of discussion of IACS data use, availability, benefits, or difficulties that the analyzed papers raise, including future outlooks concerning the data. We summarize and categorize them into “benefits of IACS data”, “problems with IACS data (use)” and “suggestions for IACS data collection”. Eight of the sample papers made at least some mention of IACS benefits or problems, while the remaining four did not discuss IACS data use or the dataset’s limitations to, e.g., data completeness at all.

The texts that explicitly discuss benefits of IACS data praise the level of detail and comprehensiveness of the dataset. In many countries, IACS data covers the vast majority of agricultural land and provides detailed plot-level information (tens or even hundreds of different crops are recorded, see NIVA CONSORTIUM (2021)) on a yearly basis – indeed a very comprehensive dataset that cannot easily be replaced. Moreover, the fact that all member states collect these data and they are therefore (in theory) available EU-wide is mentioned frequently, although none of the papers we have analyzed actually uses data from more than one country. Moreover, collection by authorities and the link to payment entitlements means that data are subject to checks that farmers are aware of, such that the data are considered reliable despite being self-reported. In addition, the collection for payment administration means the data are already “there”, and it is therefore only sensible to use them for scientific purposes in addition to their original function.

Concerning problems with data use, several publications note limitations that originate in the nature of IACS data gathering. Data from IACS, despite being quite comprehensive, do not cover all farmland, but only the land that farmers use to claim payments. This means that not all farms register in IACS and some farms register only part of their land. For the same reason, registered farms and farmland may change every year and especially between CAP periods. Other issues arising from the specific backdrop of IACS data are that plots’ sizes and outlines may change over time, making it difficult to track plots for multiple years; and that the reporting of landscape elements may be incomplete (or has been so in the past). These troubles, even if cumbersome, arise from farm management necessities and farmer considerations related to subsidies, such that it will not be possible to eliminate them. Therefore, researchers using IACS data need to be aware of these limitations and should consider and discuss their impact on their work. Where necessary, using additional satellite data to impute missing information or “fuzzy” techniques to track plots over time may be valuable tools to confront the challenges of incomplete or time-inconsistent data.

Moreover, some authors discuss data availability restrictions and a lack of standardization as obstacles to wider and better data use. Some of our results also reflect these issues. For example, while some authors criticize the lack of farm IDs that help linking plots of one farm together, other publications use farm IDs for this purpose. It appears that although access to IACS data has become easier in recent years, this is not true for all countries and for all variables. Moreover, information e.g., on crop types differs between countries (NIVA CONSORTIUM, 2021) and even between federal states of the same country. This means that using data from several regions or countries will imply additional efforts and work, making multinational work unattractive.

Last, several authors suggest adding additional variables to IACS that are currently either not collected or not shared over concerns about data privacy. Some of these variables are available in theory (or even available in some countries, as mentioned above) or could be implemented easily. These include farm IDs (anonymized or linkable to other datasets), farmstead locations, information on livestock, and more precise crop categories (e.g., for different types of grassland). More difficult to implement – because they go beyond the original purpose of IACS – are variables such as soil management practices at the plot level (e.g., fertilizer information) or qualitative information at the farm level. Some of this information is available in other

datasets (ASS and FADN), which is likely a reason for some authors to express a desire to have the possibility to link those datasets. From a science perspective, such a mergeability indeed appears desirable, as this would allow for answering comprehensive, multidisciplinary research questions. However, data privacy concerns over combining several data sources need to be taken seriously, requiring careful consideration of the benefits to science and the potential harms for individual farmers if identifiable through an increase in data content.

4 Summary and Conclusions

The content of the twelve sample papers analyzed in our pilot analysis here shows that IACS data are widely used across disciplines. Irrespective of this wide range of disciplinary backgrounds, IACS data use can be grouped into three main purposes: describing landscape and farm structure in terms of configuration and composition, describing farmer management activities, and addressing conceptual aims. We identify almost 30 different indicators that researchers use to describe aspects of these purposes. To construct indicators and metrics, the most commonly used raw data components are plot geometry, location, and crop types. Other information, including temporal changes, is used more seldomly. We appeal to researchers to consider including all potential dimensions of information into their studies to make full use of the data's potential. However, we find that some information collected in IACS (such as farm IDs, information on organic farming or AES) appears to be available for research only in some countries, rendering their use impossible for researchers in others. Here, we appeal to data providing agencies to work on harmonization. The spatial unit of analysis that IACS data are used for ranges from plot level to farm level and landscape level, depending on purpose and discipline. Importantly, researchers should take care to clearly define this unit of analysis. The twelve sample papers combine a host of different datasets with IACS data, in most cases by spatial matching and in some cases by merging via farm IDs. The list of datasets that have been combined with IACS provides rich inspiration for future analyses.

We collected discussion points concerning the benefits and challenges of using IACS data, providing insights into how powerful the data are, which challenges researchers should be aware of, and how the data could be made more accessible and useful for researchers. First, the data can be considered very expedient, due to the dataset's comprehensiveness, level of detail, and (theoretical) comparability across the EU. However, in practice, challenges for scientists using the data remain, including difficulties in tracing plots over time, missing information from farms and land that is not registered in IACS, or restrictions on data use due to data privacy concerns. Second, suggestions for enhancing and simplifying the use and usefulness of IACS data by researchers range from gathering and providing additional pieces of information, to working on cross-country standardization of the datasets as well as access modalities. Especially the latter appears to be a barrier to multinational research that could easily be removed, but is in the hands of data providing agencies and policy makers. Individual researchers can help their fellow colleagues by describing data access options explicitly in their publications (e.g., whether the data is available freely or where it is available upon request). Third, we encourage researchers to critically discuss the limitations of IACS data and consequences for their results where relevant. Not all reviewed papers presented such a discussion. Relatedly, we did not find any attempts to validate IACS data through other data sources in the sample papers, and few discussions concerning data accuracy. Comparisons to other datasets (e.g., to the ASS, which covers the entire farm population in Europe) would allow for a better assessment of data quality and thus the contextualization of results. We encourage future research to undertake such data validation exercises.

On a more general level, we find in our pilot study that there is a lack of a common terminology both concerning IACS data as well as the objects of research that the data are used for. Two cases in point are (a) the inconsistently used names for the smallest spatial unit in IACS (plot, parcel, patch, field); and (b) the terms "landscape structure", "complexity", "patterns",

“diversity”, and “fragmentation” that appear to be used interchangeably and often without proper definitions. Concerning (a), we suggest using the term “plot” consistently; concerning (b) we appeal to Geographers, Environmental Scientists and Ecologists to work on unified concepts and definitions of these aspects of a landscape. In addition, we find that those authors who derive indicators from the data are not always clear about their indicators’ indicanda and the theoretical or causal link between the two. Relatedly, the choice and use of indicators in the sample papers appears to be mostly data-driven and little theory-driven, which can be problematic (NIEMEIJER, 2002). We therefore encourage authors using IACS data (or any other data) to motivate, define and explain their (use of) indicators, i.e., to also rely on specifying their indicandum. Discussing such theoretical considerations and causal explanations of indicator use would increase the clarity and reliability of research (NIEMEIJER and DE GROOT, 2008).

Overall, we hope that already the first glimpse into IACS data use cases presented here provides inspiration and insights for research and policy. Moreover, we hope to have sparked interest in our full review and analysis that we will conduct in the upcoming months.

References

- BARBOTTIN, A., BOUTY, C., MARTIN, P., 2018. Using the French LPIS database to highlight farm area dynamics: The case study of the Niort Plain. *Land use policy* 73, 281–289. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.02.012>
- EDER, A., SALHOFER, K., SCHEICHEL, E., 2021. Land tenure, soil conservation, and farm performance: An eco-efficiency analysis of Austrian crop farms. *Ecol. Econ.* 180, 106861. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106861>
- EUROPEAN COMMISSION, n.d. Aims of the integrated administration and control system [WWW Document]. URL https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy/financing-cap/financial-assurance/managing-payments_en
- GRIMSHAW, J., 2010. A knowledge synthesis chapter. *Can. Institutes Heal. Res.* 1–56.
- HADDAWAY, N.R., MACURA, B., WHALEY, P., PULLIN, A.S., 2018. ROSES Reporting standards for Systematic Evidence Syntheses: pro forma, flow-diagram and descriptive summary of the plan and conduct of environmental systematic reviews and systematic maps 7, 7. <https://doi.org/10.1186/s13750-018-0121-7>
- KIRCHWEGER, S., CLOUGH, Y., KAPFER, M., STEFFAN-DEWENTER, I., KANTELHARDT, J., 2020. Do improved pollination services outweigh farm-economic disadvantages of working in small-structured agricultural landscapes? – Development and application of a bio-economic model. *Ecol. Econ.* 169, 106535. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106535>
- KYERE, I., 2019. Multi-Temporal Agricultural Land-Cover Mapping Using Single-Year and Multi-Year Models Based on Landsat Imagery and IACS Data. *Agron.* 2019 June 12, v. 9, no. 6.
- LATRUFFE, L., PIET, L., 2014. Does land fragmentation affect farm performance? A case study from Brittany, France. *Agric. Syst.* 129, 68–80. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2014.05.005>
- LEONHARDT, H., PENKER, M., SALHOFER, K., 2019. Do farmers care about rented land? A multi-method study on land tenure and soil conservation. *Land use policy* 82, 228–239. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.12.006>
- LÜKER-JANS, N., SIMMERING, D., OTTE, A., 2016. Analysing Data of the Integrated Administration and Control System (IACS) to Detect Patterns of Agricultural Land-Use Change at Municipality Level. *Landsc. Online* 48, 1–24. <https://doi.org/10.3097/LO.201648>
- MUNN, Z., PETERS, M.D.J., STERN, C., TUFANARU, C., MCARTHUR, A., AROMATARIS, E., 2018. Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach. *BMC Med. Res. Methodol.* 18, 143. <https://doi.org/10.1186/s12874-018-0611-x>

- NIEMEIJER, D., 2002. Developing indicators for environmental policy: Data-driven and theory-driven approaches examined by example. *Environ. Sci. Policy* 5, 91–103. [https://doi.org/10.1016/S1462-9011\(02\)00026-6](https://doi.org/10.1016/S1462-9011(02)00026-6)
- NIEMEIJER, D., DE GROOT, R.S., 2008. A conceptual framework for selecting environmental indicator sets. *Ecol. Indic.* 8, 14–25. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2006.11.012>
- NIVA CONSORTIUM, 2021. Common Crop Type List for CAP Monitoring.
- PETERS, M.D.J., MARNIE, C., TRICCO, A.C., POLLOCK, D., MUNN, Z., ALEXANDER, L., MCINERNEY, P., GODFREY, C.M., KHALIL, H., 2020. Updated methodological guidance for the conduct of scoping reviews. *JBIE Evid. Synth.* 18, 2119–2126. <https://doi.org/10.11124/JBIES-20-00167>
- R CORE TEAM, 2018. R: A language and environment for statistical computing.
- RUSCH, A., BIRKHOFFER, K., BOMMARCO, R., SMITH, H.G., EKBOM, B., 2014. Management intensity at field and landscape levels affects the structure of generalist predator communities. *Oecologia* 175, 971–983. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1007/s00442-014-2949-z>
- SCIMAGO, n.d. SJR — SCImago Journal & Country Rank [Portal] [WWW Document]. URL <http://www.scimagojr.com>
- SKLENICKA, P., JANOVSKA, V., SALEK, M., VLASAK, J., MOLNAROVA, K., 2014. The Farmland Rental Paradox: Extreme land ownership fragmentation as a new form of land degradation. *Land use policy* 38, 587–593. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.01.006>
- SKLENICKA, P., SALEK, M., 2008. Ownership and soil quality as sources of agricultural land fragmentation in highly fragmented ownership patterns. *Landsc. Ecol.* 23, 299–311. <https://doi.org/10.1007/s10980-007-9185-4>
- UTHES, S., KELLY, E., KÖNIG, H.J., 2020. Farm-level indicators for crop and landscape diversity derived from agricultural beneficiaries data. *Ecol. Indic.* 108, 105725. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105725>
- WOLFF, S., HÜTTEL, S., NENDEL, C., LAKES, T., 2021. Agricultural Landscapes in Brandenburg, Germany: An Analysis of Characteristics and Spatial Patterns. *Int. J. Environ. Res.* 15, 487–507. <https://doi.org/10.1007/s41742-021-00328-y>

FACTORS AFFECTING THE DIFFUSION OF DIGITAL FARMING TOWARDS MORE RESILIENT FARMING SYSTEMS – EMPIRICAL EVIDENCE FROM BADEN-WÜRTTEMBERG

Michael Paulus¹, Sara Anna Pfaff

Summary

Making agri-food systems more resilient is a core topic in political and social debates. Digital farming is seen as a possible enabler to increase the resilience of farming systems. With digital technologies becoming more common in agriculture, there is a scientific need to better understand factors promoting and hindering their diffusion among different user groups. For this purpose, an online survey with 302 farmers from Baden-Württemberg was conducted. The participants were divided into four groups according to their adoption of 32 digital technologies: non-users, users of information and communication technologies, medium users, and advanced users. Non-parametric tests were computed to determine significant differences in their perceptions of factors influencing the diffusion of digital farming. The results show in particular differences in the perspectives between non-digitalised and highly digitalised farms. The findings are a starting point to better support the digitally driven transition of agriculture to achieve greater resilience. In this regard, the results provide interesting insights for policymakers and innovation brokers to support the digital transformation of agriculture.

Keywords

Digitalisation, Drivers, Barriers, Diffusion

1 Introduction

The agricultural sector is at crossroads where existing production systems are questioned because of economic, social, and environmental concerns. Political agents and organisations emphasise that agri-food systems must become more resilient in order to cope with adverse and disruptive circumstances (FAO 2021). MEUWISSEN ET AL. (2019) define resilience as the ability to maintain the functionality of a farming system despite challenging economic, social, institutional, and environmental circumstances. Some hypothesise that the digital revolution of agriculture will increase the resilience of agri-food systems (JUNG ET AL. 2021). According to KLERKX ET AL. (2019) and DA SILVEIRA ET AL. (2021), digitalisation in the agricultural sector is associated with different terms and concepts, such as agriculture 4.0, precision agriculture (PA), smart or digital farming. Many digital technologies are already market-ready and assist farmers in optimising livestock and crop production (BANHAZI ET AL. 2012; BALAFOUTIS ET AL. 2017; STURM ET AL. 2020). In addition, emerging technologies such as artificial intelligence (AI), blockchain, robotics, big data analytics, the internet of things (IoT), nanotechnology, or augmented reality open up previously unimagined possibilities for farmers (e.g. KLERKX and ROSE 2020; DA SILVEIRA ET AL. 2021). It is argued that operational and emerging technologies contribute to greater resilience in manifold ways. Digital and PA technologies may help to increase farm profitability, improve input efficiency, or reduce the environmental impact of crop production (BALAFOUTIS ET AL. 2017; SCHIMMELPFENNIG 2016). In livestock production, digital technologies help to reduce the environmental footprint or address animal welfare issues and consumer concerns (BOS ET AL. 2018; WATHES ET AL. 2008). In addition, digital

¹ Universität Hohenheim, Fachgebiet Kommunikation und Beratung in ländlichen Räumen, Schloss Museumsflügel, 70599 Stuttgart, m.paulus@uni-hohenheim.de

technologies are seen as a key to improve working conditions in agriculture (GOLLER ET AL. 2021). Moreover, data-driven farming practices are expected to improve farmers' decision-making based on improved knowledge of production and natural resources (INGRAM and MAYE 2020). SCHRIJVER ET AL. (2016) note that digitalisation leads to more transparency and traceability along value chains, while GEBBERS and ADAMCHUK (2010) point out that digital farming can positively contribute to food security.

Regardless of these promises, it is questionable whether digitalisation is already making a significant contribution to greater resilience. SHEPHERD ET AL. (2018) stress that an implementation on a large scale is necessary to achieve this goal. KLERKX and ROSE (2020) stress that most operational technologies are designed to fit certain farming types and that the uptake of emerging technologies will take more time. For instance, LOWENBERG-DEBOER and ERICKSON (2019) highlight that the adoption of PA is limited to a range of specific technologies, such as GPS technologies, and countries, such as developed countries in Europe and North America. In the case of Germany, the number of highly digitalised farms is rather low (GABRIEL ET AL. 2021). In the last decades, authors have intensively investigated the reasons for existing adoption and diffusion patterns of digital and PA technologies (e.g. PATHAK ET AL. 2019; PIERPAOLI ET AL. 2013; SHANG ET AL. 2021). Most studies in this field focus on grouping farmers in adopters and non-adopters and try to estimate the role of certain determinants in the adoption process (e.g. PAUSTIAN and THEUVSEN 2017). In this regard, it is often neglected that the adoption and implementation process of digital technologies is determined by more than socio-demographic variables (PATHAK ET AL. 2019; CISTERNAS ET AL. 2020). The on-farm implementation is a complex socio-technical process (KLERKX ET AL. 2019) that may differ between farms. Thus, a more concise understanding of farmers' perceptions of factors promoting or hindering the diffusion of digital technologies is needed. In particular, the effect of farmers' previous experience with digital technologies on their perception of barriers and drivers is relatively unknown. For this purpose, we address the following two research questions:

- (1) How do farmers evaluate different factors promoting or hindering the diffusion of digital technologies?
- (2) To what extent does farmers' experience with digital technologies affect their evaluation?

After this introductory section, the article continues as follow. Section 2 outlines the material and methods used for this work. In section 3, the descriptive and bivariate analysis results are presented and discussed. Section 4 concludes with final remarks.

2 Material and Methods

2.1 Study area and survey design

The study region was limited to Baden-Württemberg. Agriculture in Baden-Württemberg can be characterised as small-scale compared to Northern and Eastern Germany. In 2020, the average farm in Baden-Württemberg cultivated around 36 ha, while the average for all of Germany was around 63 ha (DESTATIS 2021). Out of 39 085 farms in the study region, more than half are managed as part-time farms (57%), whereas the national average is around 49% (DESTATIS 2021). Moreover, most farms are family-run and combine different production types (STALA 2021).

The survey design was originally developed and applied in Bavaria (GABRIEL and GANDORFER 2020) and later on adapted to Baden-Württemberg. The main objective of the survey was to better understand the adoption patterns of digital technologies and farmers' attitudes towards digital farming. Additionally, information on farm and farmer characteristics was collected. The present study focuses on the responses related to factors promoting or hindering the diffusion

of digital technologies and a classification of farmers based on their adoption of 32 digital technologies.

2.2 Data collection and sample

The data was collected between March and June 2021 with the online tool LimeSurvey. The study used a convenience sampling procedure. Two different approaches were used to recruit participants. Farmers were invited to take part via an information leaflet sent out by the Ministry of Rural Areas and Consumer Protection (MLR) to all farmers in Baden-Württemberg. Additionally, farmers were contacted through publications in trade media, public mailing lists and agricultural organisations. 749 farmers participated in the survey. After removing incomplete and inconsistent questionnaires, the sample consisted of 302 datasets from Baden-Württemberg. 260 participants are male. The largest share of farmers is between 50 and 59 years old (36%). The average farmer has 27 years of work experience in agriculture. As highest agricultural job degree, 25% hold either a technical (Meister) or academic degree. The average farm size is around 73 ha. 58% are full-time farmers. Due to the sampling procedure, the sample is not representative of farmers in the study region (STALA 2021). Additionally, the results may be affected by self-selection bias. However, this study provides valuable insights into farmers' perceptions of factors promoting and hindering the diffusion of digital technologies in German agriculture.

2.3 Theoretical framework

The theoretical framework for this work builds on two pillars. The first pillar is a classification of digital technologies in two main branches and a corresponding segmentation of farmers based on the number and types of adopted technologies. The second pillar is farmers' evaluation of factors affecting the diffusion of digital technologies.

BIRNER ET AL. (2021) divide digital innovations into embodied, e.g. hardware, and disembodied, e.g. software, technologies. For this investigation, we adopted their classification based on these two categories since it can be assumed that disembodied digital technologies are less cost-intensive and easier to integrate into existing farm processes than embodied ones (GABRIEL ET AL. 2021). Table 1 gives an overview of the technologies which were included in the survey.

In LimeSurvey, the list of proposed technologies was adapted according to each participant's farm characteristics. The list contained ICT for information and documentation purposes, such as farm management information systems. Crop and fodder farms were surveyed on the use of embodied technologies in plant production, such as steering systems or variable rate technologies. Livestock farmers were asked to provide information on the use of embodied technologies in animal production, such as automatic feeding or milking systems.

Additionally, farmers were asked about their perception of factors influencing the diffusion of digital technologies. Based on the review of SHANG ET AL. (2021), eleven items were assigned to four subareas: economic factors, technical factors, psychological factors, and supportive factors. Firstly, economic factors are considered in the literature as a major barrier to the diffusion of digital technologies (BARNES ET AL. 2019; PIERPAOLI ET AL. 2013; REICHARDT ET AL. 2009). This was taken into account in the survey with the items *initial investment costs* (I1), *running costs* (I2), and *questionable economic efficiency* (I3). Secondly, *compatibility* (I4), *usability* (I5) and *reliability of systems* (I6) were included as technical factors affecting the diffusion. These items were also considered in previous studies (AUBERT ET AL. 2012; KNIERIM ET AL. 2018; MICHELS ET AL. 2019; PATHAK ET AL. 2019). Thirdly, the items *work quality and relief* (I7), *lack of computer literacy* (I8), and *uncertainty about data protection and sovereignty* (I9) represented psychological factors influencing the diffusion. Previous studies found them to potentially affect the uptake of digital technologies (DABERKOW and MCBRIDE 2003;

GABRIEL ET AL. 2021; SHANG ET AL. 2021). Lastly, there is empirical evidence that supportive factors, such as technical service (BARNES ET AL. 2019; PATHAK ET AL. 2019) or subsidies (BARNES ET AL. 2019; SHANG ET AL. 2021), contribute to the dissemination of digital technologies. Therefore, the items *technical service of manufacturers* (I10) and *political support* (I11) were included in the study. The evaluation was based on a five-point scale ranging from (1) strongly promoting to (5) strongly hindering the uptake of digital technologies.

Table 1. Overview of embodied and disembodied technologies

Disembodied information and communication technologies (ICT)	
<ul style="list-style-type: none"> • Communication and trading platforms • Digital field records • Herd management system • Satellite maps 	<ul style="list-style-type: none"> • Forecast models • Farm management information system • Management system (Horse) •
Embodied technologies in crop production	
<ul style="list-style-type: none"> • Visual steering aid • Section control • Variable rate seeding • Variable rate organic fertiliser • Soil sensors • Near infrared sensor slurry • Yield mapping • Drones 	<ul style="list-style-type: none"> • Automated steering system • Automated implement steering • Variable rate nitrogen • Variable rate plant protection • Georeferenced soil sampling • Near infrared sensor harvester / combine • Fleet management / telemetry system • Field robotic / automated hoeing
Embodied technologies in livestock production	
<ul style="list-style-type: none"> • Camera system • Pasture growing measurement • Manure removal robot • Automatic feeding system (roughage) • Fence with warning function 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensors for animal monitoring • Automated milking system • Automated feed pusher • Automatic feeding system (horse)

2.4 Data analysis

At first, the farmers were split into four groups based on which embodied and disembodied digital technologies they have adopted (see Table 1). Since the average farmer in the sample uses more than one disembodied (1,26) and almost two embodied (1,55) technologies, the participants were divided into four groups which are as follows:

- Non-users (Group A) who do not use any of the proposed technologies.
- ICT users (Group B) who use only disembodied ICT.
- Medium users (Group C) who use up to two embodied technologies and ICT.
- Advanced users (Group D) who use at least three embodied technologies and ICT.

This approach was chosen to better understand farmers' perception of factors affecting the diffusion depending on their previous experience with digital technologies.

SPSS 27 was used for the descriptive and bivariate analysis. Mean values were calculated to determine whether an item is perceived as barriers or driver. As the values of the eleven items showed no normal distribution, a non-parametric test (Kruskal-Wallis) was chosen for the bivariate analysis. The Kruskal-Wallis test can be used to determine whether central tendencies vary between independent groups. We used this method because it allows a relatively straightforward comparison between different types of farms. The null hypothesis H_0 stated that there is no significant difference between the user groups. In addition, Dunn's multiple

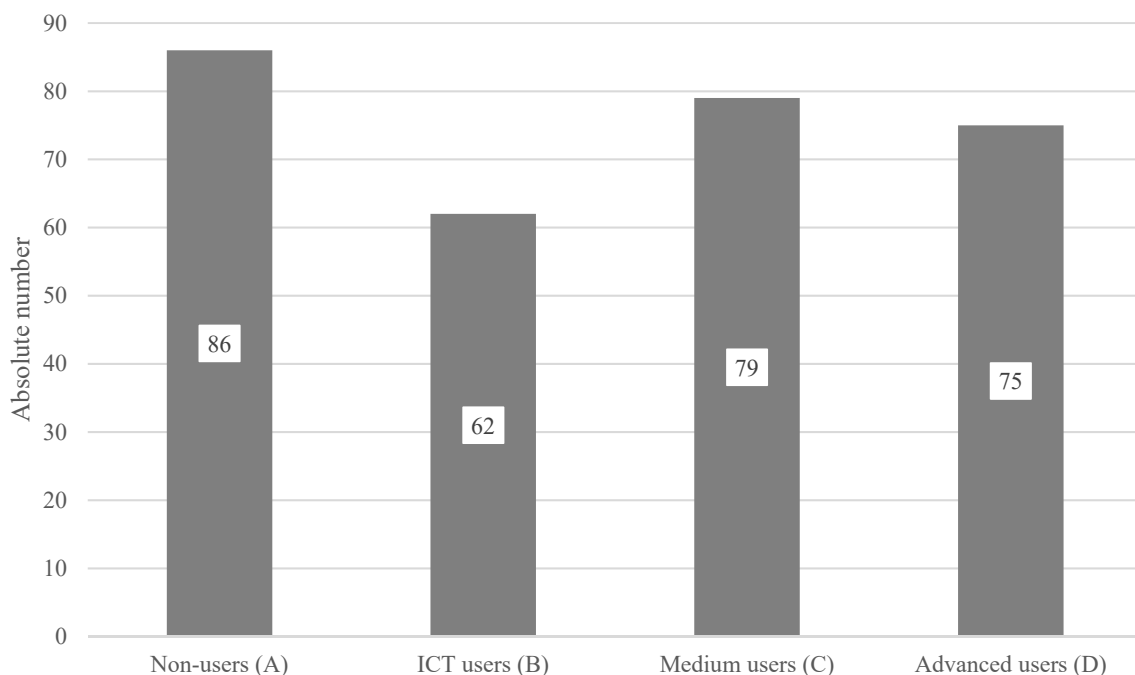
comparison test with Bonferroni correction was calculated as post-hoc test to determine group differences in more detail. The mean ranks (MR) are shown for pairwise comparisons to illustrate the differences. The following section presents the results of the descriptive and bivariate analysis.

3 Results and Discussion

Out of the 302 farmers, 72% use at least one digital technology. Compared to the study results from Bavaria (GABRIEL and GANDORFER 2020), the findings suggest similar adoption rates for ICT and embodied digital technologies in Baden-Württemberg. More than 60 % of the farmers in the sample use ICT on their farms. 51% state that they use at least one embodied technology in crop or livestock production.

Based on their technology use, the sample was divided into four groups. The group of non-users (A) consists of 86 (28%) participants who have not adopted any of the proposed technologies. The group of ICT users (B) consists of 62 (21%) farmers. The ICT users stated in the survey that they use at least one ICT for farm purposes, but no embodied technology. 79 (26%) medium users (C) belong to the third group. The last group (D) includes 75 (25%) advanced users who adopted at least three embodied technologies. Figure 1 illustrates the distribution of the four groups in the sample.

Figure 1. Classification of technology users (n=302)



In the case of non-users and ICT users, it can be assumed that digital technologies play a minor role in their farm operation. In contrast to this, the figures of the medium and advanced users suggest that more than half of the sample uses embodied technologies, which comprise of physical and digital components. However, the results on the adopted technologies indicate that only a few farms in the sample fulfill the technical requirements to apply complex, digital management strategies, such as site-specific management in crop production. In addition, the findings show that the digital transition in agriculture is happening in an uneven way (BRONSON 2019).

Table 2 provides an overview of the descriptive and bivariate results of farmers' perceptions of factors promoting or hindering the diffusion of digital technologies. The mean values are given for the whole sample and the four groups to illustrate the differences. A mean value below three indicates that a factor is perceived as promoting the diffusion of digital technologies, while a

value above three is considered as hindering. A mean equal to three suggests that the farmers are undecided about the item's effect.

Table 2. Results of the descriptive analysis and group comparisons (n=302)

	All	Non-users (A)	ICT users (B)	Medium users (C)	Advanced users (D)	H ₀
Economic factors						
I1 Initial investment costs	3,85 (0,97)	3,81 (1,04)	3,92 (0,98)	3,94 (0,87)	3,76 (1,01)	A
I2 Running costs*	3,45 (1,08)	3,64 (1,04)	3,69 (0,88)	3,25 (1,04)	3,23 (1,23)	R
I3 Questionable economic efficiency**	3,55 (1,08)	3,80 (1,00) ^d	3,82 (0,97) ^d	3,42 (1,07)	3,17 (1,16) ^{a,b}	R
Technical factors						
I4 Usability**	2,56 (1,10)	2,81 (1,02) ^d	2,63 (1,12)	2,49 (1,07)	2,28 (1,15) ^a	R
I5 Compatibility	3,25 (1,31)	3,22 (1,22)	3,47 (1,21)	3,13 (1,33)	3,23 (1,46)	A
I6 Reliability of systems**	2,61 (1,08)	2,91 (0,98) ^{c,d}	2,81 (1,08) ^d	2,44 (1,04) ^a	2,27 (1,11) ^{a,b}	R
Psychological factors						
I7 Work quality and relief**	2,02 (0,92)	2,41 (1,00) ^{c,d}	2,19 (0,92) ^d	1,90 (0,79) ^a	1,56 (0,72) ^{a,b}	R
I8 Lack of computer literacy	3,51 (1,06)	3,64 (0,96)	3,45 (1,08)	3,51 (0,99)	3,40 (1,22)	A
I9 Uncertainty about data protection and	3,52 (0,92)	3,62 (0,88)	3,44 (0,93)	3,66 (0,92)	3,33 (0,94)	A
Supportive factors						
I10 Technical service of manufacturer*	2,67 (0,97)	2,85 (0,86) ^d	2,66 (0,85)	2,66 (0,96)	2,47 (1,14) ^a	R
I11 Political support	2,92 (1,16)	3,15 (1,14)	2,98 (1,14)	2,85 (1,09)	2,69 (1,25)	A
Mean values (m) and standard deviation (in parenthesis) are displayed for the groups and the whole sample. Kruskal-Wallis test is significant at * $p \leq 0,05$ or ** $p \leq 0,01$, respectively; H ₀ is rejected (R) or accepted (A). Letters (a,b,c, and d) demonstrate significant differences between groups based on Dunn's post hoc test with Bonferroni correction and a significance level of 0,05. Data was scored on a five-point scale ranging from 1 = strongly promoting, 2 = rather promoting, 3 = indecisive, 4 = rather hindering to 5 = strongly hindering.						

On average, the participants perceive the three economic items as inhibiting the diffusion of digital farming. The *initial investment costs* seem to be the biggest obstacle to the spread of digital technologies (m=3,85), followed by *questionable economic efficiency* (m=3,55) and *running costs* (m=3,45). All four groups perceive the economic items as inhibiting. The obtained results are consistent with previous studies on the effects of economic factors on adoption and diffusion. Findings by BARNES ET AL. (2019) suggest that the long payback periods

for PA technologies hinder their diffusion. In the case of climate-smart innovations, high investment costs and the limited return on investment are major barriers to the uptake of these innovations (LONG ET AL. 2016). In this sense, results are still mixed on whether digital production approaches, such as PA, help to improve farm profitability (e.g. SCHIMMELPFENNIG 2016). Significant group differences are found for the *running costs* ($p \leq 0,05$) and *questionable economic efficiency* ($p \leq 0,01$). In contrast, there is no significant difference between the groups for *initial investment costs*. The multiple post-hoc test is unable to identify which groups are significantly different for *running costs* due to the Bonferroni correction. For *questionable economic efficiency*, the post-hoc test finds significant differences between the advanced users (MR=124,37) and non-users (MR=170,69). Additionally, the advanced users differ significantly from the ICT users (MR=171,79). The results suggest that the *initial investment costs* are perceived as a major barrier by all farmers, whereas *running costs* and *questionable economic efficiency* are seen as less hindering by farmers who have already adopted more digital technologies. It can be concluded that financial reasons are one of the main obstacles that prevent farmers from adopting more digital technologies and thus, also prevent digitalisation from contributing to greater resilience in agriculture.

In contrast, the mean ratings for technical factors mostly suggest that these items promote the diffusion. The average scores for *usability* ($m=2,56$) and *reliability of systems* ($m=2,61$) indicate that both are perceived as conducive, while *compatibility* ($m=3,25$) is rated as constraining the diffusion. Our findings tie well with previous studies wherein perceived usability and ease of use were found to positively influence adoption (AUBERT ET AL. 2012; LIMA ET AL. 2018), whereas compatibility is in the literature often identified as a barrier to adoption (AUBERT ET AL. 2012; KUTTER ET AL. 2011; REICHARDT ET AL. 2009). Interestingly, farmers evaluate the *reliability of systems* as a fostering factor even though only a few farmers in the sample use complex digital systems on their farms. This is probably attributable to farmers' general expectation that farm equipment is reliable and robust. In this context, the technical reliability of digital farming systems finds increased scientific interest (e.g. BÖKLE ET AL. 2021). The non-parametric tests are significant for *usability* ($p \leq 0,01$) and *reliability of systems* ($p \leq 0,01$). For *compatibility*, no significant difference is found between the groups. The findings imply that *compatibility* is perceived by all farmers as a barrier, despite their previous experience with digital technologies. The post-hoc test for *usability* shows that the non-users (MR=173,80) differ significantly from the advanced users (MR=128,35). This implies that adopters of digital technologies perceive *usability* more conducive than non-adopters. Nevertheless, there is a general call that digital interfaces must be designed as simply as possible (MICHELS ET AL. 2019) to appeal to different types of users. Multiple significant pairwise differences are also found for the *reliability of systems*. The non-users (MR=177,47) differ from the advanced users (MR=122,72) and medium users (MR=137,06). Additionally, a significant difference is found between advanced users and ICT users (MR=168,69). This also implies that more digitally experienced farmers consider *reliability of systems* as more conducive. Even though technology-savvy farmers in the sample perceive *usability* and *reliability of systems* as more advantageous for the dissemination of technologies, all four groups agree that both factors foster the diffusion process. One may argue that it is essential to take the technical nature of innovations more into account when we want to convince more farmers to use them. In this sense, efforts intending to achieve a more resilient and digitally driven agriculture have to ensure that digital systems are easy to use, highly compatible and reliable.

In the case of psychological factors, the ratings are mixed. On average, the items *lack of computer literacy* ($m=3,51$) and *uncertainty about data protection and sovereignty* ($m=3,52$) are seen as hindering the diffusion. Previous studies also suggest that limited computer skills (DABERKOW and MCBRIDE 2003) and knowledge gaps (KERNECKER ET AL. 2019) are barriers in the adoption process. On the contrary, the sample perceives the item *work quality and relief* as promoting ($m=2,02$) the spread of digital farming. A similar result was obtained in a cross-

European study wherein improved working conditions through smart farming technologies are perceived as a major benefit of digitalisation (KNIERIM ET AL. 2018). The non-parametric tests reveal only a significant difference for *work quality and relief* ($p \leq 0,01$). In the case of *work quality and relief*, the post-hoc test shows that the advanced users (MR=108,53) differ significantly from the non-users (MR=185,59) and the ICT users (MR=167,98), respectively. Furthermore, the test signifies that the perceptions of non-users and medium users (MR=142,25) differ. This ties in well with the findings of GOLLER ET AL. (2021) who report that farmers who have experienced the benefits of automated milking systems have few reasons to return to non-digital methods. As suggested by SOMA AND NUCKCHADY (2021), communicating the benefits and risks of digital farming may be essential to convince reluctant and less digitally experienced farmers. Without convincing these groups, it may be hard to realise a more resilient agriculture through applying digital technologies on large scale.

Technical service of manufacturers ($m=2,67$) is rated as being more promoting the diffusion than *political support* ($m=2,92$). Moreover, *technical service* is by all four groups perceived as beneficial for the dissemination. The assessment of *political support* is more differentiated between the groups. In general, *political support* seems to have the lowest impact on the diffusion among the eleven items. While non-users rated it on average as rather hindering, the ICT users are undecided about the effects of *political support*. Additionally, the medium and advanced users perceive it as rather conducive. The non-parametric test reveals only for *technical service* a significant difference between the groups. While our results are rather mixed on the role of *political support*, contradicting findings by BARNES ET AL. (2019) suggest that subsidies positively impact PA adoption. For *technical service*, the non-parametric test exhibits a significant difference ($p \leq 0,05$). The results of the post-hoc test show that the perceptions of *technical service* vary significantly between the non-users (MR=170,27) and advanced users (MR=132,41). The group difference may be explained by the increasing complexity of digital technologies. Therefore, having technical support from manufacturers or vendors is seen as more promoting by farmers who have already adopted digital technologies. This conclusion is in line with MCBRIDE and DABERKOW (2003), who argue that a local concentration of PA vendors may positively influence the adoption rates of PA technologies. Another explanation for the different perspectives of *technical service* may be that some local resellers hesitate to promote specific technologies (KUTTER ET AL. 2011). Therefore, farmers who have already adopted technologies work more closely with vendors promoting digital technologies and assess their role as more beneficial for the diffusion. In the case of low and non-digitalised farms, the findings imply that technical and political support play a minor role in convincing more farmers to use digital technologies. Therefore, it can be assumed that supportive measures to promote the digitalisation are only of limited use in increasing the resilience of farming systems.

In summary, we see the clearest tendencies for *work quality and relief* and *initial investment costs*. Therefore, approaches targeting these two aspects may be the most promising ones to enable greater resilience through applying digital technologies. However, it is expected that the transition towards a more digitalised and resilient agriculture will progress slowly on a large scale (SHEPHERD ET AL. 2018).

4 Conclusion

The study provides insights into factors driving or hindering the diffusion of digital technologies. In contrast to adoption studies, the used approach helps to understand farmers' perceptions of these factors by considering how digitalised their farms are. Three major conclusions are drawn.

While it was not an objective of this study, the classification of the farmers revealed a phenomenon described in the literature as digital divide (BRONSON and KNEZEVIC 2019; ROTZ

ET AL. 2019). In the case of our sample, almost one-third of the farmers do not engage with digital technologies. We find this noteworthy since it can be assumed that the evaluation of factors influencing the uptake of digitalisation is affected by a farmers' intention to engage with digital farming. We assume that some of the non-digitalised farms have little intentions to engage with digital technologies and therefore see higher barriers. This calls for further studies investigating the motivation and hesitation to engage with digital agriculture in a more fragmented way, or to put it differently, from the perspectives of different groups in the farming community.

The second conclusion is related to the significant differences between the four user groups for *running costs, questionable economic efficiency, usability, reliability of systems, work quality and relief, and technical service of manufacturers*. In contrast to less experienced farmers, participants who engage more with digital technologies perceive these items as less hindering or more beneficial, respectively. Therefore, farmers with less experience with digital technologies should be better addressed with more information related to these factors in order to better inform them about the benefits and risks of digital technologies. One may argue that improving the proliferation of information on digital agriculture will increase farmers' willingness to engage with digital farming.

The last conclusion concerns the general evaluation of the factors. The obtained results indicate that in almost all cases the rating tendencies of the four groups are equal. In this regard, political support is the only exception. Thus, we conclude that prior experience with digital technologies has a minor influence on whether an item is perceived as a driver or barrier. This raises the question of whether simply removing existing barriers, in particular financial and technical ones, is enough to motivate more farmers to engage with digital farming. In this context, we must perhaps also acknowledge that many farmers do not engage with digital farming because the technologies hardly fit their farming operation (BRONSON 2019). Therefore, promoting other methods to increase the resilience of farming systems might be more promising than efforts to increase the adoption of digitalisation.

We acknowledge that our approach suffers from some limitations. The data is not representative for Baden-Württemberg, so that further investigations are necessary for better understanding farmers' perceptions. Nevertheless, this study provides novel insights into farmers' perceptions of barriers and drivers of digital farming. However, the scientific results must be taken up by actors involved in innovation development and policymaking. Only then farmers can benefit from them and a more resilient agriculture through applying digital technologies becomes possible.

Funding and Financing

The project DiWenkLa (Digital Value Chains for a Sustainable Small-Scale Agriculture) is supported by funds of the Federal Ministry of Food and Agriculture (BMEL) based on a decision of the Parliament of the Federal Republic of Germany via the Federal Office for Agriculture and Food (BLE) under the innovation support programme (grant reference 28DE106A18). DiWenkLa is also supported by the Ministry for Food, Rural Areas and Consumer Protection Baden-Württemberg (MLR).

Acknowledgement

We would like to express our special thanks to all farmers who participated in the survey and thus supported the research work of the DiWenkLa project. Furthermore, the research team of the HfWU Nürtingen and the University of Hohenheim would like to thank the MLR for their support to disseminate the survey.

References

- AUBERT, B. A.; SCHROEDER, A.; GRIMAUDDO, J. (2012): IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. In: *Decision Support Systems* 54 (1): 510–520.
- BALAFOUTIS, A. T.; BECK, B.; FOUNTAS, S.; TSIROPOULOS, Z.; VANGHEYTE, J.; VAN DER WAL, T. ET AL. (2017): *Smart Farming Technologies – Description, Taxonomy and Economic Impact*. In: Søren Marcus Pedersen und Kim Martin Lind (Hrsg.): *Precision Agriculture: Technology and Economic Perspectives*. Springer International Publishing, Cham: 21–77.
- BANHAZI, T.; LEHR, H.; BLACK, J. L.; CRABTREE, H.; SCHOFIELD, C. P.; TSCHARKE, M.; BERCKMANS, D. (2012): Precision Livestock Farming: An International review of scientific and commercial aspects. In: *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 5 (3): 1–9.
- BARNES, A. P.; SOTO, I.; EORY, V.; BECK, B.; BALAFOUTIS, A.; SÁNCHEZ, B. ET AL. (2019): Exploring the adoption of precision agricultural technologies: A cross regional study of EU farmers. In: *Land Use Policy* 80: 163–174.
- BIRNER, R.; DAUM, T.; PRAY, C. (2021): Who drives the digital revolution in agriculture? A review of supply-side trends, players and challenges. In: *Applied Economic Perspectives and Policy* 43 (4): 1260-1285.
- BÖKLE, S.; KÖNN, L.; REISER, D.; PARAFOROS, D. S.; GRIEPENTROG, H. W. (2021): 1. Consideration of resilience for digital farming systems. In: John V. Stafford (Hrsg.): *Precision agriculture '21*. 13th European Conference on Precision Agriculture in Budapest, 19-22 July, 2021, Wageningen Academic Publishers: 25–31.
- BOS, J. M.; BOVENKERK, B.; FEINDT, P. H.; VAN DAM, Y. K. (2018): The Quantified Animal: Precision Livestock Farming and the Ethical Implications of Objectification. In: *Food ethics* 2 (1): 77–92.
- BRONSON, K. (2019): Looking through a responsible innovation lens at uneven engagements with digital farming. In: *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* 90-91: 1-6.
- BRONSON, K.; KNEZEVIC, I. (2019): The Digital Divide and How It Matters for Canadian Food System Equity. In: *Canadian Journal of Communication Policy* 44 (2): 63-68.
- CISTERNAS, I.; VELÁSQUEZ, I.; CARO, A.; RODRÍGUEZ, A. (2020): Systematic literature review of implementations of precision agriculture. In: *Computers and Electronics in Agriculture* 176: 105626.
- DA SILVEIRA, F.; LERMEN, F. H.; AMARAL, F. G. (2021): An overview of agriculture 4.0 development: Systematic review of descriptions, technologies, barriers, advantages, and disadvantages. In: *Computers and Electronics in Agriculture* 189: 106405.
- DABERKOW, S. G.; MCBRIDE, W. D. (2003): Farm and Operator Characteristics Affecting the Awareness and Adoption of Precision Agriculture Technologies in the US. In: *Precision Agric* 4 (2): 163–177.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) (2021): *The State of Food and Agriculture. Making Agri-Food Systems more resilient to shocks and stresses*. Rome. In: <https://www.fao.org/3/CB4476EN/online/CB4476EN.html>, retrieved February 15, 2022.
- GABRIEL, A.; GANDORFER, M. (2020): Landwirte Befragung 2020 Digitale Landwirtschaft Bayern. Ergebnisübersicht (n=2390). In: https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ilt/dateien/ilt6_praesentation_by_2390_27082020.pdf, retrieved September 15, 2020.
- GABRIEL, A.; GANDORFER, M.; SPYKMAN, O. (2021): Nutzung und Hemmnisse digitaler Technologien in der Landwirtschaft. Sichtweisen aus der Praxis und in den Fachmedien. In: *Berichte über Landwirtschaft - Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft* 99 (1): 1–27.
- GEBBERS, R.; ADAMCHUK, V. I. (2010): Precision agriculture and food security. In: *Science* 327 (5967): 828–831.
- GOLLER, M.; Caruso, C.; Harteis, C. (2021): Digitalisation in Agriculture: Knowledge and Learning Requirements of German Dairy Farmers. In: *International Journal for Research in Vocational Education and Training* 8 (2): 208–223.

- INGRAM, J.; MAYE, D. (2020): What Are the Implications of Digitalisation for Agricultural Knowledge? In: *Front. Sustain. Food Syst.* 4.
- JUNG, J.; MAEDA, M.; CHANG, A.; BHANDARI, M.; ASHAPURE, A.; LANDIVAR-BOWLES, J. (2021): The potential of remote sensing and artificial intelligence as tools to improve the resilience of agriculture production systems. In: *Current opinion in biotechnology* 70: 15–22.
- KERNECKER, M.; KNIERIM, A.; WURBS, A.; KRAUS, T.; BORGES, F. (2019): Experience versus expectation: farmers' perceptions of smart farming technologies for cropping systems across Europe. In: *Precision Agric* 21 (1): 34–50.
- KLERKX, L.; JAKKU, E.; LABARTHE, P. (2019): A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. In: *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* 90-91: 100315.
- KLERKX, L.; ROSE, D. (2020): Dealing with the game-changing technologies of Agriculture 4.0: How do we manage diversity and responsibility in food system transition pathways? In: *Global Food Security* 24: 100347.
- KNIERIM, A.; BORGES, F.; KERNECKER, M.; KRAUS, T.; WURBS, A. (2018): What drives adoption of smart farming technologies? Evidence from a cross-country study. In: *International Farming Systems Association (Hrsg.): 13th European International Farming Systems Association (IFSA) Symposium. Chania, 1-5 July 2018: 1–14.*
- KUTTER, T.; TIEMANN, S.; SIEBERT, R.; FOUNTAS, S. (2011): The role of communication and co-operation in the adoption of precision farming. In: *Precision Agric* 12 (1): 2–17.
- LIMA, E.; HOPKINS, T.; GURNEY, E.; SHORTALL, O.; LOVATT, F.; DAVIES, P. ET AL. (2018): Drivers for precision livestock technology adoption: A study of factors associated with adoption of electronic identification technology by commercial sheep farmers in England and Wales. In: *PLoS ONE* 13 (1): e0190489.
- LONG, T. B.; BLOK, V.; CONINX, I. (2016): Barriers to the adoption and diffusion of technological innovations for climate-smart agriculture in Europe: evidence from the Netherlands, France, Switzerland and Italy. In: *Journal of Cleaner Production* 112: 9–21.
- LOWENBERG-DEBOER, J.; ERICKSON, B. (2019): Setting the Record Straight on Precision Agriculture Adoption. In: *Agron.j.* 111 (4): 1552–1569.
- MCBRIDE, W. D.; DABERKOW, S.G. (2003): Information and the Adoption of Precision Farming Technologies. In: *Journal of Agribusiness* 21 (1): 21–38.
- MEUWISSEN, M. P. M.; FEINDT, P. H.; SPIEGEL, A.; TERMEER, C.; MATHIJS, E.; MEY, Y. DE ET AL. (2019): A framework to assess the resilience of farming systems. In: *Agricultural Systems* 176: 102656.
- MICHELS, M.; BONKE, V.; MUSSHOF, O. (2019): Understanding the adoption of smartphone apps in dairy herd management. In: *Journal of dairy science* 102 (10): 9422–9434.
- PATHAK, H. S.; BROWN, P.; BEST, T. (2019): A systematic literature review of the factors affecting the precision agriculture adoption process. In: *Precision Agric* 20 (6): 1292–1316.
- PAUSTIAN, M.; THEUVSEN, L. (2017): Adoption of precision agriculture technologies by German crop farmers. In: *Precision Agric* 18 (5): 701–716.
- PIERPAOLI, E.; CARLI, G.; PIGNATTI, E.; CANAVARI, M. (2013): Drivers of Precision Agriculture Technologies Adoption: A Literature Review. In: *Procedia Technology* 8: 61–69.
- REICHARDT, M.; JÜRGENS, C.; KLÖBLE, U.; HÜTER, J.; MOSER, K. (2009): Dissemination of precision farming in Germany: acceptance, adoption, obstacles, knowledge transfer and training activities. In: *Precision Agric* 10 (6): 525–545.
- ROTZ, S.; GRAVELY, E.; MOSBY, I.; DUNCAN, E.; FINNIS, E.; HORGAN, M. ET AL. (2019): Automated pastures and the digital divide: How agricultural technologies are shaping labour and rural communities. In: *Journal of Rural Studies* 68: 112–122.
- SCHIMMELPFENNIG, D. (2016): Farm Profits and Adoption of Precision Agriculture. Hg. v. United States Department of Agriculture. Economic Research Service (Economic Research Service Report, 217).

- SCHRIJVER, R.; POPPE, K.; DAHEIM, C. (2016): Precision Agriculture and the future of farming in Europe. Scientific Foresight Study. Brüssel.
- SHANG, L.; HECKELEI, T.; GERULLIS, M. K.; BÖRNER, J.; RASCH, S. (2021): Adoption and diffusion of digital farming technologies - integrating farm-level evidence and system interaction. In: *Agricultural Systems* 190: 103074.
- SHEPHERD, M.; TURNER, J. A.; SMALL, B.; WHEELER, D. (2018): Priorities for science to overcome hurdles thwarting the full promise of the ‘digital agriculture’ revolution. In: *Journal of the science of food and agriculture* 100 (14): 5083–5092.
- SOMA, T.; NUCKCHADY, B. (2021): Communicating the Benefits and Risks of Digital Agriculture Technologies. Perspectives on the Future of Digital Agriculture Education and Training. In: *Front. Commun.* 6 (762201): 1-17.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (DESTATIS) (2021): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. In: https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/_inhalt.html, retrieved January 14, 2021.
- STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG (STALA) (2021): Landwirtschaftszählung 2020 in Baden-Württemberg. In: https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Statistische_Daten/221121001.bs, retrieved February 15, 2022.
- STURM, B.; NASIRAHMADI, A.; MÜLLER, S.; KULIG, B. (2020): Smart Livestock Farming - Eine Bestandsaufnahme. In: *Züchtungskunde* 92 (6): 433–450.
- WATHES, C. M.; KRISTENSEN, H. H.; AERTS, J.-M.; BERCKMANS, D. (2008): Is precision livestock farming an engineer’s daydream or nightmare, an animal’s friend or foe, and a farmer’s panacea or pitfall? In: *Computers and Electronics in Agriculture* 64 (1): 2–10.

PATHWAYS TO SUSTAINABLE AGRICULTURE

FACTORS INFLUENCING THE ADOPTION OF HERBICIDE RESISTANCE TESTS IN GERMAN AGRICULTURE

Marius Michels¹, Vanessa Bonke, Oliver Mußhoff

Summary

The ban on active ingredients in chemical crop protection and the resulting shortage of available tools in the future emphasize the importance of herbicide resistance management in arable farming. Resistance testing allows farmers to get an objective overview of the prevailing herbicide resistance on their land and to adjust their resistance management accordingly. Yet no study has investigated farmers' adoption of herbicide resistance tests. For this purpose, an only study with 200 German arable farmers was conducted in 2021. The adoption decision was investigated by applying the Theory of Planned Behavior framework. Estimation of the model was carried out using partial least squares structural equation modelling and a logistic regression. The results suggest that improving farmers' attitudes by communicating associated benefits of using herbicide resistance tests can facilitate its widespread adoption. Furthermore, awareness of the availability of herbicide resistance tests needs to be raised by advertising and crop consultants. Results from this study are of relevance for several groups of interest as they can help to promote herbicide resistance tests, ensure that the available range of active ingredients is not further restricted by emerging resistances, and in the long run help to ensure farm profitability and food safety.

Keywords

herbicide resistance; weed management; partial least squares structural equation modelling; theory of planned behavior; herbicide resistance management.

1 Introduction

Intensive farming practices in modern conventional agriculture systems are heavily dependent on the use of fertilizers and pesticides to protect and enhance yields (PRETTY, 2018; TILMAN et al., 2011). In fact, the application of pesticides has brought massive increases in food production (HICKS et al., 2018). According to ERVIN et al. (2019), weed-sensitivity to herbicides is an under-appreciated ecosystem service. By disrupting biochemical and/or physiological processes, herbicides kill weeds and thereby ensure a strong yield and quality of the crop. However, one of the consequences of incorrect herbicide use is the development of herbicide resistance. Herbicide resistance can be defined as “the inherited ability of a weed population to survive a herbicide application that is normally lethal to the vast majority of individuals of that species” (POWLES et al., 1996). The evolution of herbicide resistance is directly correlated to the frequency of historical herbicide use (HICKS et al., 2018), which is unavoidable if the weed management is based exclusively on one active ingredient (BAGAVATHIANNAN and DAVIS, 2018). Furthermore, the scarcity of new products and the ban of many active ingredients make resistance cases in the future even more likely (PETERSON et al., 2018). Herbicide resistance may force farmers to switch to different crops or non-chemical options, which can threaten farm profitability and ultimately farmers' economic well-being. Furthermore, the increased occurrence of herbicide resistance threatens food security and can cause further environmental

¹ Georg-August-Universität Göttingen, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen, mmichel3@gwdg.de

and human health damage by overuse or the addition of further active ingredients to the mixture by the farmer (PANNELL et al., 2016).

ULBER and RISSEL (2018) showed that farmers have relied mostly on experts and their own perception in detecting herbicide resistance. However, herbicide resistance testing could be a valuable tool to gain cost-effective, objective knowledge about the emergence of herbicide resistance at an earlier stage. By using the results of an herbicide resistance test, which provides a detailed overview of resistance to active ingredients, farmers can adjust their weed control more easily and tailor it to the current situation. Furthermore, herbicide resistance tests can also ensure that the range of active ingredients is not further restricted for a farmer by promoting sustainable herbicide resistance management. Hence, the use of herbicide resistance tests can result in economic and ecological benefits. Lastly, with the help of this instrument, food security is also ensured. Despite the many advantages, the adoption of herbicide resistance tests is not yet widespread among farmers. Even more surprisingly, no study has yet looked at farmers' attitudes and decision-making with respect to herbicide resistance tests.

Farmers' adoption decisions are not usually solely based on objectively measurable benefits, otherwise all farmers would make the decision to adopt a technology or practice at the same time. It has been argued that ignoring the influence of social-psychological factors (e. g. attitudes and beliefs) in the adoption process could result in an incomplete understanding of farmers' behavior (e. g. AUSTIN et al., 1998). Likewise, in the case of herbicide resistance management practices, HURLEY and FRISVOLD (2016) stress that economic factors provide important incentives, but they are not the only motivators for farmers. Lastly, with respect to voluntary adoption decisions, focusing on the behavioral perspective is particularly warranted if it is the goal to motivate adoption (DESSART et al., 2019) as it is the case for herbicide resistance tests. Hence, it is reasonable to focus at first sight on social-psychological factors in this case.

A well-known theoretical framework, which accounts specifically for the influence of social-psychological factors in decision-making, is the theory of planned behavior (TPB) (AJZEN, 1991), which has also been previously used in the context of pesticide application in terms of integrated pest management practices (DESPOTOVIĆ et al., 2019; REZAEI et al., 2019) or the use of pesticides (BAGHERI et al., 2019). The TPB aims to explain and predict an individual's behavior. More specifically, the theory focuses on the self-controlled, goal-directed and voluntary behavior. According to theory, individuals' attitude, social norm as well as perceived behavioral control influence the intention and ultimately the specific behavior in question (AJZEN, 1991). As said before, no attention has been paid to understanding farmers' behavior with respect to the adoption of herbicide resistance tests. In addition, the compatibility of the TPB framework to explain farmers' behavior in this context has not yet been examined.

To fill these research gaps, this study aims to understand farmers' attitude and behavior towards the use of herbicide resistance tests by using the TPB framework. To the best of our knowledge, this is the first study to examine the influence of attitudinal variables on farmers' adoption process of herbicide resistance tests. For this purpose, an online study was conducted in the first quarter of 2021 with 200 German conventional arable farmers. The model for the adapted TPB was estimated using partial least squares structural equation modelling (PLS-SEM) (HAIR et al., 2022) and a binary logit model. Results from this study are of interest for researchers, farmers as well as extension services and providers of herbicide resistance tests as they have both theoretical and practical implications. Understanding farmers' attitudes and behavior towards the use of herbicide resistance tests can facilitate the adoption of these instruments in conventional arable farming and ultimately the adoption of herbicide resistance management strategies. In this vein, extension services can use the results to increase awareness and adoption rates of herbicide resistance tests among the farmers. Likewise, providers of herbicide tests can improve their marketing activities based on the results. In consequence, the study can help to

ensure that the available range of active ingredients is not further restricted by emerging resistances. In the long run, the promotion of herbicide resistance testing by using the results of this study can help to ensure farm profitability and food safety. At a larger level, this study provides an empirically verified theoretical framework for researchers to investigate farmers' behavior regarding the use of herbicide resistance tests in other country settings.

2 Hypotheses Generation

In the TPB, an individual's intention predicts his or her behavior. The intention originates from the latent constructs attitude, social norm and perceived behavioral control (AJZEN, 1991). The latent construct attitude in the TPB measures an individual's positive or negative evaluation of the behavior in question (AJZEN, 1991). With respect to herbicide resistance tests, the latent construct represents farmers' evaluation of the usefulness of and interest in the tests results, respectively. A more positive general attitude towards herbicide resistance tests generally increases farmers' intention while a negative general attitude decreases it as displayed in the following hypothesis:

H1: General attitude influences farmers' intention to use herbicide resistance tests

Social norm is the latent construct in the TPB which refers to an individual's perceived social pressure to comply with (or not) the behavior in question. More specifically, social norms represent the influence of an individual's social environment (e. g. colleagues, extension services) on his decision-making process (AJZEN, 1991). With regard to pesticide application, the opinions of professional colleagues and advisors play a major role for farmers (PANNELL and ZILBERMAN, 2001). Accordingly, it can be assumed that the opinion of professional colleagues and advisors also have an influence on the intention to use herbicide resistance tests as shown in the following hypothesis:

H2: Social norm influences farmers' intention to use herbicide resistance tests

Perceived behavior control refers to the extent an individual perceives performing the behavior in question to be difficult or easy (AJZEN, 1991). More specifically, perceived behavioral control can be attributed to an individual's engagement in the behavior in question based on their access and requirement of resources (e. g. money, time, skills) (AJZEN, 1985). In terms of herbicide resistance testing, this means access to herbicide test providers, the time commitment of collecting and sending in the seeds as well as correctly interpreting the resistance profile and transferring its implications to the on-farm weed management. When the person perceives the execution of the behavior as easy (difficult), the intention to perform the behavior increases (decreases). The following hypothesis is therefore derived:

H3: Perceived behavioral control influences farmers' intention to use herbicide resistance tests

Weeds cause average yield losses of 35 % worldwide (HICKS et al., 2018). The costs incurred by farmers due to weeds are composed of yield and quality losses (ALEMSEGED et al., 2001; NORSWORTHY et al., 2012). Loss of control through herbicide resistances can double economic costs of weeds (Hicks et al., 2018). However, LIVINGSTON et al. (2016) noted that adjustments to the weed management due to resistances may reduce profits in the first years, but can increase profits in the long run. Hence, if a farmer perceives that he or she can (not) use active substances more efficiently on the basis of resistance test results and that the profits (do not) exceed the costs in the long term, he or she will have a higher (lower) intention to use herbicide resistance tests and a more positive (negative) general attitude towards the tests.

H4a: Perceived economic benefits influence farmers' general attitude towards herbicide resistance tests

H4b: Perceived economic benefits influence farmers' intention to use herbicide resistance tests

PANNELL and ZILBERMAN (2001) emphasize that farmers may apply pesticides sub-optimally, which, due to its lack of efficiency, can lead to overuse, which in turn can result in a greater environmental impact. Furthermore, farmers often respond to resistant weeds with herbicide mixtures with additional active ingredients having more environmental effects and also increasing the possibility of building new resistances (PANNELL et al., 2016). However, farmers who are highly concerned about negative externalities in using pesticides are more likely to take measures to reduce pesticide use (BAKKER et al., 2021; STALLMAN and JAMES, 2015). Reliable results of herbicide resistance tests can serve as a motivator to use the optimal amount of active ingredients or to adjust weed management efficiently, which can be an alleviation for the environment through less overuse of herbicides. Hence, if a farmer perceives that he or she can (not) use active substances more efficiently for the benefit of the environment on the basis of resistance test results, he or she will have a higher (lower) intention to use these instruments and a more positive (negative) general attitude towards the tests. The following hypotheses are therefore derived:

H5a: Perceived ecological benefits influence farmers' general attitude towards herbicide resistance tests

H5b: Perceived ecological benefits influence farmers' intention to use herbicide resistance tests

In the TPB framework, the latent constructs *Perceived Behavioral Control* and *Intention* influence directly the actual behavior in question. The lower the probability that the behavior in question is actually performed, the lower the intention of the individual is, regardless of whether the individual is able to do so (AJZEN, 1991), which can be assumed to also hold true for the usage of herbicide resistance tests. Furthermore, a higher perceived behavioral control also increases the likelihood of the actual performance of the behavior in question (AJZEN, 1991). Therefore, it can be assumed that the latent construct *Perceived Behavioral Control* also plays a critical role for the adoption. The following hypotheses reflect these considerations:

H6: Perceived behavioral control influences farmers' actual adoption of herbicide resistances tests

H7: Farmers' intention to use herbicide resistance tests influence farmers' actual adoption of herbicide resistances tests

3 Material and Methods

An online survey addressed to German farmers was conducted in the first quarter of 2021. Farmers were invited to participate in the survey via agricultural newsletters and social media. The farmers were asked once via the named channels to take part; no subsequent invitation was sent out. The survey was divided in three parts. In the first part, farmers were asked to provide socio-demographic and farm related information. In the second part, surrounding information about on-farm herbicide resistance was asked for. Furthermore, farmers were asked if they have used a herbicide resistance test (yes/no). In the third part, farmers were asked to indicate their approval to 19 randomized indicator statements on a 5-point Likert scale (1 = high disagreement; 5 = high agreement). The statements are used to estimate the latent constructs in the model as proposed in section 2. Before the evaluation of the statements, the farmers received an explanatory text to herbicide resistance tests to ensure that all farmers have a basic knowledge of resistance testing in order to be able to evaluate the statements in a reliable way. To further ensure the quality of the answers, the farmers were explicitly asked to click on a specific answer on the Likert scale at one point in the survey. If they clicked incorrectly at this point, they were asked politely to read the statements carefully and then had to evaluate the statements again. If farmers still answered the quality check question wrong, they were excluded from the survey immediately. To address the research question in a meaningful way, we purposively sampled conventional arable farmers who manage at least five hectares of

arable land (GERMAN FARMERS' ASSOCIATION, 2021). Furthermore, we ensured that all farmers have winter cereals in their crop rotation as these are the dominating crop rotations in Europe (PETERSON et al., 2018). These farmers are objectively most likely the ones who are dealing with weed management issues and possible herbicide resistances. Finally, the sampling method ensured transferability of the results to other regions in Europe with comparable cropping systems.

Estimations were carried out using partial least squares structural equation modelling (PLS-SEM) up to the intention to use herbicide resistance tests. With respect to PLS-SEM, the evaluation is carried out in two steps: First, the outer model is estimated. The measurement model assessment includes indicator reliability (loadings λ), internal consistency (composite reliability, CR), convergent validity (average variance extracted, AVE) and discriminant validity (Heterotrait-Monotrait ratios ($HTMT$)) (HAIR et al., 2022; HENSELER et al., 2015). Indicator reliability is established if standardized loadings exceed the threshold of 0.7, which indicates that more than 50 % of the indicator's variance is explained by the latent construct. Values for composite reliability $CR > 0.7$ and < 0.95 establish internal consistency which means that all indicators to be tested measure the same latent construct. Convergent validity is established by estimating the average variance extracted AVE , which should exceed the threshold of 0.5. An AVE value above 0.5 indicates that a latent construct explains more than half of the variance of its indicators. Values for the $HTMT$ correlations should not exceed 0.9 to establish discriminant validity. Discriminant validity ensures that all latent constructs are separable from each other and that indicators only represent one latent construct (HAIR et al., 2022). Before estimating the structural model, variance inflation factors (VIF) are estimated to check for multicollinearity. Second, in the structural model, the relationship between exogenous and endogenous latent constructs is estimated and given as standardized path coefficients β (direct effect). A bootstrapping procedure with 10,000 subsamples is applied to estimate t-statistics to check for statistical significance of the standardized path coefficients (β) and also to estimate confidence intervals for the $HTMT$ values. Furthermore, explained variance (R^2) and out of sample-predictive relevance (Q^2) are estimated. Q^2 values are estimated using a blindfolding procedure with an omission distance of seven. Estimation of the PLS-SEM was carried out using *SmartPLS* 3.2.7 (RINGLE et al., 2015).

The target endogenous variable in the model is a binary variable with the following specification: 1 = adoption of herbicide resistance tests and 0 = no adoption of herbicide resistance tests. Applying the estimation procedure of PLS-SEM to the binary variable in the model would result in biased standard errors (HAIR et al., 2012). Hence, the latent factor scores for the intention and perceived behavioral control were implemented in a logistic regression for the binary adoption variable.

4 Results and Discussion

4.1 Descriptive Results

200 fully-answered questionnaires were used for the analysis. With respect to socio-demographic and farm characteristics, the sample is slightly biased towards younger farmers than the German average. The average farmer is 45 years old (German average is 53 years old). With respect to farm size, farms with a size between 50 and 500 hectares of arable land are slightly overrepresented, while farms with more than 500 hectares are slightly underrepresented. With respect to farms smaller than 50 hectares of arable land, the sample is close to the German average. The average farm size in the sample is 335 hectares of arable land. The sample contains a higher share of male farmers (96.5 %) than the German average (90 %). Furthermore, 46.5 % of the farmers in the sample hold a university degree which far exceeds the German average of 12 %. With respect to the farm locations in Germany, more than half of

the farmers in the sample are from the northern region (51.5 %) which exceed the German average, while the southern region is underrepresented (16 %). The share of farmers living in the eastern or western regions (5%; 27.5 %) is close to the German average (7%; 24%) (GERMAN FARMERS' ASSOCIATION, 2021). The share of winter cereals in the average farmer's crop rotation amounts to 51.8 %. As expected due to our sampling method, 97 % of the farms are managed purely as conventional. Only, 3 % of the farms have an additional organic branch on their farm. Lastly, the average farmer in the sample is risk neutral as shown by the mean score of 5.5 on the 11-point scale based on DOHMEN et al. (2011). In the sample, 16.5 % of the farmer have used a herbicide resistance test. Only 22 % are sure that they have no herbicide resistant weeds on their farm, while 55.5% are certain to have at least one herbicide resistant weed. 22.5 % of the respondents are not sure. From the farmers who are sure they have herbicide resistant weeds or are unsure if they may have herbicide resistant weeds on the farm, 84.6 % have already adjusted their weed management. Furthermore, more than 70 % of the farmers wish for more information about herbicide resistances. Lastly, more than 80 % of the farmers agree that new resistance-free herbicides will be registered in Germany in the future.

To conclude, the sample is slightly biased in terms of socio-demographic and farm characteristics. However, as all farmers in the sample are conventional arable farmers with winter cereals in their crop rotation, the sample can be described as valid for the research purpose regarding the use of herbicide resistance tests.

4.2 Estimation Results

The indicator loadings are, with four exceptions (min. 0.612), above the common rule of thumb of 0.7 (HAIR et al., 2011). However, as pointed out by CHIN (1998), only indicators with loadings less than 0.5 should be dropped. Furthermore, HAIR et al. (2022) recommend that indicators below the threshold 0.7 should be retained in the model due to their impact on further model results and content validity. Lastly, a bootstrapping was applied to assess the statistical significance of each indicator loading. Since all indicator loadings are statistically significant ($p < 0.001$) and due to the recommendation in the literature, all indicators are retained in the model as proposed. All values for CR and AVE exceed the recommended threshold of 0.7 and 0.5, respectively. Hence, the results for each latent construct's CR establish internal consistency. Likewise, estimated constructs' AVE provide the necessary evidence for convergent validity in the model. Furthermore, variance inflation factors were estimated (VIFs, max. 2.575; min. 1.136). VIFs < 5 indicate that multicollinearity is not at a critical level (HAIR et al., 2022).

While not all indicator outcomes can be examined in detail, some results are remarkable: The latent construct *General Attitude* showed the highest overall mean, which indicates a clear positive attitude towards the use of herbicide resistance tests among the farmers (mean = 4.263). Likewise, the overall mean for the latent constructs *Perceived Economic Benefits* (mean = 4.140) and *Perceived Ecological Benefits* (mean = 3.870) indicate a relatively high level of agreement that the use of herbicide resistance tests is associated with economic and ecological benefits. Looking at the highest agreement among the indicators for the latent construct *Perceived Economic Benefits* shows that the statement "Herbicide resistance testing allows me to use active ingredients more efficiently" had the highest mean value (mean = 4.250). For the latent construct *Perceived Ecological Benefit*, the statement "The use of herbicide resistance testing is important for sustainable management in arable farming" achieved the highest level of agreement (mean = 3.980). Another noteworthy result is the overall mean value for the latent construct *Perceived Behavioral Control*, which is the lowest for all latent constructs (mean = 3.213). Equally noteworthy is the gap in the mean agreement values for the indicators of the named latent construct. While the statement "I have the knowledge necessary to transfer herbicide resistance test results into my weed management" showed a mean value of 3.890, the statement "I have access to herbicide resistance testing providers" only achieved a mean value

of 2.660. The results reveal that farmer feel they are able to integrate results of the herbicide resistance tests in their weed management. Nonetheless, a perceived lack of access to providers is clearly stated by farmers.

Discriminant validity is supported since no *HTMT* ratio exceeds the threshold of 0.9 (max. 0.887) (HAIR et al., 2022; HENSELER et al., 2015). In this case, we used the less conservative threshold of 0.9 for the *HTMT* ratio, since we included three conceptually related latent constructs in the model (*General Attitude*, *Perceived Economic Benefits*, *Perceived Ecological Benefits*). However, to no only rely on the threshold, we also estimated the 95% percentile confidence intervals (CI₉₅) of the *HTMT* ratios. According to HENSELER et al. (2015), a lack of discriminant validity can be excluded if a value of 1 does not fall in the CI₉₅, which holds true for our results (max. CI₉₅ = 0.971)

Table 1 shows the model results. Explained variance (R²) of the latent constructs *General Attitude* and *Intention* in the structural model amount to 0.555 and 0.478, respectively. The results indicate that 48 % of the variation in the farmers' intention is explained by the latent constructs *General Attitude*, *Social Norm*, *Perceived Behavioral Control*, *Perceived Economic Benefits* and *Perceived Ecological Benefits*. Also, 56 % of the variation in farmers' general attitude is explained by the latent constructs *Perceived Economic Benefits* and *Perceived Ecological Benefits*. Furthermore, values for Q², which were estimated with an omission distance of seven, are larger than 0 which indicates a sufficient predictive relevance of the model (HAIR et al., 2022). The results of the structural model indicate that the proposed extended TPB model is able to capture a large amount of latent information in the adoption process of herbicide resistance tests.

Table 1. Structural model and logistic regression results (N = 200)

Partial Least Squares Structural Equation Modelling ^a				
Path		β	t	Support H?
General Attitude → Intention	H1	0.435***	5.443	Yes
Perceived Behavioral Control → Intention	H2	0.204***	3.873	Yes
Social Norm → Intention	H3	0.182**	2.837	Yes
Perceived Economic Benefits → General Attitude	H4a	0.514***	6.753	Yes
Perceived Economic Benefits → Intention	H4b	0.124 n. s.	1.408	No
Perceived Ecological Benefits → General Attitude	H5a	0.296***	4.138	Yes
Perceived Ecological Benefits → Intention	H5b	-0.047 n. s.	0.558	No
Logistic Regression ^b				
Path		OR ^c	z	Support H?
Perceived Behavioral Control → Adoption	H6	5.238***	3.62	Yes
Intention → Adoption	H7	4.343***	4.98	Yes

^a General Attitude (R² = 0.555; Adjusted R² = 0.550; Q² = 0.363), Intention (R² = 0.478; Adjusted R² = 0.464; Q² = 0.376)

^b log likelihood = -49.447, LR chi² (2) = 80.25***, McFadden Pseudo R² = 0.448, McKelvey & Zavoina Pseudo R² = 0.673, Nagelkerke Pseudo R² = 0.559, Link test n. s., Hosmer-Lemeshow chi² (8) = 2.46 n. s., Pearson chi² (164) = 106.09 n. s., Correctly classified = 91 %

^c Odds ratio > 1 indicate a positive effect; Odds ratio < 1 indicate a negative effect

***p < 0.001, **p < 0.01, *p < 0.05, n. s. = not statistically significant; H = Hypothesis; OR = Odds ratio

Farmers' general attitude has a statistically significant influence on the intention to use herbicide resistance tests (β = 0.435***), so the first hypothesis (H1) is given support. Hence, higher levels of a positive general attitude towards herbicide resistance tests lead to a higher intention to use this instrument. Results also show that perceived behavioral control has a statistically significant positive relationship with the intention to use herbicide resistance tests

($\beta = 0.204^{***}$). Thus, the second hypothesis (H2) is given support by the model. This means that if a farmer perceives difficulties performing a herbicide resistance test, the intention to perform a test decreases. The results also support the third hypothesis (H3) which proposes a statistically significant effect of social norms on farmers' intention to use herbicide resistance tests ($\beta = 0.182^{**}$). Thus, perceived pressure from other farmers and crop consultants reinforces farmers' intention to use such tests. Hypotheses 4a and 4b deal with the effect of perceived economic benefits on the general attitude (H4a) and intention to use herbicide resistance tests (H4b). The path coefficient of perceived economic benefits is statistically significant for the general attitude towards herbicide resistance tests in a positive direction ($\beta = 0.514^{***}$). However, no statistically significant effect could be found for the path coefficient of perceived economic benefits on the intention to use herbicide resistance tests. Hence, H4a can be given support, while H4b can be given no support by the model. This means that a higher level of perceived economic benefits in using herbicide resistance tests improves general attitude towards the tests, but has no effect on the intention to use them. Comparable implications emerge for the results of hypotheses 5a and 5b. While perceived ecological benefits statistically significantly influence farmers' general attitude towards herbicide resistance tests (H5a) in a positive direction ($\beta = 0.296^{***}$), no statistically significant effect was found for the path coefficient linking perceived ecological benefits and farmers' intention to use herbicide resistance tests (H5b).

To investigate possible indirect effects, we conducted a mediation analysis. By means of the mediation analysis, we test for the statistically significant indirect effects of perceived economic and ecological benefits via the general attitude towards the intention to use herbicide resistance tests. The indirect effects can be seen as the sequence of the two direct effects. Hence, the indirect effect of perceived economic benefits via the general attitude on the intention is the product of the successive path coefficients ($0.224 = 0.514 \times 0.435$), which is statistically significant with $p < 0.001$. Likewise, the indirect effect of perceived ecological benefits via the general attitude on the intention ($0.129 = 0.296 \times 0.435$) is statistically significant at $p = 0.001$. Since the direct effects are not statistically significant (results for H4b and H5b) and the indirect effects are statistically significant, the results imply that the general attitude fully mediates the perceived economic and ecological benefits to the intention to use herbicide resistance tests (HAIR et al., 2022). Hence, higher levels of perceived economic and ecological benefits lead to a positive increase in the general attitude, which in turn leads to a higher intention to use herbicide resistance tests.

Table 2 shows the mean index values of the inner models' latent constructs and the total effects (indirect + direct effect) of the latent exogenous constructs on the latent endogenous constructs. The latent constructs' values are rescaled so that they can take values between 0 and 100. The mean index values indicate the constructs' performance (0 = lowest performance, 100 = highest performance). The total effect expresses the exogenous latent constructs' importance in predicting the target latent endogenous construct. In addition, Figure 1 shows the results of Table 2 graphically in an importance-performance map (IPMA) (RINGLE and SARSTED, 2016) based on the estimated structural model up to the latent construct *Intention*. IPMA results allow to identify areas of improvement which can be addressed by management and marketing activities. In order to increase the endogenous latent constructs' performance, one should focus on latent constructs with relatively high importance (i. e. high total effect; x-axis) and relatively low performance (y-axis) (HOCK et al., 2010; RINGLE and SARSTED, 2016).

The results in Table 2 and Figure 1 imply that the latent constructs *General Attitude* and *Perceived Economic Benefits* are highly relevant for increasing farmers' intention to use herbicide resistance tests due to their relatively high total effects. However, as both latent constructs have a high performance level, there is minor potential for a further increase. Hence, efforts should be taken in maintaining these performance levels or, if possible, expanding them. The latent construct *Perceived Ecological Benefits* is at first sight of less importance to increase

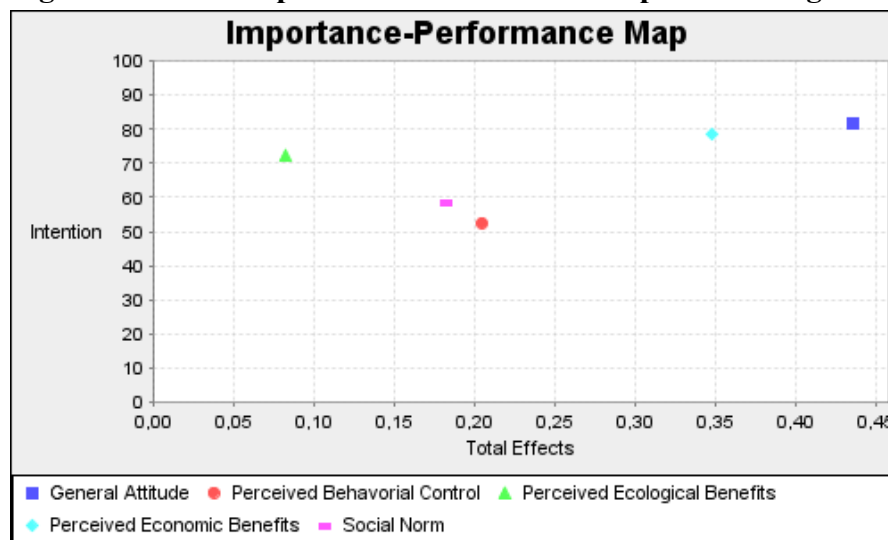
farmers' intention as the total effect is relatively low. Furthermore, the performance of the latent construct is relatively high. Hence, *Perceived Ecological Benefits* have a relatively low impact on the intention and provide only minor potential for further improvement. However, *Social Norm* and *Perceived Behavioral Control* have reasonable total effects on the target latent construct and also offer more improvement potential in terms of performance.

Table 2. Index values and total effects

Latent construct	Index value	Total effect on <i>Intention</i> ^a
General Attitude	81.561	0.435
Perceived Behavioral Control	52.615	0.204
Social Norm	58.226	0.182
Perceived Ecological Benefit	72.523	0.082
Perceived Economic Benefit	78.581	0.347

^aIf no indirect effect is present, then the total effect is equal to the path coefficient (β) (Table 1).

Figure 1. Importance-Performance Map for the target latent construct *Intention*



Lastly, the relationship between farmers' actual adoption decisions and the latent constructs *Intention* and *Perceived Behavioral Control* (H6, H7) is investigated via a logistic regression. The goodness-of-fit characteristics for the logit model are reported below Table 1. Results of the logistic regression show that the actual adoption of herbicide resistance tests is statistically significantly influenced by farmers' intention (OR = 4.343***) and the perceived behavioral control (OR = 5.238***). Hence, H6 and H7 are supported by the model. The logit model formally completes the analysis of the TPB and indicates that an intention-behavior gap is not present. In conclusion, the adoption of herbicide resistance tests can be predicted by using the TPB framework.

5 Scientific and practical implications

From the results of the structural model, it can be concluded that the general attitude is the most reliable predictor of farmers' intention to use herbicide resistance tests. A strong positive correlation between intention and general attitude suggest one strategy could be to communicate and emphasize that herbicide resistance tests are favorable for farmers. Herein, the results for the latent construct *Perceived Economic Benefits* in the IPMA (Figure 1) become relevant. Firstly, the effect of perceived economic benefits is fully mediated through farmers' general attitude towards the intention to use herbicide resistance tests. Secondly, farmers'

general attitude and perceived economic benefits have the greatest impact on farmers' intention to use herbicide resistance tests. It is according to NORSWORTHY et al. (2012), scientifically clear that herbicide resistance management comes with short-term costs for farmers but includes long-term economic benefits by avoiding additional future costs due to resistances. However, farmers are most likely to focus on immediate economic costs with respect to herbicide resistance management (NORSWORTHY et al., 2012). Costs of herbicide resistance management are immediate as the farmer has to adjust his or her weed management. In contrast, benefits of an effective herbicide resistance management emerge at a later point in time, which encourage farmers to delay the adoption of herbicide resistance management strategies (HURLEY and FRISVOLD, 2016). Furthermore, it is also straight-forward for a farmer to calculate the costs of adding an additional active ingredient to the mixture, however calculating the long-term costs of resistance and benefits of herbicide resistance management come with great uncertainty (HURLEY and FRISVOLD, 2016). Hence, it should be the goal to persuade farmers to adopt herbicide resistance tests and possible subsequent measures by communicating that anti-resistance strategies costs are small compared to long-term costs of resistances. Herbicide resistance testing can serve as a robust, objective basis for convincing farmers to implement herbicide resistance management strategies. In this context, the long-term economic benefits of management adaptations need to be communicated.

Model results suggest perceived behavioral control serves as a predictor for farmers' intention to use herbicide resistance tests. Furthermore, the latent constructs with lowest performance in the IPMA (Figure 1) suggest major potential for improvement. Logically, increasing farmers' perceived behavioral control also increases their motivation and self-confidence in adapting new practices or technologies. Effective marketing campaigns and instructive efforts by crop consultants that educate farmers about herbicide resistance tests can reduce their uncertainty (PANNELL and ZILBERMAN, 2001). In this context, it is particularly important to ensure that farmers are aware of the availability of herbicide resistance testing.

As expected, social norm also serve as a predictor of farmers' intention to use herbicide resistance tests. Furthermore, the results of the IPMA map (Figure 1) suggest the latent constructs offer potential for performance improvement. This result is supported by the literature as the most important referents for farmers are neighboring farmers or experts (PERRY and DAVENPORT, 2020). The positive relationship between social norms and farmers' intention to use herbicide resistance tests suggest that other farmers can function as a channel to disseminate information about herbicide resistance tests and also persuade other farmers to adopt these instruments. In this vein, focusing on professional meetings of farmers where growers have the opportunity to interact directly with each other can be used to communicate the associated benefits in herbicide resistance testing. Furthermore, having neighboring farmers at these meetings has the advantage of counteracting farmers' feelings that they can't make any difference since neighboring farmers' decisions mean they will have the resistance problem anyway (SHAW, 2016). On the other hand, emphasizing the identified drivers of attitude through recommendations from crop consultants could also increase the intention of farmers to use herbicide resistance tests since they are an important source of information about the use of crop protection products for most farmers.

6 Conclusions

To sum it up, the present study has explored the influence of latent constructs on farmers' adoption behavior regarding the use of herbicide resistance tests. To this end, a model for an extended TPB was estimated using PLS-SEM and a binary logit model based on a sample of 200 German conventional arable farmers, collected in 2021. A similar approach with an associated study addressing farmers' adoption of herbicide resistance testing has not been reported in the literature so far. Hence, this study provides first and novel evidence for better understanding of farmers' behavior regarding the use of herbicide resistance tests that could be

fruitful for researchers and farmers, as well as extension services and providers of herbicide resistance tests. While we strongly believe that our results are transferable to other European countries with comparable cropping systems and use of pesticides, future studies should still validate our results in other country settings for which this study provides the necessary framework. This holds especially true for the United States and Australia who have a comparable or more pronounced resistance problem, but different authorized herbicides and other usages (Pannell *et al.*, 2016).

Literature

- AJZEN, I. (1985): From Intentions to Actions: A Theory of Planned Behavior. In: Kuhl, J., Beckmann, J. (Eds.), *Action Control*, vol. 34. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 11–39.
- AJZEN, I. (1991): The theory of planned behavior. In: *Organizational behavior and human decision processes*, Vol. 50 No. 2, pp. 179–211.
- ALEMSEGED, Y., JONES, R.E. AND MEDD, R.W. (2001): A farmer survey of weed management and herbicide resistance problems of winter crops in Australia. In: *Plant Protection Quarterly*, Vol. 16 No. 1, pp. 21–25.
- AUSTIN, E.J., WILLOCK, J., DEARY, I.J., GIBSON, G.J., DENT, J.B., EDWARDS-JONES, G., MORGAN, O., GRIEVE, R. AND SUTHERLAND, A. (1998): Empirical models of farmer behaviour using psychological, social and economic variables. Part I: linear modelling. In: *Agricultural systems*, Vol. 58 No. 2, pp. 203–224.
- BAGAVATHIANNAN, M.V. AND DAVIS, A.S. (2018): An ecological perspective on managing weeds during the great selection for herbicide resistance. In: *Pest management science*, Vol. 74 No. 10, pp. 2277–2286.
- BAGHERI, A., BONDORI, A., ALLAHYARI, M.S. AND DAMALAS, C.A. (2019): Modeling farmers' intention to use pesticides: An expanded version of the theory of planned behavior. In: *Journal of environmental management*, Vol. 248, pp. 109291.
- BAKKER, L., SOK, J., VAN DER WERF, W. AND BIANCHI, F.J.J.A. (2021): Kicking the Habit: What Makes and Breaks Farmers' Intentions to Reduce Pesticide Use?. In: *Ecological Economics*, Vol. 180, pp. 106868.
- CHIN, W.W. (1998): The Partial Least Squares Approach to Structural Equation Modeling. In: Marcoulides, G.A. (Ed.), *Modern methods for business research*. Lawrence Erlbaum; Taylor & Francis e-Library, Mahwah, NJ, London, pp. 295–358.
- DESPOTOVIĆ, J., RODIĆ, V. AND CARACCILO, F. (2019): Factors affecting farmers' adoption of integrated pest management in Serbia: An application of the theory of planned behavior. In: *Journal of Cleaner Production*, Vol. 228 No. 2–3, pp. 1196–1205.
- DESSART, F.J., BARREIRO-HURLÉ, J. AND VAN BAVEL, R. (2019): Behavioural factors affecting the adoption of sustainable farming practices: a policy-oriented review. In: *European Review of Agricultural Economics*, Vol. 46 Nr. 3, pp. 417-471.
- DOHMEN, T., FALK, A., HUFFMAN, D., SUNDE, U., SCHUPP, J. AND WAGNER, G.G. (2011): Individual Risk Attitudes: Measurement, Determinants, and Behavioral Consequences. In: *Journal of the European Economic Association*, Vol. 9 No. 3, pp. 522–550.
- ERVIN, D.E., BRESHEARS, E.H., FRISVOLD, G.B., HURLEY, T., DENTZMAN, K.E., GUNSOLUS, J.L., JUSSAUME, R.A., OWEN, M.D.K., NORSWORTHY, J.K. AND AL MAMUN, M.M. (2019): Farmer attitudes toward cooperative approaches to herbicide resistance management: A common pool ecosystem service challenge. In: *Ecological Economics*, Vol. 157, pp. 237–245.
- GERMAN FARMERS' ASSOCIATION (2021): "Betriebe und Betriebsgrößen: Situationsbericht 2021/22", available at: <https://www.bauernverband.de/situationsbericht/3-agrarstruktur-1/33-betriebe-und-betriebsgroessen>.
- HAIR, J.F., HULT, G.T.M., RINGLE, C.M. AND SARSTEDT, M. (2022): *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)*. SAGE, Los Angeles, London, New Delhi, Singapore, Washington DC, Melbourne, 363 pp.

- HAIR, J.F., RINGLE, C.M. AND SARSTEDT, M. (2011): PLS-SEM: Indeed a Silver Bullet. In: *Journal of Marketing Theory and Practice*, Vol. 19 No. 2, pp. 139–152.
- HAIR, J.F., SARSTEDT, M., RINGLE, C.M. AND MENA, J.A. (2012): An assessment of the use of partial least squares structural equation modeling in marketing research. In: *Journal of the academy of marketing science*, Vol. 40 No. 3, pp. 414–433.
- HENSELER, J., RINGLE, C.M. AND SARSTEDT, M. (2015): A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. In: *Journal of the academy of marketing science*, Vol. 43 No. 1, pp. 115–135.
- HICKS, H.L., COMONT, D., COUTTS, S.R., CROOK, L., HULL, R., NORRIS, K., NEVE, P., CHILDS, D.Z. AND FRECKLETON, R.P. (2018): The factors driving evolved herbicide resistance at a national scale. In: *Nature ecology & evolution* Vol. 2 No. 3, pp. 529–536.
- HOCK, C., RINGLE, C.M. AND SARSTEDT, M. (2010): Management of multi-purpose stadiums: Importance and performance measurement of service interfaces. In: *International journal of services technology and management*, Vol. 14 No. 2-3, pp. 188–207.
- HURLEY, T.M. AND FRISVOLD, G. (2016): Economic Barriers to Herbicide-Resistance Management. In: *Weed Science*, Vol. 64 No. SP1, pp. 585–594.
- LIVINGSTON, M., FERNANDEZ-CORNEJO, J. AND FRISVOLD, G.B. (2016): Economic Returns to Herbicide Resistance Management in the Short and Long Run: The Role of Neighbor Effects. In: *Weed Science*, Vol. 64 No. SP1, pp. 595–608.
- NORSWORTHY, J.K., WARD, S.M., SHAW, D.R., LLEWELLYN, R.S., NICHOLS, R.L., WEBSTER, T.M., BRADLEY, K.W., FRISVOLD, G., POWLES, S.B. AND BURGOS, N.R. (2012): Reducing the risks of herbicide resistance: best management practices and recommendations. In: *Weed Science*, Vol. 60 No. SP1, pp. 31–62.
- PANNELL, D.J., TILLIE, P., RODRÍGUEZ-CEREZO, E., ERVIN, D. AND FRISVOLD, G.B. (2016). Herbicide resistance: Economic and environmental challenges. In: *AgBioForum*, Vol. 19 No. 2, pp. 136–155.
- PANNELL, D.J. AND ZILBERMAN, D. (2001): Economic and sociological factors affecting growers' decision making on herbicide resistance. In: Powles, S.B., Shaner, D.L. (Eds.), *Herbicide resistance and world grains*. CRC Press, pp. 251–277.
- PERRY, V. AND DAVENPORT, M.A. (2020): An inductive framework of self-efficacy to understand and support farmers in conservation agriculture. In: *Journal of Soil and Water Conservation*, Vol. 75 No. 2, pp. 198–208.
- PETERSON, M.A., COLLAVO, A., OVEJERO, R., SHIVRAIN, V. AND WALSH, M.J. (2018): The challenge of herbicide resistance around the world: a current summary. In: *Pest management science*, Vol. 74 No. 10, pp. 2246–2259.
- POWLES, S.B., PRESTON, C., BRYAN, I.B. AND JUTSUM, A.R. (1996): Herbicide resistance: impact and management. In: *Advances in agronomy*, Vol. 58, pp. 57–93.
- PRETTY, J. (2018): Intensification for redesigned and sustainable agricultural systems. In: *Science* Vol. 362 No. 6417,
- REZAEI, R., SAFA, L., DAMALAS, C.A. AND GANJKHANLOO, M.M. (2019): Drivers of farmers' intention to use integrated pest management: Integrating theory of planned behavior and norm activation model. In: *Journal of environmental management*, Vol. 236, pp. 328–339.
- RINGLE, C.M. AND SARSTEDT, M. (2016): Gain more insight from your PLS-SEM results. In: *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 116 No. 9, pp. 1865–1886.
- RINGLE, C.M., WENDE, S. AND BECKER, J.-M. (2015): "SmartPLS3". Boenningsted, SmartPLS GmbH., available at: <https://www.smartpls.com/>.
- SHAW, D.R. (2016): The “wicked” nature of the herbicide resistance problem. In: *Weed Science*, Vol. 64 No. S1, pp. 552–558.
- STALLMAN, H.R. AND JAMES, H.S. (2015): Determinants affecting farmers' willingness to cooperate to control pests. In: *Ecological Economics*, Vol. 117 No. 1595, pp. 182–192.

- TILMAN, D., BALZER, C., HILL, J. AND BEFORT, B.L. (2011): "Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. In: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Vol. 108 No. 50, pp. 20260–20264.
- ULBER, L. AND RISSEL, D. (2018): Farmers' perspective on herbicide-resistant weeds and application of resistance management strategies: results from a German survey. In: Pest management science, Vol. 74 No. 10, pp. 2335–2345.

SOCIAL SUSTAINABILITY OF GERMAN DAIRY FARMERS: DEVELOPMENT OF A CONCEPT FOR MEASURING SOCIAL SUSTAINABILITY AND FIRST RESULTS FROM 8,677 FARMS

Tomke Lindena¹

Summary

Social sustainability is often neglected in sustainability discourse, including discourses concerning sustainable agriculture. When it is considered in sustainability assessment tools, the focus is often on the employees and not on the farm manager herself/himself. In German agriculture, however, family farms predominate, often with one farm manager having primary responsibility. The resilience of German dairy farms therefore also depends on the social sustainability situation of the farm manager. This paper describes the development of an indicator-based, self-assessment tool for dairy farmers to evaluate the status quo of their own social sustainability. To this end, indicators to measure and assess social sustainability have been developed in close consultation with more than 100 experts along the dairy value chain (e.g. scientists, farmers, dairy representatives). These indicators are aggregated into a social sustainability index (SSI) in this study. Initial descriptive results show that only an index score of 40% is achieved on average (median). Overall, however, the results show a dispersion, especially when looking at the results of different herd size classes or future prospects. For example, the SSI increases with increasing farm size.

Keywords

social sustainability; multi-criteria self-assessment; dairy farming

1 Introduction

Social, along with economic and ecological sustainability, is one of the three pillars of total sustainability. Although social sustainability is by definition as important as the other two pillars, it is often neglected in sustainability discourse, including discourses concerning sustainable agriculture (BINDER et al., 2010; DE OLDE et al., 2016; JANKER et al., 2019; LITTIG and GRIEBLER, 2005; VALLANCE et al., 2011). But what exactly is meant by social sustainability in an agricultural context? JANKER and MANN (2018) analyzed 87 existing sustainability assessment tools. Their analysis shows that there is no consensus on what is meant by the "social dimension" of the sustainability of agricultural systems. This is mainly because sustainability is in general a global goal, but it has to be allocated to individual countries, regions and companies. This goes hand in hand with the fact that the interpretation of sustainability (e.g. definitions) as well as the operationalization (e.g. topics and indicators for measuring sustainability) vary between countries, regions and companies, because backgrounds and purposes of the tools differ (JANKER and MANN, 2018). The main purposes of farm-level sustainability assessment tools include, for example, science-oriented approaches for research, monitoring and certification schemes designed to provide evidence to consumers, for example, farm advisory or self-assessment tools designed to assess the strengths and weaknesses of farms and serve as a basis for management improvements or farm strategy development, and assessment approaches used primarily for giving policy advice (SCHADER et al., 2014). The choice of indicators to measure (social) sustainability depends on the purpose of the particular sustainability assessment tool (FREEBAIRN and KING, 2003). For example, forced labor, severe

¹ Thünen-Institut für Betriebswirtschaft, Bundesallee 63, 38116 Braunschweig, tomke.lindena@thuenen.de

forms of child labor and other violations of the core labor standards of the International Labor Organization (ILO) are not uncommon in the global agricultural economy. In particular, sustainability assessment tools that pursue the goal of labeling (e.g. Fairtrade, which was primarily introduced for trade with products from developing countries) often contain the aforementioned aspects. Other tools, designed for developed countries like Germany, where extensive labor and social legislation is in place, assess, for example, farmers' perceived quality of life (WBAE, 2020). According to JANKER and MANN (2018) recurring topics addressing social sustainability in global agriculture are labor conditions, life quality and societal impacts. The Scientific Advisory Board for Agricultural Policy, Nutrition and Consumer Health Protection at the Federal Ministry of Food and Agriculture in Germany (WBAE) identifies the following issues as key aspects of the social sustainability of farms: working conditions, social security, volunteer engagement of the farm manager and the income situation of family farms (WBAE, 2020). While labor conditions and life quality can be assigned to internal (on farm) social sustainability, societal impacts pertain to external (off-farm) social sustainability (VAN CALKER et al., 2005).

When social sustainability is considered in sustainability assessment tools, the focus is often on the employees rather than on the farm manager himself² (JANKER and MANN, 2018). For example, since 54% of people working on German farms are non-family employees (the remaining 46% are family members, DESTATIS, 2021), it is undoubtedly very important to consider social issues of employees in sustainability assessment tools. However, what is special about farms is that they are usually independent micro-enterprises which are often primarily managed by one person (hereafter referred to as the farm manager). In Germany, for example, the world's fourth largest milk producer (HEMME, 2020), the average number of dairy cows per farm is 70, and 95% of farms have up to 200 dairy cows (TERGAST and HANSEN, 2021). According to the widespread understanding in research and practice, farms with close to 200 cows can still be considered as extended family farms in Germany. Extended family farms are farms with two to three family workers including the farm manager and additional non-family workers (SCHAPER et al., 2011). Thus, the resilience of German dairy farms also depends on the social sustainability situation of the farm manager and should therefore also be considered in sustainability assessment tools.

To date, very few findings on the social sustainability situation of German dairy farm managers exist. Studies concerning the farm manager deal with individual aspects of social sustainability and provide insights into topics such as workload or income. Looking at individual indicators, however, does not provide an overall picture. Indexing across a range of social sustainability indicators can provide additional unique insights. Questions such as "What makes a socially sustainable farm?", "Which farms are more vulnerable or less resilient to shocks?" can thus be explored in future in-depth multivariate analyses to derive recommendations for agriculture and policy from the results: How can farmers be supported to achieve more social sustainability? What are the adjusting screws? Studies that examine multiple indicators simultaneously and even aggregate them into an index, hardly exist. The objectives of the present study are therefore: (1) to present the methodology used to develop social sustainability indicators and their respective assessments, (2) to create a social sustainability index (SSI) focusing on the farm manager and (3) to present initial descriptive results of the SSI. It is important to note, that the index is not intended to make any statements about "Who is socially sustainable and who is not?". The overall goal is to be able to use the index discussed here for further in-depth analyses in the future in order to identify relationships with other variables.

² Wherever masculine pronouns have been used only, this has been done solely for reasons of readability.

2 Materials and Methods

2.1 Development of a social sustainability index (SSI)

The present study describes in a first step the development of indicators for measuring and assessing (social) sustainability. The indicator development has taken place within the framework of a nationwide dairy sustainability project (Dairy Sustainability Tool, short DST) and its previous projects since 2012. The DST involves more than 30 German dairies – more than a quarter of all dairies in Germany – and their supplying farmers. In addition to social sustainability, the DST also encompasses the other two dimensions of sustainability – economic and environmental sustainability – and furthermore aspects of animal welfare. As mentioned above, the choice of indicators to measure (social) sustainability depends largely on the purpose of the data collection. The DST attempts to support as many dairy farms as possible in their development towards increased sustainability. Thus, the tool's main purpose is a holistic farm self-assessment to didactically assess the strengths and weaknesses of a farm and serve as a basis for management improvement or strategy development. In addition, it serves as a monitoring scheme for the dairy industry (LINDENA et al., 2022). Many existing approaches for holistic farm sustainability assessment require a substantial quantity of data, which makes data collection expensive and very time-consuming for farmers (DE OLDE et al., 2016; ZAPF et al., 2009). These tools are therefore not suitable for a broad application to a large number of farms (e.g. ROESCH et al., 2016). Consequently, compromises have to be found in order to reconcile scientific knowledge and feasibility (BÉLANGER et al., 2012), which includes, in particular, cost-effective and efficient data collection. Against this background, the DST focuses primarily on indicators that are comparatively easy to collect at farm level with the help of a written questionnaire (self-assessment) (LINDENA et al., 2022).

The developed DST-indicators are combined into one index in the present study. Especially at the political and industrial level, several indicators are combined in one index to simplify the information (VAN PASSEL and MEUL, 2012). A unique score is also attractive for farmers for comparing systems (VON WIRÉN-LEHR, 2001). Besides the advantage of simplification that an index undoubtedly offers (MITCHELL, et al. 1995), there is a risk that combining indicators can result in a loss of information and thus to a lack of accuracy (HENNESSY et al., 2013). There are often recommendations in the literature that one should not work and argue exclusively with indices. In order to obtain an overview of the social sustainability situation of German dairy farmers, this study considers both individual indicators and develops an index. The selection and weighting of individual indicators is crucial for the outcome of any kind of assessment, but ultimately always subjective (SPOOLDER et al., 2003). Many agricultural sustainability assessment tools therefore use participatory processes and expert opinion to identify and select indicators (e.g., DIAZ-BALTEIRO et al., 2017, MEUL et al., 2008; VAN CALKER et al., 2005). The goal in developing the DST was to involve relevant experts and stakeholders along the dairy value chain. Therefore, an intensive discourse with a large number of experts and stakeholders, especially dairy farmers, forms the basis for the DST, which is described in the following.

2.1.1 Starting point: Indicators in the German “Dairy Sustainability Tool“

In a first step scientifically based indicators for measuring (social) sustainability were compiled subsequent to an extensive literature review. Since international connectivity is an important goal, the indicator catalogues of the Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems (SAFA), the Sustainable Agriculture Initiative Platform (SAI Platform), and the Dairy Sustainability Framework (DSF) were also considered in the development of the DST indicator catalog. Furthermore, a broad range of already existing sustainability assessment tools are continuously analyzed in terms of topic and indicator selection; but also, to obtain initial conceptions for the assessment of the respective indicators. In particular, these five

sustainability assessment tools are considered in this study: Response-Inducing Sustainability Evaluation (RISE); Sustainability Monitoring and Assessment Routine (SMART), Criteria system for sustainable agriculture (KSNL), DLG Standard Sustainable Agriculture, and Sustainability check for farms (NaLa). Last but not least, the current requirements of the market partners (industry customers and food retailers) for the dairies were included in the work. Based on this, a questionnaire was developed to record selected sustainability indicators in dairy farming. This was followed by initial surveys to extensively test the practicability of the indicators in a questionnaire survey. The accumulated information as well as the initial survey experience led to a preselection of indicators (FLINT et al., 2016).

In a second step, assessments were developed for the preselection of indicators in the form of a 4-point scale, with "level 3" indicating the optimal outcome in terms of sustainability and "level 0" representing the least favorable result. The content of the indicator assessments was based on: (1) scientific evidence on the respective indicator, (2) legal regulations, (3) available ratings in existing sustainability assessment tools and (4) known distributions of practical data from statistics on individual indicators. For each indicator, a factsheet was prepared with detailed descriptions and an assessment approach (FLINT et al., 2016). The assessment categories do not appear in the questionnaire and were therefore not known to farmers at the time of the survey. The questionnaire is structured in such a way that the farmers select those qualitative items that reflect the actual situation on their farm. The assessment categories (4-point scale) were then calculated; often from more than one question or more than 4 response categories.

Building on this, a large multi-stakeholder dialogue with experts along the dairy value chain and scientists was conducted in 2015 in the form of three workshops. These formed the basis for deciding which indicators should be included in the DST and which should not. One workshop focused exclusively on social and economic indicators. In this workshop, the potential indicators and the respective assessments were discussed using the World Café method (BROWN AND ISAACS 2005). Identical questions were discussed at four different topic sites: Is the DST on the right track in terms of indicator selection? Are all relevant indicators included? Do the assessment proposals meet with approval or is there possibly a need for further adaptation? The tables each included a farmer, a dairy processor representative, a scientist and/or consultant, a retailer and/or brand manufacturer representative and a representative from a non-governmental organization. The goal of the workshop was not to completely satisfy all participants (to find a consensus), but at least there should be no serious objections from anyone (in German: *konsent*). As topics and knowledge around sustainable dairy farming are constantly evolving, the multi-stakeholder workshops from 2015 were repeated in 2019 with the aim of reviewing the previous list of indicators for completeness and checking whether the respective assessments still correspond to the current scientific and legal status. In addition, guideline-based interviews were conducted with each stakeholder group, to prepare for and follow up on the workshops. Overall, there was a high level of agreement on the proposals for indicators and assessments. However, new indicators were also added as a result of the multi-stakeholder process. For example, it was initially suggested measuring the workload of the farm manager on the basis of annual leave days, regular days off per week and hours worked per week. But farmers' representatives in particular pointed out that these indicators would not fully cover the workload. Therefore, a further indicator was jointly developed in the workshop, which measures the individually perceived workload in the form of narrative response options in the questionnaire. Another example: The topic of occupational health and safety with the indicator number of occupational accidents was discussed in the workshops in relation to the farm manager, but was not included as an indicator in the DST. In essence, stakeholders pointed out that it is difficult to define accidents. What is an accident? What is not an accident? Even if one were to ask about accidents subject to compulsory reporting: one farmer would report the same accident, another would not. Overall, the recording of accidents via a questionnaire was still considered too complex. The decision against this indicator was made easier by the fact that

Germany has a high standard of regulations, including safety measures, and that there is not as much reason to worry about safety risks to occupational health and safety as in poorer countries. In the discussions on the social and economic aspects, not all stakeholder groups provided equal input. Representatives from the retail sector were less engaged in this workshop and contributed more in the workshops on animal welfare and environmental issues.

In step 4 the questionnaire for measuring the selected sustainability indicators at the dairy farm level, which was revised from the previous version, was field tested with dairy farmers. During the field test, on-farm interviews to check the feasibility and clarity of the questionnaire were conducted. Final adjustments to the questionnaire were made after the field test. Data has now been collected continuously since 2017.

These four steps were performed in earlier projects and in close consultation with other scientists and in several workshops with farmers and dairies (LASSEN et al., 2014 and 2015, FLINT et al., 2016). In total, 111 experts have participated in the development of the social sustainability indicators and their assessments since 2015: 17 experts representing farmers, 32 representatives of dairies, 10 representatives of food retailers, 15 representatives of the processing industry, 9 representatives of farmers' associations, 3 representatives of dairy associations, 2 representatives of food retail associations, 3 representatives of NGOs, 7 representatives of agricultural extension services, and 13 scientists. From all interviews and workshops with experts, a list of 86 sustainability indicators — thereof 11 relevant social indicators describing the social sustainability situation of the farm manager (Table 1) — was compiled. These 11 indicators cover the key aspects of social sustainability of farms identified by the WBAE (2020) and thus also include aspects of farm income.

2.1.2 Further development: Establishing relative weights for the selected indicators and aggregate indicators to an index

Scoring methodologies of tools for accessing sustainability frequently apply a “weight-and-sum” aggregation of indicators (DE OLDE et al., 2016). This study also opted for a “weight-and-sum” aggregation, since a “simple additive” aggregation does not do justice to the individual DST indicators used to measure social sustainability. For example, to measure the workload of a farm manager, the indicators 1) Average weekly working time 2) Regular days off per week in the last year, 3) Annual leave days and 4) Workload of the farm manager are considered. In the literature on work psychology, it is undisputed that high working time load and too little or no recovery time can, in the worst case, result in illness, accidents, or even physical and psychological exhaustion, including burnout (e.g. SIMKIN et al., 1998; WIRTZ, 2010; CONWAY et al., 2017; RAU, 2017; KNOOP and THEUVSEN, 2019; REISSIG et al., 2019). However, it should be noted that the amount of weekly working time, or the amount of time off is perceived very differently depending on the age of the farm manager, family situation, and individual personal disposition (LINDENA et al. 2022). Therefore, the subjectively perceived workload (4) of the farm manager is considered to be the most important indicator and is weighted accordingly highest among these four indicators (Table 1). GAZZARIN et al. (2004) also point out that the attractiveness of working as a farmer (and thus the continued existence of the farm) can be increased not so much by reducing working hours as by reducing workload.

The following weights (Table 1) are derived on the basis of discussion with scientific experts. Weightings based on the frequency of inclusion of topics/indicators of already existing assessment tools based on the analyses from step 1 were considered, but rejected. Reasons for this were a) that, as mentioned above, the tools have very different purposes and thus use different topics and indicators to measure social sustainability and b) that the situation of the farm manager in particular is often neglected in sustainability assessment tools and thus weighting based on other sustainability assessment tools is difficult.

In addition to “Workload”, the topics “Satisfaction with the personal work situation of the farm manager”, “External know-how for the farm manager”, “Profitability” and “Stability” are key topics of social sustainability of farms (Table 1).

Job satisfaction is an essential component of quality of life and significantly influences work productivity (HÖRTENHUBER et al., 2013). With this in mind, “Satisfaction with the personal work situation” is included in the SSI as one of five key topics (Table 1).

“External know-how for the farm manager” is represented by the participation in off-farm training and the voluntary engagement. Volunteering is often considered as external social sustainability (strengthening social cohesion) in sustainability assessment tools. However, volunteering can bring new impulses for one's own farm development (internal social sustainability) through exchange with other fellow farmers or people outside of agriculture. According to ZAPF et al. (2009), volunteering increases satisfaction, professional self-confidence and, moreover, the understanding of the non-farming population for one's own concerns. Voluntary engagement can therefore also have a positive impact on farm development, especially if it takes place at the regional and supraregional level, e.g., through involvement in political structures or interest groups at the federal or state level (VOGEL et al., 2018; 2013). In addition to the farm manager, such impulses can also be contributed by other persons with main responsibility for the farm (e.g. partners, farm successors working on the farm), which is why other persons with main responsibility for the farm were also included in the data collection at this point.

Income security for farmers is an essential criterion for socially sustainable agriculture (WBAE, 2020). In order to measure aspects of profitability and stability, no specific accounting data are asked for various reasons. On the one hand, not all farms are subject to compulsory accounting, and on the other hand, accounting data are not readily disclosed in surveys. Instead, indicators are collected (e.g. various management measures, qualitative data) that influence the profitability and stability of the farm or indirectly provide information on these farm objectives (LINDENA et al., 2022). Furthermore, qualitative data can rapidly help identify strengths and weaknesses in a system and define trends (e.g. BÉLANGER et al., 2012). The indicators on profitability and stability are queried in particular with the help of narrative surveys along the lines of "Which of the following situations applies to you?". “Profitability” is represented here with the indicator 9) Satisfaction with the economic situation of the whole farm for the last 3 fiscal years. The indicators 10) Protection of farm in case of long-term illness, occupational invalidity or death of the farm manager and 11) Extent of risk management were used to measure “Stability”.

In order to aggregate the individual indicators into an index, the information contained in the indicators has been converted into a standard, dimensionless scale. The assessment of the class characteristics of the individual social sustainability indicator J was expanded with a point scale P. The normalized value of 0 represents “level 0” and a value of 2 “level 2” and level 3”. Equation (1) shows how a weighted (w) social sustainability score is calculated for an individual farm manager using the selected social sustainability indicators (Table 1):

$$SSI_i = \sum_{j=1}^{11} P_{j,i} * w \text{ for } i=1, \dots, N \text{ respondents/dairy farms. (1)}$$

Table 1. Social indicators focusing on the farm manager included in the social sustainability index, distribution of the surveyed farms (n = 8,677) among the respective assessment classes and methodological aspects.

Topic and indicator (according to Flint et al. (2016))	Assessment categories (according to Flint et al. (2016))			To whom does it apply? ¹	Data type ²	Weighting (%)	Max. achievable score.	Max. achievable score; weighting
	Level 2 (and level 3) 2 points	Level 1 1 point	Level 0 0 points					
Work situation/Workload (total weight: 20%)								
1) Average weekly working time	≤ 42 hours/week 13%	> 42 bis ≤ 55 14%	> 55 hours/week 73%	FM	qt	3.3	2	6.6
2) Regular days off per week in the last year	every week at least 1 day 7%	from time to time 1 day off per week 25%	no day off 69%	FM	ql	3.3	2	6.6
3) Annual leave days	at least once a year 6-10 consecutive days 15%	at least once a year 5 consecutive days 12%	less than 5 consecutive days per year 73%	FM	ql	3.3	2	6.6
4) Workload of the farm manager	well affordable, rather seldom at personal limit 19%	often high, but still affordable; only occasionally at or above or over personal limit 62%	permanently very high and often also over personal limit 19%	FM	ql	10.0	2	20.0
Satisfaction (total weight: 25%)								
5) Satisfaction with the personal work situation	very satisfied, satisfied 36%	rather satisfied 31%	rather dissatisfied, dissatisfied or very dissatisfied 33%	FM	ql	20.0	2	40.0
External know-how for the farm manager (total weight: 25%)								
6) Off-farm training in the last year	participation in multiple events 41%	participation in one event 13%	No 46%	FM	ql, qt	10.0	2	20.0
Engagement in... 7) work-related volunteering	more than 8 hours a month 7%	up to eight hours a month 35%	no engagement 58%	All	ql, qt	5.0	2	10.0
8) non-agric. Volunteering	18%	36%	46%					
Profitability (total weight: 20%)								
9) Satisfaction with the economic situation of the whole farm for the last 3 fiscal years	very satisfied, satisfied 25%	rather satisfied 29%	rather dissatisfied, dissatisfied or very dissatisfied 46%	All	ql	20.0	2	40.0
Stability (total weight: 20%)								

Topic and indicator (according to Flint et al. (2016))	Assessment categories (according to Flint et al. (2016))			To whom does it apply? ¹	Data type ²	Weighting (%)	Max. achievable score.	Max. achievable score; weighting
	Level 2 (and level 3) 2 points	Level 1 1 point	Level 0 0 points					
10) Protection of farm in case of long-term illness, occupa- tional invalidity or death of the farm manager	Yes 37%	Mostly 30%	partly or not at all 33%	All	ql	10.0	2	20.0
11) Extent of risk manage- ment	existential and other significant risks assessed & hedged 9%	existential risks assessed & hedged 44%	no systematic risk analysis 47%	All	ql	10.0	2	20.0
						Σ100		Σ200

¹FM = Farm manager, All = all family farm members; ²qt = quantitative data, ql = qualitative data

2.2 Data from the German “Dairy Sustainability Tool“

The indicators developed within the DST were collected by means of a questionnaire distributed through the dairies. The underlying cross-sectional survey data were collected between May 2017 and January 2022. The final data set comprised 8,677 farms, which corresponds to 15.8% of the dairy farms in Germany. The mean response rate across all dairies was 62%. One dairy achieved a response rate of 100%. The lowest response rate was 13% and was achieved by a dairy that implemented the topic of sustainability more intensively with farmers for the first time and was met with skepticism from these farmers. Since only dairy farmers belonging to dairies that participated in the DST were able to complete the questionnaire, this is a convenience sample.

Table 2. Descriptive results of the sample (n = 8,677)

	Mean	% of farms	SD	min.	max.
Herd size [Number of dairy cows per farm]	98	-	109	1	2,400
Average milk yield [kg per dairy cow per year]	8,403	-	1,794	1,068	13,045
People working on the farm					
Full-time	2.26	-	4.09	0	150 ¹
Part-time	1.14	-	1.52	0	46
Trainees	0.18	-	0.59	0	15
Age of farmer [years]	49	-	11	18	86
Agricultural education					
No agricultural education	-	12.08	-	-	-
Vocational training (agriculture)	-	17.25	-	-	-
Agricultural college	-	30.81	-	-	-
Vocational training with a "Master agriculture" degree	-	30.68	-	-	-
Agricultural university degree	-	9.18	-	-	-
Expected existence of dairy farming in 10 years?					
“Yes, definitely”	-	20.82	-	-	-
“Rather likely”	-	31.77	-	-	-
“I cannot estimate”	-	18.29	-	-	-
“Rather unlikely”	-	18.29	-	-	-
“Certainly not”	-	10.55	-	-	-

¹This is a farm with direct marketing.

Nevertheless, the sample closely approximates the diverse structures of dairy farming in Germany: the sample consists mainly of conventional (95%; 5% are organic) fulltime farms (86%) specialized in dairy farming (90%). The average herd size in the sample is larger (98 dairy cows per farm, Table 2) than the average German herd size (70 dairy cows per farm (TERGAST and HANSEN, 2021)). The average milk yield is 8,402 kg per dairy cow per year (compare: in Germany 8,250 kg per dairy cow per year; (BMEL, 2021)). On average, 3.6 people work on the farms, of which 2.3 are fulltime, 1.1 are part-time and 0.2 are trainees. The average dairy farmer is 49 years old. Unfortunately, there is no information about the farmer's sex. Nine percent those in the sample have a university degree, which is almost in line with the German farming population, of which 11% have a university degree (BMEL, 2021). Agricultural college degrees (“Fachschule”), on the other hand, are significantly overrepresented (31% in the sample and 14% in the German farming population, (BMEL, 2021)). 11% of farm managers have indicated that they will very probably give up dairy farming in the next 10 years; another 18% indicated

they were "quite likely" to stop producing milk. This is in line with the observed structural change in Germany (FORSTNER and NIEBERG, 2019).

3 Results and discussion

3.1 On-farm indicator results and discussion

According to the assessment categories, more than two-thirds of farm managers are in the "red zone" (0 points) for the indicators working hours per week, days off per week and annual leave days (Table 1). A high workload in agriculture is also known from other studies. For example, in the area of working hours, which other studies report as 10 to 15 hours per day (SIMKIN et al., 1998; KALLIONIEMI et al., 2016) or 58.8 hours per week plus hours at weekends (KNOOP and THEUVSEN, 2019). Or in the area of annual vacation days, where in an Austrian study only 20% of dairy farmers reported taking at least one week of vacation last year (Wiesinger, 2005). It is not only questionable how sustainable the workload is in terms of days off, leave days and weekly working hours for the farm managers themselves, but also whether it has an advertising effect for the next generation to keep the farms viable? In their study on the perception and classification of stress factors of young farmers, KNOOP and THEUVSEN (2020) found that a high work intensity is perceived especially by younger farmers. According to SUTTER (2004), one goal of young farm successors is to reduce the workload to a reasonable level in the future.

During the multistakeholder workshops, many farmers repeatedly emphasize that it is more stressful for them to go on vacation and leave the responsibility for the farm in the hands of others than to work through the whole year. However, it is known from scientific studies that too little or no recovery time can, in the worst case, result in illness, accidents or even physical and mental exhaustion, including burnout (e.g. WIRTZ, 2010; RAU, 2017; REISSIG et al., 2019). With regard to the frequency of occupational accidents agriculture is unfortunately one of the occupational groups with the highest risk (EUROSTAT 2017). Other studies show that with increasing farm size farmers benefit from more regulated working and vacation times through the employment of outside labor, which is especially true for livestock farms (e.g. SCHMITT and HOFFMANN, 1997). A first look at the DST data shows the same trend. At the same time, however, it can be seen that some farm managers take regular days off per week or leave days at a stretch, regardless of herd size. The question arises: What can farm managers with similar herd size structure learn from each other in terms of work organization?

Despite the many working hours per week and the paucity of recreation periods, 81% of the farm managers consider the workload still or even well affordable (Table 1). Conversely, 19% of farm managers feel permanently overloaded. Of these 19% (=1,635 farms), a total of 45% have insured their farm only partially or not at all for the case of long-term illness, occupational disability or death of the farm manager. Is the resilience of these farms at risk? Notwithstanding the high workload, two-thirds of farm managers are rather satisfied or very satisfied with their work situation, which is probably due to the fact that identification with the profession in agriculture is very high, as other studies have shown (KÖRNER et al., 2012).

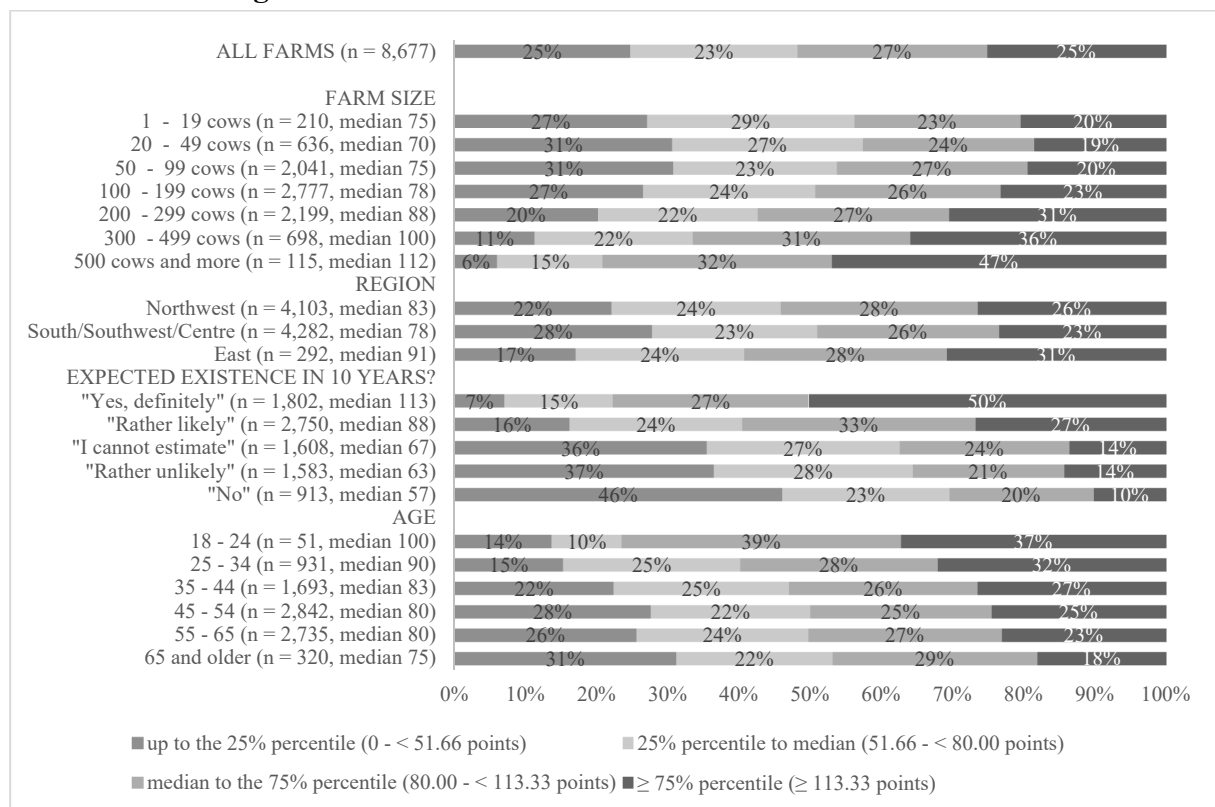
The results of the survey in the area of "external know-how for the farm manager" vary from farm to farm: 46% of farm managers have not taken part in any off-farm training in the past year, while 54% have. Are these farms well-positioned against the backdrop of changing conditions (e.g. rules of the new common agricultural policy)? Furthermore, 42% and 54% of farms also engage in volunteer work (work-related and not work-related, respectively).

Although many farms are less well off in terms of profitability as measured by economic satisfaction, management practices that ensure farm stability are not common across all farms. For example, 47% of all farms do not conduct systematic risk analysis or do so inadequately.

3.2 On-farm index results and discussion

The presentation of the results of the individual indicators makes it possible to identify strengths and weaknesses and to point out potential for improvement. The aggregation of the 11 individual indicators into an index now allows an overall view. The farms in the dataset achieved farm individual social sustainability scores of between 0 and 196.65 points. Thus, almost the entire range of the index is achieved. The median SSI score was 80, representing 40% of the maximum possible SSI score of 200 points. Only a few farms achieve the highest index values, whereas many farms achieve low to medium index values, which is reflected in a slightly left-skewed distribution. The social sustainability situation as judged by the SSI is at an intermediate to low level. Figure 1 shows that farm managers who assume that they will definitely still be producing milk in 10 years comparatively achieve a higher median index value of 113. However, the question of the direction of impact arises here: Are farmers "socially sustainable" because they are setting themselves up for the future? Or do farm managers have a future only because they pay attention to their own social sustainability? Furthermore, larger farms (500 cows and more) achieve higher SSI values (median 112), whereby an upward trend can already be observed on farms with more than 200 cows.

Figure 1. Percent of farms in the various index value classes, broken down by farm size classes, regions, future prospects and age of the farm manager.



Aggregating all 11 indicators into one score, however, presents a major difficulty: For example, a mean score of 100 could be interpreted to as the farm manager having no problem concerning his/her own social sustainability, even though an individual indicator might have a low score, such as personally perceived workload, but contribute strongly to the resilience of the farm. This aspect underlines our approach of introducing different weightings for the individual indicators. The weightings have so far been based on discussions with expert scientists. In the future, the weightings developed here should be discussed by the target group itself, in the form of a focus group of farmers, and adjusted in the form of a consensus weighting.

Of course, there is also the question of whether all relevant indicators are included in the index. As mentioned in chapter 2.1.1, the topic of occupational health and safety has not yet been addressed in relation to the farm manager. In the future, however, it should be critically examined whether this indicator could be included in the DST, e.g. in the form of a narrative query. Furthermore, against the background of the long survey period, it is important to pay attention at the time robustness of the indicators. Economic satisfaction, for example, is an indicator that is very dependent on the current milk price and is therefore time sensitive. Against this background, the index was also calculated once without economic satisfaction. However, the results from Figure 1 did not change fundamentally. The median index value in % merely increased from 40% to just under 42%. A similar assumption concerning time-robustness could be made for indicator 4) Workload of the farm manager. Could there be seasonal variations in the responses? This should be considered for further in-depth analyses.

Furthermore, it is debatable whether the reality of family farming is well covered by our index. Several family members may be involved in the farm and family members who do not work on the farm may also be affected by the farm manager situation as e.g. JANKER et al. (2019) point out. In the present study, the focus is on the farm manager as the unit of analysis. However, family members have not been completely excluded. Indicators 7-11 also include family members (see Table 1). Nevertheless, it would be interesting to survey other involved family members as well, for example on criteria 4) workload and 5) satisfaction with personal work situation. Unfortunately, this was too extensive in the context of the DST. Considering the fact that the farm manager often bears the overall burden, it was decided to simplify it in this way.

4 Conclusions and Outlook

The social sustainability situation of (dairy) farm managers has hardly ever been considered in sustainable assessment tools. In German agriculture, however, family farms predominate, often with one farm manager having primary responsibility. Thus, the resilience of German dairy farms also depends on the social sustainability situation of the farm manager. This study's main objective was to investigate the social sustainability situation of German dairy farmers using a social sustainability index (SSI), which was developed as part of a larger project on sustainability in dairy farming. Initial descriptive results show that only an index score of 40% is achieved on average (median). Overall, however, the results show a dispersion, especially when looking at the results of different herd size classes, and future prospects. This study initially only shows results from a survey, i.e. a "status quo of social sustainability". Based on these findings, a number of questions, particularly of a structural nature, are only beginning to emerge. For example, are there farm managers who have overreached themselves with growth steps? To what extent is workload voluntary? Does the farm's own social sustainability influence structural change? Does it affect farm succession? Does it affect farm animal welfare? Does it ultimately not influence other sustainability aspects? Aggregating the individual indicators into the SSI allows an overall view of the social sustainability situation of the farm manager and in-depth multivariate analyses of the drivers of SSI in order to derive recommendations for agriculture and policy from the results.

Acknowledgments

The data used for this study were collected as part of the project "Dairy Sustainability Tool". The authors would like to thank the project team (QM Milch e.V., Thünen), participating dairies and farmers for their engagement in the project.

References

- BÉLANGER, V., A. VANASSE, D. PARENT, G. ALLARD, AND D. PELLERIN (2012): Development of agri-environmental indicators to assess dairy farm sustainability in Quebec, Eastern Canada. *Ecol. Indic.* 23:421–430.
- BINDER, C. R., AND G. FEOLA (2013): Normative, systemic and procedural aspects: A review of indicator-based sustainability assessments in agriculture. In A. A. Marta-Costa and E. L. D. G. Soares da Silva (Eds.), *Methods and procedures for building sustainable farming systems* (pp. 33–46). Dordrecht: Springer.
- BMEL (2021): *Statistisches Jahrbuch Über Ernährung, Landwirtschaft Und Forsten: Jahrbuch 2020*. Bonn: Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (BZL).
- BROWN J., AND D. ISAACS. *The World Café. Shaping Our Futures Through Conversations That Matter*, McGraw-Hill Professional, 2005.
- CONWAY S.H., L.A. POMPEII, D. GIMENO RUIZ DE PORRAS, J.L. FOLLIS AND R.E. ROBERTS (2017) The Identification of a Threshold of Long Work Hours for Predicting Elevated Risks of Adverse Health Outcomes. *Am. J. Epidemiol.* 186(2):173-183.
- DE OLDE, E.M., F.W OUDSHOORN, C.A.G. SØRENSEN, E.A.M. BOKKERS AND I.J.M. DE BOER (2016): Assessing sustainability at farm-level: Lessons learned from a comparison of tools in practice. *Ecol. Indic.* 66: 391–404.
- DESTATIS (2021): *Landwirtschaftszählung 2020 - Zahl der Arbeitskräfte weiterhin rückläufig*. Accessed February 25, 2021. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/09/PD21_N053_13.html.
- DIAZ-BALTEIRO, L., J. GONZÁLEZ-PACHÓN AND C. ROMERO (2017): Measuring systems sustainability with multi-criteria methods: a critical review. *Eur. J. Oper. Res.* (258):607–616.
- EUROSTAT (2017): *Fatal and non-fatal accidents at work, by NACE Section, EU-28, 2016*. Accessed February 25, 2021. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Fatal_and_non-fatal_accidents_at_work_by_NACE_Section_EU-28_2016_\(%25_of_fatal_and_non-fatal_accidents\)_AAW2019.png](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Fatal_and_non-fatal_accidents_at_work_by_NACE_Section_EU-28_2016_(%25_of_fatal_and_non-fatal_accidents)_AAW2019.png)
- FLINT L., H. KUHNERT, B. LAGGNER, B. LASSEN, H. NIEBERG AND R. STROHM (2016): *Prozess nachhaltige Milcherzeugung - Entwicklung eines Nachhaltigkeitsmoduls zur Erfassung und Bewertung von Nachhaltigkeitskriterien auf milchviehhaltenden Betrieben*. Working Paper 54
- FORSTNER, B. AND H. NIEBERG (2019): *Agrarstrukturentwicklung - Bestimmende Faktoren Und Perspektiven*. *Landentwicklung Aktuell* (24):65–67.
- FREEBAIRN, D.M. AND C.A. KING (2003): Reflections on collectively working toward sustainability: indicators for indicators. *Aust. J. Exp. Agric.* 43:223–238.
- GAZZARIN, C., S. ERZINGER, K. FRIEDLI, S. MANN, A. MÖHRING, M. SCHICK AND S. PFEFFERLI (2004): *Milchproduktionssysteme für die Talregion. Bewertung mit einem Nachhaltigkeitsindex*. FAT-Berichte Nr. 610. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT). Tänikon, Schweiz.
- HEMME, T. (2020): *IFCN Dairy Report 2020*. International Farm Comparison Network. Kiel
- HENNESSY, T., C. BUCKLEY, E. DILLON, T. DEONNELLAN, K. HANRAHAN, B. MORAN AND M. RYAN (2013): *Measuring farm level sustainability with the Teagasc National Farm Survey*. Athenry, Co. Galway: Agricultural Economics and Farm Surveys Department, Rural Economy and Development Programme, Teagasc.
- HÖRTENHUBER, S., L. KIRNER, C. NEUMAYR, E. QUENDLER, A. STRAUSS, T. DRAPELA AND W. ZOLITSCH (2013): *Integrative Bewertung von Merkmalen der ökologischen, ökonomischen und sozial-ethischen Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Produktionssysteme am Beispiel von Milchproduktionssystemen: "Nachhaltige Milch"*. Endbericht Oktober 2013, Universität für Bodenkultur Wien; Bundesanstalt für Agrarwirtschaft; Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), 254 p
- JANKER, J. S. MANN AND S. RIST (2019): Social sustainability in agriculture – A system-based framework. *J. Rural Stud.* 32-42.

- JANKER, J. AND S. MANN (2018): Understanding the social dimension of sustainability in agriculture: a critical review of sustainability assessment tools. *Environ. Dev. Sustain.* 22:1671–1691.
- KALLIONIEMI, M.K., A. SIMOLA, J. KASEVA AND H.-R. KYMÄLÄINEN (2016): Stress and burnout among Finnish dairy farmers. *J Agromedicine.* 21 (3): 259-268.
- KNOOP, M. AND L. THEUVSEN (2019): Die Gesundheit am Arbeitsplatz in der Landwirtschaft: Wo liegen die Belastungen, wie wird die Arbeit erleichtert und die Gesundheit gefördert? In: Henning, C., S. Hess, U. Latacz-Lohmann, J.-P. Loy, H. Thiele und M. Braatz: Visionen für eine Agrar- und Ernährungspolitik nach 2020. *Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.* (54): 43-56. Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup.
- KNOOP, M. AND L. THEUVSEN (2020): Perception and Classification of Stress Factors of Young Farmers. *GJAE* 69:311-324.
- KÖRNER T., K. PUCH AND C. WINGERTER (2012): Qualität der Arbeit: Geld verdienen und was sonst noch zählt, hg. v. Statistisches Bundesamt (Destatis), 72 p
- LASSEN, B., H. NIEBERG, H. KUHNERT, J. SANDERS. 2014. Status-quo-Analyse ausgewählter Nachhaltigkeitsaspekte der Milcherzeugung in Niedersachsen. Thünen Working Paper 28. Thünen-Institute. Braunschweig, Germany. https://doi.org/10.3220/WP_28_2014.
- LASSEN, B., H. NIEBERG, H. KUHNERT, J. SANDERS, R. SCHLEENBECKER. 2015. Status-quo-Analyse ausgewählter Nachhaltigkeitsaspekte der Milcherzeugung in Schleswig-Holstein. Thünen Working Paper 43. Thünen-Institute. Braunschweig, Germany. <https://doi.org/10.3220/WP1439978006000>.
- LINDENA, T., A.S. CLAUS, A. EHMKE, M. GENTZ, J. JOHNS., H. KUHNERT, B. LASSEN AND H. NIEBERG (2022): Konzept zur Erfassung und Bewertung von Nachhaltigkeitskriterien auf milchviehhaltenden Betrieben – das QM-Nachhaltigkeitsmodul Milch. Thünen Working Paper. Braunschweig. [manuscript not yet published]
- LITTIG, B. AND E. GRIEBLER (2005): Social sustainability: A catchword between political pragmatism and social theory. *Int. J. Sustain. Dev.* 8(1/2):65–79.
- MEUL, M., S. VAN PASSEL, F. NEVENS, J. DESSEIN, E. ROGGE, A. MULIER AND A. VAN HAUWERMEIREN (2008): MOTIFS: a monitoring tool for integrated farm sustainability. *Agron. Sustain. Dev.* 28: 321–332.
- MITCHELL, G., A. MAY AND A. McDONALD (1995): PICABUE: a methodological framework for the development of indicators of sustainable development. *Int. J. Sustain. Dev. World Ecol.* 2:104–123.
- RAU R. (2017): Zum Stellenwerte von Erholung in der Welt der "Arbeit 4.0". In: Romahn R (ed) *Arbeitszeit gestalten: Wissenschaftliche Erkenntnisse für die Praxis*. Marburg: Metropolis-Verlag: pp 61-70
- REISSIG L., A. CRAMERI, WYL AV (2019): Prevalence and predictors of burnout in Swiss farmers – Burnout in the context of interrelation of work and household. *Ment. Health Prev.* (14):1-10
- ROESCH, A., G. GAILLARD, J. ISENRING, C. JURT, N. KEIL AND T. NEMECEK (2016): Umfassende Beurteilung der Nachhaltigkeit von Landwirtschaftsbetrieben. *Agroscope science Umwelt* 33. Zürich: Agroscope.
- SCHADER, C., J. GRENZ, M.S. MEIER AND M. STOLZE (2014): Scope and precision of sustainability assessment approaches to food systems. *Ecol. Soc.* 19(3):42.
- SCHAPER, C., M. DEIMEL AND L. THEUVSEN (2011): Determinanten der Wettbewerbsfähigkeit „erweiterter Familienbetriebe“ – Ergebnisse einer Betriebsleiterbefragung. In: *German Journal of Agricultural Economics* 60 (1): 36-51.
- SCHMITT, W.M. AND H. HOFFMANN (1997): Betriebsgemeinschaften in der Milchviehhaltung in Süddeutschland: Ergebnisse einer Umfrage in Bayern und Baden-Württemberg. In: *Berichte über Landwirtschaft* 75 (4):572-585.
- SIMKIN, S., K. HAWTON, J. FAGG AND A. MALMBERG (1998): Stress in farmers: A survey of farmers in England and Wales. *Occup Environ Med* 55(11):729–34.
- SPOOLDER, H., G. DE ROSA, B.HÖRNING, S. WAIBLINGER AND F. WEMELSFELDER (2003): Integrating Parameters to Assess on-Farm Welfare. *Anim Welf* (12):529–34.

- SUTTER, M. (2004): Landwirtschaftlicher Strukturwandel unter soziologischen Aspekten. *Agrarwirtschaft und Agrarsoziologie* 01/04:93-116.
- TERGAST, H. AND H. HANSEN (2021): Steckbriefe zur Tierhaltung in Deutschland: Milchkühe. Johann Heinrich von Thünen-Institut Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Braunschweig
- VALLANCE, S., H.C. PERKINS AND J.E. DIXON (2011): What is social sustainability? A clarification of concepts. *Geoforum*, 42:342–348.
- VAN CALKER, K.J., P.B.M BERENTSEN, G.W.J. GIESEN AND R.B.M. HUIRNE (2005): Identifying and ranking attributes that determine sustainability in Dutch dairy farming. *Agric Human Values*. 22: 53-63.
- VAN PASSEL, S. AND M. MEUL (2012): Multilevel and multi-user sustainability assessment of farming systems. *Environ. Impact Assess. Rev.* 32(1):170–180.
- VON WIRÉN-LEHR, S. (2001): Sustainability in agriculture—an evaluation of principal goal-oriented concepts to close the gap between theory and practice. *Agric. Ecosyst. Environ.* 84:115–129.
- VOGEL S, R. ENGELHART AND M. LARCHER (2018): Ehrenamtliches Engagement, Einstellungen zu Beruf und betrieblicher Entwicklung sowie Hofnachfolge als Faktoren landwirtschaftlicher Professionalisierung - eine empirische Analyse. *Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie* (27):175-185.
- VOGEL S, M. LARCHER AND T. ENGELHARD (2013): Landwirtschaftliche BetriebsleiterInnen und Ehrenamt im Bezirk St. Pölten. *Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie* (23):221-230.
- WBAE – Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz beim BMEL (2020): Politik für eine nachhaltigere Ernährung: Eine integrierte Ernährungspolitik entwickeln und faire Ernährungsumgebungen gestalten. Gutachten, Berlin
- WIESINGER, G., 2005. Landwirtschaft zwischen Tradition und Moderne – Über den Struktur- und Wertewandel in der bäuerlichen Lebenswelt. In: *Jahrbuch der "Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie* (10). *Facultas Verlag, Vienna, Austria*, pp. 165–180. Accessed August 28, 2021. https://oega.boku.ac.at/fileadmin/user_upload/Tagung/2000/00_Wiesinger.pdf.
- WIRTZ A. (2010): Gesundheitliche und soziale Auswirkungen langer Arbeitszeiten, hg. v. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Universität Oldenburg, 267 p
- ZAPF, R., U. SCHULTHEISS, R. OPPERMAN, H. VAN DEN WEGHE, H. DÖHLER AND R. DOLUSCHITZ (2009): Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Betriebe. Volume Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) Band 473. KTBL, Darmstadt, Germany.

HOW – AND HOW MUCH? AN ANALYSIS OF OPTIONS FOR A TRANSFORMATION OF GERMAN ANIMAL FARMING TOWARDS SUSTAINABILITY

Philip von Gall¹, Jörg Luy, Moritz Köder, Marie von Meyer-Höfer

Summary

Political and scientific actors express the need to transform current agrifood systems into more socially, environmentally and ethically just ones. Animal farming plays a central role in the transformation because the sector is, like no other agrifood sector, responsible for resource inefficiencies, climate issues and ethical disputes. This analysis contributes to the so far scarcely investigated field of the acceptance of different future pathways for animal farming by important stakeholder groups.

Embedded into a transdisciplinary approach of a ‘Future Workshop’ (‘Zukunftswerkstatt’), stakeholders of the most relevant interest groups (agriculture and food processing sector, animal/environmental/climate protection) were asked to express and discuss their visions for the future development of animal farming in Germany. These perspectives were summarised into three major future scenarios, which we labelled ‘Higher Standards’ (S1), ‘System Change in Animal Farming’ (S2) and ‘Alternatives to Animal Farming’ (S3). They all differ in terms of the farming methods as well as the scale, e.g. animal numbers.

S1 seeks adjustments towards improved animal welfare and climate friendliness. Farmers should be able to modify their management and stables at tolerable costs. Changes in the system ultimately depend on consumer behaviour but are supported by public subsidies. The aim is to keep the scale of the sector similar to the current situation. S2 seeks a comprehensive change of the whole sector, making change ideally dependent on ethical or scientific norms of animal and environmental protection rather than consumer preferences, and at the same time guaranteeing a decent income for animal farmers. The raising of standards is accompanied by a significant reduction of animal numbers in Germany (40–60%). S3 seeks to replace animal farming (partly or totally) by plant-based and other protein alternatives, while in the transition phase standards for animal farming should increase with a full commitment to animal and environmental protection. This means animal farming is – over a long-term transition phase – transformed from a norm to an exception.

Our findings suggest that S2 might represent the most acceptable perspective in the wider array of interest groups, as S1 and S3 proponents might regard S2 to pursue at least some of their essential goals in the nearer future. However, the question of overall acceptance and feasibility of this scenario needs further research.

Keywords

Agricultural transformation, animal farming, social acceptance, stakeholder dialogue

1 Introduction: dialogue formats on the future of animal farming in Germany

The public debate about animal farming has been ongoing for decades but has become increasingly heated in Germany over the last years. During the rise of intensive animal farming between the 1960s and 1980s, the main question in agricultural politics was how it could be organised more effectively, centred more on the design of stables and farm management. The focus was on economic aspects, with minimum animal health and protection standards as a side

¹ Institut für Tier-, Natur- und Umweltethik, Menckenstraße 8, 12157 Berlin, philipp_gall@posteo.de

constraint. In the last decade, however, sustainability has become more and more important. Ethical requirements in human-animal relationships have put more and more pressure on farming practices (EUROPEAN COMMISSION, 2007, 2016; HÖLKER et al., 2019; DEUTSCHER ETHIKRAT, 2020), even more so since affordable plant-protein alternatives have emerged. Moreover, environment, climate and global development increasingly determine society's expectations towards animal farming (EUROPEAN COMMISSION, 2007, 2016; JANSSEN et al., 2016; BUSCH and SPILLER, 2018). Prior to the environmental pressure, the issue of replacing animal farming by alternatives was mostly discussed in animal rights debates (LADWIG, 2021). However, due to the environmental and climate problems caused by intensive animal farming, public and scientific awareness has increased on the urgency of the matter whether and, if so, to what quantitative extent, animals should be kept for food purposes (STEINFELD et al., 2006; WEIS, 2013; KEMMERER, 2014; TWINE, 2021). This is why the political design of a sustainable future of animal farming will have to consider a combination of different factors, including the question to what extent plant-based or other alternatives to animal products might also be suitable to reach societal goals. This also requires a reevaluation of interest groups and industries which are considered to be 'stakeholders' of the dialogue about the future of animal farming (VON GALL & VON MEYER-HÖFER, 2021).

Even though several changes of legal minimum requirements in animal farming have taken place, a social consensus on animal farming still seems elusive, and conflicts are increasing rather than decreasing (WBA, 2015; BUSCH and SPILLER, 2018; LUY, 2018; ZKL, 2021).

In order to settle the conflicts and reach agreements, policymakers have made numerous efforts to explore the public view on animal farming and seek areas of consensus, e.g. through representative surveys, but also through establishing expert and stakeholder committees (see figure 1: external findings). The 'Zukunftskommission Landwirtschaft' (ZKL) (Future Commission of Agriculture), initiated by Chancellor Angela Merkel in 2020 and the 'Kompetenznetzwerk Nutztierhaltung' (KNH) (Competency Network of Animal Farming), appointed by the Federal Ministry of Agriculture in 2019, have both been regulated and run by the Federal Ministry of Agriculture. While the ZKL addresses the whole agricultural sector including animal farming, the KNH explicitly focuses on animal farming but with an emphasis on pig farming. In its final report, the ZKL builds on and mostly supports the recommendations of KNH regarding animal farming (ZKL, 2021). Additionally, the DAFA (German Agricultural Research Alliance) developed a future scenario of what agriculture should look like by 2049. The government-funded project Future Agri-Systems develops both innovations and alternatives for conventional animal agriculture. However, none of the approaches has investigated the public and/or stakeholder acceptance of their visions.

As part of a government-funded research project on the acceptance of animal farming, called SocialLab Nutztierhaltung (SocialLab Animal Farming), the transdisciplinary 'Future Workshop on Animal Farming' ('Zukunftswerkstatt Landwirtschaftlich Tierhaltung') was initiated in 2019. It collects and structures stakeholder views on the future of animal farming, seeks to find areas of consensus and explores ways to implement pathways. Representatives of stakeholder groups of the animal farming sector (agriculture and food processing, animal/environmental/climate protection) were asked to express and discuss their visions for the future development of animal farming in Germany.

2 Aim and approach

This paper presents central findings of the Future Workshop on Animal Farming, specifying and clustering the position of stakeholders into three main visions for the future of animal farming.

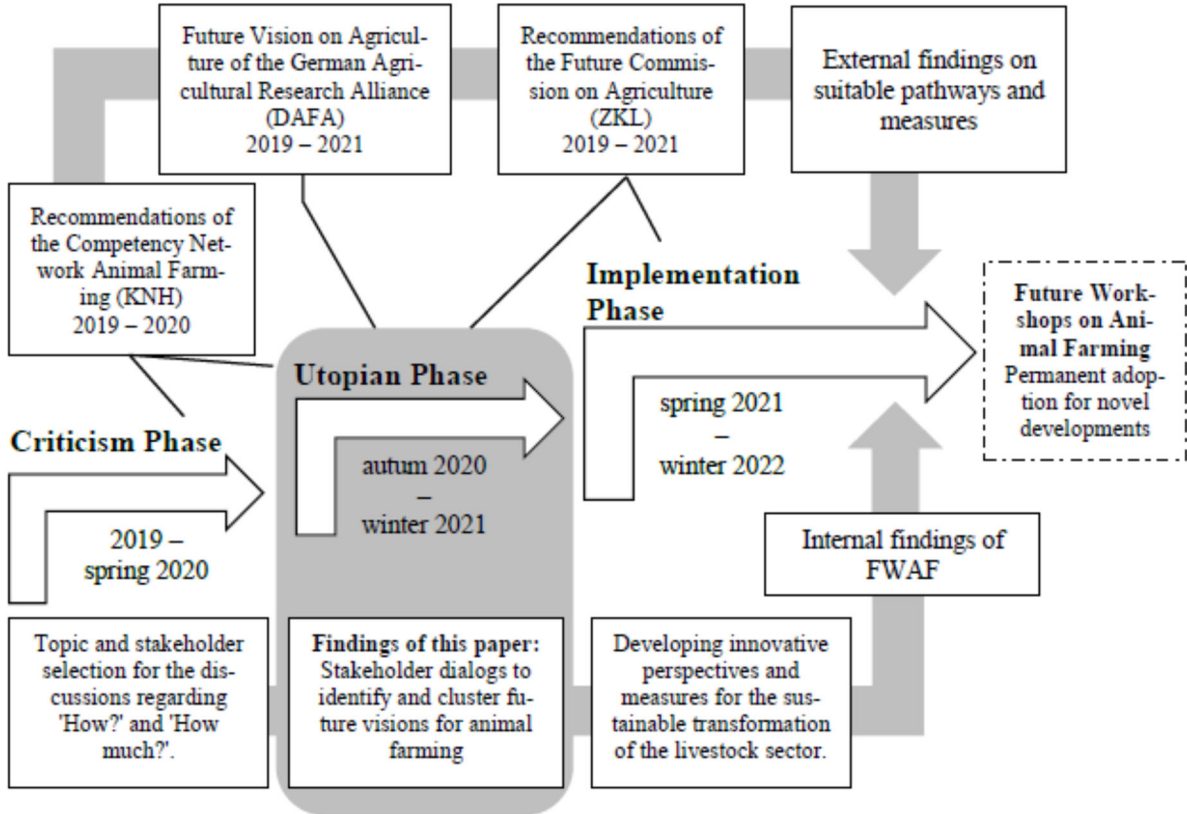
The findings were generated in several workshops and face-to-face online meetings with representatives of interest groups and were completed by a review of position papers and other publications of these groups.

Special emphasis was given to the participant selection process. More than 60 persons representing important interest groups in the debate about the future of animal farming were invited to nominate NGOs and experts that should participate in the following project phases, representing involved interests including animal farming (conventional, extensive, organic), animal welfare, meat and dairy, as well as plant-based processors and distributors, environmental and climate protection. The nominees were contacted, and 20 agreed to participate in the Future Workshop on Animal Farming by presenting and discussing their future scenarios for animal farming in Germany.

Agriculture was represented by various interest groups, which differed mostly in their appeal to social and ecological values. The perspective on animals was likewise represented by different NGOs. Additionally, views from industry representatives of the value chains linked to animal- and plant-based products were considered.

Future Workshops are usually run in different phases (JUNGK and MÜLLERT, 1997). Our internal findings (see figure 1) started with the first phase of the Future Workshop – the ‘criticism phase’ – aimed to determine the topics that should be discussed with the participants. Both the questions of ‘how?’ and ‘how much?’ with regard to future animal farming in Germany were deemed necessary by stakeholders during the first phase of the Future Workshop. The next step of the project – the so-called ‘utopian phase’ – presented in this paper collected and clustered positions on the ‘how’ and ‘how much’ into future visions for animal farming in Germany. These visions were utopian in the sense that they were not meant to be immediately realisable or in line with mainstream policies. The challenge of implementation will be tackled in the following project step and is not presented in this paper (figure 1).

Figure 1. Methodological and chronological procedure of the Future Workshop on Animal Farming (FWAF)



The future scenarios were analysed by using the following criteria: timeframe, motives of change, animal farming approach, overall size of animal farming, associated diets and suggested instruments to implement the scenario. In order to categorise the different perspectives and positions, content thresholds were identified that clearly distinguished one group of visions from another.

The results were compared and adjusted with position papers and contributions to the debate during summer and autumn 2021. Following this approach, three main clusters of future scenarios were identified and labelled. The scenarios are similar within their group and heterogeneous compared to each other. In one-on-one interviews and a feedback workshop with participants during winter 2021/22, comments and positions were collected among stakeholders to confirm the results. The process of the whole Future Workshop and the embedded utopian phase of discussions are presented in the following picture.

3 Results

Based on a set of criteria shown in table 1, three core future scenarios have been clustered. Table 1 provides an overview over the three identified clusters of future scenarios on what animal farming should ideally look like, as well as its size. Each scenario is described in more detail below.

The key distinctive features that led to the design of the three main scenarios were: a) the way animal and environmental protection should be maintained or increased; b) the way the conventional animal farming practices – aimed at high quantities at low costs – are kept competitive at world commodity markets; c) the way the market shares of plant-based or cultured protein alternatives are increased; d) the way animal farming is seen as an integral and valuable part of agriculture even in the distant future; e) the way the number of farmed animals in Germany is reduced.

Scenario 1 (S1) ‘Higher Standards’

S1 is the least ‘utopian’ of the three presented scenarios, since it represents the interest in maintaining the status quo of profitability and world market competitiveness of conventional animal farming, and subordinates the necessary changes in animal welfare and climate or environmental standards to this goal. It seeks long-term economic planning security for conventional farmers and downstream industry by implementing technical changes and adjusting stable management to meet higher animal welfare and climate protection demands of the society. The number of animals and their production shall be kept at the current high levels. A key role for planning security is social acceptance of the conventional farming sector, which in this scenario is to be improved mainly by a better communication of its economic and efficiency benefits. The changes towards S1 shall be paid by higher consumer prices and/or by public financial support.

The German conventional meat sector, especially the pig meat industry, is an important player on the world market, and in S1 exports would remain high or increase even further. An increase in animal numbers is not considered realistic under the current conditions, or only for some production systems such as poultry. However, a reduction of the overall quantity of farm animals is strictly rejected. Consequently, S1 does not necessarily rely on changing consumption patterns, at least in terms of quantity. But S1 requires that consumers are willing to pay the price for the higher standards.

Table 1. Overview of core future scenarios for animal farming

	Scenario 1 (S1)	Scenario 2 (S2)	Scenario 3 (S3)
Name	'Higher Standards' ('Höhere Standards')	'System Change in Animal Farming' ('Systemwechsel in der Tierhaltung')	'Alternatives to Animal Farming' ('Alternativen zur Tierhaltung')
Key supporters	<i>Conventional animal farming sector (incl. feed and breeding industry and processing)</i>	<i>Extensive, organic and other alternative farmers, animal welfare groups, environmental and climate protection groups</i>	<i>Animal protection/rights groups, climate and environmental protection groups, alternative farmers; plant-based food processors</i>
Envisioned time frame	<i>Timely realisation of changes, then no further changes</i>	<i>Timely realisation of transformation, phased reduction scenarios</i>	<i>Long-term transition with a strategic transition phase</i>
Main motives for change	<i>Maintain economical structures by guaranteeing economic security and gains for the conventional animal farm sector in the future; scepticism about high ethical expectations towards animal welfare; Maintain social acceptance of current conventional, intensive production systems</i>	<i>New perspectives for animal farming by embracing extensive forms of animal farming with fewer animals and in more circular systems; building respective value chains (local and fair); Public appreciation of public goods linked to alternative animal farming compared to conventional farming</i>	<i>Ethical and climate innovations by striving for alternatives to animal farming and acting as ethically as possible; respecting planetary boundaries for planetary and human health; Public appreciation of public goods linked to plant-based products – image of plant-based or alternative protein foods</i>
Farming approach ('how?')	<i>Adjustments regarding animal welfare (technical and managerial) for more animal welfare and climate protection</i>	<i>Holistic change of animal farming towards more animal, ecological, climate-friendly, fair and local systems</i>	<i>Transition towards replacement of animal farming. High animal and climate protection standards during the transition phase</i>
Envisioned size and animal numbers ('how much?')	<i>Depending on species: maintaining and/or increasing size of the sector and number of animals</i>	<i>Significant reduction of approx. 50% by 2040 (varies by species) and clear linkage between number of animals/hectare. No or only minor imports of feed and exports of animals</i>	<i>Most or all animal food products that are not necessary to ensure a healthy diet are replaced by alternatives</i>
Envisioned consumption patterns	<i>Maintain high consumption and export-orientated meat industry</i>	<i>Reduction of the consumption of animal-based foods (flexitarian/vegetarian diets)</i>	<i>Mostly plant-based or alternative protein foods</i>
Associated political measures	<i>Mostly world market-oriented with competitive consumer prices; financial support for both lower and higher production standards</i>	<i>Stricter legal minimum standards and market protection from global competition, higher product prices, fewer exports and public financial support only for high standards</i>	<i>Competitive market environment for plant-based and alternative protein products und subsidies for protein plants</i>

Stereotypical proponents of scenario 1 are conventional, intensive animal farming groups. The motivation for S1 lies mainly in the improvement and/or maintenance of the economic situation of intensive, conventional animal farmers and the respective industry. Maximisation of profit and efficiency is a central aim of S1. The use of animals is not ethically questioned. There is a pronounced mistrust in society's demand for sustainability, which is perceived as a temporary trend and as misguided by too high expectations of consumers. From the perspective of S1 supporters, more understanding and appreciation for the benefits of resource-efficient mass production of animals at low consumer prices is called upon to meet future challenges.

Scenario 2 (S2) 'System Change in Animal Farming'

S2 shares with S1 a commitment to animal farming as an integral part of agriculture and as such shares a value or at least a valuable income to protect. Next to the organic sector and alternative farming groups, NGOs like animal welfare, environmental and consumer protection groups demand a wholistic system change of animal agriculture. They call for a new, more sustainable system that guarantees both animal ethics and environmental principles and goals. But ethical and environmental motives go hand in hand with the economics of the sector. The new system is to give farmers a better income than today, and an innovative outlook shall serve as a guarantee for also meeting the expectations of the next generation. Supporters see that there are conflicts between animal and economic needs, especially when it comes to animal needs, but they strive for a fair balance. In this scenario the quality competition on globalised markets presents an alternative to the currently prevailing cost competition.

S2 explicitly envisages a reduction in the consumption of animal products by the way of flexitarian or vegetarian diets. Exports and the use of imported protein feeds from overseas should be reduced drastically or abandoned to enable more regional cycles of production. Accordingly, there is a range of reduction targets within the scenario. Some call for a reduction of all farm animals by at least half by 2050, while others want to see even greater reductions achieved earlier. It is not clear whether the reduction of animal farming affects all animal species or only the less accepted types of farming, such as pig fattening or poultry farming. However, grassland-based cattle farming is mostly still considered as acceptable and meaningful. Stereotypical proponents of scenario 2 are organic farming and environmental groups.

The costs for the transformation should be covered by higher prices of the products and by public support. The entire society as well as the market and politics are involved in the change, for which far-reaching structural adjustments are implemented. These affect all actors in the value chain. A central element for a system change certainly is a changed consumption pattern of animal products, both in terms of quantity and appreciation of a higher value of the products.

Scenario 3 'Alternatives to Animal Farming'

In the third category of visions for the future of animal farming, the latter is replaced – with perhaps minor exceptions – by alternative ways of producing proteins and food, mainly plant-based, but to some extent also cultured meat, although this issue is more controversial even among S3 proponents.

This does not mean, however, that these groups are indifferent towards the way animals are being kept. On the contrary: They opt to improve the standards of animal farming as much as possible, both in terms of the condition of the animals and climate protection. There is a strong conviction among the proponents of S3 that the transition to a plant-based agrifood system would be the most just option, not only globally and towards animals but also towards future generations.

The ultimate goal of replacement in S3 is explicitly utopian in the sense that hardly any proponent believes that it may realistically be implemented in the near future. All proponents therefore foresee a reduction phase for animal numbers in the upcoming decades, with a

minimum of 50% for all species by 2030, while the reduction targets go up to 90% depending on the species. S3 would require the greatest change in consumption patterns, especially in terms of quantity. This required reduction shall at least be oriented at the so-called planetary health diet (WILLET et al., 2019). Like for the other scenarios, the perspectives presented here do not include practical strategies of how exactly consumption will effectively be influenced or guided. Some proponents of S3, however, argue that if the Animal Protection Act in Germany was taken seriously, e.g. ethical values used as a basis for its interpretation, the ban of all or parts of current animal farming practices would be the immediate logical consequence.

S3 borrows much of its normative character from animal ethics, with emphasis on either animal rights in the deontological sense or a utilitarian weighing of interests where vital animal interests outweigh non-vital interests of humans. This is why vegan or vegetarian groups and enterprises are the stereotypical proponents of S3. But in the light of the climate crisis, also environmental groups support S3. And since this scenario represents an ideal rather than a mirror of current behaviour, also groups that currently opt for flexitarian or meat-based diets may still support the goal of substituting animal farming with alternatives. While the motives are said to be mainly ethical and environmental, large plant-based or cultured meat processors and retailers have growing economic interests in S3. The fact that agriculture itself can benefit economically from the processing of plant-based proteins is mentioned by proponents of S3 but not as a main motive.

Synthesis of the scenarios

To analyse the acceptance of the scenarios, one-on-one interviews and a workshop with participants during winter 2021/22 were held to collect comments and feedback on the scenarios presented above.

The three scenarios are linked to different visions for transformation: Ethical and environmental motives dominate S2 und S3, while public acceptance and economical motivations seem to dominate S1. S1 and S2 are allies in their cultural and economic commitment to maintain animal agriculture even in the distant future. But since many S3 proponents commit to transition plans with a drastically reduced or even abandoned animal farming sector, there is room for bringing together S2 and S3 proponents. This basic constellation of interests makes S2 a potential candidate for compromise for future animal farming politics.

While S1 has a persistent character and shows the least momentum for change, S2 and S3 present a wide range of concepts that would trigger holistic changes and transformation processes not only in the production and along the value chains but also in the consumption.

Stakeholders describe the envisioned states in terms of material outcomes for humans, animals and the planet rather than subjective states, such as fears or compassion. An exception is the concept of appreciation that especially agricultural groups demand for their work.

In many ways, the different ideal scenarios for the future of animal farming stem from different conclusions drawn from facts, such as the impacts on the animals or on climate change. Furthermore, the groups seem to have different views on what exactly such relevant facts are.

As the ideal future scenarios have been defined, it is now important to move on to their realisation. For this reason, it is important to know more about their immanent problems. The biggest problem associated with S1 is the low intrinsic motivation to substantially improve the sustainability and solve the existing ethical problems. Solutions shall mainly improve public acceptance. S2 is criticised for its resource-intensive animal farming practices, especially grazing and larger stables. It is doubtful whether there is enough land available to keep even a halved number of current farm animals, as envisioned by S2 proponents, in quasi-natural, animal welfare conditions, especially at a global scale. The question is also whether consumers are willing to pay premium prices. A reduction of animal numbers in Germany could be outweighed by imports from other countries; however, this would only export the problems of lacking

sustainability, not solve them. S3 is perceived as too demanding. Moreover, some critics stress that parts of the agricultural land can only be used for feed crops, and without animals this land would be lost for food production.

All in all, the transformation of the German animal farming sector has different motives: It is about increasing the acceptability for the sector, guaranteeing good economic outcomes, seeking ethical solutions for animals and supporting sustainability and climate goals. Positions differ as to which tasks should be in the focus of transformation. However, there is one clear consensus: The size of the future animal farming sector is seen as highly relevant and, therefore, should urgently be put on the political agenda.

4 Conclusion and way forward

Embedded into a transdisciplinary approach of a ‘Future Workshop’ (‘Zukunftswerkstatt’), representatives of stakeholder groups of the animal farming sector (agriculture and food processing sector, animal/environmental/climate protection) were asked to express and discuss their visions for the ‘how’ and the ‘how much’ of animal farming in Germany. Three future scenarios were identified that summarise the variety of positions of stakeholder groups as clusters: ‘Higher Standards’ (S1), ‘System Change in Animal Farming’ (S2) and ‘Alternatives to Animal Farming’ (S3). They all differ in terms of the farming methods as well as the scale, e.g. animal numbers.

How and where can consensus on the future of animal farming be reached? First of all, within what we identified in the three core future scenarios, there is room for consensus for at least some of the involved stakeholder groups. The first future scenario (‘Higher Standards’) brings together interests in a solid economic performance and intensifies outputs of the conventional animal farming sector while maintaining high animal quantities in consumption and production in Germany. But the resistance against this scenario by animal and environmental protection as well as some farmer groups is already big and likely to increase with more ambitious climate and animal protection goals to come. The second scenario (‘System Change in Animal Farming’) represents a common ground for groups with a commitment to systematic change of animal farming towards more ethical and environmental, local and smaller scale forms, and reduced animal numbers to around 50% by 2040 or even earlier. Threatened by a loss of societal reputation, conventional farmer groups might eventually opt for this scenario. The third scenario (‘Alternatives to Animal Farming’) is attractive for all those who refrain from a commitment to animal farming as a central part of agriculture and seek alternatives in plant-based or cultured meat processing. The overall popularity of the scenario will, inter alia, depend on the attractiveness and availability of the food alternatives, and on the extent to which the agrifood sector can compensate the losses of animal ‘production’ with gains from alternatives.

Is there room for overlapping aims between those core future scenarios? S1 and S3 stand in the sharpest contrast to each other. Actors of both groups will hardly reach a consensus in the near future, mainly because of different views on the quantitative development of animal farming in Germany. This might change when conventional processors or farmers invest more in plant-based alternatives. Supporters of S3 may treat S2 as an interim and transition phase and support measures to reach it. Proponents of S1 may see S2 as the alliance scenario, given its commitment to animal farming per se. This supports the hypothesis that S2 may currently act as a consensus path that both proponents of S1 and of S3 may follow together for some time before they split in the more distant future.

Furthermore, there may be more room for consensus when stakeholders explicate their motives. Motives relate to values, and they cannot be understood properly if emotions are ignored (DEONNA and TERONI, 2021). The stakeholder workshops showed that the conflict is not only about interests but also about emotions, e.g. the fear of losing reputation, the compassion for animals, or the sense of tradition. Therefore, solutions should at least to some extent be treated as ways

to develop answers to emotional distress. In this regard, consensus could be facilitated when stakeholder groups – as individuals – understand and express the emotional basis for their (cognitive) positions, e.g. the fear of losing what is important to them, a sense of justice related to a certain treatment, or the attitude towards innovation. While dealing with emotions is common in mediation practices, it would be a novum to political stakeholder dialogues where talk of emotions is often seen as unprofessional.

Another finding is that even the sphere of the ‘factual’ seems contested in the field of animal farming: Different understandings of factual bases, e.g. on climate consequences or animal suffering, make any effort of a harmonisation of interests obsolete. Factual and conceptual assumptions, e.g. about what animal suffering or welfare consists of, or what external costs are associated with animal farming, need to be accepted by all groups prior to negotiating interests.

5 Way forward

As our findings suggest that S2 might represent the most acceptable perspective in the wider array of interest groups, the question of overall acceptance and feasibility of this scenario still needs further research.

Independent of which scenario is currently the most accepted, it is unclear to what extent it can be put into practice, e.g. by political measures, technological advances or other framework conditions such as international commitments on climate protection. These questions are tackled in the last part of the Future Workshop, but any answer on this will need constant adaptations to current developments.

To reach consensus of at least some groups on some issues, the currently all too often separated positions regarding the ‘how’ and the ‘how much’ of animal farming need to be integrated into single positions. Both quality and quantity cannot be viewed independently from one another. The way both are intertwined has hardly been investigated.

Animal protection measures may not automatically lead to reduced animal numbers. Similarly, the extent of animal farming in total numbers may be stabilised by measures that officially serve the goal of animal protection, e.g. through better public acceptance. If this interconnection is not transparent, achieving consensus on pathways for animal farming will be difficult.

At this stage it is hard to predict future consumption patterns concerning animal products. The current uncertainty about these issues makes agricultural stakeholders very hesitant in their decisions and investments. Future politics and policy recommendations have to bring the goals and measures on the ‘how’ and ‘how much’ of animal farming in line with the goals and measures for the development of food consumption. This outcome of the Future Workshop can help to make solutions for the future of animal farming more convincing.

Furthermore, the exact wording is crucial when investigating the public acceptance of different scenarios, e.g. via representative surveys. To demand a *reduction* or *depletion* of something, e.g. *reduced* consumption, seems, altogether, less popular compared to an *increase*, e.g. *more* animal welfare, a *growing* sector or *diversified* consumption. It is therefore important to develop for each scenario a comparable communication of positive aims. A reduction of the animal farming sector, for instance, may be compensated at least partly by growth of the plant-based food sector and should then be communicated in this way. If and to what extent *less* animal farming means *more* animal welfare is an issue of communication with ethical presuppositions.

To conclude, policymakers should refrain from quick decisions that determine the future of animal farming over the next decades. Currently, there are at least three fundamentally different long-term perspectives that enjoy societal support. Yet especially the S3 scenario runs mostly under the radar of mainstream political debate. Based on our findings we presume that there are short-term solutions that can be accepted by the supporters of all three scenarios presented. But this requires reframing the debate from ‘protecting the future of animal farming’ to ‘guiding

the future of animal farming', with the possibility that this means the – at least partly – replacement of animal farming by suitable alternatives.

References

- BUSCH, G. and A. SPILLER (2018): Consumer acceptance of livestock farming around the globe. In: *Animal frontiers: the review magazine of animal agriculture* 8 (1): 1–3.
- DEONNA, J. and F. TERONI (2012): *The Emotions. A Philosophical Introduction*, Routledge, New York.
- DEUTSCHER ETHIKRAT (2020): *Tierwohllachtung – Zum verantwortlichen Umgang mit Nutztieren. Stellungnahme*. Berlin.
- EUROPEAN COMMISSION (2007): *Special Eurobarometer 270. Attitudes of EU Citizens towards Animal Welfare, Report*. Brussels.
- EUROPEAN COMMISSION (2016): *Special Eurobarometer 442. Attitudes of Europeans towards Animal Welfare, Report*. Brussels.
- HÖLKER, S., H. STEINFATH, M. VON MEYER-HÖFER and A. SPILLER (2019): Tierethische Intuitionen in Deutschland: Entwicklung eines Messinstrumentes zur Erfassung bereichsspezifischer Werte im Kontext der Mensch-Tier-Beziehung. In: *German Journal of Agricultural Economics* 68 (4): 299–315.
- JANSSEN, M., M. RÖDIGER and U. HAMM (2016): Labels for Animal Husbandry Systems Meet Consumer Preferences: Results from a Meta-analysis of Consumer Studies. In: *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 29 (6): 1071–1100.
- JUNGK, R. und N. R. MÜLLERT (1997): *Zukunftswerkstätten. Mit Phantasie gegen Routine und Resignation*. Heyne, München.
- KEMMERER, L. (2014): *Eating Earth. Environmental Ethics and Dietary Choice*. Oxford University Press USA - OSO, Cary.
- LADWIG, B. (2020): *Politische Philosophie der Tierrechte*. Suhrkamp, Berlin.
- LUY, J. (2018): *Der faire Deal. Basis eines neuen Rechtsverständnisses im Tier-, Natur- und Umweltschutz*. Nomos, Baden-Baden. Open access: www.instet.eu
- STEINFELD, H., P. GERBER, T. D. WASSENAAR, V. CASTEL, M. ROSALES und C. de HAAN (2006): *Livestock's long shadow. Environmental issues and options*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rom.
- TWINE, R. (2021): Emissions from Animal Agriculture—16.5% Is the New Minimum Figure. In: *Sustainability* 13 (11): 6276.
- VON GALL, P. and M. VON MEYER-HÖFER (2021): Gremien zur Transformation der landwirtschaftlichen Tierhaltung: Welche Ansätze versprechen Erfolg? In: *Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.* (57).
- WEIS, T. (2013): *The Ecological Hoofprint. The Global Burden of Industrial Livestock*. Zed Books, London.
- WILLET et al. (2019): Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. In: *The Lancet* 393 (10170): 447–492.
- WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT FÜR AGRARPOLITIK (WBA) BEIM BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (BMEL) (2015): *Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung*. In: *Berichte über Landwirtschaft-Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft (Sonderheft 221)*.
- ZUKUNFTSKOMMISSION LANDWIRTSCHAFT (ZKL) (2021): *Zukunft Landwirtschaft. Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Empfehlungen der Zukunftskommission Landwirtschaft*. In: <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/zukunftskommission-landwirtschaft.html>. Accessed: 12.3.2022.

EINSATZ NEUER TECHNOLOGIEN IN DER AGRARPRODUKTION

STROHPELLETS ALS INNOVATIVES ALTERNATIVSUBSTRAT IN DER BIOGASPRODUKTION: ERGEBNISSE EINER EMPIRISCHEN ANALYSE

Sören Mohrmann¹, Christian Schaper, Verena Otter

Zusammenfassung

Aufgrund der anhaltenden öffentlichen Kritik am Biomasseanbau auf landwirtschaftlichen Flächen sowie der sich stetig ändernden rechtlichen Rahmenbedingungen, stehen Biogasanlagenbetreiber in Deutschland vor der Herausforderung klassische Substrate zunehmend durch Abfall- und Reststoffe wie z. B. Stroh zu ersetzen. Der Einsatz von Stroh in Form von Strohpellets stellt derzeit ein innovatives Verfahren dar, welches in der landwirtschaftlichen Praxis aber bisher kaum Anwendung findet. Ziel dieses Beitrages ist es daher, die Einstellung von niedersächsischen Biogasanlagenbetreibern gegenüber der Nutzung von Getreidestrohpellets als innovatives Biogassubstrat zu untersuchen und mögliche Adaptorengruppen zu identifizieren. Der Schwerpunkt der Untersuchung wird dabei auf das Bundesland Niedersachsen als „Biogasland Nr. 1“ in Deutschland gelegt. Auf Basis einer Befragung von 118 Anlagenbetreibern konnten unter Verwendung einer explorativen Faktorenanalyse die Faktoren „Einstellung zur Wirtschaftlichkeit von Strohpellets“, „Erwartete (Mehr-)Aufwand“, „Gesellschaftliche Druck“ und „Risikoeinstellung“ gebildet werden. Anhand dieser konnte eine Einteilung der niedersächsischen Biogasanlagenbetreiber in vier Cluster vorgenommen werden. Die Unterscheidung und Charakterisierung dieser erfolgte anhand der vier Faktoren sowie clusterbeschreibenden Variablen zur „Innovationsbereitschaft“, „Soziales Umfeld“, „Wissen und Verfügbarkeit von Informationen“ sowie „Intention zur Nutzung von Strohpellets“. Auf Basis der Ergebnisse liefert dieser Beitrag wichtige Implikationen für Politik und Beratung, um den Einsatz des Reststoffes Stroh in Form von Strohpellets in der landwirtschaftlichen Biogaserzeugung in Niedersachsen weiter auszubauen.

Keywords

Strohpellets, Biogas, Substratalternativen, Innovation, Clusteranalyse

1 Einleitung

Mit der Einführung des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG) in Deutschland im Jahr 2000 hat sich die Biogaserzeugung stetig weiterentwickelt und liefert heute einen wichtigen Beitrag zur Energiewende in Deutschland. Dabei hat sich die Biogasproduktion als eine wichtige Einnahmequelle für die Landwirtschaft etabliert. In Deutschland werden jährlich ca. 9 % der ldw. Nutzfläche (rd. 1,6 Mio. ha) für den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen (NawaRo) für die Biogasproduktion benötigt (FNR, 2020). Trotz der anhaltenden gesellschaftlichen Kritik über steigende Flächenkonkurrenz (Teller-oder-Tank-Diskussion) und „Vermaisung der Landschaft“ durch den Anbau von Biomasse auf Ackerflächen für energetische Zwecke, ist die Anbaufläche in den letzten zehn Jahren auf nahezu konstantem Niveau verblieben (KRÖGER et al., 2016b; FNR, 2022). Insbesondere im Bundesland Niedersachsen, dem Biogasland Nr. 1 – gemessen an der installierten elektrischen Leistung – in Deutschland, wird mit der Verwendung von 10,7 % der ldw. Nutzfläche für den Anbau von Substraten für die Biogasproduktion ein überdurchschnittlich hoher Flächenanteil für die energetische Nutzung bereitgestellt. Der Anbau von Silomais ist dabei unter den Biogassubstraten mit 227.000 ha (rd. 85 % der

¹ Georg-August-Universität Göttingen, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen, soeren.mohrmann@uni-goettingen.de

Gesamtfläche für die Biogasproduktion) in Niedersachsen von besonderer Bedeutung (DAVIDSOHN, 2015; 3N KOMPETENZZENTRUM, 2018; FACHVERBAND BIOGAS, 2021).

Ein bundespolitisches Ziel der letzten Jahre ist es, den Anteil an klassischen Substraten wie Silomais zugunsten von Reststoffen wie Getreidestroh oder Wirtschaftsdüngern zu reduzieren (WINQUIST et al., 2019). Eine politische Maßnahme zur Verbesserung der Nachhaltigkeit der deutschen Biogaserzeugung war die Einführung des sogenannten „Maisdeckels“ bei der Novellierung des EEG 2012, um den Anteil von Mais, Getreidekorn und anderen Maisprodukten (außer Maisstroh) in Biogasanlagen in Deutschland zu begrenzen. Dieser wurde mit den EEG-Novellen 2017 und 2021 in Deutschland weiter verschärft (EEG, 2021). Darüber hinaus definiert die neue europäische Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED 2) Nachhaltigkeitskriterien für den Strom- und Wärmesektor insbesondere in Bezug auf land- und forstwirtschaftliche Biomasse sowie Abfall- und Reststoffe (GÖKGÖZ et al., 2020). Aufgrund der geänderten gesetzlichen Rahmenbedingungen sind Biogasanlagenbetreiber in Deutschland zunehmend gezwungen alternative Biogassubstrate, wie ldw. Nebenprodukte und Reststoffe, anstelle von Mais in ihren Anlagen einzusetzen (DANIEL-GROMKE et al., 2020). Unter den ldw. Reststoffen bietet Getreidestroh mit einer jährlich, nachhaltig entnehmbaren Menge zwischen 8 Mio. und 13 Mio. Tonnen insgesamt ein vergleichsweise hohes energetisches Nutzungspotenzial, das von Biogasanlagenbetreibern in Deutschland bisher aber kaum in Anspruch genommen wird (DANIEL-GROMKE et al., 2020; MOHRMANN et al., 2021).

Aus wissenschaftlicher Perspektive stellt die Verwendung von Getreidestroh in Form von Pellets in Biogasanlagen eine nachhaltige Innovation im Prozess der Biogasproduktion dar, die sich anhand erster Studienergebnisse aufgrund ihrer Vergärungseigenschaften und besseren Transportwürdigkeit als vorteilhaft gegenüber unverarbeitetem Getreidestroh darstellt (SCHWARZ, 2016; SCHWARZ et al., 2019; MOHRMANN et al., 2021). Dennoch kann aktuell nicht beobachtet werden, dass Strohpellets als Substratalternative in der Biogasproduktion an Bedeutung gewinnen (MOHRMANN und OTTER, 2021). In verschiedenen wissenschaftlichen Studien zur Akzeptanz von neuen Produktionsverfahren in der Landwirtschaft konnte aufgezeigt werden, dass nicht nur die technische Funktionalität und die Rentabilität als Triebkraft für die Einführung neuer Verfahren in der ldw. Praxis von Bedeutung sind (HENKE und THEUVSEN, 2014; WANG und WATANABE, 2016; KRÖGER et al., 2016a; JEINSEN et al., 2018). Wissenschaftliche Studien zum Investitionsverhalten von Landwirten in den Betriebszweig Biogas sowie zur Akzeptanz von Güllefeststoffen zeigen jedoch, dass sich ldw. Biogasanlagenbetreiber häufig inkonsistent bei betrieblichen Entscheidungen verhalten und über unterschiedliche Umsetzungsschwellen für potenzielle „Bioenergie-Investitionen“ verfügen (VOSS et al., 2009; GRANOSZEWSKI et al., 2009; REISE et al., 2012; KRÖGER et al., 2016b; MOHRMANN und OTTER, 2022). Ähnliche Erkenntnisse gehen auch aus Studien zu Innovationsübernahmeprozessen von Landwirten hervor, die diesbezüglich nicht als homogene Gruppe angenommen werden können, sondern sich anhand ihrer Einstellung und des Zeitpunktes der Adaption einer Innovation in verschiedene Gruppen einteilen lassen (ROGERS, 2003; JONSSON et al., 2011; SCHUKAT und HEISE, 2021). Nach aktuellem Kenntnisstand sind in der Literatur keine Studien zur Einstellung von Biogasanlagenbetreibern gegenüber pflanzlichen, ldw. Reststoffen als Alternativsubstrat in der Biogaserzeugung vorhanden. Auch erfolgte in diesen Kontext bisher keine Charakterisierung von Adaptorengruppen von Biogasanlagenbetreibern in Hinblick auf die Nutzung solcher Alternativsubstrate.

Ziel der vorliegenden Studie ist daher die Einstellung von ldw. Biogasanlagenbetreibern anhand von Befragungsdaten von 118 Anlagenbetreibern aus Niedersachsen in Bezug auf den Einsatz von Strohpellets als Alternativsubstrat in der Biogasproduktion zu analysieren und zu überprüfen, ob eine Unterscheidung von verschiedenen Adaptorengruppen möglich ist. Zunächst wird hierfür ein Literaturüberblick über mögliche Faktoren zur Charakterisierung von ldw. Biogasanlagenbetreibern in Hinblick auf ihr Innovations- und Entscheidungsverhalten gegeben (Kap. 2). Anschließend werden die Methodik der explorativen Faktorenanalyse sowie

der Clusteranalyse erläutert (Kap. 3). Es folgt die Beschreibung der Stichprobe sowie der identifizierten Faktoren und Cluster (Kap. 4). Der Beitrag schließt mit dem Kapitel Diskussion und Fazit, der wichtige Erkenntnisse für Biogasanlagenbetreiber, Politik und Beratung zur Förderung des Einsatzes von Strohpellets als innovatives, nachhaltiges Substrat in Biogasanlagen beinhaltet (Kap. 5).

2 Innovations- und Entscheidungsverhalten von ldw. Betriebsleitern

Die Forschung zur Adaption von Innovationen hat in der Agrarökonomie eine lange Tradition und umfasst eine große Anzahl an Studien, die sich mit der Charakterisierung von Innovatoren und Verweigerern auseinandersetzen (ILBERY, 1978; FEDER und UMALI, 1993; VOSS et al., 2009). Während in der wissenschaftlichen Literatur häufig davon ausgegangen wird, dass sich Entscheidungsträger bei unternehmerischen Entscheidungen ausschließlich rational verhalten, spielen gerade in der ldw. Praxis neben ökonomischen Faktoren auch nicht-ökonomische Faktoren eine bedeutende Rolle (ILBERY, 1978; BEER und THEUVSEN, 2020). Diese Beobachtung lässt sich auch für „eco-innovations“², zu denen auch die Nutzung von Reststoffen wie z.B. Strohpellets gezählt werden kann, bestätigen (JANSSON et al., 2011).

In verschiedenen wissenschaftlichen Studien zu Investitionsentscheidungen im Bereich Biogas (VOSS et al., 2009; GRANOSZEWSKI et al., 2009; REISE et al., 2012; KRÖGER et al., 2016b) als auch zu Innovationsübernahmeprozessen von Landwirten konnte gezeigt werden, dass sich Entscheidungsträger in ihrem Verhalten unterscheiden und in verschiedene Gruppen einteilen lassen (ROGERS, 2003; JONSSON et al., 2011; SCHUKAT und HEISE, 2021). Dabei unterliegt das Entscheidungsverhalten von ldw. Betriebsleitern als auch das Verhalten bei der Adaption von Innovationen, den Eigenschaften des Innovations- oder Entscheidungsobjektes (u.a. Kosten, Nutzen), betrieblichen Merkmalen, den sogenannten „Farmographics“ (u.a. Betriebsgröße, Charakteristik des Betriebsleiters, Arbeitseinsatz, Zugang zu Kapital) sowie dem persönlichen Managementverhalten des Entscheiders (u.a. Innovationsbereitschaft, Risikoorientierung) (FERNANDEZ-CORNEJO und MCBRIDE, 2002; VOSS et al., 2009; MEIJER et al., 2015; BEER und THEUVSEN, 2020). Darüber hinaus werden soziodemographische Merkmale des Entscheiders (u.a. Alter, Geschlecht, Berufserfahrung, Bildungsstand) als weitere Einflussfaktoren auf die Entscheidungsfindung bei der Einführung von Innovationen in der Landwirtschaft bestätigt und dienen der Charakterisierung verschiedener Nutzungsgruppen (FERNANDEZ-CORNEJO und MCBRIDE, 2002; WILLOCK et al., 1999; JEINSEN et al., 2018).

Bei den soziodemographischen Merkmalen haben insbesondere das Alter, die Erfahrung und die Bildung einen Einfluss auf das Entscheidungsverhalten. Häufig wird bei älteren Betriebsleitern im Vergleich zu jüngeren Betriebsleitern aufgrund des kürzeren Planungshorizonts eine geringere Innovationsneigung festgestellt. Nur wenn der Nutzen des Vorhabens für ältere Betriebsleiter groß genug ist oder eine gesicherte Hofnachfolge feststeht, sind auch diese bereit zu investieren (FERNANDEZ-CORNEJO und MCBRIDE, 2002). In Bezug auf die Erfahrung der Landwirte haben verschiedene Studien gezeigt, dass mit größeren persönlichen Erfahrungen die Akzeptanz zur Nutzung bzw. Adaption von Innovationen ansteigt (VOSS et al., 2009; JONSSON et al., 2011; SCHUKAT und HEISE, 2021). Diese Beobachtung wird auch für Biogasanlagenbetreiber im Kontext der Akzeptanz von Güllefeststoffen als alternatives Biogassubstrat bestätigt (KRÖGER et al., 2016a). Darüber hinaus hat der Ausbildungsstand der Betriebsleiter einen Einfluss auf das Entscheidungsverhalten. Je höher die Berufsausbildung des Betriebsleiters, desto höher ist die Bereitschaft, eine neue Technologie auf dem Betrieb einzusetzen (ILBERY, 1978; FREDERKING, 1996; GEDIKOGLU, 2015). Neben der Bildung hat das Wissen über die jeweilige Innovation v.a. zu Beginn des Adaptionsprozesses einen wichtigen Einfluss, da in dieser Phase die Grundlage für die

² „Eco-innovations“ sind Innovationen, die der Vermeidung oder Reduktion von negativen Umwelteinflüssen dienen (JANSSON et al., 2011).

Entscheidung über die Nutzung oder Nicht-Nutzung gelegt wird (ROGERS, 2003; HANNUS und SAUER, 2021). Mangelndes Wissen wird häufig als Hemmnis für die Umsetzung von technologischen oder nachhaltigen Innovationen in der Landwirtschaft identifiziert (RODRIGUEZ et al., 2008; SCHULZE SCHWERING und LEMKEN, 2020; MISHRA et al., 2018). In direktem Bezug zur Biogasproduktion wurde z.B. ein begrenztes Wissen von Landwirten über ldw. Reststoffe als Barriere für die Ausweitung der Biogasproduktion in Schweden beobachtet (LANTZ et al., 2007).

Darüber hinaus bestimmen persönliche Merkmale des Betriebsleiters wie die Innovations- und Risikobereitschaft die grundsätzliche Bereitschaft Innovationen im betrieblichen Kontext auszuprobieren (GRANOSZEWSKI et al., 2009; VOSS et al., 2009; SCHAPER et al., 2010; KRÖGER et al., 2016a). Landwirte lassen sich durch ihr Risikoverhalten unterscheiden und als überwiegend risikoavers charakterisieren (MAART-NOELCK und MUBHOFF, 2014). Je stärker die Risikoaversion der Entscheidungsträger ist, desto defensiver und später wird eine Neuinvestition getätigt (SCHAPER et al., 2010; VISCUSI et al., 2011). Während Landwirte, die in eine Biogasanlage investiert haben, nach Voss et al. (2009) generell als weniger risikoavers gelten, ist eine Einteilung in mehr und weniger risikofreudige bzw. risikoaversere Betreiber möglich (STEINHORST et al., 2015). Im Umfeld des ldw. Betriebsleiters sind soziale Normen und das soziale Umfeld für die Adaption neuer Technologien von besonderer Bedeutung (KUCZERA, 2006). Vor allem Familienmitglieder und benachbarte Landwirte können starken Einfluss auf das Entscheidungsverhalten von Landwirten nehmen (FOSTER und ROSENZWEIG, 1995; JEINSEN et al., 2018). Diese Tatsache wird auch beim Innovationsverhalten von Biogasanlagenbetreibern bestätigt (GRANOSZEWSKI et al., 2009; VOSS et al., 2009). Auch der gesellschaftliche Druck, z.B. in Form der gesellschaftlichen Kritik am Maisanbau für die Biogaserzeugung, wird von Biogasanlagenbetreibern wahrgenommen und beeinflusst das Akzeptanzverhalten entsprechend (KRÖGER et al., 2014). Darüber hinaus ist im Zusammenhang mit dem sozialen Umfeld die Verfügbarkeit von Informationen über die Innovation sowie der Zugang zu Beratungsleistungen zu nennen (WELLNER und THEUVSEN, 2018). Betriebsmerkmale wie z.B. die Größe des Unternehmens haben ebenfalls einen Einfluss auf das Entscheidungsverhalten bezüglich der Akzeptanz bei der Adaption von Innovationen. Mit zunehmender Betriebsgröße geht ein positiver Einfluss auf die Einführung neuer Praktiken und Technologien einher (FEDER und UMALI, 1993; MOZZATO et al., 2018). Diese Beobachtung konnte auch in Bezug auf die Akzeptanz des Anbaus von Energiepflanzen festgestellt werden (GIANNOCCARO und BERBEL, 2012; GEDIKOGLU, 2015).

3 Material und Methoden

Im Zeitraum von Februar bis April 2021 wurden 118 Biogasanlagenbetreiber in Niedersachsen zu ihrer Einstellung und Nutzungsabsicht in Hinblick auf den Einsatz von Strohpellets in Biogasanlagen befragt. Ausgangspunkt bildete eine anonyme und standardisierte Online-Befragung, die über die Plattform Uni-Park der Globalpark AG durchgeführt wurde. Vor dem Start der Umfrage wurde ein Pretest mit 15 Testpersonen durchgeführt, um die Funktionalität und die Verständlichkeit der Fragen zu überprüfen. Zur Verbreitung des Weblinks zum Fragebogen wurden private Netzwerke und soziale Medien genutzt. Darüber hinaus wurde die Befragung von Verbänden und Zeitschriften in den Bereichen Landwirtschaft und Bioenergie in ihren Newslettern (u.a. Carmen, Landvolk Niedersachsen, 3N) sowie auf verschiedenen Social-Media-Kanälen (u.a. topagrar online, DLZ) beworben. Der Fragebogen gliederte sich in fünf Teile auf, denen eine Definition von Strohpellets als Verarbeitungsform von Getreidestroh vorangestellt war. Weitere Informationen zu den Vergärungseigenschaften von Strohpellets wurden im Vorfeld nicht gegeben, um Einschätzungen von Biogasanlagenbetreibern zu erhalten, die auch den aktuellen Wissensstand über diese Substratalternative widerspiegeln. In Teil A wurden die Biogasanlagenbetreiber zu ldw. Betriebsmerkmalen wie Betriebszweige und Betriebsgröße befragt. Teil B enthielt Fragen zu den Eigenschaften der Biogasanlage, wie z.B.

die installierte elektr. Leistung, die technische Ausstattung, die Substratversorgung und das Gärrestmanagement. Teil C bestand aus insgesamt elf Abschnitten mit jeweils bis zu acht randomisiert dargestellten Statements zur Messung der Einstellung gegenüber dem Einsatz von Strohpellets. Die zu bewertenden Aussagen wurden überwiegend auf fünfstufigen Likert-Skalen (1 = „stimme überhaupt nicht zu“ bis 5 = „stimme voll und ganz zu“) gemessen. Im Teil E wurden die Zahlungsbereitschaft für Strohpellets und soziodemografische Daten der Biogasanlagenbetreiber abgefragt.

Die statistische Auswertung wurde mit Hilfe des Statistik-Programms IBM SPSS Statistics 27 durchgeführt. Um einen ersten Überblick über die Stichprobe zu erhalten, wurden zunächst die soziodemografischen Daten mittels univariater Verfahren analysiert. Anschließend wurden die Variablen zur Einstellung des Strohpelleteinsatzes in Biogasanlagen in einer explorativen Faktorenanalyse zu Faktoren zusammengefasst. Es wurde der Hauptkomponentenansatz mit der Varimax-Rotationsmethode und Kaiser-Normalisierung gewählt. Bei dieser Methode wird eine klare Trennung der Faktoren angestrebt, was die Zuordnung und Interpretation der einzelnen Faktoren vereinfacht. Zur Qualitätskontrolle wurden der Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)-Wert, der Bartlett-Test und die anschließende Reliabilitätsanalyse angewendet (BROSIUS, 2013). Die Extraktion der Faktoren wurde nur durchgeführt, wenn der Eigenwert größer als eins war. Anschließend wurde eine hierarchische Clusteranalyse durchgeführt, um homogene Gruppen auf der Grundlage der zuvor extrahierten Faktoren zu bilden (BACKHAUS et al., 2018). Zunächst wurde die Single-Linkage-Methode angewandt, um mögliche Ausreißer zu identifizieren. Die optimale Anzahl von Clustern wurde mit der Ward-Methode ermittelt. Die daraus generierte Startpartition wurde anschließend mit der k-Means-Methode optimiert (BORTZ, 2005). Für die detaillierte Charakterisierung der gebildeten Cluster wurde eine einfaktorielles ANOVA durchgeführt. Bei Varianzheterogenität (Levene-Test: $p \leq 0,001$) wurde die Welch-ANOVA angewendet, die eine höhere Robustheit gegenüber Varianzheterogenität aufweist. Zur Ermittlung der signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Clustern wurde bei Varianzgleichheit der Bonferroni und bei Varianzheterogenität der Tamhane T2 Post-hoc-Mehrfachvergleichstest mit einem Signifikanzniveau von 0,05 durchgeführt. Bei kategorialen Variablen wurde die Kreuztabellierung mit Chi-Quadrat-Test nach Pearson durchgeführt. Dieser Ansatz wurde durch einen paarweisen Vergleich mit Bonferroni-Korrektur ($\alpha = 0,05$) erweitert (BROSIUS, 2013).

4 Ergebnisse

4.1 Stichprobenbeschreibung

Ausgangsbasis für die Berechnungen bildeten 118 Beobachtungen von Betreibern landwirtschaftlicher Biogasanlagen mit einem Produktionsstandort in Niedersachsen. Die Altersstruktur der Biogasanlagenbetreiber ist im Vergleich zur Altersstruktur der Beschäftigten und der Betriebsleiter in der Landwirtschaft in Deutschland vergleichsweise jünger. Insbesondere die Altersgruppen „25 bis 35 Jahre“ und „35 bis 45 Jahre“ sind in der Stichprobe überrepräsentiert, wohingegen die höheren Altersgruppen „55 bis 65 Jahre“ und „Älter als 65 Jahre“ etwas unterrepräsentiert sind (PASCHER et al., 2021). Das Ausbildungsniveau der Stichprobe ist vergleichsweise hoch. Rd. 68 % der Biogasanlagenbetreiber verfügen über einen Fachhochschulabschluss bzw. die allg. Hochschulreife (Abitur) und rd. 26 % über einen Realschul- oder gleichwertigen Abschluss. Sonstige allgemeinbildende Schulabschlüsse wurden von weniger als 6 % der Teilnehmer angegeben. Ähnlich ist es bei den berufsbezogenen Abschlüssen. 41,5 % der Anlagenbetreiber haben ein Studium (Bachelor, Master, Diplom, Promotion) abgeschlossen. Des Weiteren haben 27,1 % einen Landwirtschaftsmeister und 21,2 % die zweijährige Fachschule (staatl. geprüfter Agrarbetriebswirt) abgeschlossen. Die übrigen rd. 10 % teilen sich in ldw. Ausbildung, einjährige Fachschule Landwirtschaft und

sonstige Abschlüsse auf. Die durchschnittliche Betriebsgröße der Stichprobe liegt bei einer Bemessungsleistung³ von 598,3 kW_{el}. Die installierte Leistung der Anlagen in der Stichprobe liegt bei 1.106,8 kW_{el}. Der niedersächsische Durchschnitt liegt bei 545 kW_{el} bzw. bei 706 kW_{el} im Bezugsjahr 2018 (3N KOMPETENZZENTRUM, 2018). Die Stichprobe ist damit in ihrer Repräsentativität eingeschränkt und liefert schwerpunktmäßig Erkenntnisse für größere Biogasanlagen. Da diese im Vergleich zu kleineren, vorwiegend güllebasierten Biogasanlagen, höhere Anteile an klassischen NawaRo vergären, die potenziell durch Alternativsubstrate wie Strohpellets ersetzt werden sollen, ist die Aussagekraft der vorliegenden Stichprobe im Kontext dieser Studie als vorteilhaft einzustufen (DANIEL-GROMKE et al., 2020). Aktuell setzen 97,5 % der befragten, niedersächsischen Biogasanlagenbetreiber in der Stichprobe Maissilage in ihrer Biogasanlage ein. Der durchschnittliche Substratanteil liegt bei 49,5 %. Getreidestroh wurde nur von einem Betreiber (0,8 %) als Substrat angegeben. 16,9 % (n=20) der Betreiber haben in der Vergangenheit bereits Stroh in ihrer Biogasanlage eingesetzt, wovon vier Teilnehmer (3,4 %) angaben, dies in Form von Getreidestrohpellets getan zu haben. Die Fragestellungen, ob sich die Betreiber vor der Teilnahme an der Umfrage zu dieser Studie schon einmal mit dem Einsatz von Strohpellets in Biogasanlagen beschäftigt haben, wurde von 27 Betreibern (22,9 %) bejaht.

4.2 Ergebnisse der Faktoren- und Clusteranalyse

Mittels der explorativen Faktorenanalyse konnten die vier Faktoren, namentlich die „Einstellung zur Wirtschaftlichkeit des Strohpelleteinsatzes“, der „Erwartete (Mehr-)Aufwand“, der „Gesellschaftliche Druck“ und die „Risikoeinstellungen“ ermittelt werden, die zusammen 61,47 % der Gesamtvarianz erklären. Mit einem Wert von 0,744 ist das KMO (Kaiser-Meyer-Olkin)-Kriterium als „ziemlich gut“ zu bewerten (KAISER und RICE, 1974). Die Bartlett-Signifikanz liegt bei einem Wert von $p = <0,001$, was bedeutet, dass die Nullhypothese verworfen werden kann und somit eine Korrelation zwischen den Variablen besteht. Der Cronbachs Alpha (CA)-Wert liegt für alle Faktoren über dem in der Literatur genannten Schwellenwert von 0,6 bei explorativen Studien, womit die interne Konsistenz aller Faktoren erfüllt ist (Tabelle 1) (NUNNALLY und BERNSTEIN, 1994; BACKHAUS et al., 2018). Auf Basis der vier Faktoren konnte unter Verwendung der Ward-Methode und mit Hilfe des Dendrogramms, des Scree-Plots und des Ellenbogenkriteriums eine vier Cluster-Lösung identifiziert werden. Anschließend wurde eine Optimierung der Lösung mittels der k-Means-Methode vorgenommen (BORTZ, 2005). Die Diskriminanzanalyse ergab für das Wilks-Lambda-Kriterium ein Signifikanzniveau von $p = <0,001$ bei niedrigen Wilks Lambda-Werten, womit die Nullhypothese abgelehnt wird und eine signifikante Unterscheidung der Gruppen möglich ist. 99,2 % der ursprünglich gruppierten Fälle wurden korrekt zugeordnet. Die Güte der Clusteranalyse kann somit als gut bezeichnet werden (BACKHAUS et al., 2018; HAIR et al., 2018). Die Ergebnisse der Clusteranalyse lassen sich inhaltlich anhand der clusterbildenden Faktoren (Tabelle 1) und der clusterbeschreibenden Variablen (Tabelle 2) wie folgt beschreiben:

Cluster A „Die risikoaversen Beobachter“ (n=46): Dieses Cluster hat nach den Betreibern aus Cluster D die zweithöchste, positive Einstellung zur Wirtschaftlichkeit von Strohpellets (Faktor 1). Die Mittelwerte der dazugehörigen Einzelstatements liegen alle um den Wert von drei (teils/teils). Betreiber dieses Clusters erwarten einen relative hohen (Mehr-)Aufwand durch den Strohpelleteinsatz (Faktor 2), insbesondere in Bezug auf technische Parameter (Eigenstrombedarf, Rührwerkszeiten). Der gesellschaftliche Druck (Faktor 3) auf die Biogaserzeugung wird von Betreibern in Cluster A im Vergleich zu den anderen drei Clustern am geringsten wahrgenommen. Weiterhin ist dieses Cluster im Vergleich zu den anderen

³ Anteil der installierten Leistung der arbeitsrelevant ist und sich über die eingespeiste Strommenge und die Jahressvollaststunden errechnen lässt (3N KOMPETENZZENTRUM, 2018).

Clustern als weniger risikofreudig (Faktor 4) einzustufen, da der Wunsch nach Sicherheit und Vertrautheit überwiegt.

Tabelle 1. Clusterbildende Faktoren

Variablen	Cluster A (n=46)	Cluster B (n=22)	Cluster C (n=19)	Cluster D (n=31)
	Mittelwerte der Skalen			
Faktor 1 Einstellung zur Wirtschaftlichkeit des Strohpelleteinsatzes***; CA=0,673	0,345^{bc}	-1,380^{acd}	-0,441^{abd}	0,737^{bc}
Ich bin davon überzeugt, dass sich der Einsatz von Strohpellets in Biogasanlagen lohnt.*** FL=0,817	3,04 ^b	1,86 ^{acd}	2,68 ^{bd}	3,42 ^{bc}
Ich bin davon überzeugt, dass der Einsatz von Strohpellets in der Biogasanlage mehr Nutzen bringt, als (Mehr-)Kosten verursacht.*** FL=0,775	3,02 ^{bd}	1,91 ^{acd}	2,79 ^{bd}	3,48 ^{ad}
Bei Strohpellets sind die Stromgestehungskosten pro kWh Strom günstiger als bei anderen Substraten. FL=0,773	2,89 ^{bc}	1,91 ^{ad}	2,32 ^{ad}	3,13 ^{bc}
Strohpellets sind im Vergleich zu anderen Substraten viel zu teuer.*** FL=-0,772	2,98 ^{bc}	4,14 ^{ad}	3,79 ^{ad}	3,10 ^{bc}
Der finanzielle Aufwand für den Transport und die Herstellung von Pellets ist höher, als der Nutzen, der bei der Vergärung entsteht.*** FL=-0,763	2,98 ^{bc}	4,14 ^{ad}	3,53 ^{ad}	2,71 ^{bc}
Die Nutzung von Strohpellets bietet meiner Biogasanlage betriebswirtschaftliche Vorteile. FL=0,712	2,87 ^b	1,86 ^{abc}	2,47 ^{bd}	3,26 ^{bc}
Bezogen auf die Trockenmassen können Strohpellets günstiger als andere Substrate eingekauft werden.*** FL=0,712	3,04 ^{bd}	2,09 ^{ad}	2,74 ^d	3,65 ^{bc}
Faktor 2 Erwarteter (Mehr-)Aufwand*** CA=0,799	0,256^c	0,449^c	-1,060^{abd}	-0,049^c
Der Eigenstrombedarf der Biogasanlage wird durch den Einsatz von Strohpellets ansteigen.** FL=0,776	3,59 ^c	3,50 ^c	2,58 ^{ab}	3,29
Der Arbeitsaufwand für die Behebung von Störungen wird bei der Vergärung von Strohpellets erheblich ansteigen.*** FL=0,774	2,89 ^c	3,36 ^c	1,92 ^{ABC}	2,68 ^c
Der Arbeitsaufwand für tägliche Kontrollarbeiten steigt durch den Einsatz von Strohpellets.** FL=0,745	3,09	3,36 ^c	2,42 ^b	2,74
Die Rührwerkslaufzeiten und -intervalle müssen für den Strohpelleteinsatz erhöht werden.*** FL=0,740	3,83 ^c	4,14 ^{CD}	2,68 ^{AB}	3,32 ^B
Meine Biogasanlage erfüllt grundsätzlich die technischen Voraussetzungen für den Einsatz von Strohpellets.*** FL=-,667	3,35 ^c	3,59 ^c	4,68 ^{ABD}	3,58 ^c
Faktor 3 Gesellschaftlicher Druck*** CA=0,718	-0,607^{bd}	0,426^{ac}	-0,483^{bd}	0,895^{ac}

Variablen	Cluster A (n=46)	Cluster B (n=22)	Cluster C (n=19)	Cluster D (n=31)
	Mittelwerte der Skalen			
Ich sehe mich als Biogasanlagenbetreiber zunehmend der öffentlichen Kritik ausgesetzt.*** FL=0,849	2,87 ^{bd}	4,05 ^{ac}	2,84 ^{bd}	4,10 ^{ac}
Die Akzeptanz der Gesellschaft für die Biogaserzeugung hat in den vergangenen 10 Jahren stark abgenommen.*** FL=0,765	1,85 ^{BD}	2,23 ^D	1,89 ^{BD}	3,03 ^{ABC}
Konflikte mit Nachbarn und Dorfanwohnern wegen der Biogasanlage (Transportaufkommen, Lärm, Maisanbau etc.) gehören für mich zum Tagesgeschäft.*** FL=0,753	2,41 ^D	3,36 ^D	2,58 ^D	3,81 ^{ABC}
Faktor 4 Risikoeinstellung*** CA=0,673	0,614^{cd}	0,183^{bd}	-0,993^{ab}	-0,432^{ab}
Mir ist Sicherheit wichtig, deshalb vermeide ich Risiken.*** FL=0,833	3,43 ^{cd}	3,27 ^{cd}	2,32 ^{ab}	2,45 ^{ab}
Ich vermeide risikoreiche Entscheidungen, insbesondere im Betriebszweig Biogas.*** FL=0,759	3,30 ^{CD}	3,14 ^C	1,95 ^{AB}	2,65 ^{AC}
Ich fühle mich in Situationen, die mir nicht vertraut sind, unwohl.*** FL=0,696	3,17 ^C	2,64	2,00 ^{AD}	2,65 ^C

Signifikanzniveau bei * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$; (n.s.) = nicht signifikant; (a,b,c,d) kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Clustern nach Bonferroni post-hoc (Varianzhomogenität) bzw. (A,B,C,D) nach Tamhane-T2 post-hoc (Varianzheterogenität) bei einem Signifikanzniveau von 0,05; Alle Statements wurden auf einer Skala von 1 = „stimme überhaupt nicht zu“ bis 5 = „stimme voll und ganz zu“ gemessen. n = 118.

Dies zeigt sich auch anhand der clusterbeschreibenden Einzelstatements zur Innovationsbereitschaft, die bei Cluster A auf ein zögerliches, abwartendes Innovationsverhalten schließen lassen. Die Unterstützung durch das soziale Umfeld wird von Betreibern in Cluster A überwiegend mit einem Wert von drei beurteilt. Das Wissen über den Einsatz von Strohpellets ist im Clustervergleich in dieser Gruppe am geringsten ausgeprägt. Insgesamt ist eine gewisse Unsicherheit wahrzunehmen. Die Intention zur Nutzung von Strohpellets in der Biogasanlage ist in diesem Cluster kaum vorhanden ($\mu=1,89-2,50$).

Cluster B „Die nicht überzeugten Ablehner“ (n=22): Biogasanlagenbetreiber in diesem Cluster beurteilen die Wirtschaftlichkeit von Strohpellets (Faktor 1) auffallend negativ. Der erwartete (Mehr-) Aufwand (Faktor 2) wird von dieser Gruppe vergleichsweise hoch eingeschätzt. Im Vergleich zu Cluster A fällt v. a. die negativere Tendenz beim Arbeitsaufwand auf. Darüber hinaus wird ein gesellschaftlicher Druck auf die Biogaserzeugung wahrgenommen, der auf der öffentlichen Kritik und auch auf Konflikten mit dem näheren sozialen Umfeld beruht (Faktor 3). Die Statements zur Risikoeinstellung liegen allesamt nahe am Wert drei (Faktor 4). Anhand der clusterbeschreibenden Variablen zur Innovationsbereitschaft lässt sich feststellen, dass die frühzeitige Umsetzung von Innovationen für Betreiber in diesem Cluster weniger wichtig ist. Betreiber in Cluster B gehen davon aus, dass befreundete Berufskollegen eine ebenso negative Einstellung gegenüber dem Einsatz von Strohpellets vertreten. Auch die Unterstützung des familiären Umfeldes ist unsicher. Auf die Beratung wird wenig Wert gelegt. Der eigene Wissensstand zum Einsatz von Strohpellets ist relativ gering, wird aber besser eingestuft als bei Cluster A. Die Absicht Strohpellets in der Biogasanlage einzusetzen ist in diesem Cluster am geringsten ($\mu=1,50-2,05$), was auch der Mittelwert des letzten Statements in Tabelle 2 widerspiegelt.

Tabelle 2. Clusterbeschreibende Variablen

Variablen	Cluster A	Cluster B	Cluster C	Cluster D
	Mittelwerte der Skalen			
Innovationsbereitschaft				
Ich lege Wert darauf, bei Innovationen schnell mit dabei zu sein, wohlwissend, dabei Enttäuschungen erleben zu können.**	2,91 ^c	2,55 ^{cd}	3,68 ^{ac}	3,35 ^b
Bevor ich etwas Neues auf meiner Biogasanlage ausprobiere, warte ich lieber erstmal ab, ob andere damit Erfolg haben.***	3,17 ^C	3,32 ^C	2,11 ^{AB}	2,61
Soziales Umfeld				
Mein familiäres Umfeld würde es unterstützen alternative Substrate, wie Strohpellets, in meiner Biogasanlage auszuprobieren.*	3,37	2,82 ^d	3,26	3,71 ^a
Befreundete Berufskollegen befürworten die Nutzung von alternativen Substraten, wie z.B. Strohpellets.***	3,04 ^b	2,36 ^{ad}	2,68 ^d	3,45 ^{bc}
Wenn mein Berater mir rät, dass ich Strohpellets in meiner Biogasanlage einsetzen soll, werde ich das auch tun. (n.s.)	2,80	2,59	2,63	3,13
Die Beratung vor Ort wird mich bei der Nutzung von Strohpellets unterstützen. (n.s.)	3,09	2,73	2,63	2,94
Wissen und Verfügbarkeit von Informationen				
Ich verfüge über das nötige Wissen, Strohpellets in meiner Biogasanlage einzusetzen.*	2,46 ^c	2,73	3,47 ^a	2,81
Das Informations- und Beratungsangebot zu Nutzungs-konzepten von Strohpellets in Biogasanlagen ist aktuell nicht ausreichend. (n.s.)	4,04	4,00	3,58	4,00
Intention zur Nutzung von Strohpellets				
Ich beabsichtige in nächster Zeit Strohpellets als Inputsubstrat für meine Biogasanlage zuzukaufen.***	1,89 ^D	1,50 ^{CD}	2,42 ^B	2,48 ^{AB}
Ich gehe davon aus, dass ich schon sehr bald Strohpellets als Inputsubstrat in meiner Biogasanlage einsetzen werde.**	2,13 ^d	1,86 ^d	2,32	2,81 ^{ab}
Strohpellets sind für mich eine echte Substratalternative.***	2,50 ^d	2,05 ^d	2,74	3,13 ^{ab}
Der Einsatz von Strohpellets in meiner Biogasanlage kommt vorerst nicht in Frage.***	3,37 ^{cd}	3,77 ^{cd}	2,68 ^{ab}	2,52 ^{ab}

Signifikanzniveau bei * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$; (n.s.) = nicht signifikant; (a,b,c,d) kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Clustern nach Bonferroni post-hoc (Varianzhomogenität) bzw. (A,B,C,D) nach Tamhane-T2 post-hoc (Varianzheterogenität) bei einem Signifikanzniveau von 0,05; Alle Statements wurden auf einer Skala von 1 = "stimme überhaupt nicht" bis 5 = "stimme voll und ganz zu" gemessen. n = 118.

Cluster C „Die risikobereiten Beobachter“ (n=19): Die Betreiber in dieser Gruppe schätzen die Wirtschaftlichkeit von Strohpellets (Faktor 1) aktuell negativ ein, erwarteten allerdings tendenziell einen eher geringen (Mehr-)Aufwand (Faktor 2) durch einen Einsatz in ihrer Biogasanlage. Der gesellschaftliche Druck (Faktor 3) wird als wenig relevant angesehen, ein

Rückgang der der gesellschaftlichen Akzeptanz der Biogasproduktion wird von diesem Cluster nicht bestätigt. Die Betreiber dieses Cluster erweisen sich als äußerst risikobereit (Faktor 4) mit einem geringen Sicherheitsbedürfnis. Dies spiegelt sich auch in einer hohen Innovationsbereitschaft gemessen anhand der entsprechenden clusterbeschreibenden Variablen in Tabelle 2 wider.

Anlagenbetreibern in Cluster C ist es wichtig bei Innovationen früh dabei zu sein; sie warten nicht auf die Erfahrungen anderer Berufskollegen. Die Unterstützung durch Familienmitglieder ist tendenziell gegeben, während die Beratung und Meinung der Berufskollegen als wenig relevant gelten. Das eigene Wissen zum Strohpelleteinsatz wird im Vergleich zwischen den Clustern am besten bewertet, obwohl der Zugang zu Informationsmaterial ebenfalls als nicht ausreichend bezeichnet wird. Die Intention zur Nutzung von Strohpellets in der Biogasproduktion ist insgesamt höher als bei Cluster A und B, jedoch ist (noch) keine klare Absicht zur Nutzung von Strohpellets zu erkennen ($\mu=2,32-2,74$).

Cluster D „Die beeinflussbaren Innovatoren“ (n=31). Biogasanlagenbetreiber in diesem Cluster haben im Vergleich der vier Cluster die positivste Einstellung zur Wirtschaftlichkeit von Strohpellets für die Biogasproduktion (Faktor 1). Sie finden Pellets zwar teuer, gehen aber davon aus, dass sich der Einsatz für sie lohnen wird. Der (Mehr-)Aufwand (Faktor 2) wird von dieser Gruppe als relativ neutral eingeschätzt. Auffällig ist, dass ein hoher gesellschaftlicher Druck (Faktor 3) wahrgenommen wird. Hierbei spielen vor allem die öffentliche Kritik aber auch Konflikte im unmittelbaren Umfeld eine entscheidende Rolle. Betreiber in Cluster D sind bereit Risiken (Faktor 4) bei betrieblichen Entscheidungen einzugehen, jedoch etwas gemäßiger als Betreiber in Cluster C. Ähnlich verhält es sich bei der Innovationsbereitschaft, die im Vergleich zu Cluster C ebenfalls als gemäßiger wahrgenommen wird. Die Unterstützung durch das familiäre Umfeld und befreundete Berufskollegen ist vergleichsweise hoch, auch die Meinung eines Beraters scheint tendenziell einen Einfluss auf die Entscheidungen zu haben. Die Absicht Strohpellets einzusetzen ist in diesem Cluster auf einem ähnlichem Niveau ($\mu=2,48-3,13$) wie in Cluster C, wobei Cluster D zum einen eine etwas höhere Zustimmung im sozialen Umfeld zu haben scheint und zum anderen Strohpellets eher als echte, längerfristige Substratalternative in Erwägung zieht.

Tabelle 3. Soziodemographische und betriebliche Variablen zur Clusterbeschreibung

Variablen	Cluster A	Cluster B	Cluster C	Cluster D
	Mittelwerte der Skalen			
Alter (n.s.) (\bar{X} in Jahren)	47,87	44,68	45,16	45,97
Erfahrung Biogasproduktion (n.s.) (\bar{X} in Jahren)	11,93	11,68	11,74	12,97
Größe der Biogasanlage				
\bar{X} Bemessungsleistung* (kW _{el})	613	482 ^d	515	710 ^b
\bar{X} Installierte Leistung (n.s.) (kW _{el})	1058	808	1073	1412
Substratversorgung				
\bar{X} Anteil Wirtschaftsdünger* (%)	34,33 ^c	39,5	48,84 ^a	35,64
\bar{X} Substratanteil Maissilage*** (%)	55,17 ^c	49,32	34,05 ^{ad}	50,68 ^c

Signifikanzniveau bei * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$; (n.s.) = nicht signifikant; (a,b,c,d) kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Clustern nach Bonferroni post-hoc bei einem Signifikanzniveau von 0,05. n = 118.

Die soziodemographischen Daten weisen insgesamt kaum signifikante Unterschiede auf (Tabelle 3). Die schulische und berufliche Bildung sowie das Alter weisen keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Clustern auf. Die Erfahrung im Bereich Biogas, definiert anhand der Erstinbetriebnahme einer Biogasanlage, ist ebenfalls nicht signifikant, jedoch weist

Cluster D mit durchschnittlich 13,97 Jahren etwa ein Jahr mehr an Erfahrung auf. Die Merkmale der Biogasanlage zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen anhand der Vergütung nach dem jeweiligen EEG. Bei der Biogasanlagengröße fällt auf, dass Cluster C und D die Betreiber mit den größeren Biogasanlagen und Cluster B und C die mit den kleineren Biogasanlagen umfasst. Die Substratversorgung besteht bei Cluster A, B, und D zu rd. der Hälfte aus Maissilage, während Cluster C einen Substratanteil von etwas mehr als einem Drittel aufweist. Der Wirtschaftsdüngeranteil ist in Cluster C am höchsten und vor allem durch Festmiste geprägt.

5 Diskussion und Fazit

Aufgrund der anhaltenden öffentlichen Kritik am Anbau von Biomasse auf ldw. Flächen sowie sich ändernder rechtlicher Rahmenbedingungen zum Substrateinsatz stehen Biogasanlagenbetreiber vor der Herausforderung klassische Substrate zunehmend durch Abfall- und Reststoffe wie z. B. Stroh zu ersetzen. Stroh bietet in Deutschland mengenmäßig, mit regionalen Ausnahmen, ein hohes Nutzungspotential für die Biogaserzeugung, da sich andere Nutzungsverfahren wie z.B. die Kraftstoffproduktion oder die Wärmeproduktion durch Verbrennung aus technischen, ökonomischen oder emissionsrechtlichen Gründen bisher nicht durchgesetzt haben (VOGEL, 2019; MOHRMANN et al., 2022). Aus wissenschaftlicher Perspektive stellt die Verwendung von Getreidestroh in Form von Pellets in Biogasanlagen eine nachhaltige Innovation im Prozess der Biogasproduktion dar, der aktuell noch keine Relevanz in der Biogaserzeugung in Deutschland hat (MOHRMANN und OTTER, 2021). Die vorliegende Studie hatte daher unter Verwendung einer explorativen Faktorenanalyse und anschließender Clusteranalyse zum Ziel, die Einstellung von ldw. Biogasanlagenbetreibern in Niedersachsen in Bezug auf den Einsatz von Strohpellets als innovative Substratalternative in der Biogasproduktion zu untersuchen und zu prüfen, ob eine Einteilung der Betreiber in verschiedene Adaptorengruppen möglich ist. Es konnten die Faktoren „Einstellung zur Wirtschaftlichkeit des Strohpelleteinsatzes“, „Erwarteter (Mehr-)Aufwand“, „Gesellschaftlicher Druck“ und „Risikoeinstellung“ ermittelt werden, auf dessen Basis im Rahmen der Clusteranalyse vier Cluster niedersächsischer Biogasanlagenbetreiber ermittelt wurden: „Die risikoaversen Beobachter“, „Die nicht überzeugten Ablehner“, „Die risikobereiten Beobachter“ und die „Die beeinflussbaren Innovatoren“. Signifikante Unterschiede zwischen den gebildeten Clustern waren insbesondere bei der Risikoeinstellungen und der Wahrnehmung des gesellschaftlichen Drucks zu beobachten. Damit bestätigt diese Studie die bisherigen Erkenntnisse aus ähnlichen Studien in der agrarwissenschaftlichen Literatur, in denen ebenfalls ein hoher Einfluss dieser beiden Faktoren beobachtet werden konnten (GRANOSZEWSKI et al., 2009; VOSS et al., 2009; KRÖGER et al., 2014; STEINHORST et al., 2015; WELLNER et al., 2019). Darüber hinaus sind die Einstellung zur Wirtschaftlichkeit und des zu erwartenden Aufwandes der Strohpelletnutzung in Biogasanlagen als wichtige Einflussfaktoren auf die Nutzung von Strohpellets zu identifizieren, die gleichermaßen zur Differenzierung zwischen den Clustern beitragen (MOHRMANN und OTTER, 2022). Die Bedeutung der Kosten und des Nutzens einer Innovation konnte bereits in Bezug auf die Nutzung von Güllefeststoffen als alternatives Gärsubstrat identifiziert werden, wobei anhand dieser Kriterien keine Unterscheidung von Anlagenbetreibern in Cluster vorgenommen wurde (KRÖGER et al., 2016a; WELLNER et al., 2019). Die Differenzierung zwischen Gruppen anhand der Einstellung zur Wirtschaftlichkeit von Innovationen ist in Bezug auf die Nutzung von Agrarrobotik und Smart-Farming-Technologien in der Landwirtschaft bereits erfolgt, jedoch wurde die Einstellung zur Wirtschaftlichkeit in Einzelstatement als Teil des wahrgenommenen Nutzens betrachtet und nicht als eigener Faktor (SCHUKAT und HEISE, 2021; VELTHEIM und HEISE, 2021). Die Charakterisierung der vier Cluster wird durch signifikante, clusterbeschreibende Einzelstatements zur Innovationsbereitschaft, dem sozialen Umfeld, dem Wissensstand über die Strohpelletvergärung, die Verfügbarkeit von Informationen zur

Strohpelletvergärung sowie der Intention zur Nutzung von Strohpellets in Biogasanlagen gestützt. Insbesondere Cluster C zeigt eine vergleichsweise stark ausgeprägte Innovationsbereitschaft, die in Kombination mit der hohen Risikobereitschaft wider Erwarten nicht zu einer eindeutigen Nutzungsabsicht von Strohpellets führt. Auf Basis der Beobachtungen von RODRIGUEZ et al. (2008) kann interpretiert werden, dass die negative Einschätzung der Wirtschaftlichkeit des Strohpelleteinsatzes in Biogasanlagen ein bedeutendes Hemmnis bei der Adaption von Strohpellets als nachhaltiges, innovatives Substrat für diese Gruppe darstellen könnte. Anhand dieser Beobachtung kann abgeleitet werden, dass Betreiber in Cluster C, die ein leichtes Zögern aufzeigen, eher zu den „Early Adopters“ gehören, während Betreiber in Cluster D auf Basis der Zustimmung zu der Aussage, „Strohpellets sind eine echte Substratalternative für mich“ eher den „Innovators“ zuzuordnen sind (BERNSTEIN und SINGH, 2008). Darüber hinaus lässt sich anhand von Cluster D die hohe Bedeutung des sozialen Umfeldes (familiäres Umfeld, Berufskollegen, Beratung) auf die Absicht Strohpellets in der Biogasanlage zu nutzen, bestätigen (KUCZERA, 2006; KRÖGER et al., 2014). In Bezug auf das Wissen über Strohpellets als Substratalternative in der Biogasproduktion geben Betreiber in Cluster A, B und D an, über kein ausreichendes Wissen zu verfügen. Mit hoher Wahrscheinlichkeit stellt daher ein mangelndes Wissen sowie eine unzureichende Verfügbarkeit an Informationen ein bedeutendes Hemmnis für die Adaption von Strohpellets in der Praxis dar. Stützen lässt sich diese Interpretation anhand der Beobachtungen von LANTZ et al. (2007) im Bereich der Nutzung von landwirtschaftlichen Nebenprodukten in der schwedischen Biogasproduktion sowie RODRIGUEZ et al. (2008) und MISHRA et al. (2018), die ein mangelndes Wissen über die jeweilige Innovation als Hemmnis bei der Adaption von nachhaltigen Bewirtschaftungspraktiken in der Landwirtschaft identifizieren konnten. Auffällig ist, dass Cluster C einen relativ hohen Wissensstand zur Strohpelletvergärung angibt, was ggf. mit dem erhöhten Einsatz von Wirtschaftsdüngern in Form von Festmist in der Biogasproduktion zusammenhängen kann. Möglicherweise schätzen Betreiber in diesem Cluster ihr Wissen zur Strohpelletvergärung entsprechend höher ein, da sie die Vergärung von Festmist mit der Vergärung von Strohpellets für vergleichbar halten.

Anhand der betrieblichen Merkmale können in dieser Studie keine eindeutigen Erkenntnisse zur Einstellung gegenüber dem Einsatz von Strohpellets in der Biogasproduktion generiert werden. Während Cluster D mit der höchsten Bemessungs- und installierten Leistung auch die höchste Nutzungsintention aufweist, ist bei Cluster A, welches die zweithöchsten Leistungskennzahlen unter den vier Clustern zeigt, eine eher ablehnende Haltung festzustellen. Die aktuellen Substrateinsatzanteile lassen keine eindeutige Interpretation in Hinblick auf Unterschiede in einem konkreten Interesse zur Strohpelletnutzung zu. Cluster C zeigt die zweithöchste Intention zur Nutzung von Pellets, hat aber gleichermaßen den höchsten Wirtschaftsdüngeranteil und den geringsten Maisanteil im Substratmix. Möglicherweise sorgt die Erfahrung mit dem Wirtschaftsdünger „Festmist“ dafür, dass positive Rückschlüsse auf den Einsatz von Strohpellets gezogen werden. Auf Basis der soziodemographischen Parameter kann keine Segmentierung zwischen den Clustern vorgenommen werden. Während dies bei der Bildung und dem Geschlecht anhand der Stichprobeverteilung begründet werden kann, ist beim Alter zu vermuten, dass die in der Literatur häufig beobachtete, geringere Intention zur Nutzung einer Innovation mit steigendem Alter vornehmlich bei technologischen sowie längerfristig angelegten Investitionen zum Tragen kommt. Insgesamt kann die relative Unabhängigkeit von soziodemographischen und betrieblichen Merkmalen in dieser Studie als vorteilhaft beurteilt werden, da dadurch keine potenziellen Nutzergruppen ausgeschlossen werden.

Mit den gewonnenen Erkenntnissen kann diese Studie zur Beurteilung der Einstellung von Biogasanlagenbetreibern in Hinblick auf die Nutzung von innovativen Substratalternativen und zur Charakterisierung des Adaptionverhalten von ldw. Biogasanlagenbetreiber beitragen. Damit liefern die Ergebnisse der Studie einen wichtigen Beitrag zur agrarwissenschaftlichen Forschung, in der bisher kaum Beiträge für den Bereich Biogasproduktion vorliegen. Unter

Berücksichtigung dieser Aspekte bieten die Ergebnisse die Möglichkeit, auf die jeweilige Einstellung der Betriebsleiter angepasste Handlungsempfehlungen zur Verbesserung des Einsatzes von Strohpellets in Biogasanlagen abzuleiten. In erster Linie sind hier zunächst Biogasanlagenbetreiber in Cluster D „Die beeinflussbaren Innovatoren“ durch weitere Informationen zur Vergärung von Strohpellets, die Betreuung durch Biogasspezialberater und die Förderung der Zusammenarbeit in Form von Arbeitskreisen mit Berufskollegen zu überzeugen. In diesem Kontext könnte das zur Verfügung stellen von Strohpellets für den testweisen Einsatz in der Biogasanlage durch z.B. Pelletproduzenten eine Möglichkeit zur Förderung der anfänglichen Nutzung darstellen. Auch Betreiber in Cluster C „Die risikobereiten Beobachter“ können durch Beratung in ihrer Innovationsbereitschaft mitgenommen werden und ökonomische Vorbehalte ggf. aufgelöst werden (HASLER et al., 2017; BEER und THEUVSEN, 2020). Cluster A „Die risikoaversen Beobachter“ und möglicherweise auch Cluster B „Die nicht überzeugten Ablehner“ könnten später als „Laggards“ folgen, wenn die Innovation Strohpellets eine stärkere Verbreitung in der Biogas-Community erreicht haben sollte (FOSTER und ROSENZWEIG, 1995; ROGERS, 2003; BERNSTEIN und SINGH, 2008). Insbesondere für Cluster A, B und C, die eine tendenziell negative Einstellung gegenüber der Wirtschaftlichkeit von Strohpellets haben, könnten darüber hinaus politisch initiierte Förderprogramme (z.B. eine Sondervergütung für Strohpellets) eine Möglichkeit darstellen die Nutzung von Strohpellets in der Biogaserzeugung stärker zu etablieren (MOLA-YUDEGO et al., 2014)

Wie bei den meisten nicht-experimentellen Studien gibt es auch bei dieser Studie Einschränkungen. Die Stichprobe von 118 Anlagenbetreibern ist im Vergleich zu den verfügbaren Daten zur Grundgesamtheit aufgrund der Altersverteilung und der etwas stärker vertretenen, größeren Biogasanlagen in der Stichprobe nur eingeschränkt repräsentativ. Des Weiteren ist bei den Ergebnissen der Clusteranalyse zu beachten, dass die subjektive Nomenklatur der Cluster, die von den Autoren erstellt wurde, nicht als allgemeinverbindlich angesehen werden kann.

Ausgehend von den Ergebnissen niedersächsischer Biogasanlagenbetreiber kann die Analyse auf weitere Teilregionen in Deutschland sowie ggf. im internationalen Kontext ausgeweitet werden. Dabei sollten zukünftige empirische Arbeiten methodisch darauf ausgerichtet werden, den Einfluss der einzelnen Faktoren auf das Nutzungsverhalten von Biogasanlagenbetreibern weiter zu untersuchen.

Förderhinweis

Die Datenerhebung erfolgte im Rahmen des mit Mitteln des BMEL geförderten FNR-Verbundprojektes StroPellGas, Teilvorhaben 2 mit der Förderkennziffer 2219NR075.

Literatur

- 3N KOMPETENZZENTRUM (2018): Biogas in Niedersachsen. Inventur 2018, Werlte.
- BACKHAUS, K., B. ERICHSON, W. PLINKE UND R. WEIBER (2018): Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. Springer Gabler, Berlin, Heidelberg.
- BEER, L. UND L. THEUVSEN (2020): Factors influencing German farmer's decision to grow alley cropping systems as ecological focus areas: a regression analysis. In: International Food and Agribusiness Management Review 23 (4): 529-545.
- BERNSTEIN, B. UND P. J. SINGH (2008): Innovation generation process. Applying the adopter categorization model a concept of "chasm" to better understand social and behavioral issues. In: European Journal of Innovation Management 11 (3): 366-388.
- BORTZ, J. (2005): Statistik: Für Human- und Sozialwissenschaftler. Springer Medizin Verlag, Heidelberg.

- BROSIUS, F. (2013): SPSS 21. 1. Auflage. mitp Professional, Heidelberg, München, Landsberg, Frechen, Hamburg.
- DANIEL-GROMKE, J., N. RENSBERG, V. DENYSENKO, T. BARCHMANN, K. OEHMICHEN, M. BEIL, W. BEYRICH, B. KRAUTKREMER, M. TROMMLER, T. REINHOLZ, J. VOLLPRECHT UND C. RÜHR (2020): Optionen für Biogas- Bestandsanlagen bis 2030 aus ökonomischer und energiewirtschaftlicher Sicht. Abschlussbericht. Texte 24/2020. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- DAVIDSOHN, H. (2015): Das Land Niedersachsen – eine Region im Herzen Europas. In: Gehler, M., M. Gonscher und H. Meyer (Hrsg.): Banken, Finanzen und Wirtschaft im Kontext europäischer und globaler Krisen. Hildesheimer Europagespräche III. Olms, Hildesheim: 227-242.
- EEG (ERNEUERBARE-ENERGIEN-GESETZ) 2021: Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das zuletzt durch Artikel 11 des Gesetzes vom 16. Juli 2021 (BGBl. I S. 3026) geändert worden ist.
- FACHVERBAND BIOGAS (2021): Branchenzahlen 2020 und Prognose der Branchenentwicklung 2021.
- FEDER, G. UND D. L. UMALI (1993): The adoption of agricultural innovations: a review. In: Technological Forecasting and Social Change 43: 215-239.
- FERNANDEZ-CORNEJO, J. UND W. D. MCBRIDE (2002): Adoption of Bioengineered Crops. Agricultural Economic. Economic Research Service, Washington D.C.
- FNR (FACHVERBAND NACHWACHSENDE ROHSTOFFE) (2020): Anbau nachwachsender Rohstoffe 2021 konstant. URL: <https://www.fnr.de/presse/pressemitteilungen/aktuelle-mitteilungen/aktuelle-nachricht/anbau-nachwachsender-rohstoffe-2021-konstant> [10.08.2022].
- FOSTER, A. D. UND M. R. ROSENZWEIG (1995): Learning by Doing and Learning from Others: Human Capital and Technical Change. In: The Journal of Political Economy 103 (6): 1176-1209.
- FREDERKING, M. (1996): Zusammenhänge zwischen Merkmalen der Agrarstruktur und dem Innovationsverhalten von Landwirten. In: Kirschke, D., M. Odening und G. Schade (Hrsg.): Agrarstrukturentwicklungen und Agrarpolitik. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup: 349-359.
- GEDIKOGLU, H. (2015): Socio-economic factors and adoption of energy crops. In: International Journal of Food and Agricultural Economics 3 (1): 1-17.
- GIANNOCCARO, G. UND J. BERBEL (2012): The Determinants of Farmer's Intended Behaviour Towards the Adoption of Energy Crops in Southern Spain: an Application of the Classification Tree-Method. In: Bio-based and Applied Economics 1 (2): 199-211.
- GÖKGÖZ, F., J. LIEBETRAU UND M. NELLES (2020): Kombinierte Bereitstellung von Strom und Kraftstoff an Biogasanlagen - Wirtschaftlichkeit von Anschlusszenarien. In: Landtechnik 75 (3): 141-160.
- GRANOSZEWSKI, K., C. REISE, A. SPILLER UND O. MUBHOFF (2009): Entscheidungsverhalten ldw. Betriebsleiter bei Bioenergie Investitionen – Erste Ergebnisse einer empirischen Untersuchung. Diskussionspapier Nr. 0911. Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Göttingen.
- HAIR, J. F., B. J. BABIN, R. E. ANDERSON UND W. C. BLACK (2018): Multivariate Data Analysis. Cengage Learning EMEA, London.
- HANNUS, V. UND J. SAUER (2021): Understanding Farmers' Intention to Use a Sustainability Standard: The Role of Economic Rewards, Knowledge, and Ease of Use. In: Sustainability 13 (19): 10788.
- HASLER, K., H.-W. OLFS, O. OMTA UND S. BRÖRING (2017): Drivers for the Adoption of Different Eco-Innovation Types in the Fertilizer Sector: A Review. In: Sustainability 9 (12), 2216.
- HENKE, S. UND L. THEUVSEN (2014): SLCA: Regional differenzierte Bewertung von Biogasanlagen und Kurzumtriebsplantagen. In: Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie 23: 81-90.
- ILBERY, B. W. (1978): Agricultural decision-making: a behavioural perspective. In: Progress in Human Geography 2 (3): 448-466.

- JANSSON, J., A. MARELL UND A. NORDLUNG (2011): Exploring consumer adoption of a high involvement eco-innovation using value-belief-norm theory. In: *Journal of Consumer Behaviour* 10: 51-60.
- JEINSEN, T. VON, H. HEPPE UND L. THEUVSEN (2018): Determinanten der Akzeptanz technischer Innovationen in der Landwirtschaft. In: Ruckelshausen, A. et al. (Hrsg.): 38. GIL-Jahrestagung, Digitale Marktplätze und Plattformen. *Lecture Notes in Informatics (LNI)*. Köllen, Bonn: 127-130.
- JONSSON, A. C., M. OSTWALD, T. ASPLUND UND V. WIBECK (2011): Barriers to and drivers of the adoption of energy crops by Swedish farmers: an empirical study. 8.-13.05.2011, Linköping, Sweden. In: *World Renewable Energy Congress 2011*: 2509-2516.
- KAISER, H. F. UND J. RICE (1974): Little Jiffy, Mark IV. In: *Educational and Psychological Measurement* 34 (1): 111-117.
- KRÖGER, R., L. THEUVSEN UND J. R. KONERDING (2014): Güllefeststoffe als Gärsubstrat für Biogasanlagen. Ergebnisse einer empirischen Erhebung unter Biogasanlagenbetreibern. In: *Berichte über Landwirtschaft* 92 (3): 1-19.
- KRÖGER, R., J. R. KONERDING UND L. THEUVSEN (2016A): Identifikation von Einflussfaktoren auf die Nutzung von Güllefeststoffen als Gärsubstrat in Biogasanlagen. In: *German Journal of Agricultural Economics* 65 (2): 112-131.
- KRÖGER, R., L. THEUVSEN UND J. R. KONERDING (2016B): Güllefeststoffe als innovatives Gärsubstrat - wird die Kluft im Diffusionsprozess übersprungen? In: Kühl, R. et al. (Hrsg.): *Perspektiven für die Agrar- und Ernährungswirtschaft nach der Liberalisierung*. Schrift. der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. Landwirtschaftsverlag, Münster: 93-104.
- KUCZERA, C. (2006): Der Einfluss des sozialen Umfeldes auf betriebliche Entscheidungen von Landwirten. *Kommunikation und Beratung*, Heft 71. Margraf, Weikersheim.
- LANTZ, M., M. SVENSSON, L. BJÖRNSSON UND P. BÖRJESSON (2007): The prospects for an expansion of biogas systems in Sweden - Incentives, barriers and potentials. In: *Energy Policy* 35:1830-1843.
- MAART-NOELCK, S. C. UND O. MUBHOFF (2014): Measuring the risk attitude of decision-makers: are there differences between groups of methods and persons? In: *Australian Journal of Agriculture and Resource Economics* 58 (3): 336-352.
- MEIJER, S. S., D. CATAUTAN, O. C. AJAYI, G. W. SILESHI UND M. NIEUWENHUIS (2015): The role of knowledge, attitudes and perceptions in the uptake of agricultural and agroforestry innovations among smallholder farmers in sub-Saharan Africa. In: *International Journal of Agricultural Sustainability* 13 (1): 40-54.
- MISHRA, D., B. R. GYAWALI, K. P. PAUDEL, N. C. POUDYAL, M. F. SIMON, S. DASGUPTA UND G. ANTONIOUS (2018): Adoption of Sustainable Agriculture Practices among Farmers in Kentucky, USA. In: *Environmental Management* 62 (6): 1060-1072.
- MOHRMANN, S., M. DEUTSCH UND C. SCHAPER (2021): Der Markt für Bioenergie. In: *German Journal of Agricultural Economics* 70 (Supplement): 103-127.
- MOHRMANN, S.; S. SCHUKAT UND C. SCHAPER (2022): Der Markt für Bioenergie 2021/2022. In: *German Journal of Agricultural Economics* 71 (Supplement): 101-125.
- MOHRMANN, S. UND V. OTTER (2021): Substratalternativen für die landwirtschaftliche Biogaserzeugung vor dem Hintergrund der Novellierung der Düngeverordnung und des Erneuerbare-Energien-Gesetzes 2021. In: *KTBL* (Hrsg.): *Biogas in der Landwirtschaft - Stand und Perspektiven*. *KTBL-Schrift* 524. Darmstadt: 262-266.
- MOHRMANN, S. UND V. OTTER (2022): Categorisation of biogas plant operators in Germany with regards to their intention of using straw pellets as innovative and sustainable substrate alternative. In: *Energies* (Manuscript under review).
- MOLA-YUDEGO, B., I. DIMITRIOU, S. GONZALEZ-GARCIA, D. GRITTEN UND P. ARONSSON (2014): A conceptual framework for the introduction of energy crops. In: *Renewable Energy* 72: 29-38.

- MOZZATO, D., P. GATTO, E. DEFRANCESCO, L. BORTOLINI, F. PIROTTI, E. PISANI UND L. SARTORI (2018): The Role of Factors Affecting the Adoption of Environmentally Friendly Farming Practices: Can Geographical Context and Time Explain the Differences Emerging from Literature? In: *Sustainability* 10 (9): 3101.
- NUNNALLY, J. C. UND I. C. BERNSTEIN (1994): *Psychometric theory*. McGraw-Hill, New York.
- PASCHER, P., U. HEMMERLING UND S. STORK (2021): *Situationsbericht 2021/22. Trends und Fakten zur Landwirtschaft*. Deutscher Bauernverband, Berlin.
- REISE, C., O. MÜBHOFF UND GRANOSZEWSKI, K., SPILLER, A. (2012): Which factors influence the expansion of bioenergy? An empirical study of the investment behaviours of German farmers. In: *Ecological Economics* 73: 133-141.
- RODRIGUEZ, J. M., J. J. MOLNAR, R. A. FAZIO, E. SYDNOR UND M. J. LOWE (2008): Barriers to adoption of sustainable agriculture practices: Change agent perspectives. In: *Renewable Agriculture and Food Systems* 24 (1): 60-71.
- ROGERS, E. M. (2003): *Diffusion of innovations*. Free Press, New York.
- SCHAPER, C., A. SPILLER UND L. THEUVSEN (2010): Risikoneigung und Risikoverhalten von Milcherzeugern: Eine Typologisierung. In: *Yearbook of Socioeconomics in Agriculture* 3: 157-193.
- SCHUKAT, S. UND H. HEISE (2021): Smart Products in Livestock Farming—An Empirical Study on the Attitudes of German Farmers. In: *Animals* 11 (4): 1055.
- SCHULZE SCHWERING, D. UND D. LEMKEN (2020): Totally Digital? Adoption of Digital Farm Management Information Systems. In: Gandorfer, M. et al. (Hrsg.): 40. GIL-Jahrestagung, Digitalisierung für Mensch, Umwelt und Tier. *Lecture Notes in Informatics (LNI)*. Gesellschaft für Informatik e.V., Bonn: 295-300.
- SCHWARZ, B. *Schlussbericht Vorhaben EFFIGEST, FKZ 03KB081, Dresden, 2016*.
- SCHWARZ, B.; Pfeufer, D.; Balling, N.; Papendieck, J.; Schneider, P.; Hülsmann, M.; Adam, R.; Sonnenberg, N. *Verwertung strohbasierter Energiepellets und Geflügelmist in Biogasanlagen mit wärmeautarker Gärrestveredlung - STEP [Schlussbericht], 2019*.
- STEINHORST, M. P., J.-B. EMPL UND E. BAHRS (2015): Interdependenzen zwischen Risikoeinstellungen und Entscheidungen in der Planung sowie im Betrieb von Biogasanlagen. In: *Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.* 50: 339-351.
- VELTHEIM, F. R. VON UND H. HEISE (2021): German Farmers' Attitudes on Adopting Autonomous Field Robots: An Empirical Survey. In: *Agriculture* 11 (3): 1-19.
- VISCUSI, W. K., O. R. PHILLIPS UND S. KROLL (2011): Risky investment decisions: how are individuals influenced by their groups? In: *Journal of Risk and Uncertainty* 43: 81-106.
- VOGEL, T. (2019): *Wirtschaftlichkeit verschiedener Wertschöpfketten von halmgutbasierten Heizwerken mit Nahwärmenetzen (WVHH)*. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow-Prüzen.
- VOSS, J., C. SCHAPER, A. SPILLER UND L. THEUVSEN (2009): Innovationsverhalten in der deutschen Landwirtschaft - Empirische Ergebnisse am Beispiel der Biogaserzeugung. In: *Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.* 44: 379-391.
- WANG, L. UND T. WATANABE (2016): Factors affecting farmers' risk perceptions regarding biomass supply: A case study of the national bioenergy industry in northeast China. In: *Journal of Cleaner Production* 139: 517-526.
- WELLNER, M. UND L. THEUVSEN (2018): *Community Supported Agriculture - Determinanten der Teilnahmebereitschaft deutscher Landwirte*. Vortrag anlässlich der 58. Jahrestagung der GEWISOLA „Visionen für eine Agrar- und Ernährungspolitik nach 2020“, 2018, Kiel.
- WELLNER, K., L. THEUVSEN UND H. HEISE (2019): *Die Teilnahmebereitschaft deutscher Sauenhalter an der Initiative Tierwohl - wodurch wird sie beeinflusst?* Vortrag anlässlich der 59. Jahrestagung der GEWISOLA „Landwirtschaft und ländliche Räume im gesellschaftlichen Wandel“, 2019, Braunschweig.

- WILLOCK, J., I. J. DEARY, M. M. MCGREGOR, SUTHERLAND A., G. EDWARDS-JONES, O. MORGAN, B. DENT, R. GRIEVE, G. GIBSON UND E. AUSTIN (1999): Farmers' Attitudes, Objectives, Behaviors, and Personality Traits: The Edinburgh Study of Decision Making on Farms. In: Journal of Vocational Behavior 54 (1): 5-36.
- WINQUIST, E., P. RIKKONEN, J. PYYSIÄINEN UND V. VARHO (2019): Is biogas an energy or a sustainability product? - Business opportunities in the Finnish biogas branch. In: Journal of Cleaner Production 233: 1344-1354.

ADOPTION VON AKTIVITÄTSMESSUNGSSYSTEMEN IN DER MILCHVIEHHALTUNG: IDENTIFIKATION VON EINFLUSSFAKTOREN MITTELS CUSTOMER JOURNEY ANALYSE

Henrike Grotsch¹, Holger Schulze, Winnie Sonntag, Holger Thiele

Zusammenfassung

Durch ansteigende Herdengrößen in der Milchviehhaltung gewinnen digitale Tools zur tierindividuellen Überwachung, wie Aktivitätsmessungssysteme (AMS), zunehmend an Bedeutung. Allerdings existieren bisher wenige Forschungsergebnisse zu den Kundenbedürfnissen bei der Informationsbeschaffung und dem Kauf von AMS. Die Analyse der Customer Journey (CJ), welche bisher primär in der praktischen Marktforschung Anwendung findet, beschreibt die Reise von Kund*innen vom Erstkontakt mit einem bestimmten Produkt oder einer Dienstleistung bis hin zum Kauf und darüber hinaus. Sie ermöglicht somit wertvolle Einblicke in das Informations- und Kaufverhalten von Landwirt*innen.

Das Ziel dieser Studie ist, die CJ der Landwirt*innen beim Kauf von AMS zu beschreiben sowie die Treiber und Hemmnisse, die in jeder einzelnen CJ-Phase bestehen, zu analysieren. Da in der Literatur bislang keine vergleichbaren Studien existieren, leistet die vorliegende Studie einen wichtigen Beitrag dazu, diese Lücke zu schließen und dient als Grundlage für weiterführende Studien zur CJ-Analyse im landwirtschaftlichen Sektor sowie zur Adoption von AMS in milchviehhaltenden Betrieben.

Im Rahmen einer quantitativen Umfrage wurden in den Monaten Oktober und November 2021 163 Milchviehhalter*innen befragt. Die Studie zeigt, dass viele Landwirt*innen bereits AMS nutzen oder an einem Kauf interessiert sind. Die Hauptgründe für eine Investition in ein AMS bestehen in der Verbesserung der Brunsterkennung sowie der Optimierung von Arbeitsprozessen. Gleichzeitig besteht ein Aufklärungsbedarf bezüglich des tatsächlichen Systemnutzens. Besonders die hohen erwarteten Kosten wirken zu Beginn der CJ als Hemmnis. Die befragten Landwirt*innen betrachten die Unterstützung seitens des Vertriebs während der Informationssuche über die verschiedenen Systeme als sehr wichtig. Landwirt*innen, die bisher noch kein AMS verwenden, sehen im Vergleich zu den Nutzenden deutlich mehr Risiken bei der Verwendung dieser Technologie, was verdeutlicht, dass die Bedenken unbegründet sind und folglich ebenfalls ein Aufklärungsbedarf besteht.

In einer abschließend durchgeführten ordinalen Regressionsanalyse konnte bei sieben von 15 gebildeten Faktoren ein signifikanter Einfluss auf die CJ festgestellt werden. So hat sich u.a. gezeigt, dass die Nutzungsintention von AMS insbesondere durch den erwarteten Managementnutzen und die wahrgenommene Nutzungsrisiken beeinflusst wird.

Keywords

Landwirtschaft, Digitalisierung, Nutzungswahrscheinlichkeit, Customer Journey Modell
Agriculture, digitization, probability of use, customer journey model

¹ Fachhochschule Kiel, henrike.grotsch@fh-kiel.de

1 Einleitung

Die weltweit steigende Bevölkerungszahl (LOICHINGER und SWIACZNY, 2021) und die durch wachsenden Wohlstand begründete zunehmende Nachfrage nach Milchprodukten und Fleisch erfordern eine Effizienzsteigerung in der Lebensmittelproduktion (BMEL, 2018).

Die moderne Landwirtschaft in Deutschland ist durch einen starken internationalen Wettbewerb geprägt. Um zukünftig weiterhin konkurrenzfähig zu bleiben, müssen Degressionseffekte genutzt werden. Für die Milchviehhaltung hat dies eine zunehmende Spezialisierung und insbesondere ein starkes Anwachsen der Herdengrößen zur Folge (FML, 2021). Das führt dazu, dass der direkte Kontakt zwischen Tier und Tierhalter*in reduziert wird. Jedoch stellt dieser Kontakt eine wichtige Voraussetzung für das Wohlergehen und die Gesundheit der Tiere und damit einhergehend für die Wirtschaftlichkeit des Betriebes dar (NORTON et al., 2019).

Digitale AMS helfen Landwirt*innen dabei, tierindividuelle Überwachungen durchzuführen und erhöhen das Tierwohl und die Tiergesundheit. Nach LR (2018) ist die Adoption dieser neuen Technologien bisher wenig verbreitet. Eine Befragung der Landwirtschaftlichen Rentenbank im Jahr 2018 hat ergeben, dass in der Viehhaltung 15 % der befragten Milchviehhalter*innen Sensortechnik nutzen (LR 2018). Dabei würde eine stärkere Adoption von AMS zu mehr Tierwohl und Tiergesundheit in der Milchviehhaltung beitragen können. Fraglich ist, wie diese Technologien schnellere Verbreitung in der Landwirtschaft finden.

Vor diesem Hintergrund ist es das Ziel dieser Forschungsarbeit, die Einflussfaktoren auf die Adoption von AMS zu ermitteln, um dadurch einen Beitrag zur Verbesserung der Akzeptanz und Nutzung dieser Systeme und damit zur stärkeren Verbreitung zu leisten.

Es gibt bereits empirische Studien, welche die Nutzung digitaler Technologien in der Landwirtschaft untersuchen. Beispielhaft können die Studien von BOVENSIEPEN et al. (2016), ROHLEDER et al. (2020) und GABRIEL (2020) genannt werden, bei denen die Investitionsbereitschaft in Technologien und die damit verbundenen Treiber und Hemmnisse untersucht wurden.

In dieser Studie wird erstmals für das Adoptionsverhalten digitaler Technologien in der Landwirtschaft die Customer Journey (CJ) Analyse angewendet. Im Gegensatz zu den bisher verwendeten Theorieansätzen (u.a. MICHELS et al., 2021; RÜBCKE VON VELTHEIM et al., 2021; BARNES et al., 2019; BEZA et al., 2018), die auf dem UTAUT 2 Modell (Unified theory of acceptance and use of technology), dem TAM Modell (technology acceptance model) sowie auf dem TTMA Modell (transtheoretical model of adoption), eine Modifizierung des TTMV Modells (transtheoretical model of behavioral change), basieren, systematisiert die CJ Analyse den Weg der Kund*innen in verschiedenen Phasen vor und nach dem Kauf und erweitert so die in empirischen Modellen zu testenden Einflussgrößen.

Im Rahmen dieser Studie werden mittels CJ-Analyse die Treiber und Hemmnisse, die in den Phasen der CJ bestehen, identifiziert. Die aus der CJ-Analyse abgeleiteten Hypothesen und möglichen Einflussfaktoren werden über einen Fragebogen erhoben und mittels einer Kleinst-Quadrat-Schätzung auf deren Bedeutung untersucht. Basierend auf diesen Ergebnissen werden Handlungsempfehlungen für die Hersteller*innen von AMS abgeleitet, um die Landwirt*innen auf AMS aufmerksam zu machen, die Informationssuche und die Vorkaufphase von Landwirt*innen attraktiver zu gestalten, was dazu führt, dass die Barrieren reduziert und eine langfristige Kundenbeziehung aufgebaut werden.

2 Customer Journey und Studiendesign

Die CJ ist ein wichtiges Instrument des Marketings. Sie beschreibt den Weg der Kund*innen vom Erstkontakt mit einem bestimmten Produkt oder einer Dienstleistung bis hin zum Kauf (pre purchase behaviour) und darüber hinaus (post purchase behaviour). Dabei werden

Berührungspunkte (Touchpoints) der Kund*innen mit dem Produkt, der Dienstleistung oder der Marke identifiziert. Die Erstellung einer CJ bietet einen großen Mehrwert, da sie hilft, die Kund*innen sowie dessen Motive, Anforderungen und Verhaltensmuster besser zu verstehen und mit diesen Informationen den Unternehmenserfolg und die Kundenzufriedenheit zu steigern (UNICUM, 2021). Um die CJ zu strukturieren, können verschiedene Modelle verwendet werden (FISCHER 2019, UNICUM, 2021). Die meisten Modelle unterscheiden vier bis fünf sequenzielle Phasen: Problemerkennungsphase, Informationsphase, Bewertung der Alternativen, Kaufphase und Nachkaufphase.

In der Problemerkennungsphase erkennt eine Person, dass sie ein bestimmtes Problem oder Bedürfnis hat, das gelöst beziehungsweise gestillt werden soll. In Verbindung mit einer tatsächlichen Kaufabsicht entsteht daraus ein Bedarf. Dies geschieht durch interne oder externe Stimuli. In der Informationsphase beginnt die Informationssuche. Potenzielle Kund*innen suchen nun nach Informationen zur Problemlösung. Bei Low-Involvement Produkten werden nur wenige bis keine Informationen eingeholt. Hier handelt es sich in der Regel um günstige Produkte oder Produkte des täglichen Bedarfs. High-Involvement Produkte sind hochpreisiger, komplexer und vielfältiger als Low-Involvement Produkte (FISCHER, 2019).

Bei der Bewertung der Alternativen werden die in der vorausgegangenen Phase ermittelten Informationen bewertet und miteinander verglichen. Ausschlaggebend hierbei ist, welches Produkt den größten Nutzen für potenzielle Kund*innen hat. Nun folgt die Kaufphase. Es lassen sich verschiedene Typen der Kaufentscheidung feststellen. Demnach können Kaufentscheidungen in unterschiedlicher Ausprägung von Emotionen geleitet sein und bedürfen unterschiedlich vieler vorausgehender Informationen, entsprechend dem spezifischen Informationsbedarf. Die Nachkaufphase schließt die CJ ab. Diese Phase ist für Unternehmen von großer Wichtigkeit, um das unternehmerische Ziel einer langfristigen und loyalen Kundenbindung zu erwirken, die Kundenzufriedenheit zu maximieren und Wiederkäufe zu generieren (FISCHER, 2019).

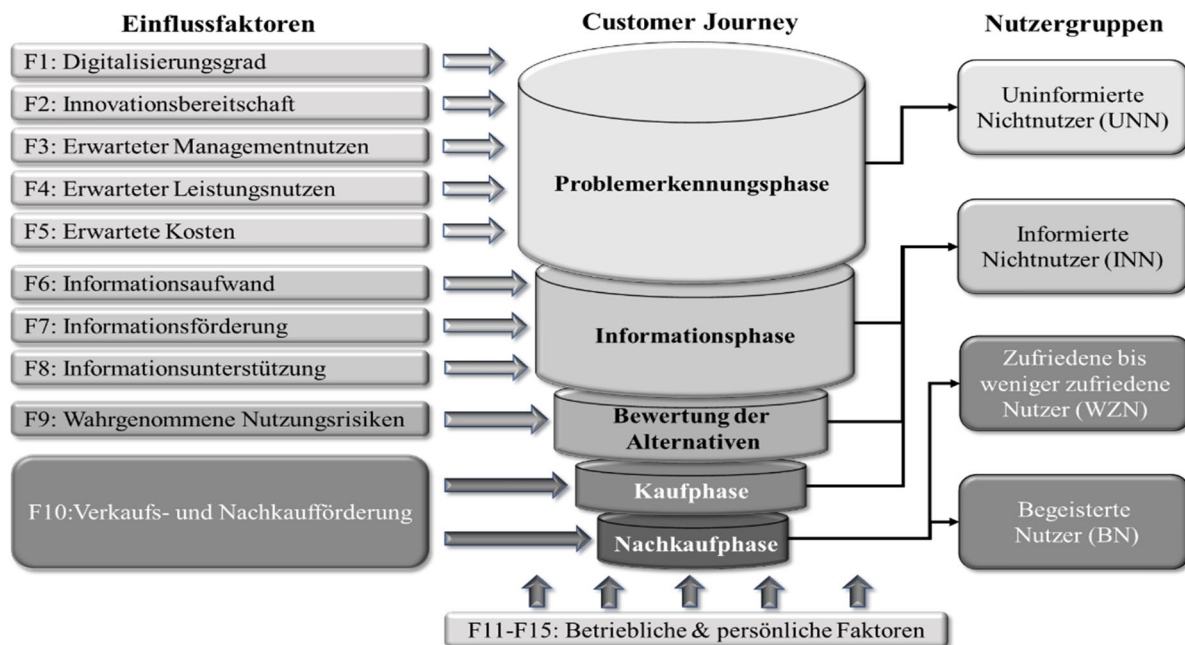
Um die Implementierung digitaler Lösungen in der Landwirtschaft zu analysieren, finden verschiedene Modelle in wissenschaftlichen Studien Anwendung (u.a. MICHELS et al., 2021; RÜBCKE VON VELTHEIM et al., 2021; BARNES et al., 2019; BEZA et al., 2018). Dabei ist das „Technology Acceptance Model“ (TAM) von Davis eines der bekanntesten Modelle (DAVIS, 1989). Das TAM stellt eine Modifikation der „Theory of Planned Behaviour“ und der „Theory of Reasoned Action“ dar (FISHBEIN und AJZEN, 1975; AJZEN, 1991). Es zielt darauf ab, die Akzeptanz und Nutzung von Informationssystemen zu erklären und vorherzusagen. Das TAM wurde im Laufe der Zeit mehrmals überarbeitet und von VENKATESH et al. (2003 und 2012) zur „Unified theory of acceptance and use of technology“ (UTAUT2) weiterentwickelt.

Das CJ-Modell von Kotler (FISCHER, 2019) wurde bislang noch nicht zur Analyse des Adoptionsverhaltens digitaler Technologien auf landwirtschaftlichen Betrieben genutzt. Im Gegensatz zu den bisher verwendeten Modellen bietet das CJ-Modell, welches primär in der praktischen Marktforschung Anwendung findet und in dieser Form bisher noch nicht in der Wissenschaft verwendet wurde, die Möglichkeit, die Einflüsse auf das Kaufverhalten umfassender und differenzierter zu erfassen. Gleichzeitig können aus den Ergebnissen der Analysen konkrete Handlungsempfehlungen für den Vertrieb abgeleitet werden, die dazu beitragen, die Zufriedenheit der Kund*innen während des Kaufprozesses zu steigern.

Vor diesem Hintergrund wurden in Anlehnung an die Ansätze von VENKATESH et al. (2012), GRIFFIN et al. (2017), BARNES et al. (2019) und ROSE et al. (2016) Einflussfaktoren auf die Intention der Landwirt*innen zur Nutzung von AMS identifiziert. Die aus der genannten Literatur ermittelten Einflussfaktoren wurden um die aus der CJ abgeleiteten Faktoren und weitere Einflussgrößen, die insbesondere die Anforderungen an Vertriebsmitarbeiter*innen umfassen, erweitert (siehe Abbildung 1). Die Faktoren bilden die Grundstruktur für den verwendeten Fragebogen dieser Studie und damit das Studiendesign zur Befragung von

Milchviehhalter*innen. Die nachfolgende Abbildung 1 gibt einen Überblick über die CJ, über die identifizierten Einflussfaktoren während der CJ sowie über die in der Stichprobe identifizierten Nutzergruppen. Im Folgenden werden die Faktoren aus der Literatur abgeleitet und näher beschrieben.

Abbildung 1. Forschungsmodell: Einflussfaktoren auf die Customer Journey und Nutzergruppen



Quelle: Eigene Darstellung

Der Faktor „F1: Digitalisierungsgrad“ zeigt auf, ob die Landwirt*innen die technischen sowie persönlichen Voraussetzungen erfüllen, um ein AMS effektiv nutzen zu können. Der Faktor beinhaltet den bisherigen Nutzungsgrad bzw. die Kenntnisse im Umgang mit Technologien, der von GRIFFIN et al. (2017) und BARNES et al. (2019) als Prädiktor für die Investition in Präzisionstechnologie in der Landwirtschaft gilt. Darüber hinaus ist dieser Faktor an die Faktoren „Facilitating Conditions“ von VENKATESH et al. (2012) sowie „IT-Education“ von ROSE et al. (2016) angelehnt. Der Faktor „F2: Innovationsbereitschaft“ wird als Grad der Aufgeschlossenheit gegenüber Technologien beschrieben. Er ist von dem Faktor „Hedonic Motivation“ von VENKATESH et al. (2012) und BEZA (2018) abgeleitet. Die Faktoren „F3: Erwarteter Managementnutzen“ und „F4: Erwarteter Leistungsnutzen“ beschreiben die erwarteten Vorteile, die der Einsatz von AMS aus Sicht der Landwirt*innen erbringt und wurden in Anlehnung an das Konstrukt „Performance Expectancy“ der „Unified theory of acceptance and use of technology“ (UTAUT) von VENKATESH et al. (2003) gebildet.

Die Faktoren „F5: Erwartete Kosten“, „F6: Informationsaufwand“ und „F9: Wahrgenommene Nutzungsrisiken“ basieren ebenfalls auf dem Modell von VENKATESH et al. (2003) und differenzieren den dort genannten Einflussfaktor „Effort Expectancy“ (Grad der Leichtigkeit der Nutzung der Technologie) auf drei Phasen der CJ. Bei einer Zustimmung zum Faktor „F6: Informationsaufwand“, der in Anlehnung an MARRA et al. (2003) gebildet wurde, sehen die befragten Landwirt*innen die Informationssuche als anstrengend und beschwerlich an, was ein Hemmnis in der Informationsphase der CJ darstellt. Die Faktoren F7 und F8 geben die Anforderungen der Landwirt*innen gegenüber den Vertriebsmitarbeiter*innen vor dem Kauf wieder. Der Faktor „F7: Informationsförderung“ stellt dabei die Kontaktaufnahme der Vertriebsmitarbeiter*innen mit den Landwirt*innen und der Faktor „F8: Informationsunterstützung“ die Voraussetzungen für ein gutes Vertrauensverhältnis zwischen Vertriebsmitarbeiter*in und Landwirt*in sowie den Service hinsichtlich der

Konzeptentwicklung für den Betrieb dar. Der Faktor „F10: Verkaufs- und Nachkaufförderung“ beschreibt treibende Aspekte in den letzten Phasen der CJ, die den letzten Anreiz zum Kauf geben und zu einer langfristigen Kundenbindung sowie ggf. zu Wiederkäufen beitragen. Die Faktoren „F7, F8 und F10“ sind nur entfernt an den Faktor „Social Influence“ des UTAUT2 Modells von VENKATESH et al. (2012) angelehnt und unterscheiden sich zu bisherigen Einflussfaktoren aus anderen Studien. Die Faktoren „F11-F15“ haben ihren Ursprung ebenfalls in dem UTAUT2 Modell von VENKATESH et al. (2012), bei dem das Modell um soziodemografische Merkmale, wie Alter, Geschlecht oder Erfahrung, ergänzt wurde.

Für die detaillierte Analyse der CJ werden die Proband*innen in vier Gruppen eingeteilt. Es wird zwischen Landwirt*innen, die noch kein AMS nutzen und jenen, die bereits ein AMS auf ihrem Betrieb etabliert haben, unterschieden. Bei den Nichtnutzer*innen wird zusätzlich dahingehend differenziert, ob sich die Landwirt*innen bereits über AMS informiert haben. Trifft dies nicht zu, werden sie der Gruppe der „uninformierten Nichtnutzer*innen“ (UNN) zugeordnet, welche der „Problemerkennungsphase“ der CJ entspricht. Die CJ-Phasen „Informationsphase“, „Bewertung der Alternativen“ und „Kaufphase“ werden zur Gruppe „informierte Nichtnutzer*innen“ (INN) zusammengefasst. Dies ist notwendig, da die Stichprobengröße für diese CJ-Phasen nicht ausreichend groß ist. Zudem lassen sich die Phasen „Informationssuche“ und „Bewertung der Alternativen“ inhaltlich schwer voneinander trennen. Die Nutzer*innen von AMS werden ferner nach ihrer Zufriedenheit mit dem AMS und der Weiterempfehlung in die Gruppen „zufriedene bis weniger zufriedene Nutzer*innen“ (WZN) und „begeisterte Nutzer*innen“ (BN) eingeteilt. Dies erfolgt über einen Index auf Basis der Fragen 8: „Wie zufrieden sind Sie allgemein mit Ihrem gekauften AMS und hinsichtlich der Brunsterkennung und Krankheitserkennung?“ und 9: „Würden Sie die generelle Nutzung von AMS empfehlen?“. Dafür wurden die vergebenen Punkte für die Zufriedenheit und die Weiterempfehlung addiert, sodass ein Index zwischen 2 und 14 Punkten möglich ist. Die Landwirt*innen, welche 13 oder 14 Punkte erreicht haben, fallen unter die „begeisterten Nutzer*innen“. Die restlichen Nutzenden sind als „zufriedene und weniger zufriedene Nutzer*innen“ bezeichnet. Nach HOMBURG et al. (1998) sind begeisterte Kund*innen für Unternehmen besonders wichtig, weil sich dadurch eine langfristige Kundenbindung generieren lässt, die mit Wiederkäufen einhergeht.

3 Material und Methoden

Für die vorliegende Studie wurden im Oktober und November des Jahres 2021 insgesamt 163 Milchviehhalter*innen befragt. Die Umfragen wurden aufgrund der COVID-19-Pandemie persönlich und telefonisch (68 %) sowie online (32 %) durchgeführt. Die Umfrage dauert etwa 20 Minuten und umfasst insgesamt 48 Fragen. Die Fragen wurden anhand des Forschungsmodells (siehe Abbildung 1) gebildet und mittels einer siebenstufigen Likert-Skala von 1 = geringste Zustimmung bis 7 = höchste Zustimmung abgefragt. Um die einzelnen Phasen der CJ möglichst umfangreich abzudecken, wurden Landwirt*innen, die sich bereits in einer fortgeschrittenen Phase befinden, ebenfalls nach den vorausgegangenen Phasen befragt. Zur Reduktion der Variablenanzahl und zur Komprimierung der Analyse wurde eine rotierende Faktorenanalyse mit dem Varimax Rotationsverfahren durchgeführt. Zur Qualitätsüberprüfung dienen das Kaiser-Meyer-Olkin Kriterium ($KMO \geq 0,5$), der Bartlett-Test auf Sphärizität sowie eine Reliabilitätsanalyse (Cronbachs Alpha $\alpha \geq 0,5$). Zudem erfolgte ein Ausschluss der Variablen, sobald die Faktorladung (FL) von 0,4 unterschritten wurde (PETER, 1997).

Anschließend wurden die vier Nutzergruppen (siehe Abbildung 1) durch Mittelwertvergleiche gegenübergestellt. Die Überprüfung der Varianzhomogenität wurde mit dem Levene-Test durchgeführt. Bei allen gebildeten Faktoren kann eine Varianzgleichheit angenommen werden, sodass bei der weiteren Analyse ein Post-Hoc-Mehrfachvergleichstest nach Bonferroni erfolgte. Mittels einer ordinalen logistischen Regressionsanalyse wurde überprüft, inwiefern

die gebildeten Einflussfaktoren die Nutzergruppen und damit die CJ beeinflussen. Dabei wurde die Verknüpfungsfunktion Log-Log komplementär verwendet, da häufiger höhere Kategorien vorliegen. Die Prüfung der Güte der Regressionsanalyse erfolgte anhand der folgenden Kriterien: Für das Pseudo R² nach McFadden sowie Cox & Snell gilt: Wert über 0,2 = akzeptabel, -über 0,4 = gut, -über 0,5 = sehr gut (ROHRLACK, 2007).

4 Ergebnisse der empirischen Studie

4.1 Stichprobenbeschreibung

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Teilnehmenden- und Betriebscharakteristika. Befragt wurden größtenteils Landwirt*innen aus Norddeutschland, insbesondere aus Schleswig-Holstein (54 %) und Niedersachsen (29 %). Aus diesem Grund werden die soziodemografischen Daten mit der Officialstatistik aus Schleswig-Holstein und Niedersachsen verglichen, um die Repräsentativität der Stichprobe zu überprüfen. Die durchschnittliche Betriebsgröße (198 Kühe pro Betrieb) der Stichprobe ist im Vergleich mit den Daten des Statistischen Bundesamtes (104 Kühe pro Betrieb in Schleswig-Holstein und von 98 Kühe pro Betrieb in Niedersachsen) größer (DESTATIS, 2021a). Die durchschnittliche Milchleistung in Schleswig-Holstein beträgt im Jahr 2020 9.196 kg (LKV SH, 2021) und in Niedersachsen 9.771 kg pro Kuh und Jahr (LKV NDS, 2020), was den Ergebnissen der vorliegenden Studie (9.613 kg pro Kuh) ähnelt. Der Anteil der Betriebe mit Weidehaltung beläuft sich im Jahr 2019 in Schleswig-Holstein auf 46 % (DESTATIS, 2021b) und in Niedersachsen auf 43 % (DESTATIS, 2021b). Der restliche Anteil fällt jeweils auf die Betriebe mit ausschließlicher Stallhaltung. Diese Anteile entsprechen in etwa der Stichprobe mit 41,7 % (teilweise) Weidegang und 57,7 % ohne Weidegang. Die restlichen 0,6 % fallen auf Betriebe mit Anbindehaltung.

Tabelle 1. Stichprobenbeschreibung

Umfrage		Stichprobe			
Interviewzeitraum	25.10.-07.11.2021	Anzahl lactierender Kühe	Min: 23	Max: 1.500	Mean: 198
Anzahl Interviews	163	Milchleistung (Liter)	Min: 5.000	Max: 12.600	Mean: 9.613
Befragungsform	68,1 % Studenten 20,9 % Social Media 11,0 % E-Mail	Ausbildung	Staatlich gepr. Agrarbetriebswirt: 33,7 % Landwirtschaftsmeister: 25,2 % Akademischer Abschluss Idw. Bereich: 23,3 % Landwirtschaftliche Ausbildung: 15,3 % Sonstige: 2,5 %		
Befragungskonzept	Standardisierte Zufallsstichprobe	Haltung	Liegeboxenlaufstall mit Weidegang: 40,5 % Liegeboxenlaufstall ohne Weidegang: 57,7 % Liegeboxenlaufstall tw. mit Weidegang: 1,2 %		
Interviewer	Studierende, eigene Interviews	Bundesland	SH: 54 % NDS: 29,4 % BY: 4,9 % MV: 3 % NRW: 3,1 %		
		Geschlecht	♀: 14 % ♂: 85 %		
Stichprobe					
Aktivitätsmessung	Nutzer: 63,2 % Nichtnutzer: 36,8 %				
Rolle auf dem Betrieb	Volle Verantwortung: 64 % Teilweise Verantwortung: 36 %				
Alter bis 34	49,1 %				
Alter 35 bis 54	37,4 %				
Alter über 55	13,5 %				

Quelle: Eigene Berechnung

4.2 Analyse der Einflussfaktoren auf die Customer Journey

Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse der explorativen Faktorenanalyse. Diese ermöglicht es, viele verschiedene Variablen zu bündeln und auf wenige Einflussfaktoren zurückzuführen (ARMINGER 1979). Neben der Datenreduktion hat die Faktorenanalyse zum Ziel, Korrelationen zwischen den Faktoren auszuschließen (WOLFF UND BACHER 2010). Alle Einflussfaktoren aus dem Forschungsmodell wurden in die Analyse einbezogen. Nachdem alle Doppelladungen über 0,4 entfernt wurden, konnten aus den 34 Variablen insgesamt zehn Faktoren gebildet werden. Die Qualitätskriterien der Faktorenanalyse werden allesamt erfüllt. Das Maß der Stichprobeneignung nach KMO ist mit 0,764 als gut zu bezeichnen. Auch der Bartlett-Test auf Sphärizität ist höchst signifikant ($p = <0,001$). Die erklärte Gesamtvarianz liegt bei 65,58 %.

Die Cronbachs Alpha Werte ($C\alpha$) der Faktoren betragen zwischen 0,598-0,839 und entsprechen damit dem in der Literatur empfohlenen Mindestwert von 0,5 (BROSIUS, 2011).

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Faktorenanalyse beschrieben. Bei der aufgezeigten Zustimmung handelt es sich um die Top Boxes, die je nach Frage die Antworten 6 und 7 auf einer Skala von 1 bis 7 oder die Antworten 4 und 5 auf einer Skala von 1 bis 5 repräsentieren.

Tabelle 2. Ergebnisse der Faktorenanalyse

	Variablen	MW	SD	Top Boxes	FL
Problemerkennungsphase	Faktor 1: Digitalisierungsgrad (CA = ,616; V =6,567)				
	Datenübertragung ⁴	3,27	1,217	44,4%	,795
	Zurechtkommen mit Umstellung auf digitale Lösungen ⁵	3,77	,832	66,2%	,664
	Nutzungsgrad digitaler Lösungen ⁶	2,88	1,159	29,8%	,639
	Keine ausreichende Internetabdeckung ⁷	3,14	2,188	19,6%	-,606
	Faktor 2: Innovationsbereitschaft (CA = 0,822; V = 5,439)				
	Zurückhaltend (1) - Neugierig (7)	3,77	1,057	67,5%	,807
	Traditionsbewusst (1) - Innovativ/modern (7)	3,33	1,065	45,4%	,747
	Faktor 3: Erwarteter Managementnutzen (CA = ,598; V = 4,498)				
	Arbeitsprozesse optimieren / Arbeitsaufwand verringern ¹	5,98	1,286	72,4%	,740
	Brunsterkennung / Besamungszeitpunkt optimieren ¹	6,33	1,351	85,3%	,704
	Faktor 4: Erwarteter Leistungsnutzen (CA = ,730; V = 7,794%)				
	Tierwohl verbessern ¹	5,15	1,787	50,3%	,839
	Medikamenten-/Antibiotikaeinsatz reduzieren ¹	4,58	2,030	39,9%	,767
	Milchleistung erhöhen ¹	4,93	1,809	41,7%	,698
	Kranke Kühe schneller erkennen ¹	5,75	1,697	69,3%	,659
	Faktor 5: Erwartete Kosten (CA = ,724; V = 6,320%)				
	Erwarteter Return on Investment zu gering ³	3,12	1,832	11,7%	,736
Erwartete Investitionskosten zu hoch ³	4,52	1,870	35,0%	,726	
Erwartete laufende Kosten zu hoch ³	3,28	1,880	15,3%	,663	
Informationsphase	Faktor 6: Informationsaufwand (CA = ,753; V = 6,887%)				
	Es ist schwer, die richtigen und relevanten Informationen zu finden ⁸	2,94	1,601	8,6%	,801
	Sie erwarten, dass Vertriebsmitarbeiter Informationen verschönigen ⁸	3,45	1,899	16,6%	,756
	Die Informationsbeschaffung ist anstrengend ⁸	2,76	1,662	7,4%	,720
	Faktor 7: Informationsförderung (CA = ,633; V = 4,558)				
	Vertriebsmitarbeiter kommt aktiv auf mich zu (Kaltakquise)	3,09	1,971	16,6%	,821
	Positives Gespräch mit Vertriebsmitarbeiter	4,05	1,975	30,1%	,679
	Faktor 8: Informationsunterstützung (CA = ,751; V = 7,248%)				
	Ehrlichkeit seitens des Vertriebsmitarbeiters ¹	6,17	1,270	81,6%	,832
Preistransparenz (Kaufpreis und laufende Kosten) ¹	5,93	1,336	73,0%	,703	

	Variablen	MW	SD	Top Boxes	FL
	Umfangreiche Informationen durch Vertriebsmitarbeiter ¹	5,69	1,330	63,8%	,697
	Hilfe bei Konzeptentwicklung/ optimale Anpassung an den Betrieb ¹	5,77	1,420	69,3%	,684
Vergleich der Alternativen	Faktor 9: Wahrgenommene Nutzungsrisiken (CA = ,839; V = 10,739%)				
	Mangelhafte Robustheit der Sensoren ²	3,43	1,696	14,7%	,771
	Mangelhafte Datengenauigkeit / fehlerhafte Handlungsempfehlungen ²	3,26	1,523	8,6%	,749
	Unzureichender Return on Investment ²	3,40	1,727	12,9%	,714
	Hohe Service- und Ersatzteilkosten ²	4,22	1,682	15,3%	,617
	Verlust von Daten ²	2,91	1,668	8,0%	,612
	Zu viele Daten („Datenflut“) ²	3,18	1,744	10,4%	,598
	Kein ausreichender Datenschutz ²	2,21	1,465	2,5%	,586
(Nach-)Kaufphase	Faktor 10: Verkaufs- und Nachkaufförderung (CA = ,622; V = 5,529)				
	Versicherung / erweiterte Garantie ¹	4,53	1,863	36,2%	,775
	Angebot von Finanzierungsmöglichkeiten ¹	3,33	2,052	19,0%	,712
	Information über neue Angebote / Umtauschaktionen etc. ¹	4,25	1,719	23,9%	,602

MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, Top Boxes = Antwortmöglichkeiten Skalenwerte 6 und 7, FL = Faktorladung, CA = Cronbachs Alpha, V = Anteil an der Gesamtvarianz, ¹ = Skala von 1 = „gar nicht wichtig“ bis 7 = „sehr wichtig“, ² = Skala von 1 = „Risiko gar nicht hoch“ bis 7 = „Risiko sehr hoch“, ³Skala von 1 = „trifft überhaupt nicht zu“ bis 7 = „trifft voll und ganz zu“, ⁴Skala von 1 = „Manuell“ bis 5 = „in Echtzeit“, ⁵Skala von 1 = „gar nicht gut“ bis 5 = „sehr gut“, ⁶Skala von 1 = „wenig digitalisiert“ bis 5 = „hoch digitalisiert“, ⁷Skala von 1 = „überhaupt nicht zufrieden“ bis 5 = „sehr zufrieden“, ⁸Skala von 1 = „eher weniger“ bis 7 = „sehr stark“

Quelle: Eigene Berechnung

Problemerkennungsphase

Ein hoher Digitalisierungsgrad sowie die Innovationsbereitschaft der Landwirt*innen wirken treibend auf den Eintritt in die CJ. Die Hauptgründe für eine Investition sind die Verbesserung der Brunsterkennung (85,3 % Zustimmung), der Arbeitsprozesse (72,4 % Zustimmung) und der Tiergesundheit. Insbesondere die erwarteten hohen Investitionskosten (35 % Zustimmung) und eine mangelhafte Internetabdeckung hemmen die CJ in dieser Phase.

Informationsphase

Als wichtigste Treiber innerhalb der Informationsphase sind die Ehrlichkeit der Vertriebsmitarbeiter*innen (81,6 % Zustimmung), die Preistransparenz und eine umfangreiche Informationsbereitstellung durch den Vertrieb zu nennen. Kaltakquise wird als am wenigsten wichtig bewertet. Hemmend wirkt die Erwartung einiger Landwirt*innen, dass die Vertriebsmitarbeiter*innen die Informationen falsch wiedergeben oder zu positiv darstellen. Auch eine mangelhafte Informationsbereitstellung wirkt hemmend.

Bewertung der Alternativen

In dieser CJ-Phase wirken finanzielle Aspekte (hohe erwartete laufenden Kosten sowie als zu gering empfundener Return on Investment (ROI)), Bedenken hinsichtlich der Robustheit der Sensoren sowie der Datengenauigkeit und Richtigkeit der Handlungsempfehlungen hemmend.

Kauf- und Nachkaufphase

Rabatte oder Umtauschaktionen (23,9 % Zustimmung), bei denen das alte System zurückgegeben und ein neues vergünstigt erworben werden kann, sowie die Vergabe einer erweiterten Garantie (36,2 % Zustimmung) sind Treiber für den Kauf und wirken sich auch positiv auf Wiederkäufe aus.

4.3 Analyse der Nutzergruppen

In Tabelle 3 werden die Faktorenmittelwerte zwischen den vier Nutzergruppen verglichen. Zudem wird aufgezeigt, bei welchen Variablen es signifikante Unterschiede gibt. Spezifische Unterschiede zwischen einzelnen Gruppen sind durch Buchstaben kenntlich gemacht.

Tabelle 3. Vergleich der Nutzergruppen

Variablen	UNN ^a n = 33	INN ^b n = 27	WZN ^c n = 50	BN ^d n = 53	F-Wert
Faktor 1: Digitalisierungsgrad	-0,33 d	-0,24	0,04	0,28 a	3,262*
Faktor 2: Innovationsbereitschaft	-0,21	-0,35 d	0,04	0,27 b	3,015*
Faktor 3: Erwarteter Managementnutzen	-0,53 d	-0,05	0,05	0,31 a	5,142**
Faktor 4: Erwarteter Leistungsnutzen	0,10	0,36 c	-0,39 b	0,12	4,330**
Faktor 5: Wahrgenommene Kosten	0,57 c, d	0,10	-0,31 a	-0,12 a	6,083***
Faktor 6: Informationsaufwand	0,14	-0,01	-0,05	-0,04	0,280 ^{n.s.}
Faktor 7: Informationsförderung	-0,41 c	-0,20	0,30 a	0,08	4,000**
Faktor 8: Informationsunterstützung	-0,0	0,32	-0,20	0,03	1,616 ^{n.s.}
Faktor 9: Wahrgenommene Nutzungsrisiken	0,34 d	0,36 d	-0,10	-0,30 a, b	4,504**
Faktor 10: Verkaufs- und Nachkaufförderung	0,10	0,03	-0,05	-0,03	0,173 ^{n.s.}
Milchleistung (Liter)	8936 c, d	9065 c, d	9983 a, b	9964 a, b	0,890 ^{n.s.}
Anzahl laktierender Kühe	180,73	157,15	207,46	221,62	7,097***
Weidehaltung (mit = 0, ohne = 1) ¹	72,7%	48,4%	26%	30,2%	
Alter (bis 44 / älter als 44, in %)	60,4/39,4	66,7/33,3	68/32	73,6/26,4	
Ausbildung (landw. Studium/Meiste r = 0, sonstige Ausbildung = 1)	48,5%	33,3%	52%	52,8%	

(1) UNN = “uninformierten Nichtnutzer*innen“, (2) INN = “informierten Nichtnutzer*innen“, (3) WZN = “zufriedene bis weniger zufriedene Nutzer*innen“, (4) BN = “begeisterte Nutzer*innen“, Signifikanz: p>0,05^{n.s.}, p<0,05*, p<0,01**, p<0,001***; Buchstaben kennzeichnen einen signifikanten Unterschied zur entsprechenden Gruppe (Post-Hoc-Mehrfachvergleichstest nach Post-Hoc-Test Bonferroni bei Varianzgleichheit auf Signifikanzniveau 0,05); ¹jeweils Liegeboxenlaufställe, Anbindehaltung wurde nicht berücksichtigt

Quelle: Eigene Berechnung

Problemerkennungsphase

Wie in Tabelle 3 ersichtlich, haben die UNN, gefolgt von den INN, den geringsten und die Nutzer*innen, insbesondere die BN, den höchsten Digitalisierungsgrad (F1). Auch hinsichtlich der Innovationsbereitschaft (F2) zeigen sich die BN am aufgeschlossensten. Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass der Eintritt in die CJ sowie die Zufriedenheit der Nutzer*innen von der Innovationsbereitschaft abhängig sind. Der erwartete Managementnutzen (F3), welcher einen Hauptgrund für die Investition in ein AMS darstellt, wird von den Nutzer*innen, insbesondere den BN, am höchsten bewertet, wohingegen die UNN den Faktor stark ablehnen. Der vierte

Faktor bildet weitere Vorteile (z.B. Tierwohl verbessern) hinsichtlich der Nutzung eines AMS ab. Wie beim dritten Faktor wird auch diesem Faktor von den WZN weniger zugestimmt als von den BN. Auffällig ist außerdem, dass die INN den Leistungsnutzen (F4) deutlich höher bewerten als die BN. Der fünfte Faktor, der die erwarteten hohen Kosten sowie einen erwarteten geringen Return on Investment als Hemmnis beschreibt, besitzt von den fünf Faktoren die höchsten Unterschiede zwischen den Nutzergruppen. Wird der Faktor Kosten im Verlauf der CJ betrachtet, zeigt sich, dass die Kosten bei fortschreitender CJ an Bedeutung verlieren. Auch werden mit fortschreitender CJ-Phase die erwarteten Risiken der Nutzung eines solchen Systems geringer eingeschätzt.

Informationsphase

Die Analyse verdeutlicht, dass der Informationsaufwand (F6) von den UNN, gefolgt von den INN, am höchsten bewertet wird. Somit beeinflusst dieser den Übergang von der ersten in die zweite Phase der CJ negativ. Die INN stimmen dem achten Faktor (Informationsunterstützung) am meisten zu, da sie sich aktuell in der Informationsphase der CJ befinden und diesen Treiber direkt tangieren. Im Vergleich dazu wird dem siebten Faktor (Informationsförderung) deutlich weniger zugestimmt, was zeigt, dass die Kontaktaufnahme der Vertriebsmitarbeiter*innen einen tendenziell untergeordneten Stellenwert in dieser CJ-Phase einnimmt.

Bewertung der Alternativen

Besonders die Nichtnutzer*innen sehen im Vergleich zu den Nutzer*innen deutlich mehr Risiken (F9) hinsichtlich der Nutzung eines AMS. Die geringsten Bedenken haben die Landwirt*innen innerhalb dieses Faktors bezüglich des Datenschutzes.

Kauf- und Nachkaufphase

Der letzte Faktor (F10) der Faktorenanalyse beschreibt, welche finanz- und servicebezogenen Treiber für die Landwirt*innen während und nach dem Kauf bestehen. Diese werden von allen Nutzergruppen ähnlich mit einer mittleren bis hohen Relevanz bewertet.

4.4 Einflussfaktoren auf die Nutzergruppen

Im Anschluss an die Faktorenanalyse wurde eine ordinale Regressionsanalyse durchgeführt, um die Einflussstärke der einzelnen Faktoren zu analysieren (siehe Tabelle 4). Als unabhängige Variablen wurden die im Kapitel 4.2 vorgestellten Faktoren sowie betriebsbeschreibende Variablen aufgenommen. Die Regressionsanalyse erfüllt alle im Kapitel 3 aufgeführten Gütekriterien. Zwischen den 15 Variablen besteht keine Multikollinearität, die zum Ausschluss der Durchführung einer Regressionsanalyse führt. Die VIF Werte liegen unter dem Maximalwert von 10.

Es wurde bei 15 Freiheitsgraden ein Chi Quadrat-Wert von 83 berechnet. Dieser Wert ist bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,000 % hochsignifikant. Daraus kann geschlossen werden, dass die unabhängigen Variablen eine signifikante Aussagekraft für die Werte der abhängigen Variablen besitzen (BROSIUS, 2008). Bei einem Test auf Anpassungsgüte ergab der Chi-Quadrat-Test nach Pearson keinen signifikanten Wert ($p = 0,934$), wodurch von einer guten Anpassungsgüte auszugehen ist (BÜHL, 2008). Bezüglich der McFadden R^2 - und der Cox und Snell R^2 -Werte (0,195 und 0,410) kann von einer akzeptablen bzw. guten Modellanpassung gesprochen werden. Der Nagelkerkes- R^2 erreicht mit 0,439 einen guten Wert.

Der Parallelitätstest für Linien ergab keine Annahme für eine Verletzung der Globalbeurteilung des geschätzten Modells.

Tabelle 4. Ergebnisse der ordinalen Regressionsanalyse

Variablen	Odds ratio	S. E.	p-Wert	95% Konfidenzintervall	
				Untergrenze	Obergrenze
Faktor 1: Digitalisierungsgrad	0,52	0,16	0,001**	0,20	0,83
Faktor 2: Innovationsbereitschaft	0,45	0,16	0,006**	0,76	0,13
Faktor 3: Erwarteter Managementnutzen	0,74	0,18	0,000***	0,39	1,09
Faktor 4: Erwarteter Leistungsnutzen	-0,02	0,15	0,914	-0,32	0,28
Faktor 5: Wahrgenommene Kosten	-0,51	0,16	0,001**	-0,82	-0,20
Faktor 6: Informationsaufwand	-0,20	0,16	0,219	-0,51	0,12
Faktor 7: Informationsförderung	0,40	0,16	0,014*	0,08	0,72
Faktor 8: Informationsunterstützung	-0,13	0,15	0,419	-0,43	0,18
Faktor 9: Wahrgenommene Nutzungsrisiken	-0,60	0,17	0,000***	-0,94	-0,27
Faktor 10: Verkaufs- und Nachkaufförderung	-0,08	0,16	0,632	-0,38	0,23
Anzahl laktierender Kühe	0,00	0,00	0,243	0,00	0,00
Milchleistung (Liter)	0,00	0,00	0,409	0,00	0,00
Weidehaltung (mit = 0, ohne = 1)	-1,15	0,36	0,001**	-1,85	-0,45
Alter	-0,01	0,01	0,500	-0,03	0,02
Ausbildung (landw. Studium/Meister = 0, sonstige Ausbildung = 1)	0,53	0,33	0,104	-0,11	1,17

Signifikanz: $p > 0,05^{n.s.}$, $p < 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$, $p < 0,001^{***}$; S. E. = Standardfehler, Abhängige ordinale Variable: Nutzergruppen mit (1) UNN = "uninformierten Nichtnutzer*innen", (2) INN = "informierten Nichtnutzer*innen", (3) WZN = "zufriedene bis weniger zufriedene Nutzer*innen", (4) BN = "begeisterte Nutzer*innen",

Quelle: Eigene Berechnung

Von den 15 Variablen weisen sieben einen signifikanten Einfluss auf die Nutzergruppen auf. Den größten Einfluss haben der erwartete Managementnutzen (F3) und die wahrgenommenen Nutzungsrisiken (F9), wobei F3 einen positiven Einfluss und F9 einen negativen Einfluss auf die ordinale Zuordnung zu den Nutzergruppen hat. Der Digitalisierungsgrad (F1) und die Innovationsbereitschaft (F2) haben einen positiven, hoch signifikanten Einfluss, wohingegen die wahrgenommenen Kosten (F5) und die Weidehaltung einen negativen Einfluss haben. Ein ebenfalls signifikantes Ergebnis zeigt sich bei der Informationsunterstützung (F7). Hinsichtlich der Faktoren F4, F6, F8 und F10 sowie der Anzahl laktierender Kühe, der Milchleistung, des Alters der Proband*innen oder der Ausbildung zeigen sich keine signifikanten Unterschiede. Allerdings zeigt sich die Tendenz, dass Landwirt*innen mit einem höheren Bildungsstatus eher bereit sind, ein AMS zu nutzen.

5 Diskussion und Schlussfolgerungen

Die CJ wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Bisher gibt es keine Studien dazu, inwiefern Treiber und Hemmnisse explizit auf die einzelnen Phasen der CJ einwirken.

Sowohl der Digitalisierungsgrad (F1) als auch die Innovationsbereitschaft (F2) haben einen signifikanten Einfluss auf die Nutzergruppen und damit auf die CJ-Phasen (siehe Tabelle 4). Dabei fällt auf, dass insbesondere bei den BN eine hohe Faktorzustimmung vorliegt (siehe Tabelle 3). Demnach ist die Zufriedenheit der Nutzer*innen mit dem gekauften System davon

abhängig, wie gut deren Kenntnis und Erfahrung im Umgang mit digitalen Lösungen sind und wie stark das Interesse an Innovation ist. Diese Erkenntnis deckt sich mit Ergebnissen von GRIFFIN et al. (2017) und BARNES et al. (2019).

Der Nutzen (F3, F4; Tabelle 3) von AMS wird von den UNN geringer eingeschätzt als von den INN, was zeigt, dass viele Landwirt*innen ohne das Einholen von Informationen nicht um den tatsächlichen Nutzen der Systeme wissen. Der Hauptgrund für eine Investition ist der Studie von BOVENSIEPEN et al. (2016) zufolge die Effizienzsteigerung in der Produktion.

Nach einer Umfrage von rohleder et al. (2020) sehen die Landwirt*innen die höhere Produktionseffizienz (81 %) sowie die körperliche Entlastung (79 %) als wichtigste Treiber für die Investition an.

Dem Faktor „F5: Wahrgenommene Kosten“, der besagt, dass die Investitions- und laufenden Kosten zu hoch und der ROI zu gering sind, stimmen die UNN deutlich mehr zu als die restlichen Nutzergruppen. Nach einer Studie der Landwirtschaftlichen Rentenbank aus dem Jahr 2018 mit 262 Milchviehhalter*innen werden als Haupthindernis bei der Investition in digitale Technologien von 23 % der Milchviehhalter*innen die hohen Anschaffungskosten angegeben (lr 2018). Auch bovensiepen et al. (2016) und rohleder et al. (2020) beschreiben die hohen Investitionskosten als Haupthemmnis. Etwa 60 % der Befragten verbinden mit der Digitalisierung eine Reduktion der Arbeitszeit und der körperlichen Belastung (lr 2018).

Eine möglichst frühe Informationsbereitstellung hinsichtlich des Nutzens und der wirtschaftlichen Vorteile des Systems ist demnach wichtig, um das Haupthemmnis der ersten Phase, die hohen Investitionskosten, zu entkräften, die erste CJ-Phase zu beschleunigen und damit den Einstieg in die zweite CJ-Phase zu fördern. Gleichzeitig hat sich gezeigt, dass dem Faktor „F5: Kosten“ im Laufe der CJ weniger zugestimmt wird (siehe Tabelle 3), was vermutlich daraus resultiert, dass die Landwirt*innen durch das Einholen von Informationen über die Systeme und die Nutzung die Vorteile (F3, F4) erkannt haben. Es fällt außerdem auf, dass die INN den Leistungsnutzen (F4; Tabelle 3) höher bewerten als die BN, was zeigt, dass der erwartete Leistungsnutzen nicht dem tatsächlichen Leistungsnutzen entspricht. Ein wichtiger Aspekt für die Kundenzufriedenheit ist deshalb eine sachgerechte Aufklärung über den tatsächlichen Nutzen von AMS. Eine überambitionierte Darstellung des Mehrwertes führt zu unrealistischen Erwartungen seitens der Landwirt*innen. Obgleich der objektive Nutzen positiv ist, führt eine unsachgemäße Aufklärung zu einer Unzufriedenheit der Nutzer*innen, was an der geringen Zustimmung der WZN zu dem Faktor (F4) deutlich wird.

Wie die Analysen aufzeigen, stellt in der Informationsphase der CJ der hohe Informationsaufwand (F6) einen Störfaktor innerhalb der CJ dar. Auch wenn keine signifikanten Nutzergruppenunterschiede vorliegen (siehe Tabelle 4) kann festgehalten werden, dass die UNN diesen Faktor tendenziell am höchsten bewerten (siehe Tabelle 3). Folglich ist es essenziell, die Informationen über die Systeme gut aufzuarbeiten und diese den potenziellen Kund*innen möglichst einfach und früh zugänglich zu machen. marra et al. (2003) bestätigt, dass ein besserer Zugang zu Informationen die Attraktivität eines innovativen Produktes erhöht und gleichzeitig die wahrgenommenen Risiken der Nutzung verringert.

Der Informationsförderung (F7) kann eine mittlere bis hohe Bedeutung zugeschrieben werden (siehe Tabelle 2). Es zeigt sich, dass die Nutzer*innen dem Faktor mehr zustimmen als die Nichtnutzer*innen (siehe Tabelle 3). Dies liegt vermutlich daran, dass die Nutzer*innen durch ihren höheren Digitalisierungsgrad und das größere Interesse an Technologien sowie das Wissen um den Mehrwert der Systeme das Gespräch mit Vertriebsmitarbeiter*innen und auch die Kaltakquise positiver bewerten. Der Faktor „F8: Informationsunterstützung“ beinhaltet unter anderem die Unterstützung der Kund*innen bei der Konzeptentwicklung sowie die umfangreiche Informationsbereitstellung seitens des Vertriebs (siehe Tabelle 2). Da die WZN den Faktor tendenziell (nicht signifikant) am geringsten bewerten (siehe Tabelle 3 und

Tabelle 4), könnten eine mangelhafte Informationsbeschaffung sowie ein unzureichend ausgearbeitetes Konzept Gründe für die geringere Zufriedenheit dieser Gruppe sein.

Ein Hemmnis in der vierten CJ-Phase stellen die wahrgenommenen Nutzungsrisiken (F9) bei der Nutzung eines AMS dar (siehe Tabelle 2). Dem Faktor stimmen besonders die Nichtnutzer*innen zu (siehe Tabelle 3), was verdeutlicht, dass die Bedenken unbegründet sind. Deshalb bedarf es einer möglichst frühen Aufklärung über Aspekte, wie die Robustheit der Sensoren oder die Batterielaufzeit. Die Verkaufs- und Nachkaufförderung (F10) werden von allen Nutzergruppen ähnlich bewertet (siehe Tabelle 4). Sie sind von mittlerer bis hoher Wichtigkeit für die Landwirt*innen, aber scheinen keine treibende Wirkung auf die CJ-Phasen zu haben.

Bezüglich der Weidehaltung gilt: Je eher die Proband*innen die Tiere auf der Weide halten, umso wahrscheinlicher werden sie einer niedrigeren Nutzergruppe (UNN, INN) zugeordnet (siehe Tabelle 4). Dies kann daran liegen, dass Landwirt*innen, die ihre Tiere auf der Weide halten, hinsichtlich der Nutzung von AMS Herausforderungen bezüglich der organisatorischen und technischen Infrastruktur („Facilitating Conditions“) erwarten. Diese Vermutung kann durch den ersten Faktor „Digitalisierungsgrad“ bestätigt werden.

Die Stichprobe von 163 befragten Milchviehhalter*innen bildet insbesondere die Adoption zu Aktivitätsmessungssystemen von größeren Milchviehbetrieben in Nordwestdeutschland ab und kann für diese eher als wachstums- und zukunftsorientiert geltenden Betriebe als repräsentativ angesehen werden. Nur sehr eingeschränkt übertragbar sind die Ergebnisse auf kleinere Betriebe in anderen Regionen. Um eine Repräsentativität hinsichtlich der Betriebsgrößen zu erreichen, muss der Stichprobenumfang erhöht und um andere Regionen ergänzt werden.

In der vorliegenden Studie sind die Fragen so formuliert, dass auch Personen, die sich bereits in einer fortgeschrittenen Phase der CJ befinden, auf Fragen bezüglich vorausgegangener Phasen antworten können. Auf diese Weise soll erreicht werden, dass die Treiber und Hemmnisse den entsprechenden Phasen explizit zugeordnet werden können. Während der Analysen war teilweise nicht eindeutig, ob Proband*innen zu einer vorausgegangenen Phase oder zu einer Phase, in der sie sich aktuell befinden, geantwortet haben. Für eine eindeutigere Zuordnung der Phasen könnten die Proband*innen in zukünftigen Studien nur bezüglich der Phase befragt werden, in der sie sich aktuell befinden. Bei dieser Vorgehensweise müsste die Stichprobe größer sein, was die Notwendigkeit einer erhöhten Reichweite hervorhebt.

Die durchgeführte Studie ergänzt die wissenschaftliche Vorgehensweise zur Analyse von Technologieadoption um weitere Einflussfaktoren des Kauf- und Verhaltensprozesses bei neuen Technologien, abgeleitet aus dem CJ-Modell. In dieser Arbeit wurde erstmals anhand der Adoption von Aktivitätsmessungssystemen aufgezeigt, wie eine CJ-modellbasierte Vorgehensweise mit Differenzierung in einzelne Kaufphasen für landwirtschaftliche Fragestellungen umgesetzt werden kann. Darüber hinaus bieten die Erkenntnisse der Studie konkrete Ansatzpunkte für AMS herstellende Unternehmen.

Literatur

- AJZEN, I. (1991): The Theory of Planned Behaviour. *Organizational Behaviour and Human Decision Processes* 50: 179 – 211.
- ARMINGER, G. (1979): Statistik für Soziologen 3. Faktorenanalyse. B. G. Teubner Verlag, Stuttgart.
- BACKHAUS, K., ERICHSON, B., PLINKE, W., WEIBER, R. (2016): *Multivariate Analysemethoden*. Springer Gabler Verlag, Münster, 14. Auflage.
- BARNES, A., DE SOTO, I., EORY, V., BECK, B., BALAFOUTIS, A., SANCHEZ, B., VANGEYTE, J., FOUNTAS, S., VAN DER WAL, T., GOMEZ-BARBERO, M. (2019): Influencing factors and incentives on the intention to adopt precision agricultural technologies within arable farming systems. *Environmental Science and Policy*: 93, 66–74.

- BEZA, E., REIDSMA, P., POORTVLIET, P. M., BELAY, M. M., BIJEN, B. S., KOOISTRA, L. (2018): Exploring farmers' intentions to adopt mobile Short Message Service (SMS) for citizen science in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, Elsevier Science Ltd., Amsterdam, 295–310.
- BMEL (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT) (2018): *Welternährung verstehen Fakten und Hintergründe*. Eigenverlag, Berlin.
- BOVENSIEPEN, G., HOMBACH, R., RAIMUND, S. (2016): Quo vadis, Agricola? PricewarehouseCoopers AG Wirtschaftsprüfungsgesellschaft (PwC), London. In: <https://www.pwc.de/de/handel-und-konsumguter/assets/smart-farming-studie-2016.pdf>, 01.01.2022.
- BROSIUS, F. (2011): SPSS 19. 1. Aufl., Heidelberg, München, Landshut, Frechen, Hamburg. BALOGH, P., BUJDOS, Á., CZIBERE, I., FODOR, L., GABNAI, Z., KOVÁCH, I., NAGY, J., BAI, A. (2020): Main Motivational Factors of Farmers Adopting Precision Farming in Hungary. *Agronomy* 10, Artikelnr.: 610.
- BÜHL, A. (2008): SPSS 16: Einführung in die moderne Datenanalyse. Pearson Verlag, München, 11. überarbeitete Auflage.
- DAVIS, F. (1989): Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly* 13 (3): 319–340.
- DESTATIS (STATISTISCHES BUNDESAMT) (2021a): Land und Forstwirtschaft, Fischerei. Fachserie 3, Reihe 4.1. Viehbestand.
- DESTATIS (2021b): Land und Forstwirtschaft, Fischerei. Fachserie 3, Reihe 4.1. Stallhaltung, Weidehaltung Landwirtschaftszählung. In: https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Produktionsmethoden/Publikationen/Downloads-Produktionsmethoden/stallhaltung-weidehaltung-tb-5411404209004.pdf?__blob=publicationFile.
- FISCHER, L. (2019): Der Kaufentscheidungsprozess unter der Lupe. In: <https://www.netnode.ch/blog/der-kaufentscheidungsprozess-unter-der-lupe>, 18.08.2021.
- FISHBEIN, M., AJZEN, I. (1975): *Belief, Attitude, Intention and Behaviour: An introduction to Theory and Research*. Reading: MA: Addison-Wesley. In: <https://people.umass.edu/aizen/f&a1975.html>, 02.12.2021.
- FML (Forum moderne Landwirtschaft e. V.) (2021): Über uns. In: <https://www.moderne-landwirtschaft.de/ueber-uns/>, 01.12.2021.
- GABRIEL, A., GANDORFER, M., SPYKMAN, O. (2020): Nutzung und Hemmnisse digitaler Technologien in der Landwirtschaft. *Berichte über Landwirtschaft*, Band 99. BMEL, Bonn, Ausgabe 1. <https://buel.bmel.de/index.php/buel/article/view/328/559>, 01.01.2022.
- GRIFFIN, T. W., MILLER, N. J., MERGTOLD, J., SHANOYAN, A., SHARDA, A. CIAMPITTI, I.A. (2017): Farm's sequence of adoption of information-intensive precision agricultural technology. *Applied Engineering in Agriculture*, 521-527. In: https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Tiere-Tierische-Erzeugung/Publikationen/Downloads-Tiere-und-tierische-Erzeugung/viehbestand-2030410205324.pdf?__blob=publicationFile.
- HOMBURG, C., GIERING, A., HENTSCHEL, F. (1998): *Der Zusammenhang zwischen Kundenzufriedenheit und Kundenbindung*. Reihe: Wissenschaftliche Arbeitspapiere Nr.: W 018. Institut für Marktorientierte Unternehmensführung, Koblenz.
- LKV NDS (Landeskontrollverband Niedersachsen e. V.) (2020): LKV-Jahresbericht 2020. In: https://www.lkv-ni.de/wp-content/uploads/2021/01/4293_LKV-Jahresbericht2020_Fachartikel.pdf, 02.12.2021.
- LKV SH (Landeskontrollverband Schleswig-Holstein e. V.) (2021): Milchleistungsprüfung in Schleswig-Holstein. In: <https://www.lkv-sh.de/mlp/mlp-ergebnisse-mlp/ergebnisse>, 02.12.2021.
- LOICHINGER, E., SWIACZNY, F. (2021): Zukunft der Weltbevölkerung. In: *Globale Bevölkerungsentwicklung. Fakten und Trends*. Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung (BiB), Wiesbaden, 16-19.

- LR (LANDWIRTSCHAFTLICHE RENTENBANK) (2018): Agrar Spezial. "Digital Farming" – Die Landwirtschaft im technologischen Wandel. Auszug aus dem Geschäftsbericht 2018. Landwirtschaftliche Rentenbank, Frankfurt am Main. In: <https://www.rentenbank.de/export/sites/rentenbank/dokumente/Agrar-Spezial-2018-Digital-Farming.pdf>, 25.12.2021.
- MARRA, M., PANNELL, D. J., GHADIM, A. A. (2003): The economics of risk, uncertainty and learning in the adoption of new agricultural technologies: where are we on the learning curve? In: *Agricultural Systems* 75. Elsevier Science Ltd., Amsterdam, 215-234.
- MICHELS, M., VON HOBE, C-F., MÜßHOFF, O. (2021): Understanding the adoption of drones in german agriculture. 60. Jahrestagung der GEWISOLA: Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.: Herausforderungen für die ländliche Entwicklung – Wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Perspektiven, Halle (Saale), 23. –25.09.2020.
- NORTON, T., CHEN, C., LARSEN, M. L. V., BERCKMANS, D. (2019): Review: Precision livestock farming: building 'digital representations' to bring the animal closer to the farmer. *Animal: an international journal of animal bioscience* 13 (12): 3009-3017.
- PETER, S. I. (1997): Kundenbindung als Marketingziel: Identifikation und Analyse zentraler Determinanten. Wiesbaden, 1. Auflage.
- ROHLEDER, B., KRÜSKEN, B., REINHARDT, H. (2020): DIGITALISIERUNG in der Landwirtschaft. Digitalverband bitkom, Deutscher Bauernverband, Landwirtschaftliche Rentenbank, Berlin. In: https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.bitkom.org%2Fsite%2Fdefault%2Ffiles%2F2021-04%2F200427_digitalisierung-in-der-landwirtschaft-2020.pptx&wdOrigin=BROWSELINK, 25.12.211.
- ROHRLACK, C. (2007): Logistische und Ordinale Regression. In: Albers, S., Klapper, D., Konradt, U., Walter, A., Wolf, J.: *Methodik der empirischen Forschung*. Gabler Verlag, Wiesbaden, 199-215.
- ROSE, D. C., SUTHERLAND, W. J., PARKER, C., LOBLEY, M., WINTER, M., MORRIS, C., TWINING, S., FOULKES, C., AMANO, T., DICKS, L. V. (2016): Decision support tools for agriculture: Towards effective design. In: ROSE, D. C. et al.: *Agricultural Systems*. Volume 149. Elsevier Science Ltd., Amsterdam: 165-174.
- RÜBCKE VON VELTHEIM, F., CLAUSEN, F., HEISE, H. (2021): Autonomous field robots in agriculture: A qualitative analysis of user acceptance according to different agricultural machinery companies. 60. Jahrestagung der GEWISOLA: Herausforderungen für die ländliche Entwicklung – Wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Perspektiven, Halle (Saale), 23. –25.09.2020.
- UNICUM (2021): Customer Journey: Definition, Modelle und Beispiele. In: <https://unicum-media.com/marketing-wiki/customer-journey/?portfolioCats=88%2C84%2C85%2C82%2C83>, 17.08.2021.
- VENKATESH, V., MORRIS, M. G., DAVIS, G. B., DAVIS, F. D. (2003): User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly* 27 (3): 425-478.
- VENKATESH, V., THONG, J. Y. L., XU, X. (2012): Consumer Acceptance and Use of Information Technology: Extending the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology. *MIS Quarterly* 36 (1): 157-178.
- WOLFF, H. – G., BACHER, J. (2010): Hauptkomponentenanalyse und explorative Faktorenanalyse. *Handbuch der sozialwissenschaftlichen Datenanalyse*. VS Verlag für Sozialwissenschaften.

DIE EINSTELLUNG DEUTSCHER MILCHVIEHHALTER GEGENÜBER DEM INTERNET DER DINGE

Greta Langer¹, Sirkka Schukat

Zusammenfassung

Das Internet der Dinge hat im Zuge der vierten industriellen Revolution über die Nutzung von Smart Products Einzug in landwirtschaftliche Produktionsabläufe gefunden, so auch in der Milcherzeugung. Die Nutzung verspricht eine effizientere, tiergerechtere und nachhaltigere Milcherzeugung; eine Entwicklung, die in Deutschland gesellschaftlich und politisch durchaus gewollt ist. Grundvoraussetzung für die Adoption dieser Technologien ist die Akzeptanz der Milchviehhalter. Erkenntnisse über deren Einstellung gegenüber Smart Products und ihr Nutzungsverhalten liegen kaum vor. Die vorliegende Studie untersucht deswegen die Einstellung von Milchviehhaltern in Bezug auf die Nutzung von Smart Products mit Hilfe einer Faktorenanalyse und einer anschließenden Clusteranalyse. Basierend auf einer Befragung unter Milchviehhaltern (n=193) konnten vier Cluster identifiziert werden, die sich signifikant voneinander unterscheiden. Die vier Unterscheidungsmerkmale der Clustersegmente stellen den erwarteten Nutzen für das Tierwohl, betriebliche Nutzenvorteile, den Einfluss des sozialen Umfelds und das Vertrauen in Smart Products dar. Der vorliegende Beitrag birgt relevante Implikationen für Produkthersteller im Bereich der Milcherzeugung sowie Handlungsempfehlungen für die Politik.

Keywords

Internet der Dinge, Smart Products, Akzeptanz, Milchviehhalter, Clusteranalyse

1 Einleitung

Getrieben durch die zunehmende Vernetzung digitaler Technologien hat die vierte industrielle Revolution auch in der Landwirtschaft Einzug gehalten. Speziell in der Milchproduktion nimmt die Digitalisierung mittlerweile einen hohen Stellenwert ein, auch wenn sie nicht als Vorreiter dieser Entwicklung angesehen werden kann. Durch technologische Weiterentwicklungen und Fortschritte im Bereich Big-Data, künstliche Intelligenz und effiziente Algorithmen entstehen immer differenzierte Tools, die leistungsfähiger und breiter einsetzbar sind. Der Begriff des „Internets der Dinge“ (Internet of Things (IoT)) impliziert die Verbindung zwischen virtueller und physikalischer Welt. Dabei wird die Sicherung der drahtlosen Kommunikationsfähigkeit durch Smart Products angestrebt. Die gesamten Produktionsprozesse der Landwirtschaft können durch Smart Products optimiert werden (ISLAM et al., 2021). Der Landwirt wird durch Informations- und Kommunikationstechnologie in seinen Entscheidungen unterstützt, wobei ihm eine überwachende und prüfende Position zugeschrieben wird (BOVENSIEPEN und HOMBACH, 2016). Beispiele solcher Smart Products für die Milchviehhaltung sind IoT-Sensoren: Sensorhalsbänder, Ohrmarken für Milchkühe oder Detektoren, welche die Lahmheit bei Kühen in Echtzeit erkennen können (FAROOQ et al., 2019; IWASAKI et al., 2019). Smart Products bieten Chancen hinsichtlich einer effizienten, umwelt- und tiergerechten Milcherzeugung. Sie dienen nicht nur der Arbeitserleichterung, sondern führen im Durchschnitt zu einer höheren Milchleistung und zu einer Verbesserung des Tierwohls (HARTUNG et al., 2017). Auch im Hinblick auf den Klimawandel wird angenommen, dass IoT-Technologien den

¹ Georg-August-Universität Göttingen, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen, greta.langer@uni-goettingen.de

ökologischen Fußabdruck und die Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft verringern werden (ISLAM et al., 2021). Allerdings sind mit dem IoT als Teil des Smart Farmings auch Akzeptanzbarrieren verbunden:

Datenschutz und Datensicherheit, Eigentums- und Nutzungsrechte, Fragen der Rechenschaftspflicht im Fall von Missmanagement und die Forcierung des agrarstrukturellen Wandels (WALTER et al., 2017; WEERSINK et al., 2018). So werden Smart Products von Milchviehhaltern derzeit nur begrenzt genutzt (BLASCH et al., 2020; BORCHERS und BEWLEY 2015). Grundvoraussetzungen einer erfolgreichen Adoption von Smart Products ist aber die Zustimmung ihrer potentiellen Nutzer (SUNDRUM, 2018).

Das Verständnis von Einflussfaktoren, welche die Akzeptanz des IoT als Teil des Smart Farmings beeinflussen, ist wichtig für die künftige Entwicklung gezielter Maßnahmen, die die Verbreitung von Smart Products in der Milchviehhaltung unterstützen können (IBID.). Einige Studien haben sich bereits mit der Akzeptanz und Adoption von digitalen Technologien in der Landwirtschaft beschäftigt. Der Fokus dieser Untersuchungen lag dabei vor allem auf dem Precision Farming und betrieblichen bzw. soziodemografischen Einflussfaktoren; das Smart Farming wurde häufig vernachlässigt und Einstellungsfaktoren außen vor gelassen. Erste Erkenntnisse der Nutzungsintensität und Akzeptanz für den Bereich von Herdenmanagement-Apps unter deutschen Milchviehhaltern konnten MICHELS et al. (2019) generieren. Sie fanden heraus, dass die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit und die wahrgenommene Nützlichkeit die Akzeptanz beeinflussen. RUSSEL und BEWLEY (2013) erkannten, dass die Gründe für die Nichtanwendung von Smart Products unter Milchviehhaltern in mangelnder Vertrautheit mit neuen Technologien, einem unerwünschtem Kosten-Nutzen-Verhältnis und einer Informationsüberflutung liegen. GROTHKOPF und SCHULZE (2021) fanden zudem heraus, dass Erfahrungen mit Technologien als starker Einflussfaktor im digitalen Transformationsprozess der Milchviehhalter fungieren. Konkret für den Bereich der deutschen Milchviehhaltung fehlen umfassende Akzeptanzanalysen in Bezug auf das IoT (ABENI et al., 2019; GROHER et al., 2020; BALDIN et al., 2021).

Das Ziel dieses Beitrags ist es daher, die Einstellungen der Milchviehhalter zum Internet der Dinge als Teil des Smart Farmings zu analysieren, um Rückschlüsse auf die Adoptionsraten von Smart Products zu ziehen. Da frühere Studien gezeigt haben, dass Milchviehhalter hinsichtlich ihrer Einstellung nicht als homogene Gruppe zu betrachten sind (LUHMANN et al., 2016), sollen in dieser Studie mittels einer Faktoren- und anschließenden Clusteranalyse verschiedene Gruppen von Landwirten in Bezug auf ihre Einstellungen zum IoT identifiziert werden. Die Ergebnisse dieser Studie können wichtige Erkenntnisse für Hersteller und politische Entscheidungsträger darstellen, vor allem vor dem Hintergrund, dass die Akzeptanz und Verbreitung von Smart Products bei Milchviehhaltern noch gering ist. Das Verständnis der Akzeptanzfaktoren und die Identifizierung der verschiedenen Gruppen ist von grundlegender Bedeutung für die Entwicklung von Strategien, die die Betriebe bei der Digitalisierung unterstützen und das Smart Farming an die Bedürfnisse und Wünsche der Milchviehhalter anpassen können.

2 Material und Methoden

2.1 Studiendesign

Im Sommer 2020 wurde eine Befragung zur Einstellung von Tierhaltern gegenüber dem Einsatz von Smart Products in der Landwirtschaft durchgeführt. Die Umfrage basiert auf einem standardisierten Online-Fragebogen, der in einem Pretest von verschiedenen Experten aus der agrarökonomischen Forschung und Landwirten getestet wurde. Um möglichst viele Nutztierhalter zu erreichen, fand die Verbreitung über verschiedene Kanäle statt (z.B. Landwirtschaftskammer Niedersachsen, soziale Medien, praxisbezogene Zeitschriften).

Informationen zum Hintergrund der Studie sowie eine Definition von Smart Products („Immer mehr Geräte werden mit dem Internet verbunden. Smarte Produkte sammeln über entsprechende Sensoren Daten, analysieren sie und leiten sie via Internet weiter bzw. empfangen Daten von anderen smarten Produkten. Die „Intelligenz“ dieser Produkte führt dazu, dass sie eigenständig Aufgaben ausführen und mit anderen Produkten kommunizieren“) und drei Beispiele (Smartphone, intelligente Ohrmarke, intelligenter Schweinezähler) wurden der Befragung vorangestellt. Der Fragebogen gliedert sich in drei Teile und besteht hauptsächlich aus geschlossenen Fragen, die anhand fünfstufiger Likert-Skalen von „1 = stimme gar nicht zu“ bis „5 = stimme voll und ganz zu“ abgefragt werden. Der erste Teil befragt die Tierhalter zu soziodemografischen und betrieblichen Merkmalen, der zweite besteht aus 55 Aussagen, anhand derer die Einstellungen der Landwirte zu Smart Products ermittelt werden. Der dritte Teil setzt sich aus zehn Aussagen zusammen, wodurch die Landwirte zur Verbreitung der Digitalisierung in der Landwirtschaft befragt werden. Die vorliegende Studie verwendet ausschließlich die Datensätze der Milchviehhalter und berücksichtigt nur jene Items, die sich direkt auf die Einstellung der Milchviehhalter beziehen.

2.2 Datenanalyse

Die Daten wurden mit dem Statistikprogramm SPSS 27 ausgewertet. Im Rahmen der multivariaten Verfahren wurde eine explorative Faktorenanalyse durchgeführt. So konnte die Anzahl der Items reduziert und die zentralen Dimensionen erfasst werden, die auf den Einstellungen der Milchviehhalter zur Nutzung von Smart Products basierten. Die Variablen, die stark korrelierten und auf einem Faktor luden, wurden mit Hilfe der Hauptkomponentenanalyse zu einem Faktor zusammengefasst. Um die Interpretation der Faktoren zu erleichtern, wurde eine orthogonale Varimax-Rotation durchgeführt. Diese ermöglichte die Varianz der quadrierten Faktorenladungen pro Spalte zu maximieren. In mehreren Durchläufen wurden alle Variablen, die in der rotierten Komponentenmatrix Ladungen von $\geq 0,4$ aufwiesen und auf mehr als einem Faktor luden, aus der Analyse entfernt. So erfolgte eine eindeutige Zuordnung zu nur einem Faktor (BACKHAUS et al., 2016). Aufbauend auf der Faktorenlösung wurde eine Clusteranalyse durchgeführt. Dafür wurde eine hierarchische Clustermethode unter Verwendung des Single-Linkage-Verfahrens durchgeführt. Anschließend konnten unter Anwendung der Ward-Methode die Befragten zusammengeschlossen werden, die die Varianz innerhalb eines Clusters kaum erhöhen. Um die Lösung zu verfeinern, wurde im Anschluss ein K-Means-Verfahren angewendet. Das schlussendliche Ergebnis der Clusteranalyse wurde mit einer Diskriminanzanalyse auf ihre Qualität hin überprüft (BÜHL, 2010).

3 Ergebnisse

3.1 Stichprobenbeschreibung

Nach Bereinigung des Datensatzes verblieben die Angaben von insgesamt 193 Milchviehhaltern. Die Befragten sind im Durchschnitt 43 Jahre alt und 25,4 % von ihnen sind weiblich. Damit ist der Anteil der Frauen in dieser Befragung leicht unterrepräsentativ; 2021 lag der Anteil der weiblichen Beschäftigten in der deutschen Landwirtschaft bei 36,0 % (DEUTSCHER BAUERNVERBAND (DBV), 2021). Der größte Anteil der Befragten kommt aus Bayern (19,2 %), gefolgt von Niedersachsen (16,1 %). Diese Verteilung entspricht der landwirtschaftlichen Betriebsstruktur des gesamten Bundesgebietes, denn die meisten Milchviehbetriebe befinden sich in Bayern und Niedersachsen. Dort werden ca. 50 % aller Milchkühe Deutschlands gehalten (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2022). Die durchschnittliche Anzahl der Milchkühe pro Betrieb liegt in der Befragung mit 303,28 Kühen über dem bundesweiten Durchschnitt. Dieser lag 2021 bei 70 Kühen pro Betrieb. Allerdings hat sich in den letzten Jahren ein enormer Strukturwandel in der Milchviehhaltung zu immer größer

werdenden Betriebsstrukturen gezeigt. So leben gut 57 % aller deutschen Milchkühe auf Betrieben, die mehr als 100 Kühe halten (DBV, 2021). Passend zu den überdurchschnittlich großen Tierbeständen der Stichprobe sind 98,4 % der Milchviehhalter im Haupterwerb tätig. 82,4 % wirtschaften konventionell, 17,1 % ökologisch und 0,5 % befinden sich in der Umstellung von konventionell zu ökologisch. Mehr als die Hälfte der Befragten (53,8 %) ist zudem bereits seit 20 Jahren oder länger in der Landwirtschaft tätig. Aufgrund der Stichprobengröße und den teilweise vom Bundesdurchschnitt abweichenden betrieblichen und soziodemografischen Merkmalen kann die Stichprobe nicht als repräsentativ für die deutschen Milchviehhalter angesehen werden. Dennoch können die Ergebnisse aufgrund der hohen Signifikanzen interessante Erkenntnisse liefern, insbesondere für größere Milchviehbetriebe im Haupterwerb.

3.2 Ergebnisse der Faktorenanalyse

Die endgültige Faktorenlösung umfasst vier Faktoren mit insgesamt 16 Items (siehe Tabelle 1). Das Kaiser-Meyer-Olkin-Kriterium (KMO) zeigt mit einem Wert von 0,906 (Werte über 0,6 gelten als akzeptabel) ein positives Ergebnis für die Stichprobenadäquanz. Außerdem ist der Bartlett-Test auf Sphärizität statistisch signifikant und ergibt Korrelationskoeffizienten für die Grundgesamtheit, deren Werte sich von Null unterscheiden. Die Reliabilitätsanalyse zeigt, dass die interne Konsistenz der Faktoren angemessen ist. Es ergeben sich Cronbach Alphas Werte von 0,874 (Faktor 1), 0,722 (Faktor 2), 0,676 (Faktor 3) und 0,659 (Faktor 4). Alle Werte liegen über dem geforderten Mindestwert von 0,6 (BACKHAUS et al., 2016; BÜHL, 2010; HAIR et al., 2013). Alle durchgeführten Tests zur Qualitätsüberprüfung der Faktorenanalyse implizieren, dass die Variablen gut für eine Faktorenanalyse geeignet sind.

Tabelle 1. Ergebnisse der Faktorenanalyse

Faktoren und Variablen	FL ¹	μ	σ
Faktor 1: Tierwohlnutzen (Cronbachs Alpha: 0,874)			
Ich würde Smart Products einsetzen, wenn sich Vorteile für die Tiergesundheit, Tiergerechtheit, Tierwohl, Tierverhalten oder -Hygienebedingungen im Stall ergeben würden.	0,780	4,57	0,676
Ich würde mich bei der Tierkontrolle durch ein Smart Product unterstützen lassen.	0,776	4,27	0,930
Tiere können durch Smart Products profitieren, da Krankheiten schneller erkannt werden.	0,771	4,24	0,849
Tiere können durch Smart Products profitieren, da Abweichungen des Normalverhaltens schneller erkannt werden.	0,766	4,27	0,809
Ich freue mich, wenn Smart Products mich in Echtzeit über die Verfassung meiner Tiere informieren können.	0,744	4,37	0,960
Faktor 2: Nutzenerwartung (Cronbachs Alpha: 0,772)			
Durch die Nutzung von Smart Products kann die Arbeitszeit für bestimmte Tätigkeiten gesenkt werden.	0,762	4,09	0,936
Smart Products können Arbeitsprozesse beschleunigen (z.B. Kommunikation, Entscheidungen).	0,728	4,08	0,850
Durch die Nutzung von Smart Products können Arbeits erledigungskosten gesenkt werden.	0,698	3,72	0,922
Durch die Nutzung von Smart Products entstehen weniger Kosten, da Fehler durch menschliches Fehlverhalten minimiert werden.	0,636	3,37	0,926

Faktoren und Variablen	FL ¹	μ	σ
Faktor 3: Sozialer Einfluss (Cronbachs Alpha: 0,676)			
Ich denke, dass es in der Gesellschaft einen guten Eindruck macht, wenn ich Smart Products benutze.	0,733	3,34	1,009
Mein soziales Umfeld (Nachbarn, Kollegen, Freunde) befürwortet Smart Products auf meinem Betrieb.	0,722	3,35	1,022
Ich denke, dass in der Gesellschaft die Erwartung herrscht, dass ich smarte Produkte nutze.	0,700	2,89	1,084
Faktor 4: Vertrauen (Cronbachs Alpha: 0,659)			
Ich würde einer Empfehlung folgen, die mir ein Smart Product gibt.	0,805	3,51	0,795
Ich denke, dass meine Daten sicher sind, wenn ich mit Smart Products von namenhaften Herstellern arbeite.	0,554	3,17	1,090
Ich vertraue auf Smart Products und die Entscheidungen, die sie treffen.	0,518	3,36	0,902
Ich fühle mich sicher, wenn ich mit Smart Products arbeite.	0,458	3,51	0,936
KMO (Kaiser-Meyer-Olkin-Wert) = 0,906; erklärte Gesamtvarianz = 64,91 %. Skala von +1= „Stimme gar nicht zu“ bis +5= „Stimme voll und ganz zu“ bewertet. FL1= Faktorladung. n= 193.			

Quelle: Eigene Berechnung.

Tabelle 1 zeigt die entsprechenden Mittelwerte (μ) und Standardabweichungen (σ) für die einzelnen Faktoren und Items. Der erste Faktor „Tierwohlnutzen“ setzt sich aus fünf Variablen zusammen und beschreibt die Einstellung der Landwirte zu den Vorteilen von Smart Products in Bezug auf die Verbesserung des Tierwohls. Der Faktor kombiniert dabei auch Aussagen über die Bereitschaft und die Freude daran, Smart Products zu nutzen. Es ist zu erkennen, dass alle fünf Variablen im Mittel deutlich positiv bewertet werden, also eine hohe Zustimmung erhalten. Faktor zwei „Nutzenerwartung“ fasst in vier Items zusammen wie die Einschätzung der Milchviehhalter zu den betrieblichen Vorteilen des Einsatzes von Smart Products ist. Es wird dabei zwischen Vorteilen der Kosten- und Arbeitszeitreduzierung durch Smart Products unterschieden. Auch dieser Faktor ist gekennzeichnet durch Zustimmung. Der dritte Faktor „Sozialer Einfluss“ beschreibt den möglichen Einfluss, den das soziale Umfeld auf Landwirte im Zusammenhang mit der Nutzung von Smart Produkten ausüben kann. Der Faktor beinhaltet drei Items und deutet auf eine gewisse Indifferenz der Milchviehhalter hin. Der letzte Faktor „Vertrauen“ impliziert in vier Variablen die Einstellung der Landwirte zum Vertrauen in die Arbeit von Smart Products. Dieser Faktor ist durch deutlich niedrigere Mittelwerte gekennzeichnet als die ersten beiden Faktoren. Am geringsten ist die Zustimmung bei der Annahme, dass Daten sicher seien, wenn mit Smart Products gearbeitet wird ($\mu=2,89$, $\sigma=1,084$).

3.3 Ergebnisse der Clusteranalyse

Nach Auswertung des Dendrogramms konnten drei Ausreißer entfernt werden, es verblieben somit 190 Datensätze für die weitere Clusteranalyse. Zur Unterstützung der Entscheidung über die optimale Anzahl von Clustern wurden bei der Ward-Methode das Dendrogramm, ein Screeplot und das Ellbogenkriterium verwendet. Folglich zeigte sich eine Vier-Cluster-Lösung als optimal. Anschließend konnte ein iterativ partitionierender K-Means-Algorithmus durchgeführt werden, um die Ergebnisse der Ward Clusterlösung zu optimieren. Die Diskriminanzanalyse wurde zur Überprüfung der Klassifikationsgenauigkeit der Ergebnisse durchgeführt. Die Studie klassifiziert 100,00 % der ursprünglichen Fälle korrekt (BACKHAUS et

al., 2016). Weitere Ergebnisse der Diskriminanzanalyse (Eigenwerte und Wilks-Lambda) belegen, dass die Ergebnisse der Clusteranalyse von hoher Qualität sind. Zur detaillierten Charakterisierung der gebildeten Cluster und zur Prüfung signifikanter Unterschiede zwischen den Clustern wurde ein Mittelwertvergleich mittels einfaktorieller Varianzanalyse (ANOVA) sowie ein Post-Hoc-Mehrfachvergleichstest durchgeführt (T2 nach Tamhane). So konnte herausgefunden werden, welche Cluster sich hinsichtlich der Mittelwerte der Variablen unterscheiden (BACKHAUS et al., 2016). Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse der Clusteranalyse, wobei die Mittelwerte und Standardabweichungen der clusterbildenden Faktoren und der zugrundeliegenden Variablen mit den entsprechenden signifikanten Unterschieden angegeben sind.

Das erste Cluster ist durch eine Ablehnung gegenüber Smart Products gekennzeichnet. Die Milchviehhalter stimmen den Vorteilen durch die Nutzung von Smart Products für das Tierwohl eher nicht zu und haben kein Vertrauen in diese Produkte. Auf Grund dessen wird Cluster A als „Gegner“ betitelt. Mit nur 25 Befragten bildet es das kleinste der vier Cluster. Die Befragten lehnen es eher ab, sich bei der Tierkontrolle durch ein Smart Product unterstützen zu lassen ($\mu=2,92$; $\sigma=1,187$). Zudem freuen sich die Befragten nicht, wenn Smart Products sie in Echtzeit über den gesundheitlichen Zustand ihrer Tiere informieren ($\mu=2,72$; $\sigma=1,242$). Den Nutzenerwartungen von Smart Products stehen die Milchviehhalter des Clusters A vor allem in Bezug auf Kostenreduzierungen (menschliches Fehlverhalten könnte minimiert werden) kritisch gegenüber ($\mu=2,44$; $\sigma=0,768$). Sie verspüren auch keinen sozialen/gesellschaftlichen Druck, Smart Products einzusetzen. Dies zeigt sich sowohl bei den Aussagen über einen möglichen positiven gesellschaftlichen Effekt beim Einsatz von Smart Products ($\mu=2,36$; $\sigma=0,907$), als auch im Kontext einer möglichen gesteigerten Anerkennung von Nachbarn, Kollegen und Freunden ($\mu=2,20$; $\sigma=0,866$). Das Vertrauen in Smart Products und deren Entscheidungskompetenz ist gering ($\mu=2,20$; $\sigma=0,926$) und auch der Datensicherheit wird nicht vertraut ($\mu=2,04$; $\sigma=0,935$). Die Milchviehhalter fühlen sich zudem eher unsicher, wenn sie mit Smart Products arbeiten ($\mu=2,68$; $\sigma=0,900$).

Tabelle 2. Ergebnisse der Clusteranalyse

Faktoren und Statements	Cluster A (n = 25)	Cluster B (n = 31)	Cluster C (n = 50)	Cluster D (n = 84)
Faktor 1: Tierwohlnutzen***	-1,44bcd (1,047)	0,514ad (0,473)	0,585ad (0,520)	-0,050abc (0,668)
Ich würde Smart Products einsetzen, wenn sich Vorteile für die Tiergesundheit, Tiergerechtigkeit, Tierwohl, Tierverhalten oder -Hygienebedingungen im Stall ergeben würden.	3,60bcd (0,957)	4,81a (0,402)	4,86a (0,351)	4,61a (0,538)
Ich würde mich bei der Tierkontrolle durch ein Smart Product unterstützen lassen.	2,92bcd (1,187)	4,68a (0,599)	4,46a (0,646)	4,40a (0,730)
Tiere können durch Smart Products profitieren, da Krankheiten schneller erkannt werden.	3,04bcd (0,841)	4,58a (0,807)	4,34a (0,658)	4,40a (0,661)
Tiere können durch Smart Products profitieren, da Abweichungen des Normalverhaltens schneller erkannt werden.	3,00bcd (0,866)	4,71ac (0,461)	4,36ab (0,598)	4,44a (0,628)
Ich freue mich, wenn Smart Products mich in Echtzeit über die Verfassung meiner Tiere informieren können.	2,72bcd (1,242)	4,71a (0,643)	4,60a (0,606)	4,60a (0,583)

Faktoren und Statements	Cluster A (n = 25)	Cluster B (n = 31)	Cluster C (n = 50)	Cluster D (n = 84)
Faktor 2: Nutzenerwartung***	-0,425cd (0,722)	0,090cd (0,693)	-0,982abd (0,721)	0,749abc (0,549)
Durch die Nutzung von Smart Products kann die Arbeitszeit für bestimmte Tätigkeiten gesenkt werden.	3,40bd (1,118)	4,55ac (0,755)	3,40bd (0,833)	4,61ac (0,538)
Smart Products können Arbeitsprozesse beschleunigen (z.B. Kommunikation, Entscheidungen).	3,16bcd (0,850)	3,90ad (0,700)	3,70ad (0,815)	4,61abc (0,515)
Durch die Nutzung von Smart Products können Arbeitserledigungskosten gesenkt werden.	2,96bd (1,118)	4,00ac (0,755)	3,12bd (0,833)	4,19ac (0,538)
Durch die Nutzung von Smart Products entstehen weniger Kosten, da Fehler durch menschliches Fehlverhalten minimiert werden.	2,44bd (0,768)	3,45a (1,028)	2,92d (0,752)	3,88ac (0,648)
Faktor 3: Sozialer Einfluss***	-0,819cd (0,836)	-1,273cd (0,777)	0,331ab (0,724)	0,503ab (0,654)
Ich denke, dass es in der Gesellschaft einen guten Eindruck macht, wenn ich Smart Products benutze.	2,36cd (0,907)	2,77cd (0,990)	3,48ab (0,839)	3,75ab (0,848)
Mein soziales Umfeld (Nachbarn, Kollegen, Freunde) befürwortet Smart Products auf meinem Betrieb.	2,20cd (0,866)	2,35cd (0,798)	3,50abd (0,735)	3,98abc (0,658)
Ich denke, dass in der Gesellschaft die Erwartung herrscht, dass ich Smart Products nutze.	2,08cd (0,997)	2,19cd (0,980)	3,12ab (0,940)	3,26ab (0,983)
Faktor 4: Vertrauen***	-0,496b (0,811)	0,629acd (0,930)	0,029b (0,937)	-0,077b (0,930)
Ich würde einer Empfehlung folgen, die mir ein Smart Product gibt.	2,76bcd (0,779)	3,84a (0,688)	3,50a (0,735)	3,61a (0,745)
Ich denke, dass meine Daten sicher sind, wenn ich mit Smart Products von namenhaften Herstellern arbeite.	2,04bcd (0,935)	3,32a (1,045)	3,34a (0,717)	3,40a (0,971)
Ich vertraue auf Smart Products und die Entscheidungen, die sie treffen.	2,20bcd (0,816)	3,45a (0,925)	3,34a (0,717)	3,68a (0,731)
Ich fühle mich sicher, wenn ich mit Smart Products arbeite.	2,68bcd (0,900)	3,42a (1,057)	3,52a (0,762)	3,79a (0,851)
Buchstaben kennzeichnen signifikanten Unterschied zum entsprechenden Cluster (Post-Hoc-Test T2 nach Tamhane auf dem Signifikanzniveau 0,05). Signifikanzniveau: *= $p \leq 0,05$, **= $p \leq 0,01$, ***= $p \leq 0,001$. n=190.				

Quelle: Eigene Berechnung.

Cluster B sieht deutliche Vorteile beim Einsatz von Smart Products für das Tierwohl. Die Milchviehhalter des Clusters verspüren keinen gesellschaftlichen und sozialen Druck Smart Products einzusetzen. Daher werden die Vertreter dieses Clusters unter dem Namen „autonome Befürworter“ zusammengefasst. Es ist mit 32 Milchviehhalter das zweitkleinste Cluster. Die dem Cluster zugeordneten Milchviehhalter stimmen den Aussagen über die Vorteile für das

Tierwohl durch Smart Products zu. Sie gehen davon aus, dass Tiere von Smart Products profitieren können, da Abweichungen des Normalverhaltens schneller erkannt werden ($\mu=4,71$; $\sigma=0,461$). Zudem sind sie bereit, sich bei der Tierkontrolle durch ein Smart Product unterstützen zu lassen ($\mu=4,68$; $\sigma=0,599$) und befürworten einen Einsatz, wenn sich daraus entsprechende Vorteile für die Tiergesundheit ergeben ($\mu=4,81$; $\sigma=0,402$). Der Nutzenerwartung in Bezug auf die Arbeitszeitreduzierung bei bestimmten Tätigkeiten stimmen die Befragten zu ($\mu=4,55$; $\sigma=0,755$) sowie auch der Beschleunigung von Arbeitsprozessen (z.B. Kommunikation, Entscheidungsfindung) ($\mu=3,90$; $\sigma=0,700$). Die Befragten des Clusters B sehen sich, im Vergleich zu den anderen drei Clustern, am wenigsten durch einen gesellschaftlichen und sozialen Einfluss unter Druck gesetzt. Sie stimmen der Aussage eher nicht zu, dass es in der Gesellschaft einen guten Eindruck macht, wenn sie Smart Products einsetzen ($\mu=2,77$; $\sigma=0,990$). Zudem sind sie nicht der Meinung, dass ihr soziales Umfeld den Einsatz von Smart Products befürwortet ($\mu=2,35$; $\sigma=0,798$). Das größte Vertrauen in die Entscheidungen von Smart Products ($\mu=3,45$; $\sigma=0,925$) haben im Vergleich zu den anderen Clustern die Milchviehhalter dieses Clusters. Sie stimmen eher zu, Empfehlungen eines Smart Products zu befolgen ($\mu=3,84$; $\sigma=0,688$).

Die Befragten des Clusters C sehen Vorteile für das Tierwohl, aber wenig Nutzenerwartungen bei Erleichterungen von Arbeitsprozessen und Kostenreduzierungen. Es herrscht eine gewisse Ambivalenz, weshalb die fünfzig Milchviehhalter dieses Clusters als die „Zwiegespaltenen“ bezeichnet werden. Sie stimmen, wie auch Cluster B, der Annahme deutlich zu, Smart Products einsetzen zu wollen, wenn daraus Vorteile für die Tiergesundheit entstehen ($\mu=4,86$; $\sigma=0,351$). Sie freuen sich, wenn Smart Products sie über die Verfassung ihrer Tiere informieren ($\mu=4,60$; $\sigma=0,606$). Den Aussagen über die Nutzenerwartungen stimmen sie allerdings weniger zu; so glauben die Befragten eher nicht, dass weniger Kosten durch die Nutzung von Smart Products entstehen, da Fehler durch menschliches Fehlverhalten minimiert werden ($\mu=2,92$; $\sigma=0,752$). Anders als bei den beiden vorherigen Clustern zeigt sich bei Cluster C, dass dem Einfluss durch die Gesellschaft ($\mu=3,48$; $\sigma=0,839$) und dem des sozialen Umfelds (Nachbarn, Kollegen, Freunde) eher zugestimmt wird ($\mu=3,50$; $\sigma=0,735$) bzw. der Einfluss nicht grundsätzlich verneint wird. Auch bezüglich des Vertrauens, zeigen sich die Landwirte des Clusters C indifferent bis leicht positiv. Sie neigen dazu, der Aussage zuzustimmen, dass sie sich sicher fühlen, wenn sie mit Smart Products arbeiten ($\mu=3,52$; $\sigma=0,762$), haben aber Zweifel, ob ihre Daten sicher sind, wenn sie mit Smart Products von namenhaften Herstellern arbeiten ($\mu=3,34$; $\sigma=0,717$).

Das letzte und größte Cluster mit 84 Befragten wird als die „sozial bedrängten Befürworter“ betitelt. Sie zeigen die höchste Zustimmung bei den Nutzenerwartungen und auch die höchste Zustimmung in Bezug auf den sozialen Einfluss. Die Milchviehhalter stimmen den Annahmen zu, dass Smart Products die Arbeitszeit für bestimmte Tätigkeiten senken kann ($\mu=4,61$; $\sigma=0,538$) und Smart Products Arbeitsprozesse beschleunigen können (z.B. Kommunikation, Entscheidungen) ($\mu=4,61$; $\sigma=0,515$). Sie würden sich bei der Tierkontrolle von Smart Products unterstützen lassen ($\mu=4,40$; $\sigma=0,730$). Zudem stimmen sie zu, dass ihr Umfeld den Einsatz von Smart Products befürwortet ($\mu=3,98$; $\sigma=0,658$), glauben aber eher nicht an eine gesellschaftliche Erwartungshaltung ($\mu=3,26$; $\sigma=0,983$). Ein neutrales bis positives Bild zeigt diese Gruppe beim Faktor Vertrauen. Sie stimmt der Aussage eher zu, Entscheidungen, die Smart Products treffen, zu vertrauen ($\mu=3,68$; $\sigma=0,731$), haben aber, ähnlich wie die Vertreter der drei anderen Cluster, Bedenken in Bezug auf die Datensicherheit ($\mu=3,40$; $\sigma=0,971$).

Hinsichtlich der soziodemografischen Merkmale zeigen sich zwischen den Clustern signifikante Unterschiede (auf einem Signifikanzniveau von $p \leq 0,05$) beim Alter, der Berufserfahrung (in Jahren) und der Anzahl gehaltener Kühe pro Betrieb. Die jüngsten Milchviehhalter (\bar{O} 40,10 Jahre) befinden sich in Cluster D, wohingegen die ältesten Befragten (\bar{O} 49,24 Jahre) dem Cluster A zuzuordnen sind. Im Umkehrschluss haben die Milchviehhalter des Clusters A die längste Berufserfahrung (\bar{O} 30,96 Jahre) und die in Cluster D die kürzeste

(Ø 20,92 Jahre). Zudem hält Cluster A im Durchschnitt deutlich weniger Milchkühe (Ø 155,64 Kühe) als Cluster B (Ø 384,68), C (Ø 300,94) und D (Ø 320,48).

Des Weiteren zeigt sich ein signifikanter Unterschied bei der tatsächlichen Nutzung von Smart Products. Insbesondere in den Clustern B und C gibt es einen hohen Anteil von Milchviehhaltern, die bereits Smart Products nutzen (Cluster B: 90,3 %; Cluster C: 78,0 %). Aber auch Cluster D weist mit 76,2 % einen recht großen Anteil von Nutzern auf. Im Gegensatz dazu ist der Anteil in Cluster A mit 48,0 % geringer.

4 Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass die Mehrheit der Befragten einer Nutzung von Smart Products im landwirtschaftlichen Bereich positiv gegenübersteht und Smart Products teilweise auf den Betrieben bereits eingesetzt werden. Das kleinste Cluster lehnt smarte Produkte gänzlich ab.

Basierend auf den Aussagen der Faktorenanalyse sind die Vorteile, die sich für die Tiere ergeben, ein wichtiger Einflussfaktor, wenn es um das Nutzungsverhalten von Smart Products geht. Viele Landwirte betrachten die ständige Überwachung ihrer Tiere, das Erkennen von abweichenden Verhaltensweisen und die frühzeitige Erkennung von Krankheiten als einen eindeutigen Vorteil des IoT bzw. der Smart Products. In der vorliegenden Studie konnten vor allem zwei Cluster (B und C) identifiziert werden, die dem Faktor Tierwohlnutzen mehrheitlich zustimmen. Aber auch Cluster D stimmt, wenn auch nicht so eindeutig, den Aussagen zum Tierwohlnutzen zu. Dieses Ergebnis deckt sich mit dem einer Studie von RUSSEL und BEWLEY (2012), die besagt, dass Milcherzeuger das Wohlbefinden ihrer Tiere als einen entscheidenden Erfolgsfaktor ansehen. Auch MICHELS et al. (2019) fanden heraus, dass Milchviehhalter digitale Technologien zur Beobachtung der Tiergesundheit als besonders nützlich wahrnehmen. Hinsichtlich der Verbesserung des Wohlbefindens von Nutztieren konnte die Freude darüber als ein wichtiger Motivator identifiziert werden. Allerdings zeigen andere Studien, dass wirtschaftliche Anreize die intrinsischen Motivationen häufig unterdrücken (RODE et al., 2015).

Ein weiterer Faktor, der auch in anderen Studien als Einflussfaktor diskutiert wurde, ist die Nutzenerwartung in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit von Smart Products, die Möglichkeit Arbeitszeiten zu reduzieren und Arbeitsprozesse zu erleichtern (ABENI et al., 2019; SCHÜTZ et al., 2019). Die Ergebnisse dieser Studie decken sich teilweise mit den Erkenntnissen der Studie von ABENI et al. (2019), die herausfanden, dass die größten Motivationsfaktoren der Milchviehhalter beim Kauf von Smart Products in der Steigerung der landwirtschaftlichen Profitabilität, der Verringerung der Arbeitskosten und der Verbesserung der Arbeitseffizienz liegen. Cluster A dieser Studie sieht allerdings keinerlei Nutzenvorteile bei der landwirtschaftlichen Profitabilität und weist folglich auch die niedrigste Nutzerrate auf. Möglicherweise sehen diese Milchviehhalter nicht nur keine Vorteile für ihre Wirtschaftlichkeit, sondern beurteilen auch das Kosten-Nutzen-Verhältnis, die Bewertung der Gesamtkosten von Smart Products und die Besorgnis über den erforderlichen Zeitaufwand für das Erlernen der richtigen Handhabung dieser Produkte als hinderlich (IBID.). Auffällig ist zudem, dass die Milchviehhalter des Clusters A im Durchschnitt die ältesten Landwirte sind. Der Blick in die wissenschaftliche Literatur bestätigt, dass mit zunehmendem Alter der Landwirte die Wahrscheinlichkeit abnimmt, Smart Products zu nutzen bzw. in diese zu investieren (MARESCOTTI et al., 2021). Ältere Landwirte sind weniger motiviert, neue digitale Innovationen einzuführen und verändern betriebliche Abläufe seltener, da ihre verbleibende Lebensarbeitszeit in der Regel kürzer ist als die von jüngeren (LARSON et al., 2008).

Die identifizierten Cluster unterscheiden sich nicht nur beim Faktor Alter, sondern auch im Hinblick auf Viehbestandsgrößen gibt es signifikante Unterschiede. Cluster B, C und D, die Smart Products im Großen und Ganzen positiv gegenüberstehen, verfügen über sehr große Viehbestände, „die Gegner“ des Clusters A halten die wenigsten Milchkühe. Die Landwirte scheinen der Ansicht zu sein, dass der Einsatz von Smart Products sich nur für größere

Betriebsstrukturen lohnt und nehmen vermutlich hohe Kosten und eine große Komplexität bei der Nutzung von Smart Products wahr (GROHER et al., 2020; ABENI et al., 2019). Folgt man den Annahmen von GARGIULO et al. (2018) profitieren Betriebe mit größeren Herden stärker von der Einführung smarterer Produkte als kleinere, da sie häufiger mit den Folgen des Arbeitskräftemangels (Verfügbarkeit, Kosten, Qualifikationsniveau) konfrontiert sind und deutlich mehr Verwaltungsarbeit zu bewältigen haben. Andere Studien ergaben allerdings, dass nicht allein die Größe der Betriebe, sondern auch mangelnde Ausbildung und geringere Informiertheit von Landwirten die Einführung von Smart Products behindern (KNIERIM et al., 2019). Die Akzeptanz der Landwirte wird vor allem durch das Vertrauen in den Einsatz von Smart Products beeinflusst (PFEIFFER et al., 2018). Vertrauen ist wesentlich für die Übernahme neuer Technologien, auch dann, wenn Landwirte die Vorteile der Technologie erkennen, darf die Gewissheit, dass neue Technologien auch tatsächlich funktionieren, nicht fehlen (EIDT et al., 2014). Die vorliegenden Ergebnisse bekräftigen dies: Cluster D stimmt den Vorteilen von Smart Products zu, vertraut diesen Produkten aber eher nicht. Festgestellt werden konnte auch, dass bei allen vier Clustern vertrauensbezogene Bedenken hinsichtlich der Datensicherheit bei der Nutzung von Smart Products bestehen.

Neben dem Faktor Vertrauen ist der soziale Einfluss durch Freunde, Familie und Kollegen, aber auch der gesamtgesellschaftliche ein wesentlicher Faktor, der Landwirte, vor allem in Bezug auf Themen wie nachhaltige Landwirtschaft und Umweltschutz, beeinflusst (KUCZERA, 2006). Im Zuge von Adoptionsentscheidungen digitaler Technologien sind soziale Kontakte und die Interaktion mit Kollegen besonders hervorzuheben, da Lernprozesse in erster Linie sozial orientiert sind (EASTWOOD et al., 2012). In den Ergebnissen dieser Studie zeigt sich der Effekt des sozialen Einflusses am deutlichsten bei den „sozial bedrängten Befürwortern“ (Cluster D). Sie gehen am ehesten davon aus, dass sie mit der Nutzung von Smart Products gesellschaftlich einen guten Eindruck machen. Dieses Cluster verzeichnet die höchste Adoptionsrate von Smart Products, was möglicherweise auch mit dem Einfluss des sozialen Umfelds zu begründen ist.

Die hohen Standardabweichungen, die vor allem beim dritten und vierten Faktor auffallen, deuten darauf hin, dass sich die Befragten teilweise uneinig waren und sich die Einstellungen der Milchviehhalter innerhalb eines Clusters vereinzelt unterscheiden. Das zeigt sich vor allem in Cluster A. Daher ist auch die Namensgebung der Cluster nicht als allgemein verbindlich anzusehen. Zudem ist bei der Interpretation der Ergebnisse darauf zu achten, dass die Stichprobengröße mit 193 Teilnehmern und der überdurchschnittlich hohen Anzahl an gehaltenen Milchkühen pro Betrieb nicht als repräsentativ im Vergleich zur Grundgesamtheit der deutschen Milchviehhalter anzusehen ist.

5 Fazit und Handlungsempfehlungen

Ziel des vorliegenden Beitrags war es, herauszufinden, wie Milchviehhalter Smart Products gegenüber eingestellt sind, inwieweit sie sich in ihren Einstellungen hinsichtlich der Nutzung von Smart Products unterscheiden und welche Einstellungsfaktoren sich besonders deutlich voneinander abgrenzen. Dieses Ziel wurde erreicht, die Milchviehhalter konnten in vier Cluster eingeteilt werden, die sich alle signifikant voneinander unterscheiden. Außerdem zeigen die Cluster signifikante Unterschiede zwischen soziodemografischen und betrieblichen Merkmalen. Die Studie konnte zeigen, dass die Mehrheit der Milchviehhalter Smart Products positiv gegenüber eingestellt ist. Lediglich eine Gruppe ließ sich als Gegner von Smart Products identifizieren. Darüber hinaus belegt die Studie, dass sowohl Vertrauen als auch das soziale/gesellschaftliche Umfeld einen wesentlichen Einfluss auf die Einstellung der Landwirte gegenüber Smart Products haben. Besonders kritisch wird bei allen vier Clustern der Datenschutz betrachtet. Hier könnten vertrauensbildende Maßnahmen Abhilfe schaffen, indem Landwirte unmittelbar in die Entwicklung digitaler Produkte einbezogen werden. Hierzu gehört eine offene Kommunikation der Produkthersteller mit den Landwirten. Gefragt sind aber auch

politische Entscheidungsträger, die Vertrauen in Datensicherheit und Datenhoheit generieren und garantieren müssten.

Fest steht, dass der Einsatz neuer Technologien die Möglichkeit bietet, die Produktivität landwirtschaftlicher Betriebe zu verbessern und zugleich Lösungsmöglichkeiten für Tier-, Umwelt- und Klimaschutz zu liefern (DORFNER, 2018). Es bedarf einer größeren Sicherheit und Verlässlichkeit, um die verschiedenen Vorteile von Smart Products für Landwirte deutlich und glaubwürdig formulieren zu können. Denn die vorliegenden Ergebnisse verdeutlichen auch, dass nicht alle Cluster gleichermaßen den wirtschaftlichen Nutzensvorteil und den für das Tierwohl erkennen. Zudem bräuchte es mehr Aufklärung darüber, für welche Betriebskonzepte und Betriebsgrößen sich Smart Products wirtschaftlich überhaupt eignen. Die bestehenden Unklarheiten führen zu Investitionsunsicherheiten bei den Milchviehhaltern. Die Regierung könnte erwägen, finanzielle Anreize für Smart Products zu schaffen, sofern diese zur Verbesserung der Tierschutzstandards beitragen.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass die gewählte Methode der faktoriellen Clusteranalyse immer Raum für potenzielle Beeinflussungen des endgültigen Ergebnisses bietet, auch wenn der Ausschluss der einzelnen Items nachvollziehbar beschrieben wurde. Zudem wurde recht allgemein nach der Einführung von Smart Products gefragt, ohne die Technologie weiter einzugrenzen. Die Einstellung der Landwirte könnte jedoch, je nach Art des Smart Products, variieren und entsprechend positiver oder negativer ausfallen.

In weiteren Studien sollte daher untersucht werden, ob es Unterschiede in den Einstellungen der Landwirte gegenüber verschiedenen smarten Technologien gibt und wie sich der Einsatz von Smart Products tatsächlich auf das Wohlbefinden der Kühe auswirkt. Außerdem besteht Forschungsbedarf in Hinblick auf die Einbeziehung unterschiedlicher Stakeholder-Gruppen in den gesamten digitalen Transformationsprozess, bei dem auch die Einstellung von landwirtschaftlichen Beratern, Molkereien und Verbrauchern erforscht werden muss. Untersucht werden sollte ebenfalls, inwieweit sich die Einstellungen anderer Tierhaltergruppen (z.B. Schweinehalter) von denen der Milchviehhalter unterscheiden und ob sich das gesamtgesellschaftliche Bild der Landwirte mit zunehmender Technologieadoption verändert.

Literatur

- ABENI, F., PETRERA, F., GALLI, A. (2019): A Survey of Italian Dairy Farmers' Propensity for Precision Livestock Farming Tools. In: *Animals* 9(5): 1-13.
- AERNS, L., PLUMEYER, C. H., THEUVSEN, L. (2012): Akzeptanz von Informationssystemen durch Schweinemäster. Eine Kausalanalyse. Vortrag anlässlich der 51 Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. September 2012.
- AUBERT, A. B., SCHROEDER, A., GRIMAUDO, J. (2012): IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. In: *Decision Support Systems* 54(1): 510–520.
- BACKHAUS, K., ERICHSON, P., PLINKE, W., WEIBER, R. (2016): *Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung.* Lehrbuch. Gabler Verlag. Auflage 14.
- BALDIN, M., BREUNIG, T., CUE, R., DE VRIES, A., DOORNINK, M., DREVENAK, J., FOURDRAINE, R., GEORGE, R., GOODLING, R., GREENFIELD, R., ET AL. (2021): Integrated Decision Support Systems (IDSS) for Dairy Farming: A Discussion on How to Improve Their Sustained Adoption. In: *Animals* 11(7): 2025.
- BLASCH, J., VAN DER KROON, B., VAN BEUKERING, P., MUNSTER, R., FABIANI, S., NINO, P., VANINO, S. (2020): Farmer preferences for adopting precision farming technologies: a case study from Italy. In: *European Review of Agriculture Economics* 49(01): 1-49.
- BOVENSIEPEN, G. und R. HOMBACH (2016): Quo vadis, agricola? Smart Farming: Nachhaltigkeit und Effizienz durch den Einsatz digitaler Technologien (pwc). URL: <https://www.pwc.de/de/handel-und-konsumguter/assets/smart-farming-studie-2016.pdf>.

- BORCHERS, M.R. und J. M. BEWLEY (2015): An assessment of producer precision dairy farming technology use, prepurchase considerations, and usefulness. In: *Journal of Dairy Science* 98(6): 4198–4205.
- BÜHL, A. (2010): *SPSS 18 – Einführung in die moderne Datenanalyse*. Pearson Verlag. 13. Auflage.
- DEUTSCHER BAUERNVERBAND (DBV) (2021): *Situationsbericht 2021/22. Trends und Fakten zur Landwirtschaft*. URL: <https://www.bauernverband.de/fileadmin/berichte/2021/index.html#0>
- DORFNER, G. (2018): *Ökonomische Herausforderungen für die bayrischen Milchviehhalter*. In: *Milchviehhaltung – Lösungen für die Zukunft. Landtechnisch-bauliche Jahrestagung 2018. Tagungsband: 9-20*.
- EASTWOOD, C., CHAPMAN, D., PAINE, M. (2012): Networks of practice for co-construction of agricultural decision support systems: Casestudies of precision dairy farms in Australia. In: *Agriculture Systems* 108: 10-18.
- EIDT, C.M., HICKEY, G.M., CURTIS, M.A. (2012): Knowledge integration and the adoption of new agricultural technologies: Kenyan perspectives. In: *Food Security* 4: 355–367.
- FAROOQ, M. S., RIAZ, S., ABID, A., ABID, K., NAEEM, M.A. (2019): A Survey on the Role of IoT in Agriculture for the Implementation of Smart Farming. In: *IEEE Access* 7: 156237-156271.
- GARGIULO, J. L., EASTWOOD, C. R., GARCIA, S. C., LYONS, N.A. (2018): Dairy farmers with larger herd sizes adopt more precision dairy technologies. In: *Journal of Dairy Science* 101(6): 5466-5473.
- GROHER, T., HEITKÄMPER, K., UMSTÄTTER, C. (2020): Digital technology adoption in livestock production with a special focus on ruminant farming. In: *Animal* 14(11): 2404-2413.
- GROTHKOPF, C. und H. SCHULZE (2021): *Empirische Analyse der Einflussfaktoren auf die Digitalisierung der Milchviehhaltung. Vortrag anlässlich der 61. Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus, Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Transformationsökonomien (IAMO). September 2021*.
- HAIR, J., ANDERSON, R.E., TATHAM, R.L. (2013): *Multivariate Data Analysis*. Prentice Hall International Editions. Pearson Verlag. Auflage 7.
- HARTUNG, J., BANHAZI, T., VRANKEN, E., GUARINO, M. (2017): European farmers' experiences with precision livestock farming systems. In: *Animal Frontiers* (7)1: 38-44.
- ISLAM, N., RASHID, MD. M., PASANDIDEH, F., RAY, B., MOORE, S., KADEL, R. (2021): A Review of Applications and Communication Technologies for Internet of Things (IoT) and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Based Sustainable Smart Farming. In: *Sustainability* 13(1821): 1-20.
- IWASAKI, W., MORITA, N., NAGATA, N. (2019): IoT sensors for smart livestock management. In: *Chemical, Gas, and Biosensors for Internet of Things and Related*. Mitsubayashi, K., Niwa, O., Ueno, Y (eds.). Amsterdam Elsevier: 207-221.
- KNIERIM, A., BOENNING, K., CAGGIANO, M., CRISTÓVÃO, A., DIRIMANOVA, V., KOEHNEN, T., LABARTHE, P., PRAGE, K. (2015): The AKIS concept and its relevance in selected EU member states. In: *Outlook on Agriculture* 44 (1): 29–36.
- KUCZERA, C. (2006): *The influence of the social environment on farm decisions of farmers*. Margraf Publishers, Weikersheim.
- LARSON, J.A., ROBERTS, R.K., ENGLISH, B.C., LARKIN, S.L., MARRA, M.C., MARTIN, S.W., ET AL., (2008): Factors affecting farmer adoption of remotely sensed imagery for precision management in cotton production. In: *Precision Agriculture* 9(4): 195-208.
- LUHMANN, H., SCHAPER, C., THEUVSEN, L. (2016): Future-oriented dairy farmers' willingness to participate in a sustainability standard: evidence from an empirical study in Germany. In: *International Journal on Food System Dynamics* 7(3): 243-257
- MARESCOTTI, M., E., DEMARTINI, E., FILIPPINI, R., GAVIGLIO, A. (2021): Smart farming in mountain areas: Investigating livestock farmers' technophobia and technophilia and their perception of innovation. In: *Journal of Rural Studies* (Article in Press).
- MICHELS, M., BONKE, V., MUBHOFF, O. (2019): Understanding the adoption of smartphone apps in dairy herd management. In: *Journal of Dairy Science* 102(10): 9422-9434.

- PFEIFFER, J., ERDLE, K., GANDORFER, M. (2018): Smarte Technik, große Wirkung? Schule und Beratung. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung. In: *Landwirtschaft und Forsten* 5-6:55-56.
- RODE, J., GÓMEZ-BAGGETHUN, E., KRAUSE, T. (2015): Motivation crowding by economic incentives in conservation policy: A review of the empirical evidence. In: *Ecological Economics* 117: 270-282.
- RUSSELL, R.A. und J.M., BEWLEY (2013): Characterization of Kentucky dairy producer decision-making behavior. In: *Journal of Dairy Science* 96(7): 4751–4758.
- SCHÜTZ, K., VERFÜRTH, L., KRAMER, M., THÖNNISSEN, A., TÜCKING, N., BOELHAUVE, M., MERGENTHALER, M. (2019): Akzeptanz eines Herdenmanagement-Programms für PC und Smartphone auf rinderhaltenden Betrieben. Vortrag anlässlich der 39. Gesellschaft für Informatik (GIL) Jahrestagung. Wien, Österreich. Februar 2019.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2022): Milchkuhbestand in Deutschland nach Bundesländern in den Jahren 2019 bis 2021. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/28794/umfrage/milchkuhbestand-in-deutschland/>.
- SUNDRUM, A. (2018): Big Data – Mittel zu welchen Zwecken? In: 7. Wilhelm-Stahl-Symposium Big Data im Stall – Zukunftsmodell oder Sackgasse? Tagungsbeiträge: 15-19.
- VENKATESH, V., THONG, J., XU, X. (2016): Unified Theory of Acceptance and Use of Technology: A Synthesis on the Road Ahead. In: *Journal of the Association for Information Systems* 17(5): 328–376.
- WOLFERT, S., GE, L., VERDOUW, C., BOGAARDT, M.-J. (2017): Big data in smart farming – a review. In: *Agriculture Systems* 153: 69–80
- WALTER, A., FINGER, R., HUBER, R., BUCHMANN, N. (2017): Smart farming is key to developing sustainable agriculture. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(24): 6148-6150.
- WEERSINK, A., FRASER, E., PANNELL, D., DUNCAN, E., ROTZ, S. (2018): Opportunities and Challenges for Big Data in Agricultural and Environmental Analysis. In: *Annual Review of Resource Economics* 10: 19-37.

Danksagung

Die vorliegende Studie wurde durch die Landwirtschaftliche Rentenbank finanziell gefördert.

NUTRITION AND CONSUMER DEMAND

EUROPEAN DEMAND FOR PLANT-BASED DAIRY SUBSTITUTES: HYPE OR HOPE FOR A BROADER TRANSFORMATION OF THE FOOD SYSTEM

Rebecca Hansen¹, Beate Gebhardt, Sebastian Hess

Abstract

The market for plant-based dairy products (PBDPs) as an alternative to foods of animal origin has seen steady growth rates for a number of years, delighting investors and leading to the introduction of many new PBDPs. However, it remains far from well understood if and to what extent this trend is only found among a narrow subgroup of consumers, or whether it signals the start of a broader transformation in European food demand. Assuming that a reduction in dairy consumption and its substitution with PBDPs can offer a route towards a more sustainable diet, this paper analysed a dataset of 3086 respondents from six European countries to identify influencing factors and possible barriers to PBDP consumption based on expectancy-value theory. The results show that active information-gathering and knowledge about plant-based dairy alternatives are the main drivers behind the decision to increase the frequency of PBDP consumption. Furthermore, existing attitudes about product characteristics can be seen as major barriers to consumers purchasing PBDPs. It is also evident that environmental, animal welfare and health aspects have an influence on the frequency of consumption and, for more dedicated consumers of PBDPs, play a greater role here. In summary, the hypothesis that consumer preferences for PBDPs will continue to change across Europe cannot be rejected.

Keywords

Expectancy-value theory, Beliefs, Attitude formation, Plant-based dairy products, Extended ordered probit models

1 Introduction

The demand for plant-based substitute products as an alternative to food products of animal origin has grown rapidly in recent years. Consumers in Germany and elsewhere in Europe are increasingly turning to plant-based substitutes of milk and milk products, partly out of curiosity, but also increasingly due to ethical concerns related to animal welfare, climate protection and environmental sustainability (BMEL, 2021a). Along with increasing demand, the market for plant-based substitute products is also rapidly growing, with the sales value for the entire plant-based food sector in Europe increasing by 49 % in the period from 2018 to 2020. A Europe-wide comparison has revealed that plant-based dairy products (PBDPs) are the leading segment among plant-based substitutes. The growth in sales volumes of PBDPs and the fact that they are becoming more established products in discount stores reflect a Europe-wide increase in the relevance of this product segment (SMART PROTEIN PROJECT, 2020).

Why should this trend potentially be relevant beyond actual sales figures that might interest investors and decision-makers in the food industry? The Green Deal presented by the European Union as a concept for achieving climate neutrality identifies sustainable food consumption as a core environmental issue alongside the reduction of greenhouse gases (BMEL, 2021b). The reduced consumption of animal products in particular is seen as a key control element in the development of a supranational sustainable food system (WBAE, 2020).

¹ University of Hohenheim, Institute of Agricultural Policy and Markets, Schwerzstr. 46, Osthof-Süd, 70599 Stuttgart, rebecca.hansen@uni-hohenheim.de

One contribution towards achieving these climate oriented goals could be increased consumer acceptance of a plant-based diet (WBAE, 2020; BMEL, 2021b). In this context, food-related behaviour represents a complex framework for action, since it is shaped by individual habits as well as by the social and cultural environment. Enhanced educational offers about climate relevance, sustainability and health promotion when focusing on plant-based diets may therefore provide targeted areas for political action, provided that the influencing factors that determine food consumption by the respective consumer groups are well understood.

A large number of studies have already addressed general consumer behaviour with regard to choices of plant-based substitutes for products of animal origin. For example, DEAN et al. (2008) demonstrated that food-related satisfaction is determined by individual goals associated with a certain diet and by the availability of certain foods. SCHYVER and SMITH (2005) examined consumer attitudes and beliefs about soy-based substitutes, focusing on the differences between consumers and non-consumers. They concluded that these two groups of people differ in their attitudes and that non-consumers give more weight to barriers related to taste or health than consumers of soy products (SCHYVER and SMITH, 2005). KONTINEN et al. (2021) focused on socio-demographic differences to explain food choices and showed that consumers with lower incomes and lower levels of education attach more weight to product attributes, such as price and familiarity with the product, than to health or environmental attributes. HAAS et al. (2019) undertook a quantitative investigation of the general product image of plant-based dairy alternatives and combined these findings with a qualitative analysis of motives for the consumption of plant-based dairy substitutes in Austria. Their results show that the consumption decision is linked to individual beliefs and is consequently influenced by current trends and social debates. Furthermore, they showed that high prices and low availability of plant-based dairy products can become barriers to consumption (HAAS et al., 2019). GEBHARDT and HADWIGER (2020) identified that the motivation behind plant-based diets and plant-based food product consumption in part follows different motives and must therefore be distinguished.

This review of the literature shows that broader empirical evidence about what determines the decision to consume or not to consume PBDPs at the margin remains scarce.

The aim of this paper is therefore to understand the extent to which the relevance of the topic of sustainable nutrition has already reached consumers, using the consumption of plant-based milk substitutes as an example. The question addressed is whether factors such as environmental concerns, animal welfare and health aspects play a role in the consumption decision and can be viewed as profound drivers of it. Another objective is to identify the consumer groups and consumption aspects (influencing factors) that can be effectively addressed in the context of information provision and educational offers in order to promote sustainable nutritional behaviour. The following section presents expectancy-value theory as a behavioural model, using it here as the basis for understanding consumers' evaluation process with respect to decisions about whether to purchase PBDPs. Section 3 describes the data collection while section 4 presents the econometric model. In section 5 the results are presented and conclusions are given in section 6.

2 Theoretical Framework

To fill the gap in quantitative studies on consumer behaviour in the choice of PBDPs across Europe, the following analysis will identify possible influencing factors against the theoretical background of the expectancy-value theory. This is taking into account the aforementioned complex construct of belief formation that comes into play in decision-making process of consumers as reported by HAAS et al. (2019). It will also show the extent to which non-consumers differ from consumers in their decision-making process, how this group can be

convinced to buy, and how an increase in consumption can be achieved among the target group of consumers who already purchase these products.

According to expectancy-value theory, actions concerning consumers' purchase decisions are based on the individual assessment of the benefit, success and value of a certain buying activity. The assumed aim of the consumer is to maximise resulting benefits from consumption (WIGFIELD, 1994; ECCLES and WIGFIELD, 2002), e.g. the decision to substitute a certain product group with another or to include previously unconsumed products in the diet. In this context, the consumers' decision is driven by a vector of individual beliefs such that $i = 1, \dots, N$ individual consumers form $j = 1, \dots, J$ beliefs from a range of external influences, short-term experiences and evaluated information, as well as past knowledge that has remained in their memory. These individual beliefs then determine the general attitude (A_i) towards a topic. However, different aspects of these beliefs can also point in different directions in the decision-making process, thus creating a trade-off between different product attributes, which have to be weighed (w_{ij}) against each other (GRUNERT et al., 2014).

For example, attitudes towards environmental or animal welfare aspects can have a positive effect on the decision to consume plant-based dairy substitutes, while beliefs on taste or other product characteristics can have a negative effect if these characteristics do not match consumer preferences. Whether the sum of positive or negative opinions prevails or how individual influencing factors are weighted then determines the final consumption decision on the basis of the individual benefit assessment. Following AJZEN and FISHBEIN (2000), the formation of the consumers' long-term attitude A_i can therefore be described as follows:

$$(1) \quad A_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k B_{ij} w_{ij}$$

An individual's existing beliefs this way influence the consumer's long-term attitude. The existing attitude towards products can be changed and adjusted in the short term by gaining information and knowledge (KEMPEN et al., 2017). If the origin of consumers' information-processing behaviour is questioned, this may be explained by psychology, which states that human behaviour is essentially determined by the opportunities to receive information, the individual motivation to obtain information, as well as the possibilities to process and evaluate this information. The three drivers of behavioural change can therefore be summed up to: motivation, ability and opportunity (GRUNERT et al., 2014).

It should be noted here that motivation and behaviour take on a strongly individual character, and therefore factors that can influence individual decisions must be taken into consideration, particularly when investigating the aspects that influence consumption decisions (ATKINSON, 1957). However, if consumers are strongly bound to personal habits and behavioural patterns in nutrition, they are less active about seeking out new information (VERPLANKEN and AARTS, 1999).

Hence, the value attribution leading to a particular consumption decision or the individual decision attributes that are considered in advance are based on personal incentives that motivate a consumption decision. For example, if there are strong intrinsic incentives to improve general health, it is conceivable that positive health aspects associated with the consumption of PBDPs will also be given greater weight in the decision-making process and will be a deciding factor (ECCLES and WIGFIELD, 2002). However, if a consumer is strongly embedded in a social structure or cultural habits that supports the consumption of animal products, this can create an incentive to decide against the consumption of PBDPs in order to conform with the norms of this structure.

Based on this framework, the following research hypotheses were derived concerning the decision among different consumer groups to purchase PBDPs and their food-related behaviour:

H1: The decision factors of PBDP consumers and non-consumers differ. Drivers of consumer frequency of consumption can be separated out from the general decision about whether to consume these products or not.

H2: The group that already consumes PBDPs is more sensitive to ecological, health and animal welfare concerns and therefore has an information advantage over non-consumers.

H3: Active engagement with the topic of PBDPs and related information gathering leads to a greater willingness to consume.

3 Data

In order to test these hypotheses, Europe-wide data collection was carried out in France, Italy, Spain, Denmark, Poland and Germany. The sample used for the analysis here comprised 3086 responses from a cross-sectional survey based on quoted sampling (age, sex, nutrition style, consumption habits) and a country split of N=500.

Respondents were selected and included in the sample if they either consumed PBDPs already or belong to a consumer group that shows interest in these types of products but are not currently actively consuming them. The sample can therefore only be considered representative to a limited extent, as non-consumers who have not yet shown interest in consuming dairy substitutes are not represented. However, the analysis of the dataset offers an opportunity to gain initial insights into differences between consumers and the section of non-consumers who are at least “interested in dairy alternatives” and their motives for (not) buying PBDPs.

It is assumed that the dietary style of the consumers influences their willingness to consume PBDPs (GEBHARDT and HADWIGER, 2020). Therefore, consumers can be assigned to different groups and a differentiation based on their dietary style can be defined as follows: omnivores include all consumers who consume meat and animal products without restrictions; flexitarians are defined as people who consume animal products, but have a heightened awareness of their consumption and therefore actively reduce it and temporarily abstain from animal products; the group of vegetarians who abstain from meat and fish, or in the case of pescetarians exclude only meat from their diet; and vegans who, in contrast to vegetarians, also abstain from all products of animal origin, including dairy products (DGE, 2013). Through the explanatory variable “dietary style”, participants’ current dietary style was assessed by self-assignment. For the econometric estimation, it was assumed that dietary style can be ordered in terms of the degree to which animal products are restricted, and that more restrictive diets promote a greater willingness to consume plant-based substitutes as there is a greater need for substitution of animal products. Accordingly, it was hypothesised that vegans are more likely to consume PBDPs at a greater frequency than flexitarians or omnivores, for example.

The data for the analysis were collected as part of the project “The V-PLACE – Enabling consumer choice in vegan or vegetarian food products”, which is funded by EIT Food, the food innovation community of the European Institute of Innovation and Technology (EIT). The survey aimed to map consumer preferences in relation to the consumption of plant-based dairy and meat substitutes.

4 Methodology

4.1 Econometric estimation strategy

The dependent variable examined in this analysis was the frequency of consumption of PBDPs per respondent within a time range of one month. In the survey on which the data are based, this variable was ordinally scaled from 1 (“never”) over 2 (“Less than once a month”), 3 (“Once a month”), 4 (“Several times a month”), 5 (“Once a week”), 6 (“Several times a week”) to 7 (“daily”) and describes therefore if the consumption habit can be stated as occasional, regular

or even habitual. In order to answer the question about which explanatory variables have an influence on this reported frequency of consumption and the extent of the factors' respective effect, an ordered probit model was used. The application of the econometric model is based on the theoretical model of expectancy-value theory, in which a consumption decision of the individual Y_i (for $i = 1, \dots, N$ individuals in the sample) is based on the prevailing attitude a towards a product. The attitude is formed from the sum of the prevailing weighted beliefs according to Eq. 1 (AJZEN and FISHBEIN, 2000). According to Eq. 1, the vector of individual beliefs, \mathbf{B} , is formed from j possible factors influencing a consumer's decision-making behaviour and opinion formation. For the empirical implementation in the econometric estimation strategy, this vector \mathbf{B} is disaggregated into more specific vectors as group factors influencing the consumption decision and consumption frequency of individual i in respective belief categories K, P, D, S, E (in the following denoted by the subscripts):

$$(2) \quad B_i = f(B_{iK} + B_{iP} + B_{iD} + B_{iS} + B_{iE})$$

These include individual experiences gained from past consumption activities, as well as prevailing opinions on health and ethical aspects, resulting in existing knowledge and processed information with regard to the product group under consideration (B_K). The evaluation of direct product characteristics (B_P), such as the price or availability of the considered products play another role in the formation of the general attitude. In addition, socio-economic and socio-demographic factors (B_S) and the beliefs accompanying their current diet (B_D) influence individual attitudes. External influences also have an impact on prevailing beliefs. These include topics that are evaluated by society and brought to the individual's attention, such as aspects of animal welfare, social justice or sustainable production processes currently being debated. Furthermore, the social environment and its attitude towards certain diets and associated consumption influence individual attitudes (B_E). Depending on how strongly the presence of individual influencing factors affects a person's beliefs, the consumption decision and thus the acceptance of the considered products are influenced in certain directions.

When modelling the influence of the individual factors, it can be assumed that there is a systematic difference between people who already consume PBDPs and potential consumers who are interested but have not yet actively decided to consume them. This difference was taken into account by an extended ordered probit (eoprobit) model, using a selection equation to characterise the group of non-consumers in order to counteract the sample selection problem and correct the bias caused by systematic differences between consumers and non-consumers (HECKMAN, 1979). The selection equation as the first part of a two-equation system is presented as follows:

$$(3) \quad Y_i = \alpha_0 + \gamma_K B_K + \gamma_P B_P + \gamma_D B_D + \gamma_S B_S + \gamma_E B_E + \eta_i$$

with $Y_i = 1$ in the decision to consume PBDPs. The ordered probit regression equation formally takes the following form:

$$(4) \quad Y_i^* = \alpha_0 + \gamma_K B_K + \gamma_P B_P + \gamma_D B_D + \gamma_S B_S + \gamma_E B_E + \eta_i \\ + \beta_K B_K + \beta_P B_P + \beta_D B_D + \beta_S B_S + \beta_E B_E + \varepsilon_i$$

The first part, $\gamma' \mathbf{B}$ with the error term η_i , represents the selection process of PBDP consumers and non-consumers. The second part, $\beta' \mathbf{B}$ with the error term ε_i , represents the explanatory process of consumers' consumption frequency of plant-based dairy substitutes. The vectors of the regressors \mathbf{B} consist of the factors influencing the consumers' belief according to Eq. 1. The dependent variable $Y_i^* = \{0, \dots, 7\}$ represents the consumption frequency for PBDPs and takes on a certain value v_i from the sum of the ordered categories $M = 1, \dots, m$ if the estimated function according to Eq. 4 takes a certain value between two threshold values (cut points c_m). The probability that a certain consumption frequency is chosen by a consumer is thus given as (CAMERON and TRIVEDI, 2009; HECKMAN, 1979):

$$(5) \quad \Pr(Y_i^* = v_i) = \Pr(c_{m-1} \leq \beta' \mathbf{B} + \gamma' \mathbf{B} + \varepsilon_i + \eta_i \leq c_m)$$

The cumulative probability distribution of a probit model is assumed to be standard normally distributed, so that the probability of the frequency of consumption taking on a certain value is distributed between 1 and 0 as follows (CAMERON and TRIVEDI, 2009; WOOLDRIDGE, 2010):

$$(6) \quad \Pr(Y_i^* = v_i) = \int_{-\infty}^{\beta' \mathbf{B} + \gamma' \mathbf{B}} \phi(z) dz = \Phi(\beta' \mathbf{B} + \gamma' \mathbf{B})$$

4.2 Marginal effects

Estimated regression coefficients from both a binary and an ordered probit model can only be interpreted to the limited extent of the direction (positive or negative) of the effect. It is not possible to interpret the magnitude of the estimated coefficient. In other words, due to the assumed cumulative normal distribution of the probability, the estimated coefficients indicate the variation of the distribution function (WOOLDRIDGE, 2010, p. 581). However, no conclusions can be drawn about the effect size. For a more detailed interpretation, the calculation of marginal effects as a measure of the variation of consumption frequency probabilities is a suitable strategy. The marginal effects indicate the change of the dependent variable due to a small – i.e. marginal – change in the respective explanatory variable. This allows an examination of the extent to which, for example, an increased weighting for the relevance of the price of a plant-based substitute product (e.g. on an ordinal scale from “not important” to “very important”) has an effect on the increase or reduction in consumption frequency and can therefore be interpreted as the weighting factor w_{ij} that weights several belief attributes according to Eq. 1. Formally, the marginal effect of an influencing factor on a multivariate variable $f(y) = f(y_1, \dots, y_M)$ takes the following form (CAMERON and TRIVEDI, 2009):

$$(7) \quad \frac{\partial \Pr(y_i=m)}{\partial x_{ri}} = \phi(x' \beta) \beta_i = \{F'(\alpha_{m-1} - x'_i \beta) - F'(\alpha_m - x'_i \beta)\} \beta_r = \frac{\partial \Pr(y_i=m)}{\partial \sum_{i=1}^n \mathbf{B}_i w_i}$$

In econometric applications, however, the term “marginal effects” is used in a variety of ways for different effect estimates. In the analysis below, the method of average marginal effects (AME) is used, which allows an investigation of average changes in consumption frequency when the observed explanatory variable changes by one unit (BARTUS, 2005). The estimation of the extended ordered probit model and the marginal effects was carried out with STATA 17 (2021) using the *eoprobit* and *margins* command.

5 Results

5.1 Descriptive Statistics

In addition to the consumption frequency used as dependent variable for the ordered probit model, a consumption dummy that indicated whether a person generally consumes PBDPs or not was the dependent variables of central interest for the selection process within the estimation. There were almost 300 non-consumers in the sample, making up 10 % of the sample.

The majority of the respondents (69.09 %) described themselves as omnivorous, whereas 21.06 % of the respondents stated that they were flexitarians. A comparison of the diets represented in the sample and their proportions with the current distribution of diets in Europe revealed that the present sample was approximately representative of the distribution in Europe 2020 (see Table 1). Here, reference is made to the results of the Veganz Nutrition Report 2020, which recorded the nutritional behaviour of the European population. Only the proportion of vegetarians and pescetarians in the sample was above the European average, whereas the proportion of flexitarians was slightly below it (VEGANZ GROUP AG, 2020).

Table 1. Comparison of the sample distribution with the current distribution of dietary styles in Europe

Dietary style	Europe (%)*	Sample (%)
Omnivore	69.1	69.09
Flexitarian	22.9	21.06
Vegetarian	2.9	4.5
Vegan	1.9	1.36
Pescetarian	2.9	3.99

Source: *VEGANZ GROUP AG, 2020, own presentation

In the sections below, the consumer profile of non-consumers is depicted in order to show the characteristics that make up the group of people who are interested but not yet consuming these products and to distinguish them from consumers already purchasing PBDPs. Furthermore, the marginal effects of individual explanatory variables on the probability of deciding to consume PBDPs and on a particular frequency of consumption will be discussed.

5.2 Exploratory factor analysis

In order to confirm the suspected endogenous sample selection problem, the correlation of the error terms of the selection equation and the main equation was examined first (CAMERON and TRIVEDI, 2009, p. 557). A significant correlation could be confirmed here (p -value = 0.016), indicating the appropriateness of the estimation method.

The dataset included two questions that explicitly targeted factors that influence consumption of PBDPs. First, respondents were asked how important various factors concerning the product, the social environment and the individual attitude were estimated to be in the decision to purchase a product in general. Second, respondents were asked for a specific evaluation of various factors as obstacles to the purchase of PBDPs. These two questions consisted of 18 and 19 individual attributes respectively. In order to avoid multicollinearity among the explanatory variables, an exploratory factor analysis was carried out for these two questions for the purposes of dimension reduction. This resulted in a reduction to three variables that summarised the most important factors influencing the purchase decision. The factor analysis clearly showed that the first factor concerns the product characteristics themselves (factor “Product characteristics”). Another factor includes topics that are debated in society, such as environmental protection, animal welfare, social ethics and sustainability aspects (health, ethics, environment = “HEE”-factor). In addition, the factor “Social norms” played a role and included the consumer’s socio-cultural embeddedness. The question concerning barriers of consumption was defined most appropriately through a two-factor solution. One factor was formed from potential barriers with respect to product characteristics (factor “Barriers with respect to product characteristics”). Here, the availability, sensory characteristics and price of the product were taken into account. The second factor included all other variables and could therefore be considered as a general obstacle factor with various social, normative and societal hurdles (factor “Barriers with respect to social environment”). Included in the factor were extended product characteristics, such as the salt content, degree of processing, concerns with respect to intolerances and nutritional content. It was therefore possible to interpret these as influencing factors that consumers perceive to be hurdles when they increasingly deal with the product properties of PBDPs taking the social environment into account. Consideration of the Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) measure showed that the factor analysis both for influencing factors and barriers had an average value of 0.93 and 0.97 respectively, underlining the suitability of the data for a factor analysis. For this reason, the eoprobit model was set up with the formed index variables of the extracted factors, with weighting by the respective factor loadings.

5.3 Results of the extended ordered probit model

Socio-demographic and socio-economic factors as well as overall consumer attitudes towards the product group had an influence on the general decision about whether to consume plant-based products or not. The results of the eoprobit model showed that the dietary style had a significant influence on the consumption decision. According to this, vegans are almost 10 % more likely and vegetarians 7 % more likely to consume PBDPs than omnivores. This percentage change represents the marginal effects of the dietary style. Due to space limitations, the effects are not reported in Table 2 along with the estimation results. With increasing age, however, consumers are less likely to consume PBDPs. Therefore, the current consumer group of plant-based dairy substitutes can be described as young. In the age group of 20-year-old respondents, the likelihood of consumption was 6 % greater than among 60-year-olds. However, if PBDPs are already consumed, age no longer had a significant influence on the frequency of consumption. It can therefore be assumed that once people have made the decision to buy PBDPs, age has no effect on whether use is regular or occasional. On the overall decision whether to consume PBDPs or not gender has no effect but the results show that women decide to use PBDPs less frequently compared to other genders. This result deviates from existing research papers, which report that female consumers in particular are more likely to pursue a vegan or vegetarian lifestyle and are also more likely to purchase PBDPs (HAAS et al., 2019; JANSSEN et al., 2016).

Children living in the household also have a positive effect on the consumption decision in favour of PBDPs (see Table 2, upper part). It can therefore be assumed that young families with children in particular are increasingly replacing animal dairy products with plant-based alternatives. The level of education, however, had no significant effect on the general consumption decision, but did have an influence on the frequency of consumption in the group of people who already consume (see Table 2, bottom row: level of education). Here, a positive correlation between a higher level of education and the frequency of consumption is shown. The highest marginal effect of the educational level concerned the probability of weekly use. Here, a doctoral degree increases the probability of consumption by 4 % compared with people who have no degree or no qualifications beyond high school or middle school.

Perceived product characteristics also influenced decision-making behaviour with regard to PBDPs. Consumers who have higher demands on the product characteristics of plant-based dairy alternatives, i.e. want a greater variety, a higher nutrient content and an improved eating experience, were more critical of the consumption decision and less likely to consume these products on a higher frequency. Considering e.g. sensory characteristics of PBDPs it is assumed that consumers choose the relevance as determinants of non-consumption based on existing prejudice and decision frames that formed specific beliefs. Therefore, they haven't experienced e.g. the taste directly but rather have pre-existing negative beliefs due to biased media or social environment, and this may bias their perception with regard to the consumption of PBDPs as well. Product characteristics (influencing factor "Product characteristics") also played a role for consumers that actively use PBDPs, but to a differing extent than for non-consumers. Therefore, hypothesis H1 is not rejected, as differences in the influence on decision-making behaviour can be seen here, as identified already in relation to consumers' level of education. The more important these product attributes are to consumers, the greater the probability to consume PBDPs several times a week or even daily (of 2.5 and 3 %). However, if consumers see the attributes that make up the product characteristics of plant-based dairy products as an obstacle or challenge to (increased) consumption, the frequency of consumption is also reduced (see Table 2, negative sign coefficient "Barriers with respect to product characteristics"). This result is similar to the results of the Veganz Nutrition Report, which points to an increased desire

among consumers to have a wider selection of plant-based dairy product alternatives (VEGANZ GROUP AG, 2020).

Table 2. Results of the extended ordered probit model

Variable	Belief attributes	Coefficient (significance level)
Independent variables		Dep. variable: Consumption of PBDPs yes/no
Dietary style	B _D	0.234(***)
Age	B _S	-0.010(***)
Gender = female	B _S	-0.186(*)
Active information gathering	B _K	0.912(***)
Wish for better taste of PBDPs	B _P	-5.404(***)
Wish for a better mouthfeel of PBDPs	B _P	-5.493(***)
Wish for higher nutrient content PBDPs	B _P	-0.519(*)
Wish for greater variety of PBDPs	B _P	-0.803(***)
Household with children	B _S	0.109(*)
Level of education	B _S	0.020
Wish for uniqueness of a product	B _P	0.299(*)
Wish for information on the origin of a product	B _K	-0.155
Wish for environmentally friendly product	B _E	-0.178
Satisfaction of taste preferences	B _P	-0.223(**)
Germany	B _S	-0.029
Spain	B _S	0.061
Poland	B _S	0.053
Denmark	B _S	-0.237
Constant	B _S	12.523
Independent variables		Dep. variable: Consumption frequency of PBDPs
Consumption plant-based meat products	B _D	0.240(***)
Price of a product	B _P	-0.07(*)
Influencing factor "Social norms"	B _E	0.065 (p-value = 0.052)
Influencing factor "Product characteristics"	B _P	0.174(**)
Influencing factor "HEE"*	B _E	0.089(*)
Barriers with respect to product characteristics	B _P	-0.165(***)
Barriers with respect to social environment	B _E	0.030
Active information gathering	B _K	0.134(*)
Shopping in organic supermarkets	B _S	0.116(*)
Age	B _S	-0.002
Level of education	B _S	0.035(**)
Germany	B _S	-0.430
Spain	B _S	-0.280
Poland	B _S	-0.317
Denmark	B _S	-0.394
Italy	B _S	-0.309
Correlation of errors		-0.245(**)
Significance levels: * p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001		

Source: Own estimation results. *HEE factor = Health, ethics, environment factor.

If it is important to consumers that the product they buy has been produced in accordance with environmental standards, they are more likely to refrain from consuming PBDPs. This could be related to a prevailing negative attitude towards soy cultivation, as dairy product substitutes are

often associated with substitution by soy (SCHYVER and SMITH, 2005; ALLEN et al., 2018). Another statistically significant influence on consumption frequency is the regular consumption of plant-based meat products, which has a marginal effect to increase the probability for a weekly consumption of plant-based dairy products by almost 35 %. This confirms that people who generally opt for alternatives to animal derived products increase their consumption of substitute products and try to implement this in as much of their diet as possible. This suggests that consumers who are generally open-minded about plant-based substitute products are increasingly turning to substitute products in several food groups as meat and dairy products in our case. However, the more important the price of a product is to active consumers of PBDPs, the less frequently they choose it.

The index variables formed from the factor analysis on influential aspects in product choice were statistically significant in each case. The variable “Social norms” was only weakly significant, with a p-value of 0.052. Characteristics concerning the product quality and exogenous influences, such as animal welfare or sustainability (“HEE”-factor), however, had a significant positive effect on the frequency of consumption. It can therefore be concluded that PBDPs are seen as sustainable and compatible with animal welfare aspects and social justice, and that it is worthwhile emphasising these product characteristics in advertising messages. In addition, health concerns have an impact on consumption decisions. Therefore, H2 cannot be rejected. People who actively seek out information on plant-based substitute products, i.e. search for information on this product group and thus actively try to close knowledge gaps, are also more likely to consume PBDPs. Thus, hypothesis 3 is not rejected. The lack of consumption so far can therefore be explained, at least in part, by a lack of knowledge about plant-based dairy alternatives e.g. concerning product characteristics or health and environmental benefits. If consumers actively obtain information due to curiosity or overall increased interest, the probability of consuming PBDPs increases by 12 %. Active information procurement also has an influence on increasing the consumption frequency of people who already consume.

Taking differences between the observed countries into account, dummy variables were included. Taking France as a reference country, the results showed that the consumer’s home country has no effect on consumption habits. Strategies to promote sustainable nutrition can therefore be transferred from national to supranational levels.

6 Discussion and Conclusions

In summary, it can be deduced from the results that both the decision whether or not to buy PBDPs and consumers’ consumption frequency of PBDPs are subject to a variety of potential influencing factors, i.e. beliefs that determine the attitude and reservations of consumers who are at the margin between non-consumption and consumption of PBDPs. One factor that positively influences both the decision to consume and the consumption frequency of those who already consume is active information gathering. This effect highlights that when consumers are engaged with the topic of nutrition and show a willingness to explore the potential advantages and disadvantages of different diets and product innovations, they are less biased about plant-based alternative products, have fewer reservations, and are willing to reconsider existing beliefs and adjust their attitudes. Therefore, it is necessary to raise awareness of hesitant and reluctant consumers about the benefits of PBDPs and adjust existing attitudes to the products if the goal of policy makers is to change the European food system.

Increasing the availability of tailored information on plant-based dairy substitutes is therefore an important factor in attracting new customers and retaining existing ones. There also seems to be uncertainty among some non-consumers about the environmental compatibility and nutritional composition of such products. This shows that potential consumers are deterred from

purchasing the products if the nutritional composition of products plays a role in their purchase decision and if the ecological footprint is unknown.

The consumer group of previously uninterested consumers is absent from the present sample because the intention was to focus on consumers who are relatively ‘close’ to the marginal decision of whether or not to consume these products. However, the country specific effects have only been taken into account as Dummy variables, so that a more precise investigation of potential heterogeneity across countries would have to be left to future research. The same holds for an analysis of the group of consumers who are not at all interested in PBDPs.

Literature

- AJZEN, I. and M. FISHBEIN (2000): Attitudes and the Attitude-Behavior Relation: Reasoned and Automatic Processes. In: *European Review of Social Psychology* 11 (1): 1–33.
- ALLEN, S., E. GODDARD and A. FARMER (2018): How knowledge, attitudes, and beliefs impact dairy anti-consumption. In: *British Food Journal* 120 (10): 2304–2316.
- ATKINSON, J. W. (1957): Motivational determinants of risk-taking behavior. In: *Psychological review* 64, Part 1 (6): 359–372.
- BARTUS, T. (2005): Estimation of marginal effects using `margins`. In: *Stata Journal* 5 (3): 309–329(21).
- BMEL (2021a): Deutschland, wie es isst. Der BMEL-Ernährungsreport 2021. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft.
- BMEL (2021b): Konzept zur Förderung einer nachhaltigen Ernährung. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. In: <https://www.bmel.de/DE/themen/ernaehrung/nachhaltiger-konsum/konzept-nachhaltige-ernaehrung.html>. Latest access: 17.2.2022.
- CAMERON, A. C. and P. K. TRIVEDI (2009): *Microeconometrics Using Stata*. Stata Press.
- DEAN, M., K. G. GRUNERT, M. M. RAATS, N. A. NIELSEN and M. LUMBERS (2008): The impact of personal resources and their goal relevance on satisfaction with food-related life among the elderly. In: *Appetite* 50 (2): 308–315.
- DGE (2013): Deutsche Gesellschaft für Ernährung: Flexitarier - die flexiblen Vegetarier. Deutsche Gesellschaft für Ernährung, DGEinfo. In: <https://www.dge.de/wissenschaft/weitere-publikationen/fachinformationen/flexitarier-die-flexiblen-vegetarier/>. Latest access: 27.1.2022.
- ECCLES, J. S. and A. WIGFIELD (2002): Motivational Beliefs, Values, and Goals. In: *Annual Review of Psychology* 53 (1): 109–132.
- GEBHARDT, B. and K. HADWIGER (2020): Plant-based foods for future: Results of consumer and professional expert interviews in five European countries, EIT-Food Project "The V-Place". Agricultural Economics Working Paper. No. 29, Institute of Agricultural Policy and Markets, University of Hohenheim, Stuttgart.
- GRUNERT, K. G., S. HIEKE and WILLS JOSEPHINE (2014): Sustainability labels on food products: Consumer motivation, understanding and use. In: *Food Policy* 44: 177–189.
- HAAS, R., A. SCHNEPPS, A. PICHLER and O. MEIXNER (2019): Cow Milk versus Plant-Based Milk Substitutes: A Comparison of Product Image and Motivational Structure of Consumption. In: *Sustainability* 11 (18).
- HECKMAN, J. J. (1979): Sample Selection Bias as a Specification Error. In: *Econometrica* 47 (1): 153–161.
- JANSSEN, M., C. BUSCH, M. RÖDIGER and U. HAMM (2016): Motives of consumers following a vegan diet and their attitudes towards animal agriculture. In: *Appetite* 105: 643–651.

- JESKE, S., E. ZANNINI and E. K. ARENDT (2018): Past, present and future: The strength of plant-based dairy substitutes based on gluten-free raw materials. In: *Food Research International* 110: 42–51.
- KEMPEN, E., J. KASAMBALA, L. CHRISTIE, E. SYMINGTON, L. JOOSTE and T. VAN EEDEN (2017): Expectancy-value theory contributes to understanding consumer attitudes towards cow's milk alternatives and variants. In: *International Journal of Consumer Studies* 41 (3): 245–252.
- KONTTINEN, H., O. HALMESVAARA, M. FOGELHOLM, H. SAARIJÄRVI, J. NEVALAINEN and M. ERKKOLA (2021): Sociodemographic differences in motives for food selection: results from the LoCard cross-sectional survey. In: *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 18 (1): 71.
- SCHYVER, T. and C. SMITH (2005): Reported Attitudes and Beliefs toward Soy Food Consumption of Soy Consumers versus Nonconsumers in Natural Foods or Mainstream Grocery Stores. In: *Journal of Nutrition Education and Behavior* 37 (6): 292–299.
- SMART PROTEIN PROJECT (2020): Plant-based foods in Europe: How big is the market? Smart Protein Plant-based Food Sector Report by Smart Protein Project. European Union's Horizon 2020 research and innovation programme. Smart Protein.
- STATA 17 (2021): Stata Statistical Software. Release 17. StataCorp, College Station, TX.
- VEGANZ GROUP AG (2020): Vengaz Ernährungsreport 2020. Veganz Group AG.
- VERPLANKEN, B. and H. AARTS (1999): Habit, Attitude, and Planned Behaviour: Is Habit an Empty Construct or an Interesting Case of Goal-directed Automaticity? In: *European Review of Social Psychology* 10 (1): 101–134.
- WBAE (2020): Politik für eine nachhaltigere Ernährung. Eine integrierte Ernährungspolitik entwickeln und faire Ernährungsumgebungen gestalten. Gutachten. Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Berlin.
- WIGFIELD, A. (1994): Expectancy-value theory of achievement motivation: A developmental perspective. In: *Educational Psychology Review* 6 (1): 49–78.
- WOOLDRIDGE, J. M. (2010): *Econometric analysis of cross section and panel data*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England.

SOZIALE ASPEKTE DER NACHHALTIGKEIT DER LANDWIRTSCHAFT

KOMMUNIKATION ZU BIO-LEBENSMITTELN: WELCHE INSTRUMENTE UND BOTSCHAFTEN STÄRKEN VERBRAUCHERVERTRAUEN?

Nina di Guida¹, Christin Schipmann-Schwarze, Inken Christoph-Schulz

Zusammenfassung

Vertrauen hat einen entscheidenden Einfluss auf die Kaufentscheidung für oder gegen Bio-Lebensmittel. Für die Bildung von Vertrauen sind Informationen, die Verbraucher:innen von Seiten der Bio-Branche und des Handels bereitgestellt werden, relevant. Um zu identifizieren, welche Informationen für Verbraucher:innen wichtig sind und wie diese und weitere vertrauensbildenden Maßnahmen wahrgenommen werden, wurden Gruppendiskussionen mit Verbraucher:innen durchgeführt. Die bereits vom Handel eingesetzten Maßnahmen wurden durch Experteninterviews eruiert. Es zeigt sich, dass die Maßnahmen je nach Vermarktungsweg auf unterschiedlichen Ebenen angesiedelt und Verbraucher:innen ferner an weiteren Maßnahmen interessiert sind. Als besonders geeignet zeigte sich die vermehrte Verwendung von QR-Codes. Dieses Potential ist vom Handel aber noch nicht vollends ausgeschöpft.

Keywords

Vertrauen, Bio-Lebensmittel, Gruppendiskussionen, Experteninterviews

1 Einleitung

Der ökologische Landbau gilt als besonders ressourcenschonend, umweltverträglich und nachhaltig (SANDERS und HEB, 2019). Er zeichnet sich gegenüber der konventionellen Landwirtschaft durch zahlreiche Vorteile, wie seinen positiven Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit (z. B. SANDERS und HEB 2019) und auch seinen Beitrag zu einer erhöhten Resilienz der landwirtschaftlichen Produktion aus.

Die Bundesregierung hat es sich zum Ziel gesetzt, den Anteil ökologisch bewirtschafteter landwirtschaftlicher Fläche bis zum Jahr 2030 auf 30 % zu erhöhen (SPD, BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN, FDP, 2021). Doch ein größeres Angebot an ökologisch erzeugten Lebensmitteln muss auch mit einer erhöhten Kaufbereitschaft der Verbraucher:innen einhergehen. Verschiedene Studien zeigen, dass Vertrauen einen wesentlichen Einfluss auf die Kaufentscheidung für Bio-Lebensmittel hat (z. B. BONN et al., 2016; DI GUIDA et al., 2021).

Oftmals äußern Verbraucher:innen ein geringes bis kein Vertrauen in Bio-Lebensmittel. Dies lässt sich u. a. auf die asymmetrische Informationsverteilung und damit verbunden auf den Informations- und Wissensmangel der Verbraucher:innen zurückführen (FALTINS, 2010; DI GUIDA et al., 2021). FALTINS (2010) stellt fest, dass Vertrauen durch Informationen aufgebaut werden kann. Heutzutage sind Informationen insbesondere durch das Internet und die weite Verbreitung von Smartphones nahezu immer und zu jeder Zeit verfügbar und werden von unterschiedlichen Akteur:innen bereits in vielfältiger Weise bereitgestellt. Insofern stellt sich in Hinblick auf das Informationsdefizit der Verbraucher:innen die Frage, ob bisherige Informationen anders aufbereitet zur Verfügung gestellt und Verbraucher:innen besser auf entsprechende Informationsmöglichkeiten aufmerksam gemacht werden müssen. Berücksichtigt werden muss zudem, dass eine schiere Steigerung des Informationsangebotes nicht zielführend ist, da sie letztlich zu einer Informationsüberflutung führen würde, die wiederum zu einer mangelnden Transparenz führt (FALTINS, 2010). Daher nimmt die Art und

¹ Thünen-Institut für Marktanalyse, Bundesallee 63, 38116 Braunschweig, nina.diguida@thuenen.de

Weise der Informationsgestaltung und der Kommunikation der Biobranche mit Verbraucher:innen einen hohen Stellenwert ein. Wichtige Elemente in der Verbraucherkommunikation sind Informationen über die Produktherkunft sowie die transparente Darstellung von Produktionsprozessen. KIRAN (2013) konstatiert, dass Rückverfolgungstechnologien Transparenz zwischen Erzeuger:innen und Konsument:innen ermöglichen und damit auch Vertrauen schaffen können. Zur Rückverfolgbarkeit von Produkten eignen sich onlinebasierte Kommunikationsinstrumente, wie QR-Codes oder soziale Medien (z. B. FURTSCHEGGER, 2015). Eine 2020 veröffentlichte Studie zeigt, dass 76 % der Befragten QR-Codes scannen, um weiterführende Produktinformationen zu erhalten – 41 % mindestens einmal monatlich (APPINIO, 2020). Da Einkaufsstätten ein klassischer Ort sind, um sich über (Bio-)Produkte zu informieren, kommt dem Handel eine besondere Bedeutung in der Verbraucherkommunikation zu. Um zu eruieren, inwiefern die im Handel bereits umgesetzten Kommunikationsinstrumente den Informationsbedarfen der Verbraucher:innen entsprechen und welche Rolle diese bei der Vertrauensbildung in Bio-Lebensmittel spielen, werden folgende Forschungsfragen beantwortet:

FF1: Welche Maßnahmen zur Informationsvermittlung unternimmt der Handel bereits und wie wichtig schätzt er diese für die Vertrauensbildung ein?

FF2: Wie nehmen Verbraucher:innen bestimmte Maßnahmen zur Schaffung von Transparenz und Vertrauen wahr und wie bewerten sie diese?

Im Folgenden wird das Thema in einem Hintergrundkapitels weiter in den Kontext eingebettet. Anschließend erfolgen die Beschreibung der Methoden und die Darstellung der Ergebnisse. Abgeschlossen wird der Beitrag mit einer Diskussion der Ergebnisse sowie dem Fazit, in dem Empfehlungen für die Kommunikation mit Verbraucher:innen gegeben werden.

2 Hintergrund

Bio-Lebensmittel zeichnen sich durch Vertrauenseigenschaften aus (DARBY und KARNI, 1973; EBERLE et al., 2011), die Verbraucher:innen nicht überprüfen können. Daher kommt der Herkunft der Lebensmittel und damit einhergehend auch dem Vertrauen in die Erzeuger:innen und Produzent:innen eine besondere Bedeutung zu (AYYUB et al., 2018).

Die Bio-Qualität eines Lebensmittels wird für Verbraucher:innen immer durch das EU-Bio-Logo ersichtlich. Bio-Siegel sollen allerdings nicht nur kommunizieren, dass es sich um ein ökologisch erzeugtes Lebensmittel handelt, sondern auch Transparenz über die Produktionsverfahren herstellen (SANDER et al., 2016). Studien zeigen jedoch, dass es aus Sicht der Verbraucher:innen nicht nur zu viele Siegel gibt, sondern auch ihre Bedeutung häufig unklar ist (EBERLE et al., 2011; ZANDER et al., 2015). Dies führt zu Zweifeln bezüglich der Vertrauenswürdigkeit von Siegeln – insbesondere des EU-Bio-Logos (z. B. BUXEL, 2018) – und unterstreicht die Notwendigkeit, über die Siegel hinaus relevante Informationen über geeignete Kommunikationswege zu vermitteln, die Transparenz schaffen und die Vertrauensbildung unterstützen.

Um die für Verbraucher:innen wichtigen Inhalte darzustellen, müssen auch die Kaufgründe und -hemmnisse betrachtet werden. Gründe für den Kauf von Bio-Lebensmitteln sind bspw. eine artgerechte Tierhaltung oder faire Bedingungen bei Produktion und Handel (ZANDER et al., 2018, BMEL, 2022), wohingegen ein höherer Preis, aber auch mangelndes Wissen und Zweifel an der Kennzeichnung bzw. Zertifizierung Kaufbarrieren sind (KUSHWAH et al., 2019). Ein erhöhter Kommunikationsbedarf ist auch durch die veränderten Vermarktungsstrukturen für Bio-Lebensmittel bedingt. Stellten Bio-Lebensmittel zunächst Nischenprodukte dar (BÖLW, 2012), sind sie mittlerweile überall im Einzelhandel erhältlich und werden am häufigsten in Supermärkten und Discountern gekauft (BMEL, 2022). Durch die Diversifizierung der Vermarktungswege besteht allerdings die Gefahr des Vertrauensverlustes, weil die Distanz zwischen der Herkunft eines Produktes und dem Verkaufsort als auch zwischen den

Produzent:innen/Verkäufer:innen und den Verbraucher:innen größer wird. In Hinblick auf das Vertrauen zeigt sich, dass dem Lebensmitteleinzelhandel grundsätzlich zwar ein hohes Vertrauen entgegengebracht wird (PROFETA und CICEK, 2021); vielmehr wird jedoch bekannten Erzeuger:innen und Händler:innen vertraut (DI GUIDA et al., 2021). Mit diesen können Verbraucher:innen direkt in Kontakt treten, ihnen Fragen stellen und gewissermaßen Einblick in deren Lebensmittelerzeugung bekommen.

Vertrauen hat eine komplexitätsreduzierende Funktion (LUHMANN, 2014) und tritt auf verschiedenen Ebenen auf. Relevant sind hier das personale Vertrauen, welches sich auf eine/n konkrete/n Interaktionspartner:in bezieht sowie das systemische Vertrauen, welches eine Person in Organisationen und Institutionen erlebt. Zwischen beiden besteht ein Zusammenhang, da Organisationen/Institutionen in der Regel durch Personen repräsentiert werden. Systemisches Vertrauen entwickelt sich langsamer und ist weniger intensiv als personales (SCHWEER, 2003). Personales Vertrauen findet sich z. B. im direkten Kontakt mit Erzeuger:innen, systemisches im allgemeinen Lebensmitteleinzelhandel.

3 Methode

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurden Gruppendiskussionen mit Verbraucher:innen und Experteninterviews im Einzelhandel durchgeführt. Um regionale und produktspezifische Besonderheiten sowie strukturelle Unterschiede im Lebensmitteleinzelhandel zu berücksichtigen, wurden die Untersuchungen in einem großstädtischen, landwirtschaftsfernen Ballungszentrum (Duisburg und Umgebung) und einer mittelgroßen Stadt im eher ländlich geprägten Raum mit bioaffinen Verbraucher:innen (Göttingen) mit einem Fokus auf den Produktgruppen Fleischwaren bzw. Obst und Gemüse durchgeführt.

3.1 Interviews mit dem Handel

Um die Sicht des Einzelhandels auf die Bedeutung von Transparenz und vertrauensschaffenden Informationsmaßnahmen zu erfassen, wurden im Februar und März 2020 face-to-face-Experteninterviews durchgeführt. Dafür wurde ein Gesprächsleitfaden entwickelt, der die oben genannten Themenfelder beinhaltet und gezielt die Möglichkeiten von sozialen Medien und QR-Codes zur Informationsvermittlung und Vertrauensschaffung aufgegriffen hat und vom Hof- über den Bioladen bis zum (Bio-)Supermarkt verschiedene Einzelhandelsformate einbezog. Die Interviews wurden mit den für Vermarktung zuständigen Personen im Unternehmen durchgeführt. Tabelle 1 zeigt die Verteilung der Interviews. Die Interviews wurden aufgenommen und anschließend transkribiert und mittels qualitativer Datenanalyse ausgewertet.

Tabelle 1. Anzahl der Experteninterviews pro Einkaufsstätte und Ort

Einkaufsstätte Ort	Göttingen	Duisburger Raum	Überregional
	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Wochenmarkt	1	2	0
Ökometzger	1	1	0
Bioladen	2	1	0
Biosupermarkt	1	2	1
Konventioneller Supermarkt	0	0	2
Hofladen	1	0	0

Quelle: Eigene Erhebung

3.2 Gruppendiskussionen mit Verbraucher:innen

Im Februar 2021 wurden zehn leitfadengestützte Gruppendiskussionen² mit je sechs Diskutant:innen durchgeführt, davon fünf mit Teilnehmer:innen aus Duisburg und fünf mit Teilnehmer:innen aus Göttingen. Da sich die Aussagen der Teilnehmer:innen der verschiedenen Gruppen stark ähneln, kann davon ausgegangen werden, dass eine theoretische Sättigung erreicht wurde und zusätzliche Gruppen zu keinen weiteren wesentlich neuen Ergebnissen geführt hätten (vgl. GLASER und STRAUSS, 1967). Die Diskutant:innen wurden durch ein Marktforschungsunternehmen rekrutiert, welches die Erfüllung bestimmter Quoten bezüglich soziodemografischer Merkmale sowie sich aus dem Forschungsgegenstand ergebenden Anforderungen sicherstellen sollte: Bei je einem Drittel der Teilnehmer:innen sollte es sich um Intensiv-, Gelegenheits- und Nicht-Bio-Käufer:innen handeln. Die Gruppendiskussionen fanden aufgrund der Covid-19-Pandemie im Onlineformat statt. Bei der Erarbeitung des Gruppendiskussionsleitfadens wurden die Ergebnisse von im Vorfeld durchgeführten Interviews mit Verbraucher:innen sowie Ergebnisse aus der Befragung des Bioeinzelhandels berücksichtigt und basierend auf diesen der Leitfaden konzipiert. Dieser wurde vorab mithilfe von zwei Pretests getestet.

Die durchschnittlich 90-minütigen Diskussionen wurden mittels Audio- und Videoaufnahmen aufgezeichnet, anschließend transkribiert und mittels qualitativer Inhaltsanalyse unter Zuhilfenahme der Software MAXQDA ausgewertet. Dafür wurde ein deduktiv-induktives Kategoriensystem erstellt und die Aussagen der Teilnehmer:innen in dieses eingeordnet.

Thematisiert wurden u. a. die Bereiche Wahrnehmung von Bio-Lebensmitteln, Kaufkriterien, Vorwissen der Teilnehmer:innen sowie vertrauenssteigernde und vertrauensmindernde Aspekte. Ferner wurde diskutiert, welche Informationen über Bio-Lebensmittel für Verbraucher:innen relevant sind.

Der letzte Part der Diskussionen variierte: In fünf Gruppendiskussionen wurden Maßnahmen zur Schaffung von Vertrauen und Transparenz diskutiert. Für den Bereich Bio-Obst/-Gemüse dienten als Beispiel Äpfel, als heimisches Obst mit hohem Bekanntheitsgrad. Den Diskutant:innen wurden dafür sechs Fotos von Äpfeln gezeigt, in deren Mitte sich je eine selbstgestaltete Schiefertafel mit jeweils einer unterschiedlichen Fülle an Informationen befand. Alle Tafeln enthielten die Angaben „Bio-Äpfel“, „Klasse 2“ und „2,99 €/kg“. Außerdem wurde die Herkunft der Äpfel mit entweder Deutschland, Neuseeland, regional oder dem Bundesland, in dem die Gruppendiskussion stattfand, genannt. Auf einigen Tafeln wurden einzeln oder kombiniert als zusätzliche Informationen „EU-Bio“ für das Siegel, der Name des Landwirts und im Fall von importierten Äpfeln der Hinweis auf die Transportart notiert. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen Beispiele der Tafeln.

Abb. 1. Äpfel 1



Abb. 2. Äpfel 2



² Zu Gruppendiskussionen vgl. z. B. LAMNEK, 2010.

Für den Bereich Bio-Fleisch/-Wurst wurden selbstgestaltete Produktverpackungen mit unterschiedlicher Fülle und Tiefe an Informationen und Informationsmöglichkeiten gezeigt. Es sollte einerseits die Wirkung persönlich gestalteter Verpackungen mithilfe eines Bildes einer Landwirtin sowie einer Aussage von ihr und andererseits die Wahrnehmung von Möglichkeiten der weiteren, eigenständigen Informationseinholung durch QR-Codes und soziale Medien getestet werden. Diese Kommunikationsmittel wurden verwendet, da diese auch bereits in der Praxis genutzt werden.

Als Beispiel diente Bio-Salami, da von einem hohen Bekanntheitsgrad dieser Wurstsorte ausgegangen wurde. In einem ersten Schritt wurden zwei Verpackungen gezeigt. Die erste enthielt keine vertrauensbildenden Maßnahmen (Abb. 3), die zweite wurde ergänzt durch ein Foto einer Landwirtin, ihren Namen sowie einer persönlichen Aussage von ihr (Abb. 4). In einem zweiten Schritt wurden zwei modifizierte Verpackungen gezeigt (s. Abb. 5 und 6): Auf einer Verpackung wurde ein aufgedruckter QR-Code (Abb. 5), auf der anderen ein Aufdruck unterschiedlicher sozialer Medien (Facebook, Instagram, Twitter und YouTube; Abb. 6) ergänzt. Bei beiden befand sich darüber der Hinweis „Weitere Infos finden Sie hier“.

Abb. 3. Salami 1

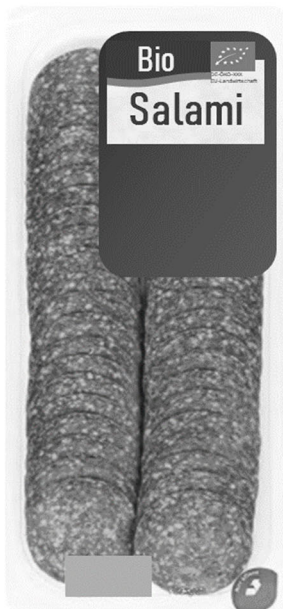


Abb. 4. Salami 2



Abb. 5. Salami 3



Abb. 6. Salami 4



Die Diskutant:innen wurden gebeten, die Informationen zu bewerten und zu äußern, wann es zu viele oder zu wenige Informationen sind, welche Informationen für sie relevant sind, welche Verpackung bzw. welche Tafel und welche Kommunikationsmittel sie bevorzugen (s. Abschnitt 4.2).

In den anderen fünf Gruppen wurden sprachliche Aspekte in Hinblick auf die Auswirkungen auf das Vertrauen diskutiert. Diese sind nicht Bestandteil dieses Beitrags.

4 Ergebnisse

4.1 Sicht des Handels

Die besuchten Einkaufsstätten lassen sich in zwei Gruppen aufteilen. Die erste Gruppe bilden die Hof- und Bioläden, Wochenmärkte und Biometzger. Charakteristisch für diese Gruppe ist, dass sie inhabergeführte Unternehmen mit wenigen Mitarbeiter:innen, sehr direktem Kundenkontakt und vielen Produkten mit kurzen Wertschöpfungsketten sind. Der letzte Aspekt

variiert bei Bioläden allerdings je nach Ausrichtung des Ladens. Bei größeren Bioläden mit einem großen Sortiment an Trockenwaren und Fleisch und Käse aus überregionaler Produktion trifft er nur noch bedingt zu. Im Folgenden wird die Gruppe als Direktvermarkter und Bioläden bezeichnet. Die zweite Gruppe sind die konventionellen Supermärkte und Biosupermärkte. Sie sind nicht inhabergeführt und durch eine bestimmte Mindestgröße einhergehend mit einem Vollsortiment und einer hohen Produktvielfalt mit zum Teil langen Wertschöpfungsketten sowie einer höheren Anzahl an Mitarbeiter:innen gekennzeichnet. Der direkte Kundenkontakt ist nur eingeschränkt möglich. Es gibt allerdings inhabergeführte Biosupermärkte, die an der Schwelle zwischen Bioläden und Biosupermarkt stehen und Charakteristika beider Formen aufweisen.

Kommunikationsinhalte

Aus den Interviews ist hervorgegangen, dass insbesondere Informationen zum Herkunftsland, zur Regionalität und zum Anbauverband für Verbraucher:innen wichtig sind. Zum Teil werden auch Informationen zu den Erzeuger:innen nachgefragt. Diese können vorrangig in der Gruppe der Direktvermarkter und Bioläden gegeben werden. In der Direktvermarktung spielt auch noch die Ausweisung der eigenen Ernte eine Rolle sowie Informationen über den eigenen landwirtschaftlichen Betrieb bzw. die Gärtnerei.

Kommunikationsmittel

Über beide Gruppen hinweg werden relevante Informationen im Obst- und Gemüsebereich vor allem über Schilder an der jeweiligen Obst- bzw. Gemüsecharge bzw. wo möglich über die Verpackung vermittelt. In der Gruppe der Direktvermarkter und Bioläden werden darüber hinaus Fotos vom eigenen Hof, aber auch von zuliefernden Betrieben genutzt, um Produktionsbedingungen und die Menschen hinter den Produkten darzustellen. Diese Offenheit wird zum Teil durch das Angebot persönlicher Hofführungen oder Betriebsbesuche untermauert. Außerdem herrscht in dieser Gruppe Einigkeit, dass das persönliche Kundengespräch das wichtigste Kommunikationsmittel ist im Vergleich zu Etiketten und Schildern. Grundsätzlich wird die Suche nach Informationen von dieser Gruppe als nicht besonders hoch eingeschätzt, was auf den hohen Anteil an Stammkund:innen zurückzuführen sein kann, die die Produkte bereits kennen.

(Bio-)Supermärkte müssen aufgrund ihrer größeren Produktvielfalt sowie der höheren Anzahl und Fluktuation an Mitarbeiter:innen Kommunikationswege außerhalb des persönlichen Kundenkontakts finden. Hier nennen die Interviewpartner:innen eine gut gepflegte Homepage, einen Kundenservice, der per Mail und Telefon erreichbar ist, E-Mail-Verteiler sowie gedruckte Informationen in eigenen Magazinen oder den wöchentlichen Werbeprospekten. Darüber hinaus werden Maßnahmen umgesetzt, die zu einer persönlichen Bindung an die (Eigen-)Marke führen sollen (bspw. Nutzung von sozialen Medien wie Instagram) und/oder das Produkt persönlicher erscheinen lassen sollen (bspw. durch den Aufdruck eines Fotos des Landwirts/der Landwirtin).

Bei Fleischwaren wird im Selbstbedienungsbereich über alle Vermarktungswege hinweg über Etiketten auf der Verpackung kommuniziert. Selbst wenn Erzeuger:innen bekannt sind oder besondere Produkteigenschaften vorliegen, wie bspw. Fleischwaren von bedrohten Nutztierassen, wird dies nicht zusätzlich schriftlich kommuniziert. Ökometzger und andere Direktvermarkter setzen auch hier auf das persönliche Gespräch und die Information von Kund:innen mit entsprechendem Interesse. Supermärkte haben zumindest an der Bedientheke, sofern diese vorhanden ist, die Möglichkeit der direkten Kundenkommunikation. Darüber hinaus werden die oben beschriebenen Kommunikationswege genutzt.

Ein bisher in allen Vermarktungswegen nicht sehr verbreitetes Kommunikationsmittel sind QR-Codes. Ihnen wird von fast allen Interviewpartner:innen auch nur ein geringes Potential

zugesprochen, da Verbraucher:innen Kaufentscheidungen innerhalb weniger Sekunden fällen und während des Einkaufs nicht auf die QR-Codes zurückgreifen würden. Darüber hinaus wäre die Gestaltung der dahinterliegenden Homepages aufwändig und es sei unklar, zu welchen Informationen ein QR-Code führen sollte. Laut der Interviewpartner:innen würden Verbraucher:innen eher Möglichkeiten nutzen, die ihnen bereits gut bekannt sind (bspw. Homepages, wöchentliche Werbeprospekte) und die Bereitschaft, aktiv nach Informationen zu suchen und sich mit ihnen auseinanderzusetzen, wäre eher gering.

4.2 Wahrnehmung und Bewertung der vertrauenssteigernden Maßnahmen

Schiefertafeln

Die größte Übereinstimmung gab es bei der Präferenz für die Angabe „regional“. Dabei muss der Begriff aber laut der Teilnehmer:innen definiert sein und erklärt werden, was „regional“ bedeutet. Den Teilnehmer:innen ist es zudem wichtig, dass ein als regional deklariertes Lebensmittel auch tatsächlich aus ihrer Region oder näheren Umgebung stammt. Dies liegt zum einen an den positiven Umweltauswirkungen kurzer Transportwege, zum anderen an der Rückverfolgbarkeit.

Teilweise wurde auch die Angabe „Deutschland“ oder auch die des konkreten Erzeugers bevorzugt. Letztere wurde allerdings sehr divers bewertet und stellt zwar für einige der Diskutant:innen eine Informationsüberflutung dar, wurde aber von anderen auch als positiv und vertrauensstiftend bewertet: „Dass die genau den Landwirt [...] angeben, würde mir mehr Vertrauen schenken“ (GD 4, f), denn „das heißt, den könnte ich im Zweifelsfall sogar nachgoogeln“ (GD 2, m). Aus Sicht der Diskutant:innen besteht darüber hinaus – zumindest theoretisch – die Möglichkeit, diesen aufzusuchen und persönlich mit ihm zu sprechen, um z. B. danach zu fragen, wie die Lebensmittel produziert werden, sich dies ggf. selbst anzusehen und so Vertrauen aufzubauen.

Die Tafeln mit den Bio-Äpfeln aus Neuseeland stießen bei den Teilnehmer:innen auf große Ablehnung. Auch die Angabe der Transportart wird nicht als vertrauensfördernd angesehen – allein, dass die Äpfel einen langen Transportweg hinter sich haben, führt bei den Verbraucher:innen zu Ablehnung aufgrund der aus ihrer Sicht negativen Auswirkungen auf die Umwelt durch diesen weiten Weg. Denn es ist ein „Widerspruch, ‚Bio‘ und ‚Neuseeland‘ zu sehen“ (GD 1, m), sie würden diese Äpfel also „nicht unbedingt als ‚Bio‘ betrachten“ (GD 2, f). Die Angabe der Transportart ist auch „überflüssig. Wenn ich es schon sehe, dass die aus Neuseeland kommen, dann [...] weiß ich ja, dass die in irgendeiner Form hergebracht werden müssen“ (GD 1, f). Hinzu kommt, dass teilweise die Angabe des Siegels („EU-Bio“) Verwirrung stiftete. Für einige Teilnehmer:innen war es nicht ersichtlich, wie Äpfel aus Neuseeland mit „EU“ deklariert sein können. Ebenso verwirrte aber auch die Verbindung von regional und EU. Ferner wurde mitunter die Frage gestellt, was „EU-Bio“ überhaupt bedeutet. Ein Teilnehmer sagte zudem, dass die Tafeln allgemein bei ihm nicht zur Vertrauensbildung beitragen können: „Die [...] Tafel ist ja meistens in so einem kleineren Geschäft. Wenn, habe ich da Vertrauen in so ein Geschäft. Aber nicht in die Tafeln“ (GD 1, m).

Produktverpackungen

Auch das Bild der Erzeugerin als Element zur Herstellung einer persönlichen Ebene wird sehr divers wahrgenommen. Teilweise wird es als vertrauensstiftend angesehen, teilweise gegenteilig. Ferner wird oft bezweifelt, dass diese Person das Fleisch für die Salami liefert und ob „das wirklich ein Bauer“ (GD 1, f) ist oder „nur ein Model“ (ebd.). Für einige Diskutant:innen sind auch eher der Hersteller oder die Siegel entscheidend.

Diejenigen, die sich für diese Verpackung entscheiden würden, begründen dies damit, dass sie „eher nach Bio“ (GD 2, m) aussieht und „eine bessere Grundstimmung [vermittelt]“ (GD 2, f).

Eine Diskutant:in sagte, das Bild „gibt eben genau diese persönliche Note“ (GD 4, f), aber dennoch sei sie skeptisch, da dies auch nur Marketingzwecken dienen könnte. Hinzukommt, dass ein solches Bild nicht unbedingt den Biogedanken vermittelt, denn einen Landwirt abzubilden „das können auch Hersteller machen, die nicht Bio produzieren“ (GD 4, f).

Die Bewertungen der Möglichkeiten, weiterführende Informationen zu erhalten (QR-Code und soziale Medien), zeigen Folgendes: Den Verweis auf soziale Medien auf Verpackungen finden manche Teilnehmer:innen „seltsam“ (GD 2, f). Sie könnten als Ergänzung genutzt werden, z. B. zu Werbezwecken. Für beispielsweise Rezepte werden soziale Medien, wie Facebook oder Instagram, ebenfalls als sinnvoll angesehen. Darüber hinaus werden sie aber als wenig vertrauenswürdig bewertet: „Also mich schreckt das auch eher ab [...]. [...] Soziale Medien [...] kann man [oft] eigentlich [...] gerade zur Informationsbeschaffung nicht ernst nehmen“ (GD 4, m). Sie sind verglichen mit einem QR-Code zudem auch ineffizient und weniger ansprechend. Problematisch ist für manche Diskutant:innen auch, dass unklar sei, wonach auf dem jeweiligen sozialen Medium gesucht werden müsste: „Wie finde ich die [Firma]? [...] Ist das auch die richtige Firma, die auch das produziert?“ (GD 2, m). Beim QR-Code hingegen lässt sich „nichts irgendwie falsch machen [...]. [...] Da hab‘ ich 100%ige Trefferquote“ (ebd.).

Auch wenn manche Teilnehmer:innen die Nutzung eines QR-Codes nicht attraktiv finden, da sie u. a. einen Einkauf schnell erledigen möchten, statt Zeit zum Scannen von Produkten aufzuwenden, wird der QR-Code generell, als Möglichkeit, sich über das Produkt zu informieren, positiv wahrgenommen. Er sei eine effiziente Möglichkeit, schnell und einfach an Informationen zu gelangen – auch im Vergleich mit sozialen Medien: Denn auf der Webseite, zu der ein QR-Code führt, kann es „immer noch Möglichkeiten geben zu weiteren Verlinkungen auf die Facebookseite, auf YouTube-Videos [...] vom Kuhstall [...]“ (GD 1, f). Die Teilnehmer:innen wünschen sich auf der Webseite, zu der der QR-Code führt, insbesondere Informationen zur Herkunft, aber auch zur Bedeutung der Siegel, Angaben zur Haltungsform der Tiere und zu den Inhaltsstoffen des Lebensmittels. Sowohl auf der Webseite als auch den sozialen Medien können dann Videos anzusehen sein oder ein Link zur Facebookpräsenz des Erzeugers hergestellt werden. Anzumerken ist, dass QR-Codes nicht nur im direkten Vergleich mit sozialen Medien positiv bewertet wurden, sondern auch schon vorab von verschiedenen Teilnehmer:innen aktiv benannt wurden.

Nur das Vorhandensein eines QR-Codes schafft aber noch nicht für alle Teilnehmer:innen Vertrauen. Es bietet jedoch die Chance, durch dessen Nutzung Vertrauen aufzubauen: So äußerte ein Teilnehmer, dass er zwar „sofort den QR-Code nutzen und scannen“ (GD 1, m) würde, aber das alleinige Vorhandensein eines QR-Codes noch kein Vertrauen generiert. Denn er würde „einfach die Möglichkeit nutzen und versuchen, Vertrauen vielleicht zu kriegen dadurch. Aber wenn ich die Chance gar nicht bekomme, dann werde ich auch gar kein Vertrauen [...] bekommen“ (GD 1, m). Andere Diskutant:innen sehen wiederum allein die Möglichkeit, sich zu informieren, als vertrauensstiftend an: „Total vertrauenserweckend [...] also man müsste nicht mal nachgucken, sondern dass man die Option hat, nachzugucken, würde [mir] schon irgendwie ein bisschen mehr Vertrauen [...] geben [...]“ (GD 3, f).

Insgesamt wird eine Kombination aus QR-Code und Informationen am Produkt bevorzugt. Vereinzelt würden auch die sozialen Medien genutzt werden, obwohl diese überwiegend als nicht vertrauensstiftend wahrgenommen werden.

5 Diskussion

Ziel der vorliegenden Untersuchung war, die im Bioeinzelhandel eingesetzten Maßnahmen zur Kundeninformation und Schaffung von Transparenz sowie die Anforderungen der Verbraucher:innen hinsichtlich der Kommunikation über Bio-Lebensmitteln zu erfassen und miteinander abzugleichen, um Empfehlungen für die Schaffung von Vertrauen durch verbesserte Kommunikation abzuleiten.

Aus den Gruppendiskussionen wurde deutlich, dass Verbraucher:innen sowohl am Point of Sale Informationen zu Bio-Lebensmitteln suchen als auch an weiterführenden Informationen interessiert sind. Auf Ersteres geht der Einzelhandel durch verschiedene Maßnahmen bereits ein. Die Einschätzung des Einzelhandels, dass Informationen am Produkt aufgrund der Aufmerksamkeitsspanne und des Interesses der Verbraucher:innen knappgehalten werden müssen, wird in den Gruppendiskussionen bestätigt. Die Notwendigkeit, Verbraucher:innen aktiv weiterführende Informationen zur Verfügung zu stellen, wird nur bedingt vom Einzelhandel gesehen. Während die Gruppe der Direktvermarkter und Bioläden sich vorrangig auf Informationsmöglichkeiten vor Ort beschränkt, haben konventionelle und Biosupermärkte (unterschiedlich ausgeprägt) bereits eigene Kommunikationsmittel außerhalb des Supermarktes etabliert, um Informationen zur Verfügung zu stellen. Hierbei wird allerdings die in den Gruppendiskussionen viel diskutierte Möglichkeit des Einsatzes von QR-Codes nur bedingt genutzt und dem Ausbau dieser Option wenig Potential eingeräumt. Die von Verbraucher:innen positiv wahrgenommenen onlinebasierten Rückverfolgungstechnologien und die von ihnen als effizient und vertrauensfördernd beschriebenen QR-Codes bestätigen die Einschätzung KIRANS (2013) und FURTSCHEGGERS (2015). Der unterschiedliche Umgang der beiden Einzelhandelsgruppen mit Blick auf die Zurverfügungstellung von Informationen lässt sich darauf zurückführen, dass Direktvermarkter und Bioläden auf den Aufbau von personalem Vertrauen abzielen, das durch persönlichen Kontakt und die Authentizität des Inhabers/der Inhaberin aufgebaut wird. Vertrauenswürdigkeit von Personen und Authentizität können neben reiner Informationsvermittlung einen wesentlichen Beitrag zur Vertrauensbildung leisten (MEIJBOOM et al., 2006; THORSØE, 2015). Supermärkten fehlt diese persönliche Ebene und sie haben weniger Möglichkeiten, gewünschte Informationen über Rückfragen im Geschäft zur Verfügung zu stellen. Daher sind sie stärker auf andere Kommunikationsmittel angewiesen. Darüber hinaus wird dem Supermarkt als Einkaufsstätte nur bedingt eine Vertrauenswürdigkeit bezüglich der Bio-Produkte entgegengebracht. Daher muss die Bioqualität der Bio-Produkte dort für Verbraucher:innen transparenter dargestellt werden. Allgemeine positive Eigenschaften sowie insbesondere persönliche Vorteile wie bspw. positive Effekte auf die Gesundheit sollten dabei kommuniziert werden (TENG und WANG, 2015; VEGA-ZAMORA et al., 2019).

Der Ansatz, über personalisierte Produktverpackungen bzw. Informationen, konkret durch Aufdruck des Bilds oder Nennung des Namens des Landwirts/der Landwirtin, Transparenz und eine persönliche Ebene zu schaffen, zeigt bei Verbraucher:innen nicht die erwartete Wirkung, sondern ruft eher Zweifel ob der Glaubwürdigkeit dieser Angaben hervor.

Beide Einzelhandelsgruppen stimmen mit dem Ergebnis der Gruppendiskussionen überein, dass es für Verbraucher:innen bereits eine Sicherheit bedeutet, dass sie sich informieren könnten, selbst wenn sie die gebotenen Möglichkeiten bisher nicht genutzt haben.

Mit Blick auf die Informationen, die direkt vor Ort vermittelt werden sollten, steht die Produktherkunft und hier insbesondere die Präferenz für regionale Produkte im Fokus. Dieses wird bereits von allen Vermarktungswegen aufgegriffen und regionale Bio-Produkte werden ausgewiesen. Da in konventionellen Supermärkten allerdings auch regionale konventionelle Lebensmittel angeboten werden, können Bio-Produkte nur bedingt von der positiven Wahrnehmung und dem Vertrauen in regionale Produkte profitieren.

Die sehr positive Wahrnehmung von Regionalität zeigt, dass Verbraucher:innen sich nicht tiefgehend mit der Thematik auseinandersetzen. „Regional“ ist nach wie vor kein geschützter Begriff und eine Rückverfolgung ist auch bei regionalen Produkten nicht immer möglich. Hier findet scheinbar eine geringere Hinterfragung als bei mit Bio-Labeln gekennzeichneten Produkten statt und es wird offensichtlich, dass Vertrauen sich hier nicht aufgrund eines hohen Wissensstands rational bildet, sondern auf einer emotionalen Ebene angesiedelt ist. THORSØE et al. (2016) diskutieren, dass Vertrauen Wissen ersetzt und Verbraucher:innen vor allem die

Informationen aufnehmen, die ihre bereits vorab gebildete Meinung bestätigen. Darüber hinaus zeigt der geäußerte Wunsch der Verbraucher:innen nach regionalen Produkten die Relevanz der persönlichen Bindung, des persönlichen Bezugs für Verbraucher:innen. Direktvermarkter und Bioläden sind hier nicht nur durch die Möglichkeiten der direkten Verbraucherkommunikation, sondern auch durch die häufig langjährigen Partnerschaften mit dem Großhandel und weiteren Lieferant:innen und Erzeuger:innen im Vorteil. Es besteht eine direkte und persönliche Beziehung zwischen beiden Parteien, wodurch ein hoher Wissensstand bei Direktvermarkter:innen/Inhaber:innen von Bioläden über die Erzeugerseite besteht und Informationen nicht nur sachlich weitergegeben werden, sondern eine persönliche/emotionale Ebene bekommen können. Supermärkten fehlt diese Ebene im Geschäft. Sie müssen systemisches Vertrauen aufbauen, was komplexer und herausfordernder ist. Maßnahmen, die sie bereits einsetzen, sollten die persönliche Ebene aufgreifen. Ferner müssen vertrauensfördernde Maßnahmen immer auf die jeweilige Zielgruppe ausgerichtet sein, wie auch SCHWEER (2003) feststellt.

6 Fazit

Zusammenfassend zeigt sich, dass vertrauensbildende Maßnahmen von Verbraucher:innen positiv wahrgenommen und gewünscht werden. Allein durch die Möglichkeit, sich zu informieren, kann das Verbrauchervertrauen gesteigert werden.

Bei Informationen in Einkaufsstätten und auf Produktverpackungen sollte sich auf die nötigsten und wichtigsten Informationen beschränkt werden und diese leicht erfassbar kommuniziert werden. Die hohe Präferenz für regionale Lebensmittel sollte genutzt und dieser Aspekt bei Bio-Lebensmitteln stärker und gut definiert herausgestellt werden. Die Ergebnisse zeigen die Notwendigkeit der Definition des Begriffs „regional“, die sich dabei auch tatsächlich auf die jeweilige nähere Umgebung beziehen muss.

Den Verbraucher:innen muss zusätzlich die Möglichkeit geboten werden, sich eigenständig weitere Informationen zu beschaffen. Diese sollten möglichst vielfältig und ausführlich sein, um verschiedene Zielgruppen anzusprechen, den Verbraucher:innen aber immer noch die Gelegenheit geben, selbst zu entscheiden, an welchen und wie vielen Informationen sie interessiert sind. Eine gute Möglichkeit bietet dabei aus Sicht der Verbraucher:innen eine Kombination aus Informationen in den Einkaufsstätten und weiterführenden Informationsmöglichkeiten wie dem QR-Code. QR-Codes sind durch deren Nutzung im Rahmen der Coronapandemie (z. B. durch die „Corona-Warnapp“) aktuell sehr präsent und vielen Menschen bekannt, sodass momentan ein sehr guter Zeitpunkt ist, die Chancen, die diese für die Biobranche bieten, aufzugreifen.

Die bisherige Aufteilung, dass Direktvermarktern und Bioläden über die Inhaber:innen personales Vertrauen und Supermärkten systemisches Vertrauen entgegengebracht wird, lässt sich schwer überwinden und Ansätze zur Personifizierung von Produkten im Supermarkt werden nur bedingt honoriert. Daher ist es Supermärkten eher empfohlen, sich auf den Ausbau des systemischen Vertrauens zu konzentrieren und dabei eine emotionale Ebene anzusprechen.

Grundsätzlich werden sich Verbraucher:innen immer nur mit den Themen auseinandersetzen, für die sie ein besonderes Interesse haben. Um Vertrauen in Bio-Lebensmittel zu fördern, muss ein grundsätzliches Bewusstsein für die Themen Lebensmittel, Ernährung, Nachhaltigkeit gefördert werden. Hier kann nicht nur der Einzelhandel aktiv werden, sondern die gesamte Biobranche hat einen Kommunikationsauftrag, der auch von der Politik unterstützt werden sollte.

Danksagung

Dieses Forschungsprojekt (Förderkennzeichen 2818OE083) wird gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des

Deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN). Die Projektdurchführung erfolgt u. a. am Thünen-Institut für Marktanalyse in Braunschweig und der Universität Kassel Witzenhausen.

Literatur

- APPINIO (2020): Studie zur Nutzung von QR-Codes: So werden Kampagnen erfolgreich. In: <https://www.appinio.com/de/blog/qr-code-studie-erfolgreiche-kampagnen> (07.06.2022).
- AYYUB, S., X. WANG, M. ASIF UND R. M. AYYUB (2018): Antecedents of Trust in Organic Foods: The Mediating Role of Food Related Personality Traits. In: *Sustainability* 10 (10): 3597.
- BMEL (BUNDESMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG) (2022): Öko-Barometer 2021. Umfrage zum Konsum von Bio-Lebensmitteln. In: https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/oekobarometer-2021.pdf?__blob=publicationFile&v=6 (21.02.2022).
- BÖLW (BUND ÖKOLOGISCHE LEBENSMITTELWIRTSCHAFT E. V.) (2012): Nachgefragt: 28 Antworten zum Stand des Wissens rund um Öko-Landbau und Bio-Lebensmittel. In: <https://orgprints.org/id/eprint/21639/1/21639-10OE029-boelw-gerber-2012-argumentationsleitfaden-Auflage4.pdf> (16.03.2022).
- BONN, M.A., J.J. CRONIN UND M. CHO (2016): Do Environmental Sustainable Practices of Organic Wine Suppliers Affect Consumers' Behavioral Intentions? The Moderating Role of Trust. In: *Cornell Hospitality Quarterly* 57 (1): 21-37.
- BUXEL, H. (2018): Prüf- und Gütesiegel bei Lebensmitteln, Verbrauchereinstellungen, Bekanntheit und Einfluss auf die Produktwahrnehmung sowie die Kauf- und Zahlungsbereitschaft. In: <https://www.fh-muenster.de/oecotrophologie-facility-management/downloads/holger-buxel/2018-studie-siegel-lebensmittel-prof-buxel-kurz.pdf> (13.07.2022).
- DARBY, M. R. UND E. KARNI (1973): Free Competition and the Optimal Amount of Fraud. In: *The Journal of Law and Economics* 16 (4): 67-88.
- DI GUIDA, N., TH. KRIKSER UND I. CHRISTOPH-SCHULZ (2021): Vertrauen in Bio-Lebensmittel aus der VerbraucherInnensicht. In: *Austrian Journal of Agricultural Economics and Rural Studies* 30: 55-61.
- EBERLE, U., A. SPILLER, T. BECKER, A. HEIßENHUBER, I-U. LEONHÄUSER UND A. SUNDRUM (2011): Politikstrategie Food Labelling. Gemeinsame Stellungnahme der Wissenschaftlichen Beiräte für Verbraucher- und Ernährungspolitik sowie Agrarpolitik beim BMELV. Berlin.
- FALTINS, R. (2010): Bio-Lebensmittel in Deutschland. Kaufbarrieren und Vermarktung. Reihe Nachhaltigkeit Band 31. Diplomica Verlag GmbH, Hamburg.
- FURTSCHEGGER, C. (2015): Webbasierte Kommunikation in der indirekten Vermarktung biologischer Lebensmittel. Poster anlässlich der 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, März 2015. In: <https://orgprints.org/id/eprint/26956/> (20.07.2022).
- GLASER, B. G. UND A. L. STRAUSS (1967): *The Discovery of Grounded Theory. Strategies for Qualitative Research.* AldineTransaction, New Brunswick/London.
- KIRAN, A. H. (2013): Scaling values: a perspective from philosophy of technology. In: Röcklinsberg, H und Sandin, P. (Hrsg.): *The ethics of consumption. The citizen, the market and the law.* Wageningen Academic Publishers, Wageningen: 347-352.
- KUSHWAH, S., A. DHIR, M. SAGAR UND B. GUPTA (2019): Determinants of organic food consumption. A systematic literature review on motives and barriers. In: *Appetite* 143 (2019).
- LAMNEK, S. (2010): *Qualitative Sozialforschung* (5. Aufl.). Beltz Verlag, Weinheim/Basel.
- LUHMANN, N. (2014): *Vertrauen. Ein Mechanismus der Reduktion sozialer Komplexität* (5. Aufl.). UVK Verlagsgesellschaft mbH, Konstanz.
- MEIJBOOM, F. L. B., VISAK, T. UND BROM, F.W.A. (2006). From Trust to Trustworthiness: Why Information is not Enough in the Food Sector. In: *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 19: 427-442.

- PROFETA, A. UND M. CICEK (2021): Vertrauen der Verbraucher in Lebensmittel und den Akteuren der Lebensmittelwirtschaft. In: https://www.li-food.de/fileadmin/user_upload/Vertrauensstudie_26_04_2021_final.pdf (21.02.2022).
- SANDER, M., N. HEIM UND Y. KOHNLE (2016): Label-Awareness: Wie genau schaut der Konsument hin? – Eine Analyse des Label-Bewusstseins von Verbrauchern unter besonderer Berücksichtigung des Lebensmittelbereichs. In: *Berichte über Landwirtschaft. Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft* 94 (2).
- SANDERS J. UND J. HEB (HRSG.) (2019): Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. 2. überarbeitete und ergänzte Auflage. Thünen Rep 65. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- SCHWEER, M. K. W. (2003): Vertrauen als Organisationsprinzip: Vertrauensförderung im Spannungsfeld personalen und systemischen Vertrauens. In: *Erwägen, Wissen, Ethik* 14 (2): 323-332.
- SPD, BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN, FDP (2021): Koalitionsvertrag 2021–2025 zwischen der Sozialdemokratischen Partei Deutschlands (SPD), BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN und den Freien Demokraten (FDP). In: <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/974430/1990812/04221173eef9a6720059cc353d759a2b/2021-12-10-koav2021-data.pdf?download=1> (16.03.2022).
- TENG, C.-C. UND Y.-M. WANG (2015): Decisional factors driving organic food consumption: Generation of consumer purchase intentions. In: *British Food Journal* 117 (3): 1066-1081.
- THORSØE, M. H. (2015): Maintaining Trust and Credibility in a Continuously Evolving Organic Food System. In: *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 28: 767-787.
- THORSØE, M. H., T. CHRISTENSEN UND K. K. POVLSEN (2016): “‘Organics’ are good, but we don’t know exactly what the term means!” Trust and Knowledge in Organic Consumption. In: *Food, Culture & Society* 19 (4): 681-704.
- VEGA-ZAMORA, M., F. J. TORRES-RUIZ UND M. PARRAS-ROSA (2019): Towards sustainable consumption: Keys to communication for improving trust in organic foods. In: *Journal of Cleaner Production* 216: 511-519.
- ZANDER, K., S. PADEL UND R. ZANOLI (2015): EU organic logo and its perception by consumers. In: *British Food Journal* 117 (5): 1506-1526.
- ZANDER, K., R. SCHLEENBECKER UND U. HAMM (2018): Consumer Behaviour in the Organic and Fair Trade Food Market in Europe. In: Parvathi, P., Grote, U. und Waibel, H. (Hrsg.): *Fair Trade and Organic Agriculture: A Winning Combination?* CAB International, Wallingford: 51-60.

ALTERN IN DER LANDWIRTSCHAFT - RUHESTAND: JA ODER NEIN?

Kim Marei Kusserow¹

Zusammenfassung

Seit Jahrzehnten befindet sich die Landwirtschaft in einem Strukturwandel, der mit zahlreichen Entwicklungen einhergeht. Neben einer veränderten Arbeitsstruktur und -organisation, nimmt der Strukturwandel auch Einfluss auf die (Erwerbs-)Biographien der Menschen, die in der Landwirtschaft arbeiten. Auf Grundlage qualitativer Interviews mit Betriebsleiter*innen aus Niedersachsen sowie Vertreter*innen landwirtschaftlicher Organisationen befasst sich die hier vorgestellte Dissertation mit den aktuellen und zukünftigen Rahmenbedingungen für die Lebensgestaltung im höheren Alter von selbstständigen Landwirt*innen und diskutiert diese u.a. im Zusammenhang mit dem Konzept der Dreiteilung des Lebenslaufs nach Martin Kohli (1978; 1985).

Keywords

Erwerbsbiographie, Hofnachfolge, Lebenslauf, Ruhestand, Strukturwandel

1 Einleitung

Die Landwirtschaft befindet sich seit Jahrzehnten in einem Strukturwandel, für den vor allem Produktivitätssteigerungen (DBV 2017, 2019), ein Trend zu Großbetrieben (BMEL 2020: 6f.), ein Fachkräftemangel (PITSON et al. 2020) sowie ein steigender Altersdurchschnitt der Betriebsleiter*innen (DBV 2019: 100) und unsichere Hofnachfolgen (STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER 2021: 24) charakteristisch sind. Hintergrund sind u.a. die fortschreitende Technisierung und Digitalisierung, denn durch den zunehmenden Einsatz und die Weiterentwicklung von Maschinen kann mit immer weniger Personen mehr produziert werden (BMEL 2020: 7). So war bspw. im Jahr 1950 noch jede fünfte Erwerbsperson im landwirtschaftlichen Bereich tätig, im Jahr 2020 waren es in Deutschland nur noch insgesamt 936.900 Personen (BMEL 2020; STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER 2021: 97). Technische Neuerungen sind jedoch i.d.R. mit einem hohen Kapitaleinsatz verbunden, der sich aufgrund unterschiedlicher Faktoren, wie bspw. eine unsichere Hofnachfolge, nicht für jeden Betrieb lohnt bzw. möglich ist (BMEL 2020: 6f.). Dieses und ein Mangel an potentiellen Hofnachfolger*innen – u.a. bedingt durch Fachkräftemangel, attraktive Arbeitsbedingungen im außerlandwirtschaftlichen Bereich – hat zur Folge, dass Betriebe aufgegeben und von anderen großen und zukunftsorientierten Betrieben übernommen werden, sodass die gesamte landwirtschaftlich genutzte Fläche in Deutschland von immer weniger, aber dafür stetig wachsenden Betrieben bewirtschaftet wird (BMEL 2020: 6f.). Weiterhin zeigt sich der demographische Wandel – steigende Lebenserwartungen, sinkende Geburtenzahlen –, der sich in der gesamten deutschen Bevölkerungsstruktur bereits deutlich bemerkbar macht, auch in der Altersstruktur der Personen, die in der Landwirtschaft arbeiten. So sind in der Landwirtschaft im Vergleich zu anderen Branchen überdurchschnittlich viele Personen älter als 55 Jahre, sodass in den nächsten zehn Jahren etwa ein Drittel der Betriebsleiter*innen die Regelaltersgrenze für den Renteneintritt erreichen wird (DBV 2019; HELMS 2018). Zwar ist die Verbleibsquote auch im höheren Alter in der Landwirtschaft vergleichsweise hoch (KISTLER und BÄCKER 2009: 24f.), dennoch erwarten HOLST und CRAMON-TAUBADEL (2018) in den

¹ Technische Universität Dortmund, Emil-Figge-Str. 50, 44227 Dortmund, kim-marei.kusserow@tu-dortmund.de

nächsten Jahren durch das Ausscheiden einer großen Anzahl älterer Betriebsleiter*innen und nicht ausreichend potentielle Hofnachfolger*innen eine erneute Beschleunigung des Strukturwandels.

Diese unterschiedlichen Veränderungen des landwirtschaftlichen Sektors nehmen nicht nur Einfluss auf die Arbeit und Organisation in der Landwirtschaft, sondern auch auf das Leben und die Erwerbsbiographie von (selbstständigen) Landwirt*innen.

Ziel der hier vorgestellten Dissertation ist es die (Erwerbs-)Biographien von selbstständigen Landwirt*innen vor dem Hintergrund des Strukturwandels zu betrachten und Einflussfaktoren für die Entscheidung über den Eintritt in den Ruhestand und die Gestaltung des Lebens im höheren Alter zu analysieren und im Kontext biographietheoretischer Konzepte zu diskutieren.

Für die Auseinandersetzung mit dieser Thematik wurden zwei forschungsleitende Fragestellungen formuliert: „Welche Auswirkungen hat der Strukturwandel in der Landwirtschaft auf die Erwerbsbiographien von selbstständigen Landwirt*innen?“ und „Welche Faktoren beeinflussen die Entscheidung über den Eintritt und die hiermit verbundene Gestaltung des Ruhestandes von selbstständigen Landwirt*innen?“.

2 Hauptteil

2.1 Theoretischer Hintergrund

Martin Kohli, der mit seinen Arbeiten die Lebenslaufforschung der „westlichen“ Gesellschaft maßgeblich geprägt hat, argumentiert, dass vor allem der Übergang in das Erwerbsleben sowie der Eintritt in den Ruhestand die Lebensabschnitte sind, die für den modernen Lebenslauf besonders charakteristisch sind (KOHLI 1978). Chronologische Standardisierungen, bedingt durch ein niedrigeres Sterberisiko im jüngeren Alter und die Verknüpfung unterschiedlicher Lebensereignisse mit einem bestimmten chronologischen Alter, haben vor dem Hintergrund der Industrialisierung eine Standardisierung des Lebenslaufs zur Folge (KOHLI 1985). KOHLI (1985) teilt den „Normallebenslauf“ in drei Phasen ein: Ausbildung, Erwerbstätigkeit und Ruhestand. Er geht davon aus, dass die Erwerbsphase den Mittelpunkt bildet, um den die anderen Phasen organisiert bzw. auf den die anderen Phasen ausgerichtet sind: Die Ausbildung bereitet auf die Erwerbstätigkeit vor, im Ruhestand erholt sich das Individuum von der Erwerbsphase (KOHLI 1985). Trotz unterschiedlicher Deinstitutionalisierungs- und Destandardisierungstrends erweist sich dieses Konzept, laut KOHLI (2003) als sehr beständig. Fraglich ist an dieser Stelle, inwieweit sich dieses Lebenslaufmodell auch auf selbstständige Landwirt*innen anwenden lässt, denn KOHLI (1985, 11f.) selbst argumentiert, dass der Lebenslauf von Mitgliedern einer Bauernfamilie eine Besonderheit darstellt. Während die Tradition und die Weitergabe des Betriebs hier im Mittelpunkt stehen, gilt die einzelne Person als Teil des Gesamten, die zu dessen Erhaltung beiträgt und weniger auf der Individualebene betrachtet wird. Das chronologische Alter spielte demnach bei der traditionellen Hofübergabe, die in der Landwirtschaft das offizielle Ende der Arbeitstätigkeit markierte, keine Rolle (KOHLI 1988). Auch laut INHETVEEN (1988) sind bäuerliche Lebenslagen seit je her mit prekären Umstände konfrontiert.

Eine Weiterarbeit über die Regelaltersgrenze hinaus entspricht nicht dem Modell des standardisierten Lebenslaufs (HAGEMANN ET AL. 2015), ist jedoch vor allem bei Personen mit einem hohen Maß an Identifikation mit dem Beruf zu beobachten, was bei selbstständigen Erwerbstätigen oftmals ausgeprägter zu beobachten ist als bei Personen in einer abhängigen Beschäftigungssituation (ATCHLEY 1971; CARTER UND COOK 1995).

Weiterhin sind individuelle (Erwerbs-)Biographien mit anderen Biographien verknüpft. ELDER (1995) bezeichnet dieses Konzept als „linked lives“, das zu den vier von ihm definierten zentralen Lebenslaufparadigmen, zählt. Demnach stehen einzelne Lebensläufe in Abhängigkeiten bzw. Wechselbeziehungen zueinander und somit nimmt individuelles Handeln

auch Einfluss auf das Leben anderer Menschen. Als besonders prägnante Beispiele nennt er dafür neben Soldaten in Kampftruppen auch Kinder aus Bauernfamilien (ELDER 1995).

2.2 Forschungsstand

(Erwerbs-)Biographien von Landwirt*innen wird in der soziologischen Forschung bisher kaum Beachtung geschenkt. HAKANEN ET AL. (2019) stellen fest, dass das Engagement für den Beruf in der Land- und Forstwirtschaft sowie im Bildungs- und Gesundheitsbereich besonders hoch ist. Auch HETZEL (2013) argumentiert anhand von Befragungsergebnissen, dass sich Landwirt*innen sehr mit ihrer Arbeit identifizieren und der Wunsch zur Weiterarbeit im Alter hier sehr ausgeprägt ist. Die Erwerbstätigkeit auch über die Regelaltersgrenze für den Rentenbezug hinaus bzw. der Wunsch danach, ist – neben einigen anderen Gruppen (z.B. Personen mit hohem Bildungsgrad) – vor allem bei selbstständig erwerbstätigen Personen und mithelfenden Familienangehörigen zu beobachten (FASBENDER ET AL. 2015; NAEGELE ET AL. 2020). Die Zahl der Selbstständigen bzw. der familiengeführten Unternehmen in Deutschland ist zwar hoch, die Struktur, Organisation und individuelle Handlungsorientierung der einzelnen Akteure, z.B. hinsichtlich der Nachfolgeregelungen und Lebensgestaltung im Alter, jedoch ebenfalls kaum Gegenstand soziologischer Arbeiten. HILDENBRAND (2011) bezeichnet Unternehmerfamilien als „Familien eigener Art“ (HILDENBRAND 2011: 115), die noch nach der Logik einer vormodernen Familienform zusammen leben und arbeiten. Somit stehen hier immer wieder individuelle Wünsche und Vorstellungen in Konflikt mit Familientraditionen und den Ansprüchen des Familienunternehmens (HILDENBRAND 2011). Auch STAMM (2013) argumentiert, dass Unternehmerfamilien besondere Formen des Familienlebens pflegen, dass das Unternehmen und das Aufwachsen bzw. Leben in einer Unternehmerfamilie lebenslang Einfluss auf die (Erwerbs-)Biographien ihrer Mitglieder nehmen und sich hinsichtlich der Lebensgestaltung im Alter und des Verhaltens in der Nachfolge- und Übergabesituation unterschiedliche Typen differenzieren lassen.

Die Nachfolge in landwirtschaftlichen Betrieben ist ebenfalls ein komplexer Prozess und von unterschiedlichen Faktoren abhängig. So argumentieren FEIL UND ESTER-HEUING (2019), dass die Entscheidung hinsichtlich einer Hofübernahme bzw. Hofübergabe einer der wichtigsten Faktoren des Strukturwandels in der Landwirtschaft darstellt, denn ein Mangel an potentiellen Hofnachfolger*innen würde zwangsläufig zu einer Beschleunigung des Strukturwandels führen. Sie definieren drei Aspekte, die für die künftige Weiterbewirtschaftung des Betriebs oder die Aufgabe von besonderer Relevanz sind: 1. Eigenschaften der beteiligten Familienmitglieder (z.B. Alter, innerfamiliäre Beziehungen), 2. Betriebsmerkmale (z.B. Größe Standort) und 3. persönliche Vorstellungen der einzelnen Familienmitglieder (FEIL UND ESTER-HEUING 2019).

2.3 Methodische Vorgehensweise

Aufbauend auf die systematische Recherche und Analyse vorhandener Literatur und statistischer Daten, wurden Experteninterviews (N=7) und Interviews mit selbstständigen Landwirt*innen aus Niedersachsen (N=11) geführt. Das Bundesland Niedersachsen wurde als Erhebungsort ausgewählt, da die Landwirtschaft hier zu den stärksten Wirtschaftsbereichen zählt. Eine allgemein gültige Erfassung für ganz Deutschland ist schwer möglich, da die landwirtschaftliche Struktur regional sehr heterogen ist.

Die Stichprobe der Expert*innen setzt sich aus Vertreter*innen unterschiedlicher landwirtschaftlicher Organisationen (z.B. Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Deutscher Bauernverband) zusammen. Geführt wurden die Interviews telefonisch oder persönlich im März und April 2019 mithilfe eines Leitfadens, der sich in fünf unterschiedliche Themenblöcke gliederte: Strukturwandel in der Landwirtschaft, Erwerbsbiographie, Berufsbild Landwirt*in, Altern in der Landwirtschaft, Ausblick.

Die Interviews mit den selbstständigen Landwirt*innen dienen vor allem dazu, die subjektive Sichtweise derjenigen zu erfassen, die von der Thematik direkt betroffen sind. Daher wurden hier zwischen Januar und August 2020 qualitative Interviews mithilfe eines Leitfadens, der sich zwar an dem Leitfaden der Experteninterviews orientiert, jedoch vornehmlich Fragen zur persönlichen Situation der Befragten und somit vier Themenblöcke (Einstieg, Berufsbild Landwirt*in, Altern in der Landwirtschaft, Ausblick und Abschluss) enthält, geführt. Die Stichprobe umfasst 12 Personen – an einem Gespräch war ein Betriebsleiterehepaar beteiligt – im Alter von 50 Jahren und älter, die selbstständig einen landwirtschaftlichen Betrieb in Niedersachsen bewirtschaften. Eine Person ist hauptberuflich außerhalb der Landwirtschaft tätig und führt den Hof als Nebenerwerb, die anderen Befragten arbeiten Vollzeit in ihren Betrieben. Hinsichtlich der Betriebsausrichtung ist die Stichprobe heterogen und umfasst sowohl Mischbetriebe als auch Betriebe, die sich auf Ackerbau, Milchvieh oder Gemüseanbau spezialisiert haben. In sieben Fällen ist die künftige Nachfolgesituation bereits in der Familie geklärt, in drei Fällen noch unsicher und ein Landwirt gibt an, dass es für seinen Betrieb zum Befragungszeitraum keine/n potenziellen Nachfolger*in gibt.

Alle Interviews wurden aufgenommen und mithilfe einer Software vollständig transkribiert. Anschließend wurde das komplette Datenmaterial kodiert und nach der Methode der inhaltlich strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse von UDO KUCKARTZ (2018) ausgewertet.

Da das Sample der befragten Expert*innen und Landwirt*innen überwiegend männlich geprägt ist, wurden später ergänzend zu den Befragungen der Expert*innen und Landwirt*innen eine Gruppendiskussion mit einer Regionalgruppe des LandFrauen e.V. aus Niedersachsen geführt. Im Rahmen dieser Begegnung wurden die Erkenntnisse aus der Literaturrecherche, der Sekundärdatenanalyse sowie den Interviews mit den Landwirt*innen und Expert*innen diskutiert. Ziel war es hier die Perspektive der Frauen zu betrachten. Hinsichtlich der Erwerbsbiographien von Landwirt*innen und den Entwicklungen im Zuge des Strukturwandels bestätigten die LandFrauen die vorgestellten Ergebnisse.

2.4 Ergebnisse

Im Zuge des Strukturwandels in der Landwirtschaft verändern sich das Leben und das Arbeiten der Landwirt*innen und damit auch das Berufsbild „Landwirt*in“ maßgeblich. Die befragten Landwirt*innen und Expert*innen berichten, dass die Arbeit früher vor allem draußen in der Natur, auf dem Feld oder im Stall stattfand und damit überwiegend physisch herausfordernd war. Weiterhin verfügte der/die Landwirt*in in vielen Bereichen über Freiheiten (z.B. bzgl. der Vermarktung seiner Produkte) und war ein angesehenes Mitglied in der Gesellschaft und fest integriert in die Strukturen seiner heimischen Gemeinde. Dahingegen werden heute viele Arbeitsschritte von Maschinen erledigt und die zunehmenden bürokratischen Anforderungen verlangen immer mehr Arbeit am Schreibtisch. Die physische Belastung wird immer mehr von psychischem Stress abgelöst, der durch Zeit- und Termindruck durch die Konkurrenz auf dem (inter-)nationalen Markt sowie hohe finanzielle Belastungen für Modernisierungen verursacht wird. Die befragten Personen betonen außerdem, dass der Berufsstand gleichzeitig immer weiter an den Rand der Gesellschaft rückt bzw. gedrängt wird, indem das Verhältnis zwischen Landwirt*innen und der übrigen Bevölkerung mit zahlreichen Konfliktthemen (z.B. Bienensterben, Umweltverschmutzung) belastet ist.

Hinsichtlich der Erwerbsbiographien zeigen die Antworten ein sehr eindeutiges Bild: Nach Angaben der Befragten, sind die meisten Personen, die als Betriebsleiter*innen arbeiten, bereits auf dem Hof aufgewachsen und sozialisiert worden und haben den Betrieb nach der abgeschlossenen landwirtschaftlichen Ausbildung von den Eltern übernommen. Andere, individuelle Berufswünsche wurden hier z.T. für eine innerfamiliäre Weiterführung des Betriebs aufgegeben bzw. nicht weiter verfolgt. Zeit für andere Aktivitäten außerhalb der Landwirtschaft und Urlaub haben die Landwirt*innen kaum zur Verfügung, während sie eine

überdurchschnittlich hohe wöchentliche Arbeitszeit (rund 60 Stunden) erbringen. Oftmals werden die Betriebsleiter*innen von Familienarbeitskräften unterstützt, während familienfremde Arbeitskräfte vor allem in größeren Betrieben zu finden sind. Ein/e Expert*in prognostiziert hier jedoch für die Zukunft einen zunehmenden Trend.

Sowohl die Expert*innen als auch die Landwirt*innen berichten, dass viele selbstständige Landwirt*innen auch im höheren Alter weiter auf dem Hof arbeiten bzw. den Wunsch haben dort auch über die Regelaltersgrenze für den Rentenbezug tätig zu sein. Zahlreiche Aspekte haben jedoch Einfluss auf die Entscheidung, ob und wann ein/e Landwirt*in in den Ruhestand geht bzw. den Hof an eine/n Nachfolger*in abgibt und wie die Lebensgestaltung im Alter aussehen soll, sodass einige Voraussetzungen erfüllt sein müssen, damit die Rahmenbedingungen für die gewünschte Weiterarbeit der/die alternde Landwirt*in überhaupt gegeben sind. Fünf zentrale Faktoren lassen sich hier herausfiltern:

1. Hofnachfolge: Die Möglichkeit weiter im Betrieb zu arbeiten, besteht für den/die Landwirt*in nur, wenn es eine Hofnachfolge gibt. Andernfalls müsste er/sie den Betrieb selbstständig weiter bewirtschaften bis es nicht mehr geht und anschließend den Hof aufgeben bzw. verkaufen oder verpachten.
2. Gesundheit: Nur unter der Voraussetzung, dass der physische und psychische Gesundheitszustand es zulassen, ist die Weiterarbeit im Alter möglich.
3. Sozioökonomische Aspekte: Nur günstige sozioökonomische Rahmenbedingungen ermöglichen die Weiterarbeit des/der alternden Landwirts/Landwirtin.
4. Finanzielle und wirtschaftliche Situation: Eine Weiterbeschäftigung im Betrieb im höheren Alter ist nur realisierbar, wenn die Weiterbewirtschaftung des Hofes auf Grundlage einer gesicherten ökonomischen Situation des Betriebs gewährleistet ist.
5. Familiäre Situation: Auch wenn die übrigen vier Faktoren erfüllt sind, kann der/die alternde Landwirt*in nur weiterarbeiten, wenn unter den beteiligten Familienmitgliedern, bzw. im Falle einer außerfamiliären Übergabe unter den beteiligten Akteuren, eine grundlegende Einigkeit über die Form der künftigen Zusammenarbeit besteht.

Während sie ebenfalls der Ansicht sind, dass den meisten Landwirt*innen eine vollständige Beendigung der Arbeit schwerfällt bzw. schwer fallen würde, möchten sie ihre eigenen Partner in deren Wünschen unterstützen und vertreten eine ähnliche Arbeitsmoral. Viele von ihnen stammen ebenfalls aus einem landwirtschaftlich geprägten Umfeld und wurden dementsprechend in ihrer Kindheit sozialisiert.

3 Diskussion

Eine Verknüpfung der empirischen Ergebnisse mit den theoretischen Hintergründen, zeigt, dass der ausgeprägte Wunsch die Familientraditionen zu erhalten und die Abhängigkeiten der einzelnen Familienmitglieder in den Bauernfamilien – vor allem in der Beziehung zwischen Vorgänger*in und (potentiellem/r) Nachfolger*in – das Konzept der „linked lives“ (ELDER 1995) für die familiären Strukturen in der landwirtschaftlichen Familien bestätigen. Die Lebensläufe der einzelnen Mitglieder stehen in Wechselbeziehungen zueinander und einzelne Entscheidungen von Individuen beeinflussen die Biographien der anderen Beteiligten. Man kann daher festhalten, dass sich Tradition und Individualisierungstrends im Kontext der landwirtschaftlichen Familienstruktur nach wie vor konträr gegenüber stehen.

Ganz deutlich wird auch, dass der Normallebenslauf nach der Definition von KOHLI (1985) bei selbstständigen Landwirt*innen nicht die Regel ist – vorausgesetzt die Rahmenbedingungen ermöglichen eine Weiterbeschäftigung auch über die Regelaltersgrenze für den Rentenbezug hinaus.

Insgesamt lassen sich anhand der Analysen vor dem Hintergrund der aktuellen Situation in der Landwirtschaft drei unterschiedliche Formen der Lebensgestaltung von Landwirt*innen im höheren Alter definieren:

- „Kein Ruhestand“ und damit Weiterarbeit als Betriebsleiter*in;
- „Teilzeitruhestand“ in Form der reduzierten Weiterarbeit im Betrieb nach der Übergabe an eine/n Nachfolger*in;
- „Ruhestand“, indem die Tätigkeit als Landwirt komplett beendet wird, ggf. in Verbindung mit der Aufgabe des Betriebs.

Die Ergebnisse zeigen, dass der Großteil der Landwirt*innen das Lebensmodell „Teilzeitruhestand“ präferiert und keine Angleichung an den Normallebenslauf wünscht. Als Begründung dafür lässt sich u.a. die Kontinuitätstheorie von ATCHLEY (1989) anführen – Menschen streben ihr Leben lang nach Kontinuität und erlangen dadurch auch im höheren Alter Lebenszufriedenheit -, denn die Landwirt*innen verfüge neben ihrer Erwerbstätigkeit kaum über Zeitrressourcen für andere Aktivitäten und definieren sich dementsprechend vor allem über ihren Beruf. Identitätskrisen können die Folge sein, wenn ein so wichtiger Teil des Lebens plötzlich wegfällt (ATCHLEY 1971).

Da sich die Landwirtschaft jedoch stetig weiterentwickelt, bleibt offen, wie sich die (Erwerbs-)Biographien von Landwirt*innen in Zukunft gestalten werden. Die hier vorgestellte Dissertation zeigt deutlich die Bedeutung des Berufsstandes der Landwirt*innen für die Gesellschaft und Wirtschaft auf und leistet aus soziologischer Perspektive einen Beitrag zur Erschließung dieses Forschungsfeldes. Weiterhin wird deutlich, dass in diesem Bereich ein weiterer Forschungsbedarf besteht ebenso wie die Notwendigkeit die Zusammenarbeit von Landwirtschaft, Politik, Wissenschaft und Gesellschaft zu fördern. So ist die Politik aufgefordert klare und verbindliche Linien hinsichtlich der zukünftigen Agrarpolitik zu formulieren, die in der Landwirtschaft beschäftigten Personen mehr in das agrarpolitische Interesse zu rücken sowie spezielle Förderprogramme – zum einen für alternde Landwirt*innen und zum anderen für potentielle Nachfolger*innen – aufzubauen. Auch die Wissenschaft muss die Auseinandersetzung mit agrarsozialen Themen, die bisher nur randständig betrachtet wird, intensivieren. Weiterhin sollte der/die Verbraucher*in sich vor allem vor dem Hintergrund der zahlreichen aktuellen und künftigen Entwicklungen zunehmend mit der Landwirtschaft und dem Bewusstsein für die Herkunft und Produktionsweisen von Lebensmitteln sowie dem landwirtschaftlichen Berufsstand zu beschäftigen. Neben all diesen Aspekten sind aber auch die Landwirt*innen in der Verantwortung die Kommunikation mit allen anderen beteiligten Akteuren zu unterstützen, sich bereits frühzeitig mit ihrer (Erwerbs-)Biographie und der Zukunft des Betriebs auseinander zu setzen sowie offen für Veränderungen zu sein.

Literatur

- ATCHLEY, R. C. (1971): Retirement and leisure participation. Continuity or crisis? *The Gerontologist* 11: 13-17.
- ATCHLEY, R.C. (1989): A Continuity Theory of Normal Aging. In: *The Gerontological Society of America*. Vol. 29 No.2: 183-190.
- BÄCKER, G. UND KISTLER, E. (2016): Alterssicherung der Landwirte. Bundeszentrale für politische Bildung.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (2020): Landwirtschaft verstehen – Fakten und Hintergründe.
- CARTER, M. UND COOK, K. (1995). Adaptation to retirement: Role changes and psychological resources. In: *Career Development Quarterly*. Vol. 44, Issue 1: 67.
- DEUTSCHER BAUERNVERBAND (2017): Situationsbericht 2017/18. Trends und Fakten der Landwirtschaft.

- DEUTSCHER BAUERNVERBAND (2019): Situationsbericht 2019/20. Trends und Fakten der Landwirtschaft.
- ELDER, G. H. JR. (1995): The Life Course Paradigm: Social Change and Individual Development. In: Examining lives in context: perspectives on the ecology of human development. American Psychological Association, Washington DC: 101-139.
- FASBENDER, U.; DELLER, J.; ZOHR, K; BÜSCH, V; SCHERMULY, C. C. UND MERGENTHALER, A. (2015): Absicht zur Erwerbstätigkeit im (zukünftigen) Ruhestand. In: Schneider, N. F.; Mergenthaler, A.; Staudinger, U. M. und Sackreuther, I. (Hrsg.): Mittendrin? Lebenspläne und Potenziale älterer Menschen beim Übergang in den Ruhestand. Beiträge zur Bevölkerungswissenschaft. Herausgegeben vom Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung: 121-137.
- FEIL, J.-H. UND ESTER-HEUING, A. (2019): Determinanten der Hofnachfolge – eine empirische Analyse aus Sicht der Nachfolgeneration. In: Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Bd.54, 2019: 265-278.
- HAKANEN, J. J.; ROPPONEN, A.; SCHAUFELI, W. B. UND DE WITTE, H. (2019): Who is Engaged at Work? A Large-Scale Study in 30 European Countries. In: Journal of occupational and environmental medicine (JOEM). Hagerstown, Md. Lippincott Williams & Wilkins. Band 61, Heft 5: 373-381.
- HAGEMANN, S.; HOKEMA, A. UND SCHERGER, S. (2015). Erwerbstätigkeit jenseits der Rentengrenze: Erfahrung und Deutung erwerbsbezogener Handlungsspielräume im Alter. In: BIOS – Zeitschrift für Biographieforschung, Oral History und Lebensverlaufsanalyse, 28(1-2): 119-147.
- HELMS, C. et al. (2018) Innovative Konzepte des landwirtschaftlichen Neueinstiegs in ausgewählten EU-Ländern. In: Agrarsoziale Gesellschaft e.V. (Hrsg.). Ländlicher Raum. 69. Jg. 02/2018: 19-21.
- HETZEL, C. (2013): Arbeit, Gesundheit und Pläne fürs Alter in der Land- und Forstwirtschaft. Ergebnisse der Befragung 55plus. Iqpr Köln.
- HILDENBRAND, BRUNO (2011): Familienbetriebe als „Familien eigener Art“. In: Simon, F. (Hrsg.): Die Familie des Familienunternehmens: Ein System zwischen Gefühl und Geschäft. 3. Auflage. Auer Verlag, Heidelberg: 115-144.
- HOLST, C. und CRAMON-TAUBADEL, S. von (2018): Es gibt genug Nachwuchs. In: Agrarsoziale Gesellschaft e.V. (Hrsg.). Ländlicher Raum. 69. Jg. 02/2018: 34-37.
- INHETVEEN, H. (1988). Bäuerliche Kultur – überlebte oder Überlebenskultur? In: Hofmann-Nowotny, H.-J. (Hrsg.). Kultur und Gesellschaft. Beiträge der Forschungskomitees, Sektionen und Ad-hoc-Gruppen. Gemeinsamer Kongress Deutsche, Österreichische, Schweizerische Gesellschaft für Soziologie. Zürich. Seismo Verlag: 703-706.
- KOHLI, M. (1978): Erwartungen an die Soziologie des Lebenslaufs. In: Kohli, M. (Hrsg.). Soziologie des Lebenslaufs. Herrmann Luchterhand Verlag GmbH & Co. KG, Darmstadt und Neuwied: 9-31.
- KOHLI, M. (1985): Die Institutionalisierung des Lebenslaufs. Historische Befunde und theoretische Argumente. In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie. Jg. 37, Heft 1: 1-29.
- KOHLI, M. (1988): Normalbiographie und Individualität: Zur institutionellen Dynamik des gegenwärtigen Lebenslaufregimes. In: Brose, H.-G. und Hildenbrand, B. (Hrsg.). Vom Ende des Individuums zur Individualität ohne Ende. Leske + Budrich, Opladen: 33-53.
- KOHLI, M. (2003): Der institutionalisierte Lebenslauf: ein Blick zurück und nach vorn. In: Allmendinger, J. (Hrsg.). Entstaatlichung und soziale Sicherheit. Verhandlungen des 31. Kongresses der Deutschen Gesellschaft für Soziologie in Leipzig 2002. Leske + Budrich, Opladen: 525-545.
- KUCKARTZ, U. (2018): Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 4. Auflage. Beltz, Juventa, Weinheim und Basel.
- NAEGELE, L.; STIEMKE, P.; MÄCKEN, J. UND HESS, M. (2020): (Wie) wollen wir im Rentenalter arbeiten? Eine Untersuchung zu den Beschäftigungsvorstellungen zukünftig erwerbstätiger Rentnerinnen und Rentner in Deutschland. In: Frerichs, F. und Fachinger, U. (Hrsg.): Selbstständige Erwerbstätige und Erwerbskarrieren in späteren Lebensphasen. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH: 211-238.

- PITSON, C. ET AL. (2020): Policy Brief – Politikoptionen zur Stärkung der Resilienz der Landwirtschaft angesichts demographischer Herausforderungen. D3.9.
- STAMM, I. (2013): Unternehmerfamilien. Über den Einfluss des Unternehmens auf den Lebenslauf, Generationenbeziehungen und soziale Identität. Barbara Budrich Verlag, Opladen.
- STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER (2021): Pressekonferenz „Landwirtschaft im Wandel – erste Ergebnisse der Landwirtschaftszählung 2020“.

DER KOHLEAUSSTIEG ALS POLITISCHES MODELL FÜR DIE MOORWIEDERVERNÄSSUNG? EINE AUFSTELLUNG DER GEMEINSAMKEITEN UND UNTERSCHIEDE

Pia Sommer¹, Sebastian Lackner, Anke Nordt, Franziska Tanneberger, Johannes Wegemann

Zusammenfassung

Um die Klimaschutzziele in der Landwirtschaft bis 2030 zu erreichen, wird die Wiedervernässung von Mooren als mögliches, effektives klimapolitisches Instrument zur Reduzierung von Treibhausgasen diskutiert. Der Beitrag untersucht mit Hilfe einer PESTLE-Analyse die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen dem Ausstieg aus der Braunkohleverstromung und der Wiedervernässung landwirtschaftlich genutzter Moorflächen, da beide Maßnahmen eine bedeutende Rolle zur Erfüllung der sektorspezifischen Emissionsreduktionsziele einnehmen. Mit Hilfe der Literatur kann gezeigt werden, dass in allen sechs untersuchten Subkategorien viele Gemeinsamkeiten, jedoch auch einige Unterschiede bestehen. Mögliche Schlussfolgerungen aus dem politischen Modell Kohleausstieg werden für die Moorwiedervernässung gezogen. Es kann herausgearbeitet werden, dass eine umfangreiche Moorwiedervernässung einen ähnlichen multidimensionalen und tiefgreifenden Transformationsprozess bedeutet. Für einen sozialverträglichen Wiedervernässungspfad ist eine langfristige Strategie - ähnlich wie beim Kohleausstieg - notwendig. Besonders bei der Verankerung eines emissionspezifischen Wiedervernässungspfades und einer entsprechenden politischen Langfriststrategie - mit einem multidimensionalen Politikmix sowie der Zusage einer breit angelegten und umfangreichen Finanzausstattung - kann sich an dem Kohleausstieg orientiert werden. Auch die Einberufung eines Gremiums -ähnlich der Kohlekommission – könnte zu einer breiteren Akzeptanz des für den Transformationsprozess notwendigen Politikmixes führen und kann somit in der Ausgestaltung der Wiedervernässungstrategie als Modell dienen.

Keywords

Klimawandel, Umweltpolitik, Moorwiedervernässung, PESTLE-Analyse

1 Einleitung

Deutschland hat sich im Rahmen des Pariser Klimaabkommens (UN, 2015) international dazu verpflichtet, seine Treibhausgasemissionen gegenüber 1990 deutlich zu reduzieren. Im Rahmen des Klimaschutzgesetzes (KSG, 2021) wurden sektorspezifische Ziele festgelegt, die eine stufenweise Reduktion von Treibhausgasemissionen bis hin zur Klimaneutralität im Jahr 2045 definieren. Um die vorgeschriebenen Reduktionsziele des Energiesektors erreichen zu können, wurde die Beendigung der Kohleverstromung, der sogenannte Kohleausstieg, als politische Maßnahme beschlossen. Dem Ausstiegspfad folgend werden die jährlichen Emissionen aus der Braunkohle um 110,1 Mio. t CO₂ gegenüber 2019 reduziert (ÖKO-INSTITUT, 2020a). Entwässerte Moore (organische Böden) sind innerhalb des Sektors Landnutzung (LULUCF) die größte Einzelemissionsquelle. In den letzten 200 Jahren wurden Moorböden entwässert und urbar gemacht. Es werden von den insgesamt 1,8 Mio. ha organischer Böden ca. 1,3 Mio. ha landwirtschaftlich genutzt und sind fast vollständig drainiert (UBA, 2021a). Die jährlichen Emissionen der entwässerten Moorflächen unter landwirtschaftlicher Nutzung belaufen sich

¹ Lehrstuhl der Agrarökonomie, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Universität Rostock, Justus-von-Liebig-Weg 7, 18059 Rostock, pia.sommer@uni-rostock.de

auf 42 Mio. t CO₂-Äquivalente (CO₂e). Die Emissionen aus entwässerten Moorflächen ergeben insgesamt 53 Mio. t CO₂e und machen somit 6,7% der Gesamtemissionen in Deutschland aus (UBA, 2021a). Durch die abnehmende Senkenleistung des Waldes werden die Emissionen aus organischen Böden nicht mehr kompensiert. Um die sektorspezifischen Ziele (Verbesserung der Senkenleistung des LULUCF-Sektors auf -25 (-35; -40) Mio. t CO₂e in 2030 (2040; 2045) (vgl. KSG, 2021) erreichen zu können, ist ähnlich dem Energiesektor eine substantielle Umstellung des Wirtschaftens erforderlich und die weitestgehende Wiedervernässung der Moorflächen eine notwendige Maßnahme. TANNEBERGER et al. (2021), DENA (2021) und UBA (2021c) beschreiben Pfade der (nahezu vollständigen) Wiedervernässung bis 2050, wodurch jährlich Emissionsminderungen zwischen 18 Mio. t CO₂e und ca. 36 Mio. t CO₂ realisiert werden können (NORDT et al., 2022; UBA, 2021c). Die Gesamtkosten der Wiedervernässung sind aufgrund fehlender Daten, lokalspezifischer Gegebenheiten und verschiedener Kostenpositionen (z.B. Opportunitätskosten, Planungs- und Wiedervernässungskosten, Flächenankauf und Pflege) sowie kostensenkenden Skaleneffekten schwer zu quantifizieren. WBAE (2016) geht von Vermeidungskosten zwischen 2 und 380 €/t CO₂e aus. GRETHE et al. (2021) unterstreichen in ihrer Kostenüberschlagsrechnung, dass die Wiedervernässung landwirtschaftlich genutzter Moore einen erheblichen volkswirtschaftlichen Nettonutzen ergeben würde. Der Beitrag untersucht die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen dem Kohleausstieg und der Wiedervernässung. Hierbei soll herausgearbeitet werden, ob die beiden Transformationsprozesse (als bedeutende Option der Klimaschutzpolitik) vergleichbar sind und der entsprechende Maßnahmen- als auch Finanzumfang als Modell für die Wiedervernässung dienen könnte. So beschreibt MATTHES (2021) den Kohleausstieg ebenfalls als interessante Modellvorlage für andere Sektoren unter Betrachtung der gesellschaftlichen, politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen sowie der geschichtlichen Hintergründe. Um die Moorwiedervernässung als Transformationsprozess zu begreifen und mit dem Kohleausstieg zu vergleichen, fokussiert sich dieser Beitrag bei der Betrachtung des Kohleausstiegs ausschließlich auf den Ausstieg aus der Braunkohleverstromung, da sich die politischen Maßnahmenpakete von 2020 (Strukturhilfen, Anpassungsgelder der Beschäftigten sowie Entschädigungszahlungen) hauptsächlich auf die Braunkohlereviere beziehen. Die aktuellen Entwicklungen der deutschen Gasversorgung und des Energiemarktes aufgrund des russischen Angriffskriegs auf die Ukraine lassen wir in diesem Beitrag außen vor. Bei den entwässerten Moorflächen wird sich die Analyse auf die Flächen unter landwirtschaftlicher Nutzung (Ackerland und Grünland) beschränken, da hiervon der größte Anteil der moorspezifischen Emissionen ausgeht sowie ein direkter Zusammenhang zur landwirtschaftlichen Praxis besteht. Der Vergleich basiert auf einer breit angelegten Literaturrecherche, von der hier nur Auszüge präsentiert werden. Die Darstellung des Vergleichs nutzt die PESTLE-Methode als Analyserahmen.

2 Methode

Die PESTLE-Analyse findet aufgrund der Dynamik und Komplexität der Umwelt besonders im strategischen Management der Betriebswirtschaftslehre Anwendung (JOHNSON et al., 2018; SCHOMAKER und SITTER, 2020). Diese Methode bietet die Möglichkeit einer breiten Analyse der bestehenden Makro-Umwelt einer Branche sowie wahrscheinlicher, zukünftiger Entwicklungen und deren Klassifizierung der positiven sowie negativen Auswirkungen (SCHOMAKER und SITTER, 2020). PESTLE ist ein Akronym für Political, Economic, Social, Technological, Legal und Environmental. Somit wird im Rahmen dieser Analyse die politische, ökonomische, soziale, technologische, rechtliche sowie Umwelt-Dimension betrachtet. In diesem Beitrag wird PESTLE als Analyserahmen genutzt, um die Braunkohlewirtschaft und die entwässerungsbasierte Landwirtschaft auf organischen Böden auf ihre Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu untersuchen. Parallel werden die prognostizierten Auswirkungen des Ausstiegs aus der Braunkohleverstromung sowie die

Effekte einer umfangreichen Wiedervernässung in Deutschland im Rahmen dieser Kategorien verglichen. Die Analyse im Rahmen dieses Beitrags wird sich vor allem auf die politischen und ökonomischen Indikatoren konzentrieren.

3 Ergebnisse

Der Ergebnisteil unterteilt sich in die jeweiligen Subkategorien der PESTE-Analyse.

3.1 Politisch (P)

Die Verpflichtung der Reduktion von Treibhausgasen (THG) besteht durch internationale Klimaschutzabkommen (UN, 2015) sowie Emissionsreduktionsziele und Klimaschutzgesetze auf nationaler Ebene (KSG (2021), Klimaschutzprogramm 2030 (BMU, 2019), Klimaschutzplan 2050 (BMU, 2016)) und EU-Ebene (Green Deal (EU, 2019), EU-Klimagesetz (EU, 2021)). Für den LULUCF-Sektor ist die Moorwiedervernässung eine wichtige Politikoption, da sie (ähnlich wie der Braunkohleausstieg) ein signifikantes Emissionsreduktionspotential hat. Der nationale Prozess zur Moorvernässung ist im Vergleich zum Kohleausstieg derzeit durch eine unspezifische Umsetzungsstrategie charakterisiert (GRETHE et al., 2021), da hier noch keine detaillierten politischen oder gesetzlichen Festlegungen für die Umsetzung getroffen wurden. Der Kohleausstieg wird im Rahmen der Transformationsforschung als „Exnovation“ der Energiewende gesehen (HEYEN, 2016). HEYEN (2016: 5) definiert Exnovation als: *„Ausstieg aus [ehemals innovativen] nicht-nachhaltigen Infrastrukturen, Technologien, Produkten und Praktiken“*. So könnte auch die Wiedervernässung in diesem Sinne als eine Exnovation der Agrarwirtschaft beleuchtet werden. Auf Grundlage des Bestrebens nach einem sozialverträglichen Paradigmenwechsel besteht die Notwendigkeit einer politischen Programmierung mit einem klaren Langfristziel im Rahmen einer Wiedervernässungsstrategie (GRETHE et al., 2021). Der politische Prozess des Kohleausstiegs begann 2015 auf Regierungsebene, dem jedoch eine deutlich frühere gesellschaftliche Debatte voraus ging (MATTHES, 2021). Um den Entwurf für einen sozialverträglichen Kohleausstieg und den hierfür optimalen Instrumentenmix auszuarbeiten, wurde die „Kommission für Wachstum, Strukturwandel und Regionalentwicklung“ als parteiunabhängiges und breit besetztes Gremium einberufen und mandatiert (WSB, 2019). Bei der Wiedervernässung wird bisher politisch am Paradigma der Freiwilligkeit festgehalten. Somit wird der Instrumentenkasten zur Gestaltung eines Wiedervernässungspfades derzeit stärker begrenzt als es beim Kohleausstieg der Fall war. Bisher steht die Konzeption und Verankerung einer konkreten Langzeitstrategie mit entsprechendem Instrumentenmix und einem festgesetzten Zeithorizont für die maximal angestrebte bzw. vollständige Wiedervernässung aus. Zwar wurde in 2021 eine nationale Moorschutzstrategie (BMU, 2021) sowie eine Bund-Länder-Zielvereinbarung (BUND-LÄNDER, 2021) veröffentlicht, jedoch setzt diese nicht an einem konkreten und vollständigen bzw. maximal möglichen Pfad an. Stattdessen wird sich auf das mittelfristige Teilziel beschränkt, bis 2030 Treibhausgasemissionen um mindestens 5 Mio. t CO_{2e} zu reduzieren. Im Vergleich zum Kohleausstieg wird die Forderung nach einer flächendeckenden Wiedervernässung nicht von einer annähernd starken zivilgesellschaftlichen Bewegung begleitet (AGORA ENERGIEWENDE, 2019; GROLL, 2015), sondern ist eher wissenschaftsgetrieben. Zudem erfolgte die gesetzliche Weichenstellung und Förderung des Ausbaus erneuerbarer Energien als Alternative zur Kohlenutzung bereits seit 1991, während es bisher keine vergleichbare Umgestaltung des Rechtsrahmens und der Förderung von Alternativen zur entwässerungsbasierten Nutzung organischer Böden gibt (WICHMANN et al., 2022). Als wichtiges und etabliertes Politikinstrument auf EU-Ebene, das den Kohleausstieg mitgestalten kann, ist der europäische Zertifikatehandel zu betrachten (PIETZCKER et al., 2021). Analog sollte bei der Moorwiedervernässung die Gemeinsame Europäische Agrarpolitik (GAP) mit ihrer Lenkungswirkung berücksichtigt werden (EKARDT et al., 2020).

3.2 Ökonomisch (E)

In punkto geografischer Konzentration besteht eine starke Ähnlichkeit zwischen der Braunkohlewirtschaft und den auf entwässerten Mooren wirtschaftenden Betrieben (NORDT et al., 2022; OEI et al., 2018). So konzentrieren sich die Moorflächen hauptsächlich auf fünf Bundesländer (Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Bayern und Schleswig-Holstein) (NORDT et al., 2022). Die drei Braunkohlereviere erstrecken sich über sechs Bundesländer (Brandenburg, Sachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen-Anhalt, Thüringen und Niedersachsen) (OEI et al., 2018). Ein bedeutender und relevanter Unterschied ist wiederum die Anzahl, Struktur und Größe der Betriebe bzw. Konzerne als Akteure (ÖKO-INSTITUT, 2017; OEI et al., 2018; DEUTSCHER BUNDESTAG, 2021). In den drei noch aktiven Braunkohlerevieren agieren drei Unternehmen (RWE im Rheinischen Revier, LEAG in der Lausitz und Mibrag GmbH im Mitteldeutschen Revier). Im Vergleich zu den wenigen und recht homogen ausgerichteten Konzernen in der Braunkohlewirtschaft sind die auf Moorböden wirtschaftenden Betriebe in Bezug auf Größe, Ausrichtung und Betriebsstruktur sehr heterogen (SCHALLER, 2014). Ähnlich wie die drei Braunkohlereviere lassen sich die moorreichen Regionen aufgrund der Betriebsstrukturen, Ausrichtung und Wirtschaftlichkeit in drei Gebiete clustern (Nordwest; Nordost und Süden) (RÖDER und GRÜTZMACHER, 2012; SCHALLER, 2014). Im Nordwesten (NW) dominieren auf Moorböden die Milchvieh-, Futterbau-, Veredlungs- und Verbundbetriebe mit einer hohen Tierbesatzdichte und Strukturen großer Familienbetriebe. Im Nordosten (NO) sind wiederum kaum Viehhaltungsverbund- und Veredlungsbetriebe vorhanden. Hier dominieren Ackerbau- und Futterbaubetriebe mit einer eher geringen Viehbesatzdichte und in den Strukturen große Betriebe. Im Süden (SO) sind es vor allem grünlanddominierte Futterbaubetriebe mit einer hohen Viehbesatzdichte und in den Strukturen kleine Familienbetriebe (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2020; SCHALLER, 2014; RÖDER und OSTERBURG, 2012; DEUTSCHER BUNDESTAG, 2021). Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass die Braunkohle-Industrie im Gegensatz zur Landwirtschaft Teil des CO₂-Zertifikate-Handels ist. Aufgrund im Zeitablauf steigender Preise für CO₂-Zertifikate ist zu erwarten, dass die Stromgewinnung aus Braunkohle mittelfristig weiter unter Druck gerät und sich als zunehmend weniger wirtschaftlich herausstellt (ÖKO-INSTITUT, 2020a). Unter den bisherigen ökonomischen Rahmenbedingungen bestehen keine besonderen Anreize, die Entwässerung einzustellen (NORDT et al., 2022). Von den in der Landwirtschaft relevanten Politikinstrumenten wie der GAP sind bisher kaum Anreize zur Moorwiedervernässung zu beobachten (SCHEFFLER et al., 2022). Sowohl in der Braunkohle- als auch der Landwirtschaft stehen die Akteure dem Kohleausstieg bzw. der Wiedervernässung kritisch gegenüber, da sie von einem potentiellen wirtschaftlichen Schaden ausgehen (SCHALLER, 2014; FIEDLER und SCHREMS, 2020). Die verhandelten Entschädigungszahlungen des Kohleausstiegs wurden mit den potentiellen wirtschaftlichen Schäden begründet. SCHALLER (2014) modelliert die betriebswirtschaftlichen Auswirkungen der Wiedervernässung mit Hilfe von Deckungsbeiträgen. Die Ergebnisse beruhen auf der Annahme, dass die Maßnahme der Vernässung nur Teilflächen der Betriebe betreffen und somit die betrieblichen Fixkosten unverändert bleiben. Demnach wird die Annahme getroffen, dass die Betriebe für entgangene Deckungsbeiträge Entschädigungen verlangen. Des weiteren zeigen die Ergebnisse, dass besonders im NW und SO auf den bewirtschafteten Moorflächen hohe Deckungsbeiträge erzielt werden, welche wiederum zu hohen Opportunitätskosten bzw. Entschädigungsforderungen zwischen herkömmlicher Bewirtschaftung und einer Wiedervernässung führen (SCHALLER, 2014; RÖDER und OSTERBURG, 2010). Auf Grundlage der Opportunitätskostenberechnung könnten im NO geringere Entschädigungszahlungen anfallen als im NW und SO (RÖDER und GRÜTZMACHER, 2012; SCHALLER, 2014; RÖDER und OSTERBURG, 2010; NORDT et al., 2022). WICHMANN et al. (2022) weisen darauf hin, dass die konkreten betriebspezifischen Opportunitätskosten von der Bewirtschaftungsintensität der Moorbodennutzung, der Betriebsausrichtung, der Nutzungsart, der Flächenausstattung, Kapitalbindung, Akzeptanz von

Kompensationen, Prämienfähigkeit von entwässerten Flächen (im Rahmen der GAP) sowie einer Wirtschaftlichkeit und Prämienfähigkeit von wiedervernässten Flächen abhängig sind. Die Nutzung vernässter Flächen durch Paludikultur könnte dagegen die Opportunitätskosten senken (WICHMANN et al., 2022). Paludikultur ist die torferhaltende Nutzung nasser Moore durch z.B. Biomasseverwertung, Nassweide/ -wiese, Freiflächen-Photovoltaik (NORDT et al., 2022, GMC, 2022). SCHALLER (2014) zeigt, dass Betriebe mit einer hohen Flächenbetroffenheit und einer damit einhergehenden geringeren Möglichkeit der betrieblichen Anpassung finanzielle Kompensationen eher ablehnen, sich jedoch gegenüber einem Flächentausch offen zeigen. Diese Möglichkeit, einer damit einhergehenden Minimierung der Betriebsumstellung, stellt einen wichtigen Unterschied gegenüber dem Braunkohleausstieg dar und erweitert daher das Potential einer politischen Regulierung in dem Bereich. Es lässt sich zeigen, dass sowohl die Braunkohlewirtschaft (RWI, 2018) als auch die Landwirtschaft (STATISTA, 2021), gemessen an der nationalen Bruttowertschöpfung, gesamtwirtschaftlich eher eine untergeordnete Rolle spielen. Die organischen Böden umfassen 7% der gesamten landwirtschaftlichen Nutzflächen. Durch die regionale Konzentration kann eine flächenrelevante Moorziedervernässung jedoch Folgen für die regionale Wirtschaft haben (ISERMEYER et al., 2019). Auch der Braunkohleausstieg hat durch die regionale Konzentration Folgen für die regionale Wirtschaft (OEI et al., 2018). Sowohl die Braunkohlewirtschaft als auch die Landwirtschaft stehen in dem Selbstverständnis, einen wesentlichen Beitrag zur Versorgungssicherheit für Strom und Nahrungsmittel zu leisten (Energie (WSB, 2019) bzw. Nahrungsmittel (ZKL, 2021)). Der Schadenskostenansatz dient dazu, die Kosten einer unterlassenen CO₂-Reduktion zu ermitteln. Wird der vom UBA (2020) empfohlene Kostensatz von 195 € je nicht vermiedener t CO_{2e} angenommen, so beläuft sich die Summe der Schadenskosten durch die andauernde Entwässerung landwirtschaftlicher Nutzfläche auf dem Niveau von 2020 auf ca. 7 Mrd. € (bei 35,8 Mio. t CO₂ pro Jahr nach TANNEBERGER et al. (2021) und einer Braunkohleverstromung auf dem Niveau von 2019 auf ca. 21,5 Mrd. € (bei 110,1 Mio. t CO₂ pro Jahr nach ÖKO-INSTITUT (2020b)). Hinzu kommen weitere gesellschaftliche Kosten: für die Subventionierung der Braunkohleverstromung bzw. der landwirtschaftlichen Nutzung entwässerter organischer Böden, für Infrastrukturschäden aufgrund der Bewirtschaftung sowie für die Schädigung verschiedenster Umweltmedien (Wasser, Luft, Biodiversität, Boden). Sowohl die Beendigung der Kohleverstromung als auch die Wiedervernässung werden in der Literatur als energiewirtschaftlich bzw. volkswirtschaftlich sinnvolle Maßnahme bewertet (ISERMEYER et al., 2019; GRETHE et al., 2021; OEI et al., 2018).

3.3 Sozial/ Sozioökonomisch (S)

Sowohl die Landwirtschaft als auch die Braunkohlewirtschaft ist in den letzten Jahrzehnten durch einen Strukturwandel geprägt, der durch einen deutlichen Rückgang der Beschäftigungszahlen in der Braunkohle bzw. einer Abnahme landwirtschaftlicher Betriebe gekennzeichnet ist. Insgesamt stehen beide Branchen durch den Strukturwandel unter Druck (OEI et al., 2018; DEUTSCHER BUNDESTAG, 2021). Während in der Braunkohle vor allem bestimmte Regionen durch einen Abbau von Arbeitsplätzen betroffen sind, ist der Rückgang der Betriebe in der Landwirtschaft ein Problem des gesamten Sektors. Ein weiterer Unterschied ergibt sich in dem Lohnniveau. So zählt der Braunkohlesektor zum Hochlohnsektor (OEI et al., 2018), wohingegen dies für die Landwirtschaft nicht gilt (DEUTSCHER BUNDESTAG, 2021). Wie stark sich die Wiedervernässung und der Kohleausstieg auf die Erwerbslosenzahlen auswirken, ist regional unterschiedlich und ebenfalls abhängig von z.B. der wirtschaftlichen Gesamtlage, der Adaptionsgeschwindigkeit und der Mobilität der Arbeitskräfte. In beiden Branchen ist jedoch auch die Altersstruktur der Beschäftigten hoch (OEI et al., 2018; DBV, 2020), sodass ein Großteil der derzeit Beschäftigten keinen Bruch in der Erwerbsbiographie erfahren wird (SANDER et al., 2020). Aus sozialer, kultureller und historischer Sicht sind sowohl die

Braunkohleverstromung als auch die Entwässerung von Moorflächen etabliert: Beide haben einen hohen Stellenwert, die Arbeitskräfte fühlen sich diesen Branchen sehr verbunden (SANDER et al., 2020; DEICKERT und PIEGSA, 2016; MATTHES, 2021; HAAS, 2021). Einerseits gibt es (auch in den betroffenen Regionen) eine Präferenz für einen Kohleausstieg (RINSCHIED und WÜSTENHAGEN, 2019), andererseits ist die Akzeptanz auf Grund der innerdeutschen Geschichte und verschiedener struktureller Gegebenheiten unterschiedlich ausgeprägt (HAAS, 2021; MATTHES, 2021). In Bezug auf die Wiedervernässung von Mooren ist die Akzeptanz stark von der betrieblichen Betroffenheit abhängig (SCHALLER, 2014). Die Öffentlichkeit zeigt gegenüber der Wiedervernässung eher eine skeptische Haltung (NORDT et al., 2022).

3.4 Technologisch (T)

Beim Kohleausstieg wie bei der Wiedervernässung soll verhindert werden, dass der im Boden gespeicherte Kohlenstoff freigesetzt wird und sich zu dem klimaschädlichen Treibhausgas CO₂ verbindet (JURASINSKI et al., 2016; UBA, 2021b). Während jedoch beim Kohleausstieg die Emissionsreduktion sofort eintritt, indem die Verstromung von Kohle eingestellt wird, kann es nach der Wiedervernässung zunächst kurzfristig zu höheren Methanemissionen kommen, die jedoch temporär sind. GÜNTHER et al. (2020) beschreiben, dass die Wiedervernässung trotzdem eine notwendige Klimaschutzmaßnahme ist. Für eine optimale Reduktion der Emissionen aus entwässerten Mooren ist eine Anhebung des Wasserstands bis zu Geländeoberkante erforderlich (JURASINSKI et al., 2016). Planungs- und Genehmigungsschritte sowie der notwendig herzustellende Flächenzugriff führen zu langen Vorlaufzeiten bis zur eigentlichen Wasserstandsanhebung. Die Steuerung des Wasserstands ist komplex und abhängig von der Wasserverfügbarkeit und dem Zersetzungsgrad des Torfkörpers (JURASINSKI et al., 2016; NORDT et al., 2022). In beiden Fällen gibt es eine alternative Technologie bzw. Praxis. Erneuerbare Energien als Alternative zur Kohleverstromung wurden seit 1991 politisch gefördert, konnten sich in Deutschland in den letzten 20 Jahren etablieren und werden aktuell verstärkt ausgebaut (WICHMANN et al., 2022). Die Bewirtschaftungspraktiken von wiedervernässten Flächen befinden sich dagegen in der Entwicklung, d.h. man kann diese Technologien eher als Infant-Industry bezeichnen, die größtenteils noch nicht am Markt etabliert sind (WICHMANN et al., 2022). Aufgrund der hohen THG-Emissionen und steigender CO₂-Zertifikatspreise, neuer EU-Stickstoffgrenzwerte, welche die Kraftwerke zur Nachrüstung zwingen, sowie existierender energiepolitischer Alternativen wird die Braunkohle als Auslaufmodell betrachtet (FIEDLER UND SCHREMS, 2020). Auch eine andauernde Entwässerung führt langfristig durch Bodensackung und Vermulmung zu zusätzlichen Kosten und Ertragsminderungen (ZEITZ, 2016). Im Moment sind Investitionsentscheidungen in der Landwirtschaft auf eine fortgesetzte Bewirtschaftung entwässerter organischer Böden ausgerichtet und unterscheiden nicht zwischen mineralischen und organischen Böden. Bislang fehlen politische Signale und ökonomische Anreize zur Wiedervernässung sowie zur Etablierung von Produkten aus einer alternativen Bewirtschaftung dieser Flächen. Eine alternative Bewirtschaftungsform konnte sich noch nicht am Markt durchsetzen (WICHMANN et al., 2022). Im Hinblick auf die Umsetzung zeigt sich ein weiterer Unterschied zum Braunkohleausstieg: Die Wiedervernässung könnte sich mit der Zeit als zunehmend schwierig erweisen, da klimatische Veränderungen bereits zu regionalen Wasserverknappungen führen und damit eine zukünftige Wiedervernässung erschweren bzw. Verteilungsfragen diskutiert werden müssen. Hieraus könnte sich ein sukzessiver Anstieg von Vermeidungskosten ergeben, je weiter die Umsetzung in die Zukunft verlagert wird (GROSSMANN UND DIETRICH, 2012).

3.5 Rechtlich (L)

Sowohl die Emissionen aus entwässerten und landwirtschaftlich genutzten Moorflächen als auch die Verstromung von Braunkohle sind jeweils Sektoren zugeordnet (LULUCF und Energie), für welche wiederum im Rahmen des KSG (2021) eine rechtliche Verpflichtung

sowie sektorspezifische Vorgaben der Emissionsreduktion verankert sind. Auf Grundlage juristischer Analysen wurde festgestellt, dass der Kohleausstieg ein Eingriff in das Eigentum darstellt. Des Weiteren ist herausgearbeitet worden, dass dieser Eingriff gerechtfertigt sei (WISSENSCHAFTLICHE DIENSTE, 2018). In Bezug auf die Wiedervernässung von Mooren könnte, je nach Ausgestaltung der Maßnahme, ein Eingriff in das Eigentum abgeleitet werden. Da z.B. mit einer Umwandlung von Ackerland in Grünland und einer anschließenden Vernässung eine Wertminderung der Fläche sowie eine erzwungene Nutzungsänderung bzw. -aufgabe einhergehen. In den moorspezifischen Politikdokumenten (KSG; Moorschutzstrategie, Bund-Länder-Zielvereinbarung) wurde vorweggegriffen, dass bei der Maßnahmenumsetzung vollständig auf die freiwillige Teilnahme der Akteure zu setzen sei, weil es sich andernfalls um einen massiven Eingriff in das Eigentum handeln würde. Jedoch ist zum heutigen Wissensstand keine umfangreiche juristische Prüfung vorgenommen worden, ob ein Eingriff in das Eigentum in Hinblick auf die Klimaschutzziele zu rechtfertigen wäre. Das Prinzip der Freiwilligkeit führt unter den aktuellen Rahmenbedingungen dazu, dass die (verbindlichen) Klimaschutzziele nicht erreicht werden (GRETHE et al., 2021; WICHMANN et al., 2022). Der Kohleausstieg ist hauptsächlich durch das Gesetz zur Reduzierung und Beendigung der Kohleverstromung, durch die Änderung weiterer Gesetze (Kohleausstiegsgesetz sowie durch das Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen rechtlich verankert und ausgestaltet (MATTHES, 2021). Die Moorwiedervernässung hingegen ist derzeit durch Zielbestimmungen und Strategiedokumente beschrieben, welche im Vergleich zur gesetzlichen Verankerung des Kohleausstiegs als unverbindlicher gewertet werden können. Es besteht kein planungsrechtliches Instrument, welches die freiwillige Zustimmung (bzw. Vetorecht) einzelner Betroffener ersetzen könnte (NORDT et al., 2022). Die Wiedervernässung ist als notwendige Maßnahme zunächst nicht aus bestehenden Normen direkt abzuleiten. Zusätzlich ergeben sich Hemmnisse sowohl im öffentlichen als auch im Zivilrecht, die sich aus bestehenden Zielkonflikten und Rechtsnormen ergeben (GRETHE et al., 2021; SCHÄFER und YILMAZ, 2019). Die Kohlekraftwerke sind in einen europäischen Zertifikatehandel (EU ETS) eingebunden, dessen Ausgestaltung den Kohleausstieg voraussichtlich vorantreibt bzw. sogar vorzieht (ÖKO-INSTITUT, 2020a; PIETZCKER et al., 2021). Die Landwirtschaft oder auch der LULUCF-Sektor sind dagegen in keinen verpflichtenden Zertifikatehandel eingebunden (ISERMEYER et al., 2019). In der Braunkohlewirtschaft besteht zusätzlich eine rechtliche Verpflichtung zur Rekultivierung der Tagebauten, welche wiederum in das Investitionskalkül der Anlagen- und Kraftwerksplanung bzw. den Erwartungshorizont der Braunkohlekonzerne inbegriffen ist (ÖKO-INSTITUT, 2017). Eine vergleichbare Verpflichtung oder ein Genehmigungsverfahren für die Bewirtschaftung entwässerter Moore ist dagegen nicht vorgesehen, so dass entsprechende finanzielle Mittel für eine „Restaurierung“ im Fall von Moorflächen für die landwirtschaftlichen Akteure nicht vorgehalten werden.

3.6 Umwelt (E)

Die negative Umweltwirkung der Braunkohleverstromung und der Entwässerung von Mooren besteht in den hohen CO₂ Emissionen. In beiden Fällen handelt es sich in den Sektoren (Energie bzw. LULUCF) um die jeweils größte CO₂ Einzelemissionsquelle. So wurden 2019 in Deutschland 110,1 Mio. t CO₂ durch Braunkohlekraftwerke emittiert (ÖKO-INSTITUT, 2020b); bei den Mooren unter landwirtschaftlicher Nutzung sind es 42 Mio. t CO₂e (UBA, 2021a). Die Braunkohlewirtschaft ist für den Ausstoß weiterer Schadstoffe (z.B. Quecksilber, Schwefeldioxid und Arsen) verantwortlich (UBA, 2021b). Aus entwässerten Mooren entweichen neben CO₂ die Treibhausgase Methan und Lachgas. Nach einer Wiedervernässung kann es zunächst kurzfristig zu einem Anstieg der Methanemission kommen (GÜNTHER et al., 2020). Die Braunkohlewirtschaft und die Entwässerung von Mooren wirken sich negativ auf den Gewässerzustand aus (UBA, 2021b; HOLSTEN und TREPPEL, 2016). Die Wiedervernässung führt zu einer Erhöhung der Wasserqualität. In Hinblick auf eine Klimaanpassung erzeugen

nasse Moore einen lokalen Kühlungseffekt und können Hochwasser- und Starkregenereignisse besser abfedern (AHMAD et al., 2020). Der Kohleausstieg und die Wiedervernässung verhindern eine weiterführende Schädigung von Umweltmedien wie Boden, Landschaft und Biodiversität (UBA, 2021b; LUTHARDT und WICHMANN, 2016). In beiden Fällen ist die Komplexität und Multidimensionalität der Maßnahmenwirkungen zu berücksichtigen.

4 Interpretation des Ergebnisses und Diskussion

Zunächst konnte herausgestellt werden, dass sowohl die Wiedervernässung als auch der Kohleausstieg sinnvolle Maßnahmen sind, um die sektorspezifischen Emissionsreduktionsziele zu erreichen. Zahlreiche Argumente - auch im Sinne einer politischen Kohärenz in der Klimaschutzpolitik - sprechen sowohl für die vollständige Wiedervernässung (GRETHE et al. 2021) als auch die Beendigung der Kohleverstromung (OEI et al., 2018). In beiden Fällen lässt sich die Transformation nicht nur auf die betriebswirtschaftliche Ebene beschränken, zu berücksichtigen bleibt ebenfalls die soziale, historische und kulturelle sowie die technische und politische Ebene. Die Moorwiedervernässung sollte nach GRETHE et al. (2021) ebenfalls einem sozialverträglichen Pfad folgen. Eine Wiedervernässung aller potentiellen Flächen bedeutet, ähnlich dem Kohleausstieg innerhalb des Energiesektors, für die deutsche Landwirtschaft eine substantielle Umstellung der Wirtschaftsweise sowie einen fundamentalen Paradigmenwechsel. Der Vergleich mit dem Kohleausstieg anhand der PESTLE-Analyse zeigt, dass es sich bei der **Moorwiedervernässung um eine vergleichbare multidimensionale und tiefgreifende Transformation** handelt, deren Auswirkungen sich regionalspezifisch konzentrieren würden. Aufgrund der strukturellen Gemeinsamkeiten, unter der Voraussetzung einer sozialverträglichen Transformation, könnten Elemente des Kohleausstiegs als Modell herangezogen werden.

Aus der politisch signalisierten Zahlungsbereitschaft des Kohleausstiegs ließe sich eine äquivalente Finanzausstattung für politische Maßnahmen im Sinne des sozialverträglichen Wiedervernässungspfades ableiten. In Deutschland wurde mit der Entscheidung für den Kohleausstieg ein Instrumentenmix mit einem umfangreichen Finanzvolumen beschlossen, um diesen Paradigmenwechsel sozialverträglich zu gestalten. Die Finanzausstattung des Ausstiegs aus der Braunkohleverstromung könnte als politische Zahlungsbereitschaft interpretiert werden (UBA, 2018). Die durch den Kohleausstieg festgelegten finanziellen Mittel von insgesamt 45,75 Mrd. € für Entschädigungen, Strukturhilfen und Anpassungsgeld (HAYWOOD et al., 2021; AGORA ENERGIEWENDE, 2019) können eine Orientierung für eine politische Zahlungsbereitschaft zur Vermeidung von CO₂ geben, da mit den eingesetzten Finanzmitteln unter Einhaltung des Ausstiegspfades aus der Braunkohleverstromung 110,1 Mio. t CO₂ pro Jahr eingespart werden (ÖKO-INSTITUT, 2020b). Unterstellt man eine äquivalente Zahlungsbereitschaft zur CO₂-Vermeidung durch Moorwiedervernässung, so wäre für die Vermeidung von derzeit 35,8 Mio. t CO₂ pro Jahr durch die vollständige Vernässung aller Acker- und Grünlandflächen bis 2050 (vgl. TANNEBERGER et al., 2021) ein Finanzvolumen von insgesamt 13,4 Mrd. € gerechtfertigt. Die genannten Gemeinsamkeiten und Unterschiede deuten an, dass die Moorwiedervernässung eine hohe Komplexität politischer Regelung erfordert. Im Gegensatz zum Kohleausstieg besteht jedoch für die Moorwiedervernässung bisher keine ausgearbeitete Langfriststrategie, in welcher verschiedene Politikinstrumente aufeinander abgestimmt sind sowie ein konkreter Zeithorizont benannt ist. Der gewählte Politikmix sollte unterschiedliche Instrumente enthalten, welche die beschriebenen Ebenen adressieren und EU-Rechtskompatibel ist. Derzeit ist die politische Stoßrichtung stark auf freiwillige Maßnahmen ausgerichtet. Wie beim Kohleausstieg sollten für einen effektiven und sozialverträglichen Wiedervernässungspfad ebenfalls konterkarierende Subventionen und Förderungen beendet werden und ordnungsrechtliche Instrumente, potentielle Entschädigungszahlungen sowie die Förderung von Investitionen und Strukturhilfen im Politikmix aufeinander abgestimmt sein (WICHMANN et al., 2022; GRETHE et al., 2021).

GRETHE et al. (2021) stellen heraus, dass der politischen Strategie und den daraus angestrebten Transformationsprozessen angemessene Übergangszeiträume zugebilligt werden sollten, um den Vertrauensschutz zu wahren und reale Anpassungsmöglichkeiten zu ermöglichen. **Daher sollte die politische Strategie des Wiedervernässungspfades zu Beginn dem Freiwilligkeitsprinzip folgen und positive Anreize zur Wiedervernässung setzen, welche über die Zeit eine stärkere Verpflichtung und Bepreisung aufweisen, so dass die Entwässerung von Moorböden mittelfristig weder wirtschaftlich noch rechtlich durchsetzbar wäre** (GRETHE et al., 2021). Um Planungssicherheit für die verschiedenen Akteursgruppen zu schaffen, wäre ähnlich dem Kohleausstieg ein Reduktionspfad sowie eine korrespondierende politische Strategie notwendig. Der Reduktionspfad sollte mit den europäischen und nationalen klimapolitischen Zielen übereinstimmen. Zur Ausgestaltung der politischen Strategie wäre die Einberufung eines durch den Bundestag mandatierten Gremiums - ähnlich der Kohlekommission - denkbar. Durch die Besetzung des Gremiums mit verschiedenen Akteursgruppen könnte eine größere Akzeptanz der erarbeiteten Ergebnisse und des anstehenden Transformationsprozesses erreicht werden. Um einen sozialverträglichen Transformationspfad zu gestalten, wäre es zweckdienlich das vorhandene Wissen aus den Regionen zu nutzen (MATTHES 2021). **Denn die regional unterschiedlichen Gegebenheiten und Ausgangsbedingungen für einen Transformationsprozess sollten bei der Ausgestaltung der politischen Strategie Berücksichtigung finden.** Die Betrachtung des Kohleausstiegs als Blaupause erfordert neben der Übertragung von Elementen, dass Negativerfahrungen des Kohleausstiegs aufgearbeitet (MATTHES, 2021) und bei der Entwicklung des Politikmixes die beschriebenen Unterschiede zwischen Kohleausstieg und Moorbödenwiedervernässung berücksichtigt werden.

Weiterführend könnte die Analyse einer umfangreichen Wiedervernässung als Konzept einer Exnovation im Sinne der Transformationsforschung nach HEYEN (2016) und HEYEN et al. (2017) weitere Erkenntnisse über die Wiedervernässung als Transformationsprozess hervorbringen.

Literaturverzeichnis

- AGORA ENERGIEWENDE (2019): Die Kohlekommission. Ihre Empfehlungen und deren Auswirkungen auf den deutschen Stromsektor bis 2030. Analyse. Agora Energiewende und Aurora Energy Research. In: <https://bit.ly/3pfKG4E>. Abruf: 25.2.2022.
- AHMAD, S., H. LIU, A. GÜNTHER, J. COUWENBERG UND B. LENNARTZ (2020): Long-term rewetting of degraded peatlands restores hydrological buffer function. In: The Science of the total environment 749: 141571.
- BMU (2016): Klimaschutzplan 2050. Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. In: <https://bit.ly/3KhngnI>. Abruf: 5.3.2022.
- BMU (2019): Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050. BMU. In: <https://bit.ly/3sLKZXq>. Abruf: 5.3.2022.
- BMU (2021): Nationale Moorschutzstrategie. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. In: <https://bit.ly/3BTazMX>. Abruf: 23.2.2022.
- BUND-LÄNDER (2021): Bund-Länder-Zielvereinbarung zum Klimaschutz durch Moorbodenschutz. In: <https://bit.ly/36HkTMx>. Abruf: 23.2.2022.
- DBV (2020): Situationsbericht 2020/2021. Trends und Fakten zur Landwirtschaft. Deutscher Bauernverband e.V.
- DEICKERT, S. UND J. PIEGSA (2016): Gesellschaftliche Aspekte bei der Umsetzung von Paludikultur. Mensch und Moor im Wandel der Zeiten. Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore. Schweizerbart, Stuttgart, Germany.
- DENA (2021): Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.) (2021): Natürliche Senken –Kurzgutachten im Rahmen der dena-Leitstudie „Aufbruch Klimaneutralität“, erstellt vom Ökoinstitut e. V.

- Deutscher Bundestag (2021): Bericht des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung (18. Ausschuss) gemäß § 56a der Geschäftsordnung. Nachhaltigkeitsbewertung landwirtschaftlicher Systeme – Herausforderungen und Perspektiven. Drucksache 19/31714. Berlin. In: <https://bit.ly/3hi0gZf>. Abruf: 25.2.2022.
- EKARDT, F., B. JACOBS, J. STUBENRAUCH UND B. GARSKE (2020): Peatland Governance. The Problem of Depicting in Sustainability Governance, Regulatory Law, and Economic Instruments. In: *Land* 9 (3): 83.
- EU (2019): Der europäische Grüne Deal. Mitteilung der Kommission. Europäische Kommission. In: <https://bit.ly/3hI7WV2>. Abruf: 5.3.2022.
- EU (2021): Verordnung zur Schaffung des Rahmens für die Verwirklichung der Klimaneutralität und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 401/2009 und (EU) 2018/1999 („Europäisches Klimagesetz“). Europäische Kommission. In: <https://bit.ly/3MoQfla>. Abruf: 5.3.2022.
- FIEDLER, S. UND I. SCHREMS (2020): Entschädigungszahlungen für Braunkohleunternehmen. Wofür und Warum. Policy Brief 02/2020. Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft e.V. In: https://foes.de/publikationen/2020/2020-02-FOES-Braunkohle-Entschaedigung-Einschaetzung_06.02.pdf. Abruf: 5.5.2021.
- GMC (2022): Informationspapier des Greifswald Moor Centrum zu Photovoltaik-Anlagen auf Moorböden. Greifswald Moor Centrum. Stand: März 2022. In: <https://bit.ly/3c8E7hb>. Abruf: 21.08.2022.
- GRETHE, H., J. MARTINEZ, B. OSTERBURG, F. TAUBE UND F. THOM (2021): Klimaschutz im Agrar- und Ernährungssystem Deutschlands. Die drei zentralen Handlungsfelder auf dem Weg zur Klimaneutralität. Stiftung Klimaneutralität. In: <https://bit.ly/3tar9nn>. Abruf: 25.2.2022.
- GROLL, S. (2015): Klima und Kohle zusammen in Bewegung. Heinrich-Böll-Stiftung. In: <https://bit.ly/3vzvaEK>. Abruf: 3.3.2022.
- GROSSMANN, M. UND O. DIETRICH (2012): Social benefits and abatement costs of greenhouse gas emission reductions from restoring drained fen wetlands: A case study from the elbe river basin (germany). In: *Irrigation and Drainage* 61 (5): 691–704.
- Günther, A., A. Barthelmes, V. Huth, H. Joosten, G. Jurasinski, F. Koebisch und J. Couwenberg (2020): Prompt rewetting of drained peatlands reduces climate warming despite methane emissions. In: *Nature Communications* 11 (1): 1644.
- HAAS, T.; HERBERG, J.; LÖW-BEER, D. (2022): From carbon democracy to post-fossil capitalism? The German coal phase-out as a crossroads of sustainability politics. In: *Sustainability: Science, Practice and Policy* 18 (1), S. 384–399. DOI: 10.1080/15487733.2022.2069542.
- HAYWOOD, L., M., JANSER; UND N. KOCH (2021): Sozialer Kohleausstieg oder zusätzliche Entschädigung der Industrie? Perspektiven der Wirtschaftspolitik 22, 2, 130–141. DOI: 10.1515/wpp-2020-0050.
- HEYEN, D. A. (2016): Exnovation: Herausforderungen und politische Gestaltungsansätze für den Ausstieg aus nicht-nachhaltigen Strukturen. Working Paper 3/2016. In: <https://bit.ly/35soPQq>. Abruf: 25.2.2022.
- HEYEN, D. A.; HERMWILLE, L.; WEHNERT, T. (2017): Out of the Comfort Zone! Governing the Exnovation of Unsustainable Technologies and Practices. In: *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society* 26 (4), S. 326–331. DOI: 10.14512/gaia.26.4.9.
- HOLSTEN, B. UND M. TREPPEL (2016): Nährstoffhaushalt und Gewässerschutz. Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore. Schweizerbart.
- Isermeyer, F., C. Heidecke und B. Osterburg (2019): Einbeziehung des Agrarsektors in die CO₂-Bepreisung. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig. In: <https://bit.ly/3IM3xfD>. Abruf: 5.3.2022.
- JOHNSON, G., R. WHITTINGTON, K. SHOLES, D. ANGWIN UND P. REGNÉR (2018): *Fundamentals of Strategy*. Pearson Education Limited, Harlow, England.
- JURASINSKI, G., A. GÜNTHER, V. HUTH, J. COUWENBERG UND S. GLATZEL (2016): Ökosystemdienstleistungen von Paludikulturen. Treibhausgasemissionen. Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore. Schweizerbart.

- KSG (2021): Lesefassung des Bundes-Klimaschutzgesetzes 2021 mit markierten Änderungen zur Fassung von 2019. Stand: 07.07.2021. In: <https://bit.ly/3vD8CmN>. Abruf: 5.3.2022.
- LUTHARDT, V. UND S. WICHMANN (2016): Ökosystemdienstleistungen von Mooren. Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore. Schweizerbart.
- MATTHES, F. C. (2021): Auswirkungen des Kohleausstiegs für die Stromerzeugung in Deutschland: Best Practice Modell für Europa? Hg. v. *Études de l'Ifri*. Online verfügbar unter <https://bit.ly/3Pu6V17>, Abruf: 18.08.2022.
- NORDT, A., S. WICHMANN, J. RISSE, J. PETERS UND A. SCHÄFER (2022): Potenziale und Hemmnisse für Paludikultur. Hintergrundpapier zur Studie „Anreize für Paludikultur zur Umsetzung der Klimaschutzziele 2030 und 2050“. Deutsche Emissionshandelsstelle im Umweltbundesamt, Berlin.
- OEL, P.-Y., H. BRAUERS, P. HERPICH, C. VON HIRSCHHAUSEN, A. PRAHL, T. WEHNERT, A. BIERWIRTH, M. FISCHEDICK, J. KURWAN, F. MERSMANN, A. PETERS, S. SAMADI, K. UMPFENBACH, S. LECHTENBÖHMER, A. NEBEL, O. WAGNER, C. LORENZ, I. TEICHMANN UND C. KEMFERT (2018): Die Beendigung der energetischen Nutzung von Kohle in Deutschland : ein Überblick über Zusammenhänge, Herausforderungen und Lösungsoptionen. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin. In: <https://bit.ly/3pgyxwD>. Abruf: 25.2.2022.
- ÖKO-INSTITUT (2017): Die deutsche Braunkohlenwirtschaft. Historische Entwicklungen, Ressourcen, Technik, wirtschaftliche Strukturen und Umweltauswirkungen. Studie im Auftrag von Agora Energiewende und der European Climate Foundation. In: <https://bit.ly/3ICml0V>. Abruf: 23.2.2022.
- ÖKO-INSTITUT (2020A): Die wirtschaftliche Situation der Braunkohle-Verstromung in Deutschland. Eine Analyse historischer Trends bis zum Juni 2020. In: <https://bit.ly/3tdpvlf>. Abruf: 25.2.2022.
- ÖKO-INSTITUT (2020B): Einordnung der geplanten Entschädigungszahlungen für die Stilllegungen deutscher Braunkohlekraftwerke im Kontext aktueller Entwicklungen. Berlin.
- PIETZCKER, R., S. OSORIO UND R. RODRIQUES (2021): Tightening EU ETS targets in line with the European Green Deal: Impacts on the decarbonization of the EU power sector. In: *Applied Energy* (293).
- RINSCHIED, A. UND R. WÜSTENHAGEN (2019): Germany's decision to phase out coal by 2038 lags behind citizens' timing preferences. In: *Nature Energy* 4 (10): 856–863.
- RÖDER, N. UND F. GRÜTZMACHER (2012): Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Mooren - Vermeidungskosten und Anpassungsbedarf. In: *Natur und Landschaft* 87 (2): 56–61.
- RÖDER, N. UND B. OSTERBURG (2010): Reducing GHG Emissions by Abandoning Agricultural Land Use on Organic Soils. Contributed paper at the IATRC Public Trade Policy Research and Analysis Symposium 'Climate Change in World Agriculture: Mitigation, Adaptation, Trade and Food Security. Stuttgart, Germany. In: <https://bit.ly/3slXs3R>. Abruf: 25.2.2022.
- RÖDER, N. UND B. OSTERBURG (2012): The Impact of Map and Data Resolution on the Determination of the Agricultural Utilisation of Organic Soils in Germany. In: *Environmental Management* (49): 1150–1162.
- RWI (2018): Strukturdaten für die Kommission "Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung". Projektbericht für das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Endbericht. RWI-Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung, Essen, Germany. In: <https://bit.ly/3hfRLxI>. Abruf: 25.2.2022.
- SANDER, H., S. SIEBENMORGEN UND S. BECKER (2020): Kohleausstieg und Strukturwandel. Für eine sozialökologische Transformation im Rheinischen Revier. STUDIEN 15/200. Rosa-Luxemburg-Stiftung, Berlin.
- SCHÄFER, J. UND Y. YILMAZ (2019): Aktuelle Hemmnisse und Weiterentwicklungsoptionen im Ordnungs- und Planungsrecht zugunsten der Moorrevitalisierung als Umsetzung von Klimaanpassungs- und Klimaschutzmaßnahmen. Rechtswissenschaftliche Studie. Rechtswissenschaftliche Studie. Greifswald Moor Centrum.
- SCHALLER, L. L. (2014): Landwirtschaftliche Nutzung von Moorflächen in Deutschland. Sozioökonomische Aspekte einer klimaschonenden Bewirtschaftung. Dissertation. Produktions-

und Ressourcenökonomie landwirtschaftlicher Betriebe, Technische Universität München, Freisingen-Weihenstephan.

- SCHEFFLER, M., K. WIEGMANN, S. LAKNER, P. SOMMER UND M. MEYER-JÜRSHOF (2022): Wieviel Klimaschutz steckt in der 1. Säule der GAP? – Analyse und politische Empfehlungen. UBA, Dessau-Roßlau. In: <https://bit.ly/33Sdd93>. Abruf: 25.2.2022.
- SCHOMAKER, R. M. UND A. SITTER (2020): Die PESTEL-Analyse. Status quo und innovative Anpassung. In: *Der Betriebswirt* 61 (1): 3–21.
- STATISTA (2021): Anteil der Landwirtschaft an der Bruttowertschöpfung in Deutschland bis 2019. In: <https://bit.ly/3HpAay6>. Abruf: 25.2.2022.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2020): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Betriebswirtschaftliche Ausrichtung und Standardoutput Landwirtschaftszählung. Fachserie 3 Reihe 2.1.4. In: <https://bit.ly/3ImVwO1>. Abruf: 23.2.2022.
- TANNEBERGER, F., S. ABEL, J. COUWENBERG, T. DAHMS, G. GAUDIG, A. GÜNTHER, J. KREYLING, J. PETERS, J. PONGRATZ UND H. JOOSTEN (2021): Towards net zero CO₂ in 2050: An emission reduction pathway for organic soils in Germany. In: *Mires and Peat* 27.
- UBA (2018): Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten. Methodische Grundlage. Dessau-Roßlau. In: <https://bit.ly/3IOv0xe>. Abruf: 6.3.2022.
- UBA (2020): Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten. Kostensätze. In: <https://bit.ly/35QJSfS>. Abruf: 6.3.2022.
- UBA (2021A): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2018. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausinventar 1990-2019. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. In: <https://bit.ly/3CoZHXu>. Abruf: 5.3.2021.
- UBA (2021B): Daten und Fakten zu Braun- und Steinkohle. Stand und Perspektiven 2021. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. In: <https://bit.ly/3sIFZ5A>. Abruf: 5.3.2022.
- UBA (2021C): Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität – RESCUE - Studie. *Climate Change* 36/2019: 1–443. In: <https://bit.ly/3pBg79S>. Abruf: 5.3.2022.
- UN (2015): Paris Agreement. United Nations, Paris. In: <https://bit.ly/3MoRnvi>. Abruf: 5.3.2022.
- WBAE (2016): Klimaschutz in der Landwirtschaft- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwertung. Gutachten. Berlin. In: <https://bit.ly/35UWFxU>. Abruf: 8.3.2022.
- WICHMANN, S., A. NORDT UND A. SCHÄFER (2022): Lösungsansätze zum Erreichen der Klimaschutzziele und Kosten für die Umstellung auf Paludikultur. Hintergrundpapier zur Studie „Anreize für Paludikultur zur Umsetzung der Klimaschutzziele 2030 und 2050“. Deutsche Emissionshandelsstelle im Umweltbundesamt, Berlin.
- WISSENSCHAFTLICHE DIENSTE (2018): Fragen zum Kohleausstieg. Ausarbeitung. Hg. v. Deutscher Bundestag (WD 3 - 3000 - 402/18).
- WSB (2019): Kommission "Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung". Abschlussbericht. In: <https://bit.ly/3z8CLbB>. Abruf: 14.9.2021.
- ZEITZ, J. (2016): Auswirkungen der Entwässerung auf die Produktivität. Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore, S. 9-13. Schweizerbart.
- ZKL (2021): Zukunft Landwirtschaft. Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Empfehlungen der Zukunftskommission Landwirtschaft. Rangsdorf.

**FARMLAND PRICES AND COMPENSATION SCHEMES
IN AGRICULTURAL PRODUCTION**

HOW DOES TENANCY AFFECT FARMLAND PRICES? EFFECTS OF LEASE STATUS, LEASE TERM, AND BUYER TYPE

Stefan Seifert¹, Maximilian Humpesch, Alfons Balmann, Silke Hüttel

Abstract

This paper investigates the conjecture that existing land lease contracts at the time of the sale influence agents' costs of being information deficient and thus their bargaining position, their expectation formation about future returns, and ultimately the price discovery process. To investigate the role of lease status and term in this process, we link different levels of information, search and bargaining cost to different buyer groups with different land use intentions. Relying on a rich data set for the Federal State of Saxony-Anhalt in Eastern Germany covering the years 2014–2019 and a hedonic pricing model, results indicate mark-downs related to lease status and lease term, particularly for tenant buyers.

Keywords

Farmland price dispersion, lease term, hedonic price model, information deficiency

1 Introduction

Farmland markets, as other real estate markets, are thinly traded and the immobility of land makes each transaction unique (NICKERSON and ZHANG, 2014). Besides such asset heterogeneity, seller and buyer heterogeneity may induce well documented price dispersion (CURTISS et al., 2021; SEIFERT et al., 2021). In thinly traded markets, asymmetric transaction, search, information gathering and bargaining costs can lead to costs being information deficient. As information deficiency relates to the bargaining positions of agents, it determines the potential for exercising market power (BALMANN et al., 2021; KING and SINDEN, 1994). Linking these costs to agent characteristics, such as being a farmer with specific knowledge about the sector, has offered identifying relative price effects depending on seller-buyer constellations but related to information deficiency. For instance local farmers and tenants can benefit from informational advantages resulting in price mark-downs (SEIFERT et al., 2021), or price mark-ups paid by non- local buyers with higher information and search cost, for instance about the local market structure, including expected future supply of substitute plots (BEAUMAIS et al., 2021; CURTISS et al., 2013; CURTISS et al., 2021).

An existing lease contract could thereby denote restrictions, but also offer opportunities for cost savings, depending on how a buyer intends to generate future returns. Non-farmer investors consider land as a financial investment for returns, to store wealth, hedge against inflation, or as risk-reducing asset in their portfolio (DESMARAIS et al., 2017; BALMANN et al., 2021). Future returns will thus strongly depend on whether a suitable tenant can be found and a high rental rate can be negotiated at low cost. For the group of investors, an existing lease contract could form an advantage as no additional search cost for finding a tenant occur. At the same time, such a contract limits them benefitting from increasing rental rates for the remaining duration of the lease contract. For Germany, officially reported average land rental rates increased between 2017 and 2020 from 328 to 375 Euros per hectare on average, and from 430 to 481 Euros per hectare for new contracts, respectively (DESTATIS, 2021, 2017). This suggests that

¹ Institute for Food and Resource Economics, Universität Bonn Rheinische-Friedrichs-Wilhelms Universität, Nußallee 21, 53115 Bonn, s.seifert@ilr.uni-bonn.de

substantial forgone returns from sales with existing lease terms can be anticipated, and the effect can be expected to increase in term.

Tenants as farmers typically buy the land they use with the aim to secure their farming structure, to hedge against increases of rental rates, and by increasing collateral they can reduce capital cost. Selling the land to a tenant offers the seller to save search cost, and the buyer to benefit from informational advantages such as true information about land management prior to the sale (e.g. fertilization or crop rotations) relevant for future yield potentials, but hard to assess for non-tenant and non-local buyers. At the same time, however, selling under an existing contract limits chances to sell to other farmer buyers, and thus at reduced outside options, weakening the bargaining position of the seller. Farmers but non-tenants as buyers may see an investment in land as an opportunity to increase their land bank and may evaluate existing contracts as foregone revenues from own farming operation against returns from the lease, potentially as a disadvantage. Thereby, (farmer and non-farmer) investors, tenant and non-tenant farmer buyers with the intention to operate the land may even focus on different types of land regarding the lease status when searching and forming the bid.

While this suggests that lease contracts at the time of sale influence expectations about future returns and thus the price discovery process, its contribution to price dispersion seems relatively unexplored. This paper targets at exploring this relation for the study region of eastern Germany from a microstructural perspective.

Well documented thus far seem that lease status relates to rental rates through social capital in the landlord-farmer relation (BRYAN et al., 2015; TAYLOR and FEATHERSTONE, 2018), and lease terms correlate with land rental rates (CHOUMERT and PHÉLINAS, 2017), where even term structures could be identified for Eastern Germany, our study region (HÜTTEL et al., 2015). Empirical investigations about the influence of lease status and lease term on sales price formation seem however rare with mixed results. For instance, SEIFERT et al. (2021) report based on a non-standard hedonic pricing model for the on Eastern German Federal State that tenants buy at lower prices arguing that they might benefit from a landlord-tenant relationship (social capital), lowering overall search cost. COTTELEER et al. (2008) find for the Netherlands a notable price mark-down for leased land, however only for semi-urban and urban areas, not for rural areas.

While these studies suggest that farmland price dispersion could be related to tenancy, no in-depth farmland price investigation exists that considers lease status and term explicitly. This appears even more surprising as the regional Committee of Land Valuation Experts in our study region reports a negative correlation between sales prices and lease status and lease term (GA SACHSEN-ANHALT, 2021). We argue that not differentiating by buyer type while assessing the interplay between lease status and term with prices, that is, not acknowledging sources of price dispersion, could hamper causal interpretation. This study targets at closing this gap.

We conjecture that lease status and term influence the level of costs being information deficient but also the bargaining position directly and respective expectation formation about future returns from owning the land, and thus ultimately the price discovery process. To explore this overall conjecture, we structure our work around five hypotheses and link different levels of information gathering, search and bargaining cost to different buyer groups, that further offer links to intentions to buy the land (for own operation versus leasing out). We rely on a rich data set for the Eastern German Federal State of Saxony Anhalt, covering the period 2014–2019. We can differentiate between tenant, farmer and non-farmer buyers when analysing the relation between prices, lease status and term. Testing relies on four different hedonic pricing model specifications and functional form specification about the price-lease term relation is supported by LOESS.

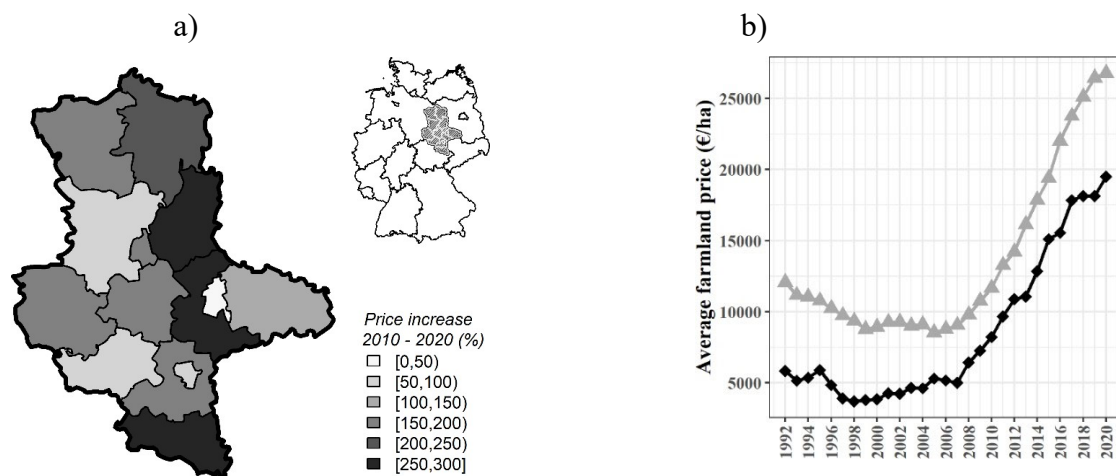
2 Background and hypothesis

2.1 Farmland market in Saxony-Anhalt, eastern Germany

Our study region is the Federal State of Saxony Anhalt located in Eastern Germany. Farmland transactions need a formal approval, where reasons for denial entail too high prices compared to local levels as documented by the appraisal committees, which is the same source we use in our application, or a non-local buyer, where denial requires a local farmer be willing to pay the price and approved need of land. Other reasons include fragmentation potentially constituting barriers to sustainable farming. Although the privatization of former state-owned agricultural land is still ongoing, the farmland market is thinly traded (ranging between 1 and 2%, where the German average is around 0.5%). Prices in this Federal State have risen as in other post-transition regions considerably during the last decades (see Figure 1), i.e. by 237% from 8,233 €/ha in 2010 to 19,500 €/ha in 2020 (STALA, 2021a). Price levels are nonetheless still below the German average farmland price of about 26,026 €/ha (DESTATIS, 2020).

These lower price levels, however, do not reflect that the agricultural sector in Saxony Anhalt is one of the most profitable ones in Germany, where today's farming structure is still shaped by its post-communist transition with rather large, commercially oriented cash crop farms. After the German reunification in 1990, many collective farms were transformed into large cooperative and corporate farms, but also newly founded family farms benefited from large average lot sizes. With an average size of 283 ha, farms are substantially larger than the German average farm of 60 ha (DESTATIS, 2019).

Figure 1. Development of farmland prices



a) Price increase per county from 2010 to 2020

b) Average farmland prices in Saxony-Anhalt (black) and Germany (grey) in Euro hectare, 1992 to 2018

Source: Statistisches Bundesamt (2020), Statistisches Landesamt Sachsen-Anhalt (2021)

In 2020, 73% of the farmland in Saxony-Anhalt were leased and, to our knowledge, no information on lease durations of existing or new land rental contracts is publicly available. Although less pronounced than farmland sales prices, farmland rental rates increased substantially between 2010 and 2020 from 254 €/ha to 417 €/ha (+164%, MULE, 2020). In contrast to farms in western Germany, farmers in Saxony-Anhalt were able to reduce their lease- to-property ratio in the privatization process: between 1993 and 2016, operator-owned farmland increased from 56,400 ha to 327,008 ha, whereas leased farmland decreased from 970,800 ha to 827,700 ha in the same period (DESTATIS, 2021). Both the federal Bodenverwertungs- und Verwaltungs GmbH (BVVG) and the rural settlement agency of the Federal State of Saxony Anhalt (LGSA) sell at first price sealed bid auctions with public

tenders, where LGSA prefers selling to farmers and grants a right of first refusal to their tenants (see ISENHARDT et al. (2021) for details). These institutional sellers, however, sell only without existing lease contracts.

Based on a non-standard hedonic pricing model for our study region SEIFERT et al. (2021) find these institutional but also other professional sellers selling at higher prices. The choice of the auction mechanism contributes to more cost-efficient search of buyers with a high willingness to pay, where these mark-ups range between 6-38% compared to similar plots under private sellers. Likewise, these authors find mark-downs for tenant buyers, and for farmer buyers but less pronounced compared to non-farmers. These authors suggest that removing price dispersion from asymmetric information gathering and search cost “would increase market revenue between 124 m and 145 m euros” (for the period 2014–2017). Given that the total value of the annual farmland sales in Saxony Anhalt amounts to 253 m € in 2020, which is about 20 % of the regional agricultural gross domestic product of the Federal State (DESTATIS, 2020; LSA, 2020), the number appears substantial, where the contribution of existing lease terms has thus far not been discussed in detail.

2.2 Hypothesis

To derive our hypotheses for buyer-specific price impacts of lease status and lease term, we consider observed farmland prices as a result of search and bargaining processes in a thinly traded market (KING and SINDEN, 1994). To account for the heterogeneity of farmland, we base our analysis on an hedonic pricing model (BALMANN et al., 2021; CURTISS et al., 2021; SEIFERT et al., 2021) such that specific agent’s (dis-)advantages in the search, information gathering, and bargaining process are observed as seller- and buyer-specific price markups or markdowns, respectively. We overall conjecture that lease status (whether a lease contract exists) and term influence the price discovery process and ultimately the distribution of prices related to buyer types’ specific preferences. We overall conjecture that lease status (whether a lease contract exists) and term influence the price discovery process and ultimately the distribution of prices related to buyer types’ specific preferences.

We start by investigating the relationship between prices, lease status and lease term. An existing lease term means limited flexibility for the seller. Selling to a tenant could imply search cost savings for both sides, and benefits from social capital in the negotiation process (ROBINSON et al., 2002). Tenant buyers may consider besides rental cost savings future benefits from ownership such as overall capital cost savings and increasing collateral (CLAPP and ISAKSON, 2018). Considering that for other buyers the existing lease term constitutes a barrier as they can use the land only after the contract. This limits outside options of sellers (MUTHOO, 2000), weakening their bargaining position compared to a situation without existing contract and makes mark-downs likely. From the non-tenant buyer perspective, getting full ownership and use rights with delay could imply potentially foregone losses. This we also expect to translate into mark-downs, despite the potential search cost savings for a tenant if investors buy the land with the intention to generate returns from leasing the land. The longer the lease terms endure, the lower is the flexibility and the stronger we expect these limitations in flexibility to weaken the bargaining position. Therefore, we expect on average price mark-downs related to existing contracts at the time of the sale. This gives:

H_1 (lease status): An active lease status negatively impacts farmland prices.

H_2 (lease term): An ongoing lease term negatively impacts farmland prices.

Lease status (i.e., whether a contract exists) and a lease term can offer cost savings in the search and bargaining process but also form substantial restrictions on expected future returns for buyers and thus revenues for sellers. Whether a lease term constitutes a barrier or not, depends on the intention of the buyer how the land will be used and how returns are generated (farming or leasing). Linking the intention to buyer types as our data set offers, we expect tenant buyers

to benefit from the weaker bargaining position of the seller and to negotiate lower prices compared to non-tenant and non-farmer buyers. A remaining *lease term* offers an advantage for tenants and investors, given that the latter group may realize cost savings in presence of a lease contract as no need exists to search for a solvent tenant. As our data set offers a differentiation between farmer and non-farmer buyers, and the most likely the group of investors relates to non-farmer buyers, we expect price increases in lease term for tenants and non-farmers buyers.

H_{3a}(tenant buyer): If the buyer is the current (previous) tenant, on average lower sales prices are observed; these mark-downs increase in remaining lease term in comparison to non-agricultural buyers yet not contrasted to non-tenant but farmer buyers.

Non-tenant, but farmer buyers that may particularly be interested in owning the land for farming purposes, may perceive existing contracts as a disadvantage as full ownership rights will be available with delay coming at foregone returns from farming. This delay can be substantial harm and thus expect mark-downs to increase in lease term. As farmer investors may realize forgone returns from not realizing rental rate increases, as non-farmer investors would, this effect holds for farmer and non-farmer buyers. This is expected to impact the willingness to pay of this buyer group in presence of a rental contract but foregone losses from farming are more likely for the farmer buyer group, including most likely a considerable share of farmer buyers with the intention to operate the land; yet, this remains unobserved for us. Compared to tenant farmers, however, this group of buyers may realize higher information gathering cost given their potentially lower level of information in a region compared to a tenant buyer. Compared to non-farmer buyers, this group will still benefit from sector knowledge and farming skills, reducing their search cost (SEIFERT et al., 2021). This gives:

H_{3b} (non-tenant farmer buyer): If a non-tenant farmer buys, on average higher prices are observed compared to tenant buyers but lower compared to non-farmer buyers; these mark-downs increase in the lease term but stronger compared to tenants.

3 Data

We dispose of a dataset of all transactions of arable land in Saxony-Anhalt for 2014–2019 provided by the Committee of Land Valuation Experts of Saxony-Anhalt (*Gutachterausschuss für Grundstückswerte in Sachsen-Anhalt*). The data includes the contract date and the price, main lot characteristics (coordinates, lot size, soil quality index), lease information (binary lease status, remaining length of the contract) and anonymous information of the buyer and seller types. Using the geo-coordinate of the centroid of a transaction, we enrich the dataset with historic rainfall data from a 1km × 1km grid (DWD, 2018), a drought index based on soil moisture from a 4km × 4km grid that counts the number of drought month 36 months prior to the transaction (ZINK et al., 2016), the distance to the closest highway access, and the distance to the closest regional metropolis (BBSR, 2019).

After a statistical outlier detection, the final dataset includes 6,786 transactions of in total 25,447 ha with a transaction volume of 536 mio. €. We observe an average lot size of 3.75 ha, and the distribution ranges from 0.25 ha to more than 27.98 ha (compare Table 1). Transaction prices vary substantially between less than 0.37 €/m² and more than 4.5 €/m² with an average of 1.77 €/m² (median 1.60 €/m²).

Table 1. Descriptive statistics, 2014-2019

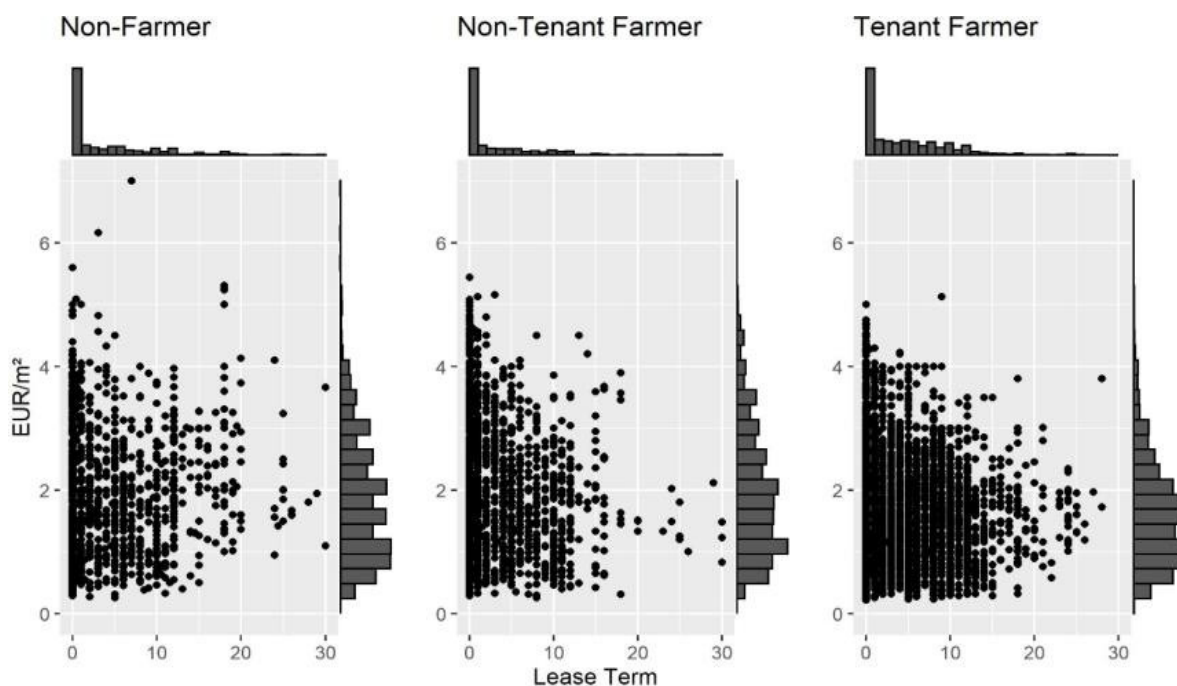
All farmland transactions (N = 6,786)	Mean	Median	SD	Q1	Q99
Price (EUR/m ²)	1.77	1.60	0.95	0.37	4.50
Size (ha)	3.75	1.64	5.67	0.25	27.98
Quality (index)	62.65	64.00	23.12	20.00	100.00
Lease duration (years)	4.25	2.00	5.13	0.00	23.00
Lease status [1,0]	0.68	1.00	0.46	0.00	1.00
Lease price (EUR/m ²)	0.02	0.02	0.02	0.00	0.07
Months of drought 3 yrs. past	20.71	20.00	5.94	9.00	34.00
Mean ann. precip. 1981-2010 (cm)	55.93	55.40	4.40	48.51	67.71
Tenant farmer [1,0]	0.53	1.00	0.50	0.00	1.00
Non-tenant farmer [1,0]	0,26	0.00	0.44	0.00	1.00
Non-farmer [1,0]	0.20	0.00	0.40	0.00	1.00

Notes: Due to data privacy reasons, minima and maxima are not reported. SD denotes the standard deviation, and Q1 and Q99 refer to the 1% and 99% quantile, respectively.

68.4% of our transacted lots are leased and we observe moderate variation in the share of leased lots over the observation period. For the whole sample, the remaining duration of the lease contracts ranges between 0 and more than 23 years with an average of 4.3 years. For transactions of leased lots, lease contracts continue for another 6.21 years on average. We observe an average lease price of 0.029 €/m² for the leased lots (whole sample: 0.018 €/m²) increasing from 0.026 €/m² in 2014 to 0.033 €/m² in 2019.

In 79.5% (5,394) of the transactions, the buyer is a farmer, and non-farmers account for 20.5%. The buyer is the tenant in 53,2% of the transactions (3,603). As shown by Figure 2, we observe on average lower prices for tenant farmer buyers (1.62 €/m²) compared to non-tenant farmer buyers (1.96 €/m²) and non-farmer buyers (1.87 €/m²).

Figure 2. Observation density per buyer group of the remaining lease duration



4 Empirical strategy

We empirically analyse the relationship between farmland prices, lease status and term, and the lease price using a hedonic pricing model (Rosen, 1974). The hedonic model posits that the market value of farmland reflects the implicit prices of the lands' characteristics. These implicit prices are thereby determined at the point where the buyers' willingness to pay (WTP) equals the sellers' willingness to accept (WTA). Thus, farmland prices P are functionally dependent on land characteristics x such that $P = h(x'\beta) + \varepsilon$, where h denotes the hedonic price function and β is a vector of appreciations for the lot characteristics. Observed prices may deviate from this function, ε , due to, for instance, measurement error and noise, but also costs of information deficiency may play a role, observed as price dispersion (KUMBHAKAR and PARMETER, 2010; Seifert and Hüttel, 2020).

We rely on the standard hedonic model without explicit modelling the price dispersion to investigate our hypothesis H_1 to H_3 . We follow COTTELEER et al. (2008) and control for lease characteristics as a potential shifter of the hedonic price function. Buyer/seller- characteristics may affect the bargaining process but we presume that appreciations of lot characteristics do not interact with the lease characteristics (COTTELEER et al., 2008). This gives the following base model: $P = h(x'\beta) + \delta L + \varepsilon$ where L denotes the lease characteristics (lease status and term) with the coefficient vector δ capturing effects related to lease characteristics, respectively.

We further rely on a log-linear model specification, i.e. $\log(P)$ as a function of productivity-related lot characteristics such as lot size (x_s), soil quality (x_q), and water availability approximated by a drought index (x_d) and historic average annual precipitation (x_p). We use flexible Box-Cox functional form to limit omitted variable bias (KUMINOFF et al., 2010) and lot size and soil quality enter the model in square roots, and their interaction in linear terms. The drought index enters the model linearly while precipitation in linear and quadratic form (x_p , x_p^2). To account for remaining spatio-temporal heterogeneity potentially causing price variation for identical lot characteristics, we add distance to the closest regional metropolis,

mdc , and the distance to the closest highway interchange mdh , both calculated as the shortest air-line distance from a lot's centroid. These shall reflect unobserved but relevant potential future returns of a lot by development options in urban proximity and infrastructure access (see, e.g. Brorsen et al., 2015 for the US). We further add 87 dummy variables mk ($k = 1, \dots, 87$) indicating the standard land value zone (Bodenrichtwertzone) of a transaction. These standard land value zones are defined by the Committee of Land Valuation Experts as granular and compact areas with similar land market characteristics (average size: 236 km²). This offers us to account for unobserved but systematic impact of land market characteristics such as supply trends. To account for the substantial price rise during the observation period, we include a quarterly time trend variable in linear and quadratic terms, τ and τ^2 , that equal 1 and 1² for transactions in the first quarter of 2014, 2 and 2² for the second quarter of 2014, and so on. A dummy variable for sales in the third quarter, Q_3 , is added to capture seasonality in the farmland market (SEIFERT et al., 2021). For transaction i , the hedonic part of our model is thus given by

$$h(x) = \alpha_0 + \beta_s \sqrt{x_s} + \beta_q \sqrt{x_q} + \beta_{sq} x_s x_q + \beta_d x_d + \beta_p x_p + \beta_{p2} x_p^2 + \gamma_{dc} m_{dc} + \gamma_{dh} m_{dh} + \sum_k \gamma_k m_k + \gamma_\tau \tau + \gamma_{\tau^2} \tau^2 + \gamma_{Q3} Q_3, \quad (1)$$

where β 's and γ 's are parameters of the hedonic and the spatio-temporal control variables.

To investigate the impact of lease characteristics on farmland transaction prices, we test our hypotheses with four different model specifications. First, to investigate the role of an active *lease status* (H_1), we linearly add a dummy variable for the lease status, L_{LS} , that equals 1 if a lot is leased, and zero otherwise. Model M1 is thus given by

$$\log(P) = h(x) + \delta_{LS} L_{LS}. \quad (2)$$

where we expect $\delta_{LS} < 0$.

We enhance this model to investigate the effect of the *lease term* L_{LT} on prices (H_2). The functional relationship between transaction prices and the lease term is unknown ex-ante and expert interviews with the Committee of Land Valuation Experts of Saxony-Anhalt suggested potential non-linearities. To acknowledge potential non-linearities, we rely on an auxiliary regression of the residuals of Model M1 on L_{LT} using locally weighted scatterplot smoothing (LOESS). The non-parametric LOESS estimator provides a graphical representation of the relationship without requiring any functional form specification (CLEVELAND and DEVLIN, 1988). The resulting LOESS estimate (available from the authors upon request) suggests a U-shape and we include the lease duration in a linear-quadratic fashion. Model M2 is thus given by

$$\log(P) = h(x) + \delta_{LS}L_{LS} + \delta_{LT1}L_{LT} + \delta_{LT2}L_{LT}^2 \quad (3)$$

where we expect $\partial \log(P) / \partial L_{LT} < 0$.

To investigate *buyer-type specific price effects of lease status and term* (H_3 's), we add dummy variables for tenant farmer buyers (z_T) and non-tenant farmer buyers (z_{NT}), and their interactions with the lease term L_{LT} . The resulting model M3 is given by

$$\begin{aligned} \log(P) = h(x) + \delta_{LS}L_{LS} + \delta_{LT}L_{LT} + \delta_{LT2}(L_{LT})^2 + \delta_{TzT} + \delta_{LTTzT}L_{LT} + \delta_{NTzNT} \\ + \delta_{LTNTzNT}L_{LT}, \end{aligned} \quad (4)$$

where parameters δ_T and δ_{NT} capture price differentials for tenants and non-tenants relative to non-farmer buyers, respectively; δ_{LTT} captures effects related to lease term and tenant buyers, and δ_{LTNT} respective effects of lease term and non-tenant buyers. Under hypothesis H_{3a} , we expect on average lower prices with a tenant-buyer compared to non-farmer and farmer buyers, and these mark-downs to increase with the remaining lease term but this increase only in contrast to non-farmer buyers such that $\delta_T < 0$; $\delta_{LTT} < 0 \wedge \delta_{LTT} > \delta_{LTNT}$. Following hypothesis H_{3b} , we expect on average higher prices for non-tenant farmers compared to tenant buyers, but lower prices compared to non-farmer buyers. We expect these mark-downs for non-tenant farmer buyers to increase in the lease term; this price-decreasing effect expected to be stronger compared to tenants, such that $\delta_{NT} < 0 \wedge \delta_{NT} > \delta_T \wedge \delta_{LTNT} < 0 \wedge \delta_{LTT} > \delta_{LTNT}$.

All models are estimated by ordinary least squares (OLS) using R. Inference is based on heteroscedasticity-robust standard errors (White, 1980) using the package sandwich (ZEILEIS, 2006); joint non-linear hypothesis testing uses restrictor (LEONARD VANBRABANT, 2021).

5 Results and discussion

Table 2 reports the parameter estimates for the hedonic variables and the buyer and seller characteristics for the models M1, M2 and M3. All models show a satisfactory goodness of fit as indicated by R^2 between 0.757 (M1) to 0.761 (M3). Across all specifications, regression results reveal effects of hedonic lot characteristics' in line with expectations. Except for very large values of soil quality and lot size, we find positive price relations, which is in line with previous studies for Saxony-Anhalt (e.g., Ritter et al., 2020). We further note a positive price effect for the third quarter suggesting seasonality in the farmland market (Seifert et al., 2021).

In line with H_1 , model M1 shows a statistically significant negative price effect of an active lease status of around 1.6 %. This effect is not robust, but we find statistically significant price-increasing effects of an active lease status of around 2.5%-3% when controlling also for the lease term in models M2 and M3. Models M2 and M3 further indicate a U-shaped relationship between sales prices and the lease term. Based on the parameter estimates of M2, farmland prices decrease with the remaining lease duration until 14 years and increase afterwards. The aggregate effect is negative and in line with our argumentation of hypothesis H_2 .

Table 2. Parameter estimates model M1-M3

N = 6,786	M1		M2		M3	
Intercept	-0.455	(0.582)	-0.495	(0.574)	-0.508	(0.576)
√Size	0.123***	(0.007)	0.125***	(0.007)	0.122***	(0.007)
√Soil quality	0.141***	(0.005)	0.141***	(0.005)	0.141***	(0.005)
Size × soil quality	-0.0001***	(0.00002)	-0.0001***	(0.00002)	-0.0001***	(0.00002)
Lease status [1,0]	-0.017*	(0.009)	0.025**	(0.011)	0.028**	(0.011)
Lease term			-0.012***	(0.002)	-0.005**	(0.003)
Lease term ²			0.0004***	(0.0001)	0.0003***	(0.0001)
Drought index	-0.003***	(0.001)	-0.003***	(0.001)	-0.003***	(0.001)
Precipitation	-0.030	(0.020)	-0.028	(0.020)	-0.028	(0.020)
Precipitation ²	0.0002	(0.0002)	0.0002	(0.0002)	0.0002	(0.0002)
Distance highway	0.001	(0.001)	0.001	(0.001)	0.001	(0.001)
Distance city	-0.001*	(0.001)	-0.002**	(0.001)	-0.002**	(0.001)
Quarter trend	0.036***	(0.002)	0.036***	(0.002)	0.036***	(0.002)
Quarter trend ²	-0.001***	(0.0001)	-0.001***	(0.0001)	-0.001***	(0.0001)
3rd quarter [1,0]	0.026***	(0.008)	0.026***	(0.008)	0.026***	(0.008)
Tenant [1,0]					-0.004	(0.013)
Tenant [1,0] x lease term					-0.006***	(0.002)
Non-tenant [1,0]					0.053***	(0.014)
Non-tenant [1,0] × lease term					-0.007***	(0.002)
BVVG [1,0]	0.332***	(0.013)	0.319***	(0.013)	0.309***	(0.013)
R ²	0.758		0.759		0.761	
Residual standard error	0.287		0.286		0.285	

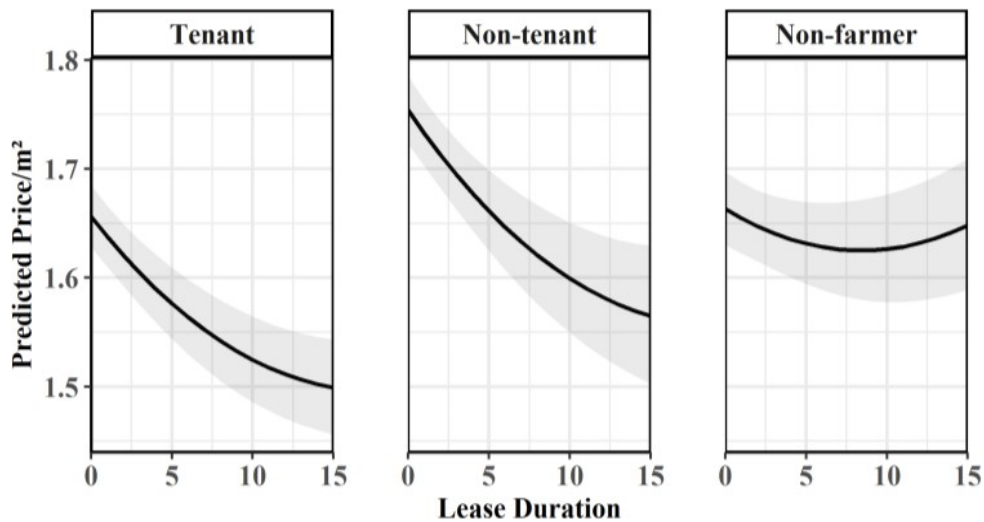
Notes: Robust White standard errors in parentheses. Asterisks indicate * p<0.1, ** p<0.05 *** p<0.01.

Differentiating by buyer types in model M3, we do not find effects related to tenant farmer buyers compared to non-farmer buyers. Results however indicate decreasing prices for tenant farmer buyers by around 0.6% per additional year of lease term (statistically significant interaction term). Non-tenant but farmer buyers buy at mark-ups compared to non-farmer buyers on average. The statistically significant negative interaction effect with the lease term suggests a compensating effect for this mark-up for lease terms above 7 years (see Figure 3). While the first finding lends in parts support to the argumentation of H_{3a} , results of M3 are not entirely in line with both H_3 's.

Our results offer insights from a microstructural perspective that can be of general interest. We demonstrate that lease status and term interact with buyer groups in the price discovery process. By linking buyer groups to their relative bargaining position and costs of being information deficient, our results indicate substantial differences in the relative price effects related to lease term by group: first, our results indicate that tenant buyers buy at the lowest prices, in line with other studies considering buyer-type effects (SEIFERT et al., 2021; CURTISS et al., 2021). The longer the lease term is, the higher is the mark-down tenant buyers can negotiate (see Figure 3), which is in line with our argumentation of H_{3a} . We argue that tenants could benefit from a longer term in several ways. A tenant may be the first addressee of the land owner willing to sell the land during term to avoid long negotiations or in light of social capital from the landlord-farmer relationship, weakening sellers bargaining position. Tenants may even prefer continuing the lease compared to investments in land ownership coming at additional cost and liquidity constraints, strengthening their bargaining position. Depending on the knowledge of the seller, tenants may still offer an attractive price to circumvent that the seller searches for alternative

offers. The longer the lease term is, however, the less attractive is the lot for other buyers in light of expected foregone returns from not realizing higher rental rates (non-farmer) or returns from own operation (non-tenant farmer). In turn, tenants may at any time during the lease contract offer a higher rental price to the owner in combination with a request to extend the rental contract or they might offer a buy-out to circumvent competition in the sales market. Though such offers may also be possible for other potential buyers, tenants may benefit from social capital of the landlord relationship, including how well informed the land owner is about the value, and they may have better knowledge about the conditions of the rental contract, local market conditions and the true value of the land.

Figure 3. Predicted prices per year remaining lease duration per buyer group



Second, our results suggest that under very short lease terms, non-farmers buy at comparable prices while non-tenant farmers buy at a substantial mark-up. While non-tenant farmers pay the highest overall prices, their willingness to pay for land declines in comparison with other buyer groups relatively strong with increasing lease terms.

Third, for non-farmer buyers, lease status and term seem to be least important according to our results, and we find a rather flat price effect of lease time with some U-shape. This group's specific interest in land can be seen in a high return from their investment characterized by a rather high rental price and other benefits. In presence of a lease contract at the time of the sale, non-farmer buyers evaluate search cost savings for finding solvent tenants against foregone losses from a fixed rental rate in price boom times. Therefore, no clear preferences in favor of non-leased land, or shorter lease terms may prevail.

Our results thus contribute by offering explanations why empirical studies come to mixed or no empirical evidence for lease contracts influencing the price discovery process (e.g., SEIFERT et al., 2021 for the same study region). The majority of studies still relies on standard hedonic models without explicitly acknowledging price deficiencies related to asymmetric information gathering and search cost in the price discovery process in thinly traded farmland markets systematically attached to buyer groups such as tenants, non-tenant farmers versus non-farmers. And if considered, the interplay between lease status, term and price, these costs and expected future returns from ownership remains unconsidered. Based on the empirical findings, we conclude from academic perspective that understanding of lease term effects on land sales prices requires acknowledging price trends and related future expectations of agents, their costs of being information deficient, and ultimately the market power relation between buyers and sellers. In this regard, the local market microstructure such as number of potential buyers and sellers matters as well.

6 Concluding remarks

Central to this paper was the conjecture that lease status and term influence the level of costs being information deficient but also the bargaining position directly and respective expectation formation about future returns from owning the land, and thus ultimately the price discovery process. We investigate this conjecture using a hedonic pricing model and a rich dataset of about 6,500 land transactions in Saxony-Anhalt in the period between 2014 and 2019.

Our results indicate non-linear and buyer-specific effects of lease on farmland prices. In particular, our results indicate no price differences between tenant farmer and non-farmer buyers, whereas nontenant farmers pay a markup for lots without lease. For lots with an active lease status, we find farmland prices to decrease with the remaining lease duration until 14 years and increase afterwards. The current tenant benefits most and achieves the highest mark-downs with prices decreasing by around 0.6% per additional year of lease term. As prices with and without lease contract enter the market reports and standard land values, we recommend to increase market transparency to ensure an efficient allocation of farmland. This includes the publication of detailed information relevant to the price discovery process, such as lease terms and buyer and seller types.

Literature

- BALMANN, A., GRAUBNER, M., MÜLLER, D., HÜTTEL, S., SEIFERT, S., ODENING, M., PLOGMANN, J. and RITTER, M. (2021), “Market Power in Agricultural Land Markets: Concepts and Empirical Challenges”, *German Journal of Agricultural Economics*, Vol. 70 No. 4, p. 1.
- BBSR (2019), “Laufende Stadtbeobachtung - Raumabgrenzungen. Großstadtregionen”
- BEAUMAIS, O., GIANNONI, S. and TAFANI, C. (2021), “Local buyers’ exclusion through price on the farmland market: a potential outcome approach”, *Applied Economics*, Vol. 53 No. 19, pp. 2206–2217.
- BIGELOW, D.P., IFFT, J. and KUETHE, T. (2020), “Following the Market? Hedonic Farmland Valuation Using Sales Prices versus Self-reported Values”, *Land Economics*, Vol. 96 No. 3, pp. 418–440.
- BRORSEN, B.W., DOYE, D. and NEAL, K.B. (2015), “Agricultural Land and the Small Parcel Size Premium Puzzle”, *Land Economics*, Vol. 91 No. 3, pp. 572–585.
- BRYAN, J., JAMES DEATON, B. and WEERSINK, A. (2015), “Do Landlord-Tenant Relationships Influence Rental Contracts for Farmland or the Cash Rental Rate?”, *Land Economics*, Vol. 91 No. 4, pp. 650–663.
- CHOUMERT, J. and PHÉLINAS, P. (2017), “Farmland Rental Prices in GM Soybean Areas of Argentina: Do Contractual Arrangements Matter?”, *The Journal of Development Studies*, Vol. 53 No. 8, pp. 1286–1302.
- CLAPP, J. and ISAKSON, S.R. (2018), “Risky Returns: The Implications of Financialization in the Food System”, *Development and Change*, Vol. 49 No. 2, pp. 437–460.
- CLAURETIE, T.M. and WOLVERTON, M.L. (2006), “Leave Vacant or Rent. The Optimal Decision for Absentee Home Sellers”, *The Journal of Real Estate Research*, Vol. 28 No. 1, pp. 25–38.
- CLEVELAND, W.S. and DEVLIN, S.J. (1988), “Locally weighted regression: an approach to regression analysis by local fitting”, *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 1988 No. 83, pp. 596–610.
- COTTELEER, G., GARDEBROEK, C. and LUIJT, J. (2008), “Market Power in a GIS-Based Hedonic Price Model of Local Farmland Markets”, *Land Economics*, Vol. 84 No. 4, pp. 573–592.
- CURTISS, J., JELÍNEK, L., MEDONOS, T., HRUŠKA, M. and HÜTTEL, S. (2021), “Investors’ impact on Czech farmland prices: a microstructural analysis”, *European Review of Agricultural Economics*, Vol. 48 No. 1, pp. 97–157.
- CURTISS, J., LELÍNEK, L., HRUSKA, M., MEDONOS, T. and VILHELM, V. (2013), “The Effect of Heterogeneous Buyers on Agricultural Land Prices: The Case of the Czech Land Market”, *German Journal of Agricultural Economics*, Vol. 62 No. 2, pp. 116–133.

- DESMARAIS, A.A., QUALMAN, D., MAGNAN, A. and WIEBE, N. (2017), “Investor Ownership or Social Investment? Changing Farmland Ownership in Saskatchewan, Canada”, *Agriculture and Human Values*, Vol. 34 No. 1, pp. 149–166.
- DESTATIS (2017), Land- und Forstwirtschaft, Fischerei: Eigentums- und Pachtverhältnisse, Landwirtschaftszählung Destatis (2019), Bodennutzung und Anbau: Bodennutzung in landwirtschaftlichen Betrieben.
- DESTATIS (2020), “Verkäufe landwirtschaftlicher Grundstücke nach Ländern im Jahr 2019”.
- DESTATIS (2021), Land- und Forstwirtschaft, Fischerei: Eigentums- und Pachtverhältnisse, Landwirtschaftszählung
- DEUTSCHER BUNDESTAG (2007), Gesetz zur Schätzung des landwirtschaftlichen Kulturbodens: Bodenschätzungsgesetz - BodSchätzG.
- DWD (2018), Multi-annual grids of precipitation height over Germany 1981-2010, Offenbach
- EDER, A., SALHOFER, K. and SCHEICHEL, E. (2021), “Land tenure, soil conservation, and farm performance: An eco- efficiency analysis of Austrian crop farms”, *Ecological Economics*, Vol. 180, p. 106861.
- FEICHTINGER, P. and SALHOFER, K. (2013), “What Do We Know about the Influence of Agricultural Support on Agricultural Land Prices?”, *German Journal of Agricultural Economics*, Vol. 62 No. 2, pp. 71–83.
- GA SACHSEN-ANHALT (2021), GRUNDSTÜCKSMARKTBERICHT Sachsen-Anhalt
- GARVIN, S. and KAGEL, J.H. (1994), “Learning in common value auctions: Some initial observations”, *Journal of Economic Behavior & Organization*, Vol. 25 No. 3, pp. 351–372.
- GRAUBNER, M. (2018), “Lost in space? The effect of direct payments on land rental prices”, *European Review of Agricultural Economics*, Vol. 45 No. 2, pp. 143–171.
- HAAN, P. and SIMMLER, M. (2018), “Wind electricity subsidies — A windfall for landowners? Evidence from a feed- in tariff in Germany”, *Journal of Public Economics*, Vol. 159, pp. 16–32.
- HÜTTEL, S., RITTER, M., ESAULOV, V. and ODENING, M. (2015), “Is there a Term Structure in Land Lease Rates?”, *European Review of Agricultural Economics*, Vol. 43 No. 1, pp. 165–187.
- ISENHARDT, L., SEIFERT, S. and HUETTEL, S. (2021), On the price effect of a right-of-first-refusal in farmland auctions, 94th Annual Conference, March 29-30, Warwick, UK (Hybrid), *Agricultural Economics Society - AES*.
- KING, D.A. and SINDEN, J.A. (1994), “Price Formation in Farm Land Markets”, *Land Economics*, Vol. 70 No. 1, pp. 38–52.
- KIONKA, M., ODENING, M., PLOGMANN, J. and RITTER, M. (2021), “Measuring liquidity in agricultural land markets”, *Agricultural Finance Review*, ahead-of-print No. ahead-of-print.
- KROPP, J. and PECKHAM, J.G. (2015), “US agricultural support programs and ethanol policies effects on farmland values and rental rates”, *Agricultural Finance Review*, Vol. 75 No. 2, pp. 169–193.
- KUMBHAKAR, S.C. and PARMETER, C.F. (2010), “Estimation of hedonic price functions with incomplete information”, *Empirical Economics*, Vol. 39 No. 1, pp. 1–25.
- KUMINOFF, N.V., PARMETER, C.F. and POPE, J.C. (2010), “Which hedonic models can we trust to recover the marginal willingness to pay for environmental amenities?”, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 60 No. 3, pp. 145–160.
- LEONARD VANBRABANT (2021), *restriktor: Restricted Statistical Estimation and Inference for Linear Models*.
- LEONHARDT, H., BRAITO, M. and PENKER, M. (2021), “Why do farmers care about rented land? Investigating the context of farmland tenure”, *Journal of Soil and Water Conservation*, Vol. 76 No. 1, pp. 89–102.
- LSA (2020), *Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen: Bruttoinlandsprodukt und Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftsbereichen 1991-2019 bezogen auf den Stand der Bundesrechnung August2019/Februar2020*
- MOSS, C.B. and KATCHOVA, A.L. (2005), “Farmland valuation and asset performance”, *Agricultural Finance Review*, Vol. 65 No. 2, pp. 119–130.

- MULE (2020), Pachtpreise landwirtschaftlicher Grundstücke 2020.
- MUTHOO, A. (2000), “A Non-Technical Introduction to Bargaining Theory”, *World Economics*, Vol. 1 No. 2, pp. 145–166.
- NICKERSON, C.J. and ZHANG, W. (2014), “Modeling the Determinants of Farmland Values in the United States”, in Duke, J.M. and Wu, J. (Eds.), *The Oxford Handbook of Land Economics*, Oxford University Press, New York, pp. 111–138.
- ODENING, M. and HÜTTEL, S. (2020), “Introduction to the special issue ‘agricultural land markets – recent developments, efficiency and regulation’”, *European Review of Agricultural Economics*.
- PATTON, M. and ERLEAN, S.M. (2004), “Spatial Effects within the Agricultural Land Market in Northern Ireland: A Reply”, *Journal of Agricultural Economics*, Vol. 55 No. 1, pp. 127–133.
- PIET, L., MELOT, R. and DIOP, S. (2021), “What drives competition on the farmland market? A case study in Brittany (France)”, *European Review of Agricultural Economics*, Vol. 48 No. 1, pp. 60–96.
- RITTER, M., HÜTTEL, S., ODENING, M. and SEIFERT, S. (2020), “Revisiting the relationship between land price and parcel size in agriculture”, *Land Use Policy*, Vol. 97, p. 104771.
- ROBINSON, L.J., MYERS, R.J. and SILES, M.E. (2002), “Social Capital and the Terms of Trade for Farmland”, *Review of Agricultural Economics*, Vol. 24 No. 1, pp. 44–58.
- ROSEN, S. (1974), “Hedonic Prices and Implicit Markets. Product Differentiation in Pure Competition”, *Journal of Political Economy*, Vol. 82 No. 1, pp. 34–55.
- ROUSSEEUW, P.J. and VAN DRIESSEN, K. (1999), “A fast algorithm for the minimum covariance determinant estimator”, *Technometrics*, Vol. 41 No. 3, pp. 212–223.
- SALHOFER, K. and FEICHTINGER, P. (2020), “Regional differences in the capitalisation of first and second pillar payments of the CAP into land rental prices”, *European Review of Agricultural Economics*.
- SEIFERT, S. and HÜTTEL, S. (2020), Common values and unobserved heterogeneity in farmland auctions in Germany, FORLand-Working Paper
- SEIFERT, S., KAHLE, C. and HÜTTEL, S. (2021), “Price Dispersion in Farmland Markets: What Is the Role of Asymmetric Information?”, *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 103 No. 4, pp. 1545–1568.
- STALA (2021a), Kaufwerte landwirtschaftlicher Grundstücke nach Jahren. StaLa (2021b), Tabellen Bodennutzung und Anbau
- STATISTISCHES BUNDESAMT (Destatis) (2020), Kaufwerte für landwirtschaftliche Grundstücke 2019, Land und Forstwirtschaft, Fischerei.
- STATISTISCHES LANDESAMT SACHSEN-ANHALT (StaLa) (2021), Kaufwerte landwirtschaftlicher Grundstücke nach Jahren (accessed 12 April 2021).
- TAYLOR, M.R. and FEATHERSTONE, A.M. (2018), “The value of social capital in farmland leasing relationships”, *Agricultural Finance Review*, Vol. 78 No. 4, pp. 489–496.
- Turnbull, G.K. and Zahirovic-Herbert, V. (2012), “The Transitory and Legacy Effects of the Rental Externality on House Price and Liquidity”, *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, Vol. 44 No. 3, pp. 275–297.
- VRANKEN, L., ROEBELING, P., TABEAU, E., CIAIAN, P. and with contributions from country experts (2021), *Agricultural land market regulations in the EU Member States*, Luxembourg
- WHITE, H. (1980), “A Heteroskedasticity-Consistent Covariance Matrix Estimator and a Direct Test for Heteroskedasticity”, *Econometrica*, Vol. 48 No. 4, pp. 817–838.
- ZEILEIS, A. (2006), “Object-Oriented Computation of Sandwich Estimators”, *Journal of Statistical Software*, Vol. 16 No. 9.
- ZINK, M., SAMANIEGO, L., KUMAR, R., THOBER, S., MAI, J., SCHÄFER, D. and MARX, A. (2016), “The German drought monitor”, *Environmental Research Letters*, Vol. 11 No. 7, p. 74002

COMPENSATION OPTIONS FOR QUARANTINE COSTS IN PLANT PRODUCTION

Anna Filiptseva¹, Günther Filler, Martin Odening

Abstract

Quarantine plant pests cause considerable economic damage due to direct plant losses, costs of eradication and contamination measures. Although these losses can threaten the existence of a farm, to date no country has a universal compensation solution embodying all agricultural sectors. In this paper, we aim at suggesting improvements to the existing compensation scheme in Germany since the status quo lacks financial resilience and is considered to be unable to provide sufficient help for farmers. For achieving this, we reviewed the most common compensation schemes such as ad hoc aid, mutual fund, and private insurance. Additionally, we conducted a discrete choice experiment to elicit farmers' preferences for different components of financial support in case of a quarantine. As a potential solution for Germany, we suggest a privately organized compensation system funded by the state as the most cost-effective for setting up and, at the same time, affordable for farmers way of spreading the pest risk.

Keywords

Discrete choice experiment, Quarantine pest, Compensation

1 Introduction and problem statement

The recent Covid-19 pandemic has visualized in a drastic manner how costly quarantine measures are that target at stopping the spread of a human disease. This experience may help to recall that livestock and plant diseases as well can cause enormous economic losses to the agricultural sector, which call for quarantine measures. A case in point is a quarantine pest *Xylella fastidiosa* whose outbreaks according to the estimation of SÁNCHEZ et al. (2019) cause annual production losses in the EU equal to €4.2-6.9 billion. It is expected that climate change and trade intensification will further increase the likelihood of emergence of quarantine pests in the EU (GODEFROID et al., 2019). Already today, the management of the occurrence of quarantine organisms is highly regulated in the EU. The Plant Health REGULATION (EU) 2016/2031 and Control REGULATION (EU) 2017/625 prescribe in detail reporting, testing, erasing and monitoring procedures that farms have to implement if quarantine organisms occur. These measures are then surveilled by plant protection. The Federal Research Centre for Cultivated Plants (Julius Kühn-Institut) supports the Federal States by providing risk analyses on emerging and established plant pests. The regulations also determine to what extent financial losses, which arise from implementing quarantine measures, can be compensated by public institutions. In this regard, the treatment of livestock and plant diseases differs significantly. In Germany, public livestock insurance schemes (Tierseuchenkassen) have been established long since on a state level that cover financial losses resulting from culling of animals or trade bans (FRENTROP et al., 2010). However, a counterpart for quarantine organisms that affect plant production does not exist in Germany. Instead, German farmers can apply for the ad hoc state support granted upon a voluntary application. State and local authorities are responsible for the administration of pest outbreaks with includes damage assessment, settlement of claims, prescription of quarantine measures and compensation payment. This situation is perceived as

¹ Humboldt-Universität zu Berlin, filiptan@hu-berlin.de

unsatisfactory by many stakeholders, because of tedious administrative procedures and uncertainty about the amount as well as the timing of financial compensations.

Against this backdrop, this paper aims at describing and assessing options for the compensation of financial losses due to the emergence of quarantine organism in plant production. To this end, we will browse existing programs and compensation schemes implemented elsewhere in the EU and the U.S. and we will gather experiences that have been made with these programs. The set of potential compensation options comprises various types of ad hoc disaster aid, insurances or mutual funds. Based on a systematic literature review we derive relevant design parameters for the development of quarantine pest compensation schemes in plant production, such as coverage of losses, deductibles, preconditions for loss adjustment, voluntariness of participation or organizational responsibility. In a further step, we assess the relevance of these design parameters empirically through a discrete choice experiment. Here we take the perspective of farmers, i.e. we focus on the recipients of financial compensation. The contribution of our paper to the extant literature on pest risk management and insurance design is twofold: First, we review and analyze the existing compensation schemes in different countries, both within and outside the EU. This experience helps to determine benefits and downsides of hypothetical compensation approaches discussed in the literature and distill their individual components that we later use as attributes in the choice experiment. The second contribution is the empirical estimation of farmers' willingness to pay (WTP) for compensation schemes against quarantine induced losses. While several studies elicit the WTP for agricultural insurance products in general (e.g. SHERRICK et al., 2003, YE et al., 2017, HUANG et al., 2020) to the best of our knowledge no empirical work exists that focuses on quarantine risks in plant production. The findings of our study are useful for improving the status quo of loss compensations and for designing compensation schemes taking into account farmers' demand.

2 Compensation options for quarantine pest losses – an overview

Both within and outside the European Union there are different compensation solutions for quarantine pest occurrence (Table 1). One of the most common approaches is the *ad-hoc financial support* from the state. As a rule, such payments are provided unconditionally upon application. In Europe, there is a regulation according to which the EU co-finances 50% of eligible costs incurred due to quarantine measures, and in special cases up to 75% (REGULATION (EU) 2021/690). Some European countries extended this support by means of the federal budget, e.g. Switzerland, some countries adopted this rule without any amendments (Poland, Slovenia). Germany makes use of the EU regulation as well and grants monetary compensation for eliminated plants that were neither infected nor suspected of being infected (PflSchG § 54 (1)). Whether any further support should be provided, lies in the responsibility of each federal state individually. The same applies to the officially prescribed eradication measures. This creates a lot of uncertainty for farmers since quarantine measures and corresponding monetary help are defined on a case-by-case basis.

Table 1. Existing compensation options for quarantine pest losses

Option	Insurance	Mutual fund	Ad-Hoc Support
Organisation	Private groups (on solidarity basis)		state
Funding	private / public-private mix		public
Example	Europe, USA	Netherlands (PotatoPol), France (FMSE)	Germany, Poland, Slovenia, Switzerland

Source: Authors' illustration

Insurance is a risk management tool that redistributes risk by pooling individuals threatened by the same danger. Rural development programs of EU countries allow to subsidize insurance by financing up to 70% of the premium costs if losses are higher than 20% of average annual

production in the recent years and the cause of damage are plant or animal diseases, or adverse climatic and environmental events (see REGULATION (EU) 1305/2013). Agricultural insurance in the EU member states is very heterogeneous with regard to providers, risk coverage, type and number of insured risks, and subsidization. For instance, in comparison to Italy or Spain, Germany does not provide subsidies for agricultural insurance. To date, no country has plant pest insurance encompassing all sectors. In Germany, in the case of QSO, horticultural companies and nurseries have the option to purchase supplementary packages to existing insurance (Gartenbau-Versicherung VVaG, supplement to HORTISECUR G/F) or as an individual product (Münchener Magdeburger Agrar/MIRASCON). In the USA, producers of avocados and citrus fruits in certain regions have the option of taking out supplementary insurance to existing policies as well.

Another compensation solution adopted for the case of quarantine losses in some countries is a *mutual fund*. The budget of a mutual fund is built upon contributions of its members and sometimes additionally subsidized by the state. Members who suffer from losses caused by plant pests get compensation from this budget. The EU introduced a regulation (REGULATION (EU) 1305/2013) that establishes a legal framework for mutual funds in Europe and grants financial support to the funds grounded in the EU member states. France has already made use of this regulation and created the public-private mutual fund (FMSE) that offers compensation programmes both for livestock and plant sectors. The important peculiarity of this fund is a compulsory participation for all producing farmers. The FMSE offers two types of memberships: the basic compulsory and an extended voluntary. The first type of participation does not presuppose compensation in case of pest entry. In the Netherlands, potato producers organized a private fund PotatoPol that covers crop damages and costs of eradication measures. Nowadays PotatoPol is fully financed by member contributions, though in the first years after establishment it was publicly subsidized.

The overview of existing compensation schemes for quarantine pests exhibits heterogeneous responses on the quarantine pest risks in different countries. The fact that none of these schemes (apart from FMSE) offers broad multi-sectoral insurance and either exists as a supplement to other programmes or covers only one sector or functions only with public funding, shows the specificity of the quarantine risk. FMSE is exceptional in the sense that this mutual fund includes all agricultural sectors. Yet, the budget of the fund is secured through compulsory membership fees and subsidies from the EU and the French state. The probability of pest entry is difficult to calculate because there are a lot of biological and human factors at play. This, in turn, hinders the calculation of risk premium which is a significant component of any insurance. This mechanism partly explains the variety of compensation solutions on the one hand and the absence of comprehensive universal insurance against quarantine pests on the other.

3 Evaluation of compensation options through Discrete Choice Experiments

The discrete choice experiment (DCE) is widely used in the agricultural economics literature. Especially in risk management the DCEs help to elicit farmers' preferences for various insurance schemes. Numerous studies focused on weather-risk crop insurance. YE et al. (2017) conducted a choice experiment to explore the demand for crop insurance in developing countries using the example of China. In the same context, AKTER et al. (2016) addressed the issue of the gender pay gap. The lens of DCE was applied on crop insurance in developed countries as well, such as the US (SHERRICK et al., 2003) or Germany concerning the changing subsidization (MÖLLMANN et al., 2019). HUANG et al. (2020) zoomed in to the potato sector in China, whereas DOHERTY et al. (2021) placed emphasis on insurance against extreme weather events. There are studies investigating preferences for animal disease insurance both in developed (HEIKKILÄ et al., 2016) and emerging countries (CHANTARAT et al., 2009). However, to the best of our knowledge, risk management in the field of crop pests remains understudied. Neither there are studies aiming at suggesting general compensation options for the case of

quarantine pest occurrence nor the research on preferences for specific components of such schemes exist. With the present study, we intend to fill this research gap. Additionally, in comparison to previous papers, we carry out more extensive DCE with respect to the attributes included.

3.2 Discrete Choice Experiment

In order to elicit preferences for characteristics of a potential compensation scheme, we employed a discrete choice experiment method. DCE allows to study preferences for hypothetical products by describing them through their attributes (ADAMOWICZ et al., 1998; LOUVIERE and LANCSAR, 2009). Each attribute has several levels which allows for variability of options. During an experiment, respondents face several choice situations or choice sets, in which they are asked to choose only one alternative. The number of alternatives per choice set is unlimited, however it is important to take the cognitive abilities of respondents to process information into account. A too long survey can cause boredom or tiredness, which as a consequence leads to a high dropout ratio or attribute non-attendance and unprecise answers. (SWAIT and ADAMOWICZ, 2001; YAO et al., 2015; FLYNN et al., 2016). On the other hand, the higher number of choice sets yields more information and, as a result greater statistical efficiency. By defining the number of choice sets, one has to consider number of alternatives and attributes. There are studies arguing for more than two alternatives per choice set empirically proving that this does not reduce accuracy of answers (PINNELL and ENGLERT, 1997; VON HAEFEN et al., 2005; CHUNG et al., 2011).

To study how different characteristics of a compensation scheme influence the decision of farmers, we applied multinomial logit model (MNL) which has the following form (MCFADDEN, 1974):

$$\pi_{ij} = \frac{\exp(\beta_j' X_{ij} + \gamma' Z_i)}{\sum_k^s \exp(\beta_j' X_{ik} + \gamma' Z_i)}, k = 1, \dots, s,$$

where s is a number of choice sets; X_{ij} is a vector of alternative-specific attributes for the alternative j chosen by the individual i ; β_j and γ are vectors of regression coefficients to be estimated; Z_i is a vector of individual-specific variables that include personal and farm characteristics of a participant i . The MNL model implies the assumption that the error term is independently and identically distributed for all i . In order to simplify the interpretation, we interacted the individual-specific variables on the dummy variable SQ for the change of status quo which equals one, if a respondent chooses alternative one or two in a choice set, and zero otherwise.

For estimating the regression, we employed the package *mlogit* in R.

3.3 Choice Design

An example of a choice set presented within the experiment is shown in Table 2. Each choice set contained three alternatives one of which, status quo, was constant over the whole experiment. Inclusion of the status quo is crucial since otherwise the participants are forced to choose an alternative that they might not prefer. Such forced choice is problematic also because it does not comply with the reality (LANCSAR et al., 2017). The description of the status quo option was derived from the present regulations of the European Union (COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) 2019/2072).

Table 2. Attributes and their levels

	Compensation option 1	Compensation option 2	Status Quo
Organizational form	state	private	<ul style="list-style-type: none"> • Only value precautionary eliminated plants compensated; • voluntary participation; • unconditional
Participation type	compulsory	voluntary	
Coverage	medium	low	
Participation cost	0.003	0.002	
Deductible	10%	no	
Prerequisite for compensation	verifiable hygiene measures	no	
I choose:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Source: Authors' illustration

The alternatives were unlabeled, so the participants had to choose between an abstract compensation option one or two. The main disadvantage of a labeled DCE is that participants tend to devote less attention to attributes and make their decision based on an alternative name instead (DE BEKKER-GROB et al., 2010). Since the focus of the present study lies on eliciting preferences for single attributes, we chose the unlabeled form.

Table 3. Example of a choice set

Attribute	Levels
Organizational form	<ul style="list-style-type: none"> • State • Private
Participation type	<ul style="list-style-type: none"> • Voluntary • Compulsory
Coverage	<ul style="list-style-type: none"> • Low: value of eliminated plants • Medium: value of eliminated plants + cost of quarantine measures • High: value of eliminated plants + cost of quarantine measures + income loss
Participation cost	<ul style="list-style-type: none"> • 0.002 of insured amount • 0.003 of insured amount • 0.004 of insured amount • 0.005 of insured amount
Deductible	<ul style="list-style-type: none"> • no • 10% of losses • 20% of losses
Prerequisite for compensation	<ul style="list-style-type: none"> • no • verifiable hygiene measures

Source: Authors' illustration

The alternatives were described through six attributes (Table 3): organizational form, participation type, coverage, participation costs, deductible and prerequisite for compensation. The attributes were defined based on the preliminary analysis of the existing compensation schemes in other countries. For instance, a compensation scheme in France is state-organized, while in Netherlands potato producers founded a private mutual fund that currently operates

without public funding. The qualitative interviews with farmers that were conducted before designing the DCE contributed to shaping the attribute list as well. The attribute for participation cost stands for insurance premium but we intentionally named it this way since the word “premium” directly refers to private insurance. This association could have influenced the decision of farmers and distort the results. The range of values for the participation costs was derived based on the existing insurance products against quarantine pests in Germany offered by Gartenbauversicherung VVaG and Münchener & Magdeburger Agrar AG.

Considering that each of the six attributes has two or three levels, all possible combinations of levels result in $(2*2*3*4*3*2)^2 = 82\,944$ choice sets. Since it is unrealistic to expect participants to process such an amount of information, the number of choice sets was reduced to 24 by means of D-efficient (D-error = 1,12) algorithm (ZWERINA et al., 1996). The efficient design was created using *idefix* package in R. All choice sets were divided into three equal groups, so each participant got only one group consisting of eight choice sets randomly assigned. Choice sets were shown in a random order without an option to get back to the already answered question. This helped to avoid interconnection between the answers. We allowed for the attribute level overlap which means repeating levels among alternatives within one choice set (JONKER et al., 2019). This decreases the complexity of an experiment and prevents participants from using simplification strategies such as considering only the first and last attribute or making a decision solely based on a price attribute.

The experiment was conducted online, created on the basis of LimeSurvey.org. In the beginning, the participants got short notice on the purposes and structure of the experiment. We intentionally did not employ any tools to overcome hypothetical bias. Hypothetical bias is a problem that appears in experimental economics and reposes in the systematic overstatement of the willingness to pay. The reason for this lies in the hypothetical nature of economic experiments so that respondents do not take questions seriously. There are several ways to reduce hypothetical bias, such as cheap talk (CUMMINGS and TAYLOR, 1999), real talk (ALFNES et al., 2010), honesty priming (GSCHWANDTNER and BURTON, 2020), solemn oath (JACQUEMET et al., 2013) or follow-up question on response uncertainty (BLOMQUIST et al., 2009). However, none of these methods was proven to be a universally efficient tool against bias. In fact, the presence of this problem can be dependent on the sample and studied topic (MURPHY et al., 2005). We believe that due to the urgency of the pest problem for German farmers, the hypothetical bias is not relevant for the present study. In addition to this, all methods for combating hypothetical bias extend the duration of the experiment which in turn can increase the dropout ratio.

4 Data and Descriptive Statistics

4.1 Data

The present study focuses on compensation options in case of quarantine pest occurrence in Germany, therefore the study sample consists of German farmers. Respondents were acquired mainly through newsletters of farmer unions of different sectors such as winery or horticulture and advertisement in a technical newspaper for horticultural producers. In addition to this, to reach farmers who do not actively use digital information sources, we sent 400 postcards to pre-selected farmers. We diversified this pool based on region and sector for achieving as homogenous distribution as possible and avoiding overrepresentation of certain groups. However, we acknowledge that we worked with a convenience sample which means that the respondents were recruited primarily based on accessibility (CLARK, 2007). One of the main hurdles for applying random sampling in this study is the sensitivity of the topic. In some sectors, there is generally low willingness to participate in any surveys related to quarantine pests because farmers are afraid of appearing in this context. The reason for this is that some quarantine organisms cause long-lasting negative consequences and are difficult to eradicate.

Therefore, it was inevitable to enlist the support of agricultural institutions because they possess the necessary level of trust required to attract enough respondents. As an additional incentive, we gave away five vouchers that were raffled off among all participants after the experiment was closed. The financial incentive was supposed to decrease the dropout ratio and motivate respondents to finalize the experiment since they had to leave their email addresses for participation in the giveaway on the last page of the survey.

4.2 Descriptive statistics

The experiment was conducted in September and October in 2021 completely online in German. A total of 341 responses were received. Not all the questionnaires were filled in completely, thus after cleaning the data we were left with 155 complete unique answers. In the second part of the experiment, after completing the eight choice sets, the respondents received questions on personal and farm characteristics, as well as on their risk attitude.

All respondents are involved in a farming activity in Germany, either as owner and operational manager (81%) or as an employee (19%). For 93% is the farming the main occupation. 21% of respondents are female, the average respondent age is 49 years old. 44% of the experiment participants have a college degree or higher. Half of the farms generate annual revenue of 50000 €/ha which is higher than the sector average in Germany. The reason for this difference is an overrepresentation of some sectors in the sample that does not correspond to reality. By sectoral division, 37% of respondents are employed in horticulture, 23% are coming from the plant nursery sector, 11% are involved in crop farming. The fruit and vegetable, as well as wine cultivation amount for the rest 29%. Again, this sectoral division does not represent the agricultural realm in Germany. This can be partly explained by the convenience sample but also by differences in the perception of the problem that varies depending on the sector. For instance, the German plant nursery association actively informs their members on potential consequences and prevention techniques against quarantine pests, while in other sectors farmers are not that well-informed on this issue.

As some studies on a similar topic have shown, not only socio-economic factors influence a choice of the compensation scheme, but also risk and risk attitude of farmers (e.g. HELLERSTEIN et al., 2013; MENAPACE et al., 2016). Hence, we asked farmers to assess their risk attitude and the likelihood of pest entry on their field. Both parameters were measured on the 10-points Likert scale (1 – risk-averse, 10 – risk-lover and 1 – unlikely, 10 – very likely, respectively). Though there are other ways for measuring risk attitude in the literature, such as lottery or auction, we stick to the simplest method of measuring the risk attitude. This approach is, firstly, still reliable for revealing the risk attitude (DOHMEN et al., 2011). Secondly, more complex methods are time-consuming and thus can lead to an increase in the dropout ratio. According to the results, farmers are risk-neutral on average which contradicts the findings of other studies that farmers tend to be risk-averse (e.g. BOUGHERARA et al., 2017). The average pest entry likelihood lies by 5, which is that farmers anticipate the occurrence of quarantine organisms as likely. The average for this number ranges from 3.65 to 5.5 depending on the sector. 15% of respondents currently have insurance against quarantine pests.

5 Regression results

11% of respondents always selected the status quo alternative. These results can be a sign of the presence of status quo (SQ) bias – the disproportional preference for the currently existing alternative. MEYERHOFF and LIEBE (2009) provide a number of reasons why the SQ bias appears in choice experiments: loss aversion, complexity of tasks or protest voting. However, these observations were not excluded from the choice set because we believe that neither of these reasons applies to this experiment. In reverse, the status quo alternative might have a significant

advantage in comparison to other compensation options for some respondents due to the fact that it is free.

The estimates in the MNL model show the contribution of parameters to the utility U_{ij} of individual i , therefore we cannot interpret coefficients directly. However, the sign of each estimate provides valuable information on the direction of an effect. The estimation results are presented in Table 4. The ASCs for both alternatives are negative which means that the respondents have a general preference for the status quo. Since the DCE was unlabeled there is no substantial difference in interpretation between the two estimates. Almost all attribute estimates have expected and economically reasonable signs. Farmers prefer publicly organized compensation options with voluntary participation. The prerequisites for compensation and 20%-deductible negatively affect the overall utility, whereas the full compensation increases the utility. However, the estimation results for the attributes deductible with the level 10% and medium coverage of losses are difficult to explain from economic perspective. Though both coefficients are statistically insignificant.

Table 4. Estimation results of MNL

Variable	Estimated coefficients
ASC (Alternative 1)	-1.537 ^{***} (0.51)
ASC (Alternative 2)	-1.695 ^{***} (0.51)
Organisational form (1=state)	0.159 ^{***} (0.04)
Participation type (1=voluntary)	0.079 [*] (0.04)
Coverage_medium	-0.0009 (0.055)
Coverage_high	0.452 ^{***} (0.069)
Participation cost	-105.35 ^{***} (39.2)
Deductible_10	0.036 (0.058)
Deductible_20	-0.27 ^{***} (0.07)
Prerequisite for compensation	-0.145 ^{***} (0.045)
Probability of pest entry	0.033 (0.03)
Risk attitude	0.26 ^{***} (0.05)
Insurance	1.266 ^{***} (0.255)
Sex	-0.154 (0.19)
Age	-0.35 ^{***} (0.08)
Education (1=undegraduate or higher)	0.995 ^{***} (0.18)
Main occupation	1.67 ^{***} (0.33)
Revenue	-0.33 ^{***} (0.098)
Ecological farming (0=conventional)	-1.14 ^{***} (0.25)
Farm owner (0=employee)	0.359 (0.26)
Weinery	1.49 ^{***} (0.43)
Plant nursery	1.22 ^{***} (0.36)
Fruit cultivation	0.49 (0.47)
Crop farming	1.12 ^{***} (0.37)
Ornamental crops	1.024 ^{***} (0.37)
Vegetable cultivation	1.75 ^{***} (0.45)
***p < 0.01; **p < 0.05; *p < 0.1; Standard error in brackets	

Source: Authors' illustration

The socio-economic variables interacted on a dummy for a status quo (=0 if status quo alternative chosen) show the change in the utility of an individual with a certain characteristic with regards to switching from a status quo alternative to a new compensation scheme. If a farmer has insurance against quarantine pests, the probability of choosing one of the suggested alternatives increases. The same trend applies to the perception of pest entry: the higher respondents assess the likelihood of pest entry, the more likely they are to decide against the status quo. Women, as well as older people, are less likely to prefer a new compensation scheme. On the contrary, the higher the educational level is, the higher is the probability to prefer one of the alternatives different from the current system. Farms with higher revenue and ecological farms are more likely to preserve the status quo, whereas farm owners are more likely to choose a change of the present compensation program compared to employees. Last but not least, sector differentiation reveals that all farmers are generally for the change of the status quo.

For translating the estimated coefficients into monetary terms, we calculated willingness to pay for attributes (WTP) (Table 5). Since the price coefficient in the experiment was measured as a share of an insured amount, the WTPs are expressed in the same units. For this reason, the values in Table 5 might seem to be extremely low. These values demonstrate how much an average German farmer is ready to additionally pay for a certain characteristic of a compensation scheme. As expected, the broadest coverage has the highest WTP which is understandable because this is the core point of any insurance. The state organization of the compensation is more important for respondents as voluntary participation. Comparing WTPs with the existing market price for insurance against quarantine pests (equals 0.002 of the insured amount, Gartenbauversicherung VVaG), we find out that farmers are willing to pay 65% of a current price less if there is a prerequisite for compensation at place. In the same manner, a 20%-deductible has negative effect on the price. The general WTP for any alternative different from the status quo option is negative.

Table 5. Willingness to pay for attributes

Attribute	Willingness to pay (share of insured amount)
ASC (Alternative 1)	-0.01125
Organisational form	0.00135
Participation type	0.00073
Coverage (medium)	-0.0000004
Coverage (high)	0.0041
Deductible (10%)	0.00033
Deductible (20%)	-0.0024
Prerequisite for compensation	-0.0013

Source: Authors' illustration

6 Discussion and Conclusion

The current compensation system in Germany is criticized for being too bureaucratic and inflexible. In addition to this, there is a considerable level of uncertainty associated with the amount and conditions for compensation because often they depend on the current budget and single decisions of local authorities. The need to define quarantine measures in each case individually also affects the duration of the application procedure which takes sometimes too long and thus can be critical for the farm's existence. Some disadvantages of the ad hoc financial support are especially relevant in the event of a large-scale disaster and include a disproportionate financial burden on a local budget or suboptimal quarantine and compensation measures induced by public pressure. GÖMANN et al. (2015) stress that the existence of state

compensation can also impede the emergence of private insurance solutions. Nevertheless, the choice experiment has shown that farmers are not willing to switch to alternative forms of compensation unless the desirable attributes are in place. To such attributes belong type of organization (state or private), participation form (compulsory or voluntary), coverage, price, deductible, and preconditions for compensation. Respondents tend to retain the state-provided compensation scheme. They prefer voluntary participation and maximal coverage without additional prerequisites.

In comparison to the state support, private insurance grants swift and unbureaucratic financial help tailored for each case individually. Due to the fact that the insurance conditions are negotiated in advance, farmers have better financial planning and more clarity in the quarantine case. However, the supply of insurance products against plant pests is limited because the probability of occurrence and potential extent of damage are difficult to quantify due to the lack of data. Furthermore, in the absence of reinsurance options, insurance companies will charge high premiums or offer coverage only in combination with other products, making such policies unattractive to many farmers.

Unlike insurance companies, a mutual fund, as another compensation form for economic damage caused by plant pests, is managed and financed by its members and usually embodies farms from only one sector or geographic region. A unique advantage of this system is that members have direct control over their finances and specifically over the surplus remaining at the end of a year. However, in order to ensure the financial resilience of such a fund, the number of members has to reach the required minimum. Based on empirical evidence, MEUWISSEN et al. (2013) identified that this minimum amounts to 30% of a sector. Compared to insurance, premium payments may be subjected to more fluctuations. Especially unstable is a mutual fund right after formation since the critical mass of members is not attained yet.

Concerning all benefits and drawbacks of compensation options mentioned above, we conclude that although the current system of ad hoc support has to be reformed, alternatives are difficult to establish on a purely private-sector basis. A possible solution can be a publicly subsidized private mutual fund or insurance. In this case, financial resources assigned in the status quo to the ad hoc support can strengthen the financial stability of a new compensation scheme. The setup and administration costs are considerably lower compared to the state mutual fund grounded from scratch. Additionally, the state can grant an indemnity guarantee to reduce reinsurance costs. To which extent these suggestions help to reduce the premium requires a closer examination that is not covered within the scope of the present study. Nevertheless, the cooperation of private and public institutions is necessary to ensure a smooth transition from the ad hoc state support to the new compensation system. Moreover, given the peculiarities of financial damages caused by quarantine organism in plant production it seems doubtful, whether separate insurance solutions for these risks will emerge. From a policy perspective, it appears more promising to pursue a holistic approach to risk management in agriculture, in which compensations of quarantine risks become part of more comprehensive insurance contracts that cover multiple yield risks, such as weather risks. This, however, requires coordination of different ventures that are currently conducted by the German Government and by single federal states aiming at financial support of risk management tools in agriculture.

Literature

- ADAMOWICZ, W., BOXALL, P., WILLIAMS, M., LOUVIERE, J. (1998). Stated preference approaches for measuring passive use values: choice experiments and contingent valuation. *American journal of agricultural economics*, 80(1), 64-75.
- AKTER, S., KRUPNIK, T. J., ROSSI, F., KHANAM, F. (2016). The influence of gender and product design on farmers' preferences for weather-indexed crop insurance. *Global Environmental Change*, 38, 217-229.

- ALFNES, F., YUE, C., JENSEN, H. H. (2010). Cognitive dissonance as a means of reducing hypothetical bias. *European Review of Agricultural Economics*, 37(2), 147-163.
- BLOMQUIST, G. C., BLUMENSCHNEIN, K., JOHANNESSON, M. (2009). Eliciting willingness to pay without bias using follow-up certainty statements: comparisons between probably/definitely and a 10-point certainty scale. *Environmental and Resource Economics*, 43(4), 473-502.
- BOUGHERARA, D., GASSMANN, X., PIET, L., REYNAUD, A. (2017). Structural estimation of farmers' risk and ambiguity preferences: a field experiment. *European Review of Agricultural Economics*, 44(5), 782-808.
- CHANTARAT, S., MUDE, A. G., BARRETT, C. B. (2009). Willingness to pay for index based livestock insurance: results from a field experiment in northern Kenya. Ithaca, NY (USA): Cornell University
- CHUNG, C., BOYER, T., HAN, S. (2011). How many choice sets and alternatives are optimal? Consistency in choice experiments. *Agribusiness*, 27(1), 114-125.
- CLARK, R. (2007). Convenience sample. *The Blackwell Encyclopedia of Sociology*, 1-2.
- COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) 2019/2072 of 28 November 2019 establishing uniform conditions for the implementation of Regulation (EU) 2016/2031 of the European Parliament and the Council, as regards protective measures against pests of plants, and repealing Commission Regulation (EC) No 690/2008 and amending Commission Implementing Regulation (EU) 2018/2019
- CUMMINGS, R. G., and TAYLOR, L. O. (1999). Unbiased value estimates for environmental goods: a cheap talk design for the contingent valuation method. *American economic review*, 89(3), 649-665.
- DE BEKKER-GROB, E. W., HOL, L., DONKERS, B., VAN DAM, L., HABBEMA, J. D. F., VAN LEERDAM, M. E., ... & STEYERBERG, E. W. (2010). Labeled versus unlabeled discrete choice experiments in health economics: an application to colorectal cancer screening. *Value in Health*, 13(2), 315-323.
- DOHERTY, E., MELLETT, S., NORTON, D., MCDERMOTT, T. K., O'HORA, D., RYAN, M. (2021). A discrete choice experiment exploring farmer preferences for insurance against extreme weather events. *Journal of Environmental Management*, 290, 112607.
- DOHMEN, T., FALK, A., HUFFMAN, D., SUNDE, U., SCHUPP, J., WAGNER, G. G. (2011). Individual risk attitudes: Measurement, determinants, and behavioral consequences. *Journal of the European economic association*, 9(3), 522-550.
- FLYNN, T. N., BILGER, M., MALHOTRA, C., FINKELSTEIN, E. A. (2016). Are efficient designs used in discrete choice experiments too difficult for some respondents? A case study eliciting preferences for end-of-life care. *Pharmacoeconomics*, 34(3), 273-284.
- FRENTROP, M., HEYDER, M., THEUVSEN, L. (2010). Risikomanagement in der Landwirtschaft: Leitfaden für Landwirte: so behalten Sie die Risiken im Griff. Edmund-Rehwinkel-Stiftung der Rentenbank. https://www.landwirtschaftliche-rentenbank.de/dokumente/Nachdruck_LeitfadenRisikomanagement_23112011_final.pdf (Accessed on 02/25/2022).
- Godefroid, M., Cruaud, A., Streito, J. C., Rasplus, J. Y., Rossi, J. P. (2019). *Xylella fastidiosa*: climate suitability of European continent. *Scientific Reports*, 9(1), 1-10.
- GÖMANN, H., BENDER, A., BOLTE, A., DIRKSMEYER, W., ENGLERT, H., FEIL, J. H., ... & STROHM, K. (2015): Agrarrelevante Extremwetterlagen und Möglichkeiten von Risikomanagementsystemen: Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (No. 30). Thünen Report.
- GSCHWANDTNER, A., and BURTON, M. (2020). Comparing treatments to reduce hypothetical bias in choice experiments regarding organic food. *European Review of Agricultural Economics*, 47(3), 1302-1337.
- HEIKKILÄ, J., NIEMI, J. K., HEINOLA, K., LISKI, E., MYRÄ, S. (2016). Anything left for animal disease insurance? A choice experiment approach. *Review of Agricultural, Food and Environmental Studies*, 97(4), 237-249.

- HELLERSTEIN, D., HIGGINS, N., HOROWITZ, J. (2013). The predictive power of risk preference measures for farming decisions. *European Review of Agricultural Economics*, 40(5), 807-833.
- HUANG, Z. Y., ALEC, Z. U. O., SUN, J. M., GUO, Y. Z. (2020). Potato farmers' preference for agricultural insurance in China: An investigation using the choice experimental method. *Journal of Integrative Agriculture*, 19(4), 1137-1148.
- JACQUEMET, N., JOULE, R. V., LUCHINI, S., SHOGREN, J. F. (2013). Preference elicitation under oath. *Journal of Environmental Economics and Management*, 65(1), 110-132.
- JONKER, M. F., DONKERS, B., DE BEKKER-GROB, E., STOLK, E. A. (2019). Attribute level overlap (and color coding) can reduce task complexity, improve choice consistency, and decrease the dropout rate in discrete choice experiments. *Health economics*, 28(3), 350-363.
- LANCSAR, E., FIEBIG, D. G., HOLE, A. R. (2017). Discrete choice experiments: a guide to model specification, estimation and software. *Pharmacoeconomics*, 35(7), 697-716.
- LOUVIERE, J. J., and LANCSAR, E. (2009). Choice experiments in health: the good, the bad, the ugly and toward a brighter future. *Health Economics, Policy and Law*, 4(4), 527-546.
- McFADDEN, D. (1974). The measurement of urban travel demand. *Journal of public economics*, 3(4), 303-328.
- MENAPACE, L., COLSON, G., RAFFAELLI, R. (2016). A comparison of hypothetical risk attitude elicitation instruments for explaining farmer crop insurance purchases. *European Review of Agricultural Economics*, 43(1), 113-135.
- MEUWISSEN, M. P., ASSEFA, T. T., VAN ASSELDONK, M. A. (2013). Supporting insurance in European agriculture: Experience of mutuals in the Netherlands. *EuroChoices*, 12(3), 10-16.
- MEYERHOFF, J., and LIEBE, U. (2009). Status quo effect in choice experiments: Empirical evidence on attitudes and choice task complexity. *Land Economics*, 85(3), 515-528.
- MÖLLMANN, J., MICHELS, M., & MUSSHOFF, O. (2019). German farmers' acceptance of subsidized insurance associated with reduced direct payments. *Agricultural Finance Review*, 79(3), 408-424.
- MURPHY, J. J., ALLEN, P. G., STEVENS, T. H., WEATHERHEAD, D. (2005). A meta-analysis of hypothetical bias in stated preference valuation. *Environmental and Resource Economics*, 30(3), 313-325.
- PINNELL, J., and ENGLERT, S. (1997). The number of choice alternatives in discrete choice modeling. In *Proceedings of the Sawtooth Software Conference* (pp. 121-153).
- REGULATION (EU) 2016/2031 of the European Parliament and of the Council of 26 October 2016 on protective measures against pests of plants, amending Regulations (EU) No 228/2013, (EU) No 652/2014 and (EU) No 1143/2014 of the European Parliament and of the Council and repealing Council Directives 69/464/EEC, 74/647/EEC, 93/85/EEC, 98/57/EC, 2000/29/EC, 2006/91/EC and 2007/33/EC
- REGULATION (EU) 2017/625 of the European Parliament and of the Council of 15 March 2017 on official controls and other official activities performed to ensure the application of food and feed law, rules on animal health and welfare, plant health and plant protection products, amending Regulations (EC) No 999/2001, (EC) No 396/2005, (EC) No 1069/2009, (EC) No 1107/2009, (EU) No 1151/2012, (EU) No 652/2014, (EU) 2016/429 and (EU) 2016/2031 of the European Parliament and of the Council, Council Regulations (EC) No 1/2005 and (EC) No 1099/2009 and Council Directives 98/58/EC, 1999/74/EC, 2007/43/EC, 2008/119/EC and 2008/120/EC, and repealing Regulations (EC) No 854/2004 and (EC) No 882/2004 of the European Parliament and of the Council, Council Directives 89/608/EEC, 89/662/EEC, 90/425/EEC, 91/496/EEC, 96/23/EC, 96/93/EC and 97/78/EC and Council Decision 92/438/EEC (Official Controls Regulation)Text with EEA relevance.
- REGULATION (EU) 2021/690 of the European Parliament and of the Council of 28 April 2021 establishing a programme for the internal market, competitiveness of enterprises, including small and medium-sized enterprises, the area of plants, animals, food and feed, and European statistics (Single Market Programme) and repealing Regulations (EU) No 99/2013, (EU) No 1287/2013, (EU) No 254/2014 and (EU) No 652/2014

- REGULATION (EU) 1305/2013 of the European Parliament and of the Council of 17 december 2013 on support for rural development by the European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD) and repealing Council Regulation (EC) No 1698/2005
- SÁNCHEZ, B., MOSBACH-SCHULTZ, O., RODRÍGUEZ, C.E., BARREIRO, H.J., SOTO, E.I., BAKER, R., GILIOLO, G., RAFOSS, T., BEHRING, C., CANDIANI, D., GOGIN, A., KALUSKI, T., KINKAR, M., NERI, F.M., SILIGATO, R., STANCANELLI, G., TRAMONTINI, S. (2019). Estimating the economic, social and environmental impacts of EU priority pests: a joint EFSA and JRC project with a focus on *Xylella fastidiosa*. 2nd European conference on *Xylella fastidiosa* 29th– 30th Oct 2019.
- SHERRICK, B. J., SCHNITKEY, G. D., ELLINGER, P. N., BARRY, P. J., WANSINK, B. (2003). Farmers' preferences for crop insurance attributes. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 25(2), 415-429.
- SWAIT, J., and ADAMOWICZ, W. (2001). The influence of task complexity on consumer choice: a latent class model of decision strategy switching. *Journal of Consumer Research*, 28(1), 135-148.
- VON HAEFEN, R. H., MASSEY, D. M., ADAMOWICZ, W. L. (2005). Serial nonparticipation in repeated discrete choice models. *American Journal of Agricultural Economics*, 87(4), 1061-1076.
- YAO, R. T., SCARPA, R., ROSE, J. M., TURNER, J. A. (2015). Experimental design criteria and their behavioural efficiency: an evaluation in the field. *Environmental and Resource Economics*, 62(3), 433-455.
- YE, T., WANG, M., HU, W., LIU, Y., SHI, P. (2017). High liabilities or heavy subsidies: Farmers' preferences for crop insurance attributes in Hunan, China. *China Agricultural Economic Review*, 9(4), 588-606.
- ZWERINA, K., HUBER, J., KUHFIELD, W. F. (1996). A general method for constructing efficient choice designs. Durham, NC: Fuqua School of Business, Duke University, 7.

POSTERSESSION 1

AGRARPOLITIK UND GESELLSCHAFT

ERWARTUNGEN DER GESELLSCHAFT AN EIN NATIONALES TIERWOHL-MONITORING: ERGEBNISSE EINER ONLINE-BEFragung

SOCIETY'S EXPECTATIONS OF A NATIONAL ANIMAL WELFARE MONITORING: RESULTS OF AN ONLINE SURVEY

Ute Schultheiß¹, Regina Magner, Hanna Treu, Angela Bergschmidt

Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes „Nationales Tierwohl-Monitoring“ werden die Grundlagen für ein indikatorengestütztes Monitoring in Deutschland geschaffen, um den Status quo und die weitere Entwicklung des Tierwohls bei der Haltung, beim Transport und bei der Schlachtung von Tieren in der Landwirtschaft und der Aquakultur abbilden zu können. Die Auswahl geeigneter Indikatoren für ein Monitoring erfolgt in einem mehrstufigen Prozess unter Einbeziehung verschiedener Stakeholder und gesellschaftlicher Gruppen über Fachgespräche, Regionalkonferenzen, Interviews und Online-Befragungen. In diesem Beitrag werden ausgewählte Ergebnisse einer öffentlichen Online-Befragung, an der 1893 Personen teilgenommen haben, vorgestellt. 87 % der Befragten fanden es grundsätzlich wichtig, dass ein nationales Monitoring von der Politik umgesetzt wird. Im Hinblick auf Themen, die ein solches Monitoring berücksichtigen sollte, wurden von den Teilnehmenden als „sehr wichtig“ eingeschätzt: körperliche Gesundheit (85 %), Haltungsbedingungen (79 %), Wohlergehen der Tiere bei der Schlachtung (76 %) und beim Transport (70 %), Ausleben des Normalverhaltens (66 %) bzw. von Emotionen (53 %).

Abstract

The project "National Animal Welfare Monitoring" wants to create the basis for an indicator-based monitoring in Germany in order to map the status quo and the development of animal welfare in husbandry, transport and slaughter of farm animals and aquaculture. Suitable indicators for monitoring are selected in a multistage process involving various stakeholders and social groups via expert panels, regional conferences, interviews, and online surveys. This paper presents selected results from a public online survey in which 1893 people participated. 87 % of the respondents found it fundamentally important that a national monitoring will be implemented by policymakers. With regard to topics that such a monitoring should consider, the participants rated the following aspects as "very important": health (85 %), housing conditions (79 %), animal welfare during slaughter (76 %) and transport (70 %), living out normal behaviour (66 %) and emotions (53 %).

Keywords

Nationales Tierwohl-Monitoring, Indikatoren, Gesellschaft, Online-Befragung
National animal welfare monitoring, indicators, society, online survey

1 Einleitung

Der Wissenschaftliche Beirat für Agrarpolitik sieht den Aufbau eines nationalen Tierwohl-Monitorings als einen wichtigen Erfolgsfaktor für die Entwicklung einer zukunftsfähigen Tierhaltung an (WBA 2015). Ein solches Monitoring ist auch Teil der Nutztierstrategie des

¹ Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL), Bartningstraße 49, 64289 Darmstadt; u.schultheiss@ktbl.de

Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL 2017, 2019), die Umsetzung wurde jüngst bekräftigt durch Empfehlungen der Zukunftskommission Landwirtschaft (2021). Das Projekt „Nationales Tierwohl-Monitoring“ (NaTiMon) hat das Ziel, ein Tierwohl-Monitoring vorzubereiten und bezieht für die Indikatorenauswahl Stakeholder bei Fachgesprächen, Regionalkonferenzen, Interviews und Online-Expert:innen-Befragungen mit ein. Um auch die Einschätzungen der Gesellschaft zu einem zukünftigen nationalen Tierwohl-Monitoring zu berücksichtigen, wurde eine Online-Befragung mit dem Ziel durchgeführt, die Bedeutung verschiedener Tierschutzthemen sowie die Erwartungen, Chancen und Risiken, die im Zusammenhang mit einem Tierwohl-Monitoring gesehen werden, zu erfassen.

2 Methode

Die Online-Befragung für verschiedene Gruppen (Bürger:innen, Wissenschaftler:innen, Landwirt:innen bzw. Fischzüchter:innen, Tierärzt:innen, Berater:innen, Nichtregierungsorganisationen, Interessenvertreter:innen, Politiker:innen, Verwaltungsmitarbeitende) wurde mit der Software LimeSurvey erstellt und als Convenience Sample mit einem „Nur-einmal“-Token im Zeitraum Juni bis September 2021 öffentlich zugänglich gemacht. Es handelte sich überwiegend um geschlossene Fragen mit drei- bis fünfstufigen Antwortskalen (Likert-Skalen) und der Möglichkeit zum Kommentieren. Die Bekanntmachung der Befragung erfolgte via Pressemitteilungen, Newslettern, Internetauftritten und soziale Medien (LinkedIn, Twitter, Facebook, Instagram), direkte Kontaktaufnahme mit Landwirtschafts- und Tierschutzverbänden, Forschungseinrichtungen, landwirtschaftlichen und veterinärmedizinischen Fachmagazinen sowie einen breiten Verteiler von Expert:innen durch die beteiligten Einrichtungen im Verbundprojekt NaTiMon.

Die Befragung wurde sowohl inferenzstatistisch mit dem Programm R V 4.0.2 (R CORE TEAM 2020) als auch deskriptiv ausgewertet. Zur Reduzierung der Zielvariablen wurden zwei Hauptkomponentenanalysen durchgeführt.

3 Ergebnisse

Nachfolgend werden die Einstellungen und Meinungen von 1893 Personen abgebildet, die den Fragebogen, ausgenommen einzelner demographischer Angaben, vollständig ausgefüllt haben. Das Durchschnittsalter der Teilnehmenden beträgt 43 Jahre, 62 % sind Frauen, überdurchschnittlich viele Teilnehmende haben einen Schulabschluss mit Abitur (73 %) bzw. einen Hochschulabschluss (57 %). Der Datensatz ist daher in Bezug auf Geschlecht und Bildungsgrad nicht repräsentativ auf die in Deutschland lebende Grundgesamtheit der Bevölkerung.

Die deskriptive Auswertung zeigt, dass 87 % der Befragten es grundsätzlich wichtig fanden, dass ein nationales Monitoring von der Politik umgesetzt wird. Folgende Themen wurden als „sehr wichtig“ für ein Monitoring eingestuft: körperliche Gesundheit (85 %), Haltungsbedingungen (79 %), Umgang mit den Tieren bei der Schlachtung (76 %), Wohlergehen beim Transport (70 %), Ausleben des Normalverhaltens (66 %), Durchführen von Amputationen (60 %), Einsatz von Medikamenten (57 %) und emotionales Befinden (53 %). 82 % der Teilnehmenden erwarten, dass durch ein regelmäßiges Monitoring verbesserte politische Rahmenbedingungen für mehr Tierwohl in der Nutztierhaltung geschaffen werden. 62 % der Teilnehmenden rechnen aber auch mit einem höheren Aufwand für die Tierhalter:innen, 47 % erwarten eine weitere Abnahme der gesellschaftlichen Akzeptanz wie Nutztiere aktuell in Deutschland gehalten werden.

Anhand der Hauptkomponentenanalyse konnte gezeigt werden, dass Teilnehmer:innen die verschiedenen Themen des Tierwohls sowie die Einrichtung eines Tierwohl-Monitorings generell für wichtiger erachten als Teilnehmer (vgl. Phillips et al. 2010). Die Teilnehmer:innen der Nichtregierungsorganisationen finden die Einrichtung eines Tierwohl-Monitorings (unabhängig vom Geschlecht) im Vergleich zu allen anderen Gesellschaftsgruppen besonders wichtig.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Mehrheit der Teilnehmenden befürwortet die Umsetzung eines nationalen Tierwohl-Monitorings mit regelmäßiger Darstellung des Tierwohl-Zustandes durch die Politik. Dabei sind die Erwartungen der Gesellschaft an ein mögliches Monitoring hoch: So wird damit ganz generell eine höhere Akzeptanz für die Haltung von Nutztieren und eine Verbesserung des Tierwohls verbunden. Gemäß den befragten Gesellschaftsgruppen sollte ein das Tierwohl umfassend beschreibendes Monitoring mit den Dimensionen Gesundheit, Verhalten und Emotionen etabliert werden.

Literatur

- BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (BMEL) (2017, 2019): Nutztierstrategie. Zukunftsfähige Tierhaltung in Deutschland. Berlin.
- R CORE TEAM (2020): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT FÜR AGRARPOLITIK (WBA) BEIM BMEL (2015): Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. Gutachten. Berlin. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Ministerium/Beiraete/agrarpolitik/GutachtenNutztierhaltung.pdf?__blob=publicationFile&v=2; Abruf am 01.08.2022
- ZUKUNFTSKOMMISSION LANDWIRTSCHAFT (2021): Zukunft Landwirtschaft. Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/abschlussbericht-zukunftskommission-landwirtschaft.pdf?__blob=publicationFile&v=7; Abruf am 01.08.2022
- Phillips, C.; Izmirlı, S.; Aldavood, J.; Alonso, M.; Choe, B.; Hanlon, A.; Handziska, A.; Illmann, G.; Keeling, L.; Kennedy, M.; Lee, G.; Lund, V.; Mejdell, C.; Pelagic, V.; Rehn, T. (2010): An International Comparison of Female and Male Students' Attitudes to the Use of Animals. In: *Animals* 2011, 1, 7-26; doi:10.3390/ani1010007

Danksagung

Die Förderung des Projektes erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Bundesprogramms Nutztierhaltung.

KOMMUNIKATIONSPROBLEME ZWISCHEN LANDWIRTSCHAFT UND NATURSCHUTZ IN DEUTSCHLAND – EINE DISKURSANALYSE

Verena Menauer¹, Wolfgang Schweiger

Zusammenfassung

Kommunikation gilt als zentrale Voraussetzung, um Naturschutz langfristig in der Landwirtschaft zu verankern. Die langanhaltenden, teils heftigen Auseinandersetzungen zwischen den beteiligten Akteuren zeigen jedoch, dass vor allem in der öffentlichen Kommunikation deutliche Defizite herrschen. Ziel der Studie ist es, die bestehenden Kommunikationsprobleme sowie mögliche Ursachen zu identifizieren und detailliert zu beschreiben. Theoretischer Bezugspunkt ist in erster Linie die Forschung zu öffentlichen Diskursen. Im Rahmen einer qualitativen Inhaltsanalyse werden 160 Veröffentlichungen aus den Jahren 2019 und 2020 von vier relevanten Akteursgruppen sowie die dazu verfügbaren Nutzerkommentare untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die beobachteten Probleme vielfältiger Natur sind: Akteuren fehlt es *erstens* häufig an der Bereitschaft, eine rational motivierte Einigung zu erreichen. *Zweitens* liegen nicht bei allen Themen, Ereignissen und Darstellungsperspektiven die gleichen Chancen vor, öffentlich diskutiert zu werden. Es zeigt sich *drittens*, dass die Art der Kommunikation nicht immer angemessen ist – weil Akteure ihre Positionen nicht ausreichend argumentativ untermauern, nicht ausreichend auf Themen und Argumente der Gegenseite eingehen oder sich unangemessen äußern. Als Ursachen für die mangelnde Diskursqualität zeichnen sich folgende Aspekte ab: mangelndes Vertrauen, emotionale und finanzielle Betroffenheit, organisationsinterne Zwänge sowie gruppenspezifische Verhaltens- und Bewertungsunterschiede. Künftige Studien sollten sich mit der Wahrnehmung und Bewertung dieser Probleme durch die betroffenen Akteursgruppen beschäftigen.

Keywords

Kommunikationsprobleme, Landwirtschaft, Naturschutz, Inhaltsanalyse, Diskursanalyse, Diskursqualität

1 Einleitung

Der Biodiversitätsverlust wird weltweit als eine der größten Herausforderungen unserer Zeit betrachtet (SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY 2009). Auch in Deutschland spielen Umwelt- und Naturschutz eine zentrale Rolle in der politischen Diskussion. Die Landwirtschaft steht dabei wiederholt im Zentrum der Aufmerksamkeit. Bei Landwirt*innen sorgt dies in Kombination mit gesellschaftlichen Anerkennungsdefiziten und ökonomischen Existenzsorgen zunehmend für Frustration (HEINZE et al. 2021). Ihnen gegenüber stehen – scheinbar unversöhnlich – verschiedene Akteure aus dem Natur- und Umweltschutzbereich. Die teils zu beobachtende Feindseligkeit sowie das Anhalten des Konflikts zeigen deutlich: Die öffentliche Kommunikation zwischen den beteiligten Akteuren verläuft bislang mangelhaft. Ziel der Studie ist es deshalb, die Kommunikationsprobleme sowie die möglichen Ursachen systematisch zu untersuchen. Kommunikationsprobleme werden in der Kommunikationswissenschaft bislang kaum als solche thematisiert, dennoch existiert eine Reihe von theoretischen Ansätzen und Forschungsfeldern, die einzelne Aspekte von

¹ Universität Hohenheim, Fachgebiet Kommunikationswissenschaften, Fruwirthstr. 46, 70599 Stuttgart, verena.menauer@uni-hohenheim.de

Kommunikationsproblemen untersuchen oder Hinweise auf die möglichen Ursachen für bestehende Probleme liefern. Als besonders relevant erscheinen (a) die Forschung zu öffentlichen Diskursen, (b) Studien zur journalistischen Nachrichtenauswahl, (c) Ansätze zu strategischer Kommunikation sowie (d) die Theorie der sozialen Identität. Wenngleich es kein kohärentes Rahmenkonzept gibt, ermöglichen die vier genannten Ansätze und Forschungsfelder in Kombination dennoch eine systematische und theoriebasierte Analyse.

2 Methode

Da bislang nur einzelne Aspekte von Kommunikationsproblemen Gegenstand der Forschung waren, wurde ein qualitativer Ansatz gewählt. Durch den Verzicht auf eine vorherige Hypothesenbildung wurde der mögliche Erkenntnisgewinn nicht durch etwaige Vorannahmen begrenzt und eine detaillierte, umfassende Analyse ermöglicht. Die Wahl der Erhebungsmethode fiel auf eine Diskursanalyse mittels qualitativer Inhaltsanalyse öffentlicher Beiträge. Untersucht wurden 165 Textbeiträge vier verschiedener Akteursgruppen (Nachrichtenjournalismus, Fachjournalismus, interessen geleitete Akteure sowie staatliche Akteure) inkl. der dazu verfügbaren Nutzerkommentare. Die Beiträge stammten von unterschiedlichen Kommunikationskanälen und wiesen stets einen expliziten Themenbezug auf. Der Untersuchungszeitraum umfasste die Jahre 2019 und 2020. Zunächst wurden auf Basis einer entsprechenden Literaturrecherche die relevantesten Akteure und Kanäle ausgewählt und systematisch durchsucht. Im Laufe des Forschungsprozesses wurden im Schneeballverfahren weitere Akteure und deren Beiträge in die Analyse einbezogen. Die Auswertung und Entwicklung des Kategoriensystems erfolgte mithilfe der Analysesoftware MAXQDA und orientierte sich an dem von NAWRATIL und SCHÖNHÄGEN (2009) beschriebenen Ablauf der Materialbearbeitung: Dabei erfolgt „einerseits die Strukturierung und Zusammenfassung des Materials anhand vorgegebener Kriterien, andererseits die Erarbeitung zusätzlicher Kriterien aus dem Material heraus“ (2009, S. 320).

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Analyse hat gezeigt, dass auf allen Diskursebenen Probleme zu beobachten sind. Dies gilt schon *beim Eintreten in den Diskurs*: Grundvoraussetzung für Verständigung ist der notwendige Wille der Gesprächsteilnehmer*innen, eine rational motivierte Einigung zu erreichen. Doch nicht immer bringen die beteiligten Akteure diesen mit. Auf der *Ebene des Inputs* geht es um den Zugang zum Diskurs – im Idealfall sollte dieser geprägt sein von Offenheit und Chancengleichheit. Aktuell bestehen jedoch hinsichtlich beider Kriterien deutliche Defizite: So haben eben nicht alle Themen, Ereignisse und Darstellungsperspektiven die gleichen Chancen öffentlich, diskutiert zu werden, etwa weil Medien fast ausschließlich über negative, konfliktbehaftete Ereignisse berichten oder einzelne Darstellungsperspektiven bevorzugen. Auf der *Ebene des Throughputs* geht es um die diskursive Struktur der öffentlichen Kommunikation, also die Art und Weise, wie die Akteure miteinander kommunizieren. Auch hier lassen sich in allen Belangen Defizite erkennen. Es zeigt sich, dass Akteure (1) ihre Positionen nicht immer ausreichend argumentativ untermauern, (2) nicht immer ausreichend auf Themen und Argumente der Gegenseite eingehen und sich (3) teilweise unangemessen äußern. Wenngleich im Rahmen der Diskursanalyse nur bedingt Rückschlüsse auf die Ursachen für die identifizierten Probleme möglich sind, zeichnen sich doch einige Aspekte ab. Dazu zählen emotionale und finanzielle Betroffenheit der beteiligten Akteure, enormes Misstrauen der Landwirt*innen – sowohl gegenüber Außenstehenden, als auch gegenüber der eigenen Berufsvertretung –, gruppenspezifische Verhaltens- und Interpretationsmuster sowie organisationsinterne Zwänge, die nicht nur, aber vor allem ökonomischer Natur sind.

Da bei der Analyse eine Vielzahl an Akteuren und Kommunikationskanälen berücksichtigt wurde und sich qualitative Forschung durch vergleichsweise große Flexibilität und Offenheit

auszeichnen, kann davon ausgegangen werden, dass die zentralen Probleme in der öffentlichen Kommunikation identifiziert werden konnten. Gleichwohl bleibt auf die Limitationen der Studie hinzuweisen: Im Rahmen der Analyse sind etwa keine Aussagen über die Wahrnehmung und Bewertung der diskursiven Situation durch die beteiligten Akteure möglich. Auch könnten einzelne Probleme für die Beteiligten größere Relevanz haben als andere. Um diese Fragen und Vermutungen zu untersuchen, bieten sich Befragungen der beteiligten Akteure an.

Diese Studie wurde vom Bundesamt für Naturschutz mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz finanziert (Förderkennzeichen 3519840600).

Literaturverzeichnis

- HEINZE, R. G.; BIECKMANN, R.; KURTENBACH, S. und A. KÜCHLER (2021): Bauernproteste in Deutschland. In: *Forschungsjournal Soziale Bewegungen* 34 (3), S. 360–379. DOI: 10.1515/fjsb-2021-0035.
- NAWRATIL, U. und P. SCHÖNHAGEN (2009): Die qualitative Inhaltsanalyse: Rekonstruktion der Kommunikationswirklichkeit. In: WAGNER, H.; SCHÖNHAGEN, P.; NAWRATIL, U.; und H. STARKULLA (eds.): *Qualitative Methoden in der Kommunikationswissenschaft. Ein Lehr- und Studienbuch. Vollst. überarb., erw. und erg. Neuaufl.* Baden-Baden: Nomos, S. 315–327.
- SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY (eds.) (2009): *Sustaining Life on Earth*. Online verfügbar unter <https://www.cbd.int/convention/guide/?id=changing>, zuletzt geprüft am 03.09.2021.

PANELMORTALITÄT BEI EINER BEFRAGUNG ZUR LANDWIRTSCHAFTLICHEN NUTZTIERHALTUNG IM HINBLICK AUF SOZIODEMOGRAFISCHE MERKMALE

Bea Bardusch¹, Anna Schulze Walgern, Marcus Mergenthaler

Zusammenfassung

Die Panelmortalität ist eine Verringerung der Teilnehmerzahl bei wiederholten Befragungen und kann zu Verzerrungen in einer Panelstichprobe führen. In agrarökonomischen Paneluntersuchungen wird das Problem der Panelmortalität bisher kaum explizit adressiert. Zur Analyse der Panelmortalität und der Repräsentativität einer Panelstichprobe im Rahmen einer Untersuchung zum Mediennutzungsverhalten im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung wurden soziodemografische Merkmale der Aussteiger/-innen (Drop-Out) mit denen der durchgehenden Teilnehmer/-innen verglichen. U. a. nahmen Bevölkerungsgruppen mit folgenden Merkmalen häufiger erneut an der Befragung teil: Ältere, Männer, Personen mittlerer Bildung, Zwei-Personen-Haushalte, Rentner/-innen, Besserverdienende und Großstädter/-innen. Die Panelmortalität beruht nicht wie angenommen auf neutralen und zufälligen stichproben-technischen Ausfällen. Die Drop-out-Rate führt zu einer Verzerrung der Repräsentativität des Panels und erfordert eine Gewichtung der Daten für weitere Auswertungen.

Keywords

Drop-out-Rate, Panelsterblichkeit, Panelmortalität, Rücklaufquote, Nonresponse

1 Einleitung

Eine Herausforderung bei Panelbefragungen ist die Verringerung der Panelteilnehmer/-innenzahl, die als Panelmortalität bezeichnet wird. Bei den Ursachen wird unterschieden zwischen Ausfall durch demographische Veränderungen z.B. durch Umzug, Todesfall etc. oder geringere Bereitschaft zur Teilnahme aufgrund verminderten oder veränderten Interesses, Zeitmangel etc. Das kann zu gewünschten oder unerwünschten Verzerrungen (Bias) in der Panelstichprobe führen (SCHUPP 2019). Die Problematik der Panelmortalität wurde bislang kaum explizit in agrarökonomischen Panelstudien thematisiert. Im vorliegenden Projekt wurde eine Online-Panelbefragung zum Mediennutzungsverhalten durchgeführt. Die Umfragedaten sollen für die Bevölkerung Deutschlands repräsentativ sein. Dieser Artikel betrachtet die Panelmortalität und ihre Folgen, die am Beispiel der Soziodemographie der Panelteilnehmer/-innen diskutiert wird. Es stellt sich die Frage, ob der Teilnahmeausfall (Drop-out) zu einem Verlust an Qualität und Repräsentativität der Daten führt.

2 Analyserahmen und Methodenwahl

Die Datengrundlage für diesen Beitrag wurde von einem Marktforschungsunternehmen mittels einer standardisierten Online-Befragung im Januar 2021 und 2022 erhoben. Dabei wurden Personen aus ganz Deutschland zu Fragen der Mediennutzung im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung und ihren Einstellungen bezüglich der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung befragt. Für den Vergleich der durchgehenden und der ausgeschiedenen Teilnehmer/-innen wurden die soziodemographischen Variablen Alter, Geschlecht, Bildungsstand, Haushaltsgröße, Beschäftigungsverhältnis, Einkommen und

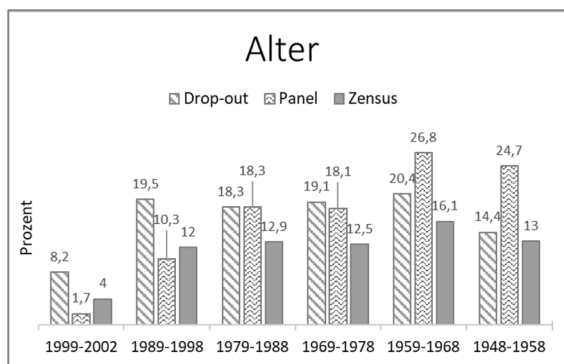
¹ Thünen-Institut für Marktanalyse, Bundesallee 63, 38116 Braunschweig, bea.bardusch@thuenen.de

Wohngegend herangezogen. Die Auswertung erfolgte mittels deskriptiver Statistik (IBM SPSS Statistics 27).

3 Ergebnisse

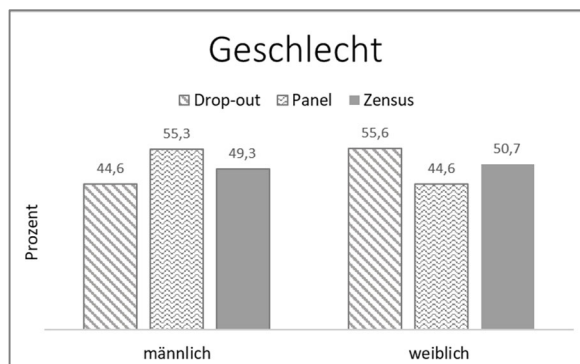
2021 umfasste das Panel 3005 Teilnehmer/-innen. Nach einem Jahr wurde die Befragung wiederholt. 1800 Teilnehmer/-innen (59,90%) beteiligten sich erneut. Trotz wiederholter Einladung nahmen 1205 Teilnehmer/-innen (40,10%) nicht mehr teil (Drop-out). Verglichen mit dem Drop-out nahmen Personen mit folgenden Merkmalen häufiger erneut an der Befragung teil: ältere Menschen (Abb.1), Männer (Abb.2), Personen mit mittlerer Bildung, Personen aus Zwei-Personen-Haushalten, Menschen im Ruhestand, Gutverdiener/-innen und großstädtische Bevölkerungsgruppen. Der Vergleich mit dem Zensus zeigt, dass durch den Drop-out der jüngeren und/oder weiblichen Teilnehmer/-innen eine Verzerrung zur Zensusverteilung auftritt (vgl. Abb. 1 und 2).

Abbildung 1. Vergleich des Alters des durchgehenden Panels ausgediehene Teilnehmer und Zensus, Zahlen in Prozent



Quellen: Eigene Darstellung; STATISTISCHES BUNDESAMT (2021)

Abbildung 2. Vergleich des Geschlechts des durchgehenden Panels, ausgediehene Teilnehmer und Zensus, Zahlen in Prozent



Quellen: Eigene Darstellung; STATISTISCHES BUNDESAMT (2021)

Wie aus Tabelle 1 hervorgeht sind Panelteilnehmende mit Fachschulreife oder Allgemeiner Hochschulreife im Vergleich zum Zensus unterrepräsentiert. Zwei-Personen-Haushalte sind dagegen deutlich häufiger unter den durchgängigen Teilnehmer/-innen vertreten, Ein-Personen-Haushalte hingegen im Verhältnis zu selten. Ferner sind Erwerbspersonen unterrepräsentiert, Erwerbslose hingegen sind überdurchschnittlich vertreten. Außerdem sind die unteren Haushaltsnettoeinkommen mit bis 2.599€ sowie Kleinstadtbürger/-innen weniger häufig als im Zensus.

Tabelle 1. Vergleich der soziodemographischen Daten des durchgehenden Panels (n=1800) des Drop-outs (n=1205) und des Zensus, Zahlen in Prozent

Bildungsstand#	Drop-out	Panel	Zensus	Tätigkeit+	Drop-out	Panel	Zensus
ohne Schulabschluss; noch in schulischer Ausbildung;	35,9	35	32,6	Erwerbspersonen	Vollzeit angestellt	42,8	43,8
Hauptschulabschluss/Volksschulabschluss							
Realschulabschluss, polytechnischen Oberschule oder gleichwertig							
Fachhochschulreife oder Allgemeine Hochschulreife	31,5	35,8	30	Teilzeit angestellt	13,8	11,8	45,1
	32,7	29,2	33,5	Selbstständig	4,5	3,9	4,8
Haushaltsgröße				Auszubildende	2,4	0,7	1,9

Haushalte mit 1 Person	24,9	27,8	42,3	Erwerbslose ohne Arbeit	9,1	5,9	1,7
Haushalte mit 2 Personen	37,5	43,3	33,2	Student, Schüler	5,7	1,7	
Haushalte mit 3 Personen	18,6	15,4	11,9	Nichterwerb s-personen im Ruhestand	16,3	26,7	46,5
Haushalte mit 4 Personen	12,4	10,6	9,1	Hausfrau, Hausmann	5,7	5,4	
Haushalte mit 5 und mehr	6	2,7	3,5	Haushaltsnettoeinkommen#			
Keine Angabe	0,6	0,2		bis 1.499 €	23,8	21,3	23,8
Wohngegend#				1.500 bis 2.599 €	27	27,1	29,9
eher großstädtisch (mehr als 100.000)	31,1	33,7	34,1	2.600 bis 3.199 €	11,6	12,3	11,4
eher kleinstädtisch (5.000 – 100.000)	53,5	50,7	53	3.200 bis 4.499 €	14,4	15,5	16,7
eher ländlicher (weniger als 5.000)	15,4	15,7	12,7	4.500 € und mehr	13,4	15,9	15,9
				Keine Angabe	9,9	7,8	2,3

Quellen: + Statistisches Bundesamt (2020), *Statistisches Bundesamt (2021), # Statistisches Bundesamt (2022a, b, c)

4 Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass die Drop-out-Rate nicht nur auf zufällige oder natürliche Panelmortalität zurückgeführt werden kann. Der eher systematische Panelausfall führt zu einer Verzerrung in der Soziodemographie der durchgehenden Stichprobe, was im Vergleich zum Zensus deutlich wird. Das Ziel, die Population in einem Panel stabil zu halten (HAUNBERGER 2011a; ANDREß 2001) konnte in diesem Beispiel nicht erreicht werden. Wenn in einer Panelbefragung Aussagen über die Grundgesamtheit getroffen werden sollen, schränkt eine weniger repräsentative Folgebefragung die externe Validität ein (ANDREß 2001). Nach SCHUPP (2019) sind demographische Ausfälle in der Regel wünschenswert, da sie die Repräsentativität des Längsschnitts erhalten. In diesem betrachteten Beispiel trug die Drop-out-Rate allerdings zur Verzerrung der Paneldaten in wesentlichen Merkmalen bei. Der nicht-zufällige Drop-out erfordert ein statistisches Korrekturverfahren in der weitergehenden Auswertung. Durch eine Gewichtung der Fälle kann eine höhere Repräsentativität des Panels bezüglich der soziodemografischen Merkmale erreicht werden (KROH et al. 2015; SCHUPP 2019).

Literatur

- ANDREß, H.J. (2001): Replikative Surveys in den Sozialwissenschaften. Expertise für die Kommission zur Verbesserung der informationellen Infrastruktur zwischen Wissenschaft und Statistik.
- HAUNBERGER, S. (2011a): Nonresponse in Panelstudien. In: HAUNBERGER, S (Hrsg.): Teilnahmeverweigerung in Panelstudien. Springer, Wiesbaden: 7-26.
- HAUNBERGER, S. (2011b): Teilnahmeverweigerung in Umfragen – Darstellung und kritische Diskussion des Forschungsstandes. In: HAUNBERGER, S (Hrsg.): Teilnahmeverweigerung in Panelstudien. Springer, Wiesbaden: 61-62.
- KROH, M., SIEGERS, R., KÜHNE, S. (2015.). Gewichtung und Integration von Auffrischungstichproben am Beispiel des Sozioökonomischen Panels (SOEP). In: J. SCHUPP und C. WOLF (Hrsg.): Nonresponse Bias. Springer, Wiesbaden: 409-444.
- SCHUPP, J. (2019): Paneldaten für die Sozialforschung. In: N. BAUR UND J. BLASIUS (Hrsg.): Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Springer, Wiesbaden: 1265-1280.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2020): Bevölkerung und Erwerbstätigkeit Erwerbsbeteiligung der Bevölkerung Ergebnisse des Mikrozensus zum Arbeitsmarkt. *Erwerbsbeteiligung der Bevölkerung - Ergebnisse des Mikrozensus zum Arbeitsmarkt - Fachserie 1 Reihe 4.1 - 2019 (destatis.de) Zugriff: 20.04.2022.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2021): Bevölkerungsfortschreibung auf Grundlage des Zensus 2011 - Fachserie 1 Reihe 1.3 – 2020. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft->

Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/Publikationen/Downloads-Bevoelkerungsstand/bevoelkerungsfortschreibung-2010130207005.html. Stand: 2021, Zugriff: 11.04.2022.

STATISTISCHES BUNDESAMT (2022):

- a) Bevölkerung und Erwerbstätigkeit. Haushalte und Familien - Ergebnisse des Mikrozensus - Fachserie 1 Reihe 3 – Erstergebnisse 2021. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Haushalte-Familien/Publikationen/Downloads-Haushalte/haushalte-familien-2010300217004.pdf?__blob=publicationFile Zugriff: 19.04.2022.
- b) Mikrozensus. "Bevölkerung (ab 15 Jahren): Deutschland, Jahre (bis 2019), Geschlecht, Altersgruppen, Allgemeine Schulausbildung". <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online> (Code 12211-9012). Zugriff am 07.03.2022
- c) Mikrozenus. "Privathaushalte: Deutschland, Jahre (bis 2019), Geschlecht der Bezugsperson, Haushaltsnettoeinkommensklassen". <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online> (Code 12211-9025). Zugriff am 07.03.2022

Danksagung

Die Studie ist Teil des Projektes SocialLab II. Förderung: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. Projektträgerschaft: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung

POLICY BELIEFS, ARGUMENTATIONEN UND AKTEUR-KOALITIONEN: EINE VERGLEICHENDE ANALYSE DER DEBATTEN ZUR KASTENSTANDHALTUNG VON SAUEN IN DEN JAHREN 2019 UND 2003

Sara Dusel¹, Christine Wieck

Zusammenfassung

Die Neuregelung der Kastenstandhaltung von Sauen war in den Jahren 2019 und 2003 Gegenstand kontroverser politischer Debatten. Im Rahmen von Verbändebeteiligungsverfahren hatten die Akteure die Gelegenheit, dem BMEL ihre Positionen in schriftlichen Stellungnahmen zu erläutern. Diese Stellungnahmen wurden mit dem Advocacy Coalition Framework (ACF) analysiert. Die abstrakten ACF-Definitionen wurden dafür mit den Konzepten der Argumentationsanalyse verknüpft. In beiden Jahren wurden zwei Akteur-Koalitionen identifiziert, die nach ihrer Zusammensetzung als Akteur-Koalition „Gemischt“ und „Landwirtschaft“ bezeichnet wurden und sich trotz 16 Jahren zeitlicher Differenz nur geringfügig unterschieden. Zwischen den Akteur-Koalitionen waren *policy beliefs* in Bezug auf die biologischen Auswirkungen der Kastenstandhaltung besonders umstritten, während die wirtschaftlichen Auswirkungen überwiegend ähnlich eingeschätzt wurden. Dies zeigt, an welchen Stellen Strategien zur Konfliktlösung ansetzen könnten. Die Methode kann für weitere aktuelle Debatten eingesetzt werden.

Keywords

Argumentationsanalyse, Advocacy Coalition Framework, Tierwohl, Kastenstand.

1 Einleitung

Die Neuregelung der Kastenstandhaltung von Sauen in der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (TierSchNutzV) war in den Jahren 2019 und 2003 Gegenstand kontroverser politischer Debatten. Mit dem Advocacy Coalition Framework (ACF) wird die Struktur politischer Debatten analysiert, indem die Akteure anhand ihrer *policy beliefs* in Koalitionen (*advocacy coalitions*) eingeteilt werden. Dadurch wird ein besseres Verständnis über besonders umstrittene *policy beliefs* erreicht und zudem aufgezeigt, an welchen Stellen Schnittmengen zwischen den Akteuren bestehen. Eine methodische Herausforderung im Zusammenhang mit dem ACF besteht darin, die *policy beliefs* der Akteure im praktischen Kontext entsprechend den abstrakten ACF-Definitionen zu ermitteln. JENKINS-SMITH et al. (2018: 154) schlagen deshalb vor, das ACF mit anderen Frameworks oder Theorien zu verknüpfen. In den Arbeiten von CLAHSSEN et al. (2020) und LODGE und MATUS (2014) wurden die ACF-Definitionen bereits mit den Argumentationen der Akteure verknüpft. Die vorliegende Studie entwickelt diese Ansätze weiter und orientiert sich dabei an den formalen Kriterien der Argumentationsanalyse i.e.S. (siehe z.B. BETZ, 2020). Das methodische Vorgehen kann für weitere aktuelle Debatten, wie z.B. die muttergebundene Kälberaufzucht, eingesetzt werden.

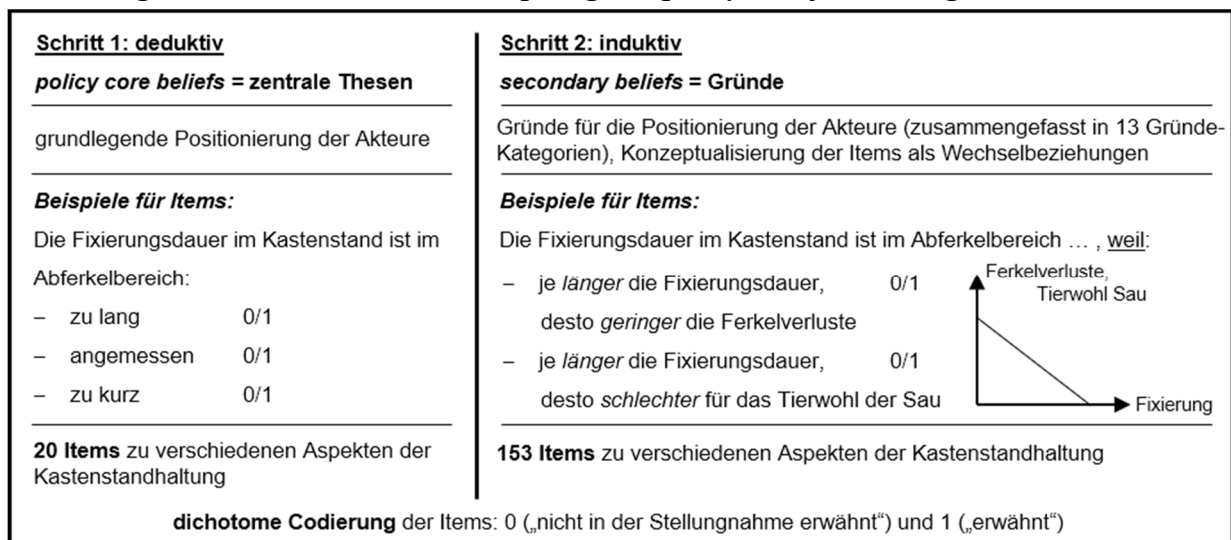
2 Datengrundlage und empirische Methoden

Als Datengrundlage dienten schriftliche Stellungnahmen zu Referentenentwürfen der TierSchNutzV, die beim BMEL im Rahmen von Verbändebeteiligungsverfahren in den Jahren 2019 (n=21) und 2003 (n=25) eingegangen sind. Die Stellungnahmen für das Jahr 2019 sind

¹ Universität Hohenheim, Fachgebiet Agrar- und Ernährungspolitik (420a), Schwerzstr. 46, 70599 Stuttgart
sara.dusel@uni-hohenheim.de

auf der BMEL-Website öffentlich zugänglich. Für das Jahr 2003 wurden sie durch einen Antrag auf Informationszugang nach dem Informationsfreiheitsgesetz beschafft. Die *policy beliefs* der Akteure wurden mithilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse aus den Stellungnahmen zur TierSchNutzV extrahiert. In einem ersten deduktiven Schritt wurden dafür, ähnlich wie bei LODGE und MATUS (2014), die grundlegenden Positionierungen der Akteure zu den Vorschlägen in der TierSchNutzV bestimmt und als *policy core beliefs* behandelt. In Anlehnung an die Argumentationsanalyse (siehe z.B. BETZ, 2020: 46) wurden diese Positionierungen zudem als zentrale Thesen aufgefasst, die von den Akteuren argumentativ durch verschiedene Gründe gestützt werden. In einem zweiten induktiven Schritt wurden diese Gründe, ähnlich wie bei CLAHSSEN et al. (2020), ermittelt und in 13 Gründe-Kategorien zusammengefasst. Die Gründe wurden dabei als Wechselbeziehungen analog zu mathematischen Korrelationen konzeptualisiert und als *secondary beliefs* behandelt. Das Vorgehen ist in Abb. 1 schematisch dargestellt. Für die Intercoder-Reliabilität wird aktuell ein Vorgehen erarbeitet, das mit dem hohen Grad an fachlich-technischen Informationen in der Debatte vereinbar ist. Um von den *policy beliefs* der Akteure die *Coalition*-Struktur abzuleiten, wurde eine Fuzzy-Clusteranalyse durchgeführt.

Abbildung 1. Methode zur Verknüpfung von *policy beliefs* und Argumentationen



Quelle: Eigene Darstellung.

3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

In den Jahren 2019 und 2003 wurden anhand der *policy core beliefs* und *secondary beliefs* jeweils zwei Akteur-Koalitionen identifiziert, deren Struktur sich nur geringfügig unterschied. Nach den beteiligten Akteuren wurden die Bezeichnungen Akteur-Koalition „Gemischt“ (u.a. Tierschutz-, Umweltschutz-, Verbraucher-, Tierärzterverbände) und „Landwirtschaft“ (Landwirtschafts-, Tierärzterverbände) gewählt. Zwischen den Akteur-Koalitionen waren die biologischen Auswirkungen der Kastenstandhaltung (z.B. auf Tierwohl und Leistung der Sau, Ferkelverluste) besonders umstritten, während die wirtschaftlichen Auswirkungen einer Verkürzung der Fixierungsdauer überwiegend ähnlich (d.h. negativ) eingeschätzt wurden.

Für die Debatten in den Jahren 2019 und 2003 wurde letztlich jeweils eine Lösung gefunden. Die Rahmenbedingungen im Policy-Subsystem lassen aber vermuten, dass die Lösung von 2020 in erster Linie auf die institutionellen Gegebenheiten zurückzuführen ist und nicht auf eine Annäherung in den *policy beliefs*. Es ist daher nicht ausgeschlossen, dass die Konfliktlinien wieder aufbrechen, beispielsweise wenn sich die Umsetzung, ähnlich wie bei der betäubungslosen Ferkelkastration, verzögert. Um dies zu verhindern, wäre ein gemeinsames Verständnis der Akteure über die biologischen Auswirkungen der Kastenstandhaltung

wünschenswert. Es stellt sich die Frage, ob die verfügbaren tierwissenschaftlichen Studien dafür ausreichen oder ob weitere tierexperimentelle Forschung notwendig ist.

Literatur

- BETZ, G. (2020): Argumentationsanalyse. Eine Einführung. J.B. Metzler, Stuttgart.
- CLAHSEN, S.C., H.S. VAN KLAVEREN, T.G. VERMEIRE, I. VAN KAMP, B. GARSSSEN, A.H. PIERSMA und E. LEBRET (2020): Understanding conflicting views of endocrine disruptor experts: a pilot study using argumentation analysis. In: *Journal of Risk Research* 23 (1): 62–80.
- JENKINS-SMITH, H.C., D. NOHRSTEDT, C.M. WEIBLE und K. INGOLD (2018): The Advocacy Coalition Framework: An Overview of the Research Program. In: Weible, C.M. und P.A. Sabatier (Hrsg.): *Theories of the policy process*. Westview Press, New York: 135–171.
- LODGE, M. und K. MATUS (2014): Science, Badgers, Politics: Advocacy Coalitions and Policy Change in Bovine Tuberculosis Policy in Britain. In: *Policy Studies Journal* 42 (3): 367–390.

Danksagung

Wir danken M. Janetzko und H. Bücheler für die Mitwirkung bei der Intercoder-Codierung.

RENEWABLE ENERGY POLICY EFFECTS AND FARMLAND MARKETS – THE GERMAN PERSPECTIVE

*Lars Isenhardt¹, Stefan Seifert, Saskia Wolff, Tobia Lakes, Axel Werwatz, Marten Graubner,
Silke Hüttel*

Abstract

Fixed feed-in tariffs from Renewable Energy (RE) Act offer stabilized and increased farmland returns when used for biogas substrate production, wind and solar plants or respective compensation areas. Farmland price increases have been noted as a result; it remains, however, elusive by which impact channels the RE policy affects the price formation process of farmland. We hypothesize that the RE policy alters the market microstructure by inducing changes in the number of buyers and sellers, agents' search and information levels, and their respective bargaining position. To uncover these impact channels, we rely on 40,000 farmland transactions between 2005 and 2018 in the Federal State of Brandenburg. We analyze spatial densities reflecting the regional intensity of RE facilities, and use data on land-use by each farmer to capture the market microstructure. Using a hedonic pricing modelling and a structural equation model approach, we estimate direct effects and uncover indirect impacts channels via the market microstructure. Preliminary results indicate that the number of plants in a region with their installed capacity has positive effects on the price formation process of farmland.

Keywords

Land markets, Farmland Prices, Renewable Energy, SEM

1 Introduction

Renewable energy (RE) capacities have been increasing from 2000 onwards under the Renewable Energy Act with fixed feed-in tariffs, where in 2020 about 46% of the electricity consumption was fed by RE at the public expense of around 190 billion €. Wind, solar and biogas denote the most important sources, all of them require substantial amounts of land for production or compensation area. Fixed feed-in tariffs offer for instance new and stable sources of income from farmland use and ownership. Many studies acknowledge the capitalization of policy efforts for more fossil-free energy sources on land values or rental rates (e.g., HAAN and SIMMLER (2018) for wind, HENNIG and LATACZ-LOHMANN, 2017 for biogas). Yet, the majority gives average effects, where price formation and thus the extent to which such subsidies pass to land prices are not made explicit. Farmland markets are thinly traded search markets with noted price dispersion related to asymmetric search and bargaining costs (SEIFERT et al. 2021, BALMANN et al., 2021). That is, price formation is governed by the local market microstructure *inter alia* the number of buyers and sellers, agents' search and information levels, and their respective bargaining position. Thus far, it remains elusive by which impact channels the RE policy affects the price formation process of farmland. In this study, we aim to uncover such impact channels.

We argue that the RE policy alters agents' willingness to pay/accept (direct effect), and the market microstructure and thus influences prices indirectly (indirect effect). For instance, fixed feed-in tariffs can stabilize a farms' returns from using the land and also offer higher returns, which may strengthen their financial limit and improve their bargaining position in the land

¹ Georg-August-Universität Göttingen, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen, lars.isenhardt@uni-goettingen.de

market. These effects may also attract additional potential buyers for land, such as investors. As this will be observed by potential sellers, their bargaining position may improve as well. Neglecting such impact channels may result in a biased evaluation of the impact of RE policy on the outcome of land markets. We structure our work around three guiding questions: How does RE policy translate into land prices? (RQ_1) How is the market microstructure influenced by such policies? (RQ_2) How does such a policy-induced market microstructure impact farmland prices? (RQ_3).

2 Research methodology and data

To answer our research questions, we proceed in two steps. In the *first step*, we estimate a direct average effect of RE policy (RQ_1). We rely on a hedonic pricing framework, enhanced by variables measuring the implementation of the policy at a regional scale:

$$\ln P_i = h(x_i, \beta) + g(\delta^{RE} d_i) + \epsilon_i, \tag{1}$$

where $\ln P_i$ denotes the log price per ha of transaction i , $h(x_i, \beta)$ denotes the hedonic function with lot characteristics x_i relevant for land returns. The direct (average) impact of the RE policy is captured by the coefficient δ^{RE} , d_{it} summarized measures of the regional implementation of RE policy, where rely on intensity measures for solar, wind and biogas capacities. Symbol ϵ_i denotes the error term.

In the *second step* (RQ_{2+3}), we opt for a structural equation modelling (SEM) approach (FREEMAN and ZHAO, 2019). SEM allows us to access the relationship of latent market microstructure and RE policy at the observation level (see Fig. 1).

We take Brandenburg as our lab region, which is characterized by a specialized agricultural sector and strong expansion in RE. We rely on 40,000 farmland transactions between 2005-2018, official data on each wind, solar and biogas plant with its installed capacity, location and installation year, and a rich data set of land-use by each farmer on the plot level.

Figure 1. Path modelling idea

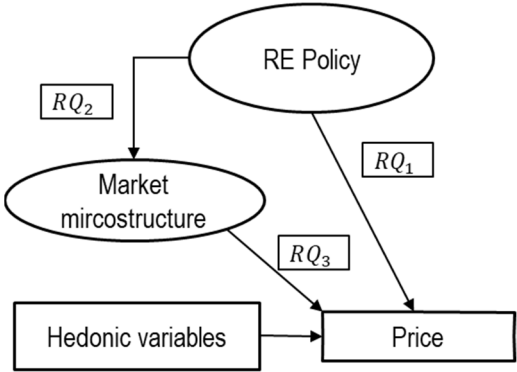
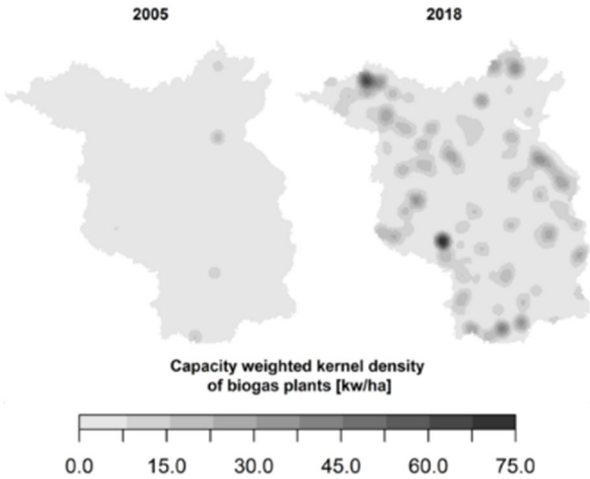


Figure 2. Capacity-weighted kernel density of biogas (2005-2018)



We use capacity-weighted spatial densities that reflect the number of the respectively installed number of RE plants and their capacity (see Fig. 2 for biogas). We construct the market microstructure by using a second-order reflective construct, including the degree of asymmetry between buyers and sellers, between farmers, and the number of buyers and sellers.

3 Preliminary results

Preliminary results of the *first step* indicate that local intensity of RE policy has positive impact on land prices, where we find 12.26% higher land prices for lots that are under high intensity of biogas plants compared to transactions without on average. Based on robust standard errors, we reject the null hypothesis of no effects of biogas on land prices at the 1% level. These coefficients, however, may not reflect the overall impact of RE policy on the price formation process of farmland. Indirect effects may be hidden within a RE policy-induced change in the market microstructure, i.e., changes in number of potential buyers and sellers, agents' search and information levels, and their bargaining position. By using an SEM in the *second step*, we will depart from merely quantifying the effects of single RE measures on land prices and evaluate the relationship between RE policy and market microstructure. As Germany, and thus Brandenburg, is characterized by a liberal land market regulation, we expect that the RE policy has only a few hurdles in affecting the market microstructure and thus land prices indirectly.

Literature

- BALMANN, A., M. GRAUBNER, D. MÜLLER, S.HÜTTEL, S. SEIFERT, M. ODENING, J. PLOGMANN, AND M. RITTER (2021): Market Power in Agricultural Land Markets: Concepts and Empirical Challenges. *German Journal of Agricultural Economics* 70 (4): 1
- FREEMAN, J., & ZHAO, X. (2019). An SEM Approach to Modeling Housing Values. *Data Analysis and Applications 1: Clustering and Regression, Modeling-estimating, Forecasting and Data Mining*, 2: 125-135.
- HAAN, P., AND M. SIMMLER (2018): Wind Electricity Subsidies - A Windfall for Landowners? Evidence from a Feed-in Tariff in Germany. *Journal of Public Economics* 159:16–32.
- HENNIG, S, AND U. LATACZ-LOHMANN (2017): The Incidence of Biogas Feed-in Tariffs on Farmland Rental Rates – Evidence from Northern Germany.” *European Review of Agricultural Economics* 44 (2): 2231–54.
- SEIFERT, S., KAHLE, C., & HÜTTEL, S. (2021): Price Dispersion in Farmland Markets: What Is the Role of Asymmetric Information? *American Journal of Agricultural Economics* 103(4): 1545-1568.

POTENZIAL LANDWIRTSCHAFTLICHER (REST-)STOFFE FÜR DIE BIOÖKONOMIE IN BADEN-WÜRTTEMBERG

Marius Boesino¹, Franziska Schünemann

Abstract

Agricultural residues are considered as unproblematic resources for the bioeconomy that cause little social and ecological trade-offs. However, there is hardly any reliable data on what kind of residues are available and how these are used at the moment. In our project we analyze the current and future potentials of agricultural residues for the bioeconomy in Baden-Wuerttemberg by combining an empirical survey with model-based scenario analyses. For the calculation of the current potentials we link official statistical data regarding land use and yields with results from a representative survey among farmers in Baden-Wuerttemberg. Thereby a precise evaluation of the so-called theoretical, ecological and economic potentials will be conducted. Via the survey the residue utilization will be empirically assessed and differences between farm type, size and system revealed. A regional bioeconomy sector model will be developed to determine future potentials of residues for the bioeconomy depending on policy measures, consumption changes and future technologies.

Keywords

Residue potentials, bioeconomy, market model, Baden-Wuerttemberg.

1 Einleitung

Als innovations- und technologiestarke Region ist der Übergang zur Bioökonomie für das Land Baden-Württemberg eine Chance in den Bereichen Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft eine nachhaltige Entwicklung für eine klimaneutrale Zukunft einzuleiten (MLR UND UM, 2019: 3). Eine der Hauptaufgaben liegt dabei in der effizienten Nutzung der nachwachsenden Rohstoffe, bedingt durch die Knappheit an verfügbarer Anbaufläche. Um Nutzungskonkurrenzen mit der Nahrungsmittelproduktion zu vermeiden, stehen Nebenprodukte und Reststoffe zur stofflichen und energetischen Verwertung im Fokus (MLR UND UM, 2019: 4). Gleichzeitig kann eine vermehrte Reststoffnutzung für die Bioökonomie Nutzungskonkurrenzen mit bestehenden ökonomischen Nutzungsformen, insbesondere in der nachhaltigen Tierhaltung und Tierfütterung, und ökologischen Zielen, vorwiegend dem Klimaschutz, hervorrufen, da ein erheblicher Teil der Reststoffe auf dem Feld verbleiben muss, um die Humusbilanz und die Kohlenstoffspeicherung des Bodens aufrechtzuerhalten. In den bisherigen Berechnungen zu Potenzialen landwirtschaftlicher Reststoffe in Baden-Württemberg (GAUDER, GRAEFF-HÖNNINGER UND CLAUPEIN (2011), KAPPLER ET AL. (2005), KAPPLER (2007), KRANERT, HUANG UND HAFNER (2018)) werden diese bestehenden Nutzungsformen lediglich durch Abschätzungen berücksichtigt. Zur tatsächlichen Reststoffnutzung von Landwirt_innen gibt es lediglich eine empirische Untersuchung von GLITHERO ET AL. (2013) für Getreidestroh. Sie fanden heraus, dass dieses in England zu 28% ins Feld eingearbeitet und 72% anderweitig auf dem Hof genutzt oder verkauft wird (GLITHERO ET AL., 2013: 311). Außerdem beziehen sich die Potenzialstudien nur auf Reststoffe aus dem Anbau von Getreide und Hackfrüchten. Andere landwirtschaftliche Reststoffe werden nicht berücksichtigt.

¹ Universität Hohenheim, Fachgebiet Bioökonomie, Wollgrasweg 49, 70599 Stuttgart, marius.boesino@uni-hohenheim.de

2 Empirische Methoden und Analyserahmen

Die Berechnung der Reststoffpotenziale aus der Landwirtschaft in Baden-Württemberg fußt auf zwei Ebenen. Auf der ersten Ebene wird für die Berechnung des theoretischen Potenzials, die maximal physisch entstehende Menge innerhalb einer Region und eines Zeitraums (ZELLER ET AL. 2012: 5), auf statistische Daten aus den Flurbilanzen, Daten zur Flächennutzung und zu Erträgen für Feldfrüchte sowie dem Obst- und Gemüsebau zurückgegriffen. Die zweite Ebene bildet eine repräsentative Umfrage unter Landwirt_innen in Baden-Württemberg, um die Verwendung momentan anfallender Reststoffe zu erheben. Das schließt sowohl die Verwendung innerhalb des landwirtschaftlichen Betriebs – z.B. als Einstreu in der Tierhaltung und die Einarbeitung in die Ackerflächen – als auch den Handel mit ein. Durch die Abfrage von Nutzungspraktiken verschiedener Gruppen werden mögliche Unterschiede zwischen beispielsweise ökologischen und konventionellen Betrieben, Betrieben unterschiedlicher Größe oder zwischen Haupt- und Nebenerwerbsbetrieben identifiziert.

3 Modellierung

Auf der Angebotsseite werden durch ökonomische Produktionsfunktionen wie Leontief- oder CES- (constant elasticity of substitution) Funktionen verschiedene Produktionsaktivitäten wie die Primärproduktion von Biomasse (Haupt- und Nebenprodukte) und auf der Nachfrageseite die Nutzung/Verarbeitung von Biomasse (Viehhaltung, Lebensmittelindustrie, materielle und energetische Nutzung nach Produkttyp) abgebildet. Die Nachfrageseite beinhaltet daher sowohl intermediäre Nutzung von Biomasse als auch die Nachfrage des Endverbrauchers nach den fertigen Produkten. Die Modellierung der Angebotsseite über Produktionsaktivitäten erlaubt es, als latente Technologien auch solche Bioökonomieaktivitäten in das Modell mit aufzunehmen, deren Marktreife noch nicht erreicht ist. Der Handel von Baden-Württemberg mit Deutschland und dem Rest der Welt wird über Armington CES-Gleichungen modelliert, sodass heimische Produkte mit Importen substituiert werden können. Flexible Preise sorgen für ein Gleichgewicht von Angebot und Nachfrage auf allen Märkten. Dadurch ist es möglich die Effekte von Politikmaßnahmen, wie beispielsweise einer Ausweitung der biologischen Landwirtschaft in Baden-Württemberg, als auch weltwirtschaftlicher Schocks auf regionaler Ebene zu simulieren.

4 Fazit

Durch das Projekt wird eine systematische und detaillierte Erfassung des gegenwärtigen Aufkommens landwirtschaftlicher Reststoffe in Baden-Württemberg sowie deren bestehenden Nutzung durch Landwirt_innen möglich sein. Außerdem erlaubt es die Modellierung zukünftige Potenziale unter Berücksichtigung ökonomisch-ökologischer Zielkonflikte darzustellen.

Literatur

- GAUDER, M., GRAEFF-HÖNNINGER, S. UND CLAUPEIN, W. (2011). Identifying the regional straw potential for energetic use on the basis of statistical information. In: *Biomass and Bioenergy* 35 (5): 1646-1654.
- GLITHERO, N.J., WILSON, P. UND RAMSDEN, S.J. (2013). Straw use and availability for second generation biofuels in England. In: *Biomass & Bioenergy* 55: 311–321.
- KAPPLER, G., LEIBLE, L., KÄLBER, S. UND WINTZER, D. (2005). GIS-gestützte Regionalanalyse (Baden-Württemberg) zur Erschließung des energetisch nutzbaren Potentials an Waldrestholz und Überschussstroh für die Gaserzeugung, Conference: agit 2005. Symposium und Fachmesse für Angewandte Geoinformatik, Salzburg, Österreich.

- KAPPLER, G. O. (2007). Systemanalytische Untersuchung zum Aufkommen und zur Bereitstellung von energetisch nutzbarem Reststroh und Waldrestholz in Baden-Württemberg – eine auf das Karlsruher bioliq-Konzept ausgerichtete Standortanalyse (Dissertation).
- KRANERT, M., HUANG, J. UND HAFNER, G. (2018). Quantifizierung , Lokalisierung und Bewertung der Verwendungsmöglichkeiten von organischen Reststoffströmen für die Bioökonomie in Baden-Württemberg – Konzeptstudie.
- MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHEN RAUM UND VERBRAUCHERSCHUTZ UND MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT (MLR UND UM) (2019). Landesstrategie Nachhaltige Bioökonomie Baden-Württemberg.
- SCARLAT, N., MARTINOV, M. UND DALLEMAND, J-F. (2010). Assessment of the availability of agricultural crop residues in the European Union: Potential and limitations for bioenergy use. In: Waste Management 30: 1889-1897.
- ZELLER, V., THRÄN, D., ZEYMER, M., BÜRZLE, B., ADLER, P., PONITKA, J., POSTEL, J., MÜLLER-LANGER, F., RÖNSCH, S., GRÖNGRÖFT, A., KIRSTEN, C., WELLER, N., SCHENKER, M., WEDWITSCHKA, H. (2012): Basisinformation für eine nachhaltige Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen zur Bioenergiebereitstellung. DBFZ Report Nr. 13.

EINSTELLUNGEN LANDWIRTSCHAFTLICHER VERBÄNDE UND GEMEINNÜTZIGER ORGANISATIONEN ZU EINEM NATIONALEN TIERWOHL-MONITORING

Regina Magner¹, Caroline Over, Caroline Gröner, Julia Johns, Ute Schultheiß

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wird die Einstellung ausgewählter Stakeholder zu einem nationalen Tierwohl-Monitoring mithilfe leitfadengestützter Telefoninterviews untersucht. Dieser qualitative Ansatz wurde im Projekt „Nationales Tierwohl-Monitoring“ gewählt, um Hinweise, Hoffnungen und Bedenken der Stakeholder in die Ausgestaltung eines solchen Monitorings einzubeziehen und damit dessen Akzeptanz zu erhöhen. Die Interviews mit Vertreter:innen landwirtschaftlicher Interessensverbände und nichtstaatlicher Organisationen (NGO) zeigen, dass beide Gruppierungen sowohl Hoffnungen als auch Bedenken mit einem Tierwohl-Monitoring verknüpfen und Befragte beider Gruppen der Meinung sind, dass die Status quo-Darstellung des Tierwohls von Nutztieren im Rahmen eines Monitorings zu politischen Folgeschritten führen sollte.

Keywords

Stakeholder, Interview, Tierwohl, Monitoring

1 Einleitung

Tierwohl in der Nutztierhaltung ist in Deutschland ein kontrovers diskutiertes Thema. Bisher gibt es keine Berichterstattung über den Status quo und die Entwicklung des Tierwohls in der Nutztierhaltung, obwohl Stakeholder, Wissenschaft und Politik dies seit einigen Jahren fordern (BLAHA 2020, BMEL 2020, DAFA 2012, EKD 2019, WBA 2015).

Mit dem Projekt "Nationales Tierwohl-Monitoring" (NaTiMon) soll die Grundlage für eine Datenerhebung geschaffen werden, die eine objektive und umfassende Berichterstattung über den Status quo und die Entwicklung des Tierwohls von Nutztieren ermöglicht. Ziel ist es, Indikatoren auszuwählen, die Aussagen über das Tierwohl während Haltung, Transport und Schlachtung von Rindern, Schweinen, Hühnern, Puten, Schafen und Ziegen sowie Regenbogenforellen und Karpfen zulassen. Die Positionen der Stakeholder werden neben Online-Befragungen und Fachgesprächen auch durch Interviews berücksichtigt.

2 Methode

Vier Interviewerinnen führten nach einer Schulung 63 leitfadengestützte qualitative Telefoninterviews mit verschiedenen Stakeholdergruppen zu einem möglichen nationalen Tierwohl-Monitoring durch. Die Interviews wurden von März bis Dezember 2020 durchgeführt, aufgezeichnet, anschließend transkribiert und mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach MAYRING (2010) mit der Software MaxQDA2020 ausgewertet. Der Beobachterinnenabgleich geschah durch mehrfaches konsensuelles Codieren im iterativen Prozess. Dieser Artikel konzentriert sich auf die wichtigsten Aussagen der 39 Interviews mit Interessenvertretungen der konventionellen (n = 17) und ökologischen Landwirtschaft (n = 7) sowie Tierschutz- (n = 8), Umwelt- (n = 4) und Verbraucherschutzverbänden (n = 3).

¹ Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Bartningstraße 49, 64289 Darmstadt, r.magner@ktbl.de

3 Ergebnisse

Von den 39 Interviewten befürwortete der Großteil generell die Umsetzung eines regelmäßig durchgeführten Tierwohl-Monitorings. Der häufigste Hinweis aus der Gruppe der konventionellen landwirtschaftlichen Verbände war die Warnung vor Kostensteigerungen, vor allem für die Landwirt:innen, durch ein Monitoring (n = 10). Mit sieben Nennungen wurde in dieser Gruppe die Wichtigkeit der korrekten Interpretation der erhobenen Daten betont, die Hoffnung auf ein Versachlichen der Tierwohldebatte durch ein nationales Monitoring geäußert, und politische Folgeschritte aus einem Monitoring gefordert. Es folgten darauf in der Häufigkeit der Nennung die Forderung, vorhandene Daten zu nutzen (insbesondere Schlachtbefunddaten) und der Hinweis, dass Indikatoren insbesondere schnell erhebbar und praktikabel sein sollten.

Der häufigste Hinweis von den Vertreter:innen der ökologischen Landwirtschaft mit sieben Nennungen war die Hoffnung, dass ein Monitoring zur Verbesserung des Tierwohls führen wird. Fünf Befragte aus dieser Gruppe nannten politische Folgeschritte aus dem Monitoring als wichtig und drei wiesen auf das Nutzen vorhandener Daten wie der Schlachtbefunde hin.

Von den gemeinnützigen Organisationen betonten insbesondere die Tierschutzverbände (6 Nennungen) die Wichtigkeit politischer Folgeschritte nach einer Veröffentlichung von Monitoring-Ergebnissen, denn ein Monitoring ohne Konsequenzen sei ein „zahnloser Papiertiger“. Ebenso war ihnen Transparenz bei der Auswahl der Indikatoren, eine klare Definition der Zielsetzung des Monitorings sowie Kommunikation zu geeigneten Stichprobengrößen wichtig. Die beiden einzigen eindeutig ablehnenden Stimmen zu einem nationalen Monitoring in allen 63 Interviews stammten von einem Tier- und einem Verbraucherschutzverband. Beide waren der Auffassung, dass ein solches Monitoring nur als „Feigenblattfunktion“ für die Politik dienen würde, sich aber am Tierwohlzustand dadurch nichts ändern würde.

4 Fazit

Trotz der unterschiedlichen Positionen landwirtschaftlicher Interessensvertretungen und Tier-, Umwelt- und Verbraucherschutz NGOs zum Tierwohl befürworteten beide Gruppen ein nationales Tierwohl-Monitoring und gaben zahlreiche Hinweise zur Umsetzung. Viele Stakeholder hielten politische Folgeschritte für wichtig; hier wurden z. B. eine Bewertung der Ergebnisse, etwa anhand von Zielwerten, genannt. Aus wissenschaftlicher Sicht sollte dieser Schritt von einer Messung des Tierwohls hin zu einer Bewertung durch eine intensive gesellschaftliche Debatte begleitet werden.

Literatur

- BLAHA, T. (2020): Tierschutz/Tierwohl: Wie erreicht man das meiste (für die Tiere!)? Konsensorientierte Dialoge vs. Skandalisierung und schrittweise Verbesserungen vs. Maximalforderungen. Deutsches Tierärzteblatt 68 (1): 12–15.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (BMEL) (2020): Empfehlungen des Kompetenznetzwerks Nutztierhaltung. Berlin.
- DAFA (2012): Fachforum Nutztiere – Wissenschaft, Wirtschaft, Gesellschaft – gemeinsam für eine bessere Tierhaltung. Strategie der Deutschen Agrarforschungsallianz, Hrsg. Deutsche Agrarforschungsallianz (DAFA).
- DEUTSCHER ETHIKRAT (2020): Tierwohlachtung – Zum verantwortlichen Umgang mit Nutztieren. Hrsg.: Deutscher Ethikrat.
- EVANGELISCHE KIRCHE DEUTSCHLAND (EKD) (2019): Nutztier und Mitgeschöpf! Tierwohl, Ernährungsethik und Nachhaltigkeit aus evangelischer Sicht, EKD-Texte 133.
- MAYRING, P. (2010): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Beltz Verlag, Weinheim und Basel.

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT FÜR AGRARPOLITIK, ERNÄHRUNG UND GESUNDHEIT-
LICHEN VERBRAUCHERSCHUTZ (WBA) (2015): Wege zu einer gesellschaftlich akzeptier-
ten Nutztierhaltung. Gutachten. Berlin

Danksagung

Die Förderung des Projektes erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Bundesprogramms Nutztierhaltung.

POSTERSESSION 2

MÄRKTE UND HANDEL

CLUSTERING CONSUMERS OF PLANT-BASED MEAT ACCORDING TO THEIR INFORMATIONAL PREFERENCES

Laura Hellstern¹, Beate Gebhardt

Abstract

In this paper we analyse the consumers of plant-based meat products and their informational needs. The rising demand for plant-based meat products since several years is driven not only by consumers who forgo meat altogether, but above all by consumers who do so occasionally, so-called flexitarians. However, individual targeting of this group is difficult, as they have neither a clear sociodemographic nor a clear nutritional profile. The aim of this study was therefore to develop a new segmentation approach of plant-based meat consumers. The results show that a motive- and information-based segmentation leads to four consumer groups, with higher heterogeneity than a segmentation based on dietary style.

Keywords

Information behaviour, Plant-Based Meat, Consumer Segmentation, Cluster Analysis

1 Introduction

The market for vegan foods, also known as plant-based (PB) foods, is growing and Germany is the leading country for new product launches of these foods in Europe. Particularly the market for PB meat products is expected to grow strongly in the future (GEBHARDT & HADWIGER, 2021). In order for companies to withstand competition in the saturated German food market and to respond to current developments in consumer behaviour, it is crucial to characterize target groups as precisely as possible (NITZKO & SPILLER, 2014). In terms of meat consumption or non-consumption, consumers are often categorized based on their dietary style (e.g. DAGEVOS, 2021; CORDTS et al., 2013). The research underlying this paper indicates that neither a segmentation of consumers based on socioeconomic and demographic characteristics nor a classification based on dietary style, respectively flexitarian (e.g. DAGEVOS, 2021), is purposeful to obtain heterogeneous target groups, which are important for precise targeting. An important factor affecting the shift toward a PB diet is the provision of information about it (LEA, CRAWFORD, & WORSLEY, 2006). Therefore, the research question is which target group segmentation and which tailored information content can be recommended in the case of German PB meat consumer.

2 Methodology and Results

In order to answer the research question, the analyses were based on a data set of the two-staged empirical European study “The V-Place – Enabling consumer choice in Vegan or Vegetarian Food Products” carried out 2020 in France, Italy, Spain, Denmark, Poland, and Germany. Ultimately online responses of German consumers (in total n=448) were chosen for the analyses using SPSS 27. First, the motives for consuming PB meat products were grouped into five dimensions (Product, Attitude, Health, Sustainability, and Openness orientation) using categorical principal component analysis (CATPCA). Based on the information behaviour (see Table 1), consumers were separated into three groups (highly, medium, disinterested) using three dummy variables (coding: 0 and 1). Second, the object values resulting from the CATPCA

¹ Universität Hohenheim, Fachgebiet Agrarmärkte, Scherzstr. 46, 70599 Stuttgart, laura.hellstern@uni-hohenheim.de

were clustered using the k-means method, resulting in two clusters. Applying the two-step cluster analysis to these two clusters, in combination with the dummy variables of the information behaviour, resulted in the final four consumer segments A, B, C and D.

The first of the four segments “Low interested economists” (A) comprises exclusively disinterested consumers. The replacement frequency of conventional meat with PB meat is lowest (25.6%) in this segment compared to the other clusters. This group is most strongly reflected in the product orientation dimension. In order to increase the consumption of PB meat in this target group, the market availability and the taste of the products should be communicated above all. The top reasons for consuming PB meat products among segment B “Medium interested well-bees” are well-being and health benefits. The cluster comprises only medium interested consumers. The replacement frequency of conventional with PB meat is about 57 percent. The information content should include the availability, the health value and the sustainability of the products to cover consumers’ motives and interests and to reduce their barriers for consuming PB meat products. The segment C “Medium interested naturists” also exclusively comprises medium interested consumers. However, the replacement frequency is lower (45.2%) than for the “Medium interested well-bees”. The motives also differ – in this segment, naturalness and animal welfare are the most important ones. In addition to the availability, the information should also include sustainability and taste. The “Highly interested sustainablists” show the highest replacement frequency (67.5%). This segment D, which comprises only interested consumers, is reflected above all in the sustainability orientation dimension. The information content should focus on the availability, sustainability and ingredients of PB meat products to cover their main motives and to reduce their barriers for consuming PB meat. The enhanced segmentation resulted in four groups of consumers that differ far more in their information interests in PB food products and their motives compared to the previous segmentations based on dietary styles (e.g. CORDTS et al., 2013). This enables a target-group-oriented communication about PB meat products, considering the corresponding informational content preferences.

Table 1. Characteristics of the new segments of plant-based meat consumers

		A	B	C	D
n (%)		46 (10.4%)	127 (28.6%)	188 (42.1%)	83 (18.7%)
Meat substitution frequency^a	∅	25.6%	57.1%	45.2%	67.5%
Motives for PB-meat^b	TOP 1	Price	Well-being	Naturalness	Animal welfare
	TOP 2	Taste/flavour experience	Health benefits	Animal welfare	Social consciousness
Information behaviour^c		Disinterested	Medium interested	Medium interested	Highly interested
Information content preferences	TOP 1	Market availability			
	TOP 2	Taste	Health, Sustainability	Sustainability, Taste	Sustainability, Ingredients
^a To what extent are you using/choosing plant-based alternatives over conventional meat products, e.g. plant-protein burger patties over beef burger patties; plant-protein nuggets over chicken nuggets? (Slider 0 – 100%) 0% = I am always using/ choosing conventional meat products, 100% = I am always using/ choosing plant-based alternative products ^b Rate how important the following reasons are for your choice to consume plant-based meat products over conventional ones. Scale from “1 – Not important at all” to “5 – Very important”. Most important reason (TOP 1 + TOP 2). ^c Are you searching for information about plant-based diets and products? Often (=highly interested consumers), sometimes (=medium interested consumers), never (=disinterested consumers)					

Quelle: Own estimation results

In this analysis, consumers of PB meat were classified according to their main motives and information preferences. The aim was to derive suggestions for practicable marketing strategies. A cluster analysis resulted in four groups. Marketing communications aimed at increasing sales of PB meat should therefore address the specific information interests and consumption motives for each of these groups separately.

Literature

- CORDTS, A., SPILLER, A., NITZKO, S., GRETHE, H. and DUMAN, N. (2013): Fleischkonsum in Deutschland. *Fleischwirtschaft*, 7, 59-63.
- DAGEVOS, H. (2021): Finding flexitarians: Current studies on meat eaters and meat reducers. *Trends in Food Science & Technology*, 114, 530-539.
- GEBHARDT, B. and HADWIGER, K. (2021): Plant-based foods – The product-related potential and challenges to the European food industry. In: *Proceedings of Conference on Food Reformulation – Regulation and Marketing*. June 18, 2021.
- LEA, E. J., CRAWFORD, D. and WORSLEY, A. (2006): Public views of the benefits and barriers to the consumption of a plant-based diet. *European Journal of Clinical Nutrition*, 60, 828-837.
- NITZKO, S. and SPILLER, A. (2014): Zielgruppenansätze in der Lebensmittelvermarktung. In: M. Halfmann (Ed.): *Zielgruppen im Konsumentenmarketing*. Springer Fachmedien, Wiesbaden.

EIN FOOD HUB FÜR FRANKFURT? EINE STUDIE AUS SICHT DER AUßER-HAUS-VERPFLEGE ANHAND VON BEST-PRACTICE-BEISPIELEN AUS DEN USA UND KANADA

Anna-Mara Schön¹, Alina Weltle, Marita Böhringer

Zusammenfassung

Ziel der Arbeit war es aufzuzeigen, ob sich ein Food Hub Modell als Konzept zur Stärkung regionaler Lebensmittelwertschöpfungsketten aus Sicht der Außer-Haus-Verpflegung in größeren Städten eignet und wie ein erfolgreiches Modell aussehen müsste. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde eine strukturierte und detaillierte Literaturrecherche durchgeführt. Dabei wurde deutlich, dass sich die meiste Literatur zu Food Hubs auf den nordamerikanischen Kontinent zentriert. Die Anwendung und der Vergleich von Best-Practice Beispielen, aber auch von Gründen, die zu Schließungen von Food Hubs geführt haben, zeigen, dass ein divers aufgestellter Food Hub mit verschiedenen Geschäftsfeldern und einem breiten Produktsortiment erfolgreich sein kann, sofern Angebot und Nachfrage parallel aufgebaut werden.

Key words

Food Hub, regionale Wertschöpfungsketten, Ernährungsstrategie

Abstract

The aim of this project was to show if a food hub model is a suitable concept for strengthening regional food value chains on the part of out-of-home catering in larger cities, and how a successful model would have to look like. To achieve this goal, a structured and detailed literature review was conducted. Most of the literature on food hubs is centred on the North American continent. The application and comparison of best practice examples, but also of reasons that have led to the closure of food hubs, show that a diversified food hub with different business areas and a broad product range can be successful, provided that supply and demand are built up simultaneously.

Keywords

food hub, regional value chains, nutrition strategy

¹ Hochschule Fulda, House of Logistics and Mobility (HOLM), Bessie-Coleman-Str. 7, 60549 Frankfurt, anna-mara.schoen@w.hs-fulda.de

THE MARKET OUTLOOK AND PRODUCTION TECHNOLOGIES FOR PLANT-BASED MILK AND MEAT ALTERNATIVES - AN EXPERT SURVEY

Amelia Espey¹, Franziska Schünemann

Abstract

A sustainable food system that promotes human and planetary health and increases resilience to climate change requires dietary transformation from animal-sourced products to plant-based foods by consumers in industrialized countries (WILLET et al., 2019). Plant-based alternatives (PBA) may present an opportunity to support food system transformation. However, limited research exists on the long-run market prospects of PBA foods and how their increased consumption might affect agricultural markets. To close this research gap, we conduct semi-structured expert interviews to gain insights into how diverse public and private sector and civil society actors anticipate the PBA sector will develop within the next twenty to thirty years. More specifically, we explore: how experts expect the market to grow, especially relative to conventional animal foods and other alternatives (i.e., cultured meat, mycoprotein, insects, etc.), what they perceive as drivers and barriers to market growth and strategies for fostering these opportunities and mitigating these challenges. We also aim to derive general production technology estimates needed to integrate the most common PBA, plant-based meat and milk alternatives, into global agro-economic simulation models.

Keywords

Dietary transition; sustainable food systems; food system transformation; meat alternatives; plant-based dairy; production technologies

References

WILLET, W., ROCKSTRÖM, J., LOKEN, B., SPRINGMANN, M., LANG, T., VERMEULEN, S., ... & MURRAY, C. J. (2019). Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. In: *The Lancet*, 393(10170), 447-492.

¹ Universität Hohenheim, Fachgebiet Bioökonomie, Wollgrasweg 49, 70599 Stuttgart, amelia.espey@uni-hohenheim.de

ESTIMATING SEASONAL MILK SUPPLY ELASTICITIES FROM REGIONAL CLIMATE DATA

Dominik Baaken¹, Sebastian Hess

Abstract

The drivers of aggregate monthly milk supply in northern Europe remain far from well understood. Even though rising farm gate milk prices tend to stimulate supply, a comparison across years reveals a wide range of possible quantities brought to market for any given price increase. Previous studies have investigated the direct effects of (extreme) weather, for example, on cow metabolism and thus on milk production. This study investigated beside the direct especially the indirect effects that may be caused by the influence of weather on forage quality and hence on future milk production. Monthly farm-level milk production from a panel of 291 farms in Lower Saxony was estimated as a function of various economic decisions and daily weather observations expressed by Temperature-Humidity-Index (THI) and Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index (SPEI). The fixed-effects panel regression showed significant positive coefficients for all direct weather effects (THI) except for autumn. Indirect weather effects (SPEI) were identified for weather conditions in summer with significant negative influence on milk production in autumn and winter. In contrast, drought conditions in autumn affected milk production quantity in winter significant positive. Despite expectations, spring weather had no influence on milk production in an indirect way.

Keywords

Milk market, milk production, weather conditions, forage quality

1 Introduction

Agricultural production is greatly determined by weather. Average weather conditions as well as extreme events affect the volatility of crop yields over the years and are expected to threaten global crop production (LOBELL et al., 2013). The production of livestock is particularly directly affected by climate change as livestock performance and welfare respond to higher temperatures and the increasing frequency of extreme weather events (HILL and WALL, 2014). High temperatures in the form of heat waves are identified as the main risk in dairy production (KEY and SNEERINGER, 2014) and also decrease dairy farmers' revenues (FINGER et al., 2018). Heat stress is related not only to temperatures, but also to relative humidity, and lactating cows are more likely to experience it on hot and humid summer days (QI et al., 2015). The negative impact is directly due to the weather, but there are also indirect effects caused by changes in the availability of fodder and pasture and the distribution of pests and parasites (GAULY et al., 2013). Due to changing weather conditions, dairy farmers have to deal with reduced water availability and thus changes in forage quantity and quality (MEGERSA et al., 2014).

While the direct effect of weather on dairy performance has been thoroughly investigated (GISBERT-QUERAL et al., 2021; PEREZ-MENDEZ et al., 2019; QI et al., 2015), there is a lack of information about the causal relationship between weather and dairy production as an indirect effect of varying forage quantity and quality. This study investigated the influence of seasonal weather on seasonal milk production in northern Germany. To assess this, we used a panel

¹ Universität Hohenheim, Fachgebiet Agrarmärkte, Schwerzstr. 46, 70599 Stuttgart, dominik.baaken@uni-hohenheim.de

dataset with monthly farm-level data from Lower Saxony and analysed how seasonal weather influences seasonal milk production.

2 Material and methods

To model the causal weather-milk relationship, a dataset with monthly milk and daily weather data for the period 01/2012 to 12/2018 was provided by the Lower Saxony State Inspection Association (LKV) and the German Meteorological Service (DWD). In addition to data for milk production and weather conditions, we used monthly milk prices to include management decisions based on that factor in the model.

Milk volume is a function of various economic decisions and climatic conditions. To illustrate this correlation, we used a milk price variable and a trend variable to represent operational decisions. Milk quantity is particularly conditioned by individual farm performance; hence we used a fixed-effects model that corrected the regression for the individual part of each farm and included a variable representing the number of animals tested and variables for quality characteristics of milk V , illustrating urea content and cell number. Direct weather effects are represented by the Temperature-Humidity-Index (THI) $c_{it,q}$ calculated according to MADER et al. (2006). Indirect weather effects can be attributed to the variable Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index (SPEI) $r_{it,q-k}$ based on the Penman-Monteith equation (ALLEN et al., 1998) as an indicator of the climatic water balance regarding 3 preceding months. The SPEI variable entered the model in the form of time lags $k = \{1,2,3\}$.

This resulted in our estimated model of milk quantities y produced by farm i in quarter q , according to the following regression equation:

$$(1) \quad \log(y_{it,q}) = c_{it,q} + r_{it,q-k} + \log(p_{t,q}) + \log(V_{it,q}) + \delta_t + \alpha_i + \varepsilon_{it,q}$$

for $i = 1, \dots, N$ farms in the sample and q as a sum of 3 following months starting in March; a subscript t indicated that we used a sample over several years; δ_t = trend variable for year t ; α_i = fixed effects for individual farm i and $\varepsilon_{it,m}$ = error term. For each quarter q a separate fixed-effects model was estimated, so that each quarter could be modelled individually based on the variables.

3 Results and conclusion

The milk production quantity in Lower Saxony is influenced by several factors. Primarily, the number of animals kept has a significant influence on the amount of produced milk. This influence varies over the course of the year. The estimated coefficient is lowest in autumn, which can be explained by the fact that farmers have many non-lactating animals at this time and thus have less effect on the total amount of milk production. Instead, a significant positive coefficient for the variable of milk price appears in the quarter of autumn, demonstrating that farmers can control the quantity of milk during this time rather through feed management. Significant direct weather effects based on the variable THI can be found in all quarters except in autumn. The positively estimated coefficients indicate that warmer and drier weather has a positive effect on the milk yield. Compared to any coefficients of indirect weather effects, it is evident that the THI influence is substantially larger. The estimated coefficients for the drought index SPEI are statistically significant for the autumn months which means that the summer has a significant influence on milk yield. Results show that with warmer and drier summer, there may be increased milk production in autumn and winter. In contrast, a significant positive influence seems to exist between SPEI in autumn and milk production in winter. Therefore, more rain during autumn leads to increased milk production in winter through the indirect effect via forage quantity and quality, e.g. fist cuts of grass can be fed later, corn silage has higher yields. However, no significant influence of the weather in spring on the milk production in autumn and winter can be observed. Comparing to models with fat or protein quantity as

dependent variable shows that the direct weather effect mainly affects milk quantity, as the estimated coefficients for these models are not significant. The coefficients for indirect effects are similar between these models.

Literature

- ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D. and M. SMITH (1998): Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Requirements, Irrigation and Drainage Paper 56. FAO: Roma, Italia.
- FINGER, R., DALHAUS, T., ALLENDORF, J. and S. HIRSCH (2018): Determinants of downside risk exposure of dairy farms. In: *European Review of Agricultural Economics*, 45(4), 641-674.
- GAULY, M., BOLLWEIN, H., BREVES, G., BRÜGEMANN, K., DÄNICKE, S., DAŞ, G., ... and C. WRENZYCKI (2013): Future consequences and challenges for dairy cow production systems arising from climate change in Central Europe – a review. In: *Animal*, 7(5), 843-859.
- GISBERT-QUERAL, M., HENNINGSEN, A., MARKUSSEN, B., NILES, M.T., KEBREAB, E., RIGDEN, A.J. and N.D. MUELLER (2021): Climate impacts and adaptation in US dairy systems 1981–2018. In: *Nature Food*, 2(11), 894-901.
- HILL, D.L. and E. WALL (2014): Dairy cattle in a temperate climate: the effects of weather in milk yield and composition depend on management. In: *Animal*, 9(1), 138-149.
- KEY, N. and S. SNEERINGER (2014): Potential effects of climate change on the productivity of US dairies. In: *American Journal of Agricultural Economics*, 96(4), 1136-1156.
- LOBELL, D. B., HAMMER, G. L., MCLEAN, G., MESSINA, C., ROBERTS, M. J. and W. SCHLENKER (2013): The critical role of extreme heat for maize production in the United States. In: *Nature Climate Change*, 3(5), 497-501.
- MADER, T.L., DAVIS, M.S. and T. BROWN-BRANDL (2006): Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. In: *Journal of Dairy Science*, 84, 712-719.
- MEGERSA, B., MARKEMANN, A., ANGASSA, A., OGUTU, J.O., PIEPHO, H.P. and A.V. ZARÁTE (2014): Impacts of climate change and variability on cattle production in southern Ethiopia: Perceptions and empirical evidence. In: *Agricultural Systems*, 130, 23-34.
- PEREZ-MENDEZ, J. A., ROIBAS, D. and A. WALL (2019): The influence of weather conditions on dairy production. In: *Agricultural Economics*, 50(2), 165-175.
- QI, L., BRAVO-URETA, B.E. and V.E. CABRERA (2015): From cold to hot: Climatic effects and productivity in Wisconsin dairy farms. In: *Journal of Dairy Science*, 98(12), 8664-8677.

POSTERSESSION 3

BETRIEBSWIRTSCHAFT UND UNTERNEHMENSFÜHRUNG

ÖKONOMISCHE ANALYSE UND TREIBHAUSGASBILANZIERUNG VON BEGLEITSAATEN IN WINTERRAPS

Tobias Jorissen¹, Silke Becker, Guido Recke

Zusammenfassung

Im Projekt Agro-Nordwest fand in 2020/21 ein Praxisversuch zum Einsatz von Begleitsaaten in Winterraps statt. Das Ziel der Etablierung von Begleitsaaten war eine Reduktion von Stickstoffdünger (N-Dünger) und Pflanzenschutzmittel. Erste Ergebnisse auf Basis von Feldmessungen und Modellkalkulationen deuten auf eine höhere Wirtschaftlichkeit des Begleitsaateinsatzes hin. Weiterhin zeigen Modellkalkulationen, dass durch verminderte Lachgasemissionen und Humusaufbau Treibhausgasemissionen gesenkt werden können.

Keywords

Winterraps, Begleitsaaten, Wirtschaftlichkeit, Treibhausgasbilanz.

1 Einleitung

Ziele des europäischen grünen Deals sehen die Transformationen zu einer wettbewerbsfähigen und nachhaltigen Landwirtschaft vor. Die aktuelle Krise in der Ukraine und die politischen Konflikte mit Belarus und Russland verdeutlichen die Problematik der Abhängigkeit von mineralischen Düngemitteln. Der Anbau von Begleitsaaten im Winterraps bietet die Möglichkeit, den Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln zu verringern, Nachhaltigkeitsziele zu erfüllen und Abhängigkeiten zu reduzieren. Im Projekt Agro-Nordwest fand in Zusammenarbeit mit Wissenschaft und landwirtschaftlicher Praxis in 2020/21 ein Versuch zum Einsatz von Begleitsaaten im Winterraps statt. Ziel des Versuchs war die Erhaltung praxisnaher Erfahrungen zur ökonomischen und ökologischen Tragfähigkeit des innovativen Pflanzenbausystems.

2 Material und Methoden

Der Praxisversuch fand auf einer ca. 6,8 ha großen Fläche (lehmgiger Sand) in Nord-Westdeutschland statt. Die streifenförmigen Versuchsvarianten im Schlag wurden an die Arbeitsbreite der betriebseigenen Pflanzenschutzspritze von 27 m angepasst. Für den Praxisversuch wurden drei Varianten definiert: V1 = Betriebsüblich, V2 = Begleitsaat und V3 = Begleitsaat und N-Reduziert. Weiterhin wurden die drei Varianten jeweils als Mulchsaat (Mu) und vorherigen Pflugeinsatz (Pf) etabliert. In der betriebsüblichen Variante erfolgte die Rapsaussaat mit Kreiselegge und Drillmaschine. Bei den zwei Begleitsaatvarianten wurde die Aussaat mit der Anhängesäkomination Cirrus 6003-2CC der Firma Amazone vorgenommen. Hierbei wurden zeitgleich mit der Rapsaussaat Ackerbohne, Buchweizen, Öllein, Phacelia und Weißklee gesät. Bei den Düngungsmaßnahmen wurden insgesamt 167 kg/ha anrechenbarer N appliziert. In einer Begleitsaatvariante wurde auf die letzte N-Gabe (42 kg N/ha) verzichtet. Bei allen Begleitsaatvarianten wurde die Herbizidanwendung ausgelassen. Eine Einschätzung des betriebswirtschaftlichen Gewinns erfolgt auf Basis der Direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistungen (DakfL). Diese ergeben sich aus den Leistungen beim Verkauf der Rapsamen, abzüglich den Direkt- und Arbeitserledigungskosten (DAk). Die Kostendaten zu den Betriebsmitteln wurden betriebsspezifisch erfasst (KÜNNE, 2022). Daten zum Maschineneinsatz basieren hauptsächlich auf Standardwerten und Herstellerangaben (LUMMER, 2022). Für

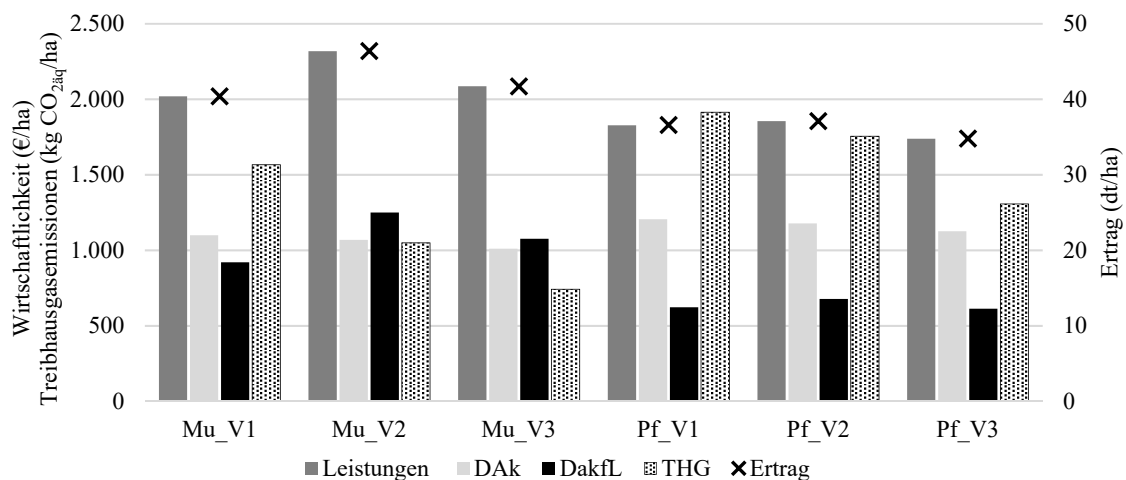
¹ Hochschule Osnabrück, Landwirtschaftliche Betriebswirtschaftslehre, Oldenburger Landstraße 24, 49090 Osnabrück, t.jorissen@hs-osnabrueck.de

einen Vergleich des klimatischen Fußabdrucks zwischen den Varianten wurden die flächenbezogenen Treibhausgasemissionen (THG) bilanziert. Erfasst wurden die Bereitstellung und der Verbrauch von Betriebsmitteln wie Diesel und Mineraldünger als auch der Maschinenverschleiß. Lachgasemissionen aus dem Boden und eine Veränderung des Bodenkohlenstoffs wurden modelliert (IPCC, 2019).

2 Ergebnisse und Diskussion

Die höchsten Erträge bei der Mulchsaat und beim vorherigen Pflugeinsatz wurden bei den Begleitsaaten erzielt. Ein Grund könnte die zusätzliche Düngewirkung der Begleitsaaten sein. Ein weiterer Grund könnte der unterschiedlich stark wirkende Spätfrost im April sein, der die später blühenden Rapspflanzen in den Begleitsaatvarianten weniger stark traf. Eine Reduktion der Düngemenge bei den Begleitsaatvarianten führte zu einem erkennbaren Rückgang des Ertragsniveaus.

Abbildung 1: Wirtschaftlichkeit und Treibhausgasemissionen beim Begleitsaatversuch



Die höchsten DakfL und niedrigsten THG werden bei den Varianten mit Mulchsaat und den Begleitsaaten erzielt. Ursächlich sind die leicht höheren Hektarerträge und der geringere Betriebsmittel- und Maschineneinsatz, infolge der N- und Pflanzenschutzmittelreduktionen. Bei den THG haben der modellierte Humusaufbau und die reduzierten Lachgasemissionen zusätzlich einen wesentlichen Einfluss auf die Höhe der Werte.

Die ersten praxisnahen Erfahrungen beim Anbau von Begleitsaaten im Projekt Agro-Nordwest verdeutlichen die mögliche Chance für eine höhere Wirtschaftlichkeit und Senkung der Treibhausgasemissionen nach Reduktion von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln. Demgegenüber steht ein erhöhter Managementaufwand und das Risiko, dass ein milder Winter nicht zu einem ausreichenden Absterben der Begleitsaaten führt. Um weitere Erfahrungen zu sammeln, ist in Agro-Nordwest für das Bewirtschaftungsjahr 2021/22 ein weiterer Praxisversuch angelegt.

Literatur

- IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE) (2019): Chapter 11: N₂O Emissions from Managed Soils, and CO₂ Emissions from Lime and Urea Application. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- KÜNNE, S. (2022): Interview zum Betriebs- und Maschineneinsatz beim Einsatz von Begleitsaaten in Winterraps. Landwirtschaftlicher Betrieb Stephan Künne, Eggermühlen. Interview am 19.01.2022.
- LUMMER, B. (2022): Interview zu den Kosten der Anhängesätkombination Cirrus 6003-2CC. Amazonen-Werke H. Dreyer SE & Co. KG, Hasbergen. Interview am 27.01.2022.

NEIGHBORHOOD EFFECTS, URBANIZATION, AND AGRICULTURAL COMMERCIALIZATION IN SOUTH INDIA

Linda Steinhübel¹, Johannes Wegmann, Monish Hose

Summary

Linking smallholders to agri-food value chains is a key aspect of poverty reduction efforts in many low- and middle-income countries. Since peers and proximity to markets often play an important role in the decision-making process of smallholders regarding their management systems, we investigate potential neighborhood and urbanization effects on the decision of 591 farmers to commercialize agricultural production in the rural-urban interface of Bangalore in South India. We estimate a probit model including neighborhood effects (SLX) based on geographic as well as social distance (i.e., caste and age) among farmers. Applying a mediation analysis, we test for the best representation of the neighborhood structure (geographic vs. social distance). We, furthermore, explore if neighborhood effects change with urban proximity. Our results support that the consideration of the social structure in communities (especially caste in our context) is important when modeling knowledge transfer among smallholders. Relying only on geographic distance likely oversimplifies the actual information pathways. This is also crucial when thinking about policies relying on the diffusion of knowledge.

Keywords

Agricultural commercialization, SLX model, mediation analysis, neighborhood structure, India.

1 Introduction

Agricultural commercialization and the integration of smallholders into agri-food value chains is a key aspect of policies in many low- and middle-income countries to foster economic growth and food security. Understanding the factors affecting smallholders' decisions to change and commercialize their management systems has therefore been an important question in the literature on agricultural development. One influence that has been identified in several studies is the effect of peers on smallholder decision-making, whether it is due to social learning, a desire for conformity, or competition. (LIVERPOOL-TASIE and WINTER-NELSON, 2012; MAERTENS and BARRETT, 2013; WOLLNI and ANDERSSON, 2014; SAINT-CYR et al., 2019). When only census-style (observational) data is available (as is often the case), spatial econometric models present a useful tool to control for and model interactions among smallholders by employing weighting matrices (i.e., adjacency, inverse distance) (WOLLNI and ANDERSSON, 2014; SAINT-CYR et al., 2019). The rationale behind this approach is the assumption that the interaction intensity among smallholders depends on relative farm location in space.

We aim to extend this concept by incorporating the idea of social distance in the definition of spatial weights for the analysis of observational data and do so by analyzing neighborhood effects based on caste and age hierarchies on agricultural commercialization in the rural-urban interface of Bangalore. We also investigate how such social weighting matrices perform in

¹ Georg-August-Universität Göttingen, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen, lsteinh2@gwdg.de

comparison to traditional spatial weighting matrices and, finally, explore if neighborhood effects change with proximity to urban centers.

Beyond the methodological exercise of this study, our results are also relevant for policies as they provide a clearer picture of the actual pathways of smallholder interaction and effects on agricultural transition.

2 Methodology

For our empirical analysis, we use a primary data set containing socioeconomic information of 591 farm households collected in two research transects in the rural-urban interface of Bangalore. Following STORM and HECKELEI (2018) and SAINT-CYR et al. (2019), we apply a probit (SLX) model to investigate the effects of neighbor characteristics on farmers' decisions to sell crops in the market. Hence, the latent utility of agricultural commercialization y^* of smallholder i is given by:

$$(1) y^* = x_i\beta + h_{ik}\gamma + r_i\delta + \epsilon_i$$

where x_i are farm-specific controls (e.g., farm size, experience, distance to closest town), h_{ik} are neighboring farm characteristics (farm size, irrigation, and off-farm employment), r_i are regional effects, and ϵ_i is an *iid* error term. The neighboring characteristics are defined by a weighting matrix W_k , so that $h_{ik} = w_{ik}X$. We test several matrix specifications k based on social proximity specific to the Indian context (i.e., caste and age hierarchies) as well as geographic distance. For all matrix specifications, we furthermore test radii between 1 to 8 kilometers (in 1 km steps). Finally, to construct the regional effects r_i , we take the average x_i on a larger spatial scale and use them to control for unobserved omitted variable bias and, thus, support the identification of neighborhood effects (STORM and HECKELEI, 2018). In the next step, we use the procedure of a mediation analysis (BARON and KENNY, 1986) to evaluate the extent to which a social weighting matrix might mediate effects that are picked up by a spatial weighting matrix. After identifying the most suitable matrix specification k^* , we extend equation (1) by an interaction term $h_{ik^*} \times d_i$ to investigate if neighborhood effects change with distance to the closest town d_i :

$$(2) y^* = x_i\beta + h_{ik^*}\gamma + h_{ik^*} \times d_i\theta + r_i\delta + \epsilon_i$$

3 Results

We find that irrigation on neighboring farms significantly increases smallholders' likelihood to sell crops in the market. Coefficients for neighboring farm size and off-farm employment remain insignificant. If irrigation is assumed to indicate an intensified management system, neighborhood effects in our study area appear to be largely linked to information exchange and competition.

This pattern of neighborhood effects is picked up by all neighborhood specifications independent of a definition based on social or geographic distance. The mediation analysis, however, suggests that a neighborhood definition based on caste is the best representation. Interacting neighborhood effects with distance to the closest town does not yield a significant result.

4 Discussion and Conclusion

Based on the results of our research, we can conclude that the social structure of the neighborhood of smallholders is important in the transfer of information that leads to agricultural commercialization. Although a traditional spatial weighting matrix picks up spillovers as well, our empirical analysis suggests that there is a hierarchy (in our context, based on caste) in the influence of neighbors' farm characteristics. This means smallholders' decisions

to sell crops are more likely to be influenced by neighbors of the same caste or higher castes (although less important) than neighbors with a lower caste.

This also has an important policy implication, especially regarding programs relying on knowledge transfer among farmers. Whereas results based on a traditional spatial weighting matrix might suggest that eventually, all farmers in the proximity of a trained farmer will receive certain information, our results emphasize that such approaches need to factor in the social structure of communities as well.

References

- BARON, R.M. and D.A. KENNY. (1986): The moderator–mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. In: *Journal of Personality and Social Psychology* 51 (6): 1173–1182.
- LIVERPOOL-TASIE, L.S.O. and A. WINTER-NELSON. (2012): Social Learning and Farm Technology in Ethiopia: Impacts by Technology, Network Type, and Poverty Status. In: *The Journal of Development Studies* 48 (10): 1505–1521.
- MAERTENS, A. and C.B. BARRETT. (2013): Measuring Social Networks' Effects on Agricultural Technology Adoption. In: *American Journal of Agricultural Economics* 95 (2): 353–359.
- SAINT-CYR, L.D.F., H. STORM, T. HECKELEI and L. PIET. (2019): Heterogeneous impacts of neighbouring farm size on the decision to exit: evidence from Brittany. In: *European Review of Agricultural Economics* 46 (2): 237–266.
- STORM, H. and T. HECKELEI. (2018): Reducing omitted-variable bias in spatial-interaction models by considering multiple neighbourhoods. In: *Spatial Economic Analysis* 13 (4): 457–472.
- WOLLNI, M. and C. ANDERSSON. (2014): Spatial patterns of organic agriculture adoption: Evidence from Honduras. In: *Ecological Economics* 97: 120–128.

KOSTEN-NUTZEN-ANALYSE ZUR ANSÄUERUNG VON ORGANISCHEN DÜNGEMITTELN BEI DER FELDAUSBRINGUNG

Larissa Cordes¹, Tobias Jorissen, Christoph Essich, Guido Recke

Zusammenfassung

Steigende Preise für mineralische Stickstoffdünger (N-Dünger), hervorgerufen durch die Konflikte mit Russland und Belarus sowie den Krieg in der Ukraine, stellen die Landwirtschaft vor eine große Herausforderung. Durch Ammoniakvermeidungen (NH₃-Vermeidungen) mittels Ansäuerung von organischen Düngemitteln lassen sich N-Verluste reduzieren und Kosten für mineralische Düngemittel einsparen. Auf Basis von Feldexperimenten und Modellrechnungen wird gezeigt, dass die Ansäuerung von organischen Düngemitteln bei der Feldausbringung wirtschaftlich sein kann, wenn die Kosten für N-Dünger entsprechend hoch sind.

Keywords

Kosten-Nutzen-Analyse, NH₃-Vermeidungen, Ansäuerung, organische Düngemittel.

1 Einleitung

Die aktuellen Konflikte mit Russland und Belarus sind ursächlich für die stark gestiegenen Preise für mineralische N-Dünger in 2021/22. Zur Schwächung des Effekts steigender N-Preise auf die Produktionskosten von Agrargütern bedarf es einer Steigerung der Unabhängigkeit von mineralischen Düngemitteln. Eine Option ist die Ansäuerung von organischen Düngemitteln mittels Schwefelsäure (H₂SO₄) bei der Feldausbringung. Durch Zugabe von H₂SO₄ wird der pH-Wert von organischen Düngemitteln gesenkt und NH₃-Emissionen vermieden. Der eigentliche Zweck der Maßnahme ist die Vermeidung der negativen Folgen von NH₃-Emissionen auf die Gesundheit der Menschen und Schäden für Ökosysteme. Ein weiterer Vorteil der Reduktion von N-Verlusten ist die potentielle Einsparung von mineralischen Düngemitteln. Ziel der nachfolgenden Analyse ist es, auf Basis von empirischen Feldexperimenten und Modellrechnungen eine Kosten-Nutzen-Abwägung der Ansäuerung von organischen Düngemitteln zu treffen. Dabei wird der Frage nachgegangen, ob diese neben dem eigentlichen Zweck des Schutzes von Gesundheit und Ökosystemen eine wirtschaftliche Alternative zur Unabhängigkeit von mineralischem N ist.

2 Material und Methoden

Die Kosten-Nutzen-Analyse der Ansäuerung von organischen Düngemitteln mit H₂SO₄ erfolgt am Beispiel von Feldversuchen mit Winterweizen, die 2019 und 2020 in Hohenheim stattgefunden haben. Hierbei wurden die Feldversuche randomisiert, in vierfacher Wiederholung, in Versuchspartellen von 9 m x 9 m angelegt. Mit Schleppschlauch-Technik wurden jeweils 170 kg N je Hektar durch Rindergülle (RG) und Gärreste (GR), mit und ohne H₂SO₄ appliziert. Gemessen wurden u.a. die NH₃-Emissionen und benötigten Säuremengen zur Erreichung eines pH-Wertes von 6. Zudem wurden die Kosten für die Säureapplikation und Gutschriften für die Vermeidung von N und die Zugabe von Schwefel (S) durch H₂SO₄ kalkuliert. Für die Säureapplikation wurde das System SyreN der dänischen Firma BioCover betrachtet (NOHRDEN, 2018). Die N-Gutschriften basieren auf den kalkulierten NH₃-

¹ Hochschule Osnabrück, Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur, Albrechtstr. 30, 49076 Osnabrück, larissa.cordes@hs-osnabrueck.de

Vermeidungen und zwei Preisszenarien für den Reinnährstoffpreis von N. In Abhängigkeit des N-Düngers und des Betrachtungsjahres betragen die Reinnährstoffkosten für N ca. 1 €/kg und werden für das Jahr auf über 2 €/kg geschätzt (AMI, 2022). Die Reinnährstoffkosten für S sind in 2021/22 zwar auch vergleichsweise stark gestiegen, werden im Rahmen dieser Analysen jedoch nicht anhand mehrerer Szenarien betrachtet, sondern mit einem Reinnährstoffpreis von 0,34 €/kg mit in die Kalkulationen aufgenommen. Der Preis für H₂SO₄ hat einen hohen Einfluss auf die Ansäuerungskosten und wird auf Basis von Experteninterviews und Händlerbefragungen auf 0,52 €/l geschätzt (CORDES, 2022).

3 Ergebnisse und Diskussion

Die höchsten NH₃-Vermeidungen werden bei der Ansäuerung von GR erreicht. 2020 wurden bei RG und GR höhere NH₃-Vermeidungen erreicht als in 2019. Weiterhin sind durch einen höheren Säurebedarf zur Erreichung eines pH-Wertes von 6 bei GR gegenüber von RG die Ansäuerungskosten von GR vergleichsweise hoch. Die N-Gutschriften sind bei GR höher als bei RG. Dieser Effekt wird in Abhängigkeit der Höhe des Preisszenarios für den N-Preis verstärkt. Wie auch bei den N-Gutschriften sind die S-Gutschriften bei GR höher als bei RG. Ursächlich ist der höhere H₂SO₄-Input bei GR infolge eines höheren Säurebedarfs. Bei gemeinsamer Betrachtung der Kosten und Gutschriften und kann nur bei hohen NH₃-Vermeidungen und N-Preisen ein Nettonutzen erzielt werden. Da Ansäuerungskosten und S-Gutschriften durch die H₂SO₄-Zugabe stark korrelieren, wird die Bedeutung der S-Gutschrift beim Nettonutzen nur zunehmen, wenn der Reinnährstoffpreis für S stärker steigt als für H₂SO₄.

Tabelle 1. Kosten und Nutzen bei der Ansäuerung von organischen Düngemitteln

Parameter	ME	2019		2020	
		RG	GR	RG	GR
NH ₃ -Vermeidungen	kg/ha	9	19	20	45
Ansäuerungskosten	€/ha	73	133	106	110
N-Gutschrift bei 1 €/kg N	€/ha	7	16	24	55
N-Gutschrift bei 2 €/kg N	€/ha	14	32	48	110
S-Gutschrift	€/ha	19	46	28	37

Die Kalkulationen basieren auf hohen und unsicheren Preisannahmen von H₂SO₄, N und S. Die derzeitigen Nachwirkungen der weltweiten Lockdown-Politik mit gestörten Lieferketten, die Konflikte mit Russland und Belarus werden kurzfristig nicht zu lösen sein. Dies wird eine zukünftige Preisabschätzung von chemischen Produkten wie H₂SO₄ und mineralischen Düngemitteln erschweren. Weiterhin kann aber angenommen werden, dass die Preise für N kurz- und mittelfristig nicht sinken werden. Mineralische N-Düngemittel haben bei ihrer Produktion einen hohen Energiebedarf. Dieser wird aktuell durch fossile Energie bereitgestellt und kann wahrscheinlich erst langfristig kostengünstig substituiert werden. Infolgedessen dürfte der Nettonutzen der Ansäuerung von organischen Düngemitteln weiter steigen.

Literatur

- AGRARMARKT INFORMATIONS-GESELLSCHAFT MBH (AMI) (2022): Zeitreihe ausgewählter Stickstoffdüngerwerte frei Hof. Bonn.
- CORDES, L. (2022): Verfahrensbeschreibung und Wirtschaftlichkeitsberechnungen zur Ansäuerung von Gülle bei der Feldausbringung. University of Applied Sciences, Osnabrück (Projektarbeit).
- NOHRDEN, M. (2018): Kosten der Ansäuerung von Gülle bei der Feldausbringung. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel (Bachelorarbeit).

QUALITÄT VON PREISVORHERSAGEN GEBRAUCHTER TRAKTOREN AUF AUKTIONEN DURCH LANDWIRTE UND HÄNDLER SOWIE STUDIERENDE IM VERGLEICH ZU PLANRESTWERTEN

Felix Witte¹, Hans Back, Christian Sponagel, Enno Bahrs

Zusammenfassung

Für viele landwirtschaftliche Kostenkalkulationen ist mindestens eine implizite Annahme des Restwertes von Maschinen, z. B. mittels individueller innerbetrieblicher Restwertschätzungen nötig. Über die Güte dieser Schätzungen ist wenig bekannt. Im Folgenden liefert ein Onlineexperiment zu Auktionspreisschätzungen gebrauchter Traktoren exemplarische Einsichten. Es wird untersucht, wie gut Landwirte, Landmaschinenhändler und Agrarstudierende Auktionsergebnisse schätzen können. Im Durchschnitt werden die absoluten Preise überschätzt. Landmaschinenhändler liefern die genauesten Schätzungen. Alle drei Gruppen überschätzen zudem im Durchschnitt ihre absoluten und relativen Schätzfähigkeiten. Die Überschätzung der eigenen Leistung, sowohl absolut als auch relativ zu anderen, ist insbesondere bei den schlechter abschneidenden Teilnehmern verbreitet. Planrestwertverfahren sind den individuellen Schätzungen in den meisten Fällen überlegen, was ihren Praxisnutzen unterlegt.

Keywords

Traktoren, Planrestwerte, Preisschätzung

1 Einleitung

Der Restwert hat für landwirtschaftliche Maschinenkostenkalkulationen eine entscheidende Rolle. Für ex ante Annahmen von Restwerten gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten: Der Ansatz eines Planrestwertes oder eine (erfahrungsbasierte) individuelle Restwertschätzung. Während für Planrestwerte eine breite Literaturbasis vorhanden ist (vgl. etwa WITTE et al., 2022; DANINGER und GUNDERSON, 2017), ist dies für individuelle Restwertschätzungen nicht der Fall. Da diese grundsätzlich schwer zu beobachten sind und vermutlich meist nur impliziten Charakter haben, werden sie in diesem Beitrag durch ex ante Schätzungen von Auktionsergebnissen approximiert. Da beide Schätzungen grundsätzlich derselben Fähigkeiten bedürfen, können die Auktionsschätzungen wertvolle erste Einblicke liefern.

2 Methodik

Vom 03.09. bis zum 21.09.2020 wurde eine standardisierte quantitative Onlineumfrage unter Landwirten, Landmaschinenhändlern und Agrarstudierenden durchgeführt. Die Teilnehmer schätzten vorab die Auktionsergebnisse von zehn verschiedenen Traktoren unterschiedlicher Fabrikate, die auf einer Onlineauktion der Firma Ritchie Bros. am 22.09.2020 versteigert wurden. Die Rekrutierung erfolgte mit einem Schneeballsystem. Zu jedem Traktor wurden die Motorleistung, Baujahr, Betriebsstunden, Fabrikat und Typenbezeichnung genannt und drei Fotografien der jeweils auktionierten Traktoren präsentiert. Die Teilnehmer sollten nach der Schätzung u. a. ihr Abschneiden relativ zu den übrigen Teilnehmern auf einer Skala von 0 (bester) bis 100 (schlechtester Teilnehmer) einschätzen und angeben, wie viele Traktoren sie in einer Schwankungsweite von 20% um das tatsächliche Ergebnis geschätzt haben.

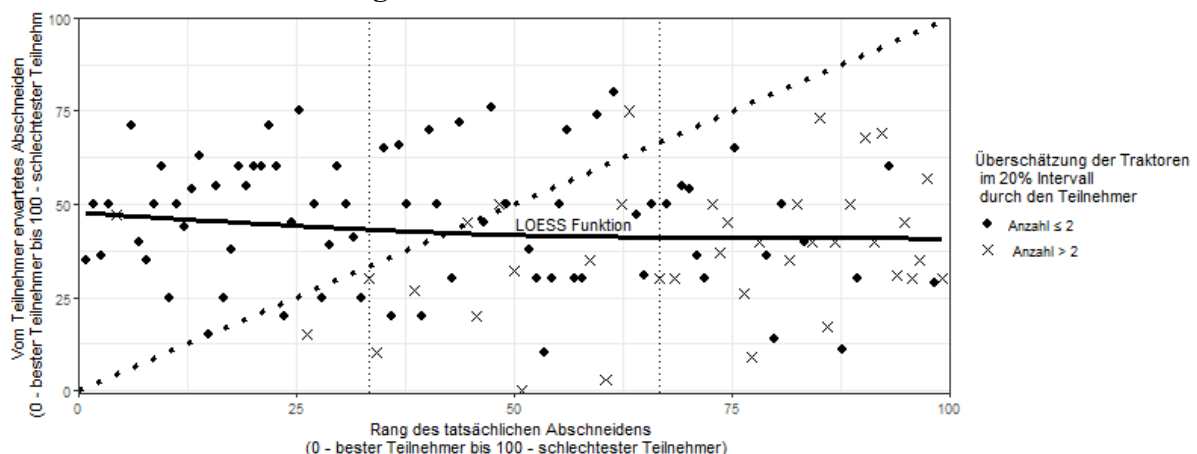
¹ Universität Hohenheim, Fachgebiet für Landwirtschaftliche Betriebslehre, 410b, Schwerzstraße 44, 70593 Stuttgart, Felix.Witte@uni-hohenheim.de

3 Ergebnisse

Es lagen 116 vollständig ausgefüllte auswertbare Fragebögen vor; von 56 Landwirten (36 Betriebsleiter, 20 Mitarbeiter), 18 aus dem Landmaschinenhandel (5 Betriebsleiter, 13 Mitarbeiter) und von 40 Agrarstudierenden. Im Durchschnitt überschätzen 81% der Landwirte, 74% der Landmaschinenhändler und 77% der Studierenden das Auktionsergebnis. Gemessen im durchschnittlichen Betrag der relativen Schätzabweichung (MAPE) schneiden die Landwirte und Studierende in der vorliegenden Stichprobe mit Durchschnittswerten von 46% bzw. 49% ähnlich und schlechter als die Landmaschinenhändler mit 30% ab. Mit einem MAPE von 29% schneidet die KTBL-Restwertformel (SCHROERS et al., 2020) besser als 74% der Landwirte ab. Der MAPE-Wert des Schätzmodelles von WITTE et al. (2022) ist mit 12% besser als der aller Teilnehmer bis auf einen.

Etwa 71% der Teilnehmer geben an, mindestens zu den besten 50% zu gehören. Keiner sieht sich in den unteren 20%. In Abb. 1 ist die Selbsteinschätzung (erwarteter Rang) aufgetragen gegen das tatsächliche Abschneiden, gemessen mit dem MAPE und normiert auf einer Skala von 0 bis 100. Links befinden sich die besten Teilnehmer. Die durchgezogene Linie ist eine LOESS-Funktion, deren „span“ mittels einer Kreuzvalidierung auf 0.95 festgelegt wurde. Sie zeigt einen allenfalls schwachen Zusammenhang zwischen dem tatsächlichen und dem erwarteten Abschneiden. Würde jeder sein Abschneiden korrekt einschätzen, hätte sie die Form der gestrichelten Winkelhalbierenden. Teilnehmer oberhalb der Winkelhalbierenden unterschätzen und solche unterhalb überschätzen ihr eigenes Abschneiden. Als Kreuze sind in Abb. 1 solche Teilnehmer dargestellt, die die Anzahl der von ihnen in einer Schwankungsweite von 20% um das tatsächliche Ergebnis geschätzten Traktoren mindestens um drei Traktoren überschätzt haben (34% der Teilnehmer). Im oberen Drittel (links) des tatsächlichen Abschneidens sind es 8% der Teilnehmer und im unteren Drittel 64%. Gleichzeitig liegt in diesem Drittel niemand oberhalb der Winkelhalbierenden, d. h. sie überschätzen alle ihre relative Leistung. 74% der Teilnehmer im unteren Drittel überschätzen alle 10 Traktoren im Preis, im Rest der Stichprobe sind es 21%.

Abbildung 1. Erwartetes gegen tatsächliches Abschneiden der Teilnehmer, mit Hervorhebung von Teilnehmern mit Überschätzung der absoluten Schätzfähigkeit



4 Diskussion und Schlussfolgerungen

Alle untersuchten Gruppen überschätzen den absoluten Preis von Traktoren im Durchschnitt deutlich. Das untere Drittel der Teilnehmer überschätzt die eigene Leistung, sowohl absolut als auch relativ zu anderen, erheblich. Außerdem zeigen sich Planrestwertverfahren als systematisch besser, was ihren Nutzen unterstreicht. Einschränkend ist zu sagen, dass Restwert- und Auktionsschätzungen nicht identisch sind. Die Restwertschätzung ist wegen ihres

Prognosecharakters mit höherer Unsicherheit behaftet. Dass bei der einfacheren Aufgabe systematische Fehlschätzungen auftreten, unterstreicht die Bedeutung der Fragestellung. Wegen des explorativen Charakters der Umfrage wurde keine Zufallsstichprobe vorgenommen, womit der repräsentative Charakter der Studie eingeschränkt wird.

Literatur

DANINGER, N. und M. A. GUNDERSON (2017): The Pricing and Depreciation Patterns of Used Tractors. In: 2017 Annual Meeting, July 30-August 1, Chicago, Illinois, Agricultural and Applied Economics Association.

SCHROERS, J. O., N. SAUER, K. KRÖN und N. UPPENKAMP (2020): Fixe und variable Maschinenkosten unter Berücksichtigung eines spezifischen Plan-Restwerts. In: Landtechnik 75 (4): 261–269.

WITTE, F., H. BACK, C. SPONAGEL und E. BAHRS (2022): Restwertentwicklung von Traktoren - ein Plädoyer für die Anwendung einer differenzierten Marktwertschätzung. In: Landtechnik 77 (1): 1–20.

ANHANG

AUTORENVERZEICHNIS

Achs, T.	151	Langer, G.	369
Angenendt, E.	17	Läpple, D.	133
Baaken, D.	501	Lindena, T.	307
Back, H.	515	Luy, J.	323
Bahrs E.	3,17,515	Mager, R.	463,487
Balmann, A.	433	Margarian, A.	79, 239
Bardusch, B.	471	Menauer, V.	467
Beck, V.	239	Mergenthaler, M.	471
Becker, S.	507	Meyer, D.	31
Bendel, D.	3	Michels, M.	293
Bergschmidt, A.	463	Mittag, F.	209
Berndt, M.	165	Mittenzwei, K.	123
Blake-Rath, R.	93	Mitter, H.	107,151
Boesino, M.	483	Mohrmann, S.	335
Böhringer, M.	497	Mußhoff, O.	63,295
Bonke, V.	295	Niedermayr, A.	255
Christoph-Schulz, I.	399	Nordmeyer, E.	
Cordes, L.	513	Nordt, A.	419
Danne, M.	63	Odening, M.	447
di Guida, N.	399	Otter, V.	335
Dusel, S.	475	Over, C.	487
Efken, J.	239	Paulus, M.	279
Ehsani, A.	195	Pfäff, S.	279
Espey, A.	499	Poehls, A.	31
Essich, Chr.	513	Recke, G.	507,513
Feil, J.H.	223	Schaller, L.	255
Feuerbacher, A.	3	Schaper, Chr.	335
Filiptseva, A.	447	Schipmann-Schwarze, Chr.	399
Filler, G.	447	Schmid, E.	151
Fuchs, C.	31	Schön, M.-A.	497
Gebhardt, B.	385, 493	Schönhart, M.	107
Geier, C.	17	Schukat, S.	369
Gerlach, S.	223	Schultheiß, U.	463, 487
Götz, L.	195	Schulze, H.	353
Graubner, M.	479	Schulze-Walgern, A.	471
Gröner, C.	487	Schünemann, F.	483, 499
Grothe, U.	93	Schweiger, W.	467
Grotsch, H.	353	Seifert, S.	433, 479
Gunarathne, A.	47	Sinabell, F.	107
Hansen, R.	385	Sommer, P.	419
Hellstern, L.	493	Sonntag, W.	353
Hess, S.	165, 209, 385,501	Sponagel Chr.	3,17, 515
Hose, M.	509	Steinhübel, L.	509
Humpsch, M.	433	Tanneberger, F.	419
Hüttel, S.	433,479	Thakur, M.	179
Isenhardt, L.	479	Thiele, H.	353
Jaghdani, T.	179, 195	Treu, H.	463
Johansen, U.	179	von Gall, P.	323
Johns, J.	487	von Meyer-Höfer, M.	323
Jorissen, T.	507,513	Weber, T.	3
Kantelhardt, J.	255	Wegemann, J.	419, 509
Karner, K.	107	Weltle, A.	497
Köder, M.	323	Werwatz, A.	479
Kokemohr, L.	123	Wieck, Chr.	475
Kropf, B.	151	Witte, F.	515
Kusserow, K.	411	Wolff, S.	479
Lackner, S.	419	Zamani, O.	47
Lakes, T.	479		

GUTACHTERVERZEICHNIS

Prof. Awudu Abdulai
Prof. Regina Birner
Dr. Elisabeth Angenendt
Prof. Joachim Aurbacher
Prof. Ulrich Bodmer
Dr. Leonie Bossert
Dr. Kirsten Boyen-Urban
Dr. Gunnar Breustedt
Prof. Bernhard Brümmer
Dr. Gesa Busch
Prof. Wolfgang Britz
Prof. Tobias Dalhaus
Prof. Reiner Doluschitz
Dr. Emmanuel Donkor
Svetlana Fedoseeva
Prof. Jan-Henning Feil
Prof. Robert Finger
Prof. Peter H. Feindt
Dr. Günther Filler
Dr. Maria Gerster-Bentaya
PD Dr. Linde Götz
Sarah Graf
Prof. Ulrike Grote
Michael Gscheidle
Prof. John H. Hanf
Prof. Anna Häring
Prof. Monika Hartmann
Dr. Arne Henningsen
Prof. Sebastian Hess
Prof. Norbert Hirschauer
Dr. Julia Höhler
Prof. Jochen Kantelhardt
Dr. Lukas Kornher
Dr. Tatjana Krimly
Prof. Uwe Latacz-Lohmann
Prof. Stefanie Lemke
Dr. Stefan Mann
Prof. Marcus Mergenthaler
Dr. Andreas Meyer-Aurich
Prof. Dagmar Mithöfer
Prof. Detlev Möller
Prof. Oliver Mußhoff,
Prof. Claudia Neu
Wiebke Nowack
Prof. Ernst-August Nuppenau
Bernhard Osterburg
Prof. Martin Odening
Michael Paulus
Prof. Martin Petrick, Gießen
Prof. Matin Qaim, Bonn
Prof. Guido Recke, Osnabrück
Prof. Jutta Roosen, München
Prof. Klaus Salhofer
Dr. Orkhan Sariyev
Prof. Johannes Sauer, München
Dr. Christian Schleyer, Kassel
Prof. Achim Spiller
Christian Stetter, München
Prof. Insa Theesfeld
Prof. Holger Thiele, Kiel
Prof. Stephan von Cramon-Taubadel
Prof. Peter Weingarten, Braunschweig
Prof. Ramona Weinrich
Dr. Stefan Wimmer, Zürich
Prof. Meike Wollni
Dr. David Wuepper, Zürich
Dr. Omid Zamani
Dr. Jana Zscheischler

JAHRESTAGUNGEN DER GESELLSCHAFT FÜR WIRTSCHAFTS- UND SOZIALWISSENSCHAFTEN DES LANDBAUES E.V.

(Stand: Januar 2023)

Jahr	Ort	Leitung	Thema
1960	Gießen	ROLFES	Das landwirtschaftliche Betriebsgrößenproblem im Westen und Osten
1961	Hohenheim	HANAU	Bedeutung und Anwendung ökonomischer Methoden
1962	Göttingen	BLOHM	Anpassung der Landwirtschaft an die veränderten ökonomischen Bedingungen
1963	Bonn	HERLEMANN	Grenzen und Möglichkeiten einzelstaatlicher Agrarpolitik
1964	Weihenstephan	RINTELEN	Konzentration und Spezialisierung in der Landwirtschaft
1965	München	KÖTTER	Landentwicklung - Soziologische und ökonomische Aspekte
1966	Kiel	REISCH	Quantitative Methoden in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues
1967	Bonn	SCHLOTTER	Landwirtschaft in der volks- und weltwirtschaftlichen Entwicklung
1968	Gießen	SCHMITT	Möglichkeiten und Grenzen der Agrarpolitik in der EWG
1969	Heidelberg	ZAPF	Entwicklungstendenzen in der Produktion und im Absatz tierischer Erzeugnisse
1970	Bonn	SCHLOTTER	Die Willensbildung in der Agrarpolitik
1971	Münster	SCHMITT	Mobilität der landwirtschaftlichen Produktionsfaktoren und regionale Wirtschaftspolitik
1972	Hohenheim	WEINSCHENCK	Die zukünftige Entwicklung der europäischen Landwirtschaft - Prognosen und Denkmodelle
1973	Braunschweig	BUCHHOLZ/ VON URFF	Agrarpolitik im Spannungsfeld der internationalen Entwicklungspolitik
1974	Göttingen	ALBRECHT/ SCHMITT	Forschung und Ausbildung im Bereich der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues
1975	Kiel	LANGBEHN/ STAMER	Agrarwirtschaft und wirtschaftliche Instabilität
1976	Berlin	ANDREAE	Standortprobleme der Agrarproduktion

Jahr	Ort	Leitung	Thema
1977	Weihenstephan	SCHMITT/ STEINHAUSER	Planung, Durchführung und Kontrolle der Finanzierung von Landwirtschaft und Agrarpolitik
1978	Gießen	SEUSTER/ WÖHLKEN	Konzentration und Spezialisierung im Agrarbereich
1979	Bonn	HENRICHSMEYER	Prognose und Prognosekontrolle
1980	Hannover	von ALVENSLEBEN/ KOESTER/ STORCK	Agrarwirtschaft und Agrarpolitik in einer erweiterten Gemeinschaft
1981	Hohenheim	BÖCKENHOFF/ STEINHAUSER/ VON URFF	Landwirtschaft unter veränderten Rahmenbedingungen
1982	Gießen	BESCH/ KUHLMANN/ LORENZL	Vermarktung und Beratung
1983	Hannover	GROSSKOPF/ KÖHNE	Einkommen in der Landwirtschaft - Entstehung, Verteilung, Verwendung und Beeinflussung
1984	Kiel	Teilnahme am 4 th European Congress of Agricultural Economists	
1985	Berlin	VON BLANCKENBURG/ DE HAEN	Bevölkerungsentwicklung, Agrarstruktur und ländlicher Raum
1986	Weihenstephan	VON URFF/ ZAPF	Landwirtschaft und Umwelt - Fragen und Antworten aus der Sicht der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues
1987	Bonn	HENRICHSMEYER/ LANGBEHN	Wirtschaftliche und soziale Auswirkungen unterschiedlicher agrarpolitischer Konzepte
1988	Kiel	HANF/ SCHEPER	Neuere Forschungskonzepte und -methoden in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues
1989	Braunschweig	BUCHHOLZ/ NEANDER/ SCHRADER	Technischer Fortschritt in der Landwirtschaft - Tendenzen, Auswirkungen, Beeinflussung
1990	Frankfurt a.M.	SCHMITZ/ WEINDLMAIER	Land- und Ernährungswirtschaft im europäischen Binnenmarkt und in der internationalen Arbeitsteilung
1991	Göttingen	SCHMITT/ TANGERMANN	Internationale Agrarpolitik und Entwicklung der Weltwirtschaft
1992	Rostock	LANGBEHN/ VON ALVENSLEBEN/ SCHINKE	Strukturanpassungen der Land- und Ernährungswirtschaft in Mittel- und Osteuropa
1993	Halle	ISERMAYER/ HAGEDORN/ ROST/ WEBER	Gesellschaftliche Forderungen an die Landwirtschaft
1994	Hohenheim	ZEDIES/ GROSSKOPF/ HANF/ HEIDHUES	Die Landwirtschaft nach der EU-Agrarreform

Jahr	Ort	Leitung	Thema
1995	Berlin	KIRSCHKE/ ODENING/ SCHADE	Agrarstrukturentwicklung und Agrarpolitik
1996	Gießen	KUHLMANN/ HERMANN/ BAUER	Märkte der Agrar- und Ernährungswirtschaft
1997	Weihenstephan	VON URFF/ HEIßENHUBER	Land- und Ernährungswirtschaft in einer erweiterten EU
1998	Bonn	BERG/ HENRICHSMEYER/ SCHIEFER	Agrarwirtschaft in der Informationsgesellschaft
1999	Kiel	LANGBEHN/ von ALVENSLEBEN/ KOESTER	Wettbewerbsfähigkeit und Unternehmertum in der Agrar- und Ernährungswirtschaft
2000	Berlin	IAAE-Teilnahme	
2001	Braunschweig	BROCKMEYER/ ISERMAYER/ VON CRAMON-TAUBADEL	WTO-Strategien und Konzepte
2002	Halle	GRINGS/ AHRENS/ PETERSEN	Perspektiven der europäischen Agrarwirtschaft nach der Osterweiterung der EU
2003	Hohenheim	DABBERT/ GROSSKOPF/ HEIDHUES/ ZEDDIES	Perspektiven in der Landnutzung - Regionen, Landschaften, Betriebe - Entscheidungsträger und Instrumente
2004	Berlin	ODENING/ HAGEDORN/ NAGEL	Umwelt- und Produktqualität im Agrarbereich
2005	Göttingen	THEUVSEN/ SPILLER/ BAHRS/ VON CRAMON- TAUBADEL/ ZELLER	Unternehmen im Agrarbereich vor neuen Herausforderungen
2006	Gießen	KUHLMANN/ SCHMITZ	Good Governance in der Agrar- und Ernährungswirtschaft
2007	Weihenstephan	HEISSENHUBER/ KIRNER/ PÖCHGTRAGER/ SALHOFER	Agrar- und Ernährungswirtschaft im Umbruch
2008	Bonn	BERG/ HARTMANN/ HECKELEI/ HOLM-MÜLLER/ SCHIEFER	Risiken in der Agrar- und Ernährungswirtschaft und ihre Bewältigung
2009	Kiel	LOY/ MÜLLER	Agrar- und Ernährungsmärkte nach dem Boom
2010	Braunschweig	BANSE/ GÖMANN/ ISERMAYER/ NIEBERG/ OFFERMANN/ WEINGARTEN/ WENDT	Möglichkeiten und Grenzen der wissenschaftlichen Politikanalyse
2011	Halle (Saale)	BALMANN/ GLAUBEN/ GRINGS/ HIRSCHAUER/ WAGNER	Unternehmerische Landwirtschaft zwischen Marktanforderungen und gesellschaftlichen Erwartungen

Jahr	Ort	Leitung	Thema
2012	Hohenheim	BAHRS/ BECKER/ BIRNER/ BROCKMEIER/ DABBERT/ DOLUSCHITZ/ GRETHE/ LIPPERT/ THIELE	Herausforderungen des globalen Wandels für Agrarentwicklung und Welternährung
2013	Berlin	KIRSCHKE/ BOKELMANN/ HAGEDORN/ HÜTTEL	Wie viel Markt und wie viel Regulierung braucht eine nachhaltige Agrarentwicklung?
2014	Göttingen	MUßHOFF/ BRÜMMER/ HAMM/ MARGGRAF/ MÖLLER/ QAIM/ SPILLER/ THEUVSEN/ VON CRAMON- TAUBADEL/ WOLLNI	Neuere Theorien und Methoden in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus
2015	Gießen	KÜHL/ AURBACHER/ HERRMANN/ NUPPENAU/ SCHMITZ	Perspektiven für die Agrar- und Ernährungswirtschaft nach der Liberalisierung
2016	Bonn	BRITZ/ BRÖRING / HARTMANN/ HECKELEI/ HOLM-MÜLLER	Agrar- und Ernährungswirtschaft – Regional vernetzt und global erfolgreich
2017	Weihenstephan	SAUER/ KANTELHARDT/ BITSCH/ GLEBE/ OEDL- WIESER	Agrar- und Ernährungswirtschaft zwischen Ressourceneffizienz und gesellschaftlichen Erwartungen
2018	Kiel	BRAATZ, HENNING, HESS, LATA CZ-LOHMANN, LOY, THIELE	Visionen für eine Agrar- und Ernährungspolitik nach 2020
2019	Braunschweig	BANSE, CHRISTOPH- SCHULZ, GOCHT, NIEBERG, PELIKAN, RÖDER, SALAMON, THOBE, WEINGARTEN, ZANDER	Landwirtschaft und ländliche Räume im gesellschaftlichen Wandel
2020	Halle (Saale)	GOTTER, GÖTZ, GRAUBNER, HERZFELD, HIRSCHAUER, KASHTANOVA, THEESFELD, WAGNER	Herausforderungen für die ländliche Entwicklung - Wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Perspektiven
2021	Berlin	GRETHE, FEINDT, HACKFORT, MITHÖFER, ODENING, RITTER, SIDDIG	Transformationsprozesse im Agrar- und Ernährungssystem: Herausforderungen für die Wirtschafts- und Sozialwissenschaften
2022	Hohenheim	BAHRS, BIELING, BIRNER, BRAUN, HESS, HIRSCH, KNIERIM, LIPPERT, SCHÖNLEBER, SCHÜLE, WEINRICH, WIECK	Resilienz von regionalen und globalen Wertschöpfungsketten der Agrar- und Ernährungswirtschaft

**ANSCHRIFTEN DER MITGLIEDER DES VORSTANDES
UND DER GESCHÄFTSSTELLE DER
GESELLSCHAFT FÜR WIRTSCHAFTS- UND
SOZIALWISSENSCHAFTEN DES LANDBAUES E.V.**

(Wahlperiode 01.01.2023 bis 31.12.2025)

Stand: Januar 2023

- Vorsitzende:r: Prof. Dr. Monika Hartmann
Professur für Marktforschung der Agrar- und Ernährungswirtschaft
Universität Bonn
Nußallee 21 (Haus 2)
53115 Bonn
E-Mail: monika.hartmann@ilr.uni-bonn.de
Tel.: +49-(0)228-73 3537
- Geschäftsführung: PD Dr. Martin Banse
Thünen-Institut für Marktanalyse
Bundesallee 63
38116 Braunschweig
E-Mail: gewisola@thuenen.de
Tel.: +49-(0)531-596 5301
- Stellvertretende:r Vorsitzende:r: Prof. Dr. Christine Wieck
Universität Hohenheim
Leiterin des Fachgebiets Agrar- und Ernährungspolitik (420a)
Schloss Hohenheim
Osthof-Süd, Z.-142
E-Mail: christine.wieck@uni-hohenheim.de
Tel.: +49-(0)711 459 22656
- Beisitzer:in: Prof. Dr. Oliver Mußhoff
Georg-August-Universität Göttingen
Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung
Platz der Göttinger Sieben 5
37073 Göttingen
E-Mail: oliver.musshoff@agr.uni-goettingen.de
Tel.: +49-(0)551-39 4842
- MinDirg'n Dr. Doris Heberle
Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
Unterabteilung 21 "Ernährung"
Wilhelmstraße 54
10117 Berlin
E-Mail: doris.heberle@bmel.bund.de
Tel.: +49-(0)30-18-529 3253
- Geschäftsstelle: c/o Thünen-Institut für Marktanalyse
Bundesallee 63
38116 Braunschweig
E-Mail: gewisola@thuenen.de
Tel.: +49-(0)531-596 5301
gewisola.de

EHRENMITGLIEDER DER GESELLSCHAFT FÜR WIRTSCHAFTS- UND SOZIALWISSENSCHAFTEN DES LANDBAUES E.V.

(Stand: Januar 2023)

Name	Ort	Ehrenmitglied seit
Prof. Dr. Dr. h.c. Georg Blohm (+)	Kiel	11.10.1977
Prof. Dr. Arthur Hanau (+)	Göttingen	11.10.1977
Prof. Dr. Dr. Paul Rintelen (+)	Weihenstephan	11.10.1977
Prof. Dr. Max Rolfes (+)	Gießen	11.10.1977
Prof. Dr. Emil Woermann (+)	Göttingen	11.10.1977
Prof. Dr. Roderich Plate (+)	Stuttgart-Hohenheim	08.10.1980
Prof. Dr. Herbert Kötter (+)	Lollar	07.10.1987
Prof. Dr. Hans-Heinrich Herlemann (+)	Weihenstephan	07.10.1987
Dr. Kurt Pfleiderer (+)	Bonn	07.10.1987
Prof. Dr. Dr. h.c. Günther Schmitt (+)	Göttingen	06.10.1988
Dr. Edgar Lohmeyer (+)	Bonn	06.10.1988
Prof. Dr. Dr. h.c. Günther Steffen (+)	Bonn	05.10.1989
Prof. Dr. Günther Weinschenck (+)	Stuttgart	05.10.1989
Prof. Dr. Adolf Weber (+)	Kiel	02.10.1990
Prof. Dr. Egon Wöhlken (+)	Gießen	01.10.1992
Prof. Dr. Peter v. Blankenburg (+)	Berlin	06.10.1994
Prof. Dr. Hans Stamer (+)	Kiel	06.10.1994
Prof. Dr. Dr. h.c. Erwin Reisch (+)	Hohenheim	30.09.1996
Prof. Dr. Hugo Steinhauser	Weihenstephan	07.10.1997
Prof. Dr. Winfried v. Urff	Weihenstephan	05.10.1999
Prof. Dr. Wilhelm Henrichsmeyer (+)	Bonn	30.09.2002
Prof. Dr. Cay Langbehn	Kiel	30.09.2002
Dr. h.c. Uwe Zimpelmann	Frankfurt/M.	30.09.2002
Dr. Günther Fratzscher (+)	Rheinbreitbach	30.09.2003
Prof. Dr. Dr. h.c. Ulrich Koester	Kiel	28.09.2004
Dr. Wilhelm Schopen	Bonn	28.09.2004
Prof. Dr. Dr. h.c. Friedrich Kuhlmann	Gießen	05.10.2006
Prof. Dr. Dr. h.c. Jürgen Zeddies	Hohenheim	27.09.2007
Prof. Dr. Stefan Tangermann	Göttingen	01.10.2009
Prof. Dr. Wilhelm Brandes	Göttingen	27.09.2012
Prof. Dr. Klaus Froberg	Bonn	18.09.2014

Name	Ort	Ehrenmitglied seit
Prof. Dr. Ernst Berg	Bonn	14.09.2017
Prof. Dr. Dr. h.c. Alois Heißenhuber	Weihenstephan	14.09.2017
Prof. Dr. Roland Herrmann	Gießen	13.09.2018
Prof. Dr. Dr. h.c. Dieter Kirschke	Berlin	13.09.2018
Prof. Dr. Peter Weingarten	Braunschweig	23.09.2020
Prof. Dr. Martina Brockmeier	Hohenheim	22.09.2021