ECONSTOR
Make Your Publications Visible.

A Service of
ZBW
Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft
Leibniz Information Centre for Economics

Agrar- und Ernährungswissenschaftliche Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (Ed.)

Research Report

Vorträge zur Hochschultagung 2017 "Risikomanagement als Bestandteil der Betriebsführung" der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Schriftenreihe der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Universität Kiel, No. 124

Provided in Cooperation with:
Agrar- und Ernährungswissenschaftliche Fakultät, Universität Kiel

Suggested Citation: Agrar- und Ernährungswissenschaftliche Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (Ed.) (2017) : Vorträge zur Hochschultagung 2017 "Risikomanagement als Bestandteil der Betriebsführung" der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Schriftenreihe der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Universität Kiel, No. 124, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Agrar- und Ernährungswissenschaftliche Fakultät, Kiel

This Version is available at:
https://hdl.handle.net/10419/191644

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.

WWW.ECONSTOR.EU

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Vorträge
zur Hochschultagung 2017

„Risikomanagement als Bestandteil der Betriebsführung“

der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Schriftenreihe der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät
der Universität Kiel, Heft 124, (2017)

Unredigierte Informationsschrift

Beiträge in ausschließlicher wissenschaftlicher
und auch redaktioneller Verantwortung
der jeweiligen Autoren

© Selbstverlag der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Schriftleitung: Prof. Dr. F. Taube
ISSN: 0721-0809

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

Dr. Joachim Herbold 6
Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft
Exogene Risiken in der Agrarproduktion – die globale Sicht des Rückversicherers

Professor Dr. Sebastian Hess 24
Institut für Agrarökonomie
Die Resilienz landwirtschaftlicher Betriebe in Zeiten volatiler Märkte

Professor Dr. Uwe Latacz-Lohmann 30
Institut für Agrarökonomie
Was sich Landwirte von der Agrarpolitik nach 2020 wünschen: Ergebnisse einer Umfrage

Professor Dr. Jens-Peter Loy 41
Institut für Agrarökonomie
Risikoabsicherung am Warenterminmarkt: Interessant für Landwirte?

Dr. Torsten Hemme 47
IFCN Dairy Research Center, Kiel
Risiko in der Milchproduktion

Johanna Scholz, MSc; Professor Dr. Awudu Abdulai 56
Institut für Ernährungswirtschaft und Verbrauchslehre
Bestimmungsgründe des Women's Empowerment in Agriculture Index in Bangladesh

Professor Dr. Ulrich Orth 63
Institut für Agrarökonomie
Was verstehen Konsumenten unter „gesunder Ernährung"?

Dr. Julia Bronnmann 70
Institut für Agrarökonomie
Vegan: Ein Trend auf dem Lebensmittelmarkt

Seite

Dr. Edwin Westreicher-Kristen; Professor Dr. Andreas Susenbeth 78
Institut für Tierernährung und Stoffwechselphysiologie
Das Potential von Rotklee in Rationen für Milchkühe

Dr. Stefan Meyer; Professor Dr. Carsten Schulz 85
Institut für Tierzucht und Tierhaltung
Alternative Tierproduktionsformen am Beispiel der Aquakultur in Kreislaufanlagen – worauf es bei der Standortsuche ankommt

Professor Dr. Eberhard Hartung 94
Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik
Smart Farming – ein Weg für QS in der Landwirtschaft?

Dr. Marvin Gertz; Professor Dr. Joachim Krieter 101
Institut für Tierzucht und Tierhaltung
Perspektive Tierwohl – welchen Nutzen haben Schlachthofbefunde?

Professor Dr. Georg Thaller 115
Institut für Tierzucht und Tierhaltung
Innovative Ansätze zum Erbfehlermanagement

Professor Dr. Friedhelm Taube 121
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Das Projekt „Ökoeffiziente Weidemilcherzeugung“ auf dem Versuchsgut Lindhof im Kontext von Risikomangement

Professorin Dr. Nicola Fohrer; Dr. Thomas Hirschhäuser 134
Institut für Natur- und Ressourcenschutz, Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume
Die EU-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie und ihre Umsetzung in Schleswig-Holstein

Dr. Jan Menkhaus; Professor Dr. Daguang Cai 141
Institut für Phytopathologie
Forschung am Bodenmikrobiom und ihre Bedeutung für eine nachhaltige landwirtschaftliche Praxis

Seite

Dr. Michael Dreyer; Professor Dr. Karl Hermann Mühling 149
Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde
Einfluss stabilisierter N-Dünger auf die Mn-Versorgung von Weizen

Eva-Maria Theismann, MSc; Professorin Dr. Karin Schwarz 155
Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde
Transportieren, Schützen und Freisetzen von bioaktiven Stoffen

Dr. Stephanie Staats; Professor Dr. Gerald Rimbach 162
Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde
Drosophila melanogaster als Modelltier der Ernährungsforschung?

Dr. Inga Asbeck; Professor Dr. Manfred James Müller 170
Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde
Kann uns das braune Fett vor Übergewicht schützen?

Dr. Lukas Kornher; Professor Dr. Awudu Abdulai 177
Institut für Ernährungswirtschaft und Verbrauchslehre
Langfristige gesundheitliche Folgen mütterlicher Unterernährung während der Schwangerschaft

Professor Dr. Martin Schellhorn 185
Institut für Ernährungswirtschaft und Verbrauchslehre
Der Einfluss von Sportvereinszugehörigkeit auf die Aktivierung von Compensatory Health Beliefs bei Jugendlichen

Exogene Risiken in der Agrarproduktion – die globale Sicht des Rückversicherers

Joachim Herbold

Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft

Inhalt

1. Einführung
2. Was sind exogene Risiken und wie entwickeln sie sich?
3. Risikomanagement – wie geht der Landwirt mit Risiken um?
4. Gefährdung und Risikoabsicherung international
5. Gefährdung und Risikoabsicherung in Deutschland
6. Zusammenfassung und Ausblick

1. Einführung

Die Sicht des Rückversicherers auf Risiken ist sicherlich eine ganz besondere. Das Geschäftsmodell des Rückversicherers besteht darin, Risiken von Erstversicherern zu übernehmen und diese möglichst gleichmäßig über den Globus und die Branchen zu streuen. Dabei spielt auch die zeitliche Dimension eine wichtige Rolle, da insbesondere außergewöhnliche und Katastrophenereignisse abgedeckt werden. Es muss deshalb, wie in kaum einem anderen Wirtschaftszweig, in langen Zeiträumen gedacht und kalkuliert werden – am ehesten vergleichbar mit der Forstwirtschaft. Diese Prinzipien haben auch Gültigkeit für die „Exogenen Risiken in der Agrarproduktion“ – dem Thema dieses Beitrages.
Risikoabsicherungen gibt es für die Landwirtschaft in Form von Hagelversicherung seit Mitte des 19. Jahrhunderts. Vor allem aber in den letzten Jahrzehnten wurden in einigen Industrieländern, allen voran den USA, umfassende Ernteversicherungssysteme auf Basis einer öffentlich-privaten Partnerschaft entwickelt.

Global gesehen ist dennoch die Absicherungsdichte in der Agrarproduktion vergleichsweise gering. In vielen Ländern der Welt tragen die Landwirte einen Großteil der exogenen Risiken selbst und können nur darauf hoffen, dass im Krisenfall der Staat finanzielle Unterstützung leistet. Dabei sind die Risiken in der Agrarproduktion in den letzten Jahren deutlich gestiegen. Die Gründe dafür sind eine zunehmende Spezialisierung auf Betriebsebene, der Klimawandel sowie die Liberalisierung der Märkte und damit volatilere Agrarpreise.

2. Was sind exogene Risiken und wie entwickeln sie sich?

Die Landwirtschaft ist wie kein anderer Wirtschaftszweig exogenen Risiken ausgesetzt, die sich unmittelbar auf die landwirtschaftliche Produktion und Einkommen auswirken. Diese Risiken sind nicht neu; sie sind der landwirtschaftlichen Produktion immanent.

Die exogenen Risiken können in drei Gruppen eingeteilt werden:

1. Preisschwankungen/-rückgänge Hier sind zu unterscheiden:
   - Intrasaisonal: zwischen Aussaat und Ernte
   - Intersaisonal: zwischen Anbaujahren

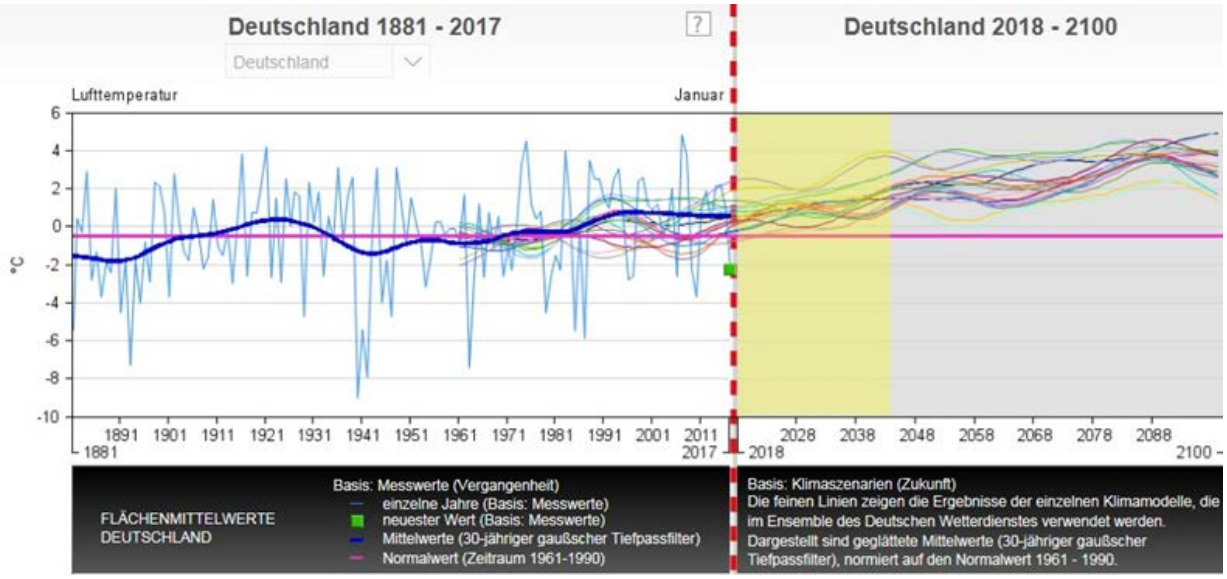
In den letzten Jahren ist eine zunehmende Volatilität beobachtbar, die verursacht wird durch Zunahme des Weltmarkthandels, durch den Abbau von Preisstützungsmechanismen und durch Produktionsausfälle als Folge von Naturgefahren.

2. Naturgefahren
   Es sind zu unterscheiden:
   - Trockenheit
   - Starkniederschläge/Staunässe
   - Überschwemmung
   - Hagel
   - Sturm
   - Frost
   - Feuer

Schadenbilder zu den einzelnen Naturgefahren s. Anhang.

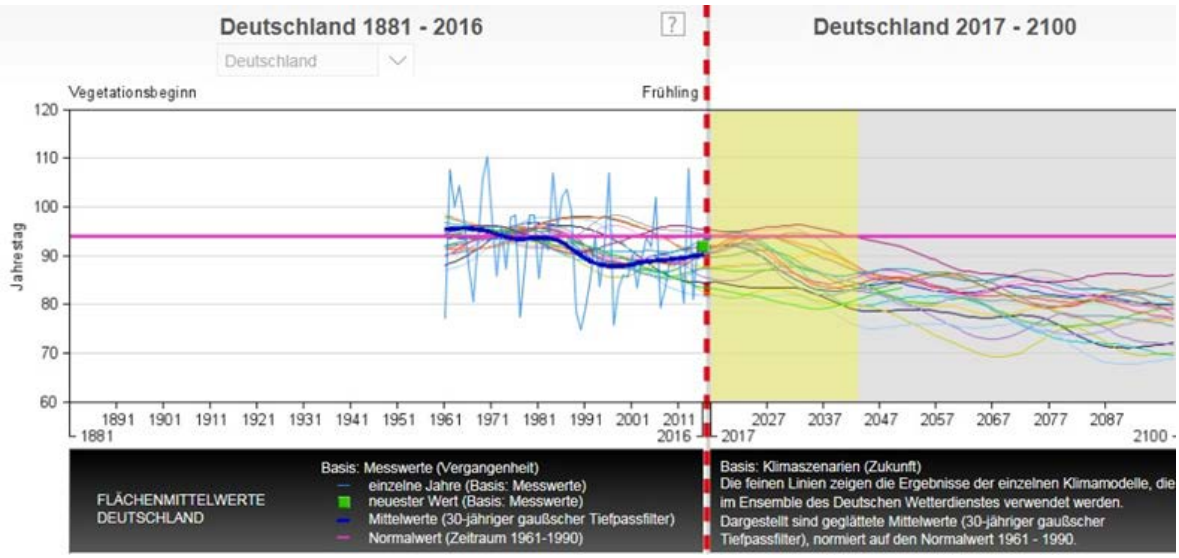
Eine wichtige Frage für die Landwirtschaft ist, wie sich der Klimawandel auf die Naturgefahren auswirkt. Der derzeitige Kenntnisstand kann wie folgt zusammengefasst werden:

a) Höhere Temperaturen und verlängerte Vegetationsperiode Der Klimawandel führt zu höheren Temperaturen (s. Grafik 1)



Grafik 1: Jahresmitteltemperatur in Deutschland (Quelle: DWD, 2017)

In Deutschland haben die höheren Temperaturen einen früheren Vegetationsbeginn (s. Graphik 2) und damit eine längere Vegetationsperiode mit zumeist positiven Ertragswirkungen zur Folge. In anderen Regionen, insbesondere in Entwicklungsländern in den niedrigen Breiten, wirkt sich dies jedoch zumeist negativ auf die Erträge aus.



Grafik 2: Vegetationsbeginn in Deutschland (Quelle: DWD, 2017)

b) Veränderte Niederschlagsverteilung mit längeren Trockenperioden

c) Zunehmende Extremwetterlagen

d) Höherer CO2-Gehalt der Luft und damit höhere Fotosyntheseraten, die wiederum zu einem höheren Ertragspotential führen können.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass als Folge des Klimawandels mit zunehmenden Ertragsschwankungen zu rechnen ist. Diese Effekte werden sich besonders stark in Ländern der niedrigen Breiten, also Entwicklungsländern auswirken (IPPC, 2014).

3. Biotische Risiken
   Hier sind zu unterscheiden:
   - Pflanzenkrankheiten
   - Schädlinge
   - Tierkrankheiten und Tierseuchen

Auch diese Risiken nehmen in Folge des Klimawandels sowie eines verstärkten Welthandels und grenzüberschreitenden Personenverkehrs zu.

3. Risikomanagement – wie geht der Landwirt mit Risiken um?

Seit der Mensch Landwirtschaft betreibt entwickelt er **Strategien,** um mit exogenen Risiken umzugehen. Dies belegen auch archäologische Forschungen, die Bewässerungsanlagen und -systeme in unterschiedlichen prähistorischen Hochkulturen (z.B. in Mesopotamien, Ägypten, China, Mexiko, Peru) gefunden haben.

Die heutigen Strategien der Landwirte können wie folgt zusammengefasst werden:

1. Anpassung:
   - Betriebsstruktur: verschiedene (risiko-)unabhängige Betriebszweige oder Standorte
   - Produktionstechnik (Sortenwahl, Fruchtfolge, Bodenbearbeitung)

2. Risikoprävention. Sie erfordert in der Regel Investitionen, die das Risiko substanziell vermindern. Bekannte Beispiele sind Bewässerung, Meliora- tionen oder Hagelnetze. Diese Investitionen sind in der Regel nur bei hochwertigen Kulturen wie Obst und Gemüse ökonomisch sinnvoll.

3. Risikotransfer, d.h. Übergabe des Risikos an einen Dritten. Zu unterscheiden ist:
   - Rechtlich verbindlicher Risikotransfer: durch den Kapitalmarkt (vor allem Preisrisiken) oder Versicherungsunternehmen
   - Erwartung einer Risikoübernahme durch den Staat in Form von Ad-hoc-Beihilfen nach außergewöhnlichen oder Katastrophenereignissen.

Der deutsche Staat stellt über die Bundesländer im Falle von außergewöhnlichen Schäden den Landwirten Ad-hoc-Beihilfen zur Verfügung, so. z.B. im Falle von

Trockenheit (z.B. 2003 und 2000) und Überschwemmung (z.B. Mai/Juni 2016 in Bayern und Juni 2013 in Sachsen-Anhalt und Thüringen).

Der rechtlich verbindliche Risikotransfer über Versicherungen und Kapitalmarkt gewinnt im betrieblichen Risikomanagement weltweit an Bedeutung. Die Möglichkeiten der **Risikoabsicherung** wie folgt:

1. Pflanzliche Produktion
   - Absicherung gegen Naturgefahren:
     - Schadenversicherung
       Die klassische Versicherungsform zur Abdeckung von Hagel sowie Hagel plus Zusatzgefahren (außer Trockenheit) in Deutschland und zur Absicherung von Sonderkulturen (Obst, Gemüse)
     - Ertragsgarantieversicherung. Hier werden alle Naturgefahren, z.T. auch biotische Risiken, versichert. Der garantierte Ertrag wird im Schadenfall dem tatsächlich geernteten Ertrag gegenübergestellt.
     - Indexversicherung. Das Versicherungsereignis wird als spezifischer Index definiert, z.B. in Form von Niederschlagsindex, Regionalertragsindex oder Vegetationsindex.

   Je nach Strukturierung des Versicherungsproduktes verbleibt ein kleinerer oder größerer Teil des Risikos beim Versicherungsnehmer als Selbstbehalt bzw. Basisrisiko

   - Absicherung gegen intrasaisonale Preisänderungen
     - Warenterminbörsen
     - „revenue“-Versicherung = Einnahmenversicherung. Dies ist eine Ertragsgarantieversicherung gekoppelt mit einer intra-saisonalen Preisabsicherung. Dieses Versicherungsprodukt ist in nennenswertem Umfang derzeit nur in den USA verfügbar. Voraussetzung von „revenue“-Versicherungen ist wegen des systemischen Risikos eine staatliche Rückversicherung.

1. Tierische Produktion
   Bei der Absicherung der tierischen Produktion können folgende Deckungen unterschieden werden:

   - Tierseuchenversicherung: in Deutschland obligatorisch über die Tierseuchenkasse. Versichert ist jedoch nur der gemeine Tierwert; Betriebsunterbrechungsschäden sind nicht gedeckt.
   - Ertragsschadenversicherung gegen Tierseuchen und andere Krankheiten, einschließlich Deckung von Betriebsunterbrechungsschäden in Folge von

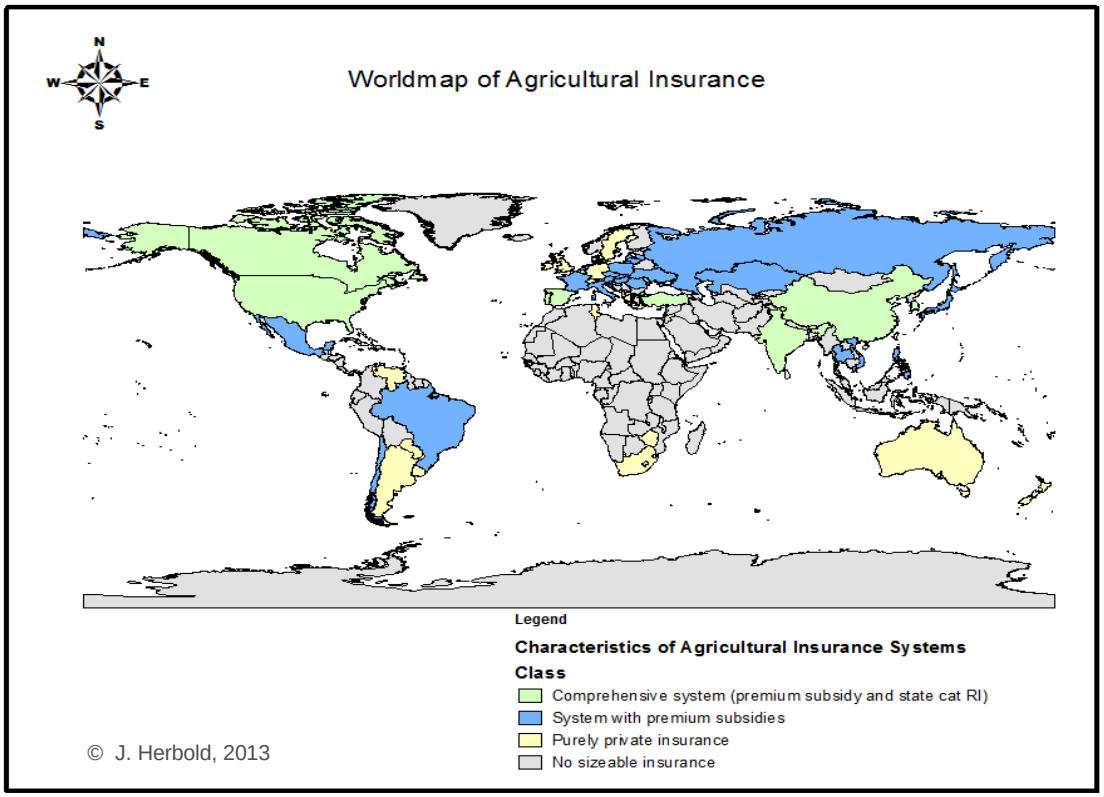
staatlich angeordneter Ausweisung von Sperr- und Beobachtungszonen nach Auftreten von anzeigepflichtigen Tierseuchen.

- Herdenversicherung. Versichert sind homogene Tiergruppen in einem Tierbestand. Selbstbehalt ist pro Schadenereignis definiert.
- Einzeltierversicherung als Tierlebensversicherung. Vor allem für hochwertige Einzeltiere, z.B. Zuchttiere geeignet. Selbstbehalt ist
- i.d.R. 20% des Tierwertes.

4. Gefährdung und Risikoabsicherung international

In den letzten 10 Jahren wurden in vielen Ländern, vor allem den wichtigen Agrarproduzenten, Initiativen gestartet, um Risikotransferinstrumente in Form von Agrarversicherungen zur Absicherung von Produktionsausfällen nachhaltig zu etablieren. Der Staat hat hierbei in der Regel die führende Rolle eingenommen, indem er Risikopartnerschaften zwischen Staat, Agrar- sektor und Versicherungswirtschaft initiiert und mitgestaltet hat. Zudem hat er mittels Agrarversicherungsgesetz die Grundlagen für eine nachhaltige Subventionierung der Versicherungsprämien und in einigen Ländern auch für eine staatliche RV gelegt.
Das Ergebnis dieser Initiativen ist in Grafik 3 dargestellt. Diese Weltkarte der Ernteversicherung gibt einen Überblick, in welchen Ländern es Agrarversicherungssysteme gibt und wie diese grob ausgestaltet sind (drei Kategorien):

- Rein privatwirtschaftliche Systeme (gelb dargestellt) sind charakteristisch für Länder, in der die Hagelversicherung vorherrscht. Deutschland, aber auch Australien, Südafrika und Argentinien gehören hierzu.
- In der zweiten Ländergruppe (blau dargestellt) finden wir Ernteversicherung mit staatlichen Prämiensubventionen, wie z.B. in Italien, Frankreich, Österreich, Russland, aber auch Brasilien und Mexiko.
- Die dritte Gruppe (grün dargestellt) beinhaltet die Länder mit umfassenden Ernteversicherungssystemen, das sind Systeme mit staatlichen Prämiensubventionen und staatlicher Rückversicherung. In Europa gehören Spanien und Portugal in diese Gruppe, in Amerika die USA und Kanada – in Asien China und Indien.



Grafik 3: Weltkarte der Agrarversicherung

Eine wichtige Kennzahl zur Bedeutung von Versicherungen sind die jährlichen Prämieneinnahmen. Diese sind für die wichtigsten Ernteversicherungsmärkte der Welt **in Tabelle 1** für das Jahr 2016 – unterteilt nach den Sparten Hagel- und Ernteversicherung – dargestellt. Dominant sind die USA mit einer Gesamtprämien von 9,3 Mrd. €. China hat in den letzten 7 Jahren die Ernteversicherung stark ausgebaut und steht mit 3.6 Mrd. € an Platz 2, gefolgt von Indien. In Europa ist Spanien, wo bereits 1980 die staatliche gestützte Ernteversicherung eingeführt wurde, mit 538 Mio. € der größte Markt, gefolgt von Frankreich und Italien mit 418 bzw. 400 Mio. €. Zum Vergleich Deutschland mit 190 Mio. €.

	Ernte- Mehrgefahren [Mio. €]	Hagel [Mio. €]	Gesamt [Mio. €]
USA	8.400	882	9.282
China	3.591		3.591
Indien	2.800		2.800
Kanada	1.250	170	1.420
Japan	810		810
Spanien	538		538
Brasilien	257	49	306
Frankreich	238	180	418
Italien	400		400
Mexiko	294		294
Argentinien	9	194	203
Deutschland	15	175	190

Tabelle 1: Die wichtigsten Ernteversicherungsmärkte der Welt – Prämieneinnahmen in 2016 (Quelle: eigene Erhebungen und Schätzungen)

Das US-amerikanische Agrarversicherungssystem – agrarpolitisches Instrument mit großer Relevanz

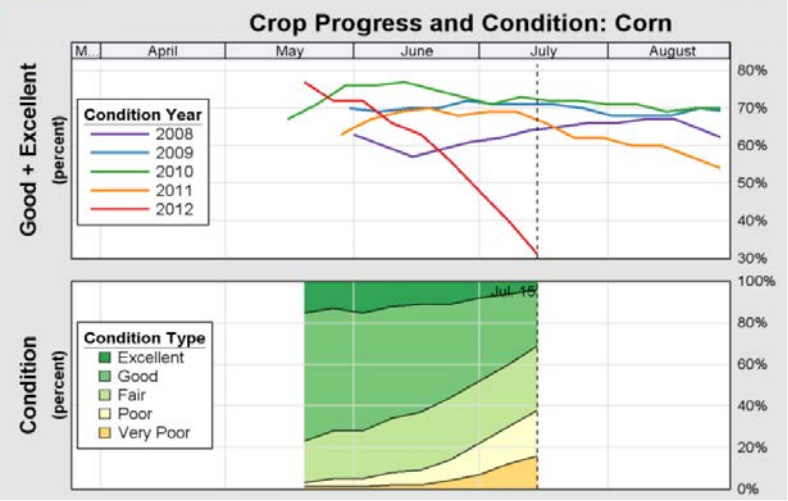
Das US-amerikanische Agrarversicherungssystem besteht seit 75 Jahren und hat sich zum bedeutendsten System weltweit entwickelt. Hier die wichtigsten Daten (RMA, 2017):

1. Kennzahlen Ernteversicherung (MPCI) für 2016
   - Prämien: 8,4 Mrd. € (9,3 Mrd. US$)
   - Haftungen: 90,7 Mrd. € (100,4 Mrd. US$)
   - Versicherte Kulturen: 120; die wichtigsten: Mais, Soja, Baumwolle und Weizen
   - Versicherte Fläche: 121 Mio. ha, ca. 90 % Versicherungsdichte
   - Anzahl Policen: 2,2 Mio.

2. Wichtigste Deckungen
   - Ertragsgarantieversicherung (MPCI)
   - Revenue-Versicherung: MPCI mit intrasaisonaler Preisabsicherung
   - Regionalertragsindexversicherung („Area Risk Protection Insurance“, „Group Risk Plan“, Group Risk Income Protection“)

3. Staatliche Stützungen
   - Prämiensubventionen: 2016: 5,3 Mrd. € (5,9 Mrd. US$) = 63 %
   - Erstattung der Verwaltungskosten („A&O expenses“)
   - Staatliche Rückversicherung über das SRA („Standard Reinsurance Agreement“)

Wie wichtig eine Ernteversicherung für den Agrarsektor sein kann, zeigt die Trockenheit von 2012, die im Mittleren Westen der USA große Ernteschäden, insbesondere bei Mais und in geringerem Maße auch bei Sojabohnen, verursachte. Grafik 3 zeigt für Mais, wie sich die Bestände in Laufe der Anbausaison entwickelt haben: Nach einer guten Jugendentwicklung trat verursacht durch Ausbleiben von Regenfällen ab Anfang Juni und sehr hohen Temperaturen eine kontinuierliche Verschlechterung ein. Trockenstress und hohe Temperaturen zum Zeitpunkt der Befruchtung führten zu deutlich reduzierten Maiserträgen, wobei das Ausmaß regional unterschiedlich war.



Grafik 4: Bestandsentwicklung bei Mais im Anbaujahr 2012 in den USA (Quelle: USDA, 2012)

Die Zahlen für die Ernteversicherung im Jahr 2012 wie folgt (RMA, 2017; Shields, 2015):

- Gesamte Ernteschäden: ca. 18 Mrd. € (20 Mrd. US$)
- Schadenquote (brutto): 157%
- Entschädigungen: 15,7 Mrd. € (17,4 Mrd. US$), davon staatliche Rückversicherung: 4,9 Mrd. € (5,4 Mrd. US$)

Dies war der größter Ernteversicherungsschaden in der Geschichte der US- amerikanischen Ernteversicherung und weltweit

5. Gefährdung und Risikoabsicherung in Deutschland

5.1. Pflanzliche Produktion

Da in Deutschland keine umfassende Erntemehrgefahrenversicherung angeboten wird, gibt es mit Ausnahme von Hagel keine versicherungstechnischen Daten zu den einzelnen Gefahren. Im Rahmen einer Studie des GDV wurden jedoch auch Zahlen zu weiteren Gefahren ermittelt (s. Tabelle 2).

Gefahr	Schadensumme [Mio. €/Jahr]	Schadensumme [%]
Trockenheit	275,59	54%
Hagel	133,72	26%
Auswinterung/Starkfrost	41,53	8%
Überschwemmung	33,43	7%
Sturm/Starkregen	26,75	5%
Gesamt	511,02	100%

Tabelle 2: Deutschland: Schäden an Kulturen durch Wetterextreme 1990-2013 (Quelle: GDV, 2016)

Im internationalen Vergleich ist Deutschland insbesondere wegen seiner relativ guten Niederschlagsverteilung über das Jahr ein von der Natur aus begünstigter Agrarproduktionsstandort. Deshalb ist auch die Ertragsvolatilität vergleichsweise niedrig (s. Tabelle 3).

	Winter-weizen	Silomais	Winter-gerste	Sommer- ger-ste	Winter-raps
Preis	32%	22%	28%	28%	32%
Ertrag	25%	19%	24%	11%	10%

Tabelle 3: Preis- und Ertragsvolatilität in Deutschland - Korrelationskoeffizienten [%] (Quelle: Felbermeier, 2016)

Der Stand der Pflanzenversicherung in Deutschland ist wie folgt:

- Verschiedene Versicherungsanbieter mit Dominanz von Gegenseitigkeitsvereinen
- Prämienvolumen 2016: 190 Mio. €
- Keine staatlichen Prämiensubventionen wie in anderen Ländern
- Hagel ist wichtigste gedeckte Gefahr
- Auf Zusatzgefahren (v.a. Sturm und Starkregen) entfallen nur 7% der hagelversicherten Fläche
- Das Risiko Trockenheit ist faktisch nicht versichert, obwohl in einigen Regionen, z.B. Brandenburg eine relativ hohe Gefährdung vorliegt.

5.2. Tierische Produktion

Tierseuchen stellen in Deutschland – aber auch international – absolute Spitzenrisiken dar. Dies wird oft verkannt, da die Wiederkehrperiode von Seuchenereignissen hoch, also die Eintrittswahrscheinlichkeit gering ist. Das Schadenausmaß kann jedoch beträchtlich sein, wie die aktuellen Ausbrüche der Vogelgrippe (Erreger: Influenza-Virus vom Subtyp H5N8) in Deutschland sowie andere Seuchenereignisse der Vergangenheit zeigen. Dies soll anhand zweier Bespiele verdeutlicht werden:

- MKS-Ereignis im Vereinigten Königreich im Jahr 2001 - einer der größten MKS-Ereignisse weltweit (DEFRA, 2004):
    - Gekeulte Tiere: 6 Mio. (4,9 Mio. Schafe, 0,7 Mio. Rinder, 0,4 Mio. Schweine)
    - Schäden in Landwirtschaft und Nahrungsmittelkette: 3.6 Mrd. €
    - Staatliche Entschädigung für gekeulte Tiere, Entsorgung und Reinigung: 2,9 Mrd. €
- Europäische (klassische) Schweinepest in den Niederlanden 1997/98 Ausbruch (Elbers et al., 1999)
    - 700.000 gekeulte Schweine aus 429 infizierten Herden
    - Ca. 1,1 Mio. präventiv gekeulte Schweine aus 1286 Herden

Deutschland betreibt in der Tierversicherung ein duales System:

- Die Tierseuchenversicherung über die Tierseuchenkassen, die den gemeinen Wert der Tiere im Falle einer staatlich angeordneten Keulung des Tierbestandes entschädigen. Diese staatliche Versicherung ist für alle Nutztierhalter obligatorisch.
- Die private Tierversicherung, die von verschiedenen Versicherungsgesellschaften in Form von Ertragsschadenversicherung sowie Einzeltierversicherung angeboten wird.

Deutschland ist mit einem Prämienvolumen von ca. 56 Mio. € (nur private Versicherung; ohne Beiträge der Tierseuchenkassen) in 2016 einer der größten Tierversicherungsmärkte weltweit.

Tabelle 4 zeigt die für Deutschland wichtigsten Schadenszenarien im Falle von Tierseuchen mit den zu erwartenden Schäden, wobei die Entschädigungen der Tierseuchenkassen noch nicht enthalten sind. Gegen derartige Seuchenereignisse sind insbesondere kleinere und mittlere Betriebe derzeit nicht ausreichend über Ertragsschadenversicherungen abgedeckt.

Szenario	Milchkühe [Mio. €]	Sauen [Mio. €]	Mastschweine [Mio. €]	Gesamtschaden [Mio. €]	Gesamtschaden pro Jahr [Mio.
MKS-Szenario	164,16	138,80	328,98	631,94	31,60
ESP-Szenario (WK 10		117,50	228,19	345,69	34,57
ASP-Szenario		91,62	407,91	499,53	24,98

Tabelle 4: Erwartete Schadensummen bei verschiedenen Seuchen-Szenarien in D – ohne Selbstbehalte, ohne Entschädigungen der Tierseuchenkassen (gemeiner Tierwert)
MKS = Maul- und Klauenseuche, ESP = Europäische Schweinepest, ASP = Afrikanische Schweinepest WK = Wiederkehrperiode

6. Zusammenfassung und Ausblick

Die Landwirtschaft ist wie kein anderer Wirtschaftszweig exogenen Risiken ausgesetzt: Marktpreise, Naturgefahren (Trockenheit, Starkniederschläge, Überschwemmung, Hagel, Sturm, Frost, Feuer) und biotische Risiken (Pflanzenschädlinge, Krankheiten, Tierkrankheiten und Tierseuchen) wirken sich unmittelbar auf die landwirtschaftliche Produktion und Einkommen aus. Diese Risiken sind nicht neu. Neu stellt sich jedoch die Frage, wie man mit ihnen angesichts des Klimawandels und liberalisierter Agrarmärkte umgeht. Deshalb spielen Risikotransferinstrumente, z.B. in Form von Agrarver- sicherungen zur Absicherung von Produktionsausfällen, eine immer wich- tigere Rolle im betrieblichen Risikomanagement.

In vielen Ländern, vor allem wichtigen Agrarproduzenten, übernimmt der Staat bei Ausgestaltung und Betrieb von Agrarversicherungssystemen eine maßgebliche Rolle. Exemplarisch stehen hier die USA, der größte Agrarversicherungsmarkt der Welt mit 8,4 Mrd. € (9,3 Mrd. US$) Prämien für die Erntemehrgefahrenversicherung in 2016. Staatliche Rückversicherung und Prämiensubventionen (2016: 5,3 Mrd. €) sind dort Kernelemente der staatlichen Intervention. Gedeckt werden insbesondere Ertragsausfall und intrasaisonale Preisschwankungen in der Pflanzenproduktion. Im Jahr 2012, als im Mittleren Westen eine große Trockenheit auftrat und vor allem die Maiserträge stark einbrachen, wurden 15,7 Mrd. € (17,4 Mrd.US$) an Schäden an die Landwirte ausbezahlt – eine Rekordsumme weltweit.

In Deutschland ist die Agrarversicherung in erster Linie privatwirtschaftlich organisiert. Mit ganz wenigen Ausnahmen gibt es keine Prämiensubventionen. Lediglich bei der obligatorischen Tierseuchenversicherung über die Tierseuchenkassen zur Absicherung des Tierwertes im Falle einer Keulung greift der Staat kontinuierlich ein. Betriebsunterbrechungsschäden im Falle von Keulungen und betrieblichen Sperrungen sind jedoch nur privatwirtschaftlich versicherbar. In der Pflanzenproduktion dominiert die Hagelversicherung. Zusatzgefahren, insbesondere Sturm und Starkregen, sind nur auf ca. 7% der gegen Hagel versicherten Fläche gedeckt. Das Prämienvolumen der Pflanzenversicherung lag in 2016 in Deutschland bei rund 190 Mio. €.
Der deutsche Staat stellt über die Bundesländer im Falle von außergewöhnlichen Schäden den Landwirten Ad-hoc-Beihilfen zur Verfügung, so. z.B. im Falle von Trockenheit (z.B. 2003 und 2000) und Überschwemmung (z.B. Mai/Juni 2016 in Bayern und Juni 2013 in Sachsen-Anhalt und Thüringen).

Agrarversicherungen gewinnen im betrieblichen Risikomanagement weltweit an Bedeutung. In vielen Ländern nimmt der Staat eine führende Rolle ein und gewährt Prämiensubventionen und z.T. Rückversicherungsschutz. Auf den globalisierten Agrarmärkten stellen derartige agrarpolitische Maßnahmen einen wichtigen Wettbewerbsvorteil dar.

Quellenverzeichnis

- DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs): Animal Health and Welfare: FMD Data Archive, 19.03.2004, London, UK, http://footandmouth.csl.gov.uk/
- DWD (Deutscher Wetterdienst): Deutscher Klimaatlas. http://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html
- Elbers, A., Stegeman, A, Moser H., Ekker, H., Smak, J., Fluimers, F.: The classical swine fever epidemic 1997-98 in the Netherlands: descriptive epidemiology. Prev Vet Med., 1999 Dec 1, 42 (3-4): 157-184
- Felbermeier, T.: Die andere Seite der Medaille. DLG-Mitteilungen 12/2016, S. 22-25
- GDV (Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.): Landwirtschaftliche Mehrgefahrenversicherung für Deutschland. Berlin, 2016
- IPPC (Intergovernmental Panel of Climate Change): Fifth Assessment Report, 2014
- RMA (Risk Management Agency), United States Department of Agriculture: http://www.rma.usda.gov/
- Shields, D.: Federal Crop Insurance: Background. Congressional Research Service, 2015
- USDA (United States Department of Agriculture): https://quickstats.nass.usda.gov/ , 2012

Anhang: Ernteschäden durch Naturgefahren

Bildnachweis: Joachim Herbold

Hagel in Weizen und Mais

Hagel in Mais und Zuckerrüben

Trockenheit in Mais

Starkniederschlag/Staunässe in Mais und Kartoffeln

Frost in Kartoffeln (Peru)

Frost in Weintrauben (Frankreich)

Überschwemmung in Reis (Vietnam)

Die Resilienz landwirtschaftlicher Betriebe in Zeiten volatiler Märkte

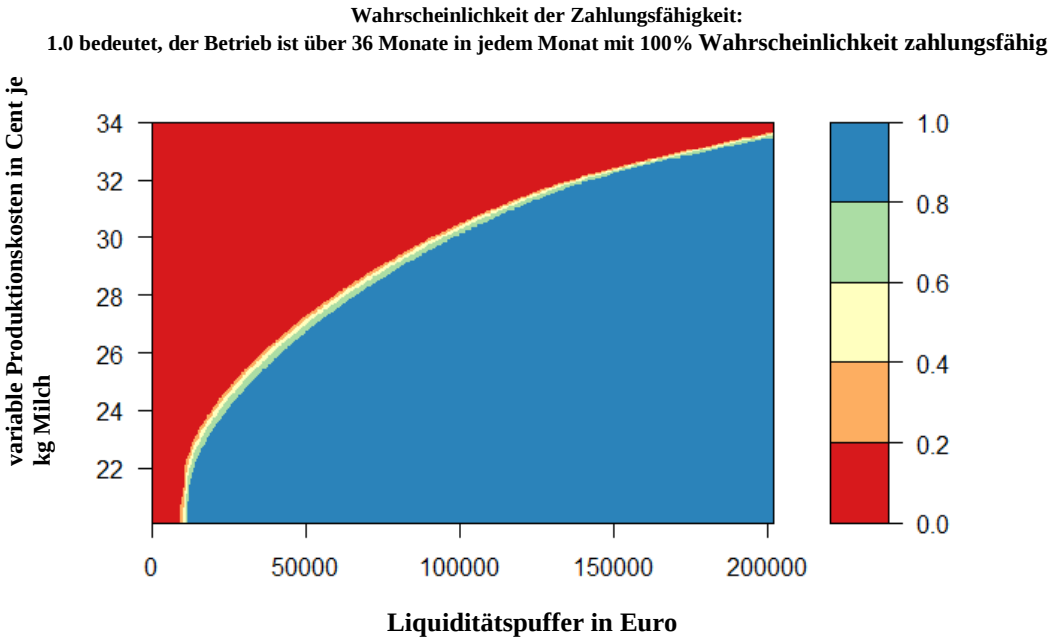
Sebastian Hess, Stephan Höhl, Fabia Jesse, Franziska Potts

Institut für Agrarökonomie

Landwirtschaftliche Betriebe sind vielfältigen Risiken ausgesetzt: Marktrisiken, Politikrisiken, Wetter, Klimawandel, gesellschaftlichen Veränderungen und persönliche Risiken wie z.B. Krankheiten und Unglücksfällen. Insbesondere im Zusammenhang mit ungünstiger Marktentwicklung wird dabei häufig der Begriff „Krise“ gebraucht, und im agrarpolitischen Diskurs entsteht der Eindruck, dass Betriebe diesen „Krisen“ hilf- und wehrlos ausgeliefert seien (Fresco und Poppe, 2016).
Der Begriff der „Resilienz“ beschreibt dabei die Fähigkeit eines Systems, nach einer Störung wieder in einen stabilen Zustand zurückzukehren (Darnhofer, 2014). Der Begriff stammt ursprünglich aus der Ökosystemforschung, aber überträgt man dieses Konzept auf einen landwirtschaftlichen Betrieb, so kann man beispielsweise die Entwicklung des monetären Ertrags im Zeitablauf betrachten. Ein negatives Ereignis wie z. B. eine Niedrigpreisphase bringt den monetären Ertrag dieses Betriebes entweder vorübergehend oder dauerhaft vom angestrebten Entwicklungspfad ab (Hill et al., 2012).
Die Widerstandsfähigkeit des Betriebes bezeichnet wie weit der monetäre Ertrag vom angestrebten Ertrag abweichen kann, ohne dass es zu einem Ausscheiden des Betriebs aus der Produktion kommt. Der Zeitraum zwischen Eintreten des negativen Ereignisses und der Rückkehr zu einem stabilen Zustand kann als Bewältigungsdauer der Krise bezeichnet werden. Wenn Widerstandsfähigkeit oder Bewältigungsdauer überstrapaziert werden, ist die Resilienz des Betriebs erschöpft und der Betrieb scheidet aus der Produktion aus. Ein solcher Fall kann beispielsweise eintreten, wenn die liquiden Mittel erschöpf sind und der Betrieb insolvent wird bzw. veräußert werden muss.
Ausscheiden kann aber auch dadurch zu Stande kommen, dass die Motivation der Betriebsleiter, sich in diesem Betriebszweig zu engagieren, erschöpft ist. Die Resilienz eines landwirtschaftlichen Betriebes oder Betriebszweiges hängt somit nicht nur von dem monetären Ertrag ab, sondern auch von alternativen Verwendungsmöglichkeiten der Arbeitszeit des Eigenkapitals der Eigentümer (Darnhofer, 2014). Ob eine Niedrigpreisphase daher zur betrieblichen Krise wird oder stattdessen womöglich aufgrund niedriger Pachtpreise, niedriger Löhne und niedriger Zinsen von einem Betrieb als Chance genutzt werden kann, hängt somit von sehr betriebsindividuellen Faktoren ab. Der Schriftsteller Max Frisch hat Krisen einmal als produktiven Zustand bezeichnet, sofern man ihnen das Katastrophale nehmen könne.

Offenkundig wird die Resilienz eines Betriebes somit wesentlich, aber nicht nur, von seiner Fähigkeit bestimmt, auf negative Einflüsse so gut wie möglich vorbereitet zu sein. Liquidität hat dabei bekanntlich immer Priorität vor Rentabilität, und dies hat in Zeiten gestiegener Volatilität insbesondere für schnell gewachsene Betriebe eine neue Bedeutung bekommen:
Zwar ist die Zahl landwirtschaftlicher Betriebe (Statistisches Bundesamt, 2017a), die von Insolvenz betroffen sind, in der offiziellen Statistik nach wie vor sehr gering (Statistisches Bundesamt, 2017b). Dies liegt jedoch weniger an einer weithin stabilen finanziellen Situation vieler Betriebe, sondern eher am Vorhandensein von Sicherheiten wie Boden und Wald. Landwirtschaftliche Betriebe verlieren ihre Zahlungsfähigkeit daher häufig durch ein Aufzehren von Eigenkapital, d.h. dem äußeren Anschein nach widersteht ein Betrieb einer Krise womöglich noch, aber ohne ein innerbetriebliches Konzept zur Bewältigung der Krise wird der finanzielle Spielraum mit jeder Niedrigpreisphase geringer. Mit anderen Worten: scheinbare Widerstandsfähigkeit, die auf Kosten der betrieblichen Substanz geht, ist ein Ausdruck für die fehlende Resilienz eines Betriebs.
Simuliert man die monatlichen Zahlungsströme für einen typischen milchviehhaltenden Betrieb mit 200 Kühen in Schleswig-Holstein (Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, 2016) auf Basis der Milchpreisvolatilität, wie sie seit dem Jahr 2007 herrscht, so kann die Wahrscheinlichkeit, bei entsprechenden Marktbedingungen über einen Zeitraum von 36 Monaten stets zahlungsfähig zu sein, entsprechend ermittelt werden. Die Überlebenswahrscheinlichkeit des Betriebs ist dabei für einen bestimmten Liquiditätspuffer abhängig von den variablen Produktionskosten und dem Anteil der Produktion, welche zu einem Festpreis vor Liquiditätsausfällen abgesichert werden kann.
Der Liquiditätspuffer ist dabei die maximal zur Verfügung stehende Kreditlinie inklusiv aller verfügbarer Sicherheiten und z.B. der Direktzahlungen. Jedoch ist auf vielen landwirtschaftlichen Betrieben der Liquiditätsbedarf pro Monat in der Vergangenheit stark gewachsen. Dies liegt insbesondere an gestiegenem Kapitaldienst (teilweise aufgrund nicht bewältigter, zurückliegender Krisen) und an einem vielerorts gestiegenen Anteil zu zahlender Fremdlöhne an den Produktionskosten.

Abbildung 1: Finanzielle Überlebenswahrscheinlichkeit eines spezialisierten Milchviehbetriebs mit 200 Kühen

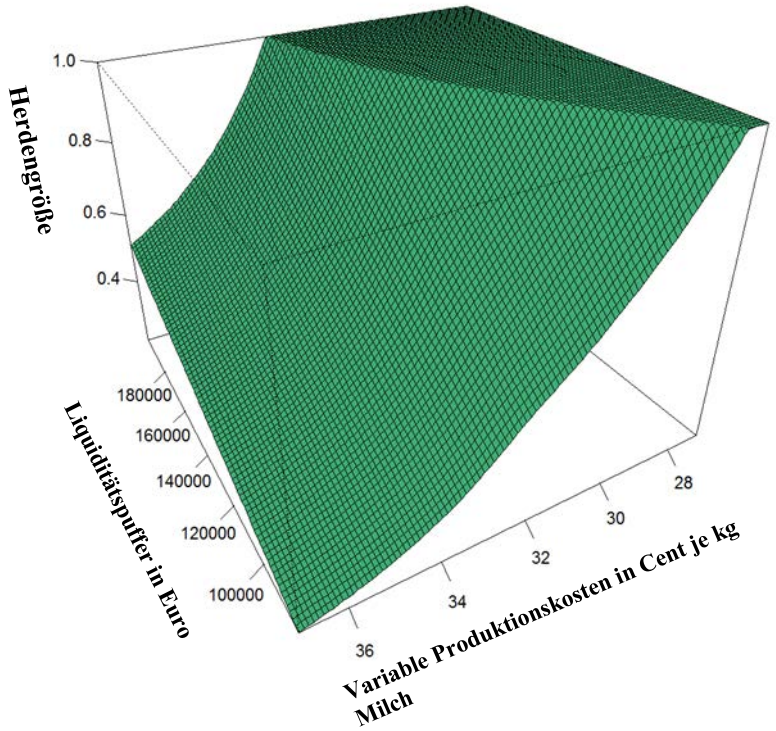


Quelle: Eigene Berechnungen.

Abbildung 1 zeigt das für einen 200-Kuhbetrieb simulierte Zusammenspiel von variablen Produktionskosten und Liquiditätspuffer in Bezug auf die Wahrscheinlichkeit, über 36 Monate stets zahlungsfähig (d. h. innerhalb des Liquiditätspuffers) zu sein. Bei sehr niedrigen variablen Produktionskosten von 22 Cent je kg Milch, wie sie im Bereich der produktivsten milchviehhaltenden Betriebe mit 200 Kühen vorkommen (Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, 2016), ist demnach die Wahrscheinlichkeit, nahezu mit Sicherheit betrieblich zu überleben, schon bei Liquiditätsreserven von weniger als 25.000 € gegeben. Liegen die variablen Produktionskosten jedoch bei 34 Cent/kg Milch, wäre theoretisch bereits ein Liquiditätspuffer von mindestens 200.000 € notwendig, um unter aktueller Marktvolatilität über 36 Monate stets zahlungsfähig zu bleiben.
In Zeiten relativ niedriger Volatilität und gleichzeitig niedriger Erzeugerpreise, wie beispielsweise im Zeitraum vor den Jahren 2006/2007, befanden sich Betriebe vor allem in einem Wettbewerb um Kostenführerschaft durch Größeneffekte. Ein wichtiges Risiko unter diesen Marktgegebenheiten bestand vor allem darin, durch zu langsames Wachstum den Zugang zur weiteren betrieblichen Entwicklungsfähigkeit zu verlieren. In diesem Zuge haben sich viele Betriebe schnell vergrößert und sind damit in eine Marktpreissituation eingetreten, welche durch relativ hohe mehrjährige Durchschnittspreise, aber auch hohe Volatilität gekennzeichnet ist. Der Wettbewerb um Kostenführerschaft durch Größeneffekte und betriebliche Produktivität ist unter diesen veränderten Bedingungen stärker durch das Risiko negativer Zahlungsströme und fehlender Liquidität beeinträchtigt, d. h. relativ schnelles betrieb-

liches Wachstum geht bei volatilen Märkten mit einem höheren Risiko der Zahlungsunfähigkeit einher als dies bei weniger volatilen Märkten der Fall war. Eine grundlegende Triebkraft des Strukturwandels und Wettbewerbs zwischen Betrieben ist dabei der Unterschied in den Produktionskosten, und diese Triebkraft ist auch unter den Vorzeichen volatiler Märkte keinesfalls außer Kraft gesetzt.

Abbildung 2: Nahezu sichere Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von Liquiditätspuffer, Produktionskosten und Herdengröße. Herdengröße von 1.0 bedeutet, dass alle 200 Stallplätze belegt sind.



Quelle: eigene Berechnungen

Abbildung 2 stellt das Zusammenspiel von Betriebsgröße, Produktionskosten sowie den Liquiditätsreserven im Hinblick auf die Überlebenswahrscheinlichkeit dar. Da mit zunehmender Kuhanzahl in Tiefpreisphasen verhältnismäßig mehr Eigenkapital aufgezehrt werden würde, lohnt es sich im Rahmen der Resilienzbetrachtung durchaus auch, eine Abstockung der Herde in Betracht zu ziehen. Unterstellt man vereinfacht eine lineare Produktionsfunktion ohne versunkene Kosten, beispielsweise in Form vorhandener Futtermittelreserven, lässt sich in Abbildung 2 das Ergebnis einer Herdenreduktion auf die Überlebenswahrscheinlichkeit einsehen:
Bei Produktionskosten von 34 Cent/kg und Liquiditätsreserven von >180.000 Euro ist die maximale Herdengröße (d.h. Auslastung der Stallkapazität von 220 Plätzen)

noch nahezu überlebenssicher. Bei höheren Kosten und/oder niedrigeren Reserven würde eine Abstockung die Überlebenswahrscheinlichkeit sichern.
Bestandteile einer resilienten Betriebsstrategie bestehen somit in einer Kombination kurzfristig und langfristig wirkender Maßnahmen: Kurzfristig kann vorausschauende Liquiditätsplanung und entsprechendes Risikomanagement durch Preisabsicherung dazu beitragen, besser auf Niedrigpreisphasen vorbereitet zu sein. Um dies zu erreichen, dürfen Phasen mit höheren Preisen nicht nur zu weiterem Wachstum dienen, sondern müssen insbesondere auch zur Absicherung bisher erreichter Wachstumsschritte genutzt werden.
Betriebliche Kooperation und Kooperation entlang der Wertschöpfungskette ist dabei eine Möglichkeit, um auf Risiken vorbereitet zu sein und diesen begegnen zu können (Darnhofer, 2014). Eine weitere Möglichkeit ist die einzelbetriebliche oder gemeinschaftliche Nutzung von Absicherungsmöglichkeiten an Terminmärkten. Hierbei könnte auch die Agrarpolitik helfen, indem z. B. betriebsindividuelle Möglichkeiten zur Liquiditätsplanung und zum Risikomanagement gefördert und verbreitet werden. Langfristig wird eine entsprechende Stärkung der betrieblichen Resilienz wesentlich wirkungsvoller sein als das Auflegen von Nothilfeprogrammen.
Darüber hinaus kann es entscheidend zur Resilienz eines Betriebes beitragen, wenn neue digitale Informations- und Steuerungstechnologien sinnvoll genutzt werden, um sich Freiräume zu schaffen. Kontrollen auf landwirtschaftlichen Betrieben könnten hierdurch zudem effektiver und gleichzeitig konfliktfreier gestaltet werden. Dies könnte wiederum zu einem verbesserten Vertrauen der Verbraucher bei gleichzeitig sinkender Belastung der landwirtschaftlichen Erzeuger führen und somit zu einer Steigerung der Resilienz beitragen.
Zusätzliche Freiräume, etwa durch Kooperation, Risikomanagement sowie durch Digitalisierung und weitere Technisierung sollten im Sinne einer resilienten Strategie daher nicht unmittelbar für weiteres Wachstum genutzt werden, sondern zunächst dazu dienen, Arbeitsabläufe kritisch zu reflektieren, die Effizienz der Produktion zu steigern um Produktionskosten zu senken, sich zu erholen und über neue Entwicklungen zu informieren.
Dies hilft dabei, Änderungen der wirtschaftlichen, ökologischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen früh zu erkennen und durch betriebliche Anpassungen darauf zu reagieren. Langfristig tragen Anpassungs- und Wandlungsfähigkeit eines Betriebes somit ebenfalls zu seiner Fähigkeit bei, immer wieder einen stabilen Zustand zu erreichen.
In diesem Zusammenhang ist die Wahrnehmung und Wertschätzung der Landwirtschaft in der Öffentlichkeit für viele Landwirte ein wichtiger Motivationsfaktor. Konfrontation, Demonstrationen und Proteste seitens des Berufstandes mögen die Stimmung während einer Krise wiederspiegeln, aber tragen auf Dauer nicht zur Motivation der Landwirte und damit nicht zur betrieblichen Resilienz bei. Kommunikationsstrategien, die auf die Vermittlung einer positiven Wirkung der Landwirtschaft für die Gesellschaft abzielen, werden daher zur Resilienz landwirtschaftlicher

Betriebe auf doppelte Weise beitragen: Ein positiveres Image der Landwirtschaft in der Gesellschaft steigert die Akzeptanz heimischer Produkte, sichert Absatzmärkte und dürfte gleichzeitig für viele Landwirte und ihre Familien die nicht-monetäre berufliche Zufriedenheit enorm steigern.

Fazit

Resilienz ist somit mehr als die Widerstandsfähigkeit gegenüber negativen Einflüssen und darf nicht mit dem sturen „Aussitzen“ ungünstiger Phasen verwechselt werden. Bei näherer Betrachtung geht das Konzept der Resilienz vielmehr über die Widerstandsfähigkeit eines Betriebes hinaus und kann am besten als seine Fähigkeit beschrieben werden, sich aus einer Position der Stärke heraus auf Risiken einzustellen, diesen möglichst zuvorzukommen und sich auch aus veränderten Rahmenbedingungen heraus immer wieder selbst neu zu erfinden.

Literatur

Darnhofer, I. (2014). Resilience and why it matters for farm management. European Review of Agricultural Economics, 41(3), 461-484.

Fresco, L. O., und Poppe, K. J. (2016). Towards a common agricultural and food policy. Wageningen University & Research.

Hill, Edward, et al. (2012) Economic shocks and regional economic resilience. Building resilient regions: Urban and regional policy and its effects 4: 193-274.

Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (2016). Ergebnisse der Vollkostenauswertung der Rinderspezialberatung in Schleswig-Holstein. Auswertungsjahr 2014/2015.

Statistisches Bundesamt (2017a). Fachserie 3.4.1 Viehbestand. Online abgerufen am 27.1.2017.

Statistisches Bundesamt (2017b). Daten zu Insolvenzverfahren Deutschland nach Wirtschaftszweigen, monatlich. Online abgerufen am 30.1.2017.

Was sich Landwirte von der Agrarpolitik nach 2020 wünschen: Ergebnisse einer Umfrage

Uwe Latacz-Lohmann und Julia Schreiner[1]

Institut für Agrarökonomie
Landwirtschaftliche Betriebslehre und Produktionsökonomie

Einleitung

Die Debatte um die Ausrichtung der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) nach 2020 hat begonnen. Es werden vermehrt Forderungen laut, die vorhandenen Mittel stärker an gesellschaftlich nachgefragten Gemeinwohlleistungen auszurichten. Diese Forderungen reichen von einer deutlichen Stärkung der zweiten Säule bis hin zur Abschaffung der Säulenstruktur und dem Übergang zu einer unmittelbar an den Sachproblemen des Sektors ausgerichteten Architektur der gemeinsamen Agrarpolitik (WBA, 2010; ISERMEYER, 2016). Die ursprünglichen Ziele der GAP – Versorgungssicherung und paritätische Einkommen – spielen dabei eine immer geringere Rolle.

In diesem Beitrag werden die Präferenzen von Landwirten für die zukünftige Entwicklung der GAP ermittelt. Was wünschen sich Landwirte von der GAP nach 2020? Dass Landwirte wie auch Bürger mit der gegenwärtigen GAP nicht zufrieden sind, offenbart sich immer wieder: Landwirte bemängeln die überbordende Bürokratie und die Einschränkung der unternehmerischen Freiheit durch eine zunehmende Regelungsdichte und Kontrollintensität. Bürger verurteilen neben der als ungerecht empfundenen Verteilung der Mittel viele Facetten der modernen Landwirtschaft, insbesondere der Tierhaltung, die die bestehende Agrarpolitik hervorgebracht hat. Bisher gibt es keine Studien, die die Präferenzen der Adressaten (Landwirte) systematisch untersucht haben. Dieser Beitrag setzt sich daher zum Ziel, die agrarpolitische Debatte zu bereichern, indem er die akzeptanzbestimmenden Faktoren identifiziert und auf diese Weise Hinweise darauf liefert, wie eine gesellschaftspolitisch nachhaltigere GAP nach 2020 aussehen könnte.

Methodik und Daten

Die empirische Analyse beruht auf einem Auswahlexperiment (Discrete Choice Experiment) mit 440 deutschen Landwirten. In einem Discrete Choice Experiment (DCE) werden den Befragten verschiedene Alternativen (hier Politikbündel) zur Wahl gestellt, die jeweils durch eine Reihe von Attributen (hier Direktzahlungen,

[1] Ein besonderer Dank an die Studierenden Constantin Bennemann, Amelie Griesoph und Insa Thiermann für die Mitarbeit bei der Datenerhebung.

Tierwohlstandards, ökologische Vorrangfläche, zulässige Stickstoffbilanz-Überschüsse und marktpolitisches Sicherheitsnetz) gekennzeichnet sind. Die Befragungsteilnehmer werden dann gebeten, das von ihnen bevorzugten Politikbündel zu wählen.

Die Attribute der Politikbündel (Tabelle 1) orientieren sich an der aktuellen agrarpolitischen Diskussion. Beim Attribut „Direktzahlungen“ wird nicht nach Basisprämie und Greening-Prämie differenziert. Vielmehr wird den Befragten erklärt, dass es sich um die Gesamtprämie je Hektar LF handelt. Bei den Attributen „Tierwohl“ und „ökologische Vorrangfläche“ umfasst die dritte Attributausprägung jeweils eine Auflage mit Kompensationszahlung. Den Befragten wurde erklärt, dass es sich in diesen Fällen nicht um freiwillige Programme der 2. Säule handelt, sondern um rechtsverbindliche Auflagen, deren wirtschaftlichen Nachteile durch eine Prämie in der genannten Höhe ausgeglichen werden. Beim Attribut „Zulässiger Stickstoffbilanzüberschuss“ besteht die dritte Attributausprägung aus einer Kombination aus einer Auflage (50 kg N/ha) in Kombination mit einer Überschussabgabe von 2 €/kg N. Letztere wird erhoben auf rechnerische Überschreitungen der 50 kg/ha-Grenze.

Tabelle 1: Attribute und deren Ausprägungen im DCE

Attribut	Ausprägungen
1) Direktzahlung	150 / 200 / 250 €/ha
2) Ökologische Vorrangfläche	5% der Ackerfläche 8% der Ackerfläche 8% der Ackerfläche als begrünte Stilllegung mit 500 €/ha Prämie
3) Tierwohl	Gesetzliche Mindeststandards gem. Tierhaltungs-VO Standards der Initiative Tierwohl bei Schweinen und 6 Monate Weidegang bei Kühen Initiative Tierwohl plus 3 €/Schwein und 6 Monate Weidegang plus 100 €/Kuh und Jahr
4) Zulässiger Stickstoff-bilanzüberschuss	60 kg N/ha 50 kg N/ha 50 kg N/ha plus 2€/kg Überschussabgabe für Mengen > 50 kg N/ha
5) Marktpolitisches Sicherheitsnetz	22 ct/kg Milch 24 ct/kg Milch 26 ct/kg Milch 12 €/dt Weizen 14 €/dt Weizen 16 €/dt Weizen

Quelle: eigene Darstellung

Die Attributausprägungen werden zwischen den Choice Sets systematisch variiert, so dass jeweils Politikpakete miteinander in Konkurrenz stehen, zwischen denen die Probanden auswählen sollen. Bei der Wahl des am meisten präferierten Politikpakets müssen die Landwirte zwischen den Attributausprägungen abwägen. In jedem Choice Set wird den Landwirten eine Ausstiegsoption angeboten, das heißt ein Politikpaket ohne Direktzahlungen und Sicherheitsnetz und mit nur minimalen Anforderungen im Bereich Umwelt und Tierwohl. Tabelle 2 zeigt ein Beispiel für ein Choice Set. Den Probanden wurden jeweils 6 solcher Choice Sets zur Beantwortung vorgelegt. Sie wurden gebeten, das jeweils präferierte Politikbündel zu wählen.

Tabelle 2: Beispiel eines Choice Sets

Attribute	**Politik 1**	**Politik 2**	**Politik 3**	**Ausstieg**
Direktzahlungen	150 €/ha	250 €/ha	150 €/ha	Keine
Ökol. Vorrangfläche	5%	5%	8%	Keine
Tierwohl	Initiative Tierwohl + 3€/Schwein, 6 Monate Weide + 100€/Kuh	Initiative Tiewohl + 3€/Schwein, 6 Monate Weide + 100€/Kuh	Gesetzliche Mindeststandards	Gesetzliche Mindeststandards
N-Überschuss	60 kg/ha	50 kg/ha + Überschussabgabe	60 kg/ha	60 kg/ha
Sicherheitsnetz	22 ct/l Milch 12 €/dt Weizen	22 ct/l Milch 12 €/dt Weizen	24 ct/l Milch 14 €/dt Weizen	Kein Sicherheitsnetz
Ich wähle	☐	☐	☐	☐

Quelle: eigene Darstellung

Die Datenerhebung erfolgte mittels einer bundesweit angelegten Betriebsleiterbefragung. Die Datenerhebung erfolgte sowohl online als auch durch persönliche Interviews. Zur Teilnahme an der Online-Befragung wurden die Landwirte durch einen Aufruf in der landwirtschaftlichen Fachpresse im Sommer 2016 motiviert. An der Online-Befragung nahmen 240 Landwirte teil. Zusätzlich wurden Landwirte auf der Messe Eurotier im November 2016 persönlich angesprochen und zur Teilnahme an der Befragung motiviert. Auf diese Weise konnten weitere 200 vollständig ausgefüllte Fragebögen in die Analyse einbezogen werden. Die Fragebögen der Online-Befragung und der persönlichen Befragung waren in allen Punkten identisch. Insgesamt standen somit 440 Fragebögen für die Auswertung zur Verfügung. Zusätzlich zu den Choice Sets wurde den Probanden ein Debriefing-Fragebogen vorgelegt. Neben demografischen und sozioökonomischen Daten wurden hierin Einstellungen zur aktuellen Agrarpolitik, zum Tierwohl und zur Beziehung von Landwirtschaft und Umwelt abgefragt.

Ergebnisse

Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse eines konditionalen Logit (KL)-Modells. Dargestellt werden neben den Schätzkoeffizienten die marginalen Effekte und die Zahlungsbe-

reitschaften (WTP = Willingness-to-Pay) für Änderungen in der jeweiligen Attributausprägung um eine Einheit gegenüber der jeweiligen Referenz. Anhand der Vorzeichen der Schätzkoeffizienten wird deutlich, dass die befragten Landwirte im Mittel die Aufrechterhaltung der Direktzahlungen wünschen - bei gleichzeitiger Ablehnung aller anderen Politikelemente. Werden beispielsweise im Bereich der Schweinehaltung die Tierwohlstandards der Initiative Tierwohl bzw. 6-monatiger Weidegang für Kühe ordnungsrechtlich vorgeschrieben, reduziert dies die Wahrscheinlichkeit, dass eine Politikoption gewählt wird, gegenüber der Ausstiegsoption um 3,6%. Die erforderliche Kompensation zur nutzenneutralen Kompensation erhöhter Tierwohlstandards beträgt 82 €/ha. Das bedeutet, dass den Befragten eine um 82 €/ha höhere Direktzahlung angeboten werden müsste, damit die ursprüngliche Wahlwahrscheinlichkeit für eine Politikoption (im Vergleich zur Ausstiegsoption) wiederhergestellt wird. Die 82 €/ha sind als „gefühlte Kosten“ erhöhter Tierwohlstandards zu interpretieren. In gleicher Weise führt auch die Auflage, 8% der Ackerfläche als ökologische Vorrangfläche zu führen, zu Kosten von 82 €/ha. Während die Ablehnung von Auflagen im Bereich Biodiversität, Düngung und Tierwohl zu erwarten ist, fällt auf, dass diese Auflagen auch dann abgelehnt werden, wenn hierfür staatliche Ausgleichszahlungen angeboten werden. Würden beispielsweise 8% ökologische Vorrangfläche als begrünte Stilllegung mit 500 €/ha Prämie verpflichtend gemacht, stieße dies noch immer auf eine signifikante Ablehnung mit „gefühlten Kosten“ von 42 €/ha. Auffällig ist auch die hoch signifikante Ablehnung eines marktpolitischen Sicherheitsnetzes, welches als kategoriale Variable in die Schätzung eingegangen ist. Die Einführung eines Sicherheitsnetzes (sowie jede weitere Steigerungsstufe) müsste mit einer um 114 €/ha höheren Direktzahlung einhergehen, um die Befragten nutzenneutral zu kompensieren. Zusammenfassend zeigt sich somit eine durchgehende ablehnende Haltung der Befragten gegenüber staatlichen Eingriffen, sei es in der Form von Umwelt- oder Tierwohlauflagen oder in Form marktpolitischer Interventionen.

Tabelle 3: Ergebnisse der konditionalen Logit-Schätzungen

Politikelement	Variablen-typ	Koeffizient	Marginale Effekte	WTP	Referenz
Direktzahlungen	Kontinuier-lich	0,0072***			
Initiative Tierwohl / 6 Monate Weide	Dummy	-0,597***	-3,6%	82 €/ha	Gesetzl. Min-deststandards
Initiative Tierwohl / 6 Mon. Weide mit Prä-mie	Dummy	-0,437***	-1,4%	60 €/ha	Gesetzl. Min-deststandards
8 % ÖVF	Dummy	-0,595***	-4,5%	82 €/ha	Keine ÖVF
8% ÖVF (Begrünung) mit Prämie	Dummy	-0,303**	-1,3%	42 €/ha	Keine ÖVF
50 Kg N/ha plus Überschussabgabe	Dummy	-0,390***	-3,0%	54 €/ha	60 kg N/ha
Marktpolitisches Sicherheitsnetz	Kategoriale Var. 0-1-2-3*	-0,824***	-15,6%	114 €/ha	Steigerung um eine Stufe

* 0 = Kein Sicherheitsnetz; 1 = 22ct/kg Milch und 12 €/dt Weizen; 2 = 24ct/kg Milch und 14 €/dt Weizen; 3 =26ct/kg Milch und 16 €/dt Weizen.

Quelle: eigene Darstellung

Die Schätzkoeffizienten für die Politikattribute weisen große und hoch signifikante Standardabweichungen auf, die auf eine große Heterogenität der Präferenzen unter den befragten Landwirten hindeuten. Vor diesem Hintergrund wurde zusätzlich zum KL-Modell eine Latent Class Modell (LCM) geschätzt. Neben den alternativenspezifischen Variablen gehen personen- und betriebsspezifische Merkmale als Class-Membership-Variablen in die LCM-Schätzung ein. Das LCM differenziert die Stichprobe der Befragten in Segmente von Personen, die untereinander ähnliche Präferenzen zeigen. Intersegmental herrscht Präferenzheterogenität. Vorteile ergeben sich bei Antipoden zwischen den gebildeten Segmenten. In solchen Fällen würden KL-Modelle die wahren Effekte unter Signifikanzverlust ausmitteln (SAGEBIEL, 2011: 15). Die optimale Segmentierung des Datensatzes wird ex post durch Schätzung mehrerer, unterschiedlich stark segmentierter LCM und Analyse der resultierenden Informationskriterien von Akaike (AIC) und Bayes (BIC) vorgenommen. Mit zunehmender Segmentierung des Datensatzes wächst die Modellgüte infolge zusätzlicher Schätzparameter. Analog zum adjustierten Determinationskoeffizienten in linearen Regressionsmodellen „bestrafen“ AIC und BIC eine übermäßige Klassenbildung, wenn daraus keine deutliche Verbesserung der Modellgüte folgt. Die Anwendung der Informationskriterien AIC und BIC führt im vorliegenden Datensatz zu einer optimalen Segmentierung in drei Klassen. Der BEN-AKIVA

und SWAIT-Test (BEN-AKIVA und SWAIT, 1986) lehnt die Nullhypothese, wonach das sparsamere KL-Modell dem aufwändigeren LCM vorzuziehen ist, höchstsignifikant ab. Tabelle 4 zeigt die Schätzergebnisse des LCM. Dargestellt werden die Schätzkoeffizienten sowie die Teilnutzenwerte (in Form der WTP) für die einzelnen Politikelemente.

Tabelle 4: Ergebnisse der Latent Class-Schätzungen

	Klasse 1		Klasse 2		Klasse 3	
Politikelement	Koeffizient	WTP	Koeffizient	WTP	Koeffizient	WTP
Direktzahlungen	0,0029**		0,0089***		- 0,0179***	
Initiative Tierwohl / 6 Monate Weide	- 1,488***	516 €/ha	- 0,112		0,109	
Initiative Tierwohl / 6 Mon. Weide mit Prämie	- 1,423***	493 €/ha	0,284**	-34 €/ha	0,083	
8 % ÖVF	- 0,709***	246 €/ha	-0,210**	25 €/ha	- 0,665	
8% ÖVF (Begrünung) mit Prämie	- 0,515**	179 €/ha	- 0,423		- 1,155*	64 €/ha
50 Kg N/ha plus Überschussabgabe	- 0,371**	198 €/ha	- 0,091		- 3,334**	186 €/ha
Marktpolitisches Sicherheitsnetz	- 0,016		0,566***	-67 €/ha	- 0,702*	39 €/ha

* 0 = Kein Sicherheitsnetz; 1 = 22ct/kg Milch und 12 €/dt Weizen; 2 = 24ct/kg Milch und 14 €/dt Weizen; 3 =26ct/kg Milch und 16 €/dt Weizen.

Quelle: eigene Darstellung

Es wird deutlich, dass Probanden der Klasse 1 staatliche Eingriffe im Bereich Umwelt und Tierwohl deutlich stärker ablehnen als der Durchschnitt der Befragten: Die für einen nutzenneutrale Kompensation erforderliche Anhebung der Direktzahlungshöhe fällt deutlich größer aus als in Tabelle 4 für den Durchschnitt aller Befragten dargestellt. Gegenüber einem marktpolitischen Sicherheitsnetz sind die Befragten der ersten Klasse indifferent, wie der nicht signifikante Schätzkoeffizient andeutet. Die Befragten dieser Klasse schätzen lediglich hoch signifikant die Fortführung der Direktzahlungen. Sie wünschen sich weitreichendste unternehmerische Freiheit bei Fortführung der Direktzahlungen.

Probanden der zweiten Klasse schätzen ebenfalls höchstsignifikant die Fortführung der Direktzahlungen. Zusätzlich wünschen sie sich ein marktpolitisches Sicherheitsnetz. Letzteres wird mit 67 €/ha bewertet. Dies ist der Betrag, auf den die Befragten der zweiten Klasse an Direktzahlung je Hektar zu verzichten bereit wären, wenn von der Politik ein marktpolitisches Sicherheitsnetz angeboten wird bzw. dieses um

eine Stufe (z.B. von 22 auf 24 ct/kg Milch und von 12 auf 14 €/dt Weizen) erhöht wird. Sie befürworten erhöhte Tierwohlstandards, deren wirtschaftlichen Nachteile durch eine Prämie kompensiert werden. Abgelehnt wird lediglich eine verpflichtende 8-prozentige ökologische Vorrangfläche ohne Kompensation. Gegenüber den verbleibenden Politikattributen nehmen die Probanden der zweiten Klasse eine indifferente Haltung ein. Im Gegensatz zu den Probanden der ersten Klasse lassen sich die Befragten der zweiten Klasse daher als Landwirte charakterisieren, die grundsätzlich bereit sind, für staatliche Leistungen in Form von Direktzahlungen und Mindestpreissetzung Gegenleistungen, insbesondere im Bereich Tierwohl, zu erbringen.

Die Probanden der dritten Klasse lehnen staatliche Eingriffe in das Betriebsgeschehen und in landwirtschaftliche Märkte durchweg ab. Sie sprechen sich für die Abschaffung der Direktzahlungen und gegen ein marktpolitisches Sicherheitsnetz aus. Weiterhin sind sie gegen hohe Standards bei der Düngung i. V. m. einer Stickstoffüberschussabgabe. Selbst eine mit 500 €/ha prämierte ökologische Vorrangfläche in Form einer begrünten Stilllegung auf 8% der Ackerfläche wird signifikant abgelehnt. Dies unterstreicht die Aversion gegen staatliche „Bezahlung“ jeglicher Art. Die Landwirte dieser Klasse wünschen sich somit eine Agrarpolitik, die ihnen größtmöglichen unternehmerischen Freiraum bei gleichzeitigem Verzicht auf jede Art staatlicher Unterstützung bietet. Sie votieren damit gegen die Fortführung der gegenwärtigen Agrarpolitik und wünschen sich, dass der Staat sich aus der Regulierung des Agrarsektors weitest möglich zurückzieht.

Durch Einbeziehung von personen- und betriebsbezogenen Variablen in die LCM-Schätzungen lassen sich zwei der drei Klassen von Landwirten näher charakterisieren. Der Einfluss personen- und betriebsbezogener Merkmale auf die Zugehörigkeitswahrscheinlichkeit zu einer der drei gebildeten Klassen wird durch die Schätzkoeffizienten der Class-Membership-Variablen beschrieben. Referenz ist Klasse 3. Die Koeffizienten geben somit an, wie das jeweilige individuelle Merkmal die Wahrscheinlichkeit verändert, dass die Präferenzen eines Probanden durch eine der Klassen 1 und 2 anstatt der Klasse 3 bestmöglich abgebildet werden. Aus Platzgründen zeigt Tabelle 5 lediglich eine Zusammenfassung der Schätzergebnisse, ohne die Schätzkoeffizienten im Einzelnen wiederzugeben.[2]

Landwirte der Klasse 3, die eine Fortführung der gegenwärtigen Agrarpolitik ablehnen und sich einen weitgehenden Rückzug des Staates aus der Regulierung und Subventionierung des Agrarsektors wünschen, dienen im LCM-Modell als Referenzklasse und lassen sich somit nicht näher charakterisieren. Um diese Gruppe von Landwirten dennoch zu charakterisieren, wurde zusätzlich zum LCM-Modell ein multinominales Probitmodell geschätzt, bei der der Datensatz in zwei Gruppen von Probanden geteilt wurde: (1) Diejenigen, die konsistent (d.h. in jedem Choice Set)

[2] Letztere können von den Autoren bei Bedarf angefordert werden. Für die Zwecke der Begutachtung befinden sich die vollständigen Schätzergebnisse im Anhang.

die Ausstiegsoption gewählt haben (n =103) und (2) alle anderen (n = 303). Letztere Gruppe umfasst Landwirte, die entweder immer eine der angebotenen Politikoptionen (also nie den Ausstieg) gewählt haben, sowie Befragte, die selektiv Politikoptionen und die Ausstiegsoption gewählt haben. Die beiden Gruppen bilden die abhängige Dummy-Variable der Schätzung, wobei die Gruppe der Abwäger mit 1 und die Gruppe der Aussteigsbefürworter mit 0 kodiert wurde. Die Probit-Schätzungen ergeben folgendes Profil der Ausstiegsbefürworter. Im Vergleich zu den Abwägern haben ältere Haupterwerbslandwirte sowie Landwirte ohne geregelte Hofnachfolge eine höchstsignifikant höhere Wahrscheinlichkeit, in die Gruppe der Ausstiegsbefürworter zu fallen. Dasselbe gilt für Landwirte, die in der Vergangenheit Probleme mit der Einhaltung der Düngeverordnung hatten und solche, die bereits an Agrarumweltprogrammen teilgenommen haben. Es verwundert nicht, dass in der Gruppe der Ausstiegsbefürworter mit größerer Wahrscheinlichkeit solche Landwirte sind, die sich in der Befragung gegen die Aussagen „Der Staat sollte den aktuell niedrigen Milchpreis durch Marktintervention stützen“ sowie „Die Landwirtschaft sollte in Zukunft nicht mehr am Tropfe des Staates hängen“ positioniert haben. Weiterhin sind in der Gruppe der Ablehner der gegenwärtigen Agrarpolitik mit signifikant höherer Wahrscheinlichkeit solche Landwirte zu finden, die der Aussage „Die Landwirtschaft leistet einen wichtigen Beitrag zum Artenschutz“ zugestimmt haben.

Tabelle 5: Determinanten der Klassenzugehörigkeit

Klasse 1: „Unternehmerische Freiheit bei Fortführung der Direktzahlungen“ (20% der Befragten)	**Klasse 2: „Staatliche Absicherung gegen Gemeinwohlleistungen“ (46% der Befragten)**
+ Größere Ackerbaubetriebe	+++ Jüngere Landwirte
++ Zustimmung zur Aussage „Die Landwirtschaft leistet einen wichtigen Beitrag zum Artenschutz“	++ Nebenerwerbslandwirte
+ Ablehnung der Aussage „Landwirte sind Tierschützer und stellen das Tierwohl über den wirtschaftlichen Erfolg	+++ Zustimmung zur Aussage „Der Staat sollte den aktuell niedrigen Milchpreis durch Marktintervention stützen“
++ Zustimmung zur Aussage „Der Staat sollte den aktuell niedrigen Milchpreis durch Marktintervention stützen“	+ Ablehnung der Aussage: „Die Landwirtschaft sollte in Zukunft nicht mehr am Tropfe des Staates hängen“

Legende: +++ höchst- , ++ hoch-, + schwach signifikant positiver Einfluss auf die Klassenzugehörigkeit; --- höchst- , -- hoch-, - schwach signifikant negativer Einfluss auf die Klassenzugehörigkeit.

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass ca. zwei Drittel der Befragten sich für eine Fortführung der Direktzahlungen ausspricht. Knapp die Hälfte (46%) ist grundsätzlich bereit, im Gegenzug höhere Standards im Bereich Umwelt und Tierwohl zu akzeptieren. Zwanzig Prozent der Befragten hingegen wünschen sich die Fortführung der Direktzahlungen ohne derartige Zugeständnisse. Die befragten Landwirte sind mehrheitlich gegen ein staatliches Sicherheitsnetz durch Marktintervention. Ein Drittel der Befragten wünscht sich die Abschaffung der Gemeinsamen Agrarpolitik in der gegenwärtigen Form. Dies schließt explizit die Direktzahlungen mit ein. Im Rahmen der Datenerhebung auf der Eurotier 2016 wurden Landwirte, die konsistent die Ausstiegsoption gewählt haben, nach den Gründen für ihre Ablehnung der gegenwärtigen GAP gefragt. Dabei wurden am häufigsten die Begriffe „Bürokratie“ und „Einschränkung der unternehmerischen Freiheit“ genannt. Die mangelnde Akzeptanz der GAP selbst unter Landwirten deutet darauf hin, dass es der Politik nicht mehr gelingt, einem Teil ihrer Adressaten ihren Nutzen zu vermitteln. Stattdessen wird der Ruf nach radikalem Wandel mit populistischen Anklängen laut – ein Brexit-Effekt in der Agrarpolitik? Dies unterstreicht die Notwendigkeit, bei der Weiterentwicklung die gesellschaftspolitische Akzeptanz im Auge zu behalten.

Literaturverzeichnis

BEN-AKIVA, M. UND LERMAN, S. R. (1994): Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand. MIT Press Series in Transportation Studies, 6. Auflage, MIT Press, Cambridge. https://mitpress.mit.edu/books/discrete-choice-analysis

GREENE, W.H. (2012): Econometric Analysis. 7th ed. Boston: Prentice Hall.

ISERMEYER, F. (2016): Visionen für die Agrarpolitik. Vortrag von Prof. Dr. Folkhard Isermeyer vom 5. September 2016 in der Heinrich-Böll-Stiftung, Berlin. https://www.thuenen.de/de/thema/langfristige-politikkonzepte/gap-nach-2020-ist-eine-grundlegende-agrarreform-moeglich/visionen-fuer-die-agrarpolitik/

KUHFELD, W. F. (2005): Experimental design, efficiency, coding, and choice designs. In: *Marketing research methods in sas: Experimental design, choice, conjoint, and graphical techniques*, S. 47–97.

LOUVIERE, J.J. UND G. WOODWORTH (1983): Design and Analysis of Simulated Consumer Choice or Allocation Experiments: An Approach based on Aggregate Data. In: *Journal of Marketing Research* 20 (4), S. 350–367.

MCFADDEN, D. (1974): Conditional Logit Analysis and Qualitative Choice Behavior. In: P. Zarembka (ed), Frontiers in Econometrics, Academic Press. New York, S. 105 – 142.

SCHULZ, N. (2013): Discrete Choice Experimente zur Prognose des Entscheidungsverhaltens von Landwirten. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität, Kiel.

WBA (Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim BMEL) (2010): EU-Agrarpolitik nach 2013. Plädoyer für eine neue Politik für Ernährung, Landwirtschaft und ländliche Räume. Gutachten Mai 2010. *Berichte über Landwirtschaft*, 88 (2) September 2010, 173-202.

Risikoabsicherung am Warenterminmarkt: Interessant für Landwirte?

Jens-Peter Loy*, Gesa Gerstenberg* und Sören Prehn**

*Abteilung Marktlehre, Institut für Agrarökonomie, Kiel
**Leibniz Institut IAMO, Halle

Einleitung

Warenterminmärkte bzw. viele der Teilnehmer und ihre Aktivitäten auf diesen Märkten sind gesellschaftlich umstritten. Ihnen werden spekulative Motive und eine ungezügelte Profitgier zum Schaden Dritter vorgeworfen. Schlagzeilen wie "Mit Essen spielt man nicht" oder "Die Hungermacher" verdeutlichen diese Ansichten. Der Preisanstieg bei Rohstoffen Ende 2007 wird auch heute noch von vielen mit spekulativen Aktivitäten an Warenterminbörsen in Verbindung gebracht. Insbesondere Indexhändler, die seit der Jahrtausendwende vermehrt Warenterminkontrakte für Rohstoffe kaufen, stehen dabei im Verdacht, mit ihren Transaktionen Preise in die Höhe zu treiben. Auch wenn es im wissenschaftlichen Bereich kaum empirische Belege dafür gibt, verhallen die politischen Forderungen zur Eindämmung solcher Geschäftsaktivitäten nur langsam (vgl. u.a. Irwin et al. 2009; Will et al. 2016).
Andere Aufgaben und Funktionen von Warenterminbörsen werden hingegen gesellschaftlich anerkannt. Der Beitrag zur Marktransparenz und die Möglichkeiten der Risikoabsicherung werden durchweg positiv bewertet und für notwendig erachtet. Die Risikoabsicherung durch Landwirte ist dabei ein wichtiger Bereich. Allerdings hat dieses Instrument in der Landwirtschaft bislang nur wenig Anwendung gefunden. Umfragen für die USA zeigen, dass unter zehn Prozent der Landwirte dieses Instrument einsetzen und dabei häufig nicht zum Zwecke der Preisabsicherung (Hedging) (vgl. u.a. Carter 2000: 216; Dorfman und Karali 2010: 791; OECD 2009: 8). Die Gründe dafür könnten zu geringe Effekte für das betriebliche Risikomanagement oder bessere und evtl. einfachere Alternativen wie Forwardverträge oder das Vorhalten von Geld sein. Aus diesen Gründen beschäftigt sich der folgende Beitrag mit den Möglichkeiten und Grenzen der Risikoabsicherung an Warenterminmärkten aus Sicht landwirtschaftlicher Betriebe. Dabei werden neben theoretischen Überlegungen die Ergebnisse aus praktischen Simulationen von verschiedenen Absicherungsstrategien für Ackerbaubetriebe bei Weizen und Raps für den norddeutschen Raum präsentiert.

Theorie

Hintergrund einer Absicherungsstrategie ist die Vermeidung bzw. die Reduktion von Risiken. Risiko im mathematischen Sinne ist die Ungewissheit oder Unsicherheit über die Zukunft. Unsicherheit beschreibt dabei eine Situation, in der man lediglich weiß, welche Umweltzustände in Zukunft eintreten können und mit welchen Wahrscheinlichkeiten. Ein Maß für Risiko ist z.B. die Varianz, d.h. die mittlere quadrierte Abweichung zwischen tatsächlicher und erwarteter (prognostizierter) Realisation. Geht dieses Maß in Folge einer Absicherungsstrategie zurück, handelt es sich um eine Risikoreduktion.

Alternativ definiert Risiko den Umstand, dass eine Aktivität gefährliche oder schädliche Folgen für das Unternehmen oder den Akteur haben kann. Hier wäre ein Maß die Wahrscheinlichkeit, mit der solche Situationen eintreten können und wie hoch die erwarteten Schäden sind. Die zweite Definition beschreibt einen Teilbereich der Wahrscheinlichkeitsfunktion der ersten. Dennoch haben beide Definitionen in dem hier diskutierten Kontext der Preisabsicherung aus Sicht eines landwirtschaftlichen Betriebes ihre Berechtigung. Die erste Definition zielt dabei auf die Verbesserung der Planungssicherheit ab, die zweite geht von der Schadensabwendung aus. Bei all diesen Überlegungen ist der Zeithorizont von großer Bedeutung, da er sowohl die Messung als auch die inhaltliche Zuordnung von Risiken bestimmt. Während die Planungssicherheit sich vorrangig auf den Produktionsprozess und dessen Zeithorizont erstreckt, erfordern Liquiditätsrisiken eine kurz-, mittel- und langfristige Perspektive. Weiterhin ist festzustellen, dass aus dem Fokus der zweiten Definition auf Umweltzustände mit schädlichen Auswirkungen nicht der Schluss zu ziehen ist, risikolose Situationen verursachten keine Schäden. Eine bekannte Situation kann durchaus Schaden verursachen.

In diesem Beitrag stehen Preisrisiken im Vordergrund der Betrachtungen. Preisrisiken sind spekulative Risiken. Spekulative Risiken können in der Regel nicht versichert werden und hängen oft von den Entscheidungen der Unternehmen ab. Letzteres gilt allerdings nicht für Preisrisiken zumindest nicht auf einem polypolistischen Markt, auf dem einzelne Unternehmen keinen Preiseinfluss haben. Die Preisrisiken auf den Getreide- und Ölsaatenmärkten sind seit dem Preishoch Ende 2007 angestiegen. Diese Preisrisiken lassen sich mit Hilfe einer Absicherungsstrategie auf dem Warenterminmarkt eindämmen. Die risikominimale Strategie, bei der die Warenterminkontrakte zum Zeitpunkt des Verkaufes der Ware auf dem Kassamarkt glattgestellt werden, lässt sich anhand der Beziehung zwischen der Frontmonatnotierung („nearby futures“) auf dem Warenterminmarkt und dem Kassamarktpreis ermitteln. Als schädliche Umweltzustände könnten dabei niedrige Preise angesehen werden, die zu geringen oder negativen Deckungsbeiträgen führen und die Liquidität des Betriebes gefährden. Auch in diesem Bereich kann sich eine Absicherungsstrategie günstig auswirken. Ein Grund dafür ist die Samuelson-Hypothese, nach der die Warenterminmarktpreise mit zunehmendem Zeithorizont bis zur Fälligkeit des Kontraktes stabiler werden (vgl. Kolb und Overdahl 2006: 139; Samuelson

1965; Kadioğlu 2016). Ob und in welchem Umfang Absicherung zu einer Erlössteigerung beitragen kann, ist theoretisch und empirisch umstritten (vgl. Kolb und Overdahl 2006: 134; Kolb 1992). Diese Hypothesen werden im Folgenden empirisch geprüft.

Daten und Ergebnisse

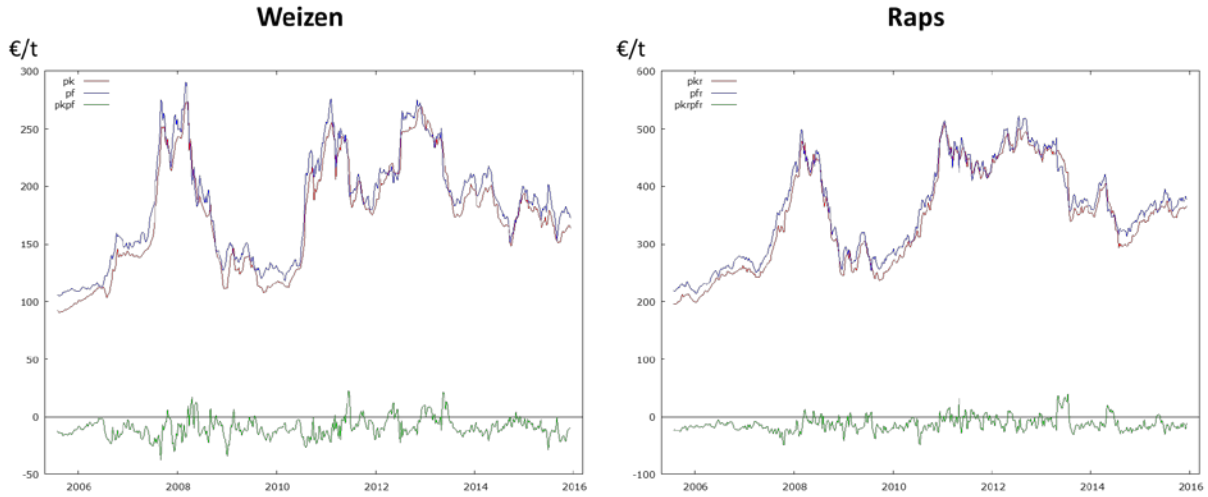
Die Warenterminmarktpreise der Euronext in Paris von 2005 bis 2016 bilden die Grundlage für die hier präsentierten Simulationen und Berechnungen. Als Kassamarktpreise werden die Notierungen (Schwerpunktpreise) von der Landwirtschaftskammer SH genutzt. Die Vorbetrachtungen zur Ableitung der risikominimalen Absicherungsstrategie ergeben, dass ein „full hedge“ die optimale Strategie ist. Das heißt, es ist optimal, die gesamte erwartete Produktion auf dem Warenterminmarkt zum Zeitpunkt der Aussaat zu verkaufen. Dabei wird unterstellt, dass der relevante Zeitraum für die Absicherung der Produktionszeitraum bei Weizen und Raps in SH ist. Die Absicherung beginnt zum Zeitpunkt der Aussaat und endet mit dem Verkauf auf dem Kassamarkt; das Preisrisiko wird für diesen Zeitraum ermittelt. Aus Gründen der Vereinfachung wird für Weizen als Raps der Zeitraum von September (Aussaat) bis September im Folgejahr (Ernte) gewählt.

Das Restrisiko in Bezug auf den Preis beim „full hedge“ ist das Basisrisiko. Dies wird ins Verhältnis zum Preisrisiko bei Nichtabsicherung gesetzt. Das Preisrisiko wird anhand der erwarteten quadratischen Differenz zwischen Preisprognose und tatsächlichem Preis bestimmt. Die Preisprognose wird entweder als naive Prognose oder mithilfe der Warenterminmarktnotierung ermittelt. Die Ergebnisse zeigen, dass bei 12-monatigem Prognosehorizont alle Prognosen nur eine sehr geringe Güte aufweisen. Demnach sind fast alle Preisbewegungen über dieses Zeitfenster hinweg nicht vorhersehbar. Die Preisabsicherung mithilfe des „full hedge“ reduziert das Preisrisiko fast vollständig um 97 bzw. 98 Prozent. Die Abweichungen der Basis im Vergleich zu den Veränderungen der Preise im Zeitablauf sind relativ gering (s. Abb. 1).

Neben der risikominimalen Absicherung werden hier ein Routingehedge, eine Splitstrategie, eine Limit- und eine Marginstrategie simuliert.[3] Der Routinehedge funktioniert wie der „full hedge“, es wird aber nur ein Anteil von 75 Prozent der erwarteten Produktion abgesichert, um auch in ertragsschwachen Jahren nicht zu viel abzusichern. Bei der Splitstrategie wird zu verschiedenen Zeiten abgesichert, dabei wird 1/3 im September, 1/3 im Januar und 1/3 im April abgesichert. Bei der Marginstrategie wird zunächst ein „full hedge“ durchgeführt. Dieser wird abgebrochen, sobald die Marginzahlungen ein vorgegebenes Niveau übersteigen.

[3] Diese Strategien orientieren sich an denen im Beitrag von Steffin 2008a und 2008b.

Abbildung 1: Kassamarkt-, Nearby-Futures-Notierungen und Basis



Quelle: Eigene Darstellung, Daten von Euronext Paris und LWK SH.

Tabelle 1: Ergebisse der Simulationen verschiedener Absicherungsstrategien

Weizen	Nach der Ernte				Aus dem Lager				Gemischt (50/50)			
	Erwartungswert		Standardabw.		Erwartungswert		Standardabw.		Erwartungswert		Standardabw.	
	2006-16	2011-16	2006-16	2011-16	2006-16	2011-16	2006-16	2011-16	2006-16	2011-16	2006-16	2011-16
Kassa (ohne Abs.)	176.99	180.93	44.30	36.08	177.72	191.03	43.19	36.78	177.35	185.98	42.34	35.49
Full hedge	162.82	185.00	35.93	17.71	166.11	190.46	37.56	16.04	165.14	187.73	36.63	16.69
Routine hedge	168.44	183.64	27.15	18.97	169.98	190.65	29.66	19.98	169.21	187.14	28.01	19.08
Split	164.31	188.01	38.87	17.53	167.30	192.90	37.88	14.60	165.80	190.45	38.27	15.94
Limit	176.95	195.15	48.34	43.03	181.85	203.14	45.91	36.71	179.40	199.15	46.94	39.69
Margin	176.65	185.16	42.56	39.05	179.13	200.25	45.36	41.57	177.89	192.71	42.03	38.55

Raps	Nach der Ernte				Aus dem Lager				Gemischt (50/50)			
	Erwartungswert		Standardabw.		Erwartungswert		Standardabw.		Erwartungswert		Standardabw.	
	2006-16	2013-16	2006-16	2013-16	2006-16	2013-16	2006-16	2013-16	2006-16	2013-16	2006-16	2013-16
Kassa (ohne Abs.)	348.76	341.19	69.27	25.41	354.31	359.73	65.71	27.10	351.54	350.46	65.34	25.97
Full hedge	328.31	361.55	65.91	52.69	329.53	364.23	67.73	52.94	328.92	362.89	66.73	52.81
Routine hedge	335.13	354.76	58.10	37.53	337.79	362.73	55.78	35.86	336.46	358.75	56.66	36.68
Split	336.41	360.60	68.11	37.17	338.17	364.49	70.80	37.97	337.29	362.54	69.40	37.56
Limit	349.96	367.15	81.87	58.18	352.15	359.73	72.33	27.10	351.06	363.44	75.13	37.79
Margin	330.92	361.55	65.21	52.69	326.97	364.23	69.13	52.94	328.94	362.89	65.66	52.81

Quelle: Eigene Berechnungen, Daten von der Euronext Paris und LWK SH.

Neben dem Verkauf direkt nach der Ernte wird auch eine Lagervariante simuliert, bei der die Betriebe von Mitte November bis Mitte Dezember die Ernte verkaufen. Zudem wird ein Mix aus Verkauf nach der Ernte und Lagerhaltung simuliert. Die Ergebnisse sind in Tab. 1 dargestellt. Der Verkauf auf dem Kassamarkt ohne Absicherung ist für alle Strategien die Benchmark.

Der erste Eindruck, dass Absicherung zu niedrigeren und stabileren Preisen führt, bestätigt sich bei näherer Betrachtung nicht. Wählt man zum Beispiel eine Phase fallender Preise (2011-16 bei Weizen oder 2013-16 bei Raps), so kehren sich die Ergebnisse um. Bei Raps findet man sogar, dass nicht nur der Erlös bei Absicherung steigt, sondern auch dessen Stabilität sinkt. Es gibt also in nicht unwesentlichem Umfang zufällige Effekte. Zwar liegen die Preise, zu denen abgesichert werden kann, unter den Kassamarktpreisen; dieser Effekt ist aber geringer als der Unterschied aus den Simulationen über den gesamten Zeitraum. So unterscheiden sich die Preise bei Weizen um ca. 6 Euro die t, die Erlöse bei „full hedge“ liegen um fast 14 Euro unter denen bei Nicht-Absicherung. Auch die Effekte auf die Stabilität werden durch die Stichprobenwahl zum Teil überzeichnet. Die Preise auf dem Warenterminmarkt schwanken um 25 (20) Prozent weniger als die Kassamarktpreise bei Weizen (Raps). Das entspricht dem Ergebnis bei Weizen, bei Raps fällt der Stabilitätsgewinn allerdings deutlich geringer aus. In den Teilstichproben kehren sich die Ergebnisse bei Raps sogar um.[4]

Zusammenfassung

Im Ergebnis zeigt sich, dass Preisabsicherungsstrategien bei Weizen und Raps das Preisrisiko im klassischen Sinne deutlich reduzieren können. Es stellt sich dabei aber die Frage, ob dieser Effekt mit den wesentlichen betrieblichen Zielen einhergeht. Die Betriebe können mit einem „full hedge“ bei der Aussaat den Preis für die kommende Ernte absichern. Sie gewinnen erheblich an Planungssicherheit. Diese Preise, zu denen abgesichert wird, schwanken allerdings ähnlich wie die Kassamarktpreise. Wenn also Planungssicherheit wenig Bedeutung für die Betriebe hat, weil z. B. nur geringe Anpassungen möglich sind, dann ist eine Preisabsicherung ebenfalls von geringem Wert. Die Stabilität der Erlöse wird zwar in der Regel auch erhöht; dieser Effekt ist aber deutlich geringer als die relative Reduktion des Preisrisikos. Außerdem kommt die Stabilisierung im Wesentlichen dadurch zustande, dass in Phasen hoher Preise eine Absicherung nur zu geringeren Preisen möglich ist. Die Preisabsicherung führt also zu geringeren Preisen in Hochpreisphasen und nicht zu höheren Preisen in Niedrigpreisphasen. Deshalb ist dieser grundsätzlich positive Effekt auf die Stabilität der Erlöse für die Betriebe von geringer Relevanz, da Hochpreisphasen im Gegensatz zu Niedrigpreisphasen keine Schäden verursachen.

---

4 Bei diesen Vergleichen werden die „nearby futures“ mit den Preisen von Kontrakten verglichen, die noch 12 Monate laufen. Dieser Vergleich hat gegenüber der Verwendung von Kassamarktpreisen den Vorteil, dass die (systematische) Basis nicht bestimmt werden muss (vgl. Consuegra und Garcia-Verdugo 2016; Stein 1981).

Weiterhin ist bei der Bewertung zu berücksichtigen, dass es zu erheblichen zufälligen Abweichungen zwischen den verschiedenen Absicherungsstrategien kommen kann. So sind Absicherungsstrategien immer dann *ex post* von Vorteil, wenn die Preise sinken. Die zufälligen Effekte überwiegen gegenüber den systematischen in Bezug auf die Stabilität und das Niveau. Hinzu kommt, dass Warentermingeschäfte mit Margin- und Basisrisiken behaftet sind und Kosten in Form von Gebühren für Broker und Clearinghouse anfallen. Nichtsdestoweniger stellt die Warenterminbörse in idealer Weise Preisinformationen in nahezu Echtzeit zur Verfügung. Kurz- und mittelfristige Prognosen sind ebenfalls wertvoll; längerfristige Vorhersagen mit einem Horizont von mehr als 6 Monaten sind allerdings zumindest bei Weizen und Raps mit erheblicher Unsicherheit behaftet.

Literatur

Carter C. A. (2000): Commodity futures markets: a survey. The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics, 43 (2): 209-247.

Consuegra, M. and Garcia-Verdugo, J. (2016). Measuring the functional efficiency of agricultural futures markets. The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics, 60: 1-15

Dorfman, J. H. and Karali, B. (2010). Do farmers hedge optimally or by habit? A Bayesian partial-adjustment model of farmer hedging. Journal of Agricultural and Applied Economics, 42 (4): 791-803.

Irwin, S.H., Dwight R., Sanders, and Robert P. Merrin (2009): Devil or angel? The role of speculation in the recent commodity price boom (and bust). Journal of Agricultural and Applied Economics, 41(2): 377-391.

Kadioğlu, E., Kiliç, S. and Öcal, N. (2016). Determinants of price volatility of futures contracts: evidence from an emerging market. Journal of Applied Finance & Banking, 6 (2): 103-115.

Kolb, R. W. and Overdahl, J. A. (2006). Understanding futures markets. 6th edition. Oxford, UK: Basil Blackwell Ltd.

Kolb, R. W. (1992). Is normal backwardation normal? Journal of Futures Markets, 12(1): 75-92.

OECD (2009). Managing risk in agriculture. A holistic approach (extracts). Paris.

Samuelson, P.A. (1965). Proof that properly anticipated prices fluctuate randomly. Industrial Management Review, 6: 41–49.

Steffin U. (2008a): Die richtigen Strategien für Marktfruchtbaubetriebe. Top agrar 6: 106-109.

Steffin U. (2008b): So schützen sich Mäster vor Preisschwankungen. Top agrar 7: 96-98.

Stein, J. L. (1981). Speculative price: economic welfare and the idiot of chance. The Review of Economics and Statistics, 63 (2): 223-232.

Will, G.M., Prehn, S., Pies, I. and Glauben T. (2016): Is financial speculation with agricultural commodities harmful or helpful? A literature review of empirical research, The Journal of Alternative Investments, 18(3):84-102.

Risiko in der Milchproduktion

Andreas Schier und Torsten Hemme

IFCN Dairy Research Center, Kiel

Einleitung

Der wirtschaftliche Erfolg und die Überlebensfähigkeit von landwirtschaftlichen Milchviehbetrieben weltweit hängen von den Unsicherheiten ab, denen sie jeweils ausgesetzt sind. Für den Berufsstand Landwirt gibt es davon laut den Ökonomen ROBISON und BARRY (1987) rund 10.800 verschiedene Arten (HARWOOD et al., 1999). Unterteilt nach deren Ursachen ergeben sich folgende fünf Kategorien: Preisrisiko; Mengenrisiko; Verhaltensrisiko, Politikänderungsrisiko, Finanzrisiko (HIRSCHAUER, N., MUßHOFF, O., 2012).

Das Gros der Produzenten denkt in Bezug auf ihr Unternehmen in erster Linie an mögliche Markt- und Produktionsrisiken. Hier werden vor allem volatile In- und Output-Preise als Risikoquelle identifiziert, was wiederum den Wunsch nach mehr Gewissheit über das Verhalten bzw. die Stabilität von Betrieben unter unterschiedlichen Marktbedingungen auslöst. Als weltweit führendes Unternehmen im Bereich der nachhaltigen Analyse landwirtschaftlicher Milchproduktionssysteme sowie in der Abschätzung von Auswirkungen durch strukturelle, technologische und politische Veränderungen hat das International Farm Comparison Network (IFCN) ein Risiko-Simulations-Modul für Milchviehbetriebe entwickelt (HEMME, T., 2000). Grundlage dafür sind die zuvor modellierten unterschiedlichen Betriebstypen für Deutschland (siehe Beschreibung der gewählten Betriebstypen, S.2). Ziel der auf diesen Werten aufbauenden quantitativen Risikoanalyse ist zunächst die Identifizierung der Wahrscheinlichkeitsverteilungen der unsicheren Einflussgrößen sowie die anschließende Bestimmung des davon abgeleiteten Risikoprofils für jeden Betrieb.

Methode

In der vorliegenden Analyse wurden am Beispiel einzelbetrieblicher Daten von drei deutschen Milchviehbetriebsmodellen aus den Hauptproduktionsgebieten (N=North, E=East, S=South) zu erwartende, zukünftige Preisschwankungen mittels Monte Carlo Simulation ermittelt und die jeweilige Überlebensfähigkeit bzw. Robustheit der einzelnen Betriebssysteme anhand verschiedener Indikatoren überprüft (Unternehmensanalyse). Einflussgrößen waren der Auszahlungspreis für die angelieferte Milch und der Futtermittelpreis pro Betrieb.

Neben der Normalverteilung der Ergebnisse wurden folgende Grundannahmen für das Modell getroffen: die Definition eines zukünftigen Milch- und Futtermittelpreisniveaus[5] und die Berücksichtigung der Korrelation zwischen Milch- und Futtermittelpreis. Die ausgewählten Preisniveaus basieren auf den monatlichen Daten der Jahre 2011 bis 2016. Etwaige Anpassungsreaktionen der Landwirte können derzeit nicht in Betracht gezogen werden. Die Beobachtung externer Faktoren, wie Marktgeschehen, Agrarpolitik, Finanzwirtschaft, Wettbewerb sowie Trends und Prognosen auf dem nationalen sowie internationalen Markt (Umfeldanalyse), wurden für das Fazit ebenfalls miteinbezogen. Es ergibt sich somit ein ganzheitliches Bild deutscher Milchviehbetriebe unter zukünftig anzunehmenden Marktpreisentwicklungen. Die Vollkosten der Milchproduktion, der Unternehmensgewinn und die Kapitalrendite sowie der Cash Flow des gesamten Hofes wurden als Zielgrößen definiert. Darauf aufbauend können regional- bzw. betriebsspezifische Strategien und Maßnahmen zur Minimierung oder gar Vermeidung interner Unternehmensrisiken erläutert werden. Unter zusätzlicher Berücksichtigung bzw. Abwägung aktuell gegebener externer Unsicherheiten, deren Eintrittswahrscheinlichkeit kaum bis gar nicht von einzelnen Betrieben beeinflusst werden können, erfolgt eine abschließende Beurteilung des Status quo und ein Ausblick zur weiteren Entwicklung der Milchwirtschaft in Deutschland.

Beschreibung der gewählten Betriebstypen

Wie bereits erwähnt wurden drei verschiedene, regionalspezifische Betriebsmodelle für die Analyse ausgewählt. Die Auswahl der repräsentativen Betriebstypen fokussiert sich jeweils auf die Hauptregionen der Milchproduktion in einem Land. Grundgedanke hierbei ist, dass die so gewonnenen fiktiven Betriebe insgesamt mindestens 60% der Milchviehbetriebe eines Landes repräsentieren. Ziel der Modellierung eines typischen Betriebes ist, eine anonymisierte und von einzelbetrieblichen Kennzahlen unabhängige Datengrundlage zu schaffen. Hierbei wird an erster Stelle auf nationale Statistiken zur Betriebsstruktur zurückgegriffen. Weitere Informationsquellen sind Buchführungsdaten, Statistiken des Landeskontrollverbandes, Daten der Landwirtschaftskammer sowie Angaben von Landwirten und Beratern (HAGEMANN, M., HEMME, T, 2011). All diese Informationen werden von einem nationalen Experten-Gremium analysiert, angepasst und dann für den fiktiven Betrieb zusammengefasst.

Der süddeutsche Betriebstypus „**DE-30S**“ repräsentiert aufgrund seiner Betriebsstruktur 34% der Milchviehbetriebe und 19% der Milchkühe in Deutschland. Er verfügt über 30 Simmentaler Fleckviehkühe in Anbindehaltung mit einer durchschnittlichen Jahresleistung von 6.900 kg Rohmilch. Die insgesamt 40 ha werden zu gleichen Teilen als Acker- und Grünland genutzt. Ein Zusatzeinkommen bildet der Marktfruchtanbau. Am Hof arbeiten ausschließlich Familienarbeitskräfte

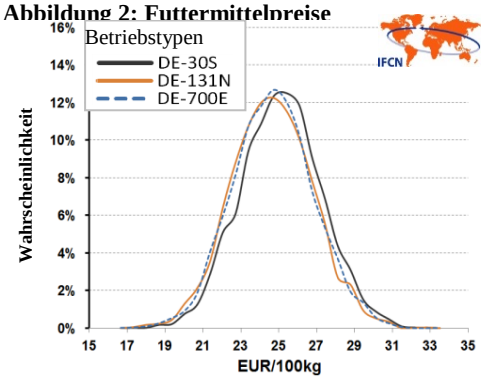
[5] siehe Anhang: Abbildung 7 und 8: Annahme zukünftiges Milch- und Futtermittelpreisniveau

(1,7 AK). Etwa Dreiviertel des generierten Gesamteinkommens am Hof wird nicht über den Wirtschaftszweig „Milchvieh“ lukriert.
„**DE-131N**“ stellt den norddeutschen Durchschnittsbetrieb dar. Er repräsentiert 23% der Betriebe und 44% der Milchkühe in Deutschland. In einem Laufstall werden Holstein-Friesian Kühe gehalten. Dazu kommen die weibliche Nachzucht und eine eigene Bullenmast. Der Betrieb verfügt über einen Fischgrätenmelkstand, in dem pro Kuh rund 8.500 kg Rohmilch im Jahr ermolken werden. Zudem bewirtschaftet er 105 ha landwirtschaftliche Nutzfläche, von der 55% für Ackerbau und 45% als Grünland genutzt werden. Neben dem Betriebszweig „Milchvieh“ sind der Anbau von sogenannten „Cash Crops“ und nachwachsenden Rohstoffen sowie eine Photovoltaikanlage weitere Einnahmequellen. Die anfallende Arbeit wird sowohl von Familienarbeitskräften (1,7 AK) als auch Angestellten (1 AK) bewältigt.
Die dritte hier untersuchte Betriebsform ist „**DE-700E**“. Ein ostdeutscher LPG-Nachfolgebetrieb, der in seinen Strukturen insgesamt 4% der Betriebe und 14% der Milchkühe in Deutschland repräsentiert. Er hält 700 Holstein-Friesian Kühe, aufgeteilt auf zwei Laufställe zuzüglich weiblicher Nachzucht. Das Melken erfolgt in einem Melkkarussell und generiert rund 9.600 kg Rohmilch pro Kuh und Jahr. Die 1.700 ha Nutzfläche werden primär für den Ackerbau verwendet (87%). Die restlichen 13% sind Grünland. Rund die Hälfte des Betriebseinkommens wird im Erwerbszweig „Milchvieh“ erwirtschaftet. Er verfügt über 22 angestellte Arbeitskräfte.

Ergebnisse der deutschen Betriebstypen

Die Preise für Futtermittel sind ein wichtiger Einflussfaktor auf die Kostenstruktur der Milchviehbetriebe. IFCN geht für diese Simulation im Schnitt von einem zukünftigen Futtermittel-Preisniveau von 23,98 EUR/100 kg aus. Auf Grundlage dieser Annahme ergeben sich die Verteilungsfunktionen in **Abbildung 1**. Sowohl Mittelwerte als auch Standardabweichungen unterscheiden sich für die untersuchten Betriebstypen kaum voneinander. Einzig das süddeutsche Betriebsmodell (DE-30S) hat marginal höhere Kosten von 0,40 EUR/100 kg.

Abbildung 2: Futtermittelpreise



Der Milchpreis reagiert wiederum auch auf den Futtermittelpreis am Markt. **Abbildung 2** zeigt die simulierte Verteilung der erzielten Milchauszahlungs-preise der analysierten Betriebe. Das zukünftig zu erwartende Preisniveau wurde hier auf durchschnittliche 32,33 EUR/100 kg ECM geschätzt. Es wird ersichtlich, dass die kleiner strukturierten Milchviehhalter im Süden (DE-30S) einen höheren Durchschnittspreis ausgezahlt bekommen. Im Mittel beträgt der Unterschied zwischen Süd und Nord rund 3 EUR/100 kg.

Abbildung 3: Milchauszahlungspreise

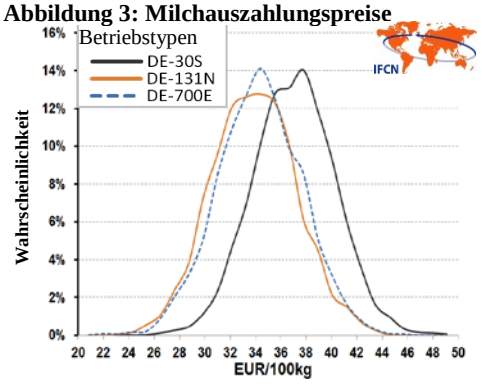


Abbildung 4: Vollkosten Milchproduktion

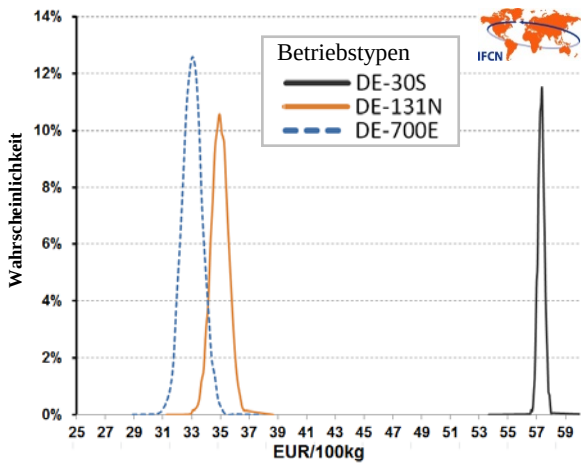
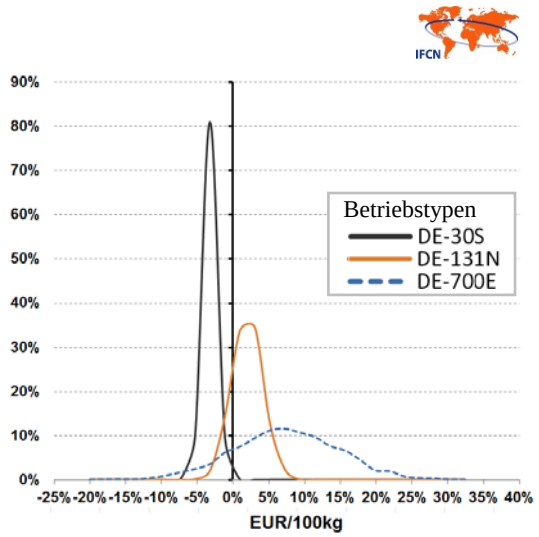


Abbildung 3 veranschaulicht die Vollkosten der Milchproduktion pro Betrieb. Auf den ersten Blick lassen sich hier klare Unterschiede, in diesem Fall zu Ungunsten des süddeutschen Betriebstypus (DE-30S) erkennen. Seine Kosten liegen im Vergleich weitaus höher. Ursache dafür sind u.a. die hohen Opportunitätskosten für den Produktionsfaktor Arbeit. Über den sogenannten Skaleneffekt schafft es der ostdeutsche Betrieb (DE-700E), seine Produktionskosten am geringsten zu halten.

Die Kapitalrenditeverteilung in **Abbildung 4** ist ein wichtiger Indikator für die Wertschöpfung auf den analysierten Betrieben. Diese können nur dann auf lange Sicht bestehen bzw. nachhaltig zulegen, wenn sie einen positiven Wert erzielen. Auch hier zeigen sich Unterschiede wiederum zugunsten der größer strukturierten ostdeutschen Agrarunternehmen (DE-700E). Sie erwirtschaften eine durchschnittliche Kapitalrendite von 6%. Das breitere Verteilungsspektrum der simulierten Werte weist jedoch auf eine im nationalen Vergleich höhere Volatilität hin.

Abbildung 5: Kapitalrendite



Ob ein landwirtschaftlicher Milchviehbetrieb erfolgreich wirtschaftet, lässt sich auch anhand seines erzielten Unternehmensgewinnes aus dem Betriebszweig „Milchvieh“ ablesen. Diese Kennzahl beinhaltet die Opportunitätskosten für die eigenen Produktionsfaktoren (Arbeit, Boden, Kapital). **Abbildung 5** veranschaulicht hier einmal mehr, dass mit zunehmender Betriebsgröße auch die Wahrscheinlichkeit für einen Unternehmensgewinn >1 EUR/100 kg ECM zunimmt. Das Ausnutzen des Skaleneffektes ist eine Möglichkeit zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit einzelner Betriebe, da größere Betriebe (siehe **Abbildung 3**: DE-700E) die Milch häufig zu geringeren Stückkosten produzieren. DE-700E verfügt im Vergleich über die geringsten Produktionskosten. Aufgrund dessen hat dieses Betriebsmodell die größte Chance im Betriebszweig „Milchvieh“ ökonomisch erfolgreich zu sein.
Die Wahrscheinlichkeit für einen wirtschaftlichen Misserfolg liegt hier bei 26%. Der norddeutsche Betriebstypus (DE-131N) kann in 56% der simulierten Fälle seine Produktionskosten für die Milchwirtschaft nicht decken. Beim kleinstrukturierten süddeutschen Familienbetrieb (DE-30S) besteht keine Möglichkeit auf einen wirtschaftlichen Erfolg in der Milchproduktion. Hinge der Fortbestand bzw. die Stabilität eines Milchviehbetriebes allein vom ökonomisch erzielten Unternehmensgewinn des Betriebszweiges „Milchvieh“ ab, sehe das Zukunftsszenario für kleinere Familienbetriebe sehr düster aus.
Um ein ganzheitliches Bild über die finanzielle Situation eines Betriebes zu erlangen, sollte auch ein kritischer Blick auf den Cash Flow des gesamten Unternehmens geworfen werden. **Abbildung 6** ergibt sich aus der Gegenüberstellung der jährlichen Ein- und Ausgaben am Hof. Selbst wenn ein Unternehmen ein positives Einkommen erwirtschaftet, müssen im Gegenzug auch seine Gesamtausgaben stimmen. Mehrausgaben erzeugen schnell finanzielle Abhängigkeiten, die sich negativ auf die weitere Entwicklung auswirken können. Aufgrund der bereits erwähnten Kostenstruktur erwirtschaftet der ostdeutsche Betrieb (DE-700E) in 36% der Fälle ein Cash Flow Defizit. Die Gewinne aus den angebauten „Cash Crops“ puffern hier

die Verluste ab. Für den norddeutschen Betriebstypus (DE-131N) besteht hingegen hier kaum Risiko (vgl. **Abbildung 6**, DE-131N: 2%). Seine Kosten für die Familienarbeitskräfte liegen deutlich unter denen für Angestellte. Höhere entkoppelte Direktzahlungen und ein geringerer Anteil an Pacht und ausstehenden Verbindlichkeiten an Dritte tragen ebenfalls zu diesem Ergebnis bei. Ein ähnliches Bild lässt sich für das süddeutsche Betriebsmodell (DE-30S) erkennen. Die Stabilität des Hofes beruht auf den eingesetzten Familienarbeitskräften, den geringen Verbindlichkeiten sowie einem minimalen Anteil an zugepachtetem Land. Zudem trägt das außerbetriebliche Einkommen des Ehepartners hier zum Erhalt des Hofes bei.

Abbildung 5: Erfolgsaussichten Betriebszweig „Milchvieh“

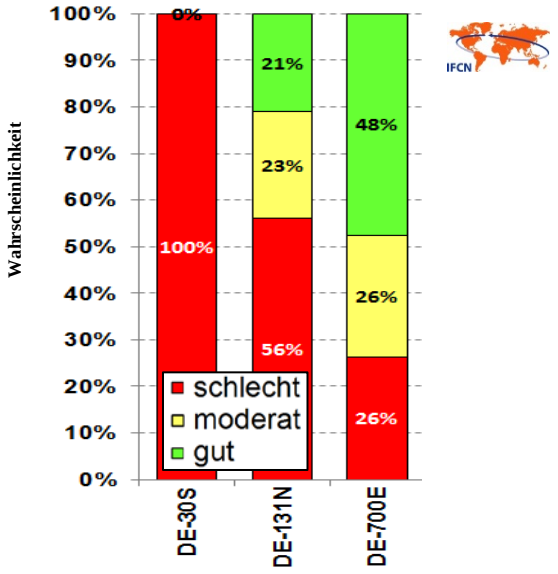
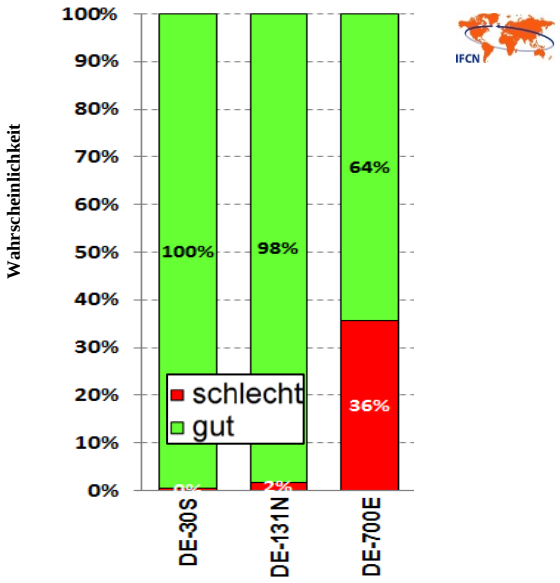


Abbildung 6: Überlebenschancen des Betriebes



Zusammenfassung

Das Thema Risikomanagement auf landwirtschaftlichen Betrieben ist sehr komplex. Aus diesem Grund hat das IFCN ein Risiko-Simulations-Modul für Milchviehbetriebe entwickelt. Der Fokus in der vorliegenden Untersuchung liegt auf den volatilen In- und Output-Preisen. Es wurden die Risikoprofile von drei deutschen Milchviehbetriebsmodellen ermittelt (Unternehmensanalyse). Dazu wurden zuerst die zukünftig zu erwartenden Preisniveaus der gewählten Einflussgrößen (Futterpreis, Milchpreis) definiert und im Anschluss mithilfe einer Monte Carlo Simulation pro Betriebstyp simuliert. Die drei untersuchten fiktiven Betriebstypen repräsentieren reale Betriebe in den Hauptregionen der Milchproduktion in Deutschland. Die simulierten Ergebnisse veranschaulichen deutlich die unterschiedlichen Risikoprofile der Betriebstypen. Unterschiede gab es vor allem bei den zu erwartenden Vollkosten der Milchproduktion (**Abbildung 3**) und der Kapitalrendite pro Betrieb (**Abbildung 4**). Bei dem zuletzt genannten Indikator nahm mit steigender Betriebsgröße auch die Volatilität der Ergebnisse stark zu. Als Resümee kann konstatiert werden, dass kleine Familienbetriebe (DE-30S) kaum eine Chance auf einen wirtschaftlichen Erfolg ihrer Milchproduktion haben. Dies begründet sich in zu hohen Kosten für die Produktion (vgl. **Abbildung 3**). Andere Betriebseinkommensquellen puffern die negativen Zahlen aus der Milchviehhaltung jedoch ab (vgl. **Abbildung 6**). Genau diese Produktionskosten kann das ostdeutsche Agrarunternehmen (DE-700E) am deutlichsten reduzieren; dabei muss es jedoch auf höhere Fremdkapitalanteile im Unternehmen setzen. Es verfügt im Vergleich der Betriebsmodelle über die geringsten Rücklagen und ist für die Produktion auf seine Angestellten und einen hohen Anteil an zugepachtetem Land angewiesen.

Auf der einen Seite wird an dieser Stelle einmal mehr klar, dass es Strategien für den Erhalt der Milchwirtschaft auf kleiner strukturierten Familienunternehmen benötigt. Hierbei handelt es sich vor allem um Betriebe, die aus Überzeugung Milchwirtschaft betreiben, spezialisierte Wachstumsbetriebe (Kostenführerstrategie) sowie Höfe mit einer breiten Aufstellung (Einkommenstreuung, Diversifizierungsstrategie). Auf der anderen Seite ist die „Wachsen-oder-Weichen“ Politik keinesfalls der Königsweg. Der kurzfristig generierte Unternehmensgewinn größerer Agrarunternehmen geht oft mit einer Reduzierung des Eigen- und einer Erhöhung des Fremdkapitalanteils einher, was wiederum auch bei diesen Betriebstypen mittel- und langfristig ein höheres Risikopotential für die Milchwirtschaft birgt (vgl. **Abbildung 6**). Generell kann gesagt werden, dass Milchwirtschaftsbetriebe mit geringen Rentabilitätsaussichten bei gleichzeitig volatilen In- und Output Preisen ein hohes Maß an Risiko in Bezug auf ihren erfolgreichen Verbleib am Wettbewerbsmarkt mit sich tragen. Grundsätzlich sollte jedes Unternehmen sein Risikoprofil kennen. Mit dem für diese Analyse verwendeten Modell ist das Simulieren von Marktpreisrisiken möglich. Dem Wunsch nach mehr Gewissheit über das Verhalten bzw. die Stabilität von Milchwirtschaftsbetrieben unter unterschiedlichen Marktbedingungen kann somit entsprochen werden.

Unter Beachtung des jetzigen Standes der Agrarstruktur sollten sich die künftigen Anpassungsstrategien je nach Region unterscheiden. Daher wären Analysen dieser Art für jede Region, egal ob Deutschland, Europa oder weltweit, ratsam. Insbesondere unter den Bedingungen zunehmender Unsicherheiten hinsichtlich der Umsatz- und Kostenentwicklung auf den Betrieben ist das regelmäßige Prüfen und Vergleichen anhand standardisierter Risikoindikatoren von entscheidender Bedeutung.

Literaturverzeichnis

Hagemann, M. und Hemme, T., (2011): Vorträge zur Hochschultagung 2011. Schriftenreihe der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Christian Albrechts Universität zu Kiel. Selbstverlag.

Harwood, J. L., Heifner, R. G., Coble, K., Perry, J. und Somwaru, A., (1999): Managing Risk in Farming: Concepts, Research, and Analysis, No 34081, Agricultural Economics Reports, United States Department of Agriculture, Economic Research Service.

Hemme, T., (2000): Ein Konzept zur international vergleichenden Analyse von Politik- und Technikfolgen in der Landwirtschaft. Wissenschaftliche Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Sonderheft 215. Braunschweig.

Hirschauer, N. und Mußhoff, O., (2012): Risikomanagement in der Landwirtschaft. Clenze. Agrimedia-Verlag.

Robison, L. J. und Barry, P. J. (1987): The Competitive Firm’s Response to Risk. Macmillan Publishing Co., New York.

Anhang

Tabelle 1: verwendete Ergebnisse der Risikoanalyse

basierend auf Dairy Report 2016 Daten + Annahme zukünftiges Preisniveau		**Betriebe Deutschland**		
		DE-30S	**DE-131N**	**DE-700E**
Ø Milchpreis	EUR/100 kg	36,46	33,30	33,76
St.Abw	EUR/100 kg	3,23	3,33	3,33
Ø Futtermittelpreis	EUR/100 kg	24,77	24,31	24,37
St.Abw	EUR/100 kg	2,12	2,14	2,13
Ø Kapitalrendite	%	-4%	1%	6%
St.Abw	%	1%	2%	7%
Wahrscheinlichkeit				
Unternehmensgewinn < -1 €/100 kg ECM	%	100%	56%	26%
Unternehmensgewinn -1 bis 1 €/100 kg ECM	%	0%	23%	26%
Unternehmensgewinn > 1 €/100 kg ECM	%	0%	21%	48%
Wahrscheinlichkeit				
Cash Flow < 0	%	0%	2%	36%
Cash Flow > 0	%	100%	98%	64%

Abbildung 7: Definition zukünftiges Milchpreisniveau

Zeit	Ø	Min	Max	St.Abw.
2011 – 2016	32,33	23,18	40,60	4,48
2007 - 2016	31,13	21,65	40,60	4,90

Annahme für Risiko-Simulation
per 100 kg ECM Milch (o. MwSt)

Abbildung 8: Definition zukünftiges Futtermittelpreisniveau

Zeit	Ø	Min	Max	St.Abw.
2011 – 2016	23,98	18,47	31,47	2,88
2007 - 2016	22,07	13,51	31,47	4,14

Annahme für Risiko-Simulation
per 100 kg Futter (o. MwSt)

Bestimmungsgründe des Women's Empowerment in Agriculture Index in Bangladesh

Johanna Scholz und Awudu Abdulai

Institut für Ernährungswirtschaft und Verbrauchslehre

Einleitung

Die Freiheit, die Ziele zu verfolgen, die den eigenen Werten entsprechen, ist für alle Menschen von großer Bedeutung. Ein Zuwachs dieser Freiheit kann als Ermächtigung definiert werden (Ibrahim & Alkire, 2007). Diese Freiheit, auch Handlungsmacht genannt (Sen, 1985), wird vor allem in sogenannten Entwicklungsländern Frauen zumindest teilweise verwehrt (Sraboni, Quisumbing & Ahmed, 2013; Trommlerová, Klasen & Leßmann, 2015). Neben diesem offensichtlichen Grund, die Ermächtigung von Frauen zu fördern, gibt es zudem diverse indirekte Gründe, wie der positiver Einfluss auf die Ernährungssicherheit der Familien (Sraboni, Malapit, Quisumbing & Ahmed, 2014). Auch die mit Ermächtigung eng im Zusammenhang stehenden Geschlechterungleichheiten in Bezug auf Rechte, Mitsprache und Ressourcen sind Hemmnisse für anerkannte Entwicklungsziele wie Gesundheit, Produktivität, Effizienz und Wirtschaftswachstum (World Bank, 2001). So ist Gender Equality auch ein eigenes Ziel in den Sustainable Development Goals der Vereinten Nationen (UN, 2017). In Anbetracht der zentralen Rolle der Landwirtschaft in der Hunger- und Armutsbekämpfung ist eine Analyse der bestimmenden Faktoren der Ermächtigung von Frauen insbesondere in der Landwirtschaft interessant.
In dieser Arbeit wird anhand von Daten des Bangladesh Integrated Household Surveys aus den Jahren 2011-2012 unter Berücksichtigung möglicher Endogenität eine Analyse der Bestimmungsgründe der Ermächtigung von Frauen in der Landwirtschaft durchgeführt. Hierfür wird der vom International Food Policy Research Institute (IFPRI) in 2012 veröffentlichte Women's Empowerment in Agriculture Index (WEAI) verwendet, genauer gesagt die ihm zugrundeliegenden fünf Dimensionen hinsichtlich Produktion, Produktionsmittel, Einkommen, Gemeindeführung und Zeitkontingent (Alkire et al., 2013).

Konzepte Ermächtigung zu definieren und zu messen

Ermächtigung wird subjektiv sehr unterschiedlich wahrgenommen und kann sich auf verschiedene Dimensionen beziehen. So gibt es keine allgemeingültige Definition. Nach dem auf Sen basierten Konzept wird Ermächtigung als Zuwachs an Handlungsmacht definiert, also eine Erweiterung der Freiheit und Befähigung zum selbstständigen Entscheiden und Handeln. (Samman & Santos, 2009)

Um ein philosophisches Konzept wie Handlungsmacht und Ermächtigung zu quantifizieren gibt es zwei Ansätze. Indirekte Maße betrachten eher die Chancenstruktur, bzw. die aus Ermächtigung erzielten Erfolge, wie Bildung, Erwerbsbiografie oder Landbesitz. Dies ist jedoch aus verschiedenen Gründen kritisch, unter anderem da der Zugang zu bestimmten Ressourcen nicht gleichbedeutend mit deren Kontrolle ist. Direkte Maße hingegen fokussieren sich auf die Entscheidungsgewalten in den jeweils zu betrachtenden Dimensionen. (Samman & Santos, 2009)
Zur Berechnung des WEAI wurden direkte Indikatoren akkumuliert. So wurde unter anderem gefragt, welchen Anteil die Person zu den Produktionsentscheidungen beigetragen hat oder ob die Person zu einem gewissen Grad Kontrolle über das Einkommen hat und bei Kaufentscheidungen einbezogen wird. (Alkire et al., 2013)

Der Women's Empowerment in Agriculutre Index

2012 hat IFPRI den Women's Empowerment in Agriculture Index veröffentlicht. Dieser besteht aus zwei Sub-Indizes: den 5 Domänen der Ermächtigung (5DE) und dem Gender Parity Index (GPI).
Die 5DE beziehen sich auf die Entscheidungsmacht bezüglich Produktion, Produktionsmittel, Einkommen, Gemeindeführung und des persönlichen Zeitkontingents. Der individuelle Ermächtigungswert zwischen 0 und 1 ist die gewichtete Summe der untergeordneten Indikatoren, wobei alle Dimensionen gleichgewichtet sind (0,2). Eine Person wird als ermächtigt angesehen, wenn sie mindesten einen Wert von 0,8 erzielt. Der Ermächtigungswert einer solchen Person wird dann auf 1 hochgesetzt. Der 5DE einer Gruppe wird mithilfe der Alkire-Foster-Methode berechnet, bei der sowohl der Anteil an ermächtigten Frauen als auch der Grad der Ermächtigung berücksichtigt werden.
Der GPI ist ein Indikator für Geschlechtergleichheit im Haushalt. Auf individueller Ebene ist der GPI 1, wenn die Frau als ermächtigt gilt oder mindestens so ermächtigt ist wie der Mann. Andernfalls zeigt der GPI die Lücke zwischen den erzielten Ermächtigungswerten. Lebt kein Mann im selben Haushalt, so wird der GPI gleich dem Mittelwert aller dual-geführten Haushalte gesetzt. Der GPI einer Gruppe berücksichtigt den Anteil der relativ zu ihrem Mann nicht-ermächtigten Frauen und die Intensität dieser Lücke. Der WEAI ist die gewichtete Summe aus 5DE (90 %) und GPI (10 %) und somit nur für Gruppen zu berechnen. (Alkire et al., 2013)

Bestimmungsgründe von Ermächtigung in der Literatur

Nach Kabeer (1999) können Voraussetzungen, wie der Zugang zu Ressourcen, die Handlungsmacht einer Person, wie etwa deren Entscheidungen über Ressourcen, beeinträchtigen. Die resultierenden Ergebnisse wiederum beeinflussen die Voraussetzungen. In diesem Sinne macht es Sinn, soziale, humane und materielle Ressourcen als mögliche Bestimmungsfaktoren zu betrachten.
Dieser Ansatz ist auch in den empirischen Studien wiederzufinden, wie von Samman und Santos (2009) detailliert herausgearbeitet: Direkte Maße von Ermäch-

tigung auf individueller Ebene korrelieren mit sozio-demografischen, sozio-ökonomischen und materiellen Charakteristika, aber auch mit der Teilnahme an Entwicklungsprogrammen, wie z.B. Mikrofinanzprojekten. Vor allem jedoch scheinen soziale Normen eine wichtige Rolle zu spielen, die meist in Form von regionalen Dummy-Variablen indiziert werden. Leider betrachten nur sehr wenige dieser Studien mit direkten Ermächtigungsmaßen das Problem einer möglichen Endogenität. (Samman & Santos, 2009)
Zwei für diese Arbeit wichtige Ausnahmen sind die Studien von Trommlerová et al. (2015) zu Bestimmungsfaktoren von Ermächtigung in Gambia, als auch die von Anderson und Eswaran (2009) in ihrer Studie zu Bestimmungsgründen von Ermächtigung von Frauen im ländlichen Bangladesch, da in beiden die Methode des Two Steps Least Squares (2SLS) angewandt wird. In der letztgenannten wird die positive Bedeutung der eigenen Erwerbstätigkeit von Frauen auf deren Entscheidungsmacht bei Kaufentscheidungen des Haushaltes gezeigt, während die Anwesenheit der Schwiegermutter im selben Haushalt oft einen signifikanten negativen Einfluss hat (Anderson & Eswaran, 2009). Einen ähnlich deutlichen Einfluss von Erwerbstätigkeit auf religiöse und kulturelle Autonomie der Frauen kann jedoch nicht erkannt werden (Anderson & Eswaran, 2009).
Bezogen auf den WEAI deuten zweidimensionale Beobachtungen hinsichtlich Alter, Bildung und pro-Kopf-Ausgaben auf Korrelationen hin (Alkire et al., 2013; Sraboni et al., 2013).

Hypothesen

Aufbauend auf das vorherige Teilkapitel werden folgende Hypothesen abgeleitet: Es wird erwartet, dass Alter, pro-Kopf-Ausgaben als ein Maß für Wohlfahrt, Erwerbstätigkeit und sowohl die Bildung der jeweiligen Frau als auch des anwesenden Mannes einen positiven Einfluss auf die Ermächtigung der Frau haben. Des Weiteren wird angenommen, dass die Anwesenheit der Mutter oder Schwiegermutter einen negativen Einfluss hat und dass die regionalen fixed effects signifikante Faktoren sind, die die Bedeutung von sozialen Normen widerspiegeln.

Daten

Bangladesch zählt zu einem der am dichtesten besiedelten Länder der Welt und mit einem Bruttoinlandsprodukt pro Kopf von 1.211,702 US Dollar im Jahr 2015 zu den Ländern mit niedrigen mittleren Einkommen (World Bank, 2016a). Das Wirtschaftswachstum lag im letzten Jahrzehnt bei 6 % pro Jahr (World Bank, 2016b). Dennoch erzielte Bangladesch den 142. Rang aus 188 Länder bezüglich des Human Development Index 2014 (UNDP, 2015) und 2010 lebten noch 31,5 % der Bevölkerung unterhalb der nationalen Armutsgrenze (World Bank, 2016).
Im Rahmen des Bangladesh Integrated Household Survey[6] (BIHS) wurden von Oktober 2011 bis März 2012 in Bangladesch haushalts- und personenbezogene Daten

[6] Daten verfügbar unter: https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=hdl:1902.1/21266

zur Ernährungssicherheit und landwirtschaftlicher Entwicklung, ebenso wie zu Fragen des WEAI erhoben. Die stratifizierte Stichprobe in zwei Stufen ist national repräsentativ und umfasst 6503 Haushalte. (Sraboni et al., 2013)
Nach Bearbeitung der Daten bleiben 6082 Haushalte im finalen Datensatz, die sich im Durchschnitt nicht signifikant von der ursprünglichen Stichprobe unterscheiden.

Methodik

Um eine stetige abhängige Variable zu betrachten, wird hier nur der unzensierte Ermächtigungs-Wert als abhängige Variable genutzt.[7] Aufgrund der vorhandenen Literatur und der erwähnten Betrachtungen des WEAI werden als mögliche Bestimmungsfaktoren die folgenden Variablen berücksichtigt: die pro-Kopf-Ausgaben des Haushalts, das Bildungsniveau der Frau, ob die Frau zum Haushaltseinkommen beiträgt und in diesem Fall, ob sie von Zuhause aus und/oder außerhalb des Zuhauses dazu verdient, das Alter der Frau, ob ein Mann im Haushalt lebt und in diesem Fall sein Alter und Bildungsstand, ob die Mutter oder Schwiegermutter im selben Haushalt lebt, ob die Frau selber das Familienoberhaupt ist, ob sie Muslima ist, ob der Haushalt in der Feed the Future Zone liegt, in der USAid Entwicklungsprogramme durchgeführt hat, sowie in welcher Division Bangladeschs der Haushalt angesiedelt ist. Außerdem wird angenommen, dass die wirtschaftliche Situation des Haushaltes sowie Bildung und Erwerbstätigkeit der Frau endogen sind. So kann die Erwerbstätigkeit einer Frau nicht nur einen positiven Effekt auf ihre Ermächtigung haben, sondern auch umgekehrt, eine ermächtigtere Frau eher durchsetzen können erwerbstätig zu sein. Aus diesem Grund wird erwartet, dass die Berechnungen mithilfe des Ordinary Least Squares (OLS)-Schätzers verzerrt sind. Daher wird die Methode des 2SLS-Schätzers angewandt. Wie bei Trommlerová et al. werden hierbei die Durchschnittswerte des jeweiligen Dorfes ohne den Wert der betrachteten Person als Instrumentvariablen verwendet.

[7] Berechnungen mit zensierten Ermächtigungs-Werten, also bei denen ein Wert über 0,8 gleich 1 gesetzt wird, resultieren in ähnliche Ergebnissen. Alle Vorzeichen und die starken Unterschiede zwischen OLS und 2SLS bleiben bestehen. Die einzigen nennenswerten Unterschiede sind eine Verringerung der Signifikanz beim Alter der Frau auf 5 % und eine Erhöhung der Signifikanz der Bildung der Frau auf 5 %. Letzteres deutet darauf hin, dass eine Quantil-Regression mehr Aufschluss über den Zusammenhang Bildung-Ermächtigung bei Frauen geben könnte.

Ergebnisse und Diskussion

In der folgenden Tabelle 2 sind die Regressionsergebnisse der OLS- und der 2SLS-Regressionen für den unzensierten Ermächtigungswert zu finden.

Tabelle 2: Regressionsergebnisse (OLS und 2SLS) des unzensierten Ermächtigungswerts

	OLS	**2SLS**
log(pcAusgaben)	0,01122***	0,03440
$Bildung_{Frau}$	0,01248***	- 0,04223*
$Erwerbstätig_{Zuhause}$	0,1100***	0,1881***
$Erwerbstätig_{Außerhalb}$	0,09264***	0,2092***
$Alter_{Frau}$	0,01289***	0,00555***
$Alter_{Frau}^{2}$	- 0,00015***	- 0,00009***
Mann	0,04120***	0,02853
$Alter_{Mann}$	- 0,00071***	- 0,00038
$Bildung_{Mann}$	- 0,00400	0,01716**
Schwieger-/Mutter	- 0,01245*	- 0,00799
Familienvorstand	- 0,01537	- 0,01379
Muslimisch	- 0,01899**	- 0,00721
Division	Regionale Variablen ***	Regionale Variablen ***
Feed the Future Zone	- 0,01715**	- 0,01539*
Konstante	0,2465***	0,2499
R^2	0,1828	0,0609
Adjusted R^2	0,1803	0,05795
Residual Std. Error (df = 6062)	0,1784	0,1913
F Statistic (df = 19; 6062)	71,39***	
Wald Statistic (df = 19; 6062)		47,04***
Wu-Hausman Statistic (df = 4; 6058)		28,36***

Quelle: eigene Berechnungen, Signifikanzniveaus ***p<1 %, **p<5 %, *p<10%

F-Statistik beziehungsweise Wald Statistik sind in beiden Regressionen hoch signifikant zu 1 %. Desweiteren ist zu erwähnen, dass die erste Stufe der 2SLS-Berechnung die angenommene Relevanz der Instrumentalvariablen bestätigt. Da eine Endogenität derselben schwer nachvollziehbar ist, kann davon ausgegangen werden, dass es sich um zulässige Instrumente handelt. Der Vergleich der OLS- und der 2SLS-Ergebnisse weist klar auf Endogenität hin, ebenso wie der statistisch hoch signifikante Wu-Hausman-Schätzer. Somit sind vermutlich die Ergebnisse der OLS-Regression verzerrt und die folgende Diskussion bezieht sich vornehmlich auf die 2SLS-Regression. Hierbei scheint der wirtschaftliche Stand des Haushaltes, indiziert mithilfe der jährlichen pro-Kopf-Ausgaben, keine signifikante Auswirkung

auf die Ermächtigung der Frau zu haben. Der Bildungsstand der Frau hingegen ist schwach signifikant zu 10 % und negativ. Mögliche Erklärungen hierfür können sein, dass die Daten nur den höchsten Abschluss erfassen und so nur eine Ordinal- jedoch keine Kardinalvariable[8] hergeleitet werden konnte, sowie dass über 98 % der befragten Frauen höchstens einen Grundschulabschluss haben. Wie erwartet scheint die Erwerbstätigkeit von Frauen, sowohl außerhalb des Haushalts als auch innerhalb, deren Ermächtigung signifikant positiv zu beeinflussen. Dabei sind beide Variablen statistisch und von ihrer Größenordnung hoch signifikant. So hat die Aufnahme einer Erwerbstätigkeit außerhalb des Haushalts ceteris paribus eine Steigerung von 0,2092 des Ermächtigungswertes zur Folge. Dieser Effekt wird bei der OLS-Berechnung unterschätzt. Ebenfalls wie erwartet, scheint die Ermächtigung von Frauen mit dem Alter zuzunehmen, wenn auch mit abnehmender Intensität, beziehungsweise durchschnittlich mit einem Wendepunkt im Alter von 60 Jahren ceteris paribus. Diese Ergebnisse sind statistisch hoch signifikant und bei einem Durchschnittsalter von etwa 37 Jahren auch von einer bedeutenden Größenordnung. Falls ein Mann in demselben Haushalt lebt, hat dies allein keine statistisch signifikante Auswirkung auf die Ermächtigung der Frau, ebenso wenig wie dessen Alter. Dahingegen, falls ein Mann im Haushalt lebt, beeinflusst ein höheres Bildungsniveau dieses Mannes positiv die Ermächtigung der Frau zu einem Signifikanzniveau von 5 %. Ob die Mutter oder Schwiegermutter mit im Haushalt lebt, die Frau selber das Familienoberhaupt ist oder Muslima, stellen keine signifikanten Bestimmungsfaktoren dar. Die regionalen Dummy-Variablen hingegen sind hoch signifikant, was die Vermutung der unbeobachteten Heterogenität erhärtet und auf die Rolle sozialer Normen hindeuten kann. Der zu 10 % signifikante und negative Koeffizient zur Dummy-Variable, ob der Haushalt in der Region der Feed the Future Zone liegt, kann darauf hinweisen, dass die Zielgruppen der USAid-Programme besonders wenig ermächtigte Frauen beinhalten.

Fazit

Auf Grundlage des Konzepts des WEAI zur Messung von Ermächtigung in der Landwirtschaft konnte also gezeigt werden, dass v.a. die Erwerbsmöglichkeit für Frauen ein wichtiger Faktor für ihre Handlungsmacht ist. Wenn für Endogenität kontrolliert ist, verliert der wirtschaftliche Status des Haushaltes seine Signifikanz und kann nicht als ein Bestimmungsfaktor identifiziert werden. Die Beziehung zwischen Schulbildung und Ermächtigung bleibt näher zu untersuchen. Abschließend bleibt zu betonen, dass die Ermächtigung von Frauen deutlich komplexer ist als durch einen akkumulierten Index erfassbar und dass die Notwendigkeit eines sozialen und kulturellen Wandels nicht unterschätzt werden darf.

[8] Wenn die unterschiedlichen Bildungsniveaus auf kategoriale Variablen aufgeteilt sind, ist keine dieser Variablen bei der 2SLS-Berechnung signifikant.

Bibliografie

Alkire, S., Meinzen-Dick, R., Peterman, A., Quisumbing, A., Seymour, G. & Vaz, A. (2013). The Women's Empowerment in Agriculture Index. *World Development*, *52*, 71–91.

Anderson, S. & Eswaran, M. (2009). What determines female autonomy? Evidence from Bangladesh. *Journal of Development Economics*, *90* (2), 179–191.

Ibrahim, S. & Alkire, S. (2007). Agency and Empowerment: A Proposal for Internationally Comparable Indicators. *Oxford Development Studies*.

Kabeer, N. (1999). Resources, Agency, Achievements: Reflections on the Measurement of Women's Empowerment. *Development and Change*, *30* (3), 435–464.

Samman, E. & Santos, M.E. (2009). *Agency and Empowerment: A review of concepts, indicators and empirical evidence*. Oxford Poverty and Human Development Initiative.

Sen, A. (1985). Well-Being, Agency and Freedom: The Dewey Lectures 1984. *The Journal of Philosophy*, *82* (4), 169–221.

Sraboni, E., Malapit, H.J., Quisumbing, A.R. & Ahmed, A.U. (2014). Women's Empowerment in Agriculture: What Role for Food Security in Bangladesh? *World Development*, *61*, 11–52.

Sraboni, E., Quisumbing, A. & Ahmed, A.U. (2013). *The Women's Empowerment in Agriculture Index (WEAI): Results from the 2011-2012 Bangladesh Integrated Household Survey.* Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute (IFPRI).

Trommlerová, S.K., Klasen, S. & Leßmann, O. (2015). Determinants of Empowerment in a Capability-Based Poverty Approach: Evidence from The Gambia. *World Development*, *66*, 1–15.

UN. (2017). United Nations: Gender equality and women's empowerment. Zugriff am 13.2.2017. Verfügbar unter: http://www.un.org/sustainabledevelopment/gender-equality/

UNDP. (2015). *Human Development Report 2015: Work for Human Development*. Zugriff am 13.2.2017. Verfügbar unter: http://hdr.undp.org/sites/default/files/2015_human_development_report_1.pdf

World Bank. (2001). *Engendering development through gender equality in rights, resources, and voice* (No. 21776) (S. 1–388). The World Bank.

World Bank. (2016a). GDP per capita (current US$) | Data. Zugriff am 13.2.2017. Verfügbar unter: http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD?locations=BD

World Bank. (2016b). GDP growth (annual %) | Data. Zugriff am 13.2.2017. Verfügbar unter: http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?locations=BD

World Bank. (2016c). Poverty headcount ratio at national poverty lines (% of population) | Data. Zugriff am 13.2.2017. Verfügbar unter: http://data.worldbank.org/indicator/SI.POV.NAHC?locations=BD

Was verstehen Konsumenten unter „gesunder Ernährung“?

Antonia Gölz, Nadine Yarar, Ulrich R. Orth

Institut für Agrarökonomie
A&F Marketing – Consumer Psychology

Einleitung

Egal aus welcher Perspektive man das Thema *„gesunde“* Ernährung betrachtet, ist seine Bedeutung in der heutigen Zeit wichtiger denn je und wird gleichzeitig immer kontroverser diskutiert. Neben medizinischen und kulturellen Erwägungen ist die Thematik nicht zuletzt aufgrund einer Zunahme ernährungsbedingter Krankheiten auch volkswirtschaftlich und gesellschaftspolitisch immer bedeutsamer. In Deutschland beispielsweise verursachen ernährungsbedingte Krankheiten ein Drittel aller Kosten im Gesundheitswesen (BMBF, 2017). Zudem sind in Deutschland 60% der Bevölkerung übergewichtig (Robert Koch Institut, 2016), obwohl über 70% aller Deutschen angeben, sich *„gesund“* zu ernähren (BMEL, 2016). Dies wirft die Frage auf, was der Verbraucher unter *„gesunder“* Ernährung versteht. Um die Ernährungsweise der Bevölkerung an die Erkenntnisse der Wissenschaft anzupassen und um durch Änderungen des Verbraucherverhaltens letztendlich die Lebensqualität zu erhöhen und Gesundheitskosten zu senken, ist es unbedingt notwendig, Kenntnis über individuelle Motive und Ansichten zu einer *„gesunden“* Ernährung zu erhalten. Ziel des vorliegenden Beitrags ist es daher herauszufinden, welche Meinungen zur *„gesunden“* Ernährung bei Konsumenten existieren und diese im Sinne von holistischen Laientheorien darzustellen.

Theoretischer Rahmen

Laientheorien

Laientheorien sind informelle, subjektive Überzeugungen der Bevölkerung, die sich in der Regel deutlich von formalen, wissenschaftlichen Theorien unterscheiden (Furnham, 1988). Während wissenschaftliche Theorien logisch von Ergebnissen empirischer Forschungen abgeleitet werden, basieren Laientheorien hingegen auf gesundem Menschenverstand und auf eigenen oder Erfahrungen von anderen (Lupton & Chapman, 1995). Da zusätzlich verschiedenste Quellen zur Bildung dieser Theorien genutzt werden (bspw. Aussagen aus den Medien, Ratschläge von Freunden oder Familie), bestehen diese Theorien oft aus uneinheitlichen und widersprüchlichen Ansichten (Davison, Smith, & Frankel, 1991). Bezogen auf das Verbraucherverhalten sind Laientheorien relevant, da davon auszugehen ist, dass persönliche Überzeugungen zu *„gesunder“* Ernährung das Ernährungsverhalten beeinflussen, indem sie auf die Auswahl und Zubereitung von Lebensmitteln einwirken.

Offizielle Definitionen zur „gesunden“ Ernährung
Laut der World Health Organization (WHO, 2015) besteht eine gesunde Ernährung aus einer adäquaten, ausgeglichenen Ernährungsweise, die den Konsum von Früchten, Gemüse, Hülsenfrüchten, Vollkorn sowie von Ölen beinhält und auf Salz, zugesetzte Zucker, gesättigte Fettsäuren und Transfettsäuren verzichtet. Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE, 2013) ergänzt dies zusätzlich um eine ausreichende Flüssigkeitszufuhr sowie ausreichende Mengen an Vitaminen, Mineralstoffen, Ballaststoffen und sekundären Pflanzenstoffen. Allerdings ergänzt der BMBF (2015): „Die Frage, was eine gesunde Ernährung ist, können selbst Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler noch nicht ausreichend beantworten. Die Wege, die die Nährstoffe im menschlichen Körper nehmen, sind hochkomplex und trotz umfangreicher Forschungen bis heute nicht vollständig verstanden. Denn: Jeder Mensch is(s)t anders.“

Bisherige Erkenntnisse und Forschungslücke
Das Verständnis und die Wahrnehmung *„gesunder“* Ernährung von Experten sowie Laien war bereits Bestandteil zahlreicher qualitativer und quantitativer Studien, die zu mehr oder weniger einheitlichen Ergebnissen kommen. Es besteht Einigkeit, dass heutzutage verschiedenste und facettenreiche Interpretationen zur *„gesunden“* Ernährung in den Köpfen der Menschen herrschen, die weit über das hinausgehen, was die Wissenschaft definiert (Bisogni et al., 2012; Ronteltap et al, 2012). Bisherige Arbeiten haben es allerdings versäumt Unterschiede im subjektiven Verständnis von *„gesunder“* Ernährung aufzudecken und somit mögliche Gruppen innerhalb einer Bevölkerung zu identifizieren, die ähnliche Ansichten zu dem Thema teilen. Diese Ansichten können zu Verhaltensunterschieden führen, welche im Folgenden mit gezielteren, auf diese Gruppen abgestimmte Bildungsinitiativen oder Interventionskampagnen besser angesprochen und modifiziert werden könnten.

Empirische Studie

Methode
Zur erstmaligen Identifizierung und Beschreibung von Laientheorien zur *„gesunden“* Ernährung in Deutschland wurde die Q-Methode verwendet. Diese Methode deckt subjektive Einstellungen und komplexe Meinungsbilder auf und basiert auf einem Rangordnungsverfahren (dem sog. Q-Sort). Hierbei wird eine Vielzahl systematisch zusammengestellter Aussagen zur *„gesunden“* Ernährung nach subjektiver Zustimmung, Ablehnung oder Neutralität in ein erzwungenes Verteilungsverfahren mittels 11-Punkte-Verteilung (s. Abb. 1) in Relation zueinander sortiert. Grundlage der Studie sind die Aussagen von 30 Probanden und ein Q-Set mit 63 Aussagen, die verschiedenste Meinungen zur *„gesunden“* Ernährung widerspiegeln. Im Anschluss an den Sortierungsvorgang wurde ein ergänzendes Interview durchgeführt, um den Sortiervorgang sowie die Ansichten der Probanden tiefergehend zu untersuchen und zusätzliche demografische Informationen aufzunehmen.

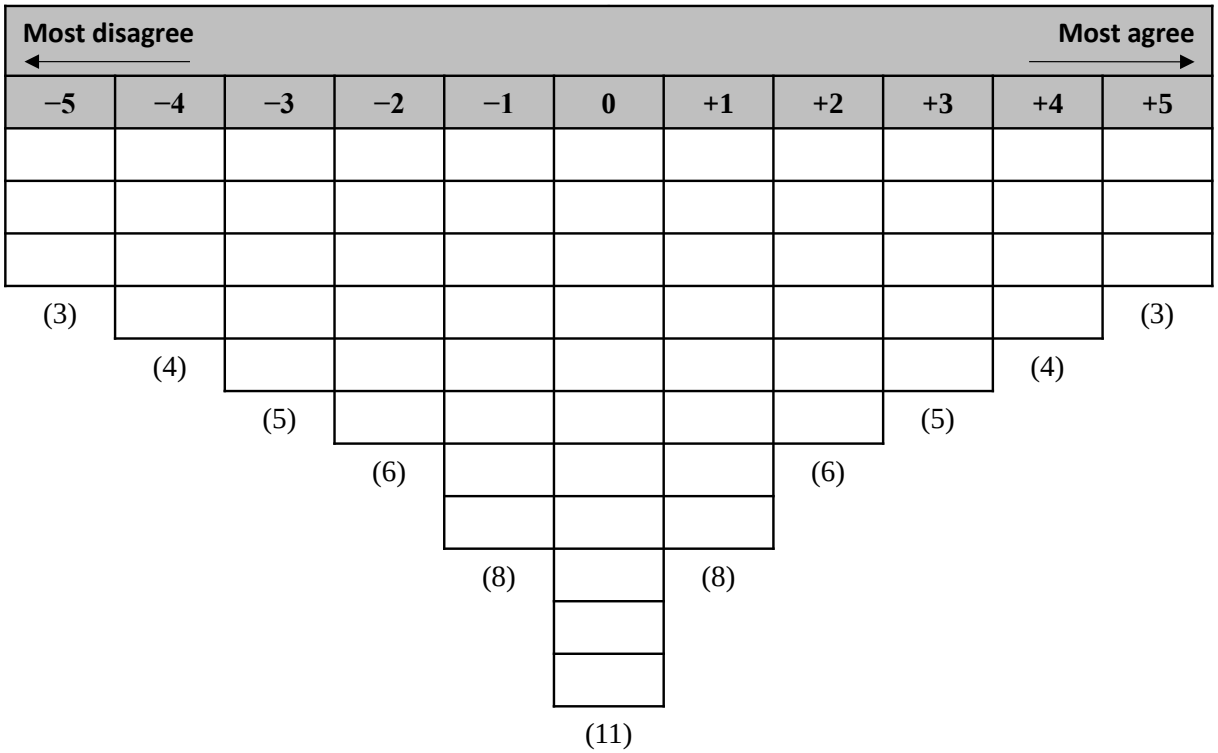


Abb. 1: 11-Punkte-Verteilungsschema zur Sortierung der Statements durch die Probanden.

Datenanalysen und Ergebnisse

Die Auswertung mit dem Softwareprogramm PQMethod (Schmolck, 2012) basiert auf Interkorrelation der Q-Sorts und Faktoranalysen mittels Centroid-Methode sowie Faktorrotationen durch die Varimax-Rotation. Es ergibt sich eine 4-Faktor-Lösung, die 62% der gesamten Stichprobenvarianz erklärt – dementsprechend lassen sich vier Laientheorien ableiten. Die Interpretation der Theorien erfolgt über prototypische Q-Sorts, die für jeden Faktor berechnet werden und es ermöglichen Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen den Faktoren aufzuzeigen.

Theorie 1: „Gesunde Ernährung ist alles was schmeckt in Maßen“

Zur ersten Laientheorie gehören vorwiegend Frauen mit einem Durchschnittsalter von 43,3 Jahren. In dieser Gruppe finden sich sowohl Fleischesser, als auch Vegetarier und Veganer. Als vorwiegend genutzte Einkaufsstätte haben diese Teilnehmer Supermärkte und Discounter, aber auch Reformhäuser und den Wochenmarkt angegeben. Auffällig ist, dass diese Gruppe den höchsten Bildungsgrad im Vergleich mit den anderen Laientheorien aufweist.

„*Gesunde*“ Ernährung wird als ein dauerhaftes und ganzheitliches Konzept für ein langes und gesundes Leben gesehen. Für diese Konsumenten sind sowohl der Gesundheitswert eines Produktes als auch dessen Geschmack von großer Relevanz bei der Lebensmittelwahl. Insgesamt halten sie vitaminreiche Kost für gesund. Gesunde Ernährung liegt in der Eigenverantwortung des Individuums, aber der Industrie wird eine Teilschuld am gesamtgesellschaftlichen Übergewichtsproblem gegeben. Dies wird mit den versteckt zugesetzten Zuckern sowie möglichen Kontaminationen

durch Verunreinigungen von industriell hergestellten Lebensmitteln begründet. Dieses Misstrauen gegen die Industrie führt zu der Ansicht, dass biologisch hergestellte Produkte deutlich gesünder und somit zu bevorzugen sind. Diese Konsumenten lehnen jegliche Art von regulierenden Eingriffen, wie Diäten, die Einnahme von Nahrungsergänzungsmitteln und Appetitzügler oder auch stärkere Eingriffe wie operative Magenverkleinerungen ab und halten diese für ungesund. Vorhandene Ernährungsinformationen sind ihnen nicht ausreichend und führen zudem zu Verwirrung. Das Misstrauen gegen die Industrie spiegelt sich auch in der Ablehnung von Werbung als Informationsquelle zur gesunden Ernährung wider.

Theorie 2: „Gesund ist teuer und unbequem“
Die zweite Laientheorie besteht ausschließlich aus relativ jungen (Durchschnittsalter von 32,2 Jahre) Männern, die sich vor allem fleischhaltig ernähren. Ihre Einkäufe erledigen sie vorwiegen im Discounter und teilweise im Supermarkt. Die eigene Ernährungsweise wird als gerade noch befriedigend bezeichnet.
Diese Konsumenten halten „gesunde“ Ernährung für ein überbewertetes und zu viel diskutiertes Konzept, da sie keinen Zusammenhang zwischen der Ernährung und der eigenen körperlichen Fitness bzw. Gesundheit sehen. Für diese Gruppe ist der Geschmack und Komfort eines Lebensmittels deutlich wichtiger als dessen Gesundheitsgehalt. Zudem sind gesunde Produkte teuer und verursachen unnötige Umstände. Industriell hergestellte Fertiggerichte oder Tiefkühlprodukte werden als ebenso gesund wie Bioprodukte oder Produkte aus dem eigenen Garten gesehen und dementsprechend bevorzugt. Generell bringt diese Gruppe der Ernährungsindustrie ein großes Vertrauen entgegen und weist ihr einen wichtigen Beitrag zur gesunden Ernährung der Bevölkerung zu. Fleisch wird als unabdingbarer Bestandteil einer gesunden Ernährung gesehen. Männer aus dieser Gruppe suchen keine gezielten Informationen zur gesunden Ernährung und halten Informationen aus der Werbung für ausreichend.

Theorie 3: „Gesund ist, was meinen Körper schön und fit macht“
Die dritte Laientheorie wird von überwiegend jungen Frauen mit einem Durchschnittsalter von 33,2 Jahre vertreten. Diese ernähren sich sowohl fleischhaltig als auch vegetarisch/vegan und erledigen ihre Einkäufe vorwiegend im Supermarkt und im Discounter. Die eigene Ernährungsweise beschreiben sie als eher gut.
In dieser Gruppe dreht sich alles im Leben um *„gesunde“* Ernährung. Diese verfolgen sie mit dem Ziel ein attraktives Äußeres zu erreichen und um das Körpergewicht zu kontrollieren. Zur gesunden Ernährung gehören fett-, kalorien- und kohlenhydratarme, aber proteinreiche Lebensmittel. Damit einhergehend wird in dieser Gruppe der Kaloriengehalt und der Gesundheitswert eines Lebensmittels als deutlich wichtiger erachtet als der Geschmack. Es werden häufig Diäten durchgeführt, aber auch Nahrungsergänzungsmittel genommen, um die Ernährung noch gesünder zu gestalten. Auch die Einnahme von Appetitzüglern oder Maßnahmen wie opera-

tive Magenverkleinerungen werden im Rahmen einer gesunden Ernährung akzeptiert, um das Langzeitziel der Gewichtsverringerung zu unterstützen. Da gesunde Ernährung einen zentralen Punkt im Leben dieser Konsumenten darstellt, haben sie einen hohen Wissensdrang und eignen sich Informationen aus verschiedensten Quellen an. Dabei unterstützen Ernährungstipps aus Zeitschriften und Medien eine gesunde Ernährung. Diese Gruppe weist keinerlei ethische oder ökologische Bedenken auf.

Theorie 4: „Nur selbstgemacht, bio und veggie ist gesund"
Diese Laientheorie wird von etwas älteren Männern und Frauen gehalten, die im Durchschnitt 45,2 Jahre alt sind und sich ausschließlich vegan oder vegetarisch ernähren. Der Lebensmitteleinkauf wird vorwiegend im Reformhaus oder auf dem Markt erledigt. Diese Gruppe bewertet ihre Ernährungsweise im Schnitt am besten (als sehr gut bis gut) und hat das höchste Einkommensniveau.
Konsumenten dieser Gruppe haben die Ansicht, dass gesunde Ernährung die langfristige Lebensqualität erhöht, schmeckt und dabei nicht teuer ist. Als gesund werden ausschließlich vegetarische und vegane Produkte gesehen, die biologisch und ökologisch vertretbar produziert worden sind. Zudem sind eigens im Garten angebaute, frische Produkte sowie selbst zubereitete Speisen unabdingbarer Bestandteil einer gesunden Ernährung. Eine fleischhaltige Ernährung hingegen fördert Krankheiten und ist ungesund. Diese Gruppe hat ein stark ausgeprägtes moralisches und ökologisches Gewissen, was zu einer deutlichen Abneigung von industriellen Produkten im Rahmen einer gesunden Ernährung führt. Sie suchen allerdings wenige Informationen zu dem Thema und lassen sich lediglich im Reformhaus beim Einkauf beraten.

Diskussion

Zusammenfassung und Implikationen
Zusammengenommen zeigt sich, dass die Auffassungen darüber, was eine „gesunde" Ernährung ausmacht und was konkret darunter zu verstehen ist, stark zwischen den Laientheorien variieren und dass diese Theorien deutlich umfangreicher sind als die wissenschaftliche Definition einer *„gesunden"* Ernährung. Während die erste Theorie postuliert, dass ein Genuss in Maßen gesund ist, fokussiert die zweite Theorie eher den Convenience-Aspekt, ohne der Gesundheit von Lebensmitteln eine große Bedeutung beizumessen. Die dritte Theorie sieht kalorienarme Ernährung unterstützt von Supplementen als gesund an, wohingegen die vierte Theorie ausschließlich fleischlose Ernährung durch Bio-Produkte als gesund wahrnimmt.
Die identifizierten Laientheorien bieten Parallelen zu in Deutschland vorhandenen Ernährungstypen (Lüth & Spiller, 2004). Daraus lässt sich schließen, dass die allgemeinen Denkmuster der Menschen zur *„gesunden"* Ernährung und ihr tatsächliches Essverhalten in einem engen Verhältnis zueinander stehen und die Umsetzung der Ernährung im Alltag beeinflussen. Dies wiederum liefert bedeutsame Anhaltspunkte für die Produkt- und Kommunikationspolitik im Unternehmen aber auch zur

erfolgreichen, differenzierten Marktsegmentierung durch zielgruppenspezifische Kenntnisse. Diese Arbeit ergänzt somit die bisherige Forschung durch ihre zeitliche Aktualität unter Einbeziehung aktueller Ernährungstrends und Ernährungspraktiken und schließt die Forschungslücke vorhandener Laientheorien zur *„gesunden“* Ernährung.
Insgesamt bietet die Identifizierung dieser Laientheorien nicht nur Ansatzpunkte für unternehmerische Aktivitäten in der Produkt- und Kommunikationspolitik, sondern auch für Krankenkassen, Ernährungsberater und politische Entscheidungsträger. Die Ergebnisse zu den Laientheorien liefern Hinweise zur Gestaltung verhaltenssteuernder Interventionen. So könnten beispielsweise weitere zusätzliche Kampagnen oder Gesundheitsempfehlungen aus der Politik genutzt werden, um die Verbraucher über eine gesündere Ernährungsweise zu informieren. Auch Verwaltung, Politik, Arbeitgeber oder die Träger der Sozialversicherung können derartige Erkenntnisse nutzen, um im Sinne des sog. „Nudgings“ durch subtile, einem sanften Anstoß entsprechende, Mechanismen das Ernährungsverhalten der Bevölkerung indirekt zu beeinflussen.

Limitationen und zukünftige Forschung
Zur Ermittlung der Laientheorien mittels der Q-Methode wird eine kleine Anzahl gezielt rekrutierter Probanden als Stichprobe genutzt, deren individuelle Ansichten mittels Faktoranalyse zu übergeordneten Segmenten zusammengefasst werden. Es besteht die Möglichkeit, dass weitere Laientheorien zur „gesunden“ Ernährung existieren und andere Einstellungen der Bevölkerung unerforscht blieben, welche durch zusätzliche Studien aufgedeckt werden könnten. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass nicht nur bei Menschen innerhalb einer Gesellschaft, sondern vor allem bei Personen unterschiedlicher Herkunft mit verschiedenen kulturellen Einflüssen erhebliche Unterschiede bestehen können, die insbesondere die subjektiven Meinungsbilder der Bevölkerung beeinflussen. Die vorliegende Studie repräsentiert lediglich einen Schnappschuss der vorhandenen Theorien in Deutschland und bietet somit keine kulturelle Vergleichbarkeit. Zukünftige Studien sollten deshalb überprüfen, welche kulturspezifischen Laienthorien zur „gesunden“ Ernährung in anderen Ländern und Kulturkreisen existieren bzw. welche grundsätzlichen Faktoren die Genese beeinflussen.

Referenzen

Bisogni, C. A., Jastran, M., Seligson, M., & Thompson, A. (2012). How people interpret healthy eating: contributions of qualitative research. *Journal of nutrition education and behavior, 44*(4), 282–301.

BMBF (2015), „Was ist gesunde Ernährung?“, Internet: http://www.gesundheitsforschung-bmbf.de/de/was-ist-gesunde-ernaehrung.php, Stand: 07.01.2016.

BMEL (2016). BMEL-Ernährungsreport 2016: Deutschland, wie es isst.

BMBF (2017). „Ernährung“, Internet: http://gesundheitsforschung-bmbf.de/de/ernaehrung.php, Stand: 07.01.2017.

Davison, C., Smith, G. D., & Frankel, S. (1991). Lay epidemiology and the prevention paradox: The implications of coronary candidacy for health education. *Sociology of Health & Illness, 13*(1), 1–19.

DGE (2013), „Vollwertig essen und trinken nach den 10 Regeln der DGE“. Internet: https://www.dge.de/fileadmin/public/doc/fm/10-Regeln-der-DGE.pdf, Stand: 30.01.2017.

Furnham, A. (1988). *Lay Theories: Everyday understanding of problems in social sciences*. New York: Pergamon Press.

Lupton, D., & Chapman, S. (1995). 'A healthy lifestyle might be the death of you': Discourses on diet, cholesterol control and heart disease in the press and among the lay public. *Sociology of Health and Illness, 17*(4), 477–494.

Lüth, M., Spiller, A. (2004): Käuferverhalten, in Leitzmann, C. et al. (Hrsg.): Praxishandbuch Bio-Lebensmittel, Hamburg, Kap. V, 2.2.1, S. 1-18.

Robert Koch Institut (RKI). (2016). Gesundheit in Deutschland - die wichtigsten Entwicklungen: Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Gemeinsam getragen von RKI und DESTATIS. Berlin.

Ronteltap, A., Sijtsema, S. J., Dagevos, H., & de Winter, Mariët A. (2012). Construal levels of healthy eating. Exploring consumers' interpretation of health in the food context. *Appetite, 59*(2), 333–340.

Schmolck, P. (2002). *PQMethod Manual*. Runtergeladen von: http://schmolck.user-web.mwn.de/qmethod/pqmanual.htm

WHO. (2015). *Healthy Diet*. Internet: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs394/en/ , Stand: 17.12.2016

Vegan: Ein Trend auf dem Lebensmittelmarkt

Julia Bronnmann

Institut für Agrarökonomie

Einleitung

Was ist für Sie „gesunde“ Ernährung? Das mag von Fall zu Fall anders sein. Unstrittig ist aber, dass Lebensmittel nicht nur der Lebenserhaltung dienen, sondern auch Genussmittel sind. Darüber hinaus können sie sogar ein Statement für eine bestimmte Lebensauffassung, für ein geschärftes Verantwortungsbewusstsein in Richtung Tier-, Klima- und Umweltschutz bis hin für ein faires Verhalten gegenüber der armen Weltbevölkerung sein.

Schätzungsweise 8 Millionen Deutsche leben vegetarisch und verzichten auf Fleisch und Fisch. Etwa 900.000 Deutsche leben vegan und lehnen zudem die Nutzung von Tieren und allen tierischen Produkten ab, streichen also auch Milch, Eier, Gelatine oder Honig von ihrem Speiseplan (Vegetarierbund, 2015). Viele verzichten sogar auf tierische Nebenprodukte wie beispielsweise Leder, Wolle oder Daunenfedern. Die Verkaufszahlen von veganen Lebensmitteln zeigen, dass eine vegane Ernährung auf dem Vormarsch ist und einen Trend setzt. Die regelmäßig wiederkehrenden Lebensmittelskandale, katastrophale Zustände in der Massentierhaltung, Berichte über den voranschreitenden Klimawandel und die Präsenz des Themas in den Medien tragen vermutlich zu einem Anstieg der Zahl vegan lebender Menschen bei. Im Winter 2015 hat ein norddeutscher Lebensmitteleinzelhändler eine rein vegane Handelsmarke eingeführt. In diesem Zusammenhang wurde eine Konsumentenbefragung durchgeführt, um insbesondere die Zielgruppe für die neue Marke sowie die Wahrnehmung und Einstellung gegenüber veganen Lebensmitteln zu analysieren. Dafür wurden Fragen zum allgemeinen Ernährungs- und Einkaufsverhalten und zum Konsum von Fleischersatzprodukten gestellt.

Trends und Moden in der Ernährung - ein kurzer Rückblick

Lebensmittel dienen nicht nur der Lebenserhaltung, sondern zeigen in unserer modernen Gesellschaft Modebekenntnis, Zeitgeist und Lifestyle. So gab es bereits in der Vergangenheit eine ganze Reihe von Ernährungstrends und -moden, die hier in einem kurzen Rückblick aufgezeigt werden sollen:

In der unmittelbaren **Nachkriegszeit** ging es nur um das Satt-werden. In den **60ern** steht der Genuss ganz oben; nach den kriegsbedingten Entbehrungen haben die Menschen einen Nachholbedarf. Fettes Essen führt verbreitet zu Übergewicht. In den **70ern** wird der Verzehr von Müsli ein Trend, wie auch ökologisches Denken, gleichzeitig kommt aus den USA die Fastfoodwelle. Eine Gegenbewegung setzt auf

Rohkost und Trennkost. Die ersten kalorienreduzierten „Du darfst“ Lebensmittel kommen auf den Markt. In den **80ern** steht Essen eher für Abnehmen, Fett wird zum Feind erklärt, statt Butter wird nun fettreduzierte Margarine benutzt und Lightprodukte etablieren sich auf dem Markt. In den **90ern** wird in jeder Woche eine neue Diät veröffentlicht. Die Zeichen der Zeit stehen auf Idealgewicht, Fitnesswelle und die Pharmaindustrie verkauft Pillen zum Abnehmen. In den **2000ern** muss alles gesund sein. Omega 3 Fettsäuren werden hoch gelobt, anstatt auf Fett wird nun auf Kohlenhydrate verzichtet, probiotische Lebensmittel, die nicht nur satt, sondern auch gesünder machen sollen, liegen im Trend. In den **2010**ern erreichen Bioprodukte in großer Menge die Lebensmittelläden, vegane Produkte werden in größerer Zahl angeboten, ebenso laktose- und glutenfreie Lebensmittel. Daneben gibt es Anhänger von steinzeitlichem Essen. Der neuste Trend ist Superfood, u.a. sollen Chiasamen, Goji-Beeren oder Açaí-Beeren gesund, schlank und schön machen.

Motive für vegane Ernährung

Aufgrund der weitreichenden Verzichte der Veganer ist von einer starken Motivation auszugehen. Unter den Veganern finden sich Bevölkerungsgruppen, die als Sinnsucher und Selbstoptimierer bezeichnet werden können.

Menschen mit der Fähigkeit zur umfassenden Selbstreflektion unserer Kultur erkennen schnell, dass es gute Gründe zur Optimierung gibt: Jeder, der regelmäßig Nachrichten sieht und hört, weiß es: Wir leben in einer destruktiven Welt, voller Ungerechtigkeit und Unsicherheiten: Tiere werden ausbeuterisch behandelt. Unser Grundwasser wird u.a. durch Gülleüberdüngung mit Nitraten vergiftet. Massentierhaltung generiert Treibhausgase, die zur Klimakatastrophe führen, Weltmeere werden überfischt und vermüllt, Regenwälder werden für Viehhaltung oder Viehfutterproduktion vernichtet. Gewaltige Energiemengen werden für die Produktion tierischer Nahrungsmittel verbraucht oder gehen dabei verloren. 795 Mill. Menschen leiden an Hunger, mehr als eine Milliarde Menschen haben kein sauberes Trinkwasser (FAO, 2015).

Doch auch die eigene Gesundheit ist bedroht durch den übermäßigen Konsum tierischer Produkte. Zivilisationskrankheiten, wie Übergewicht, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Bluthochdruck, Arteriosklerose und Diabetes sind mögliche Folgen.

Welcher Weg führt aus dieser suboptimalen Situation? Veganer haben darauf Antworten, haben Lösungen für viele der genannten Probleme, haben letztlich eine Lebensphilosophie, einen Lifestyle entwickelt.

Vegan leben heißt primär, kein Tierelend zuzulassen. Daraus folgen eine ganze Reihe weiterer Konsequenzen. Mit der Ausweitung der Tierrechte werden Tiere quasi auf die gleiche Stufe wie Menschen gestellt. Tierhaltung und das Töten von Tieren wird unter diesen Bedingungen faktisch unmöglich. Damit verbietet sich die Verwendung von sämtlichen tierischen Produkten von selbst. In weiterer Konsequenz ist auch die Verwendung von Daunen, Schafswolle, von Leder und sogar von Honig ebenfalls nicht gestattet. Mit Recht darf behauptet werden, dass diese zur

Lebens- und Ernährungsphilosophie erhobene Ansicht eine nicht geringe Attraktivität ausübt.

Kritik an veganer Ernährung

Der bekannte Lebensmittelchemiker Udo Pollmer kritisierte in einer Fernsehsendung den stringenten veganen Tierrechtsgedanken sinngemäß so: „Die Menschheit muss sich zwangsläufig ernähren. Menschen und Tiere, eingeschlossen Wildtiere, konkurrieren dabei um Nahrungsmittel. Es ist keine Welt denkbar, in der die Menschen den frei lebenden Tieren ihr Futter nicht vorenthalten, bzw. es ihnen nicht wegessen würden. Zu Ende gedacht führt die stringente Anwendung von Tierrechten zwangsläufig in eine menschliche Hungerkatastrophe von unabsehbarer Größe, weil Schutzmaßnahmen gegen tierische Schädlinge nicht gestattet wären.“ (WDR, 2016). Außerdem wird vergessen, dass Rinder, Ziegen oder Schafe Weidetiere sind, die über Jahrmillionen nie in Nahrungskonkurrenz zum Menschen standen. Im Gegenteil: Diese Tiere essen, was wir Menschen nicht nutzen können – die Zellulose der Gräser – und wandeln diese in für uns hochwertige Nahrung um: in Fleisch und Milch. Weltweit sind rund zwei Drittel der urban genutzten Landflächen Weideland, auf denen kein Ackerbau möglich ist. Die einzige Möglichkeit auf diesen Flächen nachhaltig Nahrung zu gewinnen, ist die Tierhaltung.

Zudem ist der Mensch von der Natur als Omnivor konstruiert und fährt mit einer aus tierischen und pflanzlichen Lebensmitteln zusammengesetzten Kost am besten. Eine rein pflanzliche Kost, wie sie Veganer als besonders gesund propagieren, liefert nicht alle benötigten Nährstoffe, so dass die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (2016) davon abrät, dass sich Schwangere und Kinder vegan ernähren.

Entwicklung des Marktes für vegane Lebensmittel

Mit der wachsenden Zahl an Vegetariern und Veganern steigt auch die Nachfrage nach entsprechenden Lebensmitteln. In vielen Supermärkten ist daher inzwischen eine große Auswahl an speziellen veganen Ersatzprodukten erhältlich, die tierische Produkte in Geschmack, Aussehen oder technologischen Eigenschaften nachahmen (Schwink, 2014). Als vegane Fleischersatzprodukte sind vor allem Soja- und Getreideprodukte erhältlich.

Kurz vor Jahreswechsel löste Bundeslandwirtschaftsminister Christian Schmidt eine bereits bekannte Diskussion aus: Darf ein Schnitzel vegan heißen? Darf es vegane Schweinefilets, vegane Wurst oder veganes Hackfleisch geben? Oder handelt es sich bei all diesen Bezeichnungen um eine Verbrauchertäuschung? Darüber wird noch zu streiten sein, nämlich bei den Experten der Lebensmittelbuchkommission.

Die rasante Absatz- und Umsatzentwicklung pflanzenbasierter Produkte wird durch aktuelle Zahlen für den deutschen Markt verdeutlicht. Im Gegensatz zu 9,9 Millionen Käufern im Jahr 2010 kauften im Jahr 2014 bereits 11,2 Millionen Konsumenten in Deutschland pflanzliche Brotaufstriche und Fleischersatzprodukte, was eine Käuferreichweite von ca. 28 % ausmacht. Die Umsätze in den beiden Segmenten haben sich seit dem Jahr 2010 bis zum Jahr 2014 hingegen fast verdoppelt (von 123

Mio. auf 213 Mio. Euro). Besonders bei den Fleischersatzprodukten ist ein Anstieg bei Käuferzahl und Umsatz zu spüren. Da die genannte Käuferreichweite von ca. 28 % weit über dem Anteil an Vegetariern und Veganern in Deutschland liegt, können diese nicht allein für die Wachstumszahlen verantwortlich sein. Hier zeigt sich, dass sich eine fleischreduzierte Ernährung bis in die Mitte der Gesellschaft ausdehnt (GfK 2015). Der Markt für Milchersatzprodukte bietet ebenso Wachstumspotential und stellt vor allem aus gesundheitlichen Gründen einen wichtigen Markt dar. Jedoch machen Personen mit Laktoseintoleranz lediglich etwa ein Fünftel der Konsumenten von Milchersatzprodukten aus (Pech-Lopatta, 2015). Der Markt für Milchalternativen wird hauptsächlich durch Produkte auf Basis von Sojamilch dominiert, jedoch werden auch in dieser Kategorie fortlaufend neue Alternativen entwickelt, sodass inzwischen Produkte aus z.B. Reis, Hafer, Mandeln und Kokosnuss erhältlich sind (Stone, 2011). Seit den 1990er Jahren ist auf dem Europäischen Markt für Milchersatzprodukte ein jährliches Wachstum der Verkaufszahlen von über 20 % zu verzeichnen. In Deutschland sorgte vor allem die Markteinführung von Sojamilch als Handelsmarke in Discountern in den 2000er Jahren für einen starken Aufschwung der Absatzzahlen (Organic Monitor, 2005). Insgesamt verdeutlicht die Entwicklung, dass es in den letzten Jahren zu einer immer größeren Akzeptanz der veganen Ernährung gekommen ist, die sich vor allem durch ein breiter werdendes Spektrum an vegan orientierten Supermärkten und veganen Lebensmitteln auf dem Mainstream-Markt bemerkbar macht.

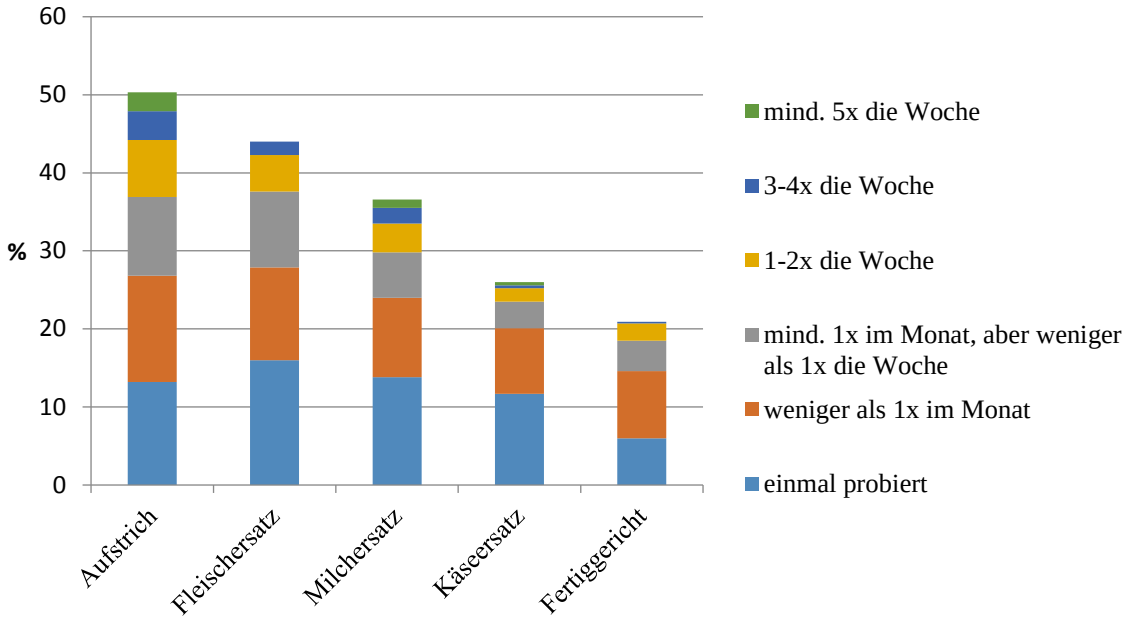
Studie Vegan Leben

Auch bei einem Lebensmitteleinzelhändler in Kiel wurde im Winter 2015 die rein vegane Handelsmarke „Vegan Leben“ eingeführt. In diesem Zusammenhang wurde im Rahmen einer Masterarbeit im November und Dezember 2015 eine Konsumentenbefragung durchgeführt. Es sollten mit der Umfrage insbesondere die Zielgruppe für die neue Marke ermittelt werden sowie die Wahrnehmung und Einstellung gegenüber veganen Lebensmitteln. Dafür wurden Fragen zum allgemeinen Ernährungs- und Einkaufsverhalten und zum Konsum von Fleischersatzprodukten gestellt.

Insgesamt konnten 537 auswertbare Fragebögen generiert werden. Der Anteil an Frauen war mit 57% höher als der Anteil an Männern. Das Alter der Befragten lag im Durchschnitt bei 44 Jahren und variierte zwischen 14 und 90 Jahren. Die Mehrheit der Befragten, nämlich 37%, hat einen Hochschulabschluss oder eine abgeschlossene Berufsausbildung (23%). Im Durchschnitt verfügen die Probanden über ein Nettohaushaltseinkommen von 2275 Euro und leben mit 2,05 Personen in einem Haushalt.

Die in der Befragung ermittelten Anteile von 6,1 % Vegetariern und 0,9% Veganern passen gut in die bundesweiten Konsumentenanteile. 40% der Befragten, die sogenannten Flexitarier, essen an maximal 2 Tagen in der Woche Fleisch, 54% konsumieren häufiger in der Woche Fleisch.

Abbildung 1 : Konsumhäufigkeit von veganen Lebensmitteln



Quelle. Eigene Darstellung.

Aus der Abbildung 1 wird ersichtlich, dass vegane Aufstriche von den Probanden am häufigsten konsumiert werden. 50 % aller Befragungsteilnehmer haben demnach schon einmal einen pflanzlichen Aufstrich probiert oder konsumieren diesen regelmäßig. Eine Erklärung ist, dass vegane Aufstriche am wenigsten gewöhnungs-

bedürftig sind und schon länger nicht ausschließlich zu der Ernährung von Vegetariern oder Veganern gehören. Fleischersatzprodukte werden mit einem Anteil von 44 % am zweithäufigsten konsumiert, gefolgt von Milch- (37 %) und Käseersatzprodukten (26 %). Das Schlusslicht bilden Fertiggerichte (21 %).
Die Einteilung der Probanden in Konsumentengruppen ergibt, dass die Mehrheit der Befragten (65 %) nie vegane Lebensmittel konsumieren (im Median über alle Produkte) und somit zu den Non-Usern gezählt werden. 14 % der Teilnehmer haben vegane Lebensmittel bisher einmal probiert (Probierer) und die restlichen 21 % verteilen sich auf die übrigen Konsumhäufigkeiten von weniger als einmal im Monat (10 %) bis mindestens fünfmal die Woche (0,4 %) und werden als User bezeichnet. Die drei Konsumentengruppen setzen sich aus unterschiedlichen Verbrauchern zusammen. Tabelle 1 zeigt die Merkmale, die innerhalb der Gruppen signifikant variieren.

Tabelle 1: Unterschiede zwischen Konsumentengruppen

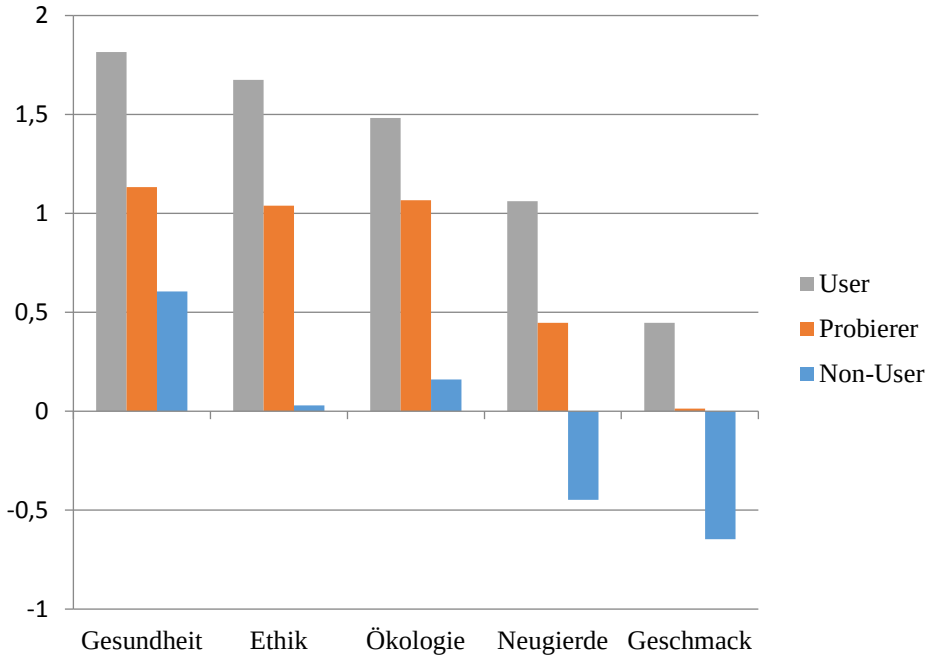
	Non-User	Probierer	User
n (%)	347 (64,6)	76 (14,2)	114 (21,2)
Median des Konsums	nie	einmal probiert	mind. einmal im Monat
Alter in Jahren	45,8 a	38,1 b	40,8 b
Anteil Frauen	53,9 % a	68,4 % b	59,6 % a, b
Studenten	18,4 % a	30,3 % b	27,2 % b
Selbstständige	5,8 % a	1,3 % a	11,4 % b
Im Ruhestand	24,5 % a	13,2 % b	14,9 % b
Hochschulabschluss	33,4 % a	38,2 % a, b	46,5 % b
Realschulabschluss	15,0 % a	3,9 % b	7,9 % a, b

a, b, c: zwischen Gruppen mit verschiedenen Buchstaben bestehen signifikante Unterschiede.
Quelle: Eigene Berechnung.

Es wird ersichtlich, dass es beim Alter der Konsumenten signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen gibt. Konsumenten von veganen Lebensmitteln sind jünger als Nicht-Konsumenten. Ebenso ist der Anteil der Frauen bei den Probieren und den Konsumenten höher als der Anteil der Männer. Unter den Probieren und Konsumenten befindet sich ein großer Anteil Studenten. Rentner sind hingegen den veganen Lebensmitteln gegenüber weniger aufgeschlossen. Deutlich wird auch, dass unter den Konsumenten veganer Lebensmittel viele einen Hochschulabschluss haben. Ein weiterer Unterschied zwischen den Konsumentengruppen liegt in ihrem Anteil an Vegetariern, Flexitariern und Fleischessern. Der ermittelte Anteil der Vegetarier an der Gruppe der User ist mit 16,7 % relativ gering. Flexitarier sind hingegen mit 54,4 % die deutlich größte Konsumentengruppe von veganen Lebensmitteln und selbst der Anteil der Fleischesser ist mit 28,9 % größer als jener der Vegetarier. Dies bedeutet, dass zwar ein Großteil der Vegetarier vegane Lebensmittel regelmäßig

konsumiert, diese Gruppe jedoch relativ klein ist. Dadurch verliert die Gruppe der Vegetarier insgesamt an Bedeutung, sodass Flexitarier die wichtigste Konsumentengruppe ausmachen, gefolgt von den Fleischessern.
Abbildung 2 stellt die Beweggründe für einen (potentiellen) Konsum veganer Lebensmittel, unterteilt nach Konsumentengruppen, dar. Für alle in der Abbildung aufgeführten Beweggründe bestehen signifikante Unterschiede zwischen den Konsumentengruppen auf dem 5 %-Signifikanzniveau.

Abbildung 2: Beweggründe für den (potentiellen) Konsum veganer Lebensmittel



Quelle: Eigene Darstellung.

Insgesamt wird deutlich, dass die Faktoren Gesundheit, Ethik und Ökologie die wichtigsten Gründe für User und Probierer darstellen, um vegane Lebensmittel zu konsumieren. Neugierde an den Produkten spielt für Konsumenten von veganen Lebensmitteln eine vergleichsweise geringere Rolle. Die Non-User würden am ehesten aufgrund von gesundheitlichen Gründen zu veganen Lebensmitteln greifen. Zu bemerken ist, dass der Geschmack kaum einen Grund für die Probanden darstellt, vegane Lebensmittel zu konsumieren.

Zusammenfassung

Insgesamt konnte ein relativ großes allgemeines Interesse an veganen Lebensmitteln unter den Probanden festgestellt werden. Der typische Konsument, der vegane Lebensmittel zu sich nimmt, ist tendenziell weiblich, gebildeter, jünger als der Nichtkonsument und konsumiert maximal zweimal die Woche Fleisch oder Wurstwaren. Daraus resultierend stellen Flexitarier die Hauptkonsumentengruppe für vegane Fleischersatzprodukte dar. Vegetarier und Veganer spielen dagegen eine vergleichsweise untergeordnete Rolle. Hinsichtlich der Beweggründe für den Konsum veganer Lebensmittel kann ein verstärktes Interesse an ökologischen, ethischen und gesundheitlichen Themen der Ernährung bestätigt werden. Non-User würden, wenn überhaupt, nur aus gesundheitlichen Gründen vegane Lebensmittel konsumieren. Auffallend ist, dass der Gesundheitswert, ebenso wie der Geschmack veganer Lebensmittel, im Durchschnitt lediglich als mittelmäßig bewertet wird.
Ob die vegane Ernährungsform im Großen und Ganzen nur ein Trend bleibt oder doch zu einer langfristigen Veränderung in der Ernährung führt, kann jedoch nicht endgültig abgeschätzt werden und bleibt daher abzuwarten.

Literatur

DGE – Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. (2016): Vollwertig essen und trinken nach den 10 Regeln der DGE. Internet: https://www.dge.de/ernaehrungspraxis/vollwertige-ernaehrung/10-regeln-der-dge/ (abgerufen am 13.06.2014).

FAO (2015): FAO The State of Food Insecurity in the World. Internet: http://www.fao.org/3/a-i4646e.pdf (abgerufen: 12.12.2016)

GfK - Gesellschaft für Konsumforschung (2015): GfK Consumer Scan 03/2015. Internet:https://www.gfk.com/fileadmin/user_upload/dyna_content/DE/documents/News/Consumer_Index/CI_03_2015.pdf (abgerufen am15.12.2015).

Organic Monitor (2005). The european market for soya milk & non-dairy drinks. Internet:http://www.organicmonitor.com/100250.htm (abgerufen am 27.04.2016).

Pech-Lopatta, D. (2015): Essen soll gesund sein. In: GfK Consumer Panels und Bundesvereinigung der Deutschen Ernährungsindustrie e.V. (Hrsg.), Consumers‘ Choice’15, 76-86.

Schwink, A. (2014): Vegane Ernährung – Teil 1: Gesundheitliche Risiken und Chancen. In: Ernährungs Umschau, 6: 23-26.
Stone, D. (2011): Emerging trend of dairy-free almond milk. Internet: https://food-mag.com.au/emerging-trend-of-dairy-free-almond-milk/ (abgerufen am 27.04.2016).

Vegetarierbund Deutschland e.V. (2015): Anzahl der Veganer und Vegetarier in Deutschland. Internet: https://vebu.de/themen/lifestyle/anzahl-der-vegetarierinnen (abgerufen am 15.12.2015).

WDR (2016): Das Experiment Vegan gegen Fleisch-die WG. Internet: http://www.ardmediathek.de/tv/WDR/Das-Experiment-Vegan-gegen-Fleisch-die/WDR-Fernsehen/Video?bcastId=18198186&documentId=36672970 (abgerufen am 12.12.2016).

Das Potetial von Rotklee in Rationen für Milchkühe

Edwin Westreicher-Kristen und Andreas Susenbeth

Institut für Tierernährung und Stoffwechselphysiologie

Einleitung

Rotklee (RK, *Trifolium pratense*) zählt zu den wichtigsten Leguminosen des nordeuropäischen Futterbaus. Aufgrund seiner Fähigkeit, elementaren Stickstoff (N_2) aus der Luft durch die Symbiose mit Rhizobien zu binden, bietet RK die Möglichkeit, die N- bzw. Proteinversorgung der Tiere zum erheblichen Anteil aus eigenbetrieblicher Erzeugung und ohne Einsatz von anorganischem N-Dünger zu gewährleisten. RK wird selten durch Beweidung genutzt und meist in Reinsaat oder als Kleegrasmischung zur Schnittnutzung für die Silierung angesät. Das Rohprotein (XP) von RK unterliegt während der Silierung und im Pansen der Tiere einer geringeren Proteolyse als bei Gras aufgrund der Bildung von Chinon-Protein-Komplexen, welche durch die Aktivität des im RK vorkommenden Enzyms Polyphenoloxidase (PPO) entstehen. Rotkleesilage (RKS) in der Milchviehfütterung könnte daher die Versorgung des Tieres mit pansenstabilem Futterrohprotein (UDXP) aus dem Grundfutter erhöhen und somit den Einsatz von proteinreichen Futtermitteln wie z.B. Soja- oder Rapsextraktionsschrot reduzieren. Ziel dieses Beitrags ist es, RKS im Vergleich zu Grassilage (GS) und Maissilage (MS) anhand einer Charakterisierung des Futter- und Proteinwertes, der Auswirkung auf Futteraufnahme, Leistung und Milchzusammensetzung sowie der Effizienz der N-Verwertung in der Milchviehfütterung zu bewerten.

Futter- und Proteinwert von Rotkleesilage

Die Futter- und Proteinwerte der RKS sind denen der GS und MS in Tabelle 1 gegenübergestellt. Der Gehalt an organischer Masse (OM) von RKS weist im Mittel (89 %) einen ähnlichen Gehalt auf wie bei GS (89–93 %), er ist jedoch geringer als bei MS (92–96 %). Der XP-Gehalt von RKS liegt bei knapp 20 % (15–23 %) in der Trockenmasse (TM) und ist im Durchschnitt höher als von GS. Die NDF- und ADF-Gehalte liegen im Mittel bei 41 bzw. 32 % und unterscheiden sich nur geringfügig von den Gehalten der GS und MS. Allerdings ist deren Schwankungsbreite bei RKS sehr hoch: Die Gehalte an NDF und ADF liegen in einem Bereich von 32–55 % bzw. 25–43 %. Die scheinbare Verdaulichkeit der OM bei RKS beträgt im Mittel 66 % (58–73 %) und liegt unterhalb der OM-Verdaulichkeit von GS und MS. Die N-Verdaulichkeit bei RKS ist ähnlich wie die der GS und beide weisen diesbezüg-

lich höhere Werte auf als MS. Die Gehalte an Umsetzbarer Energie (ME) und Nettoenergie-Laktation (NEL) von RKS liegen bei 10,2 (8,7–11,5) bzw. 5,9 (5,3–6,3) MJ/kg TM. GS und MS weisen im Mittel höhere Energiegehalte auf (6,3 bzw. 6,6 MJ NEL/kg TM).

Tabelle 1. Futter- und Proteinwert von Rotkleesilage, Grassilage (GS) und Maissilage (MS).

	Rotkleesilage*					GS*	MS*
	Min	Max	**MW**	SD	*n*		
Zusammensetzung (% i.d. TM)							
Organische Masse	80,7	93,6	**89,1**	2,2	41	89-93	92-96
Rohprotein (XP)	14,9	23,3	**19,6**	2,3	42	16-18	7-9
NDF	31,7	54,7	**40,6**	5,7	47	40-45	35-40
ADF	24,7	42,6	**31,9**	4,8	35	25-30	25-30
Verdaulichkeit (%)							
Organische Masse	57,9	73,4	**66,2**	5,4	10	67-79	67-75
Stickstoff	60,8	69,2	**66,3**	3,0	6	60-73	55-65
Energie (MJ/kg TM)							
ME	8,7	11,5	**10,2**	0,9	7	9,0-10,5	9,6-11,5
NEL	5,3	6,3	**5,9**	0,4	6	6,3	6,6
$UDXP_5$ (% des XP)	22,6	29,5	**26,6**	3,5	3	18,4	23,2
$UDXP_5$ (g/kg TM)	44,4	60,7	**52,7**	8,2	3	31,3	18,6
nXP** (g/kg TM)	-	-	**157**	-	1	135	135

TM, Trockenmasse. Min, Minimalwert. Max, Maximalwert. MW, Mittelwert. SD, Standardabweichung. *n*, Anzahl der Quellen. NDF, organische Neutral-Detergenz-Faser. ADF, organische Säure-Detergenz-Faser. ME, umsetzbare Energie. NEL, Netto-Energie-Laktation. $UDXP_5$, unabgebautes Rohprotein bei einer Passagerate von 5 %/h, entspricht einem Wert bei mittlerer Milchleistung. nXP, nutzbares Rohprotein, ohne Angabe der Passagerate. *Aus verschiedenen Literaturquellen. **Quelle: Universität Hohenheim-Dokumentationsstelle (1997).

Der Anteil des UDXP am XP für eine Passagerate von 5 %/h bei RKS beträgt im Mittel 27 % (23–30 %) und liegt damit deutlich höher als bei GS (18 %). Bezieht man den UDXP-Gehalt auf die TM, sind die Unterschiede zwischen den drei Silagearten noch deutlicher ausgeprägt: Im Durchschnitt 53 g UDXP/ kg TM bei RKS, 31 g bei GS und 19 g bei MS. Der Gehalt an nutzbarem XP (nXP) von RKS beträgt im Mittel 157 g/kg TM, während dieser für GS und MS bei 135 g nXP/kg TM liegt. Damit ist das Proteinlieferungsvermögen von RKS höher als von GS und MS.

Einsatz von Rotkleesilage vs. Grassilage in der Milchviehfütterung

In einer Studie von Moorby et al. (2009) wurde der Ersatz von GS durch RKS untersucht (Tabelle 2). Die Kühe wurden in vier Gruppen unterteilt und erhielten 4 kg Kraftfutter plus eine Grundration, die aus einer Mischung von GS und RKS bestand. In der Grundration wurde GS stufenweise durch 0, 34, 66 und 100 % RKS ersetzt. Es wurde ein linearer Anstieg der Futteraufnahme von 16,7 auf 19,0 kg TM/d mit zunehmendem Anteil an RKS beobachtet. Die Erhöhung der Futteraufnahme war

mit einem Anstieg der Milchleistung von 25,2 auf 26,1 kg/d verbunden. Allerdings führte die Steigerung des RKS-Anteils in der Ration zu einem Rückgang des Fett- und Proteingehalts der Milch.

Tabelle 2. Effekte des Ersatzes von Grassilage durch Rotkleesilage (RKS) in Rationen von Milchkühen.

	Ration[1]					P-Wert[2]	
	RKS_0	RKS_{34}	RKS_{66}	RKS_{100}	SEM	L	Q
Futteraufnahme (kg TM/d)	16,7	17,8	18,3	19,0	0,24	**	0,19
Milchleistung (kg/d)	25,2	26,1	26,5	26,1	0,47	*	*
Milchinhaltstoffe (%)							
Fett	3,80	3,67	3,56	3,55	0,10	**	0,38
Protein	3,08	3,07	3,06	2,93	0,04	**	*
N-Aufnahme (g/d)	529	577	552	611	14,0	**	0,60
N-Effizienz (N in Milch/ N-Aufnahme; %)	22	21	22	19	0,7	**	0,30

Quelle: Moorby et al. (2009). [1]RKS-Anteil in der Grundration (%) 0 (RKS_0), 34 (RKS_{34}), 66 (RKS_{66}) und 100 (RKS_{100}). [2]L, Linear; Q, Quadratisch. SEM, Standardfehler des Mittelwertes. N, Stickstoff. *P<0,05; ** P<0,01.

Die N-Aufnahme stieg mit zunehmendem RKS-Anteil, die durch die Erhöhung der Futteraufnahme bedingt war. Die Ration mit dem höchsten RKS-Anteil wies mit 19 % die niedrigste N-Effizienz (N in Milch/N-Aufnahme) auf, im Wesentlichen bedingt durch die erhöhte N-Aufnahme.

Eine ähnliche Studie wurde von Halmemies-Beauchet-Fillelau et al. (2014) publiziert (Tabelle 3). Milchkühe erhielten Rationen mit einem Grundfutter-Kraftfutter-Verhältnis von 60:40. GS wurde durch RKS ersetzt und Rationen mit 0, 33, 67 und 100 % RKS im Grundfutter erstellt. Der Einsatz von RKS hatte einen nicht-linearen Effekt auf die Futteraufnahme, diese stieg zunächst von 19,9 auf 20,1 kg TM/d und sank bei einem höheren RKS-Anteil auf 18,4 kg TM/d. Die Milchleistung zeigte einen entsprechenden Verlauf, die maximale Milchleistung wurde bei 67 % RKS in der Grundration erreicht. Der Fettgehalt in der Milch blieb unverändert, allerdings hatte die Steigerung des RKS-Anteils einen Rückgang des Milchproteingehalts von 3,54 auf 3,36 % zur Folge. Der Harnstoffgehalt zeigte einen linearen Anstieg mit steigendem RKS-Anteil. Die N-Effizienz verringerte sich 26 auf 24 %. Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass der XP-Gehalt zwischen den Rationen nicht ausgeglichen wurde, wodurch dieser von 17 auf 20 % anstieg und damit auch die N-Aufnahme erhöht wurde. Da die N-Effizienz mit steigendem XP-Gehalt in der Ration grundsätzlich abnimmt, ist es nicht möglich festzustellen, ob die Verringerung der N-Effizienz durch den Effekt des erhöhten XP-Gehalts und damit der erhöhten N-Aufnahme oder durch die RKS selbst bedingt war.

Tabelle 3. Effekte des Ersatzes von Grassilage durch Rotkleesilage (RKS) in Rationen von Milchkühen.

	Ration[1]					P-Wert[2]	
	RKS_0	RKS_{33}	RKS_{67}	RKS_{100}	SEM	L	Q
Futteraufnahme (kg TM/d)	19,9	20,1	20,1	18,4	1,1	†	†
Milchleistung (kg/d)	27,2	28,3	28,7	27,8	0,38	0,23	*
Milchinhaltstoffe (%)							
Fett	3,83	4,02	3,79	3,94	0,28	0,95	0,92
Protein	3,54	3,60	3,51	3,36	0,07	†	0,16
Harnstoff (mmol/L)	4,32	4,65	5,26	5,41	0,23	*	0,70
N-Aufnahme (g/d)	552	587	617	589	31,8	†	†
N-Effizienz (N in Milch/ N-Aufnahme; %)	26	25	24	24	1,5	*	0,62

Quelle: Halmemies-Beauchet-Fillelau et al. (2014). [1]RKS-Anteil in der Grundration (%): 0 (RKS_0), 33 (RKS_{33}), 67 (RKS_{67}) und 100 (RKS_{100}). [2]L, Linear; Q, Quadratisch. SEM, Standardfehler des Mittelwertes. N, Stickstoff. *P<0,05; ** P<0,01; †0,05≤P<0,10.

Einsatz von Rotkleesilage vs. Maissilage in der Milchviehfütterung

Für eine vergleichende Bewertung von GS und RKS liegen eine Reihe von Untersuchungen vor, wohingegen zur Frage des Einsatzes einer Mischung von RKS und MS in der Milchviehfütterung nur wenige Veröffentlichungen bekannt sind. Eine aktuelle Studie (Schulz et al. 2015, 2016) wurde in Zusammenarbeit mit dem Max-Rubner-Institut auf dem Versuchsbetrieb Schädtbek durchgeführt (Tabelle 4). Den Milchkühen wurde eine totale Mischration (TMR) mit einem XP-Gehalt von 17,3 % angeboten. Das Grundfutter-Kraftfutter-Verhältnis betrug 75:25, wobei ein zunehmender Anteil MS durch RKS ersetzt wurde. Dadurch entstanden Rationen mit einem Anteil von ca. 15, 30, 45 und 60 % RKS in der gesamten Ration. Die Futteraufnahme sank von 22,4 auf 19,8 kg TM/d mit zunehmendem RKS-Anteil, die Milchleistung verringerte sich von 35,9 auf 30,2 kg/d. Die Rationsunterschiede hatten nur einen geringen Einfluss auf den Fett- und Harnstoffgehalt der Milch. Es wurde jedoch eine Verringerung des Proteingehalts der Milch von 3,2 auf 3,0 % beobachtet. Die Effizienz der N-Nutzung (N in Milch/N-Aufnahme) war mit 25 % bei der Ration mit dem größten RKS-Anteil am geringsten, während die stark MS-betonte Ration einen Wert von 29 % aufwies.

Tabelle 4. Effekte des Ersatz von Maissilage durch Rotkleesilage (RKS) in Rationen von Milchkühen.

	Ration[1]					P-Wert[2]		
	RKS_{15}	RKS_{30}	RKS_{45}	RKS_{60}	SEM	Ration	L	Q
Futteraufnahme(kg TM/d)	22,4[a]	21,5[a]	19,8[b]	19,8[b]	0,66	**	**	0,25
Milchleistung (kg/d)	35,9[a]	34,9[a]	32,3[b]	30,2[c]	0,98	**	**	†
Milchinhaltstoffe (%)								
Fett	4,00[ab]	3,94[b]	4,04[a]	3,97[ab]	0,07	*	0,84	0,83
Protein	3,20[a]	3,12[b]	3,09[b]	3,01[c]	0,06	**	**	0,80
Harnstoff (mg/kg)	308[a]	303[a]	292[b]	303[a]	5,78	**	*	**
N-Aufnahme (g/d)	628[a]	611[a]	553[b]	561[b]	18,7	**	**	0,24
(N in Milch/ N-Aufnahme; %)	29[a]	28[a]	28[a]	25[b]	1,0	**	**	†

Quelle: Schulz et al. (2015, 2016). [1]RKS-Anteil in der gesamten Ration (%) 15 (RKS_{15}), 30 (RKS_{30}), 45 (RKS_{45}) und 60 (RKS_{60}). [2]L, Linear; Q, Quadratisch. SEM, Standardfehler des Mittelwertes. N, Stickstoff. [abc]Mittelwerte unterscheiden sich mit * $P<0,05$; ** $P<0,01$; †$0,05 \leq P<0,10$.

In einer weiteren Studie (Moorby et al., 2016) wurde ebenfalls MS durch RKS ersetzt (Tabelle 5). Die Kühe erhielten 4 kg Kraftfutter und eine Grundration, die aus einer Mischung von MS und RKS bestand. In der Grundration wurde der Anteil der MS stufenweise durch 10, 50 und 90 % RKS ersetzt. Der RKS-Anteil wies einen nicht-linearen Effekt auf die Futteraufnahme auf. Die Futteraufnahme stieg um 1 kg auf 20,5 kg TM/d bei einem Mischverhältnis von 1:1 und sank auf 19,5 kg TM/d bei hohem RKS-Anteil. Die Milchleistung zeigte einen entsprechenden Verlauf, die maximale Milchleistung wurde bei 50 % RKS in der Grundration erreicht. Der Fettgehalt in der Milch stieg an, der Proteingehalt verringerte sich allerdings von 3,1 auf 3,0 %. Die N-Aufnahme stieg mit zunehmendem RKS-Anteil an, wodurch die N-Effizienz von 33 auf 25 % deutlich abnahm. Die Ergebnisse zur N-Effizienz stimmen mit der zuvor genannten Untersuchung überein. Im Gegensatz zur ersten Studie erhöhte sich hier jedoch der XP-Gehalt mit steigendem RKS-Anteil von 11 auf 16 %, da ein entsprechender Ausgleich zwischen den Rationen nicht vorgenommen wurde.

Tabelle 5. Effekte des Ersatzes von Maissilage durch Rotkleesilage (RKS) in Rationen von Milchkühen.

	Ration[1]				P-Wert[2]	
	RKS_{10}	RKS_{50}	RKS_{90}	SEM	L	Q
Futteraufnahme (kg TM/d)	19,6	20,5	19,5	0,32	0,74	**
Milchleistung (kg/d)	26,1	27,3	25,7	0,54	0,40	**
Milchinhaltstoffe (%)						
Fett	3,67	3,75	3,89	0,14	0,12	0,82
Protein	3,09	3,06	2,99	0,02	**	0,25
N-Aufnahme (g/d)	394	534	556	16,6	**	**
N-Effizienz (N in Milch/ N-Aufnahme; %)	33	28	25	1,1	**	0,18

Quelle: Moorby et al. (2016). [1]RKS-Anteil in der Grundration (%) 10 (RKS_{10}), 50 (RKS_{50}), und 90 (RKS_{90}). [2]L, Linear; Q, Quadratisch. SEM, Standardfehler des Mittelwertes. N, Stickstoff. *P<0,05; ** P<0,01.

Diskussion

Es ist bekannt, dass Leguminosen im Allgemeinen höhere Fermentationsraten für die OM, d. h. einen schnelleren Abbau der Futterpartikel im Pansen, im Vergleich zu GS aufweisen. Damit ist auch eine schnellere Entleerung des Pansens verbunden, was eine höhere Futteraufnahme und Milchleistung mit steigendem RKS-Anteil erklären kann.

Darüber hinaus beeinflusst der Einsatz von RKS den Anteil von mehrfach ungesättigten Fettsäuren in der Milch, u.a. Linolsäure und α-Linolensäure, in positiver Weise. Dies wird durch den höheren Gehalt dieser Fettsäuren in der RKS, die schnellere Passage des Panseninhalts sowie eine Reduktion der Lipolyse im Pansen aufgrund des Enzyms PPO begründet. Langkettige Fettsäuren beeinträchtigen die *de novo*-Synthese von Fettsäuren in der Milch, was zu einer Reduktion des Milchfettgehalts führt.

Durch die PPO-Aktivität können auch Phenol-Aminosäuren-Komplexe entstehen, was möglicherweise zu einer Reduktion der Verdaulichkeit der Aminosäuren im Dünndarm führen kann. Des weiteren weist RKS einen niedrigen Gehalt an Methionin und Cystein im XP auf. Durch den ebenfalls niedrigeren Energiegehalt von RKS ist mit einer geringeren Menge an mikrobiellem XP, jedoch mit einem hohen Ammoniak-Spiegel im Pansen zu rechnen. Die Reduktion der mikrobiellen XP-Synthese wird durch den höheren UDXP-Gehalt nicht kompensiert. Alle Faktoren zusammen wirken sich negativ auf dem Milchproteingehalt aus. Höherer Ammoniakgehalt im Pansen, höhere Harnstoffgehalte in der Milch und höhere N-Ausscheidung über den Harn werden durch den höheren Gehalt an Nicht-Protein-Stickstoff von RKS verursacht. Dies wiederum führt i.d.R. zu einer Reduktion der N-Effizienz mit steigendem Anteil an RKS. Daher ist in der praktischen Rationsgestaltung darauf zu achten, dass es durch den Einsatz von RKS nicht zu einer Überschreitung

des zur Bedarfsdeckung notwendigen XP-Gehalts der Ration kommt und ein entsprechender Ausgleich mit energiereichen Futterkomponenten erfolgt.

Schlussfolgerung

RKS besitzt ein erhebliches Potential als Proteinlieferant in der Milchviehfütterung aufgrund des höheren Anteils an UDXP im XP und dadurch eines höheren UDXP- sowie höheren nXP-Gehalts im Futter. Allerdings weist RKS in der Regel eine geringere Energiedichte auf. Mit RKS kann die Futteraufnahme und Milchleistung als Mischungspartner mit GS erhöht werden. Eine Verbesserung der Effizienz der N-Verwertung kann nicht erwartet werden. Sehr hohe Anteile von RKS in der Ration sind nicht zu empfehlen und erfordern einen Ausgleich mit energiereichen Futterkomponenten. Für eine umfassende Bewertung des Potentials der RKS in der Milchviehfütterung müssen jedoch neben den Effekten auf Leistungsparameter und N-Effizienz weitere Aspekte wie Kraftfutterkosten, die Ökobilanz des Betriebes sowie pflanzenbauliche Aspekte einbezogen werden.

Literatur

Halmemies-Beauchet-Filleau A, A Vanhatalo, V Toivonen, T Heikkilä, MRF Lee, KJ Shingfield. 2014. Effect of replacing grass silage with red clover silage on nutrient digestion, nitrogen metabolism, and milk fat composition in lactating cows fed diets containing a 60:40 forage-to-concentrate ratio. J Dairy Sci 97:3761-3776.

Moorby JM, NM Ellis, DR Davies. 2016. Assessment of dietary ratios of red clover and corn silages on milk production and milk quality in dairy cows. J Dairy Sci 99:7982-7992.

Moorby JM, MRF Lee, DR Davies, EJ Kim, GR Nute, NM Ellis, NDS Scollan. 2009. Assessment of dietary ratios of red clover and grass silages on milk quality in dairy cows. J Dairy Sci 92:1148-1160.

Schulz F, E Westreicher-Kristen, K Knappstein, A Susenbeth. 2015. Performance of lactating dairy cows fed different proportions of red clover silage in the diet. Proc Soc Nutr Physiol 24:21.

Schulz F, E Westreicher-Kristen, K Knappstein, J Molkentin, A Susenbeth. 2016. Partitioning of dietary nitrogen in lactating dairy cows fed different proportions of red clover silage in the diet. Proc Soc Nutr Physiol 25:134.

Universität Hohenheim-Dokumentationsstelle. 1997. DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer. Frankfurt am Main, DLG-Verlag.

Alternative Tierproduktionsformen am Beispiel der Aquakultur in Kreislaufanlagen – worauf es bei der Standortsuche ankommt

Meyer, S.[1], Schulz, C.[2,3]

[1]Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein
[2]Institut für Tierzucht und Tierhaltung, [3]Gesellschaft für Marine Aquakultur mbH

Einleitung

Die Aquakultur von Fischen und Garnelen stellt weltweit einen der bedeutendsten Wirtschaftszweige der Ernährungsbranche dar. Der Konsum von Fisch und Meeresfrüchten ist in Deutschland zwar sehr hoch, aber weniger als 20% der Produkte werden im Inland produziert. Aus Rücksicht auf immer knapper werdende Wildfischbestände und im Sinne einer gesteigerten regionalen Selbstversorgung ist es erstrebenswert mehr Aquakultur in der Region zu betreiben. Auf Grund der im internationalen Vergleich hohen spezifischen Produktionskosten und aus Gründen der Ressourceneffizienz erscheint vor allem die Produktion von hochpreisigen Fischen und Krustentieren in geschlossenen Kreislaufanlagen (KLA) wirtschaftlich sinnvoll.
Der Europäische Zander (*Sander lucioperca*) und die pazifische Weißbeingarnele (*Litopenaeus vannamei*) sind für die Produktion in Warmwasser-KLA geeignet. Solche Anlagen können nahezu an jedem Standort technisch umgesetzt werden. Ihre Wirtschaftlichkeit wird aber nicht zuletzt durch harte und weiche Standortfaktoren bestimmt. Hierbei stehen vor allem die spezifischen Energie- und Medienkosten und die Entfernung zum Absatzmarkt an erster Stelle. Der Standortsuche und -auswahl kommt deswegen eine Schlüsselrolle für den wirtschaftlichen Erfolg zu. In Deutschland existieren bisher nur sehr wenige vorbereitete Standorte für die Ansiedlung von KLA. Im Grundsatz kommen hierfür Gewerbegebiete in räumlicher Nähe zu anderen Industrien in Frage. Wenn diese benachbarten Industrien außerdem über frei nutzbare Wärmekapazitäten und andere potentiell relevante Synergien verfügen, steigert dies die Attraktivität des Standortes.
Die hier vorgestellten Daten sind Bestandteil einer umfassenden betriebswirtschaftlichen, technischen und regionalwirtschaftlichen Analyse der Ansiedlung von Aquakulturanlagen in der Nähe von oder in einem Industriepark in der Region Unterelbe unter besonderer Berücksichtigung von Synergieeffekten, die durch die Nutzung von vorhandenen Wasser-, Wärme- und Energiekapazitäten bestehen. Der Wortlaut der Studie kann auf der Internetseite des Kompetenznetzwerk Aquakultur (KNAQ) Schleswig-Holstein heruntergeladen werden [1].

Technische Rahmenbedingungen

Zielart: Zander

Der Europäischer Zander (*Sander lucioperca*) ist eine in Mittel- und Nordeuropa beheimatete Fischart aus der Familie der Barschartigen. Er bevorzugt Wassertemperaturen von 20 bis 26 °C und reines Süßwasser, toleriert aber auch Temperaturen zwischen 15 und 30°C und Brackwasser mit Salzgehalten von bis zu 11 PSU.

Die vorliegende Studie bezieht sich ausschließlich auf die Abwachs- bzw. Mastphase in geschlossenen Kreislaufanlagen (KLA). Die Mast beginnt mit dem Besatz einer KLA mit vorgestreckten, trockenfutter-adaptierten Setzlingen von ca. 10 bis 100 g. Die Produktion erfolgt in vier Zyklen pro Jahr, d.h. die KLA wird alle drei Monate mit neuen Setzlingen nachbesetzt, während die heranwachsenden Tiere fortlaufend nach ihren Größen sortiert und in größere Becken umgesetzt werden.

In der Mast werden die Tiere mit energiereichem Trockenfutter gefüttert und bei Wassertemperaturen von 24°C gehalten. Die Wachstumsrate des Zanders wird, wie bei allen wechselwarmen Organismen, vor allem durch die Temperatur bestimmt. Unter optimalen Bedingungen kann der Zander innerhalb von 12 bis 15 Monaten vom Setzling (10 g) zum marktreifen Produkt (800 – 1000 g) gemästet werden. Es ist die Aufgabe der Anlagentechnik und des Betreibers der Mastanlage diese Optimalbedingungen ganzjährig sicherzustellen. Die hohen spezifischen Betriebskosten einer KLA geben nur sehr wenig Spielraum beim Verlassen dieser Optimalwerte, denn dies führt unweigerlich zu verminderter Futteraufnahme, Wachstumseinbußen oder sogar Bestandsausfällen.

Für die vorliegende Studie wird eine mittlere Marktgröße von 900 g Rundgewicht angenommen. Die entsprechend herangewachsenen Tiere werden für zwei Tage ausgenüchtert und anschließend geschlachtet und verarbeitet. Die Tötung erfolgt durch ein Elektrobad und anschließenden Kiemenschnitt und Ausblutung. Sie werden dann manuell ausgenommen, d.h. Organe werden entnommen, und gereinigt. Das fertige Produkt wird dann als „Zander amK“, d.h. ausgenommen mit Kopf bezeichnet. Es wird mit einer Schlachtkörperausbeute von 90% kalkuliert. Fische dieser Größe besitzen einen Filetanteil (ohne Haut) von ca. 45%, d.h. dass ein 900g Zander insgesamt 405g Filet, bzw. zwei Filets à 200 g, liefert. Die Übergabe an den Kunden bzw. Zwischenhändler erfolgt auf Scherbeneis in Styroporboxen.

Zielart: Weißbeingarnele

Die Pazifische Weißbeingarnele (*Litopenaeus vannamei*) ist ein Zehnfußkrebs aus der Familie der Penaeiden. Sie stammt aus dem östlichen Pazifik, wo sie von Mexiko (Norden) bis Ecuador (Süden) an allen Mittelamerikanischen Küsten verbreitet ist. Die frühen Lebensstadien dieser Garnelenart leben als Plankton in der freien Wassersäule von Flussmündungen und Mangrovenwäldern, während die erwachsenen Tiere am Meeresboden in bis zu 70m Tiefe anzutreffen sind. Aufgrund der geographischen Lage fällt die Wassertemperatur das ganze Jahr über nicht unter

20°C. Die Salzgehalte dieser Lebensräume reichen von brackigem Süßwasser (4 PSU) bis zu marinem Salzwasser (40 PSU).
Diese Garnelenart besitzt eine herausragende Bedeutung in der weltweiten Aquakultur. Sie wird seit Ende der 1960er Jahre produziert. Mit einer Jahresproduktion von 3,3 Mio Tonnen (FAO-Angaben 2013) ist sie in Hinblick auf Gesamtwert und -volumen die wichtigste in Aquakultur produzierte Krustentierart der Welt. Hiervon werden Schätzungen zufolge mehr als 16.000 Tonnen (Kategorie tropische Garnele, 2014) jedes Jahr nach Deutschland importiert.
Die Bereitstellung der Setzlinge erfolgt durch einen Setzlingsbetrieb in den USA, der die Postlarven (PL) mit einem Anfangsgewicht von 0,01 g in gewünschter Menge in Styropor-Boxen per Luftfracht liefert. Der Besatz erfolgt alle zwei Monate mit frisch gelieferten, ca. 10 bis 15 Tage alten PLs. Diese werden in das erste Segment der Langstrombecken gesetzt, nachdem die vorhergehende Kohorte in diesem Becken in das nächste folgende Segment verschoben wurde. Die Tiere erhalten auf diesem Weg stets den notwendigen Raum, der ihrer Körpergröße bzw. Besatzdichte entspricht. Sie werden nicht sortiert, da bei dem händischen Umgang (z.B. Keschern) die Sterblichkeiten unakzeptabel hoch sind. Bei optimierter Futterbereitstellung lassen sich Kannibalismus und Größenvariabilität in einem vertretbaren Maße begrenzen.
In der Mast werden die Tiere mit energiereichem Trockenfutter gefüttert und bei Wassertemperaturen um 28°C gehalten. Dabei erreichen die Tiere innerhalb von 6 Monaten ihre Marktgröße von 25-30g. Die optimalen Haltungsbedingungen für Weißbeingarnelen in KLA sind nur unzureichend bekannt. Alle Annahmen beruhen auf Referenzen aus anderen Produktionsformen (nicht KLA, überwiegend Erdteiche) außerhalb Europas oder stammen aus den Erfahrungen der wenigen Pilotanlagen, die bis dato in Betrieb sind oder waren.
Die Ernte erfolgt nach kurzer Ausnüchterung (<24 h) im letzten Segment der Langstrombecken. Nach der Tötung erfolgt keine weitere Verarbeitung. Im Gegensatz zu wildgefangenen bzw. in Teichen kultivierten Garnelen ist der Darm der KLA-Garnelen bereits entleert und muss nicht manuell entfernt werden.

Produktionstechnik
Die Kreislaufanlagen (KLA) für die Produktion der beiden Arten (Zander und Garnele) werden in getrennten Hallen installiert und ohne regulären Tier- und Medien-Kontakt getrennt voneinander betrieben. Personal, Material und andere Infrastrukturen werden gemeinsam verwendet. Beide Anlagen teilen sich ein gemeinsames Schlacht- und Verarbeitungsgebäude und einen gemeinsamen Verwaltungs- und Sozialtrakt. Außerdem erfolgt die Medienbereitstellung (insb. Wasser und Wärme) und Entsorgung (Abwasser) über ein gemeinsam genutztes Versorgungsgebäude.
Die Anlage zur Zanderproduktion besteht aus 15 unabhängigen Kreislaufmodulen, d.h. getrennten Wasserkörpern, mit jeweils 8 bis 36 Becken pro Modul. Die große

Anzahl von getrennten Becken ist beim Zander erforderlich, um ausreichend räumliche Möglichkeiten für die Größensortierung, insbesondere bis zum Ende der II. Mastphase (400g) zu haben.
Die Anlage zur Garnelenproduktion besteht aus vier unabhängigen Kreislaufmodulen, d.h. vier getrennten Wasserkörpern, mit insgesamt acht Langstrombecken (35*5*0,7m, PE-HD-Doppelstegplatten) in Doppelstockbauweise. Jeweils zwei Langstrombecken, die sich auf derselben Ebene befinden, sind an einen Wasserkreislauf angeschlossen und teilen sich eine Wasseraufbereitung. Die Becken verfügen über seitlich umlaufende Netzwände zum Schutz gegen herausspringende Tiere und bewegliche Beckenabtrennungen, die es ermöglichen verschiedene Produktionschargen (verschieden alte Tiere) im selben Becken voneinander getrennt zu halten (Segmentierung).
Die Wasseraufbereitung dieser Kreislaufsysteme besteht aus Trommelsieben zur Beseitigung von partikulärem organischem Material mit 40 µm Nylon-Siebgaze, Eiweiß-Abschäumern zur Beseitigung von fein-partikulärem organischen Material, Bewegbettbiofiltern zur aeroben Umwandlung von Ammonium (NH_4^+) zu Nitrat (NO_3^-), Denitrifikationsreaktoren zur anaeroben Umwandlung von Nitrat (NO_3^-) zu Luftstickstoff (N_2), diversen Einrichtungen zur Belüftung und Sauerstoffanreicherung, Ozongeneratoren zur Desinfektion des Prozesswassers und außerdem Wärmetauschern, Becken zur Meerwasser-Anmischung, Notsauerstoffversorgung, Futterautomaten für Brut und Mast, Schaltschrank mit Steuerungstechnik und diversen Sensoren (Sauerstoff, Leitfähigkeit, pH, Redox, Wasserstand und Temperatur).

Der Flächenbedarf der Aquakulturanlage, zuzüglich Nebengebäude und Zuwege, beläuft sich auf ca. 2,8 ha (ca. 180 * 150 m). Maßgeblich sind dabei die beiden Produktionshallen für Zander (80*150m, 4,00 m Traufhöhe) und Garnele (56*30m, 4,20 m Traufhöhe). Die Hallendecken und -wände bestehen aus 80 bzw. 120 mm dicken Sandwichpaneelen mit PUR-Hartschaumfüllung, um entsprechende Wirkungen in der Wärmedämmung und Schallisolierung zu erzielen. In jeder Halle sind abgetrennte Räume für die Lagerung von Futter, Salz und anderen Betriebsstoffen, sowie ausreichende Freiflächen für den Besatz und die Entnahme von Tieren, die Tötung und zwischenzeitliche Verpackung zur Überführung zum Verarbeitungsgebäude vorgesehen.

Energie- und Medienbedarf
Beide KLA verwenden Frischwasser in Trinkwasser-Qualität zur Befüllung der Anlage für den regelmäßigen Wasseraustausch und für diverse Spülprozesse. Der für die Garnelen benötigte Salzgehalt wird durch die Zugabe von formuliertem Meersalz erreicht. Die beiden KLA benötigen jeden Tag 171 m³ Wasser. Für die Verarbeitung, sanitäre Anlagen und Fahrzeugwäsche werden zusätzlich 11,4 m³ pro Tag (Durchschnitt 365 Kalendertage) benötigt. Ein Teil dieses Wassers könnte aus Brauchwasser (z.B. Regenwasser) bestritten werden. Die Ansprüche an die Hygiene

in der Fisch-Verarbeitung machen den Einsatz von Stadtwasser/Leitungswasser (nahezu) zwingend erforderlich.
In beiden KLA fallen wässrige Abwässer und Schlämme an. Die wässrigen Abwässer entstehen als Ablaufwasser durch Spülvorgänge, Umsetzen von Tieren, Entleeren von Behältern und durch den direkten Austausch von Wasser zur Einhaltung bestimmter Wasserqualitätsparameter. Schlämme entstehen beim Aufkonzentrieren des Trommelsieb-Rückspülwassers und bei der ggf. zu installierenden Abwassernachbehandlung in der Verteilerstation. Unter Berücksichtigung des Einsatzes einer Denitrifikation und der Rückgewinnung eines Teils des Spülwassers aus den Trommelsieben durch eine weitere Aufkonzentration beträgt das Abwasseraufkommen der Zander-KLA 141 m³ pro Tag entsprechend ca. 6 m³ pro Stunde und der Garnelen-KLA 16,4 m³ pro Tag entsprechend ca. 0,7 m³ pro Stunde.
Für die Direkteinleitung in ein Oberflächengewässer sind diese Abwässer u.U. geeignet. Eine Nachbehandlung erscheint in diesem Fall geboten, um die P- und N-Gehalte noch weiter zu senken. Sämtliche Abwässer der Aquakultur sind frei von sonstigen „kritischen“ Substanzen, bzw. weit unter einschlägigen Grenzwerten (z.B. Hg, Cd, Cr, Ni, Pb, Cu).
Der Schlamm aus der Zander-KLA beinhaltet nur sehr geringe Salzmengen und ist deswegen für den Einsatz als Dünger und als Biogassubstrat geeignet. Der Schlamm aus der Garnelen-KLA beinhaltet Salzgehalte von bis zu 15 mg/l und ist deswegen nur bedingt für die Düngung und den Biogassubstrateinsatz geeignet. Eine energetische Verwertung in Form von Biogassubstrat bzw. Dünger kommt in Frage.
Der Wärmebedarf der beiden KLA beträgt 3.987 MWh pro Jahr. Der elektrische Energiebedarf der beiden KLA und anderer Infrastrukturen liegt bei 2.578.640 kWh / Jahr. Die beiden KLA werden mit 11 Personen festem Stammpersonal betrieben. Im Bereich der Verarbeitung werden 10 Personen zum Einsatz kommen. Das Stammpersonal besteht aus Betriebsleitern, Fischwirten, Produktions-/Verarbeitungs-Fachkräften und Hilfskräften.

Rechtliche Rahmenbedingungen
KLA-Aquakultur kann im Sinne des §35 BauGB ein privilegiertes Vorhaben sein, welches die Bebauung im Außenbereich (unabhängig von Flächen- und Bebauungsplanung) rechtfertigt. Es gelten strenge Vorgaben zur Schonung des Außenbereichs, zur Nachhaltigkeit des Vorhabens und zur konkreten Umsetzung. Für den Fall, dass eine Bebauung im Außenbereich angestrebt wird, muss die Privilegierung im Rahmen einer Bauvoranfrage frühzeitig beurteilt werden. Tatbestände zur Rechtfertigung einer Privilegierung können sich zum Beispiel durch die Zuordnung zu einem existierenden landwirtschaftlichen Betrieb oder durch ausreichende Futtermittelbereitstellung aus eigenem Flächenertrag ergeben. Außerdem sind Formen der Aquakultur, die der berufsmäßigen Binnenfischerei zuzuordnen sind, privilegiert.
Die hier beschriebene Aquakultur-Anlage kann auch im Innenbereich, d.h. in erschlossenen Gewerbegebieten, realisiert werden. Der Vorteil der Ansiedlung im Innenbereich besteht in dem vereinfachten Genehmigungsverfahren, d.h. in der Regel

im Rahmen einer Bauvoranfrage innerhalb von 3 Monaten eine Entscheidung ob gebaut werden darf. Je nach Wasserversorgung und Entsorgung (z.B. Direkteinleitung) kann es notwendig sein, eine Befreiung von der Anschlusspflicht zu erwirken. Ausführliche Informationen hierzu liefert ein vom Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (MELUR) veröffentlichter Genehmigungsleitfaden [2].

Betriebswirtschaftliche Darstellung

Investition

Der Investitionsumfang des Gesamtvorhabens beläuft sich auf ca. 16,7 Mio €. In diesen Kosten sind alle baulichen Maßnahmen für die beiden KLA-Hallen und die Verarbeitung inklusive gebäudetechnischer Installationen, technische Ausstattung KLA-Technik, technische Ausstattung Verarbeitung, inklusive Kühl-, Verpackungs- und Hygienebereiche, Kühlfahrzeug und weitere Flurförderfahrzeuge enthalten (Tab. 1). Die Abschreibungszeiten für diese Positionen belaufen sich auf 5 (Fahrzeuge), 10 (KLA-Technik) bzw. 20 Jahre (Gebäudehüllen). Somit ergibt sich eine mittlere, lineare Abschreibung von ca. 1,3 Mio € pro Jahr.

Tab. 1: Investitionskosten für das hier beschriebene Vorhaben zum Aufbau einer Zander- und Garnelenproduktion in KLA und entsprechender Nebengebäude für die Verarbeitung.

Bereich	**Beschreibung**	**Abschreibung**	**Preis**
Zander		Jahre	
Halle	Halle, Fundament, Ausstattung	20	2.500.000 €
Anlagentechnik	Tanks, Wasseraufbereitung	10	8.400.000 €
Summe			10.900.000 €
Garnele			
Halle	Halle, Fundament, Ausstattung	20	1.430.350 €
Anlagentechnik	Tanks, Wasseraufbereitung	10	2.471.850 €
Summe			3.902.200 €
Verarbeitung			
Halle	Halle, Fundament, Ausstattung	20	1.000.000 €
Technik	Verarbeitungsstraße	10	490.096 €
Sonstige	Büro, Verarbeitung, Kühlung	10	351.040 €
Fahrzeuge	Kühlfahrzeug, Stapler, Hubwagen	5	95.000 €
Summe			1.936.136 €
SUMME			**16.738.336 €**

Betriebskosten

Die Betriebskosten für die Zanderproduktion belaufen sich auf ca. 2,3 Mio € jährlich. Unter Berücksichtigung der weiteren Kosten (Abschreibung, Kapitaldienst, Risikoansatz, Anteil Verarbeitung) belaufen sich die Gestehungskosten auf 4,3 Mio €, bzw. 9,57 € pro kg produziertem Fisch (amK). Bei einer moderaten Preisannahme für die Vermarktung von Zander (amK) in Höhe von 12,00 € kg (netto) ergibt sich eine jährliche Profitabilität von 1.093.662 € bzw. eine spezifische Gewinnmarge von 20%. In dieser Kalkulation sind keinerlei Steuern oder sonstige Folgekosten berücksichtigt.

Die Betriebskosten für die Garnelenproduktion belaufen sich auf ca. 0,54 Mio € jährlich. Unter Berücksichtigung der weiteren Kosten (Abschreibung, Kapitaldienst, Risikoansatz, Anteil Verarbeitung) belaufen sich die Gestehungskosten auf 1,1 Mio €, bzw. 35,66 € pro kg produzierter Garnele (HOSO). Bei einer ambitionierten Preisannahme für die Vermarktung von Garnele (HOSO) in Höhe von 46,00

€ kg (netto) ergibt sich eine jährliche Profitabilität von 300.150 € bzw. eine spezifische Gewinnmarge von 22%. In dieser Kalkulation sind keinerlei Steuern oder sonstige Folgekosten berücksichtigt.

Standortfaktoren
Wie aus den oben genannten Beschreibungen ersichtlich entscheiden neben dem Vorhandensein von Wärmekapazitäten und Flächen vor allem auch der Erschließungsgrad und die spezifischen Energie- und Medienkosten über die Leistungsfähigkeit eines Aquakultur-Standortes. Diese harten und weichen Standortfaktoren stellen für einen interessierten Investor eine wichtige Grundlage für eine Ansiedlungsentscheidung dar (siehe Tab. 2).

Tab. 2: Harte und weiche Standortfaktoren zur Bewertung der Leistungsfähigkeit eines Aquakultur-Standortes.

„Harte“ Standortfaktoren	**„Weiche“ Standortfaktoren**
Flächenpreis	Genehmigungsverfahren
Strompreis	Expansionsmöglichkeiten
Wärmepreis	Anteil erneuerbare Energien und andere Nachhaltigkeitsindikatoren
Wasserpreis	Image des Standortes
Abwasserpreis	Fachkräfteverfügbarkeit
Erschließungsgrad	Nähe zu Wissenschaft
Investitions-Förderung	Innovations-Förderung
Logistik	Regionale Supply Chain
	Weitere Synergien (ggf. ohne geldwerten Vorteil)

Zusammenfassung

Die Aquakultur in Kreislaufanlagen (KLA) ist eine gewünschte Form der Tierproduktion in Schleswig-Holstein. Sie erzeugt hochwertige, regionale Lebensmittel in einer nachhaltigen und ressourcenschonenden Art und Weise. Auf Grund der hohen Nachfrage nach derart produzierten Fischprodukten auf dem deutschen und europäischen Markt sind hinreichend vielversprechende Rahmenbedingungen zur langfristig wirtschaftlichen Produktion in KLA gegeben. Die Wirtschaftlichkeit der Produktion hängt allerdings in hohem Maße von der Auswahl von Art, Technik und Vermarktungsweg ab. Beim Aufbau eines Aquakulturbetriebes kommt der Standortauswahl eine wichtige Rolle zu, um langfristig Betriebskosten zu sparen. Synergien im Bereich Energie, Medien, Verarbeitung und Logistik können hierzu zusätzlich genutzt werden. Das Kompetenznetzwerk Aquakultur (KNAQ) des Landes Schleswig-Holstein berät interessierte Quereinsteiger kostenlos.

Danksagung
Die diesem Beitrag zugrundeliegende Konzeptstudie wurde angefertigt im Auftrag der Projektentwicklung Stade GmbH & Co. KG und im Rahmen des von der Metropolregion Hamburg geförderten Projektes „Länderübergreifendes Regionalmanagement für den Wirtschaftsraum Unterelbe“ realisiert.

Literatur

[1] Meyer et al (2016) Konzeptstudie zur Nutzung der Synergieeffekte zwischen Industrieparks und Ernährungswirtschaft insbesondere der Aquakultur in der Region Unterelbe. Online, Abruf 02.05.2017. http://www.knaq-sh.de/fileadmin/daten/dateien/KNAQ/DE/Konzeptstudie_Aquakultur_Unterelbe_final_.pdf
[2] MELUR (2014) Genehmigungsleitfaden Aquakultur Binnenland. Online, Abruf 02.05.2017. http://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/F/fischerei/aquakultur.html

Smart Agriculture & Landwirtschaft 4.0 – ein Weg für QS in der Landwirtschaft

Eberhard Hartung und Martin Kunisch

Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, KTBL Darmstadt

Smart Agriculture

Smart Agriculture stellt eine Weiterentwicklung des Precision Agriculture dar und beschäftigt sich insbesondere mit den Bereichen, in denen Precision Agriculture noch Defizite hat, z.B. dem einfachen und kompatiblen Datenmanagement. So konnten raum- und zeitbezogenen Daten wie auch andere relevante Sensordaten und Informationen bisher noch nicht zuverlässig in neue Strategien zur (Pflanzen-/Tier) Bestandes- oder Betriebsführung integriert werden. Darüber hinaus ist die Verknüpfung öffentlicher wie auch betrieblicher Informationsquellen nach wie vor nicht unproblematisch. Zudem fehlen automatisierte Entscheidungshilfen, die die Netzwerke verschiedener (elektronisch/digital vorliegender) Informationsquellen nutzen, um die Produktionsprozesse und (Tier-)Haltungsbedingungen zu unterstützen und zu optimieren.

Ein wesentlicher Bestandteil des Smart Agriculture sind autonome Maschinen, Geräte und Verfahren, die „Kontext-Sensitiv“ reagieren. Erfasst wird hierbei die Veränderung bzw. Entwicklung der Situation und Rahmenbedingung, in der ein Verfahren/Gerät arbeitet (Veränderung der Witterung bei Ernteverfahren, Veränderung der Verkehrssituation bei der Logistik, Veränderung des Tierverhaltens, etc.). Diese Information wird als Grundlage für die Anpassung des Steuer-/bzw. Regelungsverhaltens genutzt; die Maschine wird also „intelligenter“. Um den jeweiligen Kontext und seine Veränderung erfassen zu können, sind (möglichst berührungslose) Sensoren und Algorithmen nötig, die die zukünftige Entwicklung abschätzen und daraus konkrete Handlungs- und Entscheidungsanweisungen ableiten. Hierzu werden nicht mehr nur einzelne Sensoren, die jeweils funktionsspezifisch nur einem Aktor systemintern (z.B. innerhalb des Systems Erntemaschine) zugeordnet sind, genutzt, sondern systemübergreifende (z.B. Kommunikation zwischen Erntegerät und Überladewagen) Multi-Sensorsysteme, die mittels Datenfusion durch eine allgemein zugängliche Daten-Informationsplattform auf einen genormten Informations-BUS-System zugreifen können.

Aus diesen Zusammenhängen ergeben sich folgende grundlegende Anforderungen an Komponenten von „smarten Systemen“:

- Sie sind wissensbasiert, d.h. sie verfügen über entsprechende Algorithmen zur Datenanalyse und zur Modellierung der Wechselwirkungen im aktuellen und zu erwartenden Kontext (embedded knowledge);
- Sie sind an jedem Ort und zu jeder Zeit flexibel integrierbar;
- Sie stellen selbstständig den interaktiven Kontakt zu anderen Komponenten sowie zur Datenverarbeitung und zu möglichen Aktoren her;
- Sie sind jederzeit anpassbar und „offen“ für Justierungen/Kalibrierungen und „Interventionen“ durch den Anwender;
- Sie verfügen über möglichst transparente Verarbeitungs- und Entscheidungswege, um Vertrauen und Akzeptanz zu fördern (d.h. eher Nutzung von „grey-box“ als „black-box“-Modellen);
- Sie funktionieren weitgehend oder völlig automatisch bzw. autonom, aber mit der „mündigen“ Integration des Bedieners.

Smart Agriculture basiert somit zwar zunächst auf den Methoden und Technologien des Precision Agriculture, ist darüber hinaus aber auf sehr informationsintensive Technologien wie z.B. Sensor-Fusion und autonome selbstlernende Netzwerke angewiesen, welche dann verfahrenstechnische kontext-sensitive Steuer-/Regelungssysteme, Automatisierung und Robotik (z.B. Farmbots und Farmdrones) und Management- bzw. Entscheidungshilfesysteme für gesamte Prozessketten speisen und in ihrer Gesamtheit transparent dokumentieren können. Smart Agriculture besteht somit aus drei zentralen „Bereichen“:

- Bestandsmanagement von: Pflanze, Tier, ... (Reststoffe, Energie, ...);
- Kommunikations- und Datenmanagement;
- Steuerung, Regelung, Automatisierung von Verfahrenstechnik und Prozessen, Maschinen, etc.

Durch die Vernetzung der drei Bereiche hat Smart Agriculture das Potential (insbesondere) Familienbetriebe (kleinräumig, Spezialkulturen, Erhalt von seltenen Sorten/Arten) und den Ökologischen Landbau zu unterstützen und trägt somit entscheidend zu einer tier- und umweltgerechten sowie transparenten und akzeptierten landwirtschaftlichen Produktion bei. Um diese zu erreichen müssen jedoch noch:

- gesamte Wertschöpfungsketten sowie
- die Anforderungen und Nachfrage der Verbraucher/Endnutzer integriert werden.

Um Smart Agriculture umzusetzen sind des Weiteren vor allem die nachfolgenden Herausforderungen zu meistern bzw. im Rahmen der „Digitalisierung“ umzusetzen:

- offene, neutrale, übergreifende „Daten(austausch)drehscheibe“;
- Standardisierung der Kommunikationsschnittstellen;
- wissensbasierte Modelle für Management & Entscheidungsfindung (insbesondere vor dem Hintergrund ihre Nutzbarkeit als Indikatoren für die Ziele/Anforderungen der Wertschöpfungskette);
- Vernetzung der „Daten und Dinge“ aller Akteure, Kriterien, Anforderungen und Interessen mittels des Internets-der-Dinge (Internet of Things - IoT).

Internet-der-Dinge IoT

Die Ausgangsbasis für das IoT stellt die Entwicklung der RFID-Technologie zunächst insbesondere im Bereich der Logistik dar, bei der die virtuelle und reale Welt miteinander verschmelzen. Hierbei sollten Computer (virtuelle Welt) in der Lage sein sich selbstständig „ohne den Menschen“ Informationen zu beschaffen; d.h. Dinge (reale Welt) können mittels Transponder durch ein entsprechendes Lesegerät „erkannt“ und ihnen Daten bzw. Informationen zugeordnet werden. Diese Technologie ist im Bereich der Innenwirtschaft/Nutztierhaltung Stand der Technik hinsichtlich der individuellen Erkennung und Rückverfolgung von Nutztieren. Im Bereich der Außenwirtschaft konnte sie sich (noch) nicht durchsetzen; die Forschung fokussierte hier z.B. auf das „elektronischen Getreidekorn“ oder die elektronischen Kartoffel“. Durch die RFID-Technologie erhalten somit „Dinge“ (Menschen, Tiere, Waren, Geräte, etc.) ihre eigene individuelle Identität (individuelle Rückverfolgbarkeit). Gleichzeitig können „Zustände“ erfasst, gespeichert und weitergegeben sowie evtl. Aktionen durch Aktoren ausgeführt werden. Jedes „Ding“, d.h. Individuum, Gerät, Ware, etc. hat somit seine eigene „Identität“ und trägt ein Datenpaket, in dem es sich selbst beschreibt, seine Rolle im System/Prozess definiert und über seine Schnittstellen und Datenformate informiert. Damit wird es möglich, allen Dingen, die bisher auf die Steuerung durch den Menschen/Bediener angewiesen sind, mittels elektronischer Vernetzung (Internet) eine Art „eigenes Leben“ zu geben (enchanted objects) und diese dann intelligent miteinander zu vernetzen (z.B. smart home: der Kühlschrank meldet, wenn Milch eingekauft werden muss; smart livestock farming: das Tier verändert durch sein Verhalten die Bedingung seiner Haltungsumwelt z.B. bezüglich der Fütterung oder Lüftung).

Das IoT basiert somit zusammenfassend auf:

- der individuellen, unverwechselbaren und rückverfolgbaren Kennzeichnung von Objekten;
- der Speicherung individueller Information am/durch das Objekt oder in der dazugehörigen ortsunabhängigen Datenbank (z.B. in einer Cloud);
- der (selbstständigen) Vernetzung der Objekte;
- der individuellen Entscheidungsfindung auf Basis lokal ausgewerteter Information (Kontext-Sensitivität);
- der Nutzung individueller „Dienstleistungen“ auf Abruf zur echtzeitnahen, ereignisorientierten Steuerung von Prozessen.

Die Kommunikation der Dinge erfolgt bei IoT über (offene) Plattformen; die Daten liegen in der Cloud. Die „Welt“ bzw. die Umgebung/der Kontext, in der die Dinge agieren, wird ebenfalls durch die (eigenen) Daten beschrieben. Damit all dies möglichst in Echt-Zeit umgesetzt werden kann, spielt die reale Vernetzung und damit die Verfügbarkeit des Internets eine zentrale Rolle.

Big Data

Die Umsetzung der Idee des IoT führt dazu, dass sehr große, komplexe und sich womöglich schnell ändernde Datenmengen erzeugt, verarbeitet und (sinnvoll) genutzt werden. Wenn diese Datenmengen so gestaltet sind, dass sie manuell oder mit klassischen Methoden der Datenverarbeitung nicht oder nur sehr begrenzt auszuwerten sind, wird auch von sogenannten „Big Data“ gesprochen. Dementsprechend werden für Big-Data-Analysen eigens entwickelte Methoden der Datenspeicherung und -auswertung eingesetzt.

Big Data wird anhand von vier Kriterien, die auch als die vier „V“ bezeichnet werden, charakterisiert: Volume, Velocity, Variety und Veracity:

- Volume: Relevante Datenmengen beginnen im Terabyte-Bereich. Einzelbetriebliche Aufzeichnungen aus dem ISOBUS oder aus dem Stall liegen volumenmäßig noch nicht im Bereich von Big Data.
- Velocity: Spielt in der Landwirtschaft derzeit eine untergeordnete Rolle. Bei der Weiterentwicklung der Analyse von Pflanzenbeständen während der Überfahrt, dem Monitoring des Tierverhaltens oder des Überfluges oder bei der Weiterentwicklung von Telemetrie-Plattformen können künftig aber höhere Verarbeitungsgeschwindigkeiten gefordert sein.
- Variety: Damit sind Daten in vielen verschiedenen Formaten und mit einem sehr unterschiedlichen Strukturierungsgrad gemeint. Dieses Kriterium kommt dann zum Tragen, wenn in der Landwirtschaft damit begonnen wird, vielfältige Datenquellen zu nutzen, um komplexe Szenarien abzubilden.
- Veracity: Notwendigkeit, Daten zu verarbeiten, deren Aussagekraft nicht endgültig gesichert ist. Hier fehlen entsprechende Erfahrungswerte. Es ist zu erwarten, dass die Akzeptanz in der Landwirtschaft zumindest anfänglich vergleichsweise gering sein wird.

Werden die vier „V“ als Kriterien angelegt, so ist die Landwirtschaft zurzeit nur bedingt ein Einsatzgebiet für Big-Data-Technologien. Häufig wird Big Data in einem Atemzug oder gar synonym mit Entwicklungen genannt, die unter dem Begriff „Digitalisierung der Landwirtschaft“ zusammengefasst werden können. Dahinter verbergen sich Entwicklungen der Automatisierung und Robotik einerseits sowie des Datenaustauschs und der Vernetzung andererseits. Auch wenn die Digitalisierung sich sehr stark entwickelt und immer mehr neue Dienstleistungen rund um Daten angeboten werden: der Zusammenhang mit Big Data ist nicht zwingend.

Die bereits oben genannten Entwicklungen werden mittelfristig aber (auch) in der Landwirtschaft Datenmengen entstehen lassen, welche nur mittels Big-Data-Methoden auswertet und genutzt werden können. Denn die Landwirtschaft ist eine sehr komplexe, multifaktoriell beeinflusste Produktionslandschaft, die in vielen Bereichen witterungsabhängig ist und dadurch sehr vielfältig und schwer planbar ist. Das heißt, sie ist intensiv mit der Umwelt und zusätzlich mit der Wirtschaft und der Gesellschaft vernetzt.

Big Data wird dazu führen, dass Forschung, Anwendung und Praxis näher zusammenrücken, da Daten von „Dingen aus der realen Welt“ d.h. von Versuchs- und Praxisbetrieben als Erkenntnisgewinn in einer Art „Virtuelle On-Farm Research“ genutzt werden können. So lassen sich mit Big-Data-Technologien Zusammenhänge aufdecken und Fragen beantworten, deren Erforschung bislang an der Komplexität des Systems und der fehlenden Interdisziplinarität der Forschenden gescheitert ist. Dazu ist jedoch die Infrastruktur für ein gemeinsames öffentliches Forschungsdatenmanagement zu schaffen und die Bereitschaft mitzubringen, individuelle Datenbestände und Erkenntnisse in diesen (öffentlichen) Pool einzubringen. Um die so erfassen Daten adäquat nutzen zu können, muss die Entwicklung gemeinsamer komplexer Modelle in den Vordergrund rücken, an die wiederum angepasste Teilmodelle über definierte Schnittstellen andocken können. Am meisten Überwindung wird es jedoch kosten, Akzeptanz dafür zu entwickeln, dass möglicherweise nicht immer vollständig belastbare und nachvollziehbare Aussagen (z.B. aus „blackbox-Modellen“) zu einzelnen Sachverhalten getroffen werden. Hier bieten Big-Data-Methoden die Möglichkeit, die Unsicherheiten in Modellen transparent zu machen. Um das Big Data der Landwirtschaft in fachkompetenten Händen zu behalten, wäre es hilfreich, die Datenbestände zur landwirtschaftlichen Produktion und Forschung im Rahmen von Public-Private-Partnerships und im Sinne des Open Source und Open Access verfügbar zu machen.

Landwirtschaft 4.0

Die Innovationsinitiative Landwirtschaft 4.0 weist einen noch höheren Grad an Komplexität auf als Smart Agriculture. Denn Ziel der Landwirtschaft 4.0 ist die Verbindung sozial-/gesellschaftlicher Interessen mit den Anforderungen von Verbrauchern an die „Qualität“ der Produktion und deren Produkte. Der Grundansatz der Landwirtschaft 4.0 bedeutet somit:

- Produktionsprozesse intelligent zu vernetzen und vom realen Gesellschafts-/Kunden-/Marktinteresse ausgehend kontinuierlich zu steuern bzw. anzupassen;
- auf Innovationen und Erfahrungen der Industrie 4.0 aufbauend, diese gemäß den speziellen Anforderungen der bioökonomischen Wertschöpfungsketten weiter zu entwickeln;
- eine „Kombination“ von Smart Agriculture, IoT, Social-Media/-Communication und Big Data.

Mittels Landwirtschaft 4.0 können standortspezifische Gegebenheiten und deren spezielle Produktionsweisen als Information an das Produkt gekoppelt sowie Standards definiert werden. Der Verbraucher erhält damit die Möglichkeit, Produkte anhand selbstgewählter Kriterien gezielt auszuwählen. Diese verbesserte Vernetzung von Informationen durch die Landwirtschaft 4.0 kann zur Realisierung einer transparenten, nachhaltigen, umwelt-, tier- und verbrauchergerechten Produktion von Nahrungsmitteln und biobasierten Rohstoffen führen und so ebenfalls zu einem gesunden und nachhaltigen Lebensmittelkonsum beitragen.

Heute erfolgt Big Data jedoch meist ohne Wissen oder Bewusstsein der Gesellschaft durch Strukturen, die unter dem Deckmantel einer Dienstleistung oder der inneren Sicherheit Daten sammeln und mit Big-Data-Technologien auswerten. Wenn diese Situation jedoch nicht neu ge- und bedacht sowie global geregelt wird, geht nicht nur der Nutzen an der Gesellschaft vorbei, sondern auch unsere individuelle Selbstbestimmtheit und die Hoheit über unsere individuellen Daten verloren.

Digitalisierung, Smart Agriculture, IoT und Landwirtschaft 4.0 sind jedoch kein Selbstzweck, sondern sie können einen entscheidenden Beitrag zur Erreichung regionaler und globalen Nachhaltigkeitsziele leisten.

Zukünftige Herausforderungen

Entscheidende Herausforderungen für die reale Umsetzung der Digitalisierung Landwirtschaft bzw. ihrer Prozessketten und Betriebsbeziehungen sind:

- Der überwiegende Anteil der auf landwirtschaftlichen Betrieben vorhandenen Maschinen, Geräte und Verfahren werden mit digitaler Technik ausgestattet und flexibel selbstständig vernetzt;
- Die digitale Kompetenz insbesondere der Anwender von smarten Technologien bzw. dem Internet der Dinge muss noch stark verbessert werden;
- Die Infrastruktur im ländlichen Raum ist hinsichtlich ihrer Netz- bzw. Internetanbindung noch völlig unzureichend;
- Da durch die Digitalisierung Daten nahezu kostenlos und unendlich oft kopierbar sind, sie quasi in Echtzeit verbreitet werden können und faktisch nicht mehr zu löschen sind, muss der individuelle Datenschutz und die Datenhoheit gewährleistet werden;
- Die vorhandenen/erfassten Daten müssen durch Big Data organisiert und analysiert werden;
- Die Datensysteme müssen offen sein und über flexible Schnittstellen verfügen; Insellösungen sind zu vermeiden.

Perspektive Tierwohl – welchen Nutzen haben Schlachthofbefunde?

Marvin Gertz und Joachim Krieter

Institut für Tierzucht und Tierhaltung

1. Einleitung

Die Praxis der tierischen Lebensmittelproduktion rückt aktuell immer stärker in den Fokus der medialen Öffentlichkeit. Dabei werden vor allem die Aspekte des Tierwohls bzw. der Tiergesundheit innerhalb der landwirtschaftlichen Produktion zum Teil kontrovers diskutiert (Z.B. HOBBS ET AL., 2002; FRASER, 2009). Die verarbeitende Industrie, der Einzelhandel sowie die staatlichen Institutionen reagieren auf diese Entwicklung mit unterschiedlichen Ansätzen, beispielsweise durch eine Zertifizierung von spezifischen Mindeststandards in der Fleisch- und Milchproduktion (z.B. DEUTSCHER TIERSCHUTZBUND E.V., 2016; INITIATIVE TIERWOHL, 2016). Dabei hängen die Glaubwürdigkeit, also die Verbraucherakzeptanz, und somit auch letztlich der Erfolg der verschiedenen Initiativen von der Sicherstellung dieser propagierten Standards ab. Eine flächendeckende Kontrolle der Tiergesundheit auf betrieblicher Ebene ist jedoch aufgrund des Umfangs bisher nur schwierig umzusetzen und daher nur stichprobenartig möglich (z.B. INITIATIVE TIERWOHL, 2016).

In diesem Zusammenhang erscheint ein Kontrollsystem der betrieblichen Tiergesundheit auf Basis der gesetzlich vorgeschriebenen Erfassung von Organbefunden (AVV-Lebensmittelhygiene) am Schlachthof als mögliche Alternative (WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT AGRARPOLITIK BEIM BMEL, 2015). Ziel eines derartigen Systems könnte dabei z.B. die Klassifikation von landwirtschaftlichen Betrieben in „auffällig“ und „unauffällig“ sein, wodurch sich die Kontrollen gezielt lenken und in einem vertretbaren Rahmen halten ließen. Für ein organbefundbasiertes Kontrollsystem spricht dabei vor allem der bereits seit Ende der 70er Jahre bekannte Zusammenhang zwischen der beobachteten Häufigkeit von positiven Or-ganbefunden (Prävalenzen) sowie spezifischen qualitativen Aspekten der Tiergesundheit auf betrieblicher Ebene (BÄCKSTRÖM UND BREMER, 1978; CHRISTENSEN ET AL., 1995; ABIVEN ET AL., 1998; MEYNS ET AL., 2011; EFSA PANEL ON ANIMAL HEALTH AND WELFARE (AHAW), 2012; TEIXEIRA AND BOYLE, 2014; TEIXEIRA ET AL., 2016). Organbefunde sind dabei in der Praxis durch eine allgemein hohe Validität, jedoch leider auch häufig durch eine geringe Reliabilität gekennzeichnet. Diese geringe Reliabilität wird vor allem durch schlachtbetriebsspezifische Skaleneffekte verursacht (HARLEY ET AL., 2012; SCHLEICHER ET AL., 2013), wobei sich diese vermutlich durch eine uneinheitliche Handhabungspraxis der ursprünglich eigentlich einheitlich definierten

Befundschemata ergeben (ENØE ET AL., 2003; SCHLEICHER ET AL., 2013; STEINMANN ET AL., 2014).
Für eine möglichst effektive Kontrolle der Tiergesundheit ist es somit notwendig, eine robuste und flexible Methode zur Klassifikation von betriebsspezifisch gemittelten Organbefunden (Prävalenzen) zu finden, welche gut mit den spezifischen statistischen Rahmenbedingungen von Schlachtbefunddaten harmoniert und möglichst nachvollziehbar definierte Grenzen haben sollte. In diesem Zusammenhang wird aktuell die Boxplot-Methode diskutiert, wobei hierbei eine Klassifikation anhand des Konzeptes des statistischen Ausreißers von Interesse ist.
Das Ziel dieser Arbeit ist es daher, auf Basis eines Datensatzes aus der Organbefunderfassung die allgemein bekannte Boxplot-Methode sowie zwei Weiterentwicklungen der Boxplot-Methode (Medcouple- und General-Boxplot) vergleichend vorzustellen und dabei vor allem die Implikationen der verschiedenen Methoden beim Einsatz in einem schlachtbefund-basierten Kontrollessystem zu diskutieren.

2. Material & Methode

Die Boxplot-Methode

Das Konzept des Boxplots wurde von John W. Tukey entwickelt (TUKEY, 1977a) und wird im Folgenden als Tukey-Boxplot bezeichnet. Der Ansatz basiert in seiner Berechnung auf dem Konzept der Stichproben-Quantile, also der Anordnung sowie dem Abzählen der Stichprobenwerte auf einer monoton steigenden Skala. Auf Basis des Medians sowie des Interquartilabstands (IQA) wird dabei zunächst die sog. „Box“ definiert, wobei der IQA stets 25 % der Stichprobenwerte über sowie unter dem Median umfasst (50 % insgesamt). Für die anschließende Konstruktion der Antennen (engl. whisker) wird der IQA dann mit einem Faktor von i.d.R. 1,5 sowie gelegentlich 3,0 multipliziert, wodurch sich die Positionen der inneren Grenzen (engl. inner fence) sowie der äußeren Grenzen (engl. outer fence) ergeben (RINNE, 2008). Abschließend wird der jeweils letzte, gerade noch innerhalb der oberen bzw. unteren inneren Grenzen liegende Datenpunkt als Position der oberen bzw. unteren Antennen definiert (TUKEY, 1977a). Die Faktoren 1,5 sowie 3,0 sind dabei allgemeiner Konsens für die inneren und äußeren Grenzen, wobei im Falle einer normalverteilten Stichprobe die Spannweite der inneren Grenze ca. 3 Standardabweichungen ($\pm 2{,}7\sigma$) der Standardnormalverteilung entspricht. Anhand dieser Konstruktion definierte Tukey alle über den Antennen liegende, aber gerade noch unter den äußeren Grenzen befindliche Werte als potentielle Ausreißer, sowie alle Werte außerhalb der äußeren Grenzen als Ausreißer. In der praktischen Anwendung werden jedoch diese beiden Gruppen i.d.R. nur zusammengefasst betrachtet. So definiert befinden sich also 50 % der Stichprobe innerhalb des IQA, sowie für den Fall der Normalverteilung je 24,65 % der Stichprobe zwischen IQA und der oberen/unteren Antenne. Daraus resultiert bei vorliegender Normalverteilung ein durchschnittlich erwarteter Anteil an Ausreißern in der Stichprobe von 0,7 % (0,35 % über und 0,35

% unter den Antennen). Die Logik hinter der Definition von Ausreißern beruht somit auf dem Konzept des seltenen Wertes innerhalb einer spezifischen Datenverteilung, bzw. in einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen eines verteilungsfremden Wertes bei Vorliegen eines Ausreißers (RINNE, 2008).
Trotz der allgemein bekannten Robustheit der Boxplot-Methode kann es allerdings in bestimmten Szenarien zu einem Auftreten von überproportional vielen Ausreißern, also deutlich mehr als 0,7 % der Stichprobe, kommen (z.B. HUBERT UND VANDERVIEREN, 2008). Ursächlich für diesen Effekt ist dabei die Vorgehensweise bei der Konstruktion der Antennen als multiples Vielfaches des IQA sowie eine damit verbundene unzureichende Berücksichtigung der Verteilungscharakteristika Schiefe und Kurtosis. Während der IQA auf Basis einer monoton steigenden Skala konstruiert wird (Listenplatz) und äußerst robust ist, wird für die Konstruktion der Antennen wieder auf die kontinuierliche Skala gewechselt. Dabei wird die Position der Antennen als euklidischer Abstand (multiples vielfaches des IQA) definiert. Die bei der Berechnung des euklidischen Abstandes verwendete Konvention, der multiplikative Faktor 1,5, ist nun allerdings auf Basis der Normalverteilung abgeleitet, wodurch sich eine methodische Inkonsistenz bei abweichenden Datenverteilungen ergibt. Liegt also eine substanzielle Schiefe der Verteilung vor, so verengt sich der IQR und verkürzt den euklidischen Abstand, wodurch die Menge an Werten oberhalb der Antennen automatisch steigt, was jedoch die grundlegenden Verteilungscharakteristika ggf. nur ungenügend wiederspiegelt.
Aufgrund dieser grundsätzlichen Problematik stellten HUBERT UND VANDERVIEREN (2008) eine modifizierte Boxplot-Methodik vor, welche durch Berücksichtigung der Schiefe einer Verteilung bei der Konstruktion der Antennen auch für extremere Szenarien die beim Tukey-Boxplot übliche Erwartung von 0.7 % Ausreißer einhalten soll. Die vorgeschlagene Methodik basiert dabei auf der sog. Medcouple-Statistik (BRYS ET AL., 2004), welche ein robustes Maß für die Schiefe einer Verteilung darstellt. Der Medcouple Algorithmus teilt dazu zunächst die vorher standardisierte Datenverteilung anhand des Medians in zwei gleiche Hälften (ober- und unterhalb) auf. Dann wird für jeden der dort enthaltenen Datenpunkte die individuelle Abweichung vom Median berechnet. Anschließend werden alle dieser Differenzen paarweise voneinander abgezogen, also die Differenzen zwischen allen Wertepaaren beider Hälften gebildet. Abschließend wird über die so ermittelte Menge an Differenzen nochmals der Median berechnet, welcher dann letztlich als Medcouple definiert ist. Wenn die ursprüngliche Verteilung also symmetrisch ist, wird die Medcouple-Statistik einen Wert nahe 0 annehmen, bei Vorliegen einer extrem linksschiefen Verteilung von minimal -1 und bei einer extrem rechtsschiefen Verteilung von maximal 1. Für eine ausführliche Darstellung sowie weitere technische Details wird an dieser Stelle auf die Arbeit von BRYS ET AL. (2004) verwiesen. Auf Basis der Medcouple-Schiefe wird zur Konstruktion der eigentlichen Antennen von Hubert und Vandervieren (2008) dann das sog. „exponential fence model“ vorgeschlagen:

$$\begin{cases}[Q_{0.25} - 1.5e^{4MC}IQA;\ Q_{0.75} + 1.5e^{3MC}IQA] & wenn\ MC\ \geq 0 \\ [Q_{0.25} - 1.5e^{3MC}IQA;\ Q_{0.75} + 1.5e^{4MC}IQA] & wenn\ MC\ \leq 0\end{cases}$$

wobei *MC* die vorherig berechnete Medcouple-Statistik, $Q_{0.25}$ und $Q_{0.75}$ das 25 % und 75 % Quantil und *e* die Exponentialfunktion darstellt. Die beiden Konstanten 4 und 3 sind statistisch ermittelten Kalibrierungsfaktoren, die für eine Vielzahl nicht-normaler Verteilungen den erwarteten Anteil an Ausreißern auf 0,7 % skalieren. Für eine ausführliche Beschreibung dieser Vorgehensweise wird auf die Arbeit von HUBERT UND VANDERVIEREN (2008) verwiesen. Zu beachten ist, dass bei Vorliegen eines *MC*=0 die obige Konstruktionsanweisung exakt der des Tukey-Boxplots entspricht und somit eine Verallgemeinerung dessen darstellt.
Eine weitere alternative Herangehensweise der Antennen-Konstruktion wurde von BRUFFAERTS ET AL. (2014) vorgestellt, wobei dieser im Folgenden als General-Boxplot bezeichnete Ansatz auf einer Transformation der Originaldaten hin zu Tukey-g-h verteilten Daten (TUKEY, 1977b) beruht. Die Tukey-g-h-Verteilung ist dabei eine Erweiterung der Standardnormalverteilung um zwei zusätzliche Parameter, welche die Schiefe und Wölbung der Verteilung beeinflussen können (BRUFFAERTS ET AL., 2014). Zur Festlegung der Ausreißergrenze wird dann im Gegensatz zum Medcouple-Boxplot auf statistisch ermittelte Skalierungsfaktoren verzichtet und stattdessen auf die Quantilfunktion zurückgegriffen, wodurch dieser Ansatz grundsätzlich unabhängig von einer Kalibrierung auf bestimmte Verteilungen ist. Eine Tukey-g-h-Verteilte Variable *Y* kann aus einer standardnormalverteilten Variable *Z* durch die Transformation

$$Y = \frac{1}{g}[exp(gZ) - 1]exp\left(\frac{hZ^2}{2}\right)$$

erzeugt werden, wobei die Parameter *g* und *h* die Parameter der Tukey-g-h-Verteilung sind. Nach JIMÉNEZ UND ARUNACHALAM (2011) können die *g* und *h* Parameter einer Zufallsstichprobe durch

$$\hat{g} = \frac{1}{Z_p}\ln\left(-\frac{Q_p}{Q_{1-p}}\right)$$

und

$$\hat{h} = \frac{2ln\left(-\hat{g}\frac{Q_pQ_{1-p}}{Q_p + Q_{1-p}}\right)}{Z_p}$$

approximiert werden, wobei Q_p und $Q_{(1-p)}$ die empirischen Quantile der Ordnung $p(0.5<p<1)$ einer standardnormalverteilten Zufallsstichprobe *Z* mit den Werten x_i,

sowie Z_p das theoretische Quantil der Standardnormalverteilung der Ordnung p sind. Da die beobachteten Werte x_i der zu analysierenden Stichprobe i.d.R. nicht standardnormalverteilt sind, müssen diese zunächst mit Hilfe einer spezifischen Transformation entsprechend standardisiert werden. Aufgrund des Umfangs der Transformation sei an dieser Stelle auf die detaillierte Beschreibung in der Arbeit von BRUFFAERTS ET AL. (2014) verwiesen. Die so aufbereitete Stichprobe kann dann anschließend in eine Tukey-g-h-Verteilung transformiert werden. Auf Basis der Tukey-g-h transformierten Werte y_i werden anschließend die unteren und oberen inneren Grenzen durch Bestimmung der $p/2$ und $1-p/2$ Quantile ermittelt. Alle Werte y_i, die sich oberhalb oder unterhalb dieser befinden, werden dann als Ausreißer definiert. Um dabei wieder eine Vergleichbarkeit mit dem ursprünglichen Tukey-Boxplot beizubehalten, wird p auf 0,7 % festgelegt, sowie die so identifizierten Werte y_i zusammen mit den vorher ermittelten Grenzwerten wieder auf die originale Werteskala x_i rücktransformiert und dort als Antennen und Ausreißer abgetragen.

Beispieldaten

Zum Zwecke der Illustration der hier vorgestellten Methoden wird auf einen Datensatz mit n = 44.762 Organbefunden eines Schlachthofs in Deutschland aus dem Zeitraum 2015 - 2016 zurückgegriffen (QS Qualität und Sicherheit GmbH, Bonn). Die berücksichtigten Organbefunde stammen dabei aus der Routine-Organbefunderfassung und umfassen krankhafte Veränderungen der Lunge, Brustfell, Herz und Leber. Um auf die Skala der Prävalenz zu gelangen, wurden die auf Basis der AVV-Lebensmittelhygiene (AVV LMH, 2009) erhoben Befunde innerhalb der jeweiligen Lieferbetriebe in Intervallen von 3 Monaten gemittelt, wozu jedoch vorher zunächst die Bewertungsskala für die Befunde Lunge und Brustfell von 0,1,2 auf 0,1 transformiert und dabei 1,2 zu 1 zusammengefasst wurde.

Die resultierenden Verteilungen wurden zunächst bezüglich der charakteristischen Verteilungsparameter untersucht. Die Häufigkeitsverteilungen der verschiedenen Organbefund-Prävalenzen sind in Abbildung 1 dargestellt. Es wurden dann Schiefe, Wölbung, Standardabweichung, Interquartilabstand und Mittelwert berechnet sowie auf Basis einer Cullen & Frey Grafik (CULLEN UND FREY, 1999) die Verteilung der Daten analysiert (Tabelle 1). Der Cullen & Frey Ansatz trägt dabei für verschiedene statistische Verteilungen jeweils die theoretisch möglichen Wertebereiche der Parameter Schiefe (quadriert) und Kurtosis zusammen in einer Darstellung ab und stellt diesen die auf Basis der zu analysierenden Daten geschätzten Komplemente gegenüber. Um einen Eindruck von der assoziierten Unsicherheit zu erlangen, wurden vor Beurteilung der Datenverteilung weiterhin noch jeweils n=1000 Sub-Sampels pro Organbefund per Bootstrap erzeugt und die geschätzten Parameter dieser Zufallsstichproben mit in die Grafik abgetragen.

Die Verarbeitung und Auswertung wurde mit Hilfe der Statistik-Software R 3.3.1 (R CORE TEAM, 2016) vorgenommen. Die Boxplot-Analyse der Beispieldaten wurde dabei mit der Standard R-Funktion *boxplot* sowie der R-Funktion *adjbox* aus

dem R-Paket *robustbase* (ROUSSEEUW ET AL., 2016) durchgeführt. Für den General-Boxplot wurde auf eine eigene Programmierung auf Basis der Arbeit von BRUFFAERTS ET AL. (2014) zurückgegriffen. Eine Implementierung der Medcouple-Statistik ist ebenfalls im robustbase R-Paket (ROUSSEEUW ET AL., 2016) enthalten. Die Analyse der Datenverteilungen auf Basis der Cullen & Frey Grafikwurde mit Hilfe des R-Paketes *fitdistrplus* (DELIGNETTE-MULLER UND DUTANG, 2015) durchgeführt.

2. Ergebnisse

Die hier genutzten Beispieldatensätze sind allesamt durch eine ausgeprägte Schiefe sowie eine zum Teil extreme Steilgipfligkeit charakterisiert (Tabelle 1, Abbildung 1), was die generell ungünstigen statistischen Eigenschaften der vorliegenden Schlachtbefunddaten verdeutlicht. Einige der hier berücksichtigten Organbefunde weisen weiterhin eine unerwartet große Variation der Parameter Schiefe und Kurtosis auf, was zum einen die Instabilität der geschätzten Verteilungsparameter, zum anderen jedoch auch den Einfluss der spezifischen Stichprobenzusammensetzung illustriert.

Bei der Interpretation der Ergebnisse muss beachtet werden, dass für eine Identifikation von Lieferbetrieben mit auffälligen Befunden grundsätzlich nur die Ausreißer (Prävalenzen) oberhalb der Antennen von Bedeutung sind. Aus diesem Grund sind im Folgenden ausschließlich die Ausreißer nach oben dargestellt.

Wie in Tabelle 1 zu erkennen ist, zeigt der Tukey-Boxplot 3,2 % – 5,0 % (Mittel 3,80 %), der Medcouple-Boxplot 0,0 % – 1,5 % (Mittel 0,53 %) und der General-Boxplot 0,0 – 0,9 % (Mittel 0,28 %) Ausreißer nach oben an (Abbildung 2). Es wird somit ein substanzieller Unter-schied zwischen den verschiedenen Boxplot-Varianten deutlich (Abbildung 2). Demnach zeigt der General-Boxplot die wenigsten und der Tukey-Boxplot die meisten Ausreißer an. Gemessen an der Erwartung von 0,35 % ist der Abstand zur theoretisch erwarteten Menge bei den Weiterentwicklungen trotz der ausgeprägten Schiefe und Kurtosis der Datenverteilungen relativ gering. Der General-Boxplot befindet sich tendenziell leicht unterhalb der theoretisch erwarteten Anzahl Ausreißern, der Medcouple-Boxplot leicht darüber. Die Menge an Ausreißern, die der Tukey-Boxplot anzeigt, liegt im Gegensatz dazu deutlich über der Erwartung und zeigt knapp den zehnfachen Anteil an Ausreißern an. Weiterhin fällt auf, dass für den Organbefund Leber und Brustfell die obere Grenze des Medcouple-Boxplots jeweils am Ma-ximum (1,0) der Werteskala liegt (Tabelle 1). Die Antennen-Position für den Befund Brustfell ergibt sich dabei jedoch gemäß der Konstruktionsregel als jeweils letzter Datenpunkt kleiner gleich der oberen Grenze.

Diskussion

Der Tukey-Boxplot gilt als einfaches und robustes Verfahren zur Charakterisierung von Datenverteilungen sowie zur Identifikation potentieller Ausreißer und ist in seiner Anwendung weit verbreitet. Aufgrund der einfachen und relativ robusten Me-

thodik erscheint der Tukey-Boxplot daher zunächst grundsätzlich geeignet, um Betriebe mit ungewöhnlich hohen Befundprävalenzen zu identifizieren. Besonders vorteilhaft ist dabei, dass die Interpretation der Ergebnisse dieser Methode aussagekräftig und einfach verständlich ist.

Wie jedoch die vorliegenden Ergebnisse illustrieren, zeigt der Tukey-Boxplot in Verbindung mit (extrem) schiefen Datenverteilungen eine unerwartet hohe Anzahl Ausreißer an. Dieses Ergebnis befindet sich dabei im Einklang mit der Literatur (HUBERT UND VANDERVIEREN, 2008) und weist deutlich auf eine Schwäche des Tukey-Boxplots bei nicht Einhaltung der zugrunde gelegten Annahmen (Normalverteilung) hin.

Im Falle einer Bewertung der Befunddaten auf Basis des Tukey-Boxplots muss daher das zugrunde gelegte Konzept des statistischen Ausreißers hinterfragt werden. Die Definition beschreibt einen Ausreißer als grundsätzlich extrem seltenes Ereignis der Normalverteilung, woraus sich auch zunächst die Rechtfertigung für den Ausschluss von Ausreißern bzw. der Klassifikation von Lieferbetrieben in „auffällig“ ableitet. Bei dem hier beobachteten stark erhöhten Anteil von Ausreißern kann nun jedoch nicht mehr von seltenen bzw. verteilungsfremden Ereignissen ausgegangen werden, da die zugrundeliegende Datenverteilungen der Schlachthofbefunde von der Normalverteilung deutlich abweichen Charakteristika aufweisen. Die von TUKEY (1977a) vorgenommene Definition eines Ausreißers als Wert außerhalb von $\pm 2{,}7\sigma$ der Standardnormalverteilung ist für das hier diskutierte Szenario somit eindeutig nicht haltbar. Daher ist eine Klassifikation der Befunde auf Basis des Tukey-Boxplots zu konservativ, da die vermeintlich auffälligen Prävalenzen nicht unbedingt aufgrund eines schlechten Managements oder vergleichbarer Einflussgrößen auftreten, sondern Teil einer normalen Variation der jeweiligen statistischen Verteilungen sind.

Die in dieser Studie vorgestellten Ergebnisse illustrieren weiterhin deutlich die methodische Überlegenheit der modifizierten Boxplot-Verfahren gegenüber der klassischen Variante im Zusammenhang mit den Organbefunddaten, da die beobachteten Ausreißerzahlen gut mit der theoretischen Erwartung von 0,35 % übereinstimmen. Der General-Boxplot liegt leicht unter der Erwartung und zeigt im Durchschnitt 0,28 % Ausreißer an. Im Gegensatz dazu weist der Medcouple-Boxplot im Durchschnitt 0,53 % Ausreißer auf, was leicht über der Erwartung liegt. Im Vergleich dazu weist der Tukey-Boxplot mit durchschnittlich 3,80 % deutlich mehr Ausreißer als jede der beiden vorherigen Methoden auf.

Uneindeutig sind die vorliegenden Ergebnisse jedoch im Hinblick auf den Medcouple- und General-Boxplot, da sich unterschiedliche Ergebnisse der beiden Methoden mit den jeweiligen Datensätzen ergeben. So zeigt für die Organbefunde Lunge und Herz der Medcouple-Boxplot mehr Ausreißer an als der General-Boxplot, für die Befunde Leber und Brustfell ist dies jedoch umgekehrt. Vom konzeptionellen Standpunkt aus erscheint der Medcouple Boxplot dabei besser fundiert, da für den Fall einer Normalverteilung der Medcouple-Boxplot eine sehr enge Übereinstimmung mit dem klassischen Tukey-Boxplot aufweist. Im Gegensatz dazu lässt

sich für den General-Boxplot per Simulationen zeigen, dass dieser bei Vorliegen einer Standardnormalverteilung im Mittel nicht exakt mit dem Tukey-Boxplot übereinstimmt (Ergebnisse nicht dargestellt). Weiterhin zeigen die vorliegenden Ergebnisse auch eine Schwäche des Medcouple-Boxplots auf, da sich für die Befunde Brustfell und Leber jeweils eine obere Ausreißer-Grenze von 1,0 ergibt, was eine Klassifikation in diesem Fall verhindert. Als mögliche Ursache für diese Beobachtung kommen die vorliegenden Datenverteilungen in Frage, diese befinden sich im Grenzbereich zwischen Gamma- und Lognormal-Verteilung und werden möglicherweise nur unzureichend durch die im Medcouple-Boxplot verwendete Kalibration abgebildet. Demgegenüber erscheint der General-Boxplot aufgrund des verwendeten Quantil-Ansatzes theoretisch flexibler bezüglich der zu analysierenden Datenverteilung, was sich auch in den beobachteten „sinnvollen“ Ausreißer-Grenzen für Brustfell und Leber anzudeuten scheint.
Auf Basis der vorliegenden Ergebnisse kann somit nicht eindeutig festgestellt werden, welche der Weiterentwicklungen am vorteilhaftesten und für einen Klassifikationseinsatz ist. Klar wird jedoch, dass der klassische Tukey-Boxplot wenig geeignet ist, um bei Vorliegen von Organbefunddaten etwaige Ausreißer zu identifizieren, da die Gefahr besteht, unverhältnismäßig vielen Lieferbetriebe ungerechtfertigt als „auffällig“ einzustufen. Es ist dabei zwar auch grundsätzlich möglich, über großzügig gewählte multiplikative Faktoren (Konstruktion der Antennen) den originalen Tukey-Boxplot an eine schiefe Verteilung bezüglich der angezeigten Ausreißer-Mengen anzupassen. Die Auswahl eines wie auch immer geeigneten multiplikativen Faktors wäre in diesem Fall jedoch willkürlich, da eine derartige Festlegung nicht mehr durch das Konzept des statistischen Ausreißers auf Basis der Argumentation von TUKEY (1977a) fundiert, sondern im Prinzip nichts anderes als einen von statistischen Prinzipien losgelöster, beliebig festgelegter Grenzwert wäre. Insofern erscheint die Verwendung einer der hier vorgestellten Boxplot-Weiterentwicklungen aus der methodischen Perspektive als geboten.

4. Fazit

Die hier vorgestellten Ergebnisse illustrieren die potentiellen Mängel einer Klassifikation der Befunddaten auf Basis des Tukey-Boxplots. Es wird deutlich, dass auffällige Prävalenzen nicht ausschließlich aufgrund ungünstiger Haltungsbedingungen, sondern im hohen Maße auch als Teil der „normalen“ Variation der statistischen Charakteristika von Organbefunddaten auftreten können. Eine Klassifikation auf Basis der Boxplot-Methodik wäre in diesem Fall zu konservativ. Die Weiterentwicklungen der Boxplot-Methode sind deutlich besser an die spezifischen statistischen Rahmenbedingungen von Organbefunddaten angepasst und erlauben so eine methodisch grundsätzlich besser fundierte Differenzierung von Lieferbetrieben. Nichtsdestotrotz zeigen sich spezifische Unterschiede, die eine abschließende Bewertung der „besten“ Methode erschweren. Der Tukey-Boxplot erscheint als Instrument zur Klassifikation jedoch ungeeignet, weshalb eine der weiterentwickelten

Boxplot-Verfahren für eine methodisch fundierte Kontrolle der Tiergesundheit bevorzugt werden sollte.

5. Tabellen &Abbildungen

Tabelle 3: Zusammenfassung der Auswertungsergebnisse. Tukey-Boxplot bezeichnet den verbreiteten Standard-Boxplot (TUKEY, 1977a), Medcouple-Boxplot die Variante von HUBERT UND VANDERVIEREN (2008) und General-Boxplot die Variante von BRUFFAERTS ET AL. (2014). Der Prozentwert in Klammern beziffert dabei den Anteil der jeweiligen Ausreißer an allen Beobachtungen im Beispieldatensatz.

Herz	**Tukey-Boxplot**	**Medcouple-Boxplot**	**General-Boxplot**
Untere Grenze Antenne	0,00	0,00	0,00
Untere Grenze Box	0,01	0,01	0,01
Median	0,03	0,03	0,03
Obere Grenze Box	0,05	0,05	0,05
Obere Grenze Antenne	0,11	0,16	0,50
n Ausreißer oben	2248 (5,0 %)	672 (1,5 %)	0 (0,0 %)
Kurtosis		14,6	
Schiefe		2,50	
Mittel (SD)		0,03 (0,04)	
Median (IQR)		0,04 (0,04)	
Datenverteilung		Gamma/Lognormal	
Leber			
Untere Grenze Antenne	0,00	0,00	0,02
Untere Grenze Box	0,03	0,03	0,03
Median	0,08	0,08	0,08
Obere Grenze Box	0,27	0,27	0,27
Obere Grenze Antenne	0,62	1,00	0,76
n Ausreißer oben	1557 (3,5 %)	0 (0,0 %)	403 (0,9 %)
Kurtosis		4,16	
Schiefe		1,38	
Mittel (SD)		0,17 (0,37)	
Median (IQR)		0,08 (0,37)	
Datenverteilung		Gamma	
Lunge			
Untere Grenze Antenne	0,00	0,00	0,00
Untere Grenze Box	0,07	0,07	0,07
Median	0,11	0,11	0,11
Obere Grenze Box	0,18	0,18	0,18
Obere Grenze Antenne	0,34	0,48	0,60
n Ausreißer oben	1434 (3,2 %)	277 (0,6 %)	50 (0,1 %)
Kurtosis		6,13	
Schiefe		1,36	
Mittel (SD)		0,13 (0,09)	
Median (IQR)		0,11 (0,11)	
Datenverteilung		Gamma/Lognormal	
Brustfell			
Untere Grenze Antenne	0,00	0,01	0,02
Untere Grenze Box	0,04	0,04	0,04
Median	0,08	0,08	0,08
Obere Grenze Box	0,18	0,18	0,18
Obere Grenze Antenne	0,40	1,00	0,63
n Ausreißer oben	1542 (3,4 %)	0 (0,0 %)	37 (0,1 %)
Kurtosis		4,32	
Schiefe		1,35	
Mittel (SD)		0,12 (0,12)	
Median (IQR)		0,08 (0,15)	
Datenverteilung		Gamma	

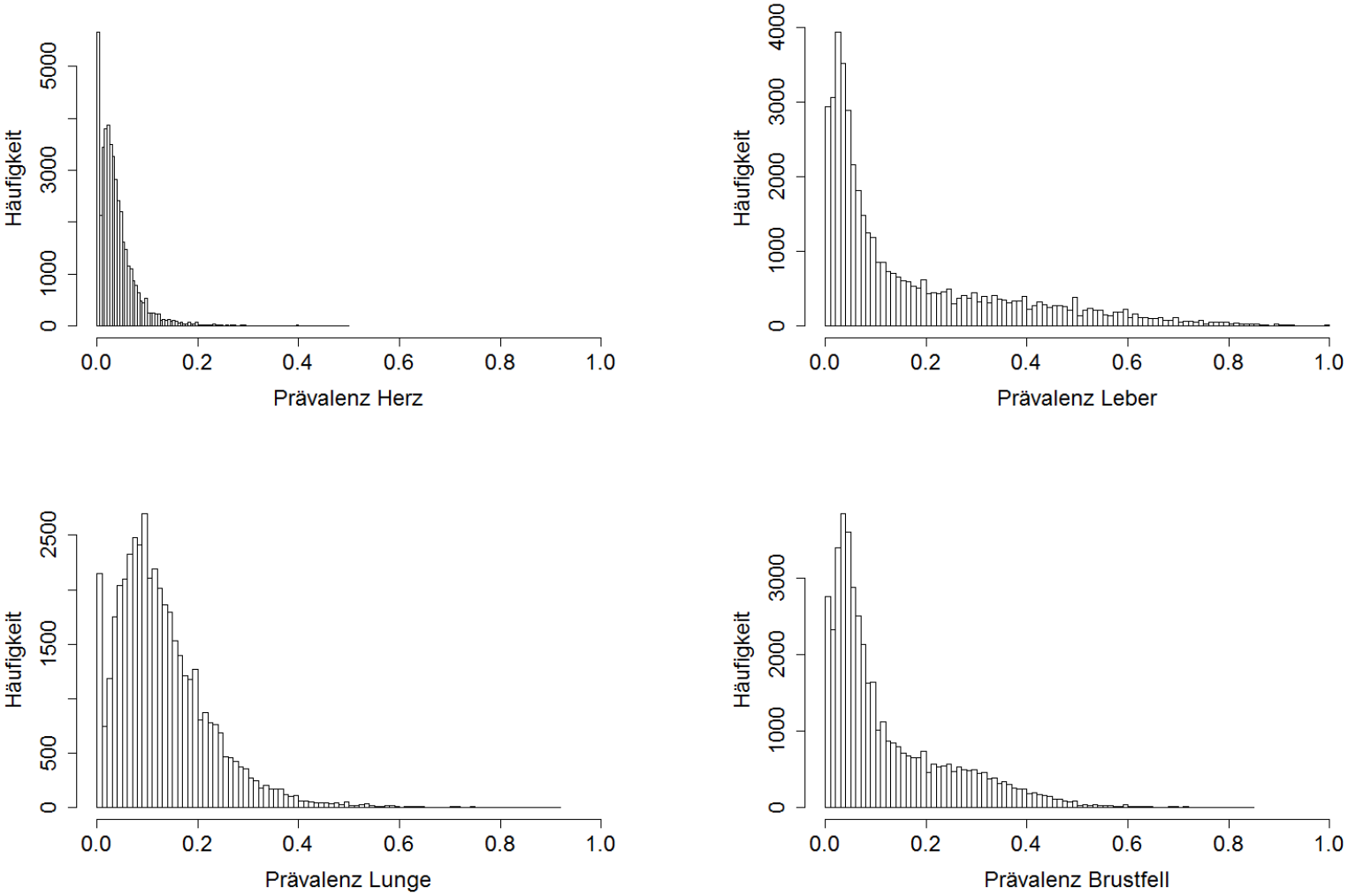


Abbildung 6: Häufigkeitsverteilungen der verschiedenen Organbefund-Prävalenzen. Häufigkeit bezeichnet die Anzahl Beobachtungen pro Prävalenzklasse (n=100). Prävalenz umfasst die Rate positiver Diagnosen in einem 3-Monatigen Zeitraum

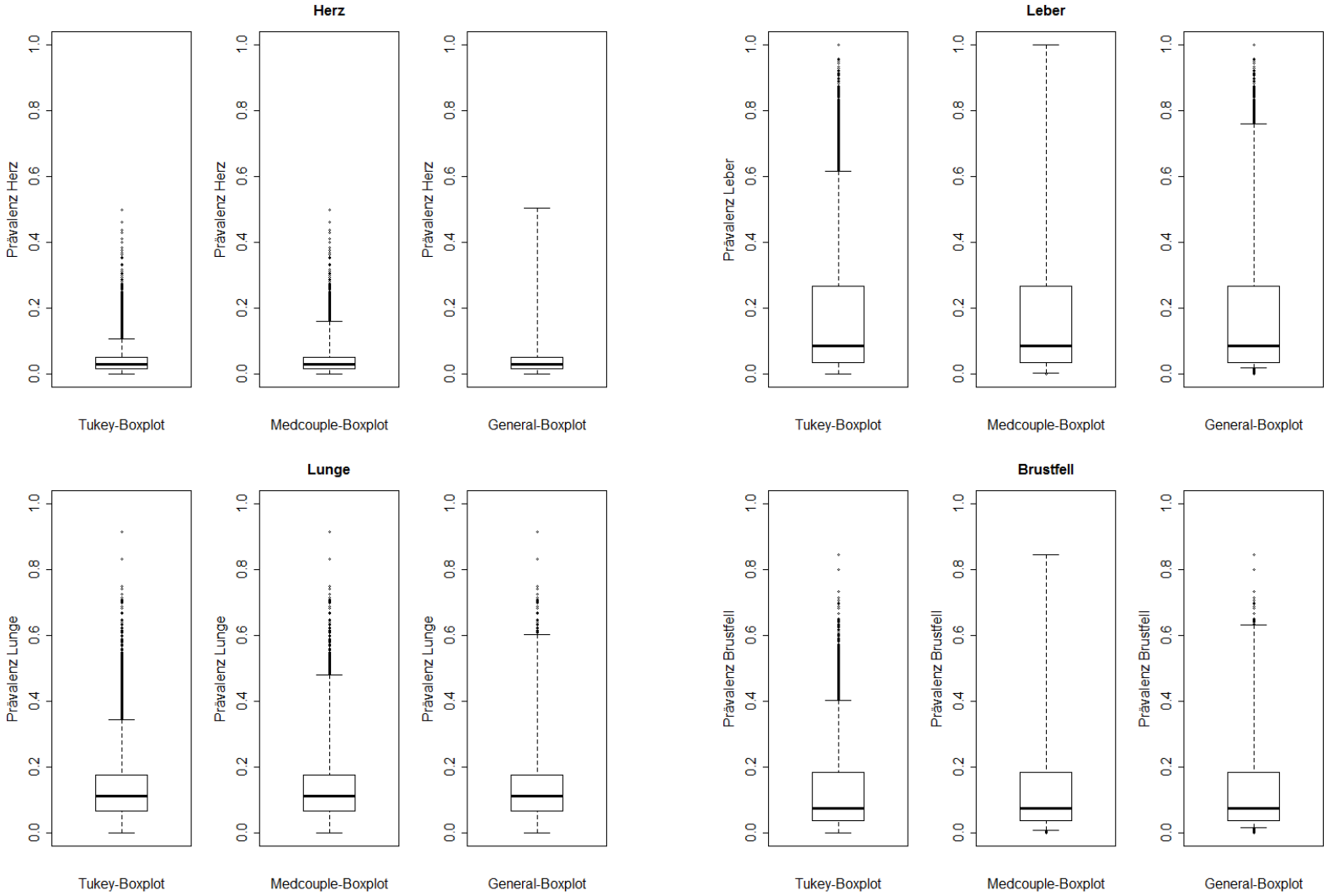


Abbildung 7: Gegenüberstellung der verschiedenen Boxplot-Methoden auf Basis der Organbefunde Herz, Leber, Lunge und Brustfell. Tukey-Boxplotbezeichnet den Ansatz von TUKEY (1977a), Medcouple-Boxplot die Variante von HUBERT UND VANDERVIEREN (2008) und General-Boxplot die Variante von BRUFFAERTS ET AL. (2014).

6. Literatur

1) ABIVEN, N., SEEGERS, H., BEAUDEAU, F., LAVAL, A., AND FOURICHON, C. (1998). Risk factors for high sow mortality in French swine herds. Prev. Vet. Med. *33*, 109–119.
2) AVV LMH (2009). Allgemeine Verwaltungsvorschrift über die Durchführung der amtlichen Überwachung der Einhaltung von Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs und zum Verfahren zur Prüfung von Leitlinien für eine gute Verfahrenspraxis. Bundesanzeiger *178*, 4005.
3) BÄCKSTRÖM, L., AND BREMER, H. (1978). The relationship between disease incidences of fatteners registered at slaughter and environmental factors in herds. Nord. Vet. Med. *30*, 526–533.
4) BRUFFAERTS, C., VERARDI, V., AND VERMANDELE, C. (2014). A generalized boxplot for skewed and heavy-tailed distributions. Stat. Probab. Lett. *95*, 110–117.
5) BRYS, G., HUBERT, M., AND STRUYF, A. (2004). A Robust Measure of Skewness. J. Comput. Graph. Stat. *13*, 996–1017.
6) CHRISTENSEN, G., VRAA-ANDERSEN, L., AND MOUSING, J. (1995). Causes of mortality among sows in Danish pig herds. Vet. Rec. *137*, 395–399.
7) CULLEN, A.C., AND FREY, H.C. (1999). Probabilistic Techniques in Exposure Assessment: A Handbook for Dealing with Variability and Uncertainty in Models and Inputs (New York: Springer-Verlag US).
8) DELIGNETTE-MULLER, M.L., AND DUTANG, C. (2015). fitdistrplus: An R Package for Fitting Distributions. Journal of Statistical Software. J. Stat. Softw. *64*, 1–34.
9) DEUTSCHER TIERSCHUTZBUND E.V. (2016). Tierschutzlabel.
10) EFSA PANEL ON ANIMAL HEALTH AND WELFARE (AHAW) (2012). Scientific Opinion on the use of animal-based measures to assess welfare in pigs. EFSA J. *10*.
11) FRASER, D. (2009). Assessing animal welfare: different philosophies, different scientific approaches. Zoo Biol. *28*, 507–518.
12) HARLEY, S., MORE, S.J., O'CONNELL, N.E., HANLON, A., TEIXEIRA, D., AND BOYLE, L. (2012). Evaluating the prevalence of tail biting and carcase condemnations in slaughter pigs in the Republic and Northern Ireland, and the potential of abattoir meat inspection as a welfare surveillance tool. Vet. Rec. *171*, 621–621.
13) HOBBS, A.L., HOBBS, J.E., ISAAC, G.E., AND KERR, W.A. (2002). Ethics, domestic food policy and trade law: assessing the EU animal welfare proposal to the WTO. Food Policy *27*, 437–454.
14) HUBERT, M., AND VANDERVIEREN, E. (2008). An adjusted boxplot for skewed distributions. Comput. Stat. Data Anal. *52*, 5186–5201.
15) INITIATIVE TIERWOHL (2016). Prüfsystematik Tierwohl (Bonn: Gesellschaft zur Förderung des Tierwohls in der Nutztierhaltung mbH).
16) JIMÉNEZ, J.A., AND ARUNACHALAM, V. (2011). Using Tukey's g and h family of distributions to calculate value-at-risk and conditional value-at-risk. J. Risk *13*, 95–116.
17) MEYNS, T., VAN STEELANT, J., ROLLY, E., DEWULF, J., HAESEBROUCK, F., AND MAES, D. (2011). A cross-sectional study of risk factors associated with pulmonary lesions in pigs at slaughter. Vet. J. *187*, 388–392.
18) R CORE TEAM (2016). R: A Language and Environment for Statistical Computing (Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing).
19) RINNE, H. (2008). Taschenbuch der Statistik (Frankfurt am Main: Deutsch).
20) ROUSSEEUW, P., CROUX, C., TODOROV, V., RUCKSTUHL-BARRERA, A., SALIBIAN-BARRERA, V, VERBEKE, T., KOLLER, M., AND MAECHLER, M. (2016). robustbase: Basic Robust Statistics.

21) SCHLEICHER, C., SCHERIAU, S., KOPACKA, I., WANDA, S., HOFRICHTER, J., AND KÖFER, J. (2013). Analysis of the variation in meat inspection of pigs using variance partitioning. Prev. Vet. Med. *111*, 278–285.
22) TEIXEIRA, D.L., AND BOYLE, L.A. (2014). A comparison of the impact of behaviours performed by entire male and female pigs prior to slaughter on skin lesion scores of the carcass. Livest. Sci. *170*, 142–149.
23) TEIXEIRA, D.L., HARLEY, S., HANLON, A., O'CONNELL, N.E., MORE, S.J., MANZANILLA, E.G., AND BOYLE, L.A. (2016). Study on the Association between Tail Lesion Score, Cold Carcass Weight, and Viscera Condemnations in Slaughter Pigs. Front. Vet. Sci. *3*.
24) TUKEY, J.W. (1977a). Exploratory data analysis (Reading, Mass: Addison-Wesley Pub. Co).
25) TUKEY, J.W. (1977b). Modern techniques in data analysis. (North Dartmouth, MA), p.
26) WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT AGRARPOLITIK BEIM BMEL (2015). Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. Gutachten. (Berlin).

Innovative Ansätze zum Erbfehlermanagement

Georg Thaller

Institut für Tierzucht und Tierhaltung

Einleitung

Erbfehler werden bei allen Tierarten und Rassen beobachtet und können als immanente Gegebenheit in natürlichen und Zuchtpopulationen betrachtet werden. Ihren Ursprung haben sie in zufälligen Mutationen im Genom; diese erfolgen unabhängig von Leistungsmerkmalen. Allerdings werden sie häufig in Elitevätern gefunden, da diese über die Generationen große Nachkommenschaften aufweisen und nur dadurch eine hohe Wahrscheinlichkeit gegeben ist, dass Defektallele sowohl über Mütter als auch über Väter an die betroffenen Tiere weitergegeben werden können. Eine systematische Erforschung der Erbfehler per se, insbesondere die Aufklärung des genetischen Hintergrunds sowie eine diesbezügliche Bewertung der Population, gestaltete sich in der Vergangenheit relativ schwierig. Hinweise auf Trägertiere ergaben sich nur über die Beobachtungen von betroffenen Nachkommen, wobei diese nicht systematisch in der Population erfasst und diagnostiziert wurden. Die Schwierigkeit besteht darin, dass Anomalien auch zufällig auftreten können und einzelnen Befunden auch aufgrund der geringen ökonomischen Bedeutung im Vergleich zu den vorliegenden Totgeburtenraten nicht sehr viel Bedeutung beigemessen wird. Erst wenn vermehrt über spezifische Befunde berichtet wird und eine zuverlässige Dokumentation erfolgt, ist es möglich, mit Hilfe systematischer Ansätze die aufgetretenen Erbfehler zu bekämpfen. In der Vergangenheit wurden dazu Pedigreeanalysen durchgeführt und ganze Linien von der Zucht ausgeschlossen. Neue Verfahren, die auf der Nutzung molekulargenetischer Kenntnisse beruhen, erlauben einerseits eine gezielte Identifikation genetischer Defekte und andererseits gezielte selektive Maßnahmen wobei Trägertiere und erbfehlerfreie Tiere innerhalb Halb- und Vollgeschwistergruppen eindeutig differenziert werden können.

Definition und Genetische Determination

Als Erbfehler werden Abweichungen von der normalen phänoypischen Ausprägung eines Organismus definiert, welche den Merkmalsträger in seiner physischen oder psychischen Gesundheit belasten und erblich sind. Dazu zählen Abnormalitäten in Struktur, Funktion und im Stoffwechsel. Eine Abgrenzung von Erbfehlern ist nicht immer eindeutig gegeben, als Beispiel sei die auf einer Mutation im Myostatingen beruhenden Doppellenderveranlagung bei der Rasse Weißblaue Belgier genannt (Grobet et al., 1997) . Diese zieht höhere tägliche Zunahmen und eine höhere Schwergeburtenrate nach sich, wobei letztere nicht zwingend auftreten müssen und beim Einsatz in der Kreuzungszucht ohne Bedeutung sind. Ebenso verhält es sich mit der kürzlich identifizierten paternalen Subfertilität beim Fleckvieh (Pausch et al. 2014), bei der die Fruchtbarkeit von Bullen massiv beeinträchtigt ist,

es allerdings auch weitere Bullen mit einer ähnlich schlechte Fruchtbarkeit ohne bisher erkannte genetisch bedingte Beeinträchtigungen gibt. Daraus ist ersichtlich, dass der genetische Hintergrund von Erbdefekten von komplexer Natur sein kann und es häufig schwierig ist, entsprechende Vererbungsmuster zu erkennen. Am einfachsten lassen sich klassische monogene Erbgänge bestimmen, die den Mendelschen Regeln entsprechend in Nachkommen von Trägerpaarungen direkt beobachtet werden können. Eine ausführliche Zusammenstellung über die verschiedenen Tierarten hinweg zeigt Tabelle 1.

Tabelle 1: Erbkrankheiten bei den wichtigsten Nutztierspezies, Anzahl der Erbkrankheiten mit Mendelschem Vererbungsmuster und Anzahl mit bekannten Mutationen. OMIA – Mendelian Inheritance in Animals, http://omia.angis.org.au/home (12.5.2017)

	Rind	Pferd	Schwein	Huhn	Schaf	Ziege
Erbkrankheiten	510	229	336	217	241	81
Mendel monogen	234	54	94	129	100	16
Mutation bekannt	135	40	61	44	47	10

Über alle Spezies hinweg existieren hunderte von monogen bedingten Veranlagungen, für die zum Teil die kausale Mutation bereits identifiziert werden konnte. Erbfehler treten in allen Rassen auf und aufgrund der Letalbürde ist davon auszugehen, dass jedes Individuum Träger von Letalvarianten und es keine erbfehlerfreien Zuchttiere gibt.
Das Erkennen monogener Vererbungsmuster wird wesentlich durch das Auftreten von Phänokopien sowie unvollständiger Penetranz erschwert. Unter Phänokopien werden phänotypische Ausprägungen verstanden, die dem Erscheinungsbild des Erbfehlers entsprechen, bei denen jedoch der bestimmende Genotyp nicht vorliegt. Umgekehrt verhält es sich bei der unvollständigen Penetranz, bei der der verursachende Genotyp vorliegt, der Erbfehler jedoch nicht ausgeprägt wird. Wirken zwei oder mehrere Genorte mit entsprechenden Interaktionenzusammen, lassen sich in den Populationen kaum mehr Vererbungsmuster von Erbfehlern nachvollziehen und es wird nahezu unmöglich, Trägertiere eindeutig zu identifizieren.

Klassischer Erbfehlernachweis und Prüfung von Trägertieren

Die einzelnen Erbfehler treten sporadisch auf, sind in der Regel relativ selten und sind häufig durch eine Mutation in einem viele Generationen zurückliegenden Ursprungstier bedingt. Eine Anhäufung von Fällen, die durch ein solches Trägertier verursacht sind, ist vergleichsweise spät erkennbar und ein Hinweis auf die ursprünglichen Auslöser ist mit Hilfe von Pedigreeanalysen möglich. Sofern es sich um einen monogenen Erbfehler handelt, sind die Erfolgsaussichten der Identifizierung von ursprünglichen Trägertieren relativ hoch und über die einzelnen Pfade des Pedigrees kann die Weitergabe des Defektallels nachvollzogen und damit alle Trägertiere erkannt werden. Dies gilt jedoch nicht für die aktuelle Zuchtpopulation, für die Nachkommen im erforderlichen Umfang hinsichtlich des Nachweises als Trägertier noch nicht vorliegen. Die geringen Inzidenzen ermöglichten es auch in der Vergangenheit nicht, über die Nachkommenprüfung ein wirksames Erbfehler-Screening zu gewährleisten. In Abb. 2a ist die Wahrscheinlichkeit eines Nachweises in Abhängigkeit der Anzahl von Paarungen für unterschiedliche Frequenzen der Defektallele

in der Population angegeben. Es zeigt sich, dass eine sichere Aussage für fragliche Bullen, die z.B. von einem bekannten Trägertier abstammen, kaum möglich ist. Zudem wird davon ausgegangen, dass alle Paarungen erfolgreich sind und die Kälber genau untersucht und Verdachtsfälle gemeldet werden. Alternativ könnten bei verdächtigen Anlageträgern gezielt Anpaarungen mit Kühen durchgeführt werden, die bereits Kälber mit dem entsprechenden Erbfehler geboren haben. Es sollten dann bei einem klassisch monogenen Erbgang 25% betroffene Kälber auf die Welt kommen. Bei den bereits genannten niedrigen Inzidenzen ist es aber schwierig ausreichend viele Trägerkühe zu identifizieren und entsprechende Anpaarungen sind neben der Bedenken durch den Landwirt auch aus tierschutzrechtlichen Aspekten kritisch zu bewerten. Zudem erhöhen niedrige Penetranzen, die bei einer Reihe von Erbfehlern empirisch festgestellt wurden, die Anzahl benötigter Paarungen erheblich (Abb. 2b). Spezifische Untersuchungen großer Nachkommenschaften von bekannten Erbfehlerträgern zeigten im Weiteren, dass diese ob des seltenen Auftretens nicht über Zuchtwertunterschiede für die Merkmale Fruchtbarkeit oder Totgeburtenrate von den übrigen Zuchttieren erkannt werden können.

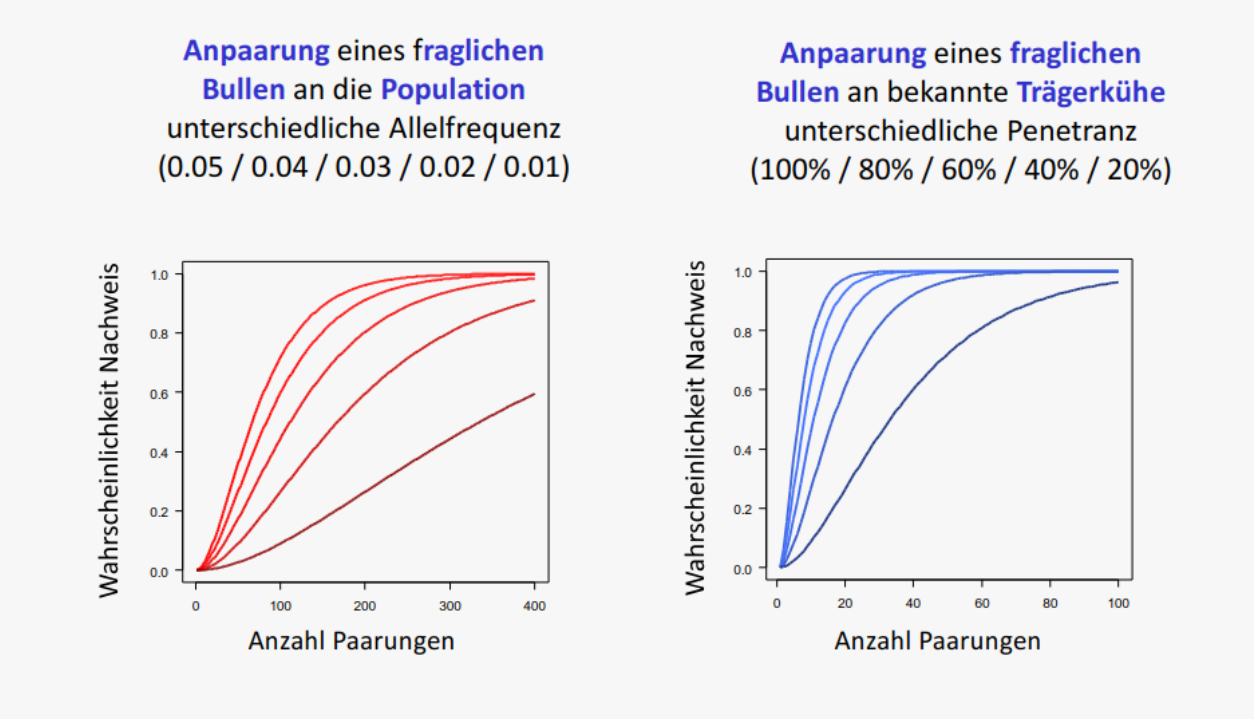


Abbildung 2: Nachweis für das Auftreten von Erbfehlern bei unterschiedlichen Anpaarungen. (a) Anpaarung an die Population in Abhängigkeit der Defektallelfrequenz, (b) Anpaarung an bekannte Trägerkühe.

Nutzung Molekulargenetik zur Aufklärung von Erbfehlern

Die rapide fortschreitende Entwicklung in der Molekulargenetik ermöglicht die umfassende Aufklärung vieler Prädispositionen und Erbfehler und legt die Grundlage für effiziente Bekämpfungsstrategien. In den Anfängen konnten mit Hilfe pedigreegestützter Kopplungsanalysen eine Reihe bedeutender Erbfehler in der Rinderzucht wie CVM (Thomsen Bo et al., 2011), BLAD (Nagahata, 2004) oder die Spinnengliedrigkeit (Drögemüller et al.

2010, Buitkamp et al., 2011) kartiert, d.h. die etwaige Lage auf dem verantwortlichen Chromosom bestimmt werden. Damit war es in vielen Fällen bereits möglich, mit Markertests den Trägerstatus potenzieller Zuchttiere zu bestimmen. Mittlerweile ist es in vielen Fällen gelungen, die kausale Mutation zu identifizieren und mit direkten Gentests den Status von Tieren exakt zu bestimmen. Dies kann bei phänotypisch klar abgegrenzten Phänotypen unter Nutzung der Sequenzinformation bereits mit sehr wenigen betroffenen Fällen, wie dies bei der Zinkdefizienz (Yuzbasiyan-Gurkan und Bartell, 2006) und dem Zwergwuchs gezeigt wurde (Schwarzenbacher et al., 2016). Mit der Cholesterindefizienz beim Rind ist ein aktuelles Beispiel gegeben, welches die Notwendigkeit einer präzisen Phänotypisierung und versierte Analyse der genomischen Information unterstreicht. Die offensichtlichen Befunde „Verenden nach Kälberdurchfall" konnten auf eine genetisch bedingte Steffwechselstörung im Cholesterinhaushalt zurückgeführt werden, die auch mit itravenösen Cholesteringaben nicht behoben werden konnte. Neueste Ansätze aus dem Bereich der ‚Reverse Genetics' werden es in Zukunft erlauben, schädliche Mutanten im Genom aufzufinden und mögliche phänotypische Abnormalitäten vorherzusagen. Dazu gehören auch populationsweite Analysen, in denen sogenannte vorerst unspezifische ‚missing homozygosity' Haplotypen detektiert werden, d.h. Chromosomenabschnitte, in denen ein bestimmter Haplotyp entgegen aller Wahrscheinlichkeit nicht im homozygoten Zustand vorliegt (Van Raden et al., 2011). Mit Hilfe von ‚gene editing' könnten dann kausale Nachweise von Defekten geführt werden.

Züchterische Maßnahmen

Es ist festzuhalten, dass sich als Ergebnis der konsequenten Anwendung moderner Ansätze vollkommen erbfehlerfreie Zuchttiere als Utopie erweisen. Im Weiteren gilt es zu konstatieren, dass Erbfehler zufällig auftreten und dass das scheinbar häufigere Auftreten bei den Spitzenbullen oder wichtigen Vorfahren deren starker Verbreitung in der Population geschuldet ist. Erst dadurch ist die Voraussetzung für rezessiv homozygote Nachkommen im größeren Umfang gegeben, die letztendlich die Aufmerksamkeit der Züchter bewirken. Aus diesen Zusammenhängen scheidet eine unreflektierte Merzung von Trägertieren ohne nachhaltige Folgen für die genetische Diversität innerhalb von Zuchtpopulationen aus. Das bedeutet jedoch nicht, dass bei gravierenden Erbfehlern und hohen Inzidenzen sinnvoll sein kann, Trägertiere von der Zucht auszuschließen. Alternativ können bei besonders wertvollen Vererbern und der zunehmenden Verfügbarkeit der genomischen Information auf der weiblichen Seite gezielte Anpaarungen das Auftreten von Defekten in den Nachkommen verhindern. Eine solche Strategie ist sorgfältig zu planen, um eine langfristige Erhöhung der Defektallelfrequenz zu vermeiden. In diesem Zusammenhang sollten neue Ansätze zum Umgang mit den Erbfehlern auf verschiedenen Stufen entwickelt und in der Praxis implementiert werden. Auf der Ebene des Einzeltiers könnte eine Gesamtbewertung der Beeinträchtigung über einen Erbfehlerindex erfolgen. In diese sollte der relative ökonomische Schaden und die gegenwärtige Wahrscheinlichkeit des Auftretens betroffener Nachkommen einfließen. Im Weiteren sollten die bereits in der Planung befindlichen genomischen Anpaarungsprogramme um bekannte Erbfehler erweitert werden. So könnte sichergestellt werden, dass keine Tiere, die jeweils am gleichen Erbfehler heterozygot sind, miteinander verpaart werden. Auf Populationsebene ist ein kontinuierliches Monitoring der Erbfehler anzustreben und mit Hilfe eines optimierten Einsatzes von Zuchttieren

sollte eine noch zu tolerierende Allelfrequenz sichergestellt werden. Generell sollte auch die Inzuchtentwicklung und die effektive Populationsgröße der Zuchtpopulation kontinuierlich überprüft und ein breiter Einsatz von Vererbern angestrebt werden. Theoretisch steht letztendlich mit dem Verfahren des ‚gene editings' ein Werkzeug zur Verfügung, Erbfehler kurativ zu beheben und aus der Population zu entfernen. Es muss diesbezüglich ein gesellschaftlicher Diskurs erfolgen, um den Nutzen und ethische Bedenken gegeneinander abzuwägen.

Zusammenfassung

Erbdefekte sind immanent in allen Nutztierpopulationen und gehen aus zufälligen, schädlichen Mutationen hervor. Es besteht in den allermeisten Fällen kein direkter genetischer Zusammenhang zur Leistungsveranlagung, allerdings steigt die Wahrscheinlichkeit des Auftretens in der aktuellen Generation stark mit der Verbreitung des initialen Trägertieres (founder). Eine kontinuierliche Überwachung des Geschehens und ein offener Umgang sind Voraussetzungen für ein effizientes Erbfehlermanagement. Züchterische Maßnahmen können sowohl auf das Einzeltier als auch auf die Population abzielen. Auf Einzeltierebene sind der Ausschluss von der Zucht, gezielte Anpaarungen oder neuerdings kurative Eingriffe in das Genom denkbar. Die Erhaltung der effektiven Populationsgröße ist auf alle Fälle sinnvoll. Ein abgestimmtes Vorgehen der Zuchtorganisationen unter Einbeziehung der wissenschaftlichen Erkenntnisse wird auch in Zukunft den Anforderungen der Erbfehlerproblematik gerecht.

Literatur:

BUITKAMP, J., SEMMER, J. & GÖTZ, K. U. (2011) Arachnomelia syndrome in Simmental cattle is caused by a homozygous 2.bp deletion in the molybdenium cofactor synthesis step 1 gene (MOCS1). *BMC Genetics*.,12, 11

DROGEMULLER, C., TETENS, J., SIGURDSSON, S., GENTILE, A. & TESTONI, S. (2010) Identification of the bovine Arachnomelia mutation by massively parallel sequencing implicates Sulfite Oxidase (SUDX) in bone development. *PLoS Genet.*, 6(8), e1001079

GROBET, L., MARTIN, L.J., PONCELET, D., PIROTTIN, D., BROUWERS, B., RIQUET, J., SCHOEBERLEIN, A., DUNNER, S., MENISSIER, F. MASSABANDA, J., FRIES, R., HANSET, R. & GEORGES, M. (1997) A deletion in the bovine myostatin gene causes the double muscled phenotype in cattle. *Nat. Genet., Nature America Inc.*, New Zork NY, USA 17 1, 71-74

NAGAHATA, H. (2004) Bovine leukocyte adhesion deficiency (BLAD): A review. *J Vet Med Sci*., 66(12), 1475-1482

PAUSCH, H., KOELLE, S., WURMSER, C., SCHWARZENBACHER, H., EMMERLING, R., JANSEN, S., TROTTMANN, M., FUERST, C., GÖTZ, K.U. & FRIES, R. (2014) A nonsens mutation in TMEM95 encoding a nondescript transmembrane protein causes idiopathic male subfertility in cattle. *PLoS Genet.*, 10(1), e1004044

SCHWARZENBACHER, H., WURMSER, C., FLISIKOWSKI, K., MISUROVA, L., JUNG, S., LANGENMAYER, M.C., SCHNIEKE, A., KNUBBEN-SCHWEIZER, G., FRIES, R. & PAUSCH, H. (2016) A frameshift mutation in *GON4L* is associated with proportionate dwarfism in Fleckvieh cattle. *Genetics Selection Evolution*, 48:25

THOMSEN, Bo., HORN, P., PANITZ, F., BENDIXEN, E., PETERSEN, A. H., HOLM, L. E., NIELSEN, V:, H., AGERHOLM, J. S., ARNBJERG, J. & BENDIXEN, C. (2011) A missense mutation in the bovine SLC35A3 gene, encoding a UDP-N-acetylglucosamine transporter, causes complex vertebral malformation. *Genome Research*., 16(1), 97-105

VANRADEN, P., OLSON, K. M., NULL, D. J. & HUTCHISON, J. L. (2011) Harmful recessive effects on fertility detected by absence of homozygous haplotypes. *Journal of Dairy Science*, 94, 6153-6161

YUSBASIYAN-GURKAN, V. & BARTLELL, E. (2006) Identification of a unique splice site variant in SLC39A4 in bovine hereditary zinc deficiency, lethal trait A46; An animal model of acrodermatitis enteropathica. *Genomic*., 88, 521-626

Das Projekt „Ökoeffiziente Weidemilcherzeugung“ auf dem Versuchsgut Lindhof im Kontext von Risikomangement

Friedhelm Taube

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

1. Einleitung

Landwirtschaftliche Produktionssysteme unterliegen in Abhängigkeit des technischen Fortschritts und des gesellschaftlichen Wandels einem ständigen Anpassungsprozess. Um Risiken für die landwirtschaftlichen Unternehmen wie für die Gesellschaft abschätzen zu können, sind diverse Angebote an Produktionsoptionen hilfreich. Die Frage, welche Risiken für Investitionen landwirtschaftlicher Unternehmungen relevant sind, soll in diesem Beitrag am gesellschaftlichen Wandel der Wahrnehmung der Landwirtschaft und der Anforderungen an die Landwirtschaft aufgezeigt und am Beispiel der Neuausrichtung des Versuchsgutes Lindhof (ökoeffiziente Weidemilcherzeugung) erläutert werden.

Im Jahr 2009 publizierte die Royal Society, London, ein Grundsatzpapier zu den Herausforderungen für die globale Agrar- und Ernährungsforschung der kommenden Jahrzehnte mit dem Titel „Reaping the benefits: Science and the sustainable intensification of global agriculture“ [1]. Die Royal Society, die in ihrer Funktion vergleichbar ist mit unserer Deutschen Forschungsgemeinschaft, hat mit diesem Papier eine Zäsur eingeläutet. Nach Jahrzehnten der Vernachlässigung der Agrarwissenschaften an den Universitäten auch und ganz besonders im Vereinigten Königreich, stellt sich eine gesamte nationale Wissenschaftsorganisation den globalen Herausforderungen gleichermaßen zur Sicherung der Welternährung wie zur Sicherung der Ökosystemdienstleistungen der Landnutzung im globalen Kontext und damit der Verantwortung einer hoch entwickelten Industrienation, einen Beitrag zur globalen Versorgungssicherheit zu leisten. Das Papier betont die Bedeutung des weltweiten freien Handels von Agrarrohstoffen zur globalen Wohlfahrtsstiftung und hebt dabei als Grundsatz der Umweltverträglichkeit der agrarischen Produktion den Begriff der „Ökoeffizienz“ (eco-efficiency) besonders hervor. Darunter ist zu verstehen, dass bestimmte Agrarrohstoffe weltweit dort und jeweils in der Intensität erzeugt werden sollten, wo dies mit den geringsten negativen externen (ökologischen) Effekten je Produkteinheit realisiert werden kann. Negative ökologische Effekte beinhalten insbesondere eine Beeinträchtigung der Biodiversitätsfunktion, der Wasserschutz- und der Klimaschutzfunktion. Daraus resultiert, dass neben den bisher geltenden betriebswirtschaftlichen Kennwerten, entsprechende Kennwerte für Umwelteffekte der Produktion weltweit generiert werden. Eine standardisierte Be-

wertungsmethodik vorausgesetzt, kann so der ökologische Fußabdruck für jedes relevante Produkt erstellt und bewertet werden. Die Royal Society geht mit ihrem Konzept jedoch deutlich weiter: Neben der nachhaltigen Intensivierung der Produktion wird auch der nachhaltige Konsum und damit die Verantwortung moderner Industrienationen bezüglich der Konsummuster und der Verschwendung von Lebensmitteln adressiert sowie die ethische Dimension der Nahrungsmittelerzeugung als Basis des Konzepts der nachhaltigen Intensivierung hervorgehoben.
Bezüglich der Produktion von Agrarrohstoffen ist „Nachhaltige Intensivierung" synonym zum Begriff der „Ökologischen Intensivierung" zu verwenden, „Intensivierung" ist als Steigerung der Faktorproduktivität bezogen auf die Umweltfaktoren zu definieren. Darüber hinaus ist die globale Skalenebene der Ökoeffizienz zu berücksichtigen, da unter den gegebenen Bedingungen des weltweiten Handels von Agrarrohstoffen eine Extensivierung an einem gegebenen Standort eine Intensivierung woanders auf der Welt entfalten und somit zu so genannten indirekten Landnutzungswandeleffekten (ILUC) bzw. „leakage-Effekten" führen kann. Und schließlich wird die Bedeutung der zeitlichen Skalenebene betont, also die Langfristigkeit der Abschätzung von Intensivierungseffekten, welche insbesondere bezüglich der Biodiversitätseffekte von Relevanz sein dürfte, da die Stabilität bzw. Elastizität eines Ökosystems („Resilienz") in erheblichem Maße durch die Diversität (zwischen und innerhalb Species) auf verschiedenen räumlichen Skalenebenen gesteuert wird. Daraus kann für die konkrete Agrarproduktion in Deutschland abgeleitet werden, dass klimatische Gunststandorte mit hoher Bodenfruchtbarkeit vergleichsweise hoch intensiv zu bewirtschaften sind, da die Ökoeffizienz in diesem Fall in der Regel hoch ist (z.B. geringe Emissionen je t Weizen im Ackerbau), während diesbezügliche Ungunststandorte (Futterbauregionen) eher bei reduzierten (N-) Intensitäten im Vergleich zum Status quo eine höhere Ökoeffizienz entfalten dürften [2], [3].

2. Ist Deutschland auf gutem Wege zur nachhaltigen Intensivierung?

Diese Frage ist aus zweierlei Blickwinkeln zu betrachten: Zum einen steht die Frage zu Ertragssteigerungen der Kulturpflanzen zur Debatte (Produktionsfunktion), zum anderen die Frage nach der Umsetzung von Nachhaltigkeitszielen (weitere Ökosystemfunktionen).

Ertragssteigerungen im Pflanzenbau

Bezüglich der Ertragssteigerungen im Pflanzenbau Mitteleuropas ist nach 5 Jahrzehnten nahezu linearer Ertragssteigerungen bei allen wirtschaftlich relevanten Kulturarten in der Größenordnung von mehr als 2% pro Jahr bis in die 1990er Jahre seitdem eine deutliche kulturartenspezifische Differenzierung notwendig. Während vor allem Mais, Zuckerrüben und Raps weiterhin entsprechende Ertragssteigerungen aufweisen, ist bei den Getreidearten seit mehr als 15 Jahren eine Ertragsstagnation zu beobachten [4], [5].

Während Zuchtfortschritte bezüglich des Merkmals Ertrag in den Zuchtgärten und bei der Sortenzulassung nach wie vor signifikant sind, werden sie auf den Betrieben nicht mehr in dem Maße umgesetzt, wie es bis vor ca. 15 Jahren der Fall war. Als Ursache dafür wird ein ganzes Bündel von Einflussfaktoren diskutiert. So dürften die mangelnden Preisanreize über etliche Jahre die Betriebe zu Kostenreduktionen (Bodenbearbeitung; Pflanzenschutz) animiert haben, die wiederum eine negative Rückkopplung auf die Naturalerträge induzierten. Aber auch eine zunehmend ungünstige Fruchtfolgegestaltung, Bodenverdichtungs- und Klimawandeleffekte dürften bei bereits sehr hohem Ertragsniveau eine zunehmende Rolle für Ertragsunsicherheiten spielen. Zusammenfassend ist zu konstatieren, dass die Erträge in Mitteleuropa auf sehr hohem Niveau stabil sind, und es stellt sich letztendlich die Frage nach der zukünftig richtigen Strategie im Sinne einer nachhaltigen Intensivierung und einer Steigerung der Ökoeffizienz, ob nämlich entweder auf Basis dieses hohen Ertragsniveaus weitere Ertragssteigerungen mit vergleichsweise hohem zusätzlichen Aufwand zu avisieren sind oder ob unter Berücksichtigung der weiteren Ökosystemdienstleistungen der Landwirtschaft das aktuelle Ertragsniveau eher zu halten ist und nicht primär die Produktivität, sondern die Öko-Effizienz über die primäre Reduktion von Emissionen gesteigert werden sollte. Eine Antwort auf diese Strategiefrage kann aus den Zielen der Nachhaltigkeitsstrategie Deutschland im Hinblick auf die Schutzziele jenseits der Produktionsfunktion der Landnutzung abgeleitet werden. Sind die Schutzziele erreicht, ist von einer öko-effizienten Produktion auszugehen und Produktivitätssteigerungen, die möglicherweise gewisse zusätzliche Emissionen verursachen, wären opportun. Sind die Schutzziele dagegen nicht erreicht und werden diese als gesellschaftlicher Konsens ernst genommen, wäre daraus abzuleiten, dass zunächst Effizienzsteigerungen das Mittel der Wahl wären, um primär diese Schutzziele zu realisieren.

Nachhaltigkeitsstrategie Deutschland

Die deutsche Bundesregierung hat im Rahmen ihrer Nachhaltigkeitsstrategie [6] Zielwerte formuliert, die der Umsetzung des Biodiversitäts-, Wasser- und Klimaschutzes dienen. Die Landwirtschaft betreffend sind dies insbesondere folgende Ziele:

1. Die Senkung der nationalen Stickstoffsalden auf einen Zielwert von maximal +80 kg N/ha bis zum Jahr 2010
2. Die Erfüllung der EU-Wasserrahmenrichtlinie „guter ökologischer Zustand der Gewässer“ bis zum Jahr 2015 bzw. die Umsetzung der EU-Nitratrichtlinie zur Reduktion der Eutrophierung aquatischer Ökosysteme.
3. Die Umsetzung der Biodiversitätskonvention mit einem Zielwert von 19% „high nature value (HNV) Flächen“ bis zum Jahr 2015, das heißt, eine entsprechende Ausweitung ökologischer Vorrangflächen.
4. Klimaschutzziele: Direkt sind keine fixen Werte für den Agrarsektor bezüglich des kompletten Bereichs der Klima relevanten Gase formuliert, lediglich

die NEC-Richtlinie regelt die maximal zu tolerierenden Ammoniakemissionen auf nationaler Ebene und soll einen Wert von 550 kt/Jahr für Deutschland im Jahr 2010 nicht überschreiten.

Tatsächlich ist für die ersten 3 Zielkomplexe die Zielerreichung unwahrscheinlich bzw. definitiv nicht realisiert. Die nationalen N-Salden sind in den Jahren nach der Wiedervereinigung in Folge der Viehabstockung in den neuen Bundesländern zwar deutlich gesunken, verharren jedoch seit etwa 10 Jahren auf einem Niveau von etwa + 100 kg N/ha/Jahr [7], ohne dass der Zielwert von + 80 kg N/ha/Jahr auch nur annähernd erreicht worden wäre.
Der aktuelle Nitratbericht [8] für Deutschland weist darüber hinaus aus, dass die Nitratwerte im oberflächennahen Grundwasser zwar einen marginal sinkenden Trend aufweisen, die Zielerreichung der EU-Wasserrahmenrichtlinie jedoch nach wie vor als unwahrscheinlich einzustufen ist. Vielmehr verschärfen sich die Unterschiede zwischen viehschwachen Regionen mit weiter sinkenden Nitratwerten im oberflächennahen Grundwasser und viehstarken Regionen, wo diese Werte deutlich ansteigen. Dies bedeutet, für den Bereich Nährstoffnutzungseffizienz und Wasserschutz ist eine Zielerreichung nicht in wünschenswertem Maße gegeben. Laut BMU 2012 ist auch die Zielerreichung im Rahmen der Umsetzung der Biodiversitätskonvention nicht gegeben, vielmehr geht der Verlust an Artenvielfalt unvermindert weiter. Werden beispielsweise Indikatorarten der Avifauna herangezogen, so ist eine Reduktion der Artenvielfalt von durchschnittlich mehr als 40% seit 1990 zu konstatieren. Und schließlich ist der Zielwert der NEC-Richtlinie zwar erstmals im Jahr 2010 im Zielbereich von 550 kt/Jahr angelangt, aber dennoch ist auch für diesen Bereich keine Entwarnung angemessen, da die Ausdehnung der Bioenergieproduktion (Biogas) und die daraus resultierenden Ammoniakemissionen bei der Gärrestapplikation den abnehmenden Trend konterkarieren könnten und laut Nitratbericht mit einem Anstieg der Ammoniakemissionen über den Zielwert von 550 kt/Jahr hinaus ab 2011 zu rechnen ist.
Zusammenfassend bleibt für den Komplex der Nachhaltigkeitsstrategie Landwirtschaft festzuhalten, dass eine Zielerreichung in wesentlichen Bereichen bisher nicht gegeben ist und Deutschland somit gefordert ist, die Ökoeffizienz nachhaltig zu steigern.

3. Ökoeffiziente Weidemilcherzeugung als Beitrag zur Diversifizierung von Milchproduktionssystemen

Bezug nehmend auf die behandelten Rahmenbedingungen in Deutschland, Agrarmärkte einerseits und Anforderungen an Umweltstandards andererseits, stellt sich die Frage, welche konzeptionellen Systemansätze der nachhaltigen Intensivierung in der Agrarforschung für eine Erhöhung der Ökoeffizienz der landwirtschaftlichen Produktion in Deutschland entwickelt werden sollten. Hergeleitet werden soll dies an einem aktuellen Thema, insbesondere in Bayern, nämlich der so genannten „Eiweißstrategie". Hintergrund hierfür ist der Befund, dass Deutschland derzeit seine „Eiweißlücke" der heimischen Produktion (60% des verbrauchten Eiweißes werden importiert) vornehmlich über Sojaimporte aus Südamerika deckt. Laut [9] entspricht der derzeitige „virtuelle Sojaflächenimport" Deutschlands einem Flächenäquivalent von ca. 3,6 Mio. ha. Die Frage, die sich aus dem aktuell forcierten Anbau von Körnerleguminosen zur Schließung der „Eiweißlücke" in Deutschland ergibt, ist die, ob dies im Einklang mit der globalen Dimension des Konzeptes der nachhaltigen Intensivierung steht? Dazu zunächst zwei grundsätzliche Annäherungen an die Problematik:

1. Im Rahmen einer weltweiten Arbeitsteilung und eines weltweiten Handels von Gütern, also eines internationalen Nehmens und Gebens aufgrund ökonomischer Vorzüglichkeiten, erscheint die Identifizierung einer nationalen „Lücke" und der daraus abgeleitete Schluss, diese „Lücke" umgehend auf nationaler Ebene schließen zu müssen, rückwärts gewandt im Sinne geschichtlich dokumentierter Autarkiebestrebungen. Dies gilt insbesondere dann, wenn nicht gefragt wird, ob diese Lücke nicht anderswo kostengünstiger zu schließen wäre. Schließlich geht Deutschland davon aus, dass Brasilien auch weiterhin seine „Kühlschrank- und Autolücke" über deutsche Produkte zu schließen gedenkt, da deutsche Unternehmen dies derzeit kostengünstiger und besser leisten können als brasilianische Unternehmen.

2. Grundsätzlich macht eine Erweiterung der Fruchtfolgen um Leguminosen in Deutschland vor dem Hintergrund der Steigerung der Agrobiodiversität Sinn. Im Detail sind jedoch verschiedene Voraussetzungen zu überprüfen, bevor eine solche Initiative einen flächenmäßig signifikanten Maßstab einnehmen sollte. Zum einen ist die Frage nach „leakage-Effekten" zu klären, d.h. was bedeutet es, wenn in Deutschland Körnerleguminosen mit geringem bis mittlerem Ertragsniveau auf Gunststandorten des Ackerbaus hoch ertragreiche Kulturen wie Raps (Öl- +Eiweißpflanze!), Körnermais oder Weizen verdrängen? Dann werden diese hier verdrängten Kulturen auf anderen Äckern der Welt erzeugt mit dort möglicherweise deutlich negativeren Effekten auf die Umwelt und da die weltweiten Erträge von Weizen deutlich niedriger sind als in Deutschland, wird dafür zusätzlich mehr Fläche benötigt, um die hier verdrängten Mengen zu kompensieren (ILUC-Effekte). Zum zweiten muss die Frage geklärt werden, ob die Ausweitung des Körnerleguminosenanbaus in Deutschland ein „pollution swapping" induzieren könnte, also andere Um-

weltschutzziele in Deutschland neben dem der Agrobiodiversität in Frage stellt. Zumindest im Hinblick auf den Wasserschutz ist diese Sorge durchaus berechtigt, da die Stickstoffresiduen aus dem Körnerleguminosenanbau bei nicht optimal gestalteter Fruchtfolge durchaus mit erhöhten Stickstoff-Austrägen über den Pfad Sickerwasser assoziiert sind und damit die Ziele der EU-Wasserrahmenrichtlinie zusätzlich gefährden könnten [10].

Letztlich sollte im Sinne der globalen Dimension der nachhaltigen Intensivierung weltweit jeweils dort das Kulturartenspektrum zum Einsatz kommen, welches eine Optimierung der Ökoeffizienz gewährleistet. Wird dieser Maßstab angelegt, sind Getreide, Raps, Mais und weitere Futterpflanzen in Europa definitiv günstig in der Ökoeffizienz für die Produktlinien Stärke bzw. Öle oder Futterenergie. Und bei den Eiweißpflanzen ist der Sojaanbau in Südamerika aufgrund der dortigen günstigen klimatischen Bedingungen mit zum Teil zwei Ernten pro Jahr durchaus mit einer hohen Ökoeffizienz ausgestattet [11], [12] und dürfte je produzierte Tonne hochwertigen Eiweißes den Körnerleguminosen in Deutschland überlegen sein. Gibt es dennoch Optionen für einen verstärkten Eiweißpflanzenanbau in Deutschland, der die Kriterien einer hohen Ökoeffizienz erfüllt und ILUC-Effekte vermeidet? ILUC-Effekte werden insbesondere dort vermieden, wo kein knappes Ackerland für die Produktion genutzt werden muss. Diese Frage bereitet die Überleitung zum Grünland und zum Futterleguminosenanbau. Deutschland weist mit etwa 4,8 Mio. ha Dauergrünland (~28-% der LN) eine erhebliches Potential zur Erhöhung der inländischen Eiweißproduktion auf und dieses Dauergrünland steht nicht in Flächenkonkurrenz zur Ackernutzung, da diese Flächen weitgehend als „absolutes Grünland“ anzusprechen sind. Im Sinne einer angewandten Systemforschung zur Optimierung der Eiweißbereitstellung vom Grünland, die im Wesentlichen der Milcherzeugung dient, reicht es jedoch nicht aus, allein eine begrenzte Grünlandsystemforschung zu entwickeln, sondern es muss die gesamte Prozesskette des Milchproduktionssystems einbezogen werden. Die derzeitigen Milchproduktionssysteme in Deutschland gehen in Richtung einer genetischen Spezialisierung auf Milchproduktion („Einnutzungsrind“ Holstein Frisian (HF)) mit dem Ziel der Maximierung des Milchertrages je Kuh. Dies hat im Extrem dazu geführt, dass Grobfutter vom Grünland die primäre Funktion der Strukturlieferung wahrnimmt, während das bereitgestellte Eiweiß mit hoher Abbaubarkeit im Pansen [13] durch zusätzliches by-pass Protein in erheblichem Umfang ergänzt werden muss (Raps- bzw. Sojaextraktionsschrote), um eine ausreichende Eiweißversorgung am Dünndarm sicher zu stellen [14]. Dieser zusätzliche Eiweißanspruch vom Ackerland ist ab Milchleistungen von mehr als ~7000 kg/Kuh/Jahr überproportional ansteigend, ebenso wie die Bereitstellung von zusätzlicher Futterenergie vom Acker (Maissilage). Und schließlich bedeutet diese Entwicklung eine Abkehr von der Weidenutzung, da zum einen mit steigender Herdengröße nicht mehr ausreichende hofnahe Weideflächen zur Verfügung stehen und zum anderen der Energiebedarf von Hochleistungskühen nur begrenzt aus Weidefutter zu decken ist. In der Konsequenz resultieren daraus kapital- und energieinten-

sive Milchproduktionssysteme mit zunehmend ganzjähriger Stallhaltung, was wiederum die Frage nach der Tiergerechtheit der Haltungsverfahren, der Tiergesundheit und der Nutzungsdauer aufwirft [15]. Daraus ist abzuleiten, dass angewandte Systemforschungen zur Grünlandnutzung zum Zwecke der Milcherzeugung bisherige Milchproduktionssysteme in Frage stellen müssen. Die Kieler Gruppe hat dazu in den vergangenen Jahren einen Systemvergleich Milcherzeugung durchgeführt, wobei zwei landwirtschaftliche Betriebe, die unterschiedliche Milchproduktionssysteme repräsentieren, untersucht wurden [16]. Betrieb A (low input, Weißklee/Deutsch'Weidelgras-Weide ohne mineralische N-Düngung) erzeugt Milch in Anlehnung an irische Milchproduktionssysteme (Milcherzeugung nahezu ausschließlich von der Weide, marginaler Konzentratfuttereinsatz, Kreuzungstiere HF x Jersey, Milchleistung je Kuh von ca. 6000 kg ECM; Milchleistung ja ha Weide ca. 11.200 kg). Betrieb B (high input) repräsentiert einen potentiell typischen high input Betrieb der Zukunft (ganzjährige Stallhaltung, Grobfutterbasis Gras- und Maissilage, HF-Genetik, Konzentratfuttereinsatz von ca 3 t/Kuh/Jahr (davon ca. 1/3 Sojaextraktionsschrot), Milchleistung je Kuh von ca. 11.000 kg ECM. Auf beiden Betrieben im gleichen Landschaftsraum Schleswig-Holsteins wurden die Stoffströme im Produktionssystem dezidiert erfasst (Energie, Treibhausgasemissionen, Nährstoffausträge über Sickerwasser) und die Ökoeffizienz ermittelt. Beispielhaft ist in der Abbildung 1 der „Product Carbon Footprint (PCF)", also die CO_2 Äquivalent-Emission je kg erzeugte Milch, erfasst und in Abhängigkeit verschiedener Kalkulationsszenarien ausgewiesen. Werden ILUC-Effekte und Effekte der Bodennutzung auf den Bodenkohlenstoffhaushalt nicht berücksichtigt, erscheint das high input System leicht überlegen (linke Säulen Abbildung 1).

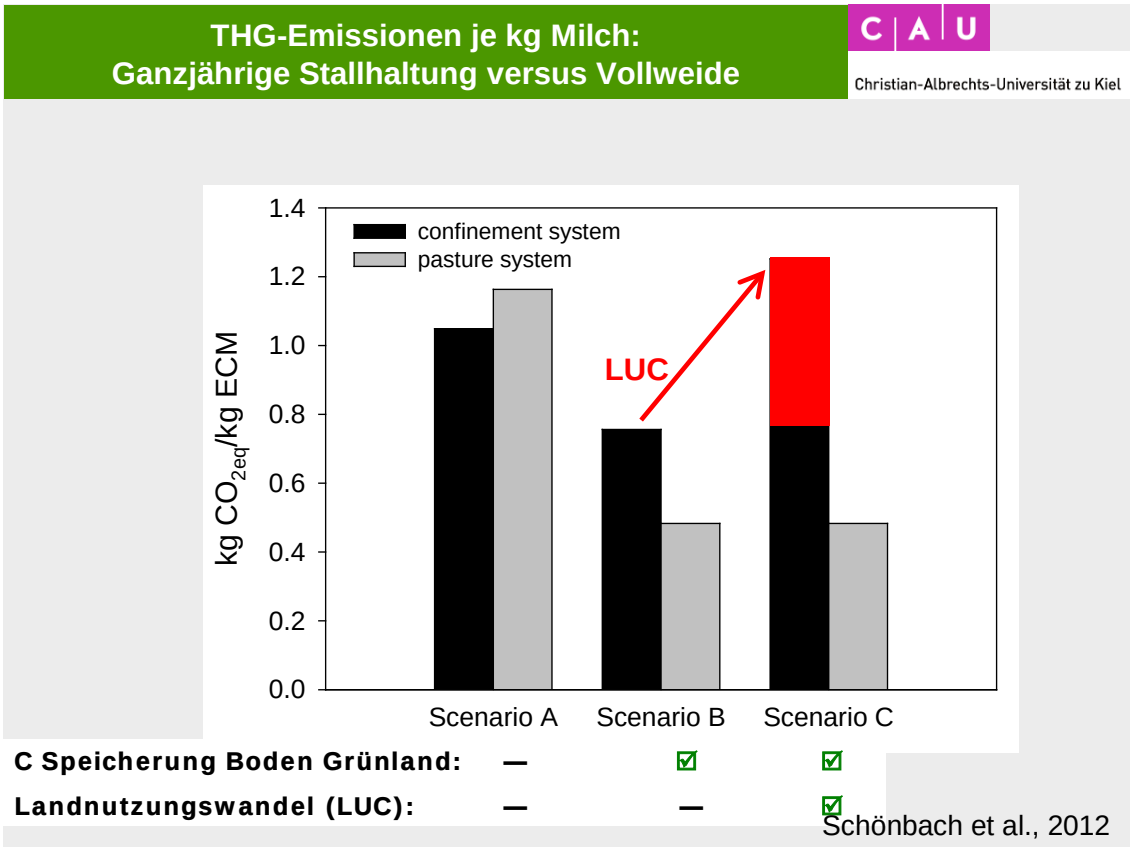


Abb. 1: „Carbon footprint Milch“ (kg CO_2eq/kg ECM) in Abhängigkeit des Milcherzeugungssystems (confinement system: Ganzjährige Stallhaltung; pasture system: Vollweide) und verschiedener Kalkulationsszenarien (A: Standardverfahren; B: Berücksichtigung CO_2-Speicherung Boden unter Grünlandnutzung, C: Berücksichtigung B plus Landnutzungswandeleffekte für Soja in Südamerika (Schönbach et al., 2012)

Werden jedoch die Kohlenstoffsequestrierungspotentiale der ausschließlichen Grünlandnutzung (Weidesystem) dem low input System gut geschrieben, verringert sich der PCF des low input Systems maßgeblich und werden zusätzlich ILUC-Effekte für den Sojaanbau (high input System) in Ansatz gebracht, ist das low input System deutlich günstiger einzustufen. Abschließend haben wir den Flächenverbrauch je kg ECM für beide Systeme kalkuliert, wobei Durchschnittserträge für die Konzentratfuttermittelkomponenten inklusive der Allokationsfaktoren in Ansatz gebracht wurden, mit dem Ergebnis, dass der „globale Flächenbedarf“ beider Systeme nahezu identisch ist (ca. 2,3 m² je kg ECM). Dieses Beispiel macht für das System Milcherzeugung deutlich, dass nur umfassende angewandte Systemforschung mit dem Infragestellen bestehender Systeme neue Wege einer ökoeffizienten Produktion von agrarischen Rohstoffen aufzeigen kann. Angewandte Systemforschung im Agrarbereich hat vor dem Hintergrund des neuen Paradigmas der nachhaltigen Intensivierung bisher eingeschlagene Pfade zu hinterfragen, um stabile Pfadabhängigkeiten aufzubrechen. Pfadabhängigkeit ist ursprünglich ein analytisches Konzept in den Sozialwissenschaften, das Prozessmodelle beschreibt, deren zeitlicher Verlauf strukturell einem Pfad ähnelt. Es gibt Anfänge und Kreuzungen,

an denen mehrere Alternativen zur Auswahl stehen. Bei Entscheidung für eine bestimmte Alternative (Maximierung Einzeltierleistung) folgt eine stabile Phase, in der die Entwicklung durch positive Feedback-Effekte (Reduktion Arbeitskosten, Entwicklung spezieller Beratungsstrukturen, Entwicklung technischer Lösungen) auf dem eingeschlagenen Weg gehalten und weiter entwickelt wird (ganzjährige Stallhaltung, Optimierung Rationsgestaltung der Hochleistungskuh (TMR)). Dies bewirkt, dass in einer solchen stabilen Phase Richtungsabweichungen kaum noch möglich sind, da diese zunehmend aufwändig werden (Wechsel der Milchviehrasse, Weidegang, Mangel an alternativer Beratungsexpertise). Das Besondere an stabilen, pfadabhängigen Prozessen ist, dass Entscheidungen tendenziell nicht mehr in Abhängigkeit weiterer Qualitätsmerkmale (Ökoeffizienz, Tierwohl, Verbraucherakzeptanz) getroffen werden und somit nicht selbstkorrigierend sind, sondern dazu prädestiniert sind, Fehler zu verfestigen (Umweltwirkungen, Tiergesundheitsprobleme, mangelnde Akzeptanz der Verbraucher).

Der angewandten Systemforschung im Agrarbereich kommt somit die Aufgabe zu, Pfadabhängigkeiten in frühen Entwicklungsstadien zu hinterfragen und Kreuzungen zu erkennen, an denen ein Umsteuern ohne negative Rückkopplungseffekte möglich ist. Das heißt in diesem konkreten Fall, auf Basis dieser dargestellten Erkenntnisse der Ökoeffizienzanalyse der Milcherzeugung, die durch weitere Arbeiten in der Aussage unterstützt wird [17], [18], [19], [20], [21], alternative Pfade aufzuzeigen und konzeptionell weiter zu entwickeln.

In Deutschland ist Bayern ist diesbezüglich in einer vergleichsweise komfortablen Situation, denn die 10.000 l Kuh auf Basis der HF-Genetik, ganzjährige Stallhaltung und Herden größer 100 Kühe je Betrieb sind dort die Ausnahme. So ergeben sich dort spezielle Fragestellungen, (z.B. Tierwohl; Eiweißstrategie, Kurzrasenweide). Gleichwohl können diese Ansätze noch deutlich weiter entwickelt werden bis hin zu neuen konzeptionellen und übergeordneten Systemforschungsansätzen. Dazu zunächst ein Beispiel aus der Grünland- und Futterbauforschung: Wenn, wie oben ausgeführt, die Erzeugung einheimischer Eiweißträger vom Grünland über alternative Pfade erhöht werden soll, stellt sich die Frage nach der optimalen Intensität der Stickstoffdüngung auf dem Grünland aus einer erweiterten Perspektive. Bisherige Ansätze konzentrierten sich auf die Ableitung optimaler N-Intensitäten in Abhängigkeit des optimalen Grenzertrags, ohne Berücksichtigung der Proteingehalte. In einem Projekt des DLG-Ausschusses Grünland und Futterbau [22] wurde vor diesem Hintergrund an 5 Standorten Deutschlands eine Analyse von N-Produktionsfunktionen im Hinblick auf eine gesteigerte Eiweißversorgung von Grünland durchgeführt, mit dem Ergebnis, dass erhebliche Potentiale der Proteingehaltssteigerung bestehen, wenn entsprechende Nebenbedingungen erfüllt sind (Rationsgestaltung, optimales Anwelken vor der Silierung [23], [24] oder Heubereitung). Diese Eiweißquelle ist insbesondere für grünlandreiche Regionen Deutschlands von erheblicher Bedeutung. Aber auch im Ackerfutterbau bestehen erhebliche Potentiale der Eiweißbereitstellung über Futterleguminosen. Deutschland ist historisch betrachtet

„Luzerneland“. Diese Futterleguminose steht vor dem Hintergrund einer ökoeffizienten Eiweißstrategie vor einer Renaissance. Im Gegensatz zum Körnerleguminosenanbau (inklusive Soja) sind die Eiweißerträge der Luzerne ungleich höher [25], „pollution swapping“ - Effekte sind ebenso zu negieren wie ILUC-Effekte, da die Ertragspotentiale der Luzerne insbesondere auf trockenen Standorten hoch sind, und zudem eine Anpassung an Klimawandeleffekte ebenso gegeben ist wie hervorragende Vorfruchtwirkungen. Wird dieser Pfad weiter verfolgt, stellt sich nahezu automatisch die Frage nach der Gewährleistung der optimalen Proteinverwertung als Heu und damit die Frage nach neuen Technologien der Heutrocknung. Was liegt näher, als in einem angewandten Systemansatz Technologien zu entwickeln, um zum Beispiel die Abwärme aus Biogasanlagen für die Heutrocknung zu nutzen, was im Übrigen nicht nur für Luzerne, sondern auch für Grünlandaufwüchse von Nutzen wäre. Diesem Komplex, der Erforschung von low-input Milcherzeugungssystemen, widmet sich die zukünftige Forschung auf dem Lindhof. 80 Kühe der Rasse Jersey sind die Basis für alternative Konzepte der Milcherzeugung. Über erste Ergebnisse wird zu gegebener Zeit berichtet.

5. Ausblick: Ökoeffiziente Weidemilcherzeugung als Teilkomponente von „Mixed Farming Systems“

In den vorherigen Kapiteln wurde die Pfadabhängigkeit intensiver Milchproduktionssysteme thematisiert und die Notwendigkeit, angewandte Systemforschungsansätze zu konzipieren, die Alternativen mit dem Ziel höchster Ökoeffizienz aufweisen, aufgezeigt. Gleichermaßen können auch die bestehenden Betriebspezialisierungen in hoch entwickelten Agrarnationen diskutiert werden. Diese wurden unter den relevanten Rahmenbedingungen seit den 1970er Jahren entwickelt und führten - vereinfacht formuliert - zu spezialisierten Marktfruchtbetrieben auf Weizen-fähigen Standorten und spezialisierten Tierhaltungsbetrieben auf nicht-Weizen- fähigen Standorten bzw. in Grünlandregionen. Über Jahrzehnte dominierten die Vorteile dieser Spezialisierung (reduzierte Kosten der Arbeitserledigung, Vereinfachung der Betriebsabläufe, „economies of scale“). Bezeichnenderweise sind diese Entwicklungen in einer Zeit eingeläutet worden, als die Lohnkosten in der Industrie stiegen und damit die Landwirtschaft gefordert war, die Arbeitskosten zu senken. Die Erlöse für Agrarrohstoffe waren hoch, die Kosten für Energie und Düngemittel niedrig und die Bedeutung von Umwelteffekten spielte für die Entscheidungsfindung der Landwirte keine Rolle. Die gegenwärtige Situation ist durch deutlich abweichende Rahmenbedingungen geprägt. Die Aufwendungen für Energie und Düngemittel sind inflationsbereinigt stärker gestiegen als die Erlöse für Agrarrohstoffe und die negativen Umweltwirkungen der Landwirtschaft sind Gegenstand der gesellschaftlichen Diskussion, die sich zeitversetzt in entsprechenden Politiken äußert. Zudem steigt mit zunehmendem Spezialisierungsgrad der produktionstechnische Aufwand zum Beispiel im Bereich Pflanzenschutz aufgrund zunehmend enger Fruchtfolgen innerhalb der jeweiligen Spezialisierung. Die Resistenzproblematik beim Einsatz

bestimmter Pflanzenschutzmittel zum Beispiel bei Unkräutern/Ungräsern und pilzlichen Erreger nimmt sowohl im spezialisierten Marktfruchtbereich (Weizen, Raps) als auch im spezialisierten Tierhaltungsbereich (Mais) zu, vor allem aber hat diese Spezialisierung zu sehr unterschiedlichen Nährstoffnutzungseffizienzen und in Verbindung damit zu erheblichen positiven Nährstoffsalden (N,P,K) in spezialisierten Futterbaubetrieben bzw. -regionen geführt, während die Bodennährstoffgehalte in den Ackerbauregionen tendenziell eher sinken und durch teurere Mineraldünger kompensiert werden müssen. Vor diesem Hintergrund spricht vieles dafür, Systemansätze zu entwickeln, die einen optimierten Gemischtbetrieb mit erweiterten Fruchtfolgen (Marktfrüchte plus Futterbau) abbilden, der eine optimale Verwertung der organischen Dünger aus der Tierhaltung im Marktfruchtbau gewährleistet, ausgeglichene Nährstoffsalden aufweist, Pathogene durch umfangreichen Fruchtwechsel unterdrückt, so einen Beitrag zur Agro-Biodiversität liefert und insgesamt im Sinne einer erhöhten Ökoeffizienz einen substanziellen Beitrag zur nachhaltigen Intensivierung liefert. Diese Gedanken sind nicht neu, ([26] van Keulen und Schiere betitelten Gemischtbetriebsansätze mit der Frage: Alter Wein in neuen Schläuchen?) gewinnen jedoch vor dem Hintergrund von knappen Ressourcen (Energie, Phosphat), stagnierenden Erträgen aufgrund enger Fruchtfolgen und regional zunehmend kritischer Umweltbelastungen (Tierhaltungsregionen) an Brisanz [27].
Notwendig sind Konzepte, die nicht unbedingt die Spezialisierung des Einzelbetriebs aufheben, sondern im regionalen Kontext ein Nebeneinander von Spezialisierungen organisieren, das den Transport von Nährstoffen (org. Dünger) aus dem Tierhaltungsbetrieb in den Marktfruchtbetrieb ebenso effizient gestaltet, wie den temporären Flächentausch zwischen den Betrieben, um erweiterte Fruchtfolgen zu initiieren. Zu diesem Themenkomplex gibt es bisher in Deutschland kaum überzeugende angewandte Systemforschungen, die jedoch unbedingt notwendig sind, um gleichermaßen die Landwirte und die Verbraucher von dem potentiellen Nutzen solcher Alternativen zu überzeugen.

6. Literaturverzeichnis

[1] Royal Society (2009): Reaping the benefits: science and the sustainable intensification of agriculture. The Royal Society. London.

[2] Taube, F., Kelm, M., Loges, R. und Wachendorf, M. (2006): Ressourceneffizienz als Steuergröße für die Förderung nachhaltiger Produktionssysteme: Gibt es Vorrang-/Eignungsflächen für den ökologischen Landbau? Berichte über Landwirtschaft, 84, 73-105.

[3] Taube, F. (2013): Der zukünftige europäische Weg - Ist nachhaltige Intensivierung möglich? Landwirtschaft im Konflikt mit der Gesellschaft, Archiv der DLG, 107, 17 -42. Hrsg.: DLG e.V., Frankfurt am Main; DLG Verlag GmbH

[4] Reidsma, P., Ewert, F. and Oude Lansink, A. (2007): Analysis of farm performance in Europe under different climatic and management conditions to improve understanding of adaptive capacity. Climatic Change, 84, 403-422.

[5] Challinor, A.J., Ewert, F., Arnold, S., Simelton, E. and Fraser, E. (2009): Crops and climate change: progress, trends, and challenges in simulating impacts and informing adaptation. Journal of Experimental Botany, 60, 2775-2789.

[6] Bundesregierung Deutschland (2002): Die Nationale Nachhaltigkeitsstrategie www. bundesregierung.de
[7] BMVEL (2010): Die deutsche Landwirtschaft – Leistungen in Daten und Fakten. Ausgabe 2010. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz [The German Agriculture – facts and figures. Issue 2010. Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection]. Berlin. (In German)
[8] BMU 2016
[9] v. Witzke, H. and Noleppa, S. (2010): EU agricultural production and trade: Can more efficiency prevent increasing 'land-grabbing' outside of Europe? Research Report comissioned by OPERA. Berlin.
[10] Loges, R., Kelm, M. and Taube, F. (2008): Nitrate leaching and energy efficiency of stockless arable systems compared with mixed farming and a non-organic system on fertile soils in northern Germany. Cultivating the Future based on Science. Organic Crop Production, 1, 108-111
[11] FAO, 2010
[12] Dalgaard, R., Schmidt, J., Halberg, N., Christensen, P., Thrane, M. and Pengue, W. (2008): LCA of soybean meal. The International Journal of Life Cycle Assessment, 13, 240-254.
[13] Edmunds, B., Südekum, K-H., Spieckers, H. and Schwarz, F.J. (2012): Estimating ruminal crude protein degradation of forages using in situ and in vitro techniques. Animal Feed. Science and Technology, 175, 95 - 105
[14] Schuba, J. und Südekum, K.-H. (2012): Pansengeschützte Aminosäuren in der Milchkuhfütterung unter besonderer Berücksichtigung von Methionin und Lysin. Übers. Tierernährg. 40, 113 -149
[15] DGFZ (2013): Die Tierzucht im Spannungsfeld von Leistung und Tiergesundheit – interdisziplinäre Betrachtungen am Beispiel der Rinderzucht. Stellungnahme der DGFZ Projektgruppe „Ökonomie und Tiergesundheit“.
[16] Schönbach, P., Biegemann, T., Kämper, M., Loge,s R. and Taube, F. (2012): Product carbon footprint milk from pasture – and from confinement-based dairy farming. In: Golinski, P., Warda, M. and Stypinski, P. (eds.) Grassland Science in Europe, 17, 571 - 573pp.
[17] Flachowsky, G., Brade, W., Feil, A., Kamphues, J., Meyer, U. and Zehetmeier, M. (2011): Carbon (CO2)-Footprints bei der Primärerzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft. Uebersicht Tierernaehrung, 39, 1-45.
[18] Flysjo, A., Cederberg, C., Henriksson, M. and Ledgard, S. (2011a): How does co-product handling affect the carbon footprint of milk? Case study of milk production in New Zealand and Sweden. International Journal of Life Cycle Assessment, 16, 420-430.
[19] Flysjo, A., Cederberg, C., Henriksson, M. and Ledgard, S. (2012): The interaction between milk and beef production and emissions from land use change - critical considerations in life cycle assessment and carbon footprint studies of milk. Journal of Cleaner
[20] Nemecek, T., Frick, C., Dubois, D. and Gaillard, G. (2011): Comparing farming systems at crop rotation level by LCA. In: Geerken, T., Mattson, B., Olsson, P. and Johansson, E. (eds.) International Conference on LCA in Foods, 65-69. Gotheburg.
[21] Basset-Mens, C., Ledgard, S. and Boyes, M. (2009): Eco-efficiency of intensification scenarios for milk production in New Zealand. Ecological Economics, 68, 1615-1625.
[22] Techow, A., Herrmann, A., Kluß, C., Berendonk, M., Diepolder, M., Elsässer, M., Greiner, T., Kaiser, T., Neff, R., Raschbacher, S., Wurth, W., Taube, F. (2013): Optimale N-Intensität auf dem Grünland. Mitteilungen der AGFF (im Druck)

[23] Spieckers, H., Ettle, T., Moosmeyer, M., Steinberger, S. (2011): Effiziente Nutzung von Weide und Grünfutterkomponenten mit Milchkühen. http://www.lfl.bayern.de/ipz/gruenland/43594/aggf_2011_spiekers_et_al.pdf

[24] Edmunds, B., Spieckers, H., Südekum, K.-H., Nußbaum, H., Schwarz, F.J. and Bennett, R. (2013): Effects of extend and rate of wilting on nitrogen components of grass silage. Grass and Forage Sci. doi 10.1111/gfs.2013 (in press)

[25] Ettle, T., Obermaier, A., Weinfurtner, S. (2011b): Luzernesilage im Austausch gegen Grassilage beim Milchvieh. VDLUFA - Schriftenreihe 67, 588-594.

[26] Van Keulen, H. and Schiere, H. (2004): Crop-livestock systems: old wine in new bottles? 4th International Crop Science Congress 2004, www.cropscience.org.au

[27] Del Prado, A., Misselbrook, T., Chadwick, D., Hopkins, A., Dewhurst, R.J., Davison, P., Butler, A., Schroder, J. and Scholefield, D. (2011): SIMS(DAIRY): A modelling framework to identify sustainable dairy farms in the UK. Framework description and test for organic systems and N fertiliser optimisation. Science of the Total Environment, 409, 3993-4009.

Die EU-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie und ihre Umsetzung in Schleswig-Holstein

Nicola Fohrer und Thomas Hirschhäuser

Institut für Natur- und Ressourcenschutz,
Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume

Zusammenfassung

Hochwasser ist ein wiederkehrendes Naturereignis, dessen zerstörerische Wirkung oft in den Medien dokumentiert wird. Zum Risiko wird die Hochwassergefahr, wenn sich die Lage von finanziellen, kulturellen oder ideellen Werten und potenzielle Überflutungsbereiche räumliche überlappen. Naturkatastrophen verursachten 2016 mehr als 144 Mrd. € Schaden weltweit. Etwa ein Drittel davon entfällt auf Hochwasserschäden (Munich Re, 2017).

Zur Konzeption von Schutzmaßnahmen vor Hochwasser muss immer das gesamte Flusseinzugsgebiet Berücksichtigung finden und nach dem Prinzip Oberlieger schützt Unterlieger verfahren werden. Am 26.11.2007 ist die Richtlinie 2007/60/EG über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken (EG-HWRL) in Kraft getreten. Ziel dieser Richtlinie, die seit 2010 im Wasserhaushaltsgesetz verankert ist, ist ein einheitliches, europaweites Verfahren zur Bewertung und zum Management von Hochwasserrisiken. Zunächst wurden 2011 Gebiete mit potenziell signifikantem Hochwasserrisiko identifiziert und bis Ende 2013 Hochwassergefahren- und risikokarten für Fluss- und Küstenhochwasser erstellt und öffentlich zugänglich gemacht. Seit Ende 2015 liegen verbindliche Hochwasserrisikomanagementpläne vor. Die einzelnen Schritte werden bis 2021 in einem zweiten Umsetzungszyklus überprüft.

Der Beitrag liefert eine allgemeine Einführung zum Thema Hochwasserrisiko, erläutert die Ziele der EG-HWRL und benennt Beispiele der Umsetzung in Schleswig-Holstein.

Einleitung

Naturkatastrophen verursachten 2016 einen gesellschaftlichen Gesamtschaden von 144 Mrd. € weltweit (Munich Re, 2017). Den weitaus größten Teil nehmen meteorologische, hydrologische und klimatologische Ereignisse ein. Unter Hochwasser versteht man die zeitlich beschränkte Überflutung von Land, das normalerweise nicht mit Wasser bedeckt ist. Es kann durch über die Ufer tretenden Flüsse, aber auch durch Meereswasser, das in Küstengebiete eindringt, entstehen. Hochwasser ist ein wiederkehrendes Naturereignis und gehört besonders bei Flussauen zum natürlichen Wasserhaushalt. Die Jährlichkeit von Hochwasser drückt dabei die Wiederkehrwahrscheinlichkeit eines bestimmten Abflusswertes aus. So ist ein zehnjähriges Hochwasser ein Ereignis mit der Auftrittswahrscheinlichkeit vom einem Zehntel, nicht etwa ein Hochwasser, was nur alle 10 Jahre stattfindet. Die Wiederkehrhäufigkeit mit dem dazugehörigen Scheitelabfluss wird aus den langjährigen Pegelmessungen des Landes ermittelt. Eine Hochwassergefahr besteht für den potenziellen Überflutungsbereich. Ein Hochwasserrisiko entsteht erst dann, wenn monetäre oder kulturelle Werte in ihrer Lage mit den Überflutungsgebieten zusammen fallen. Daher kann eine verlässliche Information zu potenziellen Überflutungsräumen das Risiko eines Schadens erheblich mindern.

Die Hochwassermanagement-Richtlinie (EG-HWRL)

Am 26.11.2007 ist die Richtlinie 2007/60/EG über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken (EG-HWRL) in Kraft getreten. Ziel dieser Richtlinie, die seit 2010 in unserem Wasserhaushaltsgesetz verankert ist, ist ein einheitliches, europaweites Verfahren zur Bewertung und zum Management von Hochwasserrisiken. Dabei stehen die Minderung des Risikos und der Schutz der menschlichen Gesundheit, der Umwelt, von Kulturerbe und von wirtschaftlicher Tätigkeit vor Auswirkungen des Hochwassers im Mittelpunkt. Die EG-HWRL bezieht sich räumlich ebenso wie die EG-Wasserrahmenrichtlinie auf Flusseinzugsgebiete. Zunächst wurden 2011 Gebiete mit potenziell signifikantem Hochwasserrisiko ermittelt und für diese bis Ende 2013 Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten für ein häufiges (10 a), ein mittleres (100 a) und ein seltenes (200 a) Ereignis erstellt. Diese sind im Landesportal online einsehbar unter *www.hochwasserkarten.schleswig-holstein.de*

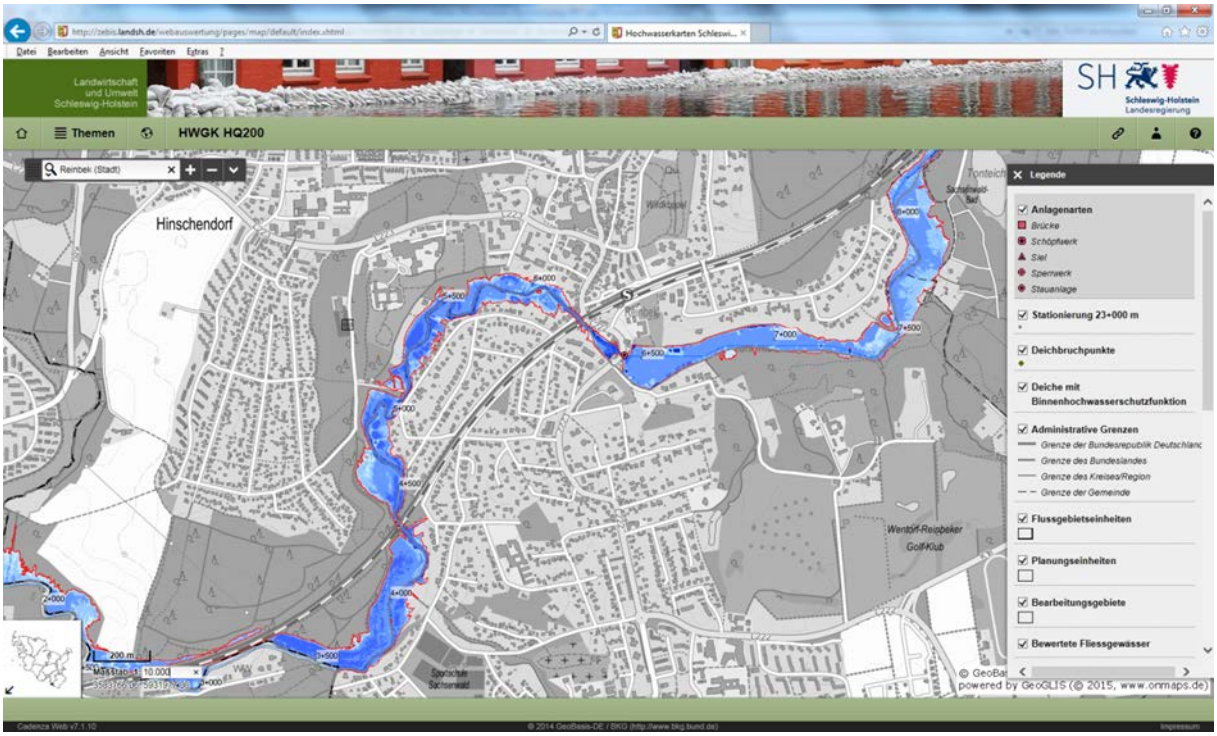


Abb. 1: Beispiel einer Hochwassergefahrenkarte

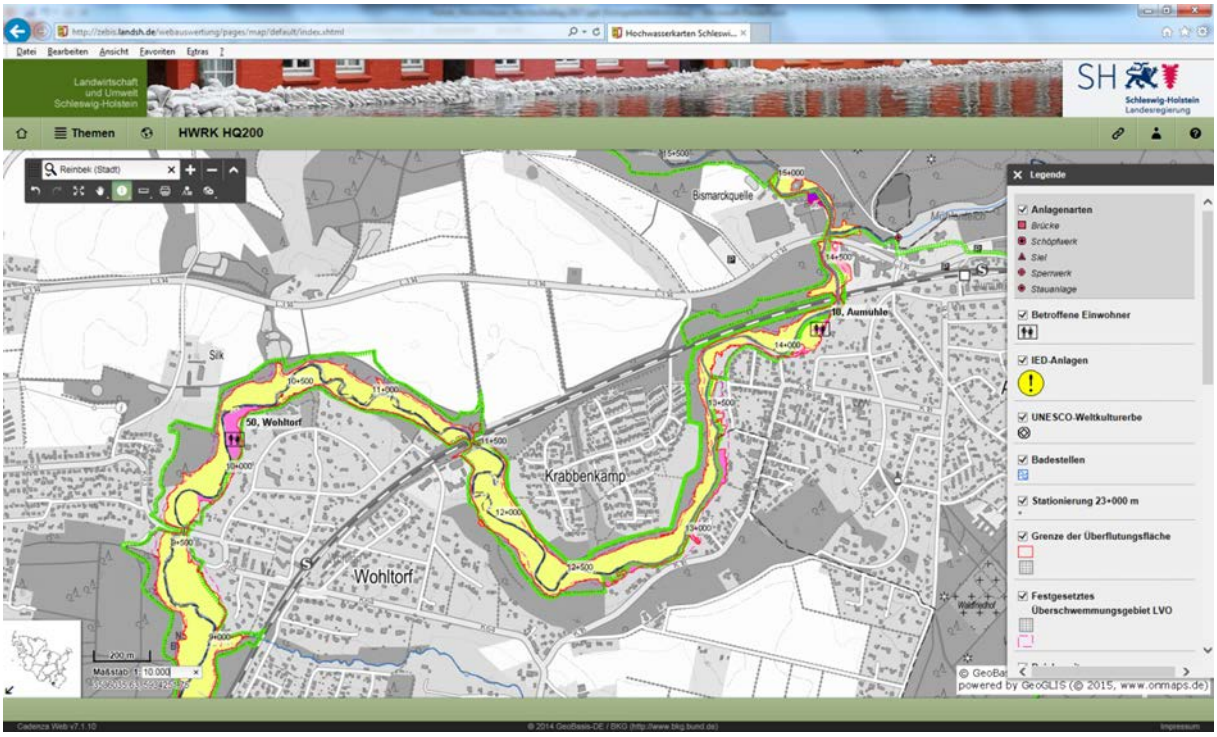


Abb. 2: Beispiel einer Hochwasserrisikokarte

Auf dieser Basis wurden bis Dez. 2015 Hochwasserrisikomanagementpläne aufgestellt. Erschwert wird die Umsetzung besonders durch die Vielzahl von Beteiligten, deren Belange neben der zentralen Wasserwirtschaft im Bereich von Land- und Forstwirtschaft, Raum- und Kommunalplanung, Naturschutz aber auch im Ereignisfall des Katastrophenschutzes, der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung und der Versicherungswirtschaft in den Prozess einfließen müssen.

Beispiele zur Umsetzung an der Treene und der Stör

Ein bedeutendes Hochwasser lief im Dezember 2014 an der Treene ab. Die Treene ist ein hochkomplexes wasserwirtschaftliches System, welches eine für Niederungsgebiete typische Sielsteuerung zur Eider hin aufweist. Die Eider ihrerseits ist von den Wasserständen in der offenen Nordsee geprägt.

Zur Sicherung der an der Mündung in die Eider gelegenen Ortschaft Friedrichstadt mussten im Oberlauf Polder als Rückhalteraum genutzt werden. Als Notmaßnahme war es erforderlich, an einem Nebengewässer einen Deich zu schlitzen, um das dahinterliegende Gebiet als Retentionsraum zu nutzen und somit die nach Friedrichstadt strömenden Wassermengen zu reduzieren. Zusätzlich war es erforderlich, die Deiche der Treene über längere Abschnitte mit Sandsäcken zu sichern und zu erhöhen, insbesondere im Bereich der Ortschaft Hollingstedt. Hier führte auch Qualmwasser, welches unter dem Deich durchsickert, zu erheblichen Problemen.

Auch im Bereich der Stör kam es beim Hochwasser 2014 zu erheblichen Problemen. Einen Schwerpunkt stellt die Gemeinde Kellinghusen dar, die am Übergang von der Geest in die Marsch gelegen ist. Hier treffen Flusshochwasser, Küstenhochwasser und Hochwasser durch urbanes Niederschlagswasser zusammen.

Abb. 3: Sicherung des Treenedeichs bei Hollingstedt

Urbane Sturzfluten

Urbane Sturzfluten wurden im ersten Umsetzungszyklus der EG-HWRL nicht berücksichtigt. Die im Frühjahr 2016 durch Starkregen in Deutschland aufgetretenen Schäden von über 6 Mrd. € haben hier aber zu einem Umdenken innerhalb der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) geführt.

Auch in Schleswig-Holstein ist es in den letzten Jahren zu Schäden durch Starkregenereignisse gekommen. Ein Beispiel ist der Gewitterregen vom 29.6.2012. Es kann gezeigt werden, dass es mit Hilfe von Reliefklassifikationskarten möglich ist, Bereiche zu identifizieren, die im Starkregenfall durch oberflächlichen Abfluss überflutet werden können.

Für Schleswig-Holstein würden solche Karten eine Möglichkeit darstellen, die potenzielle Gefahr für Überflutungen aus Starkregen zu visualisieren und damit die Grundlage bilden, Maßnahmen zu ergreifen.

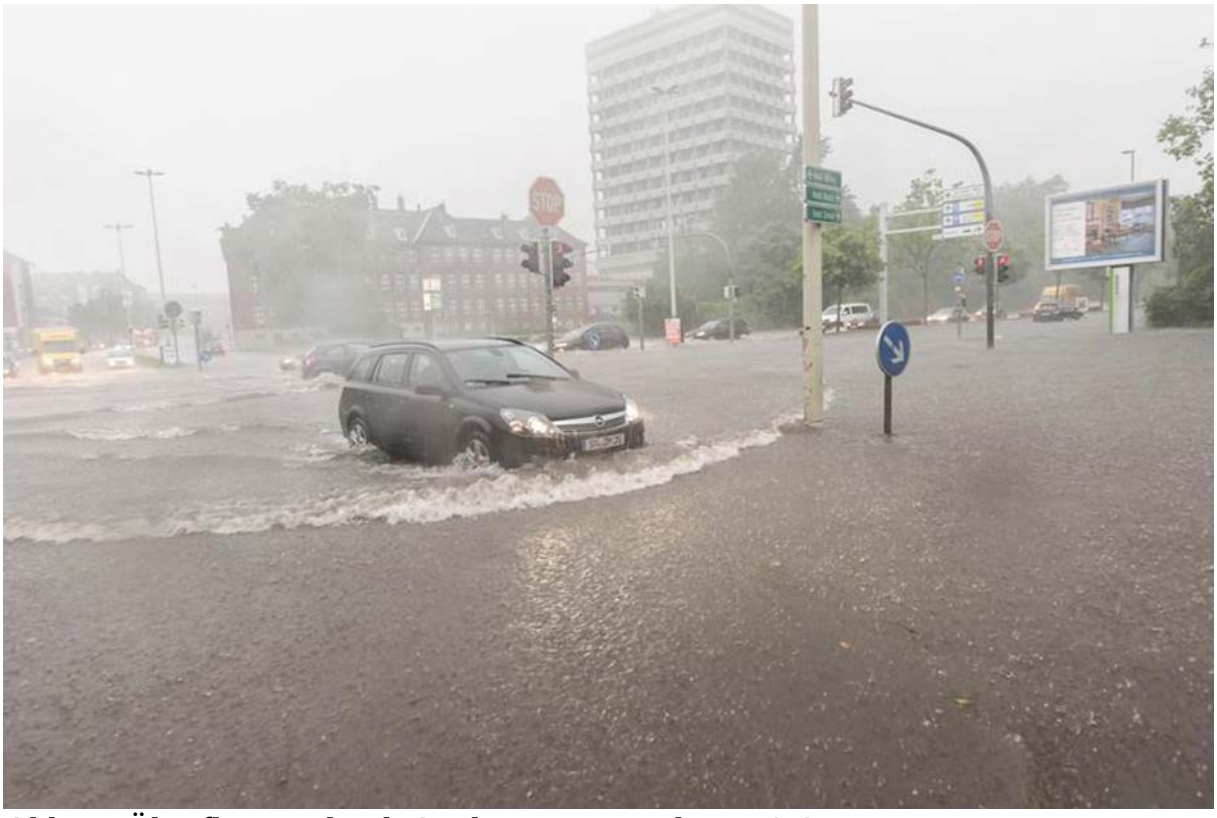


Abb. 4: Überflutung durch Starkregen in Kiel am 29.6.12

Abb. 5: Beispiel einer Reliefklassifikationskarte für den in Abb. 4 dargestellten Bereich

Fazit und Ausblick

Die in 2007 in Kraft getretene EG-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie schafft einen Rahmen für die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken. Zentrales Element sind Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten, die veröffentlicht wurden und frei zugänglich im Internet bereitgestellt werden, so dass jedermann sich über die persönliche Betroffenheit informieren kann.

Auf dieser Grundlage wurden Hochwasserrisikomanagementpläne erstellt, die das Ziel haben, Maßnahmen zu ergreifen, die nachteiligen Folgen durch Hochwasser für die menschliche Gesundheit, Umwelt, Kulturerbe und wirtschaftliche Tätigkeiten zu verringern.

Der Klimawandel wird in Schleswig-Holstein bei der Ermittlung der Hochwassergefahr und des Hochwasserrisikos durch Küstenhochwasser explizit durch eine Berücksichtigung des Meeresspiegelanstiegs mit betrachtet. Die Hochwassergefahren- und –risikokarten für das Flusshochwasser werden in regelmäßigen Abständen einer Überprüfung auf den jeweils aktuellen Stand des Wissens hinsichtlich einer Auswirkung des Klimawandels unterzogen.

Defizite gibt es bislang bei der Darstellung von Hochwasserrisiken durch urbane Starkregen. Hier haben die in 2016 aufgetretenen Schäden dazu beigetragen, das Thema stärker in den Fokus der Hochwasserrisikomanagementrichtlinie zu rücken.

Forschung am Bodenmikrobiom und ihre Bedeutung für eine nachhaltige landwirtschaftliche Praxis

Jan Menkhaus und Daguang Cai

Institut für Phytopathologie,
Abteilung für molekulare Phytopathologie und Biotechnologie

Hintergrund

Der landwirtschaftlich genutzte Boden bildet die Basis für das Leben auf der Erde und ist zugleich ein wertvoller Lebensraum für unzählige Mikroorganismen. Die Gesamtheit aller im Boden vorkommenden Organismen bzw. deren Gene oder Genome wird als Bodenmikrobiom bezeichnet. Diese Bodenmikroorganismen haben einen direkten oder indirekten Einfluss auf die Bodenstruktur, die Effizienz der Pflanzenernährung und die Pflanzen-Mikroben-Interaktion und somit auf die Epidemiologie von Krankheiten (Klein et al. 2013), was letztendlich die gesamte Produktivität (Ertrag und Qualität) ausmacht (Abb. 1). Diese Wechselwirkungen können sowohl abiotische (Marquez et a. 2007; Marasco et al. 2012; Selvakumar et al. 2012) als auch biotische (Barrow et al. 2008; Meister et al. 2014) Stressfaktoren entgegenwirken und damit zu einer Ertragssicherung und gegebenenfalls -steigerung beitragen. Neuere Erkenntnisse zeigen, dass die pflanzliche Produktivität durch komplexe, teilweise noch unbekannte Wechselbeziehungen zwischen Pflanzen und Mikroorganismen im Boden beeinflusst werden (Gaiero et al. 2013; Phillipot et al. 2015). So zeigt sich zunehmend, dass Pflanzenkrankheiten nicht mehr mit dem System Pflanze/Pathogen allein erklärt werden können, sondern dass das Auftreten und die Intensität von Krankheiten von einem biologischen System, wie dem Mikrobiom, abhängig ist. Diese Zusammenhänge gelten ebenfalls für die Aufnahme von Nährstoffen (Janos et al. 2007; East 2013). Fest steht, dass ein positiv wirkendes Mikrobiom über das Potential verfügt, zum Beispiel in der Pflanze eine systemische Resistenz zu induzieren (van der Ent et al. 2009; Bakker et al. 2013) und durch die Dominanz von Antagonisten die Pflanze vor Pathogenbefall effektiv zu schützen (Schreiner et al. 2010), was in beiden Fällen zur nachhaltigen Reduzierung des Pestizid-Einsatzes führt (Adesemoye et al. 2009). Insbesondere wachstumsfördernde Bodenmikroorganismen können die Produktivität der Pflanzen steigern. Bekanntlich versorgt die viel beachtete Symbiose zwischen Pflanzen und Pilzen (Mykorrhiza) die Pflanze effektiv mit Wasser und mineralischen Nährstoffen, insbesondere Stickstoff und Phosphat (Vassilev et al. 2006; Richardson et al. 2009). Symbiotische Bakterien der Pflanzen können mehrere Nährstoffe und Phytohormone oder deren Vorstufen liefern (Sergeeva et al. 2007). Fest steht auch, dass die Mikroorganismen

in der Rhizosphäre der Pflanze sogar zusätzliche Gene bereitstellen, auf die Pflanzen bei Bedarf zugreifen können (Berendsen et al. 2012).

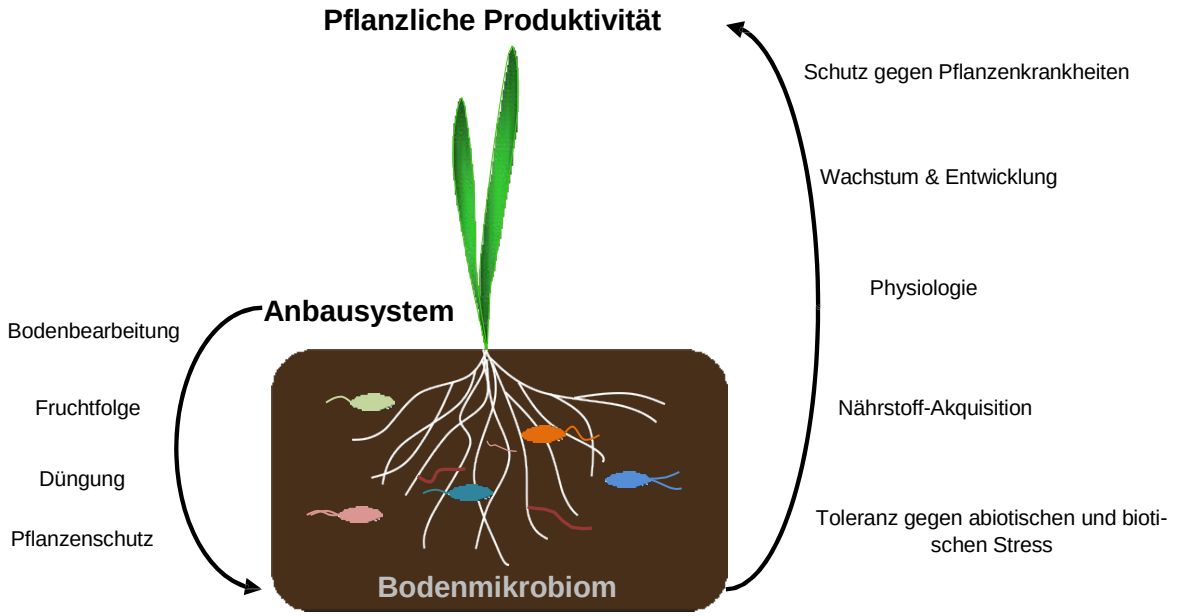


Abbildung 1: Einfluss des Anbausystems auf das Bodenmikrobiom, welches direkt die pflanzliche Produktivität beeinflussen kann.

Diese Zusammenhänge und/oder Wechselbeziehungen sind sehr komplex und werden durch das Anbausystem (Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Düngung, Pflanzenschutz, usw.) als auch durch die Bewirtschaftungsform (ökologisch bzw. konventionell) beeinflusst. So kann sich zum Beispiel eine einseitige, langjährige nicht angepasste Düngung negativ auf das Mikrobiom auswirken (Shaharoona et al. 2008). Mit Hilfe der „*Next-Generation Sequencing*"-Technologie ist es heutzutage möglich, solche noch unbekannten Mikroorganismen zu identifizieren und zu charakterisieren. Die rasanten Entwicklungen der NGS-Technologie und die stetig wachsenden Datenbanken ermöglichen die günstige Identifizierung und Analyse der Bodenmikroorganismen und damit die praktische Anwendung und Nutzung. Ziel ist es, dass auf die pflanzliche Produktivität positiv wirkende Bodenmikrobiom zu identifizieren, um für die landwirtschaftliche Praxis Empfehlungen aussprechen zu können, dieses zu fördern.

Vorgehensweise

Die Untersuchung des Einflusses verschiedener Anbausysteme auf das Bodenmikrobiom erfolgt in zwei Phasen (Abb. 2).

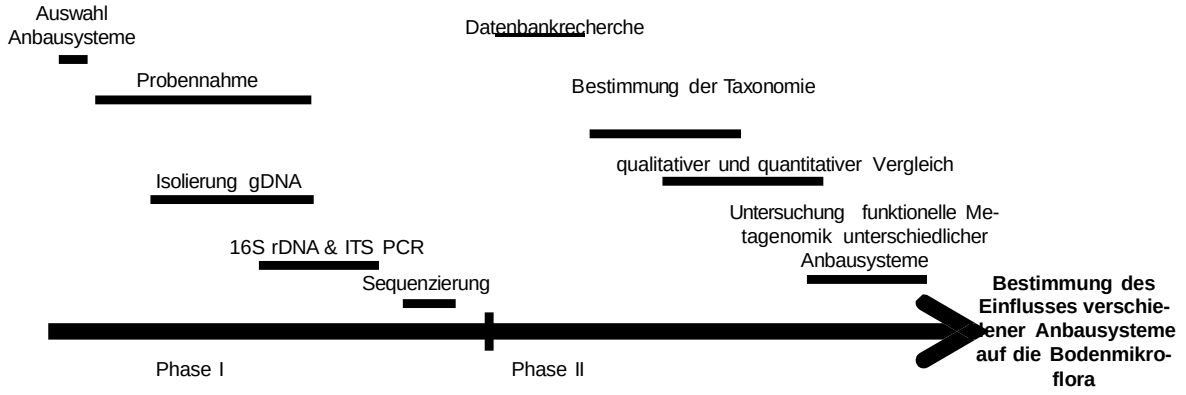


Abbildung 2: Übersicht des Projektverlaufes, um den Einfluss verschiedener Anbausysteme auf das Bodenmikrobiom zu erforschen.

Die erste Phase beginnt mit der Auswahl eines geeigneten Anbausystems, welches sich zur Beantwortung der Fragestellung eignet. Um den Einfluss der Bewirtschaftungsform (ökologisch versus konventionell) und der Bodenbearbeitung (Pflug versus Grubber) zu untersuchen, wurden Bodenproben von den Versuchsflächen des Julius-Kühn-Instituts in Dahnsdorf genommen. Dort finden auf den Parzellen schon seit über 20 Jahren Vergleiche zwischen ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung, bzw. zwischen der Bodenbearbeitung mit Pflug und Grubber statt, so dass sich die Mikrobiome für die jeweilige Fragestellung etabliert haben müssten. Es wurden jeweils mehrere Proben mit dem Bohrstock (bis ca. 15 cm) und mehrere Proben der Rhizosphäre (an der Wurzel klebender Boden) gezogen (Abb. 3), um die Verteilung des Mikrobioms im Boden zu analysieren. Aus diesen Proben wurde die genomische DNA (gDNA) der Bodenmikroorganismen isoliert, die als Grundlage für die Sequenzierung dient. Dazu werden für Bakterien eine konservierte Domäne der 16S rDNA amplifiziert und für Pilze eine konservierte ITS-Region (internal transcribed spacer, ITS). Diese konservierten Domänen kommen in allen Organismen über die Artgrenze hinweg vor, unterscheiden sich aber im Detail in den einzelnen Arten. Diese Unterschiede können mit der Sequenzierung entdeckt werden und erlauben es, mit Hilfe von Datenbanken den jeweiligen Organismus (Taxonomie) zu identifizieren, womit die zweite Phase eines solchen Projektes beginnt. Die ermittelten Ergebnisse werden in „künstliche“ taxonomische Gruppen, den sogenannten OTUs (operational taxonomic unit, OTU) klassifiziert und deren Häufigkeiten qualitativ und quantitativ berechnet. Die Untersuchungen der funktionellen Metagenomik unterschiedlicher Anbausysteme kann schließlich zur Beantwortung der Fragestellung genutzt werden.

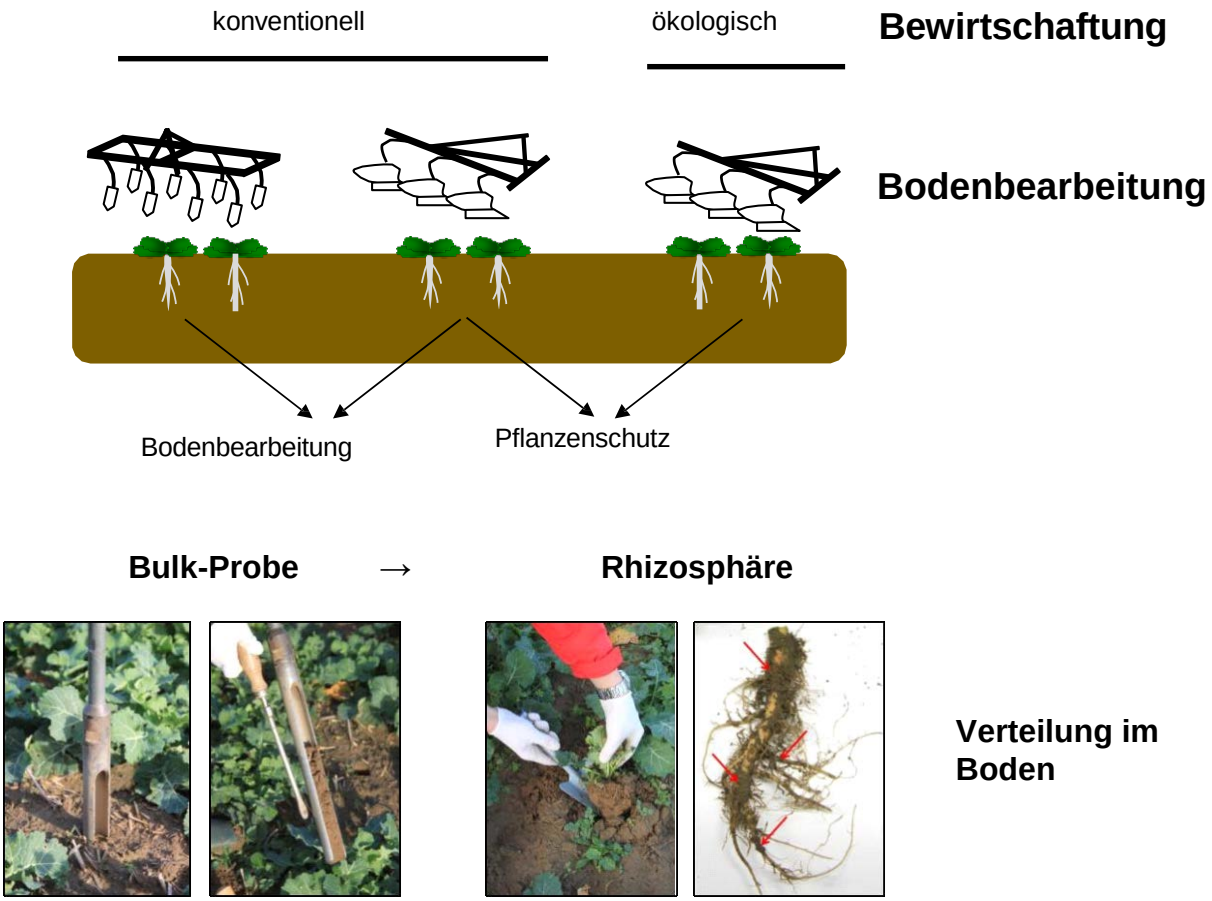


Abbildung 3: Übersicht der Untersuchungsparameter. Es wurden jeweils Bulk-und Rhizosphären-Proben von ökologisch und konventionell angebautem und Pflug bearbeitetem Raps genommen. Beim konventionell angebautem Raps wurden zusätzlich mit Grubber bearbeitete Bulk- und Rhizosphären-Proben genommen, so dass ein Vergleich zwischen ökologisch versus konventionell bzw. Pflug versus Grubber ermöglicht wird.

Erste Ergebnisse der Next-Generation Sequenzierung

In Tab. 1 werden die Ergebnisse einer solchen NGS dargestellt. Insgesamt wurden von sechs Proben die für Bakterien konservierte 16S rDNA Domäne sequenziert. Die angebaute Kultur, von dem die Bodenproben genommen wurden, war Winterraps. Es wurden jeweils Proben von ökologisch und konventionell mit Pflug angebautem Raps genommen (Abb. 3). Zusätzlich wurden Proben von konventionell mit Grubber angebautem Raps genommen, so dass sich die ökologische und konventionelle Bewirtschaftung vergleichen lassen, sowie die Bodenbearbeitung mit Pflug und Grubber. Da alle Proben aus einer Bohrstock (Bulk)-Probe und einer Rhizosphären-Probe bestehen, lässt sich die Verteilung der Mikroorganismen im Boden ermitteln.

Die Anzahl der Reads der Sequenzierungen gibt die Anzahl der Fragmente an, die bei der NGS sequenziert worden sind. Die Anzahl der OTUs beschreibt die Anzahl der bereits oben beschriebenen „künstlichen“ Arten, die bei der Sequenzierung ermittelt wurden. Die Abdeckung des Genoms gibt an, zu wie viel Prozent die Genome in der Bodenprobe erfasst wurden. Dabei geht man davon aus, dass alle Proben, die eine Abdeckung von größer als 0,9 aufweisen, für solche Studien benutzt werden können. Das ist bei allen der sechs Proben der Fall. Die höchste Abdeckung hatte dabei die ökologisch angebaute und mit Pflug bearbeitete Bulk-Probe, die auch die meiste Anzahl der Reads aufwies. Die geringste Abdeckung hatte die konventionell angebaute und mit Pflug bearbeitete Bulk-Probe (0,94). Hier wurden auch mit 11.823 die geringste Anzahl der Reads sequenziert und am wenigsten OTUs identifiziert. Die meisten OTUs wurden in der konventionell angebauten und mit Grubber bearbeiteten Rhizosphären-Probe ermittelt. Die Bedeutung und funktionelle Charakterisierung dieser identifizierten OTUs hinsichtlich der pflanzlichen Produktivität ist Gegenstand momentaner Untersuchungen.

Tabelle 1: Übersicht erster Sequenzierungsergebnisse zeigen die Anzahl der Sequenzierungs-Reads, die Anzahl der ermittelten OTUs und die Abdeckung des Genoms.

Nr.	Kultur	Probe	Anbausystem	Bearbeitung	Anzahl der Reads der Sequenzierung	Anzahl der OTUs	Abdeckung des Genoms
1	Raps	Bulk-Probe	Konventionell	Grubber	59.126	2.299	0,99
2			Konventionell	Pflug	11.823	1.387	0,94
3			Ökologisch	Pflug	187.952	2.314	1,00
4		Rhizosphäre	Konventionell	Grubber	67.992	2.434	0,99
5			Konventionell	Pflug	61.619	2.299	0,99
6			Ökologisch	Pflug	28.027	1.823	0,98

Schleswig-Holstein weite Kartierung des Bodenmikrobioms

In einem neuen innovativen, von der Stiftung Schleswig-Holsteinische Landschaft geförderten Projekt soll für Schleswig-Holstein mit Hilfe repräsentativer landwirtschaftlich genutzter Flächen die aktuelle Verteilung (IST-Zustand) des Bodenmikrobioms kartiert werden (Abb. 4).

Durch die Auswahl von Standorten mit unterschiedlichem Anbausystem und unterschiedlicher Bewirtschaftungsweise lassen sich solche Organismen charakterisieren und Rückschlüsse auf ideale Lebensbedingungen ziehen. Auf diese Weise können völlig neue, noch unbekannte und eventuell auf die pflanzliche Produktion positiv wirkende Mikroorganismen identifiziert werden, die sowohl für die Grundlagenforschung als auch für die praktische Anwendung von großer Bedeutung sind.

Das Hauptziel des Projekts besteht vor allem darin, solche Schlüsselfaktoren, die das Bodenmikrobiom stark beeinflussen, aufzuschlüsseln und zugleich die Leitmikroorganismen im Boden, die sich auf Pflanzenentwicklung und –wachstum auswirken, als Marker zu identifizieren. Die gewonnenen Ergebnisse werden vor allem als wichtige Parameter bzw. Indikatoren für ein nachhaltiges Anbausystem mit einer hohen Produktivität und zugleich verringertem Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln in Schleswig-Holstein genutzt. Darüber hinaus sind die gewonnenen Erkenntnisse für das wissenschaftliche Verständnis der Pflanzen-Bodenmikrobiom-Interaktion von großer Bedeutung.

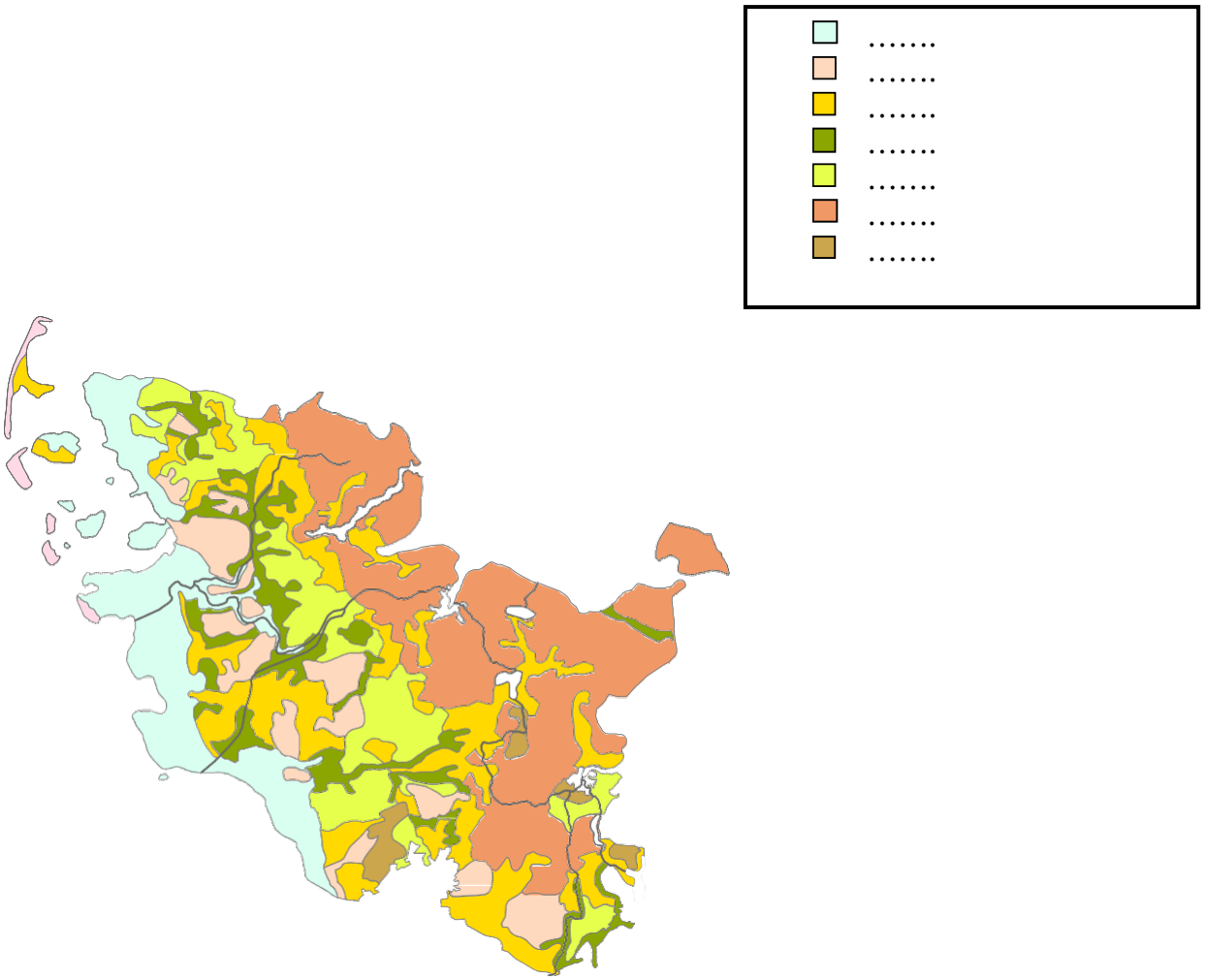


Abbildung 4: Mögliche Schleswig-Holstein Karte, die die aktuellen Leitmikroorganismen des Bodenmikrobioms repräsentieren. Die Legende soll die jeweiligen Leitkulturen zeigen.

Zusammenfassung

Lebensgemeinschaften von Bodenmikroorganismen (Bodenmikrobiom) haben einen direkten Einfluss auf die Produktivität der Pflanzen. Die Biodiversität und die Zusammensetzung von Bodenmikroorganismen selbst sind jedoch von ver-

schiedenen Faktoren der landwirtschaftlichen Praxis wie dem Anbausystem, der Bewirtschaftungsform und dem Boden selbst abhängig. Diese Wechselbeziehungen sind komplex und wenig erforscht. Mit Hilfe der „Next-Generation-Sequencing“ (NGS)-Genomsequenzierung ist es heutzutage möglich, solche Schlüsselfaktoren von landwirtschaftlichen Anbausystemen und Bewirtschaftungsformen, die das Bodenmikrobiom stark beeinflussen, aufzuschlüsseln. Zugleich ist es möglich, Leitmikroorganismen als Marker im Boden zu identifizieren, die sich positiv auf Pflanzenentwicklung und -wachstum auswirken. Erste Ergebnisse zeigen, dass sich sowohl die Bewirtschaftungsform (ökologisch versus konventionell) als auch die Bodenbearbeitung stark auf das Mikrobiom des Bodens auswirkt. Im Rahmen eines neuen innovativen Projektes soll das Bodenmikrobiom Schleswig-Holstein-weit identifiziert und charakterisiert werden. Die Ergebnisse werden in eine Übersichtskarte übertragen, die über die Gebietskulissen hinaus das Bodenmikrobiom in Kombination der Bodenart, des Anbausystems und der Bewirtschaftungsform in Schleswig-Holstein landesweit darstellt. Diese Erkenntnisse über die Pflanzen-Bodenmikrobiom-Interaktion sind ebenfalls von großer wissenschaftlicher Bedeutung.

Literatur

Adesemoye A, Torbert H and Kloepper J (2009) Plant growth-promoting rhizobacteria allow reduced application rates of chemical fertilizers. Microbial Ecology 58: 921-929.

Bakker P A H M, Doornbos R F, Zamioudis C, Berendsen R L and Pieterse C M J (2013) Induced sys- temic resistance and the rhizosphere microbiome. Plant Pathology Journal 29(2): 136-143.

Barrow J R, Lucero M E, Reyes-Vera I und Havstad K (2008) Do symbiotic microbes have a role in plant evolution, performance and respsonse to stress? Communicative and Integrative Biology 1: 69-93.

Berendsen R L, Pieterse C M J und Bakker P A H M (2012) The rhizosphere microbiome and plant health. Trends in Plant Science 17(8): 478-486.

East R (2013) Microbiome: Soil science comes to life. Nature 501: S18-S19.

Gaiero J R, McCall C A, Thompson K A, Day N J, Best A S and Dunfield K E (2013) Inside the root microbiome: Bacterial root endophytes and plant growth promotion. American Journal of Botany 100(9): 1738-1750.

Janos D P (2007) Plant responsiveness to mycorrhizas differs from dependence upon mycorrhizas.
Mycorrhiza 17: 75-91.

Klein E, Ofek M, Katan J, Minz D and Gamliel A (2013) Soil suppressivenes to Fusarium disease: shifts in root microbiome associated with reduction of pathogen root colonization. Phyto- pathology 103: 23-33.

Marasco R, Rolli E, Ettoumi B, Vigani G, Mapelli F, Borin S, Abou-Hadid A F, El-Behairy U A, Sorlini C, Cherif A, Zocchi G and Daffonchio D (2009) A drought resistance-promoting microbiome is selected by root system under desert farming. PLoS ONE 7(10): e48479.

Marquez L M, Redman R S, Rodriguez R J, Roossinck M J (2007) A virus in a fungus in a plant: three-way symbiosis required for thermal tolerance. Science 315: 513-515.

Meister R, Rajani M S, Ruzicka D and Schachtman D P (2014) Challenges of modifying root traits in crops for agriculture. Trends in Plant Science 19(12): 779-788.
Philippot L, Raaijmakers J M, Lemanceau P and van der Putten W H (2013) Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere. Nature Reviews Microbiology 11: 789-799.
Selvakumar G, Panneerselvam P and Ganeshamurthy A N (2012) Bacterial mediated alleviation of abiotic stress in crops. In Bacteria in Agrobiology: Stress management, ed Maheswari D K (Berlin: Springer), 205-224.
Sergeeva E, Hirkala D L M und Nelson L M (2007) Production of indole-3-acetic acid, aromatic amino acid aminotransferase activities and plant growth promotion by Pantoea agglomerans rhizosphere isolates. Plant Soil 297: 1-13.
Shaharoona B, Naveed M, Arshad M and Zahir Z A (2008) Fertilizer-dependent efficiency of Pseudo- monads for improving growth, yield, and nutrient use efficiency of wheat (Triticum aestivum L.). Appl Microbiol Biotechnol 79: 147-155.
van der Ent S, van Hulten M, Pozo M J, Czechowski T, Udvardi M K, Pieterse C M und Ton J (2009) Priming of plant innate immunity by rhizobacteria and beta-aminobutyric acid: differences and similarities in regulation. New Pytologist 183: 419-431.

Einfluss stabilisierter N-Dünger auf die Mn-Versorgung von Weizen

M. Dreyer, M. Rischen, M. Wichmann, B. Görlach, A. Ehmke und K. H. Mühling

Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde

1. Einleitung

Die Pflanzenverfügbarkeit von Mangan (Mn) sinkt im Boden mit steigenden pH-Werten deutlich ab. Aus diesem Grund kommt es besonders auf den kalkreichen Böden Norddeutschlands zu pH-bedingtem Mn-Mangel, obwohl die absoluten Mn-Gehalte des Bodens oft hoch sind (FINCK, 1954; FLÜH, 1988). Zur Therapie dieses pH-bedingten Mn-Mangels wird häufig der Einsatz versauernd wirkenden N-Dünger (NH_4-Dünger) empfohlen (SCHNUG, 1982). Die Versauerung resultiert dabei einerseits aus der H^+-freisetzenden Nitrifikation und andererseits aus der Netto-H^+-Abgabe durch die Pflanze bei NH_4-Aufnahme (physiologische Versauerung). Während die Nitrifikation im gesamten, vom Dünger beeinflussten Oberboden stattfindet, beschränken sich die Effekte der physiologischen Versauerung auf die unmittelbare Umgebung der Wurzel (Rhizosphäre). In neueren Arbeiten, welche den Einfluss der N-Form auf die Mn-Versorgung von Weizen zum Gegenstand hatten (WEIDEMANN & MÜHLING, 2011), konnte durch eine Düngung mit Ammoniumsulfat eine Verbesserung der Mn-Versorgung bewirkt werden. Jedoch konnten die von BERGMANN (1993) oder BREUER et al. (2003) definierten Ertragsgrenzwerte weder erreicht noch überschritten werden.

Hypothese / Versuchsfrage

Ausgangspunkt für unsere Versuche war die Überlegung, dass besonders bei höheren Temperaturen eine zügige Umsetzung von NH_4 zu NO_3 stattfindet (DUISBERG & BUEHRER, 1954; LEBENDER et al., 2014) und die Pflanzen daher trotz NH_4-Düngung in erster Linie NO_3 aufnehmen. Damit ginge nicht nur der Versauerungseffekt in der Rhizosphäre verloren, sondern der pH würde dort wegen der NO_3-Ernährung sogar ansteigen (ROLLWAGEN & ZASOSKI, 1988). Hingegen könnte durch den Zusatz von Nitrifikationshemmern die Umsetzung zu NO_3 über mehrere Wochen unterbunden werden (RUSER & SCHULZ, 2015). Daher sollten

die Pflanzen in der Folge primär NH_4 aufnehmen, wodurch wiederum die Rhizosphäre stärker versauert und folglich die Mn-Verfügbarkeit steigt.

Ziel unserer Untersuchungen war es also herauszuarbeiten, wie sich der Zusatz von Nitrifikationshemmern zu unterschiedlichen N-Düngern auf die pH-Werte und die Mn-Verfügbarkeit in Gesamt- und Rhizoboden und schließlich auf die Mn-Versorgung von Weizen auswirkt.

2. Material und Methoden

Zur Klärung der Versuchsfrage wurden Gefäß- und Bodeninkubationsversuche unter kontrollierten Bedingungen im Gewächshaus bzw. in der Klimakammer durchgeführt. Als Versuchsboden wurde ein stark humoser, sandiger Lehm aus Ostholstein (Oldenburger Graben) verwendet. Dieser Boden zeichnet sich durch einen ausgesprochen hohen Gehalt an freiem Carbonat und somit durch sehr hohe pH-Werte (7,4) aus. Auf diesem Boden konnte im praktischen Anbau bereits häufiger Mn-Mangel beobachtet werden, weshalb er für die bearbeitete Fragestellung besonders gut geeignet war.

Im ersten, hier vorgestellten Versuch (**Gefäßversuch I**), wurden Calciumnitrat (CN), Ammoniumnitrat (AN), Ammoniumsulfat (SSA) und das stark reduzierend wirkende Ammoniumthiosulfat (ATS) jeweils mit und ohne Zusatz des Nitrifikationshemmers DCD verglichen. Im **Gefäßversuch II** wurden dann einerseits unstabilisiertes SSA und andererseits SSA, welches mit den Nitrifikationshemmern DCD, Piadin, Nitrapyrin stabilisiert wurde, verwendet. Zusätzlich kam der Handelsdünger ENTEC (Ammoniumsulfatsalpeter + DMPP) zur Anwendung. Als alkalische Kontrolle diente Calciumnitrat. Die Weizenpflanzen wurden jeweils zur Aussaat, zur Bestockung und zu Schossbeginn den N-Varianten entsprechend gedüngt. Es wurden dann zu unterschiedlichen Entwicklungsstadien des Weizens jeweils die pH-Werte in Gesamt- und Rhizoboden erfasst. Zugleich erfolgte die Bestimmung der Mn-Konzentration in der oberirdischen Pflanzensubstanz. Im Gefäßversuch II wurde zusätzlich die Mn-Verfügbarkeit im Boden (Extraktion in 0,025 M $CaCl_2$-Lösung) erfasst.

Um die Zusammenhänge zwischen Bodenreaktion (pH), Nitrifikation und Mn-Verfügbarkeit besser erfassen zu können, wurde ein **Bodeninkubationsversuch** durchgeführt. Dazu wurde dem Boden Ammoniumsulfat jeweils mit und ohne DCD zugesetzt, ferner wurden Schwefel-Ausgleichsvarianten (Kaliumsulfat) zur Erfassung eventueller Schwefel-Effekte etabliert. Der Boden wurde dann für 30 Tage bei 30 °C im Klimaschrank inkubiert. Im fünftägigen Rhythmus wurden

Boden-pH, Mn-Verfügbarkeit und Nitrifikationsverlauf (Gehalt an NH_4 / NO_3 nach 0,025 M $CaCl_2$-Extraktion) erfasst.

3. Ergebnisse und Diskussion

Im **Gefäßversuch I** (Vergleich von CN, AN, SSA und ATS jeweils mit und ohne DCD-Zusatz) konnte zunächst gezeigt werden, dass im Gesamtboden keine eindeutigen pH-Veränderungen gegenüber dem Ausgangs-pH (7,4) auftraten, was auf die ausgesprochen hohe Pufferkapazität des Bodens zurückzuführen ist. Deutlicher waren die Effekte in der Rhizosphäre. Auch hier muss zunächst festgehalten werden, dass es gegenüber dem Ausgangs-pH zu keiner nennenswerten pH-Senkung kam. Die Unterschiede zwischen den Varianten waren vielmehr auf das unterschiedlich starke Ausmaß des pH-Anstieges zurückzuführen. Insgesamt zeichnet sich ab, dass die Rhizosphären-pH-Werte umso niedriger lagen, desto höher der NH_4-Anteil im applizierten Dünger (CN < AN < SSA / ATS) war. Erfolgte zusätzlich zum Dünger ein DCD-Zusatz, so lagen die pH-Werte der Rhizosphäre gegenüber der unstabilisierten Vergleichsvariante stets signifikant niedriger, und zwar im Mittel um 0,3 pH-Einheiten. Der höchste Rhizosphären-pH-Wert war in der CN-Variante (pH 8,1), der niedrigste indes in der SSA+DCD-Variante (pH 7,3) zu verzeichnen. Eine reine NO_3-Düngung (CN) resultierte in einer Mn-Konzentration von 32 mg/kg TS. Mit steigendem NH_4-Anteil im Dünger nahm die Mn-Konzentration immer weiter zu, allerdings nur, wenn kein Nitrifikationshemmer zugesetzt worden war (AN: 39 mg/kg TS, SSA: 55 mg/kg TS). Erfolgte hingegen eine NH_4-Stabilisierung durch den DCD-Zusatz, so resultierte dies gegenüber der jeweils unstabilisierten Vergleichsvariante nicht in einer erhöhten, sondern in einer verminderten Mn-Konzentration, was besonders nach Applikation der reinen NH_4-Dünger zum Ausdruck kam (SSA + DCD: 42 mg/kg TS). Die mit Abstand höchste Mn-Konzentration in Höhe von 109 mg/kg TS wurde erreicht, wenn die Pflanzen mit dem stark reduzierend wirkenden Ammoniumthiosulfat (ohne DCD) gedüngt worden waren. Gleichsam war der „negative DCD-Effekt“ auf die Mn-Versorgung der Pflanzen hier am deutlichsten ausgeprägt (55 mg/kg TS).

Im **Gefäßversuch II** (Vergleich der Nitrifikationshemmer DCD, Piadin, Nitrapyrin und ENTEC) sollte der Frage nachgegangen werden, ob die negativen Effekte des Nitrifikationshemmers (Gefäßversuch I) DCD-spezifisch sind, oder ob sie auch von anderen Nitrifikationshemmern ausgehen. In diesem Versuch konnten hinsichtlich des pH-Wertes in Gesamt- und Rhizoboden ähnliche Tendenzen wie im Gefäßversuch I nachgewiesen werden. Hinsichtlich der Mn-Konzentration

konnte gezeigt werden, dass die CN-Variante zu EC 39 mit 18 mg/kg TS die niedrigste, die unstabilisierte SSA-Variante mit 34 mg/kg TS hingegen ein fast doppelt so hohe Mn-Konzentration aufwies. Erfolgte jedoch zum SSA der Zusatz von Nitrifikationshemmern (DCD, Nitrapyrin, Piadin oder DMPP), so ging der positive SSA-Effekt weitgehend verloren (mittlere Mn-Konzentration über alle stabilisierten SSA-Varianten: 23 mg/kg TS). Sehr deutliche Effekte waren hingegen hinsichtlich der in diesem Versuch geprüften Mn-Verfügbarkeit nachzuweisen. Die mit Abstand höchste Mn-Verfügbarkeit konnte in der unstabilisierten SSA-Variante (0,48 mg Mn/kg Boden) nachgewiesen werden. In den übrigen Varianten, welche sich untereinander nicht unterschieden, lag die Mn-Verfügbarkeit im Gesamtboden im Mittel bei 0,14 mg/kg Boden. Aus den Ergebnissen dieses Versuchs kann also abgeleitet werden, dass zwischen den pH-Werten des Bodens und der Mn-Verfügbarkeit nicht notwendigerweise ein direkter Zusammenhang bestehen muss und dass die Nitrifikation die „treibende Kraft“ für die Mn-Reduktion im Boden ist.

In dem **Bodeninkubationsversuch** zeigte sich zunächst, dass nach SSA-Zufuhr (ohne NI) im Zeitraum von 30 Tagen erwartungsgemäß eine vollständige Umsetzung des NH_4 zu NO_3 erfolgte, ohne dass dies eine pH-Änderung im Boden zur Folge hatte. Im gleichen Zeitraum nahm jedoch die Mn-Verfügbarkeit von anfänglichen 5 mg/kg Boden auf schließlich 14 mg/kg Boden zu. Erfolgte hingegen zum SSA ein Zusatz des Nitrifikationshemmers DCD, so blieb das NH_4 während des gesamten Versuchsverlaufs als solches erhalten. Auch in dieser Variante war keine Veränderung des Boden-pH zu verzeichnen. Anders als in der unstabilisierten Variante kam es hier jedoch zu keiner Steigerung, sondern tendenziell sogar zu einer Mn-Festlegung. In den Schwefel-Ausgleichsvarianten (Kaliumsulfat) konnte ebenfalls keine nachhaltige Beeinträchtigung der Mn-Verfügbarkeit nachgewiesen werden, weshalb direkte Schwefel-Effekte im SSA auszuschließen sind. Dieser Befund zeigt, dass die Mn-Verfügbarkeit einzig von der Nitrifikation positiv beeinflusst wurde. In Aufbauversuchen mit zwei weiteren Böden (Friedrichstal in Ostholstein und Derenburg im nördlichen Harzvorland) konnten diese Ergebnisse grundsätzlich reproduziert werden.

4. Zusammenfassung

In den Versuchen konnte gezeigt werden, dass sich eine NH_4-betonte Düngung ohne den Zusatz von Nitrifikationshemmern positiv auf die Mn-Versorgung des Weizens auswirkte, während ein Zusatz von Nitrifikationshemmern diesen Effekt nahezu vollständig nivellierte. Ursache ist, dass nicht, wie eingangs vermutet, die

physiologische Versauerung der Rhizosphäre im Zuge der NH_4-Aufnahme, sondern die Nitrifikation verantwortlich für die Verbesserung der Mn-Verfügbarkeit im Boden ist. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass eine Düngung mit dem stark reduzierend wirkenden Ammoniumthiosulfat (ATS) selbst gegenüber dem SSA zu einer deutlichen Verbesserung der Mn-Versorgung der Pflanzen beitragen kann.

5. Schlussfolgerungen

Da die positiven NH_4-Effekte auf die Nitrifikation und nicht auf die physiologische Versauerung zurückzuführen sind, sollte auf Standorten mit pH-bedingtem Mn-Mangel auf die Verwendung stabilisierter NH_4-Dünger verzichtet werden. ATS kann ferner eine wirkungsvolle N-haltige Düngerform zur Behebung von Mn-Mangel sein.

6. Literatur

Bergmann, W. (1993): Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Gustav Fischer Verlag Jena, 3. Auflage.

Breuer, J., König, V., Merkel, D., Olfs, H.-W., Steingrobe, B., Stimpfl, E., Wissemeier, A. H., Zorn, W. (2003): Die Pflanzenanalyse zur Diagnose des Ernährungszustandes von Kulturpflanzen – Anwendung in Landwirtschaft, Gemüse- und Obstbau. Bergen/Dumme: Agrarmedia.

Duisberg, P. C., Buehrer, T. F. (1954): Effect of ammonia and its oxidation products on rate of nitrification and plant growth. Soil Sci. 78: 37-49.

Finck, A. (1954): Mangangehalt dörrfleckenkranker und gesunder Haferpflanzen sowie einiger anderer Feldpflanzen. Phosphorsäure 14: 91-103.

Flüh, M. (1988): Untersuchungen zur Verbesserung der Diagnose der Mangan-Versorgung von Getreidepflanzen und Ackerböden in Schleswig-Holstein. Schriftenreihe des Institutes für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Universität Kiel, 4 (1988). Dissertation

Lebender, U., Senbayram, M., Lammel, J., Kuhlmann, H. (2014): Effect of mineral nitrogen fertilizer forms on N_2O emissions from arable soils in winter wheat production. J. Plant Nutr. Soil Sci. 177: 722-732.

Weidemann, C., Mühling, K.H. (2011): Einfluss verschiedener N-haltiger Düngemittel auf die pH-Werte im Boden und Rhizosphäre sowie die Mn-Gehalte von Boden und Winterweizen. Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und -züchtung der CAU Kiel, 71: 97-103.

Rollwagen, B. A., Zasoski, R. J. (1988): Nitrogen source effects on rhizosphere pH and nutrient accumulation by Pacific Northwest conifers. Plant Soil 105: 79-86.

Ruser, R., Schulz, R. (2015): The effect of nitrification inhibitors on the nitrous oxide (N_2O) release from agricultural soils - a review. J. Plant Nutr. Soil Sci. 178: 171-188.

Schnug, E. (1982): Untersuchungen zum Einfluss bodenversauernder Düngung auf die Spurennährstoff-Versorgung von Kulturpflanzen. Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Dissertation

Transportieren, Schützen und Freisetzen von bioaktiven Stoffen

Eva-Maria Theismann, Julia K. Keppler, Jörg Knipp, Daniela Fangmann, Matthias Laudes, Karin Schwarz

Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde

Verkapseln von Stoffen

Das Einschließen bzw. Verkapseln von Stoffen hat in der Lebensmittelindustrie immer mehr an Bedeutung gewonnen. Dabei kann die Verkapselung aus verschiedensten Gründen nützlich sein. Ziele sind beispielsweise:

- Erhöhung der Stabilität des bioaktiven Stoffes im Lebensmittel (z.B. vor UV-Strahlung, Feuchtigkeit, Temperatur, Sauerstoff) und damit eine verbundene Erhöhung der Haltbarkeit (Kunz et al., 2003; Bule et al., 2010; Heinzelmann und Franke, 1999; Gibbs et al., 1999)
- Sensorische Aufwertung des Lebensmittels (z.B. Aromastofffreisetzung beim Kauen (Wei et al., 1984)), Maskierung unerwünschter Gerüche und Geschmäcker (z.B. bitterer Geschmack von Polyphenolen) (Nedovic et al., 2011)
- Erhöhung der Bioverfügbarkeit und Resorption im Dünndarm (Takahashi et al., 2009)
- Kontrollierte Freisetzung unter bestimmten Bedingungen (z.B. im Dickdarm zur Beeinflussung der Mikrobiota) (Champagne und Fustier, 2007; Anal und Singh, 2007)

Die beiden letztgenannten Punkte spielen vor allem bei der Entwicklung funktioneller Lebensmittel und Nahrungsergänzungsmittel eine große Rolle. Dabei geht es vermehrt auch um den kontrollierten Transport bioaktiver Stoffe in den menschlichen Dickdarm, um die dort vorherrschenden Mikroorganismen gezielt zu beeinflussen. Denn seit Ende des 20. Jahrhunderts ist die Bedeutung der Darmflora als Einflussfaktor für die Entwicklung verschiedener Erkrankungen und Übergewicht immer weiter in den Fokus gerückt (Cho und Blaser, 2012; Boulangé et al., 2016).

Mikroverkapselung von bioaktiven Stoffen

Für die Verkapselung bioaktiver Stoffe wird häufig das Prinzip der Mikroverkapselung angewendet. Als Mikroverkapselung bezeichnet man den Prozess zum

vollständigen oder partiellen Einschluss kleiner Feststoffpartikel, Flüssigkeitstropfen oder Gasen in Kapseln, die ihren Inhalt in kontrollierten Raten unter spezifischen Bedingungen freisetzen können. Für die Umsetzung können beispielsweise Techniken wie die Sprüh- und Gefriertrocknung, Extrusion, das Wirbelschichtcoating und der liposomaler Einschluss eingesetzt werden (Kunz et al., 2003).

Entwicklung eines lebensmitteltauglichen Niacin-Präparates zur Verbesserung der Darmmikrobiota

Anhand der Mikroverkapselung des Vitamins Niacin wird im Folgenden die Entwicklung eines Präparates dargestellt, das nach Aufnahme in den Bereich des Ileokolons transportiert und dort kontrolliert freigesetzt wird.

Die gezielte Veränderung der Mikrobiota des Ileokolons durch einen bioaktiven Stoff wird als eine vielversprechende Möglichkeit in der Adipositasprävention diskutiert. Hinsichtlich eines Zusammenhanges zwischen Übergewicht und dem Darmmikrobiom wird vermutet, dass die Darmmikrobiomzusammensetzung von Übergewichtigen eine Erhöhung der Energieausbeute und –speicherung zur Folge hat (Turnbaugh et al., 2006). Der Unterschied der Mikrobiomzusammensetzung bei schlanken und übergewichtigen Personen liegt vor allem im Verhältnis der Bakterienstämme Firmicutes zu Bacteroidetes. Übergewicht ist dabei mit einem relativen Anstieg der Firmicutes und einer relativen Abnahme der Bacteroidetes assoziiert (Ley et al., 2006).

Das Vitamin Niacin, mit seinen beiden aktiven Formen der Nikotinsäure (NA) und des Nikotinamides (NAM) (Abbildung 1), führte bereits in einer Tierstudie zu Veränderungen des Mikrobioms und dadurch auch zu einem anti-inflammatorischen Effekt (Hashimoto et al., 2012; Wätzig und Seegert, 2013).

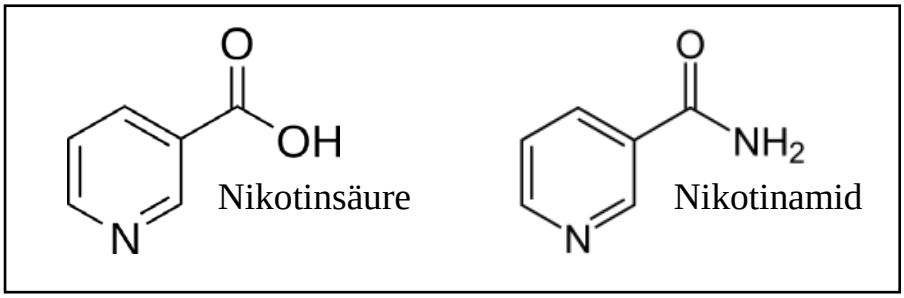


Abbildung 1: Strukturformeln der beiden aktiven Formen des Niacins (Nikotinsäure und Nikotinamid)

Um festzustellen, ob das Vitamin bei übergewichtigen Personen auch einen positiven Effekt auf das Mikrobiom hat, wurde eine Formulierung mittels Wirbelschichttechnologie entwickelt (Abbildung 2). Die umherfliegenden Vitaminkerne (hier blau) werden mit einem geeigneten Coatingmaterial besprüht und ummantelt (hier rosa).

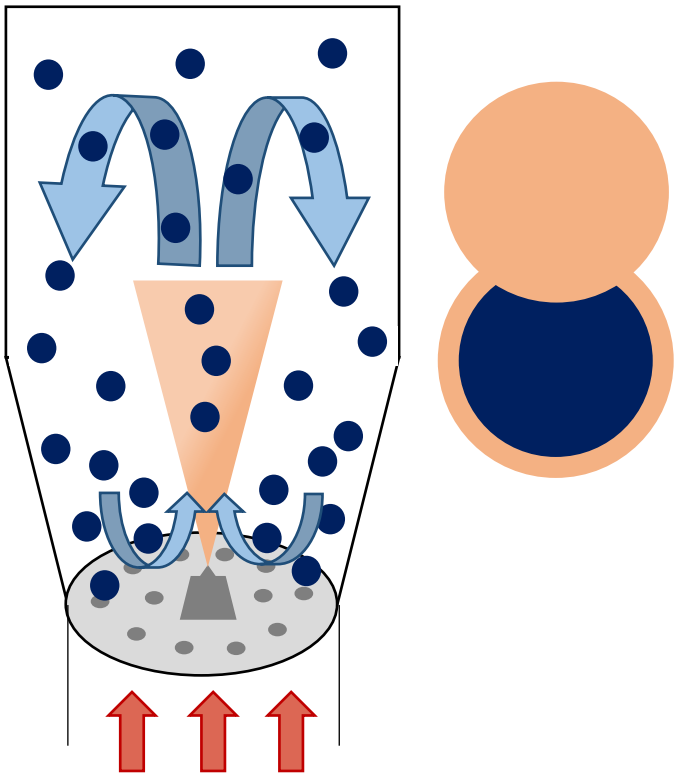


Abbildung 2: Schematische Darstellung des Wirbelschichtcoatings (modifiziert nach Glatt Ingenieurtechnik GmbH)

Dabei muss das Coatingmaterial den oberen Abschnitten des Gastrointestinaltraktes (GIT) standhalten und das Vitamin im Bereich des Ileokolons freilassen. Dafür gibt es verschiedene Materialien, die sich unter jeweils anderen Bedingungen kontrolliert abbauen lassen (Maroni et al., 2013):

- Enzymatisch abbaubare Coatings (wie Pektin, Chitosan) werden durch die Enzyme der Mikrobiota im Colon abgebaut und lassen so den verkapselten Stoff frei
- pH-sensitive Coatings (wie Schellack) sind bei sauren pH-Werten (wie dem im Magen) unlöslich und lösen sich erst bei höheren pH-Werten (wie denen in Dünn- und Dickdarm)

- Druck-sensitive Coatings (wie Ethylcellulose) brechen bei ansteigendem Druck im unteren GIT
- Zeit-abhängige Coatings (wie bestimmte Cellulosederivate) setzen den verkapselten Stoff erst nach mindesten drei bis fünf Stunden frei und sind unabhängig von anderen Einflussfaktoren des GIT

Für den Einsatz in Lebensmitteln und Nahrungsergänzungsmitteln muss das Coatingmaterial unbedenklich, biologisch abbaubar und für Lebensmittel einsetzbar sein (Nedovic et al., 2011), was die Auswahl an Materialien erheblich beschränkt. In diesem Fall wurde Schellack als pH-sensitives Coating verwendet. Schellack ist ein natürliches Harz der Lackschildlaus (*Kerria lacca* und *Kerria chinensis*), welches aus einer Mischung veresterter Hydroxycarbonsäuren besteht. Auf Grund seines Glanzes und seiner guten Filmbildungseigenschaft wird es oft in der Süßwarenindustrie als Überzugsmittel angewendet. Schellack weist zudem einen Auflösungs-pH-Wert von 7,0 – 7,3 auf (Buch et al., 2009; Limmatvapirat et al., 2007). Im menschlichen GIT steigt der pH-Wert von etwa 2 auf 7 an; Im Colon beträgt der pH-Wert im Durchschnitt 6,5 – 7,0 (Lesmes und McClements, 2009). Damit die Schellackhülle das verkapselte Vitamin auch dort freilässt, muss der Auflösungs-pH-Wert erniedrigt werden. Mit Hilfe eines sauren oder basischen Untercoatings, je nach pH-Wert des verkapselten Stoffes, kann die Auflösung der äußeren Schellackhülle intrinsisch beeinflusst und gesteuert werden. Schellack beginnt bereits ab einem pH-Wert von 6,0 zu quellen. Wasser bzw. intestinale Flüssigkeit dringt ein und es kommt zu einem Wechselspiel zwischen Kern, Untercoating und der äußeren Schellackhülle. In diesem Fall würde der basische pH-Wert von NAM zu einer verfrühten Freisetzung führen. Aufgrund dessen wurde nach dem Beispiel von Farag und Leopold (2011) ein saures Untercoating aus Zitronensäure gewählt, um den inneren pH-Wert zu senken und damit die Freisetzung zu verzögern. Im umgekehrten Fall der NA würde ein basisches Untercoating wie Natron eingesetzt werden, um eine Freisetzung im gewünschten pH-Bereich zu erreichen.

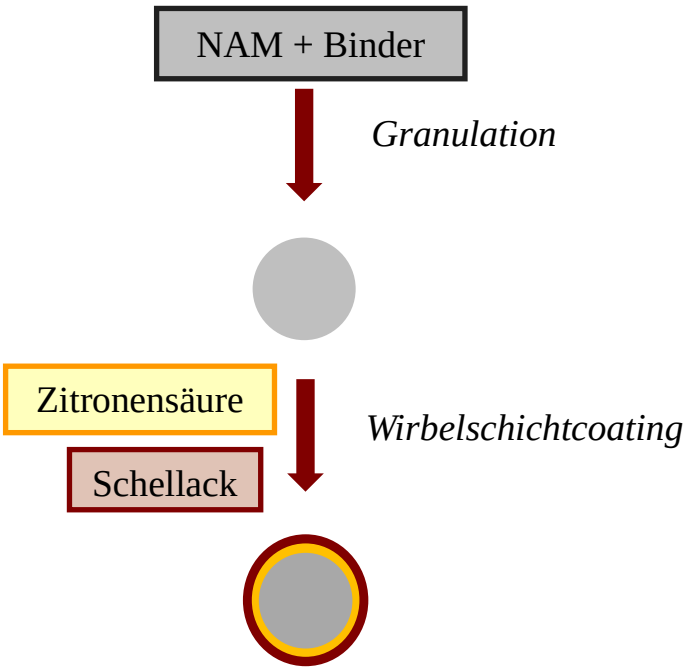


Abbildung 3: Herstellungsprozess der Nikotinamidmikrokapseln

Das Freisetzungsverhalten bei bestimmten pH-Werten wurde zunächst *in vitro* untersucht. Dafür wurden die gecoateten Niacinmikrokapseln (siehe Abbildung 4) in einen sogenannten Dissolutiontester bei 37°C unter ständigem Rühren Flüssigkeiten mit verschiedenen pH-Werten ausgesetzt, die das Milieu des GIT abbilden. In regelmäßigen Abständen wurde die Menge an Niacin, die in die umgebende Flüssigkeit abgegeben wurde, spektrophotometrisch ermittelt. Die Ergebnisse zeigten, dass die Mikrokapseln magensaftresistent waren (< 10 % Freisetzung nach zwei Stunden im simulierten Magensaft). Erst wenn die pH-Werte erreicht wurden, wie sie im Ileokolon und abwärts auftreten, wurde das Niacin aus dem Mikrokapseln kontrolliert entlassen. Ausgehend von diesen Ergebnissen konnte von einer gezielten Freisetzung in den Bereichen des Ileokolons und Dickdarms ausgegangen werden, sodass anschließend das Freisetzungsverhalten *in vivo* evaluiert wurde. Die *in vivo*-Ergebnisse bekräftigten die der *in vitro*-Evaluierung.

Abbildung 4: Fotos der gecoateten Nikotinamidmikrokapseln

Fazit und Ausblick

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Mikroverkapselung generell eine geeignete Methode ist, um eine gezielte Freisetzung herbeizuführen. Speziell konnte mit Hilfe der Wirbelschichttechnologie das Vitamin Niacin erfolgreich verkapselt werden. Das Vitamin wurde gegenüber den Einflüssen des Magens und der oberen Dünndarmpassage geschützt und wurde erst bei Erreichen der pH-Werte des Ileokolons und Dickdarms freigesetzt.
Im weiteren Verlauf sollen noch Studien über die Auswirkung des freigesetzten Niacins im Dickdarm auf die dort vorherrschende Mikrobiota durchgeführt werden. Des Weiteren könnte ebenfalls der Effekt auf Fettstoffwechselvorgänge in Betracht gezogen werden.

Literaturverzeichnis

Anal, A; Singh, H. (2007): Recent advances in microencapsulation of probiotics for industrial application and targeted delivery. Trends in Food Science and Technology, 2007, 18, 240 – 251.

Boulangé, C.; Neves, A.; Chilloux, J.; Nicholson, J.; Dumas, M.-E. (2016): Impact of the gut microbiota on inflammation, obesity, and metabolic disease. Genome Medicine, 2016, 8, 42, 1 – 12.

Buch, K.; Penning, M.; Wächtersbach, E.; Maskos, M.; Langguth, P. (2009): Investigation of various shellac grades: additional analysis for identity. Drug Development and Industrial Pharmacy, 2009, 35, 6, 694 – 703.

Bule, M.; Singhal, R.; Kennedy, J. (2010): Microencapsulation of ubiquinone-10 in carbohydrate matrices for improved stability. Carbohydrate Polymers, 2010, 82, 1290 – 1296.

Champagne, C.; Fustier, P. (2007): Microencapsulation for the improved delivery of bioactive compounds into food. Current Opinion in Biotechnology, 2007, 18, 184 – 190.

Cho, I.; Blaser, M. (2012): The human microbiome: at the interface of health and disease. Nature Reviews, 2012, 13, 260 – 270.

Farag, Y.; Leopold, C. (2011): Development of shellac-coated sustained release pellet formulations. European Journal of Pharmaceutical Sciences, 2011, 42, 400 – 405.

Gibbs, B.; Kermasha, A.; Alli, I.; Mulligan, C. (1999): Encapsulation in the food industry: a review. International Journal of Food Science and Nutrition, 1999, 50, 213 – 224.

Hashimoto, T.; Perlot, T.; Rehman, A.; Trichereau, J.; Ishiguro, H.; Paolino, M.; Sigl, V.; Hanada, T.; Hanada, R.; Lipinski, S.; Wild, B.; Camargo S.; Singer, D.; Richter, A.; Kuba, K.; Fukamizu, A.; Schreiber, S.; Clevers, H.; Verrey, F.; Rosenstiel, P.; Penninger, J. (2012): ACE2 links amino acid malnutrition to microbial ecology and intestinal inflammation. Nature, 2012, 487, 477 – 483.

Heinzelmann, K.; Franke, K. (1999): Using freezing and drying techniques of emulsions for the microencapsulation of fish oil to improve oxygen stability. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 1999, 12, 3 – 6, 223 – 229.

Kunz, B.; Krückberg, S.; Weißbrodt, J. (2003): Chancen und Grenzen der Mikroverkapselung in der modernen Lebensmittelverarbeitung. Chemie Ingenieur Technik, 2003, 75, 11, 1733 – 1740.

Lesmes, U.; McClements, D. (2009): Structure – function relationship to guide rational design and fabrication of particulate food delivery systems. Trends in Food Science & Technology, 2009, 20, 448 – 457.

Ley, R.; Turnbaugh, P.; Klein, S.; Gordon, J. (2006): Microbial Ecology: Human gut microbes associated with obesity. Nature, 2006, 444, 1022 – 1023.

Limmatvapirat, S.; Limmatvapirat, C.; Puttipipatkhachorn, S.; Nuntanid, J.; Luangtana-anan, M. (2007): Enhanced enteric properties and stability of shellac films through composite salts formation. European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, 2007, 67, 690 – 698.

Maroni, A.; Dorly del Curto, M.; Zema, L.; Foppoli, A.; Gazzaniga, A. (2013): Film coatings for oral colon delivery. International Journal of Pharmaceutics, 2013, 457, 372 – 394.

Nedovic, V.; Kalusevic, A.; Manojlovic, V.; Levic, S.; Bugarski, B. (2011): An overview of encapsulation technologies for food applications. Procedia Food Science, 2011, 1, 1806 – 1815.

Takahashi, M.; Uechi, S.; Takara, K.; Asikin, Y.; Wada, K. (2009): Evaluation of an oral carrier system in rats: Bioavailability and antioxidant properties of liposome-encapsulated curcumin. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2009, 57, 9141 – 9146.

Turnbaugh, P.; Ley, R.; Mahowald, M.; Magrini, V.; Mardis, E.; Gordon, J. (2006): An obesity-associated gut microbiome with increased capacity for energy harvest. Nature, 2006, 444, 1027 – 1031.

Wätzig, G.; Seegert, D. (2013): A pharmaceutical composition containing nicotinic acid and/or nicotinamide and/or tryptophan for positively influencing the intestinal microbiota. Google Patents US20150126462 A1.

Wei, Y.; Cherukiri, S.; Hriscisce, F.; Piccolo, D.; Bilka, K. (1984): Patent US4590075 A.

Drosophila melanogaster als Modelltier der Ernährungsforschung?

Stephanie Staats und Gerald Rimbach

Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde

Hintergrund

Um ein möglichst langes und dabei vor allem auch gesundes, dynamisches Leben zu führen, obliegt dem sogenannten „erfolgreichen Altern“ eine Schlüsselfunktion. Die durchschnittliche Lebenserwartung von Männern, die in westlichen Industrienationen leben, liegt bei 75-77 Jahren, diejenige von Frauen sogar bei 80-82 Jahren (1). Gleichzeitig existieren sogenannte „Blue Zones“ oder auch „Longevity Hotspots“; dies sind Regionen, die sich durch Langlebigkeit auszeichnen. Zu diesen zählen bestimmte Landesteile von Kalifornien und Costa Rica sowie die Inseln Ikaria (Griechenland), Sardinien (Italien) und Okinawa (Japan) (2-5) (***Abbildung 1***).

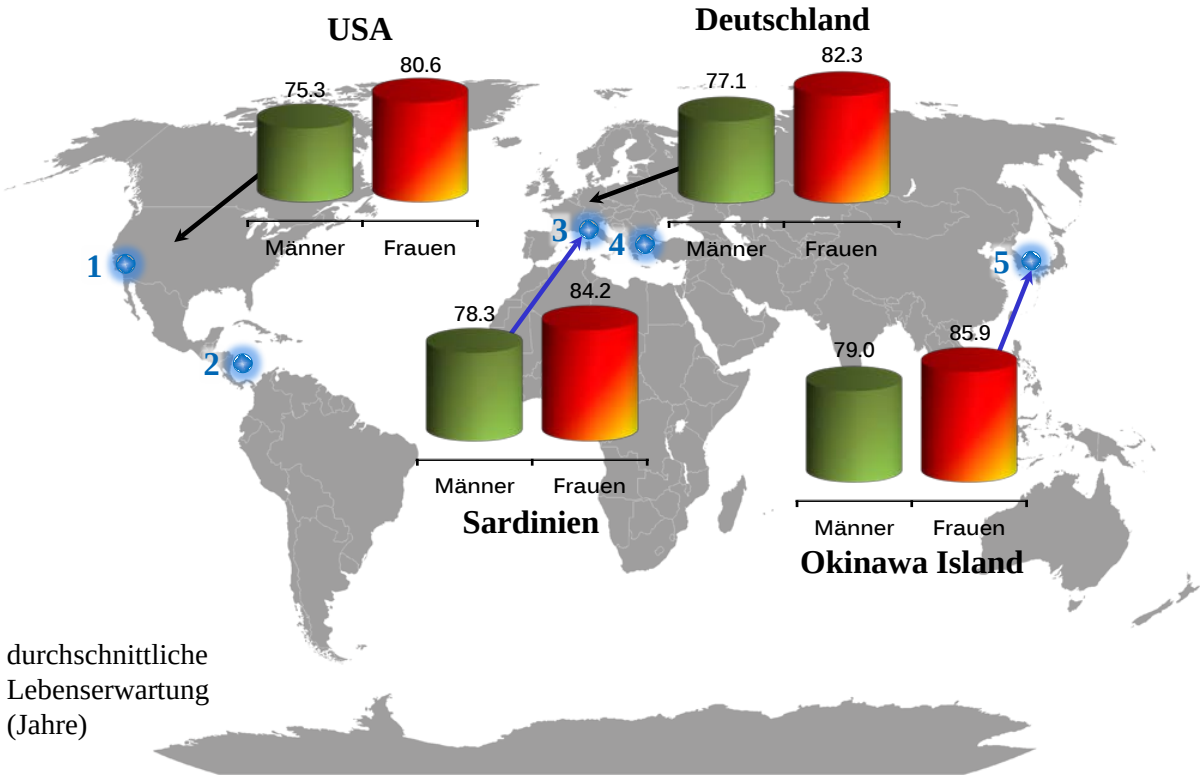


Abbildung 1: **Durchschnittliche Lebenserwartung von Männern und Frauen** in westlichen Industrienationen (*Bsp*.: USA, Deutschland) und in Regionen besonderer Langlebigkeit („Blue Zones“, „Longevity Hotspots“; *Bsp*.: Sardinien, Okinawa). Blau gekennzeichnete Regionen

zeigen „Blue Zones“ an: 1 – Kalifornien; 2 – Costa Rica; 3 – Sardinien (Italien); 4 – Ikaria (Griechenland); 5 – Okinawa (Japan).

So werden Männer und Frauen in den „Blue Zones“ im Mittel 3-4 Jahre älter als jene in Ländern mit westlich geprägtem Lebensstil. Sowohl die Lebensspanne als auch die Gesundheitsspanne, d.h. der Zeitraum körperlicher und geistiger Fitness in Abwesenheit von altersbedingten Erkrankungen, werden von zahlreichen Faktoren, wie beispielswese dem Ernährungs- und Bewegungsverhalten und auch von genetischen Faktoren determiniert.

Um zu ermitteln, inwieweit bestimmte Ernährungsmuster oder auch spezifische Nahrungsmittelinhaltsstoffe, wie sekundäre Pflanzenstoffe, die Lebens- und Gesundheitsspanne beeinflussen, bedarf es der Durchführung von Interventionsstudien an geeigneten Modellorganismen. Klassische Modelltiere, wie beispielsweise die Labornager Maus und Ratte, weisen eine durchschnittliche Lebensdauer von 2-3 Jahren bzw. 2,5-3,5 Jahren auf. Primaten, z.B. der Rhesus-Affe, werden 25-40 Jahre alt. Die relativ lange Lebensdauer dieser Organismen gestaltet experimentelle Studien, die sich mit dem Einfluss von Ernährungsfaktoren auf die Lebensspanne beschäftigen, schwierig und langwierig. Daher erscheint es notwendig, Strategien zu entwickeln und geeignete Modellorganismen zu identifizieren, mit denen die Gesundheits- und Lebensspanne in Abhängigkeit definierter Nahrungsmittelinhaltsstoffe sowie deren zugrundeliegenden molekularbiologischen Wirkmechanismen vergleichend und effizient evaluiert werden können. Die Fruchtfliege *Drosophila melanogaster*, ein Invertebrat, ist ein etabliertes Modell, um genetische Determinanten des Alterungsprozesses systematisch zu untersuchen. Die Nutzung von *D. melanogaster* als Modelltier in der Ernährungsforschung ist ein noch junges, aufstrebendes Forschungsfeld. Die Eignung der Fruchtfliege als experimentelles Modell des gesunden Alterns in Abhängigkeit von spezifischen Ernährungsfaktoren und mögliche Anwendungen (z.B. funktionelle und molekularbiologische Untersuchungen) werden in den folgenden Abschnitten erläutert.

D. melanogaster als Modellorganismus – Vorteile & Chancen

In den letzten Jahren kommt der Nutzung der Fruchtfliege als Modelltier in der Ernährungsforschung eine immer stärker werdende Relevanz zu, nicht zuletzt ersichtlich an der stetig steigenden Anzahl hochrangiger Publikationen. Wurden zwischen den Jahren 1939 – 1999 nur 60 Publikationen mit den gemeinsamen Suchbegriffen „*nutrition*“ und „*drosophila*“ in **PUBMED** gelistet, so waren es alleinig in den letzten 3 Jahren (2014 – 2016) bereits 188 Publikationen (6). *D. melanogaster* wird nunmehr nicht ausschließlich als Organismus zur Erforschung

genetischer Determinanten des Alterungsprozesses, sondern auch für die Untersuchung von Ernährungsmustern und isolierten Nahrungsfaktoren, wie z.B. sekundären Pflanzenstoffen, auf die Biofunktionalität eingesetzt. Dabei bietet die Fruchtfliege viele Vorteile, welche sie für die Evaluierung ernährungsabhängiger Forschungsfragen im Kontext des gesunden Alterns prädestinieren:

(1) Die durchschnittliche Lebenserwartung der Fruchtfliege beträgt 70 Tage (Männchen) bis 90 Tage (Weibchen) (7, 8), was eine adäquate Interventionsdauer mit bestimmten Ernährungsfaktoren oder –mustern ermöglicht, jedoch auch einen überschaubaren experimentellen Zeitraum gewährleistet, nachdem statistisch gesicherte Aussagen über einen möglichen Effekt der Ernährungsintervention auf Lebens- und Gesundheitsspanne getroffen werden können. Zudem kann die Fruchtfliege phänotypisch nach Geschlecht getrennt und gehalten werden, was eine Identifizierung potentieller geschlechtsspezifischer Effekte der Interventionen ermöglicht.

(2) *D. melanogaster* kann relativ einfach gehalten werden und weist einen relativ kurzen Reproduktionszyklus von rund 10 Tagen auf, so dass für experimentelle Ansätze relativ schnell sehr viele Individuen zur Verfügung stehen.

(3) *D. melanogaster* besitzt zahlreiche orthologe Gene und Proteine, die funktionell und/oder strukturell auch im Menschen beschrieben sind, so dass eine Untersuchung spezifischer Signalwege in der Fruchtfliege ebenso wie im Menschen möglich ist. Ob eine putative Übertragbarkeit der Ergebnisse indiziert ist, sollte jedoch sorgfältig geprüft und gegebenenfalls mittels Folgeuntersuchungen in anderen Modellspezies verifiziert werden.

(4) Es stehen mannigfaltige Read-Outs zur Verfügung, unter anderem sind Verfahren wie →Futteraufnahme- und →Fitnesstests, →Messung der Körperzusammensetzung, →genetische Mutanten, →verschiedene Phänotypen, molekularbiologische Untersuchungen wie →Proteinquantifizierung, →Determinierung der Genexpression und →Immunfluoreszenzmikroskopie isolierter Organe, verfügbar bzw. etabliert. Die Anwendung dieses breitgefächerten Methodenspektrums ermöglicht eine tiefgründige Evaluierung der zugrundeliegenden Mechanismen einer ernährungsabhängigen Beeinflussung der Lebens- und Gesundheitsspanne auf allen Untersuchungsebenen.

(5) Im Vergleich zu experimentellen Säugerstudien entstehen bei Haltung und Experimenten mit *D. melanogaster* geringe Kosten. Zudem spielt auch die ethische Vertretbarkeit eine nicht unerhebliche Rolle bei der Wahl von *D. melanogaster* als primäres Modell in der Ernährungsforschung (Ersatzverfahren zu Studien an Wirbeltieren).

Einfluss ausgewählter sekundärer Pflanzenstoffe auf Gesundheits- und Lebensspanne der Fruchtfliegen

Unsere Arbeitsgruppe adressiert u.a. die Wirkung sekundärer Pflanzenstoffe auf die Gesundheits- und Lebensspanne der Fruchtfliege. Dabei kommen sowohl Wildtypstämme als auch genetisch modifizierte Fliegenstämme zur Anwendung, um Signaltransduktionswege zu identifizieren, die an der Wirkung von bioaktiven Pflanzenstoffen auf Parameter der Gesundheits- und Lebensspanne beteiligt sind.

→**PRUNETIN**, ein Polyphenol der Gruppe der Isoflavone, welches in Rotklee und Kudzu-Wurzeln zu finden ist, weist eine hohe Bioaktivität auf (9) und moduliert beispielsweise Entzündungsprozesse (10), Stressantwort (11) und die epitheliale Darmbarriere-Funktion (12). Eine dichte Darmbarriere, Entzündungs- und Stressantwort sind dabei Schlüsseldeterminanten der Langlebigkeit (13, 14).

Männliche *D. melanogaster* wiesen nach einer Fütterung mit Prunetin eine signifikant erhöhte Lebensspanne (***Abbildung 2A***) und eine allgemeine Verbesserung des Gesundheitsstatus auf, identifiziert und quantifiziert mittels der erhöhten Kletteraktivität im Vergleich zur Kontrollgruppe (***Abbildung 2B***) (8).

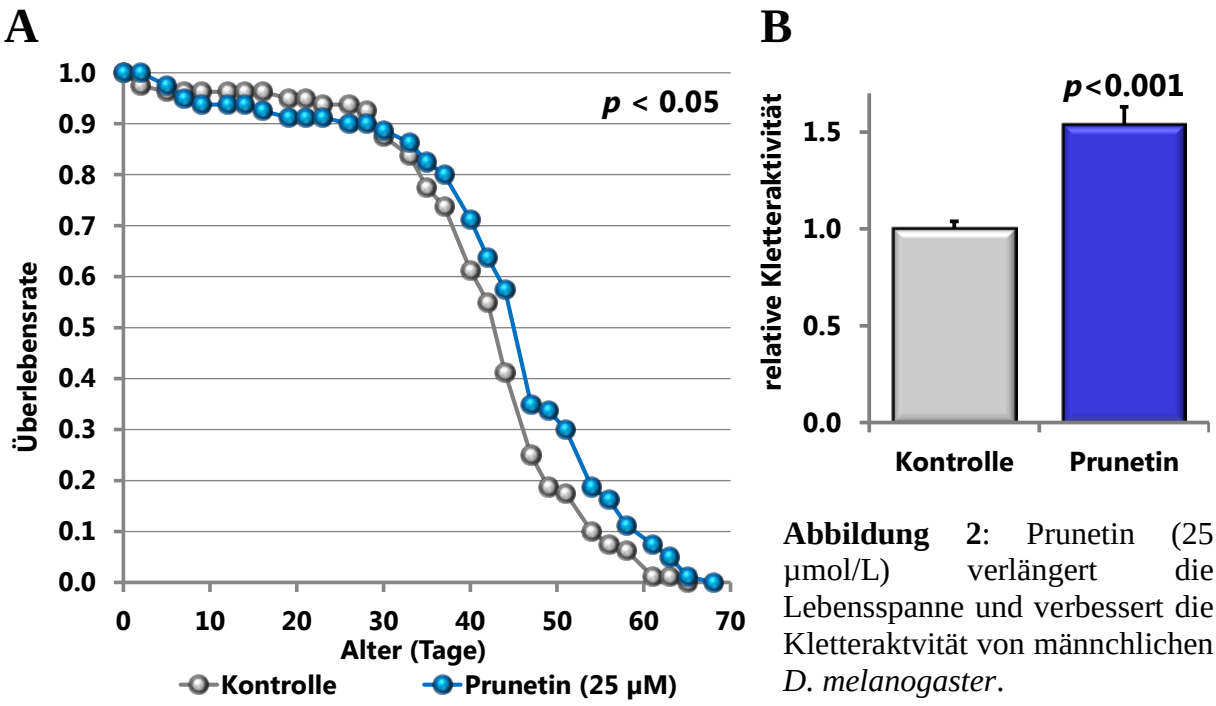


Abbildung 2: Prunetin (25 µmol/L) verlängert die Lebensspanne und verbessert die Kletteraktvität von männchlichen *D. melanogaster*.

Auch dem Polyphenol →**EPIGALLOCATECHINGALLAT** (EGCG), welches in relativ hohen Mengen in Grüntee und Matchapulver zu finden ist (15), werden zahlreiche gesundheitsfördernde Effekte, wie beispielsweise Vorbeugung vor Hyper-

tonie und Übergewicht und anti-mikrobielle und anti-oxidative Wirkung, zugeschrieben (16-18). Männliche Fruchtfliegen zeigten nach EGCG-Fütterung ebenfalls eine signifikant gesteigerte mittlere Lebensspanne (***Abbildung 3A***) und allgemeine Verbesserung des Gesundheitsstatus (***Abbildung 3B***) (19).

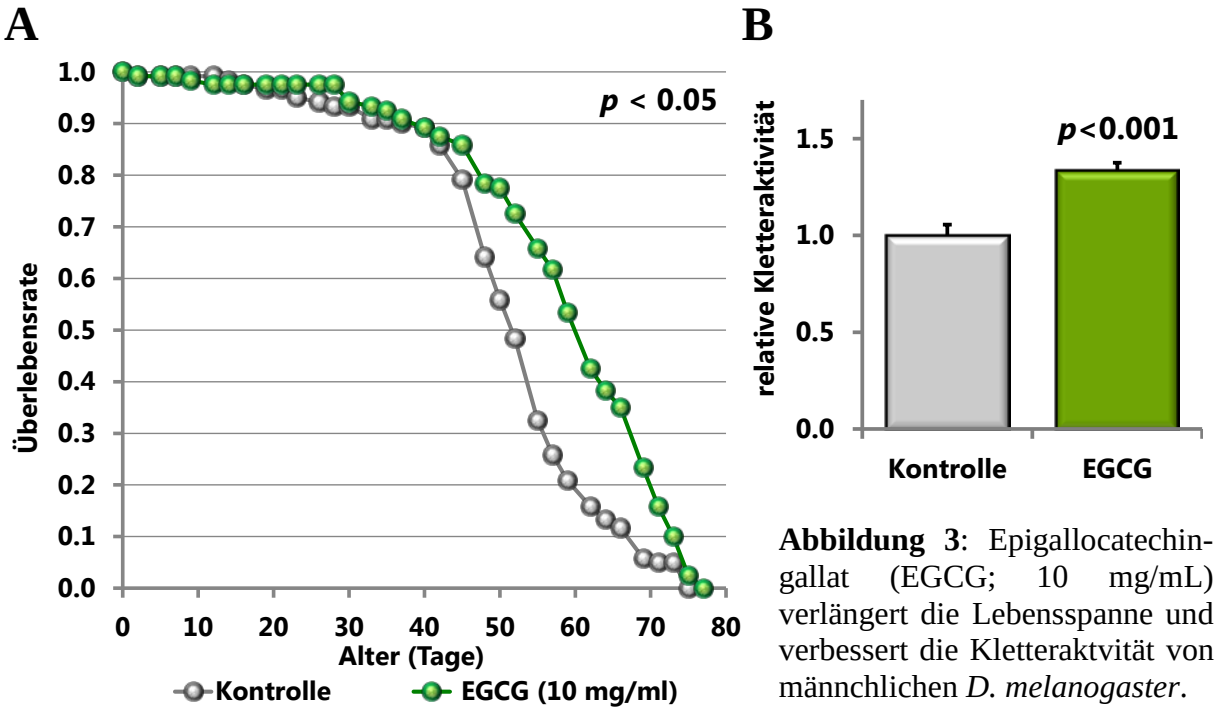


Abbildung 3: Epigallocatechingallat (EGCG; 10 mg/mL) verlängert die Lebensspanne und verbessert die Kletteraktvität von männchlichen *D. melanogaster*.

Weiterhin senken sowohl Prunetin (8) als auch EGCG (19) die Glukosekonzentrationen in männlichen Fliegen signifikant und aktivieren die AMPK, ein Enzym, welches eine zentrale Stellgröße in der Regulation des Kohlenhydratstoffwechsels einnimmt.

Darüber hinaus wurden Genexpressionsmuster, Signaltransduktionswege und Biomarker der Darmgesundheit studiert, um putative Wirkmechanismen der Prunetin- und EGCG-vermittelten Verlängerung der Lebens- und Gesundheitsspanne abzubilden. Methoden, Ergebnisse und Erläuterungen dieser Arbeiten sind in folgenden Publikationen nachzulesen:

Piegholdt S, Rimbach G, Wagner AE (2016): (8)
The phytoestrogen prunetin affects body composition and improves fitness and lifespan in male *Drosophila melanogaster*.
FASEB J 30(2):948-58. doi: 10.1096/fj.15-282061

Piegholdt S, Rimbach G, Wagner AE (2016): (20)
Effects of the isoflavone prunetin on gut health and stress response in male *Drosophila melanogaster*.
Redox Biol 8:119-26. doi: 10.1016/j.redox.2016.01.001

Wagner AE, Piegholdt S, Rabe D, Baenas N, Schloesser A, Eggersdorfer M, Stocker A, Rimbach G (2015): (19)
Epigallocatechin gallate affects glucose metabolism and increases fitness and lifespan in *Drosophila melanogaster*.
Oncotarget 6(31):30568-78. doi: 10.18632/oncotarget.5215

Fazit

Die Fruchtfliege *Drosophila melanogaster* scheint als Modellorganismus zur Untersuchung von Ernährungsmustern und isolierten Nahrungsbestandteilen, z.B. sekundären Pflanzenstoffen, im Kontext des gesunden Alterns gut geeignet zu sein.

Referenzen

1. Luy, M. (2005/2010) Lebenserwartung im internationalen Vergleich. Vol. 2017, Dr. Marc Luy, Vienna Institute of Demography, Österreichische Akademie der Wissenschaften, Welthandelsplatz 2 / Ebene 2, 1020 Wien (2. Bezirk), Österreich, http://www.lebenserwartung.info/index-Dateien/intvgl.htm

2. Mishra, B. N. (2009) Secret of eternal youth; teaching from the centenarian hot spots ("blue zones"). *Indian journal of community medicine : official publication of Indian Association of Preventive & Social Medicine* **34**, 273-275

3. Panagiotakos, D. B., Chrysohoou, C., Siasos, G., Zisimos, K., Skoumas, J., Pitsavos, C., and Stefanadis, C. (2011) Sociodemographic and lifestyle statistics of oldest old people (>80 years) living in ikaria island: the ikaria study. *Cardiology research and practice* **2011**, 679187

4. Rosero-Bixby, L., Dow, W. H., and Rehkopf, D. H. (2013) The Nicoya region of Costa Rica: a high longevity island for elderly males. *Vienna yearbook of population research* **11**, 109-136

5. Buettner, D. (2010) *The Blue Zones: Lessons for Living Longer From the People Who've Lived the Longest* Vol. Mass market ed., National Geographic

6. NCBI.PubMed.gov. (2017) NCBI.PubMed.gov. National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine 8600 Rockville Pike, Bethesda MD, 20894 USA https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed

7. Petrosyan, A., Hsieh, I. H., and Saberi, K. (2007) Age-dependent stability of sensorimotor functions in the life-extended Drosophila mutant methuselah. *Behavior genetics* **37**, 585-594

8. Piegholdt, S., Rimbach, G., and Wagner, A. E. (2016) The phytoestrogen prunetin affects body composition and improves fitness and lifespan in male Drosophila

melanogaster. *FASEB journal : official publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology* **30**, 948-958

9. Mortensen, A., Kulling, S. E., Schwartz, H., Rowland, I., Ruefer, C. E., Rimbach, G., Cassidy, A., Magee, P., Millar, J., Hall, W. L., Kramer Birkved, F., Sorensen, I. K., and Sontag, G. (2009) Analytical and compositional aspects of isoflavones in food and their biological effects. *Molecular nutrition & food research* **53 Suppl 2**, S266-309

10. Yang, G., Ham, I., and Choi, H. Y. (2013) Anti-inflammatory effect of prunetin via the suppression of NF-kappaB pathway. *Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association* **58**, 124-132

11. Yun, J. M., Im, S. B., Roh, M. K., Park, S. H., Kwon, H. A., Lee, J. Y., Choi, H. Y., Ham, I. H., Kim, Y. B., Lee, J. M., Kim, D. O., Park, K. W., and Kang, H. (2014) Prunus yedoensis bark inhibits lipopolysaccharide-induced inflammatory cytokine synthesis by IkappaBalpha degradation and MAPK activation in macrophages. *Journal of medicinal food* **17**, 407-413

12. Piegholdt, S., Pallauf, K., Esatbeyoglu, T., Speck, N., Reiss, K., Ruddigkeit, L., Stocker, A., Huebbe, P., and Rimbach, G. (2014) Biochanin A and prunetin improve epithelial barrier function in intestinal CaCo-2 cells via downregulation of ERK, NF-kappaB, and tyrosine phosphorylation. *Free radical biology & medicine* **70**, 255-264

13. Ulgherait, M., Rana, A., Rera, M., Graniel, J., and Walker, D. W. (2014) AMPK modulates tissue and organismal aging in a non-cell-autonomous manner. *Cell reports* **8**, 1767-1780

14. Rera, M., Clark, R. I., and Walker, D. W. (2012) Intestinal barrier dysfunction links metabolic and inflammatory markers of aging to death in Drosophila. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **109**, 21528-21533

15. Chacko, S. M., Thambi, P. T., Kuttan, R., and Nishigaki, I. (2010) Beneficial effects of green tea: a literature review. *Chinese medicine* **5**, 13

16. Cabrera, C., Artacho, R., and Gimenez, R. (2006) Beneficial effects of green tea--a review. *Journal of the American College of Nutrition* **25**, 79-99

17. Reygaert, W. C. (2014) The antimicrobial possibilities of green tea. *Frontiers in microbiology* **5**, 434

18. Kim, H. S., Quon, M. J., and Kim, J. A. (2014) New insights into the mechanisms of polyphenols beyond antioxidant properties; lessons from the green tea polyphenol, epigallocatechin 3-gallate. *Redox biology* **2**, 187-195

19. Wagner, A. E., Piegholdt, S., Rabe, D., Baenas, N., Schloesser, A., Eggersdorfer, M., Stocker, A., and Rimbach, G. (2015) Epigallocatechin gallate affects glucose metabolism and increases fitness and lifespan in Drosophila melanogaster. *Oncotarget* **6**, 30568-30578

20. Piegholdt, S., Rimbach, G., and Wagner, A. E. (2016) Effects of the isoflavone prunetin on gut health and stress response in male Drosophila melanogaster. *Redox biology* **8**, 119-126

Kann uns das braune Fett vor Übergewicht schützen?

Inga Asbeck und Manfred James Müller

Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde

1. Einleitung

Übergewicht und Adipositas sind mittlerweile weltweite Phänomene mit zunehmender Tendenz. Alle bisherigen Versuche zur Bekämpfung des Übergewichts sind gescheitert, sodass Wissenschaftler ständig auf der Suche nach alternativen Lösungsmöglichkeiten sind. Seit einigen Jahren ist auf diese Weise das Braune Fettgewebe in den wissenschaftlichen Fokus gerückt.

Der Stoffwechsel des Menschen verfügt über eine Vielzahl von Mechanismen, seinen Energieverbrauch anzupassen und zu regulieren. So können Kälte, aber auch Überernährung und bestimmte Nahrungsinhaltsstoffe, wie z. B. Koffein, die Wärmeproduktion steigern. Durch diesen Regulationsmechanismus, auch adaptive Thermogenese (AT) genannt, ist der Körper imstande, sich vor einer hypo- bzw. hyperkalorischen Ernährung zu schützen [1, 2]. Die Wärmeproduktion des Körpers als Reaktion auf Kälte oder bestimmte Nahrung ist unmittelbar mit den Eigenschaften des Braunen Fettgewebes verknüpft.

2. Eigenschaften des Braunen Fettgewebes

Im Gegensatz zum weißen Fettgewebe (WAT, white adipose tissue), welches vornehmlich als Energiespeicher dient, ist Braunes Fettgewebe (BAT; brown adipose tissue) ein metabolisch hochaktives, thermogenes Gewebe [3]. Heute ist bekannt, dass Zellen des BAT auch weit nach der neonatalen Zeit bis ins Erwachsenenalter im Menschen nachweisbar aktiv sind und dort einen Anteil von etwas 4% des Körpergewichtes ausmachen [4]. Vorangegangene Studien konnten bereits zeigen, dass eine Kälte-Exposition einen Anstieg der Aktivität von BAT hervorruft. Eine Erhöhung des Energieumsatzes ist die Folge [5]. Bereits etwa 50 g BAT (dies entspricht weniger als 0,1% des Körpergewichtes bei einem 60 bis 70 kg schweren Menschen), sind in der Lage, bei maximaler Stimulation den basalen Energieumsatz um bis zu 20% zu erhöhen. Braunes Fettgewebe ist beim Menschen primär in der supraklavikularen Region (SCR;

supraclavicular region), sowie um die Halswirbel und entlang des Rückenmarks lokalisiert [6].
Ein dritter Typus des Fettgewebes ist das beige oder auch „brite“ Fettgewebe. Dieses befindet sich eingebettet im WAT und zeigt bei „Aktivierung“ morphologische und funktionelle Ähnlichkeiten zum BAT. Der Vorgang der Umwandlung einer weißen Fettzelle in eine beige Fettzelle wird als „browning“ bezeichnet [7, 8].

Die Hauptaufgabe des BAT ist die Bereitstellung von Energie für den Körper in Form von Wärme, ohne das eine Muskelkontraktion induziert wird (NST, nonshivering thermogenesis). Die Eigenschaft rührt aus dem Vorkommen des Entkopplerproteins 1 (UCP1, uncoupling protein 1) [9]. Im Vergleich zum WAT, das den Hauptteil des menschlichen Fettgewebes ausmacht und als univakuoläres, passives Energiedepot und endokrines Organ fungiert, befinden sich im plurivakuolären BAT überdurchschnittlich viele Mitochondrien, in denen das UCP1 exprimiert wird [6].
Während eines äußeren Kältereizes wird durch das sympathische Nervensystem vermehrt Noradrenalin freigesetzt, welches die braunen Fettzellen stimuliert und die Aktivierung von UCP1 herbeiführt. Das Noradrenalin bindet hierbei an einen spezifischen β_3-Rezeptor der Zellmembran. Über eine G-Protein vermitteltet Signalkaskade kommt es zu einem Anstieg von cAMP und Proteinkinase A in den BAT-Zellen. Am Ende der Reaktionskaskade kommt es in den Mitchondrien zu einer vermehrten Expression von UCP1. Dieses hemmt wiederum die ATP-Synthase, sodass die Energie aus den energiereichen Substraten direkt und ohne Bildung von ATP in Wärme umgesetzt werden kann. Die komplett entkoppelte Oxidation ist für die Zellen des BAT einzigartig und kann nur durch die Existenz von UCP1 stattfinden [10,11].

3. Nachweis von Braunem Fettgewebe

Um BAT im Organismus zu detektieren, gilt unter anderem die 18F-desoxyglucose-(FDG)-Positronen-Emissions-Tomographie ((18FDG-)PET-CT) als valide Methode. Eine alternative, nicht-invasive Nachweismethode ist die Infrarot-Thermographie. Der Vorteil gegenüber dem PET-CT ist hierbei, nicht nur BAT Zellen zu detektieren, ohne die Probanden einer Belastung auszusetzen, sondern darüber hinaus die Wärmeproduktion des BAT zu erfassen, was mittels PET-CT nicht möglich ist [12,13].
In vorangegangenen Studien etablierte sich ein Untersuchungsprotokoll, in welchem ein Proband über einen festgelegten Zeitraum einem Kältereiz aus-

gesetzt ist und dabei mit einer Thermalbildkamera gefilmt wird. Die Aktivierung von BAT wird nach der Kälteexposition in Form von farblich hervortretenden Flächen auf den Wärmebildern sichtbar.

4. Studie zum Nachweis von BAT mittels Infrarot-Thermographie

Im Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel wurde eine prospektive und kontrollierte Ernährungsstudie zum Nachweis von Braunem Fettgewebe mittels Infrarot-Thermographie durchgeführt. Die Studienpopulation umfasst insgesamt eine Teilnehmerzahl von 12 gesunden Erwachsenen im Alter von 24 bis 29 Jahren (n=5 männlich und n=7 weiblich). Der Studienverlauf erstreckte sich pro Teilnehmer auf einen Zeitraum von insgesamt fünf Wochen. Neben der Ernährung und der körperlichen Aktivität wurde der Ruheenergieverbrauch, die Körperzusammensetzung, anthopometrische Daten und Vitalwerte, wie Blutdruck, Herzfrequenz, Körper- und Hauttemperaturen bestimmt. Desweiteren wurden die Auswirkungen einer Kälteexposition (1 Hand in 19 °C kaltes Wasser) mittels der Infrarot-Thermographie erfasst.

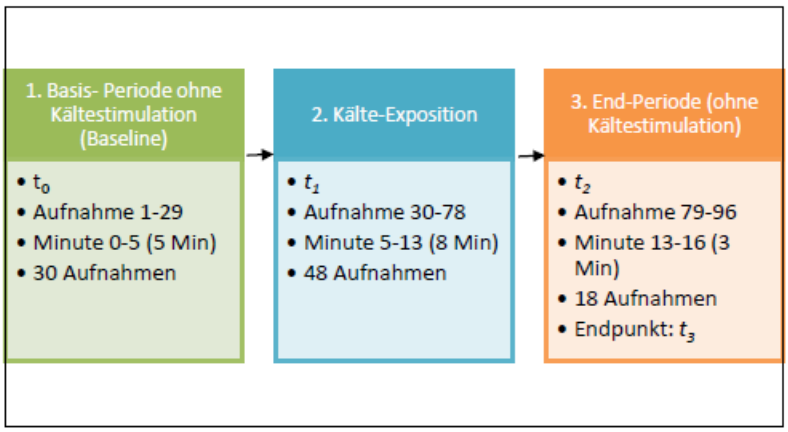


Abb.1: Graphische Darstellung des Versuchsablaufs (nach F. Nolte 2015)

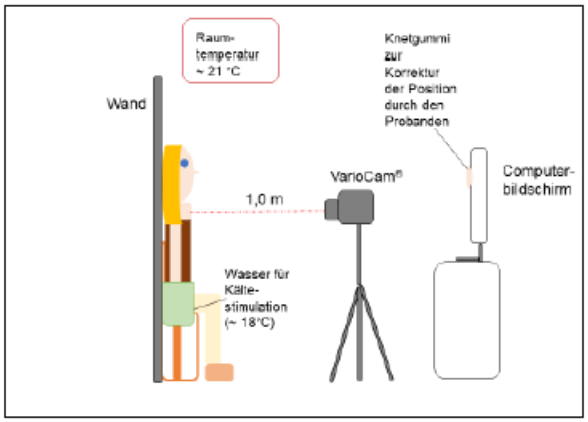


Abb2: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus

Anhand der erhobenen Temperaturwerte und Thermogramme ist zu erkennen, dass bei acht der zwölf Probanden in mindestens zwei Messungen die Temperaturen in der SCR während der Kälte-Exposition anstiegen, während die Temperaturen im Bereich des Referenzpunktes (Bizeps) fielen. Damit zeigten 66,6% der Studienteilnehmer nach eigener Definition BAT-positive Reaktionen. Exemplarisch ist in Abb. 3 eine Messung für einen männlichen Probanden dargestellt.

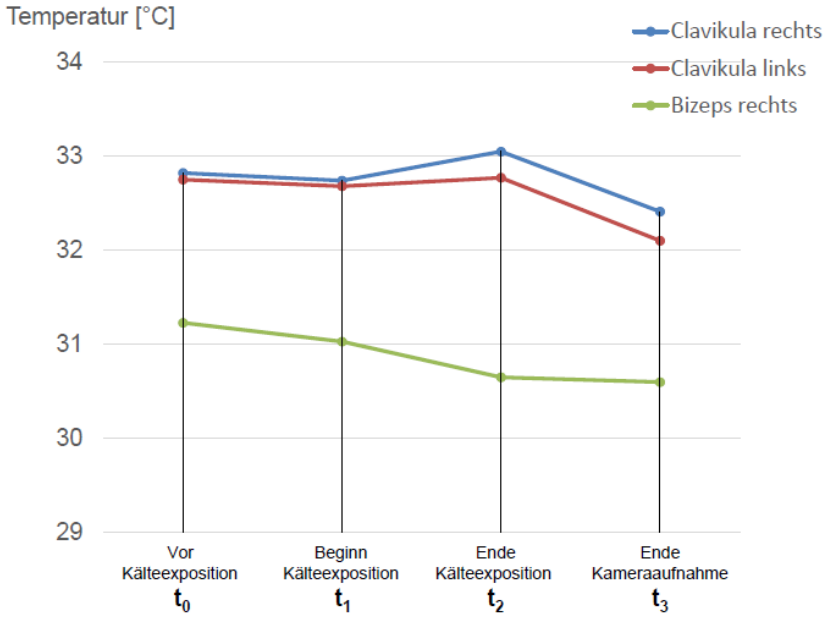


Abb. 3: Beispiel einer Messung; Temperaturveränderungen in der ROI (region of interest) zu den verschiedenen Messzeitpunkten

Die Temperaturveränderung durch die Kälteexposition ist im Thermogramm deutlich zu den verschiedenen Zeitpunkten zu erkennen.

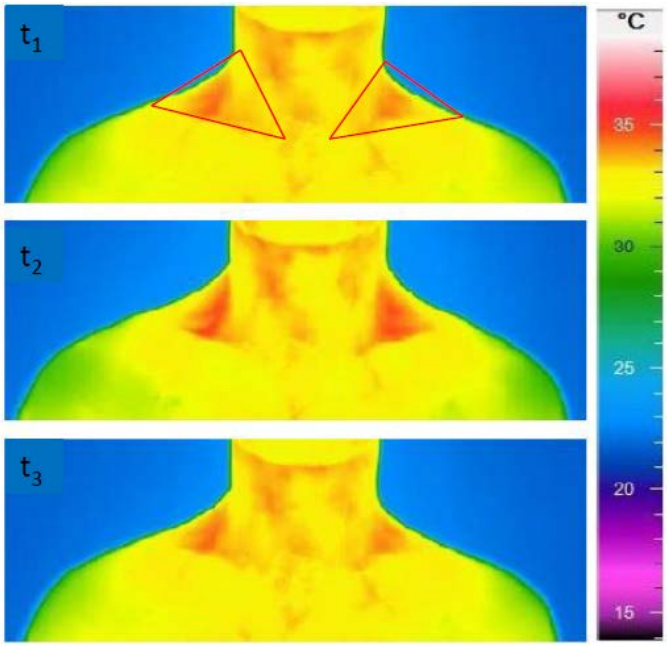


Abb.4: Anteriore Thermogramme der Hals- und oberen Thoraxregion eines 29-jährigen Mannes zur Darstellung der Temperaturerhöhung der thermisch aktiven Supraclavicularregion vor Kälteexposition (t_1). durch 1 Hand in 19 °C kaltem Wasser, nach 5-minütiger Kälteexposition (t_2), und nach weiteren 3 Minuten ohne Kältereiz (t_3).

Unabhängig von der Auswertungsmethode konnte bei den Studienteilnehmern eindeutig die Aktivität von braunem Fettgewebe nachgewiesen werden. Auf den Thermogrammen der Probanden lassen sich bei positiver Reaktion auf den Kältereiz größer werdende farbige Flächen im supraklavikularen Bereich erkennen. Die Thermographie eignet sich gut als non-invasive Methode zur Detektion von BAT. Sie birgt keine gesundheitlichen Risiken und gibt innerhalb kurzer Zeit Einblicke in die Aktivität des BAT. Des Weiteren besteht durch die Thermographie die Möglichkeit, Temperaturveränderungen zu erfassen und darzustellen.

5. Aktivierung des Braunen Fettgewebes durch Nahrungsinhaltsstoffe

Aus ernährungswissenschaftlicher Sicht sind insbesondere die diätetischen Faktoren, die das BAT stimulieren, interessant. In der jüngsten Vergangenheit haben insbesondere das Capsaicin in Chilli und sein nicht-scharfen Analoga, die Capsinoide in Paprika, das wissenschaftliche Interesse geweckt. Für beide ist eine Erhöhung des Energieverbrauchs und eine Reduktion des Körperfetts sowohl bei Nagern als auch bei Menschen nachgewiesen worden. Die Effekte sind dabei denen einer Kälteexposition sehr ähnlich [14]. Hinweise gibt es auch für eine Reihe anderer Nahrungsinhaltsstoffe, wie z.B. Vitamin A und seine Derivate, Resveratrol, Catechin, Piperin und andere. Abschließende Evidenz zu diesen Substanzen steht noch aus.

6. Schlussfolgerungen

Überzeugende Ergebnisse bezüglich der Stimulation des Braunen Fettgewebes durch Kälte nähren die Hoffnung, dass das Braune Fettgewebe durchaus seinen Beitrag zur Bekämpfung des Übergewichtsproblems leisten kann. Wenn man die ersten Hinweise zu Effekten der Nahrungsmittelauswahl in diesem Kontext hinzunimmt, lässt sich die Empfehlung eines „thermogenen Lebensstils“ ableiten. Regelmäßige Kältereize durch milde Kälte (z.B. Raumtemperatur von 19 °C), regelmäßiger Verzehr „thermogener“ Substanzen, gepaart mit regelmäßiger körperlicher Aktivität, können für eine ausgeglichene Energiebilanz sorgen und damit zur Prävention von Übergewicht und damit assoziierten Erkrankungen beitragen.

Literatur

1. Müller, M.J.; Bosy-Westphal, A.: Adaptive Thermogenese and weight loss in humans. Obesity (2) 21: 218-228, 2013.
2. Lowell, B.B.; Spiegelman, B.M.: Towards a molecular understanding of adaptive thermogenesis. Nature 404(6778): 652-660, 2000.
3. Robinson, L.; Ojha, S.; Symonds, M.; Budge, H.: Body mass index as a determinant of brown adipose tissue function in healthy children. The Journal of Pediatrics: 318-322, 2014.
4. Symonds, M.E.: Brown adipose tissue growth and development. Scientifica: 1-14, 2013.
5. Cannon, B; Nedergaard, J.: Yes, even human brown fat is on fire! The Journal of Clinical Investigation 122 (2): 486-489, 2012.
6. Tam, C.S.; Lecoultre, V.; Ravussin, E.: Brown adipose tissue – Mechanisms and potential therapeutic targets. Circulation 125: 2782-2791, 2012.
7. Van der Laans, A.A.J.J.; Hoeks, J.; Brans, B.; Vijgen, G.H.E.J.; Visser, M.G.W.; Vosselman, M.J.; Hansen, J.; Jörgensen, J.A.; Wu, J.; Mottaghy, F.M.; Schrauwen, P.; van Marken Lichtenbelt, W.D.: Cold acclimation recruits human brown fat and increases nonshivering thermogenesis. American society for Clinical Investigation 123 (8): 3395-3403, 2013.
8. Symonds, M.E.; Henderson, K.; Elvidge, L.; Bosman, C.; Sharkey, D.; Perkins, A.C.; Budge, H.: Thermal imaging to assess age-related changes of skin temperatures within supryclavicular region co-locating with brown adipose tissue in healthy children. Journal of Pediatrics 161: 892-898, 2012.
9. Cypess, A.M.; Lehmann, S.; Williams, G.; Tal, I.; Rodman; D.; Goldfine, A.B. et al: Identification and importance of brown adipose tissue in adult humans. The New England Journal of Medicine 360: 1509-1517, 2009.
10. Cannon, B.; Nedergaard, J.: Browns adipose tissue: function and physiological significance. Physiological Review 84: 277-359, 2004.
11. Rehner, G.; Daniel, H.: Biochemie der Ernährung. 3. Auflage. Heidelberg 2010.

12. Yoneshiro, T.; Aita, S.; Matsushita, M.; Kameya, T.; Nakada, K.; Kawai, Y; Saito, M.: Brown adipose tissue, whole body energy expenditure and thermogenesis in healthy adult men. Obesity 19(1): 13-16, 2011.
13. Jang, C.; Jalupu, S.; Thuzar, M.; Law, P.W.; Jeavons, S.; Barclay, J.L.; Ho, K.K.Y.: Infrared-thermography in the detection of brown adipose tissue in adult humans. Physiological reports 2(11): 1-7, 2014.
14. Yoneshiro , T.; Aita, S.; Kawai, Y. et al: Nonpungeant capsaicin analogs (capsinoids) increase energy expenditure through the activation of brown adipose tissue in humans. American Journal of Clinical Nutrition 95:845-50, 2012.

Langfristige gesundheitliche Folgen mütterlicher Unterernährung während der Schwangerschaft

Lukas Kornher und Awudu Abdulai

Institut für Ernährungswirtschaft und Verbrauchslehre

Einleitung

Zurzeit ist jeder neunte Mensch weltweit unterernährt, wobei eine noch viel größere Zahl der Menschen an verschiedenen Formen von Mikronährstoffmangel leidet. Mangelernährung ist einer der Grund vieler Erkrankungen und führt im schlimmsten Fall zum Tod. Langfristig kann Unterernährung zur Verschlechterung kognitiver Fähigkeiten und dem Abnehmen der Arbeitsproduktivität sowie letztendlich zu geringerem Einkommen und Wohlbefinden führen (z.B. Hoddinott u. a., 2013). Unzureichende Nährstoffaufnahme und Krankheiten sind die unmittelbare Ursache von Mangelernährung und werden gleichzeitig selbst durch Nahrungsmittelunsicherheit, unzureichende Pflege- und Ernährungsgewohnheiten und die Gesundheitsversorgung des Haushaltes bestimmt. Somit ist Nahrungsmittelunsicherheit direkt mit mütterlicher und kindlicher Unter- und Mangelernährung verknüpft.

Während der Jahre 2007 und 2008 erreichten Nahrungsmittelpreise weltweit Rekordwerte. Ein großer Teil der Preisinstabilität wurde in lokale Märkte in Entwicklungländer, die oftmals wenig Möglichkeiten haben die Preisschocks durch Politikmaßnahmen abzumildern, übertragen. Dies hat besonders für einkommensschwache Menschen in den betroffenen Ländern weitreichende Konsequenzen. Die Food and Agricultural Organisation der UN schätzt, dass durch die globale Nahrungsmittelkrise von 2007/2008 bis zu 100 Millionen Menschen in Armut und Hunger getrieben wurden. Andere Studien zeigen zudem, dass die Fortschritte bei der Bekämpfung von Hunger und Mangelernährung sich während dieser Zeit stark verlangsamt haben (von Braun und Tadesse, 2012).

Diese Arbeit versucht den Einfluss der Nahrungsmittelkrise von 2007/2008 auf den Ernährungsstatus von Kleinkindern zwischen 0 und 59 Monaten für ausgewählte afrikanischer Länder zu quantifizieren. Da die pränatale Lebensphase des Kindes als wichtigste Entwicklungsphase gilt (Currie und Vogl, 2013), wird untersucht, inwieweit Kleinkinder, die in ihrer pränatalen Lebensphase mütterlicher Unterernährung ausgesetzt waren, in Größe und Gewicht, in Relation zum Alter, hinter Kleinkindern anderer Kohorten zurückbleiben. Da Befragung und Untersuchung der Kinder einige Zeit nach der Nahrungsmittelkrise erfolgten, zeigen die

Schätzergebnisse inwieweit die mütterliche Unterernährung den Ernährungsstatus von Kindern mittel- bis langfristig verändert.

Theoretischer Rahmen

Im Standardmodel zur ökonomischen Analyse des Gesundheitszustandes von Individuen nach Grossmann (1972) maximieren Haushalte ihren Nutzen unter Berücksichtigung des Gesundheitsstatus, der sich aus dem ursprünglichen Gesundheitszustand und dem Konsum von für die Gesundheit relevanten Gütern ergibt. Nahrungsmittel haben hier eine wichtige Bedeutung, da sie den Nutzen des Haushaltes direkt und indirekt über ihre Bedeutung für den Gesundheitszustand beeinträchtigen.

Aus der mikroökonomischen Theorie der Nachfrage ergibt sich, dass Haushalte bei steigenden Nahrungsmittelpreisen den Konsum dieser Produkte einschränken. Zudem ist auch zu erwarten, dass der Einkommenseffekt im gleichen Zug zu einer Reduktion des Konsums von Gesundheitsgütern (z.B. Medikamente) führt. Dadurch ist anzunehmen, dass ein erheblicher Anstieg der Nahrungsmittelpreise den Gesundheitszustand der Individuen im Haushalt verschlechtert.

Es lässt sich durch das Modell auch zeigen, dass die Beeinträchtigung der Gesundheit zu jedem Zeitpunkt im Leben den zukünftigen Gesundheitszustand negativ beeinflusst. Dabei sind frühere Lebensphasen von erheblich stärkerer Bedeutung als das Erwachsenenleben (Deaton, 2007) und schon relativ kurze Perioden der Mangel- und Unterernährung können folgenschwere Konsequenzen haben (Majid, 2015).

Methodik und Ergebnisse

Um den Einfluss der mütterlichen Unterernährung auf den Ernährungszustand von Kleinkindern zu ermitteln, werden im Rahmen dieser Arbeit Kinder verschiedener Kohorten bezüglich ihres Ernährungsstaus miteinander verglichen. Es wird vermutet, dass Kleinkinder, die die Nahrungsmittelkrise pränatal durchlebt haben zum Zeitpunkt der Befragung einen durchschnittlich schlechteren Ernährungszustand aufweisen als Kleinkinder, die ihre pränatale Lebensphase vor der Nahrungsmittelkrise erlebten bzw. als jene Kleinkinder deren Mütter erst nach Ende der Nahrungsmittelkrise schwanger wurden.

Der Ernährungszustand von Kleinkindern wird durch sogenannte anthropometrische Z-Scores gemessen. Dabei werden Größe und Gewicht in Relation zum Alter der Kinder gesetzt. Der Z-Score ergibt sich aus der Differenz des beobachteten Wertes mit dem Medianwert der Referenzpopulation, welche wiederum durch die Standardabweichung der Referenzpopulation geteilt wird. Wie in vergleichbaren Studien werden hier die Wachstumstabellen der WHO zur Berechnung der Z-Scores verwendet. Während der Indikator Körpergröße-zu-Alter (HAZ) eher

langfristig auf Phasen der Mangelernährung reagiert, bilden die Indikatoren Körpergewicht-zu-Alter (WAZ) und Körpergewicht-zu-Körpergröße (WHZ) eher die Ernährungssituation der Zeit unmittelbar vor der Befragung ab.
Sobald die Z-Scores Werte kleiner als -2 annehmen wird von gravierender Mangelernährung in Form von Wachstumshemmung (Körpergröße-zu-Alter) Untergewicht (Körpergewicht-zu-Alter) und Auszehrung (Körpergewicht-zu-Körpergröße) gesprochen. Tabelle 1 stellt das Ausmaß der Mangelernährung für die Studienländer dar.

Tabelle 1: Verbreitung verschiedener Formen der Mangelernährung in den Studienländern

	Wachstums-hemmung	Untergewicht	Auszehrung
Ghana (MICS 2011)	20%	11%	6%
Nigeria (DHS 2013)	36%	28%	17%
Mali (DHS 2012/2013)	37%	25%	14%
Burkina Faso (DHS 2010)	35%	25%	16%
DR Kongo (DHS 2013/2014)	44%	24%	9%
Malawi (DHS 2010)	47%	14%	4%
Tansania, (DHS 2009/2010)	40%	17%	7%
Sambia (DHS 2013/2014)	40%	16%	7%

Anmerkung: DHS steht für Demographic and Health Survey, MICS für Multiple Indicator Cluster Survey.

Bei der Analyse des Ernährungszustandes von Kleinkindern auf Basis eines Kohorten-Vergleichs ist zu beachten, dass die Kinder zwangsläufig unterschiedlichen Alters sind. Dies kann zu verzerrten Schätzergebnissen führen, da alle anthropometrischen Z-Scores über Altersprofile verfügen nach denen der Ernährungszustand in den ersten Lebensmonaten kaum vom internationalen Standard abweicht, allerdings während der nächsten 24 Monate stark hinter die Werte der Referenzpopulation zurückfällt. Somit sind die Z-Scores von jüngeren Kleinkindern natürlicherweise höher als die älterer Kleinkinder (Victora u. a., 2010). Auf Grund dieser Tatsache wird in der Studie ein zweistufiges Schätzverfahren angewendet bei dem die Altersverzerrung aus dem Gesamtsample berechnet wird, um anschließend die altersbereinigten Z-Scores in der eigentlichen Analyse zu verwenden.
Neben dem Kindesalter können eine Vielzahl weiterer Einflussfaktoren den Ernährungszustand von Kindern beeinflussen. Aus medizinischer Sicht sind dies vor allem die genetische Ausstattung, welche in der vorliegenden Studie durch den

Body-Mass-Index der Mutter abgebildet wird, das Alter der Mutter bei der Geburt, das Geschlecht des Kindes, der Zugang des Haushaltes zu sauberem Trinkwasser und Sanitäranlagen, sowie die Gesundheitsversorgung und der gesundheitliche Zustand des Kindes zum Zeitpunkt der Untersuchung. Hinzu kommen aus sozioökonomischer Sicht die mütterliche und väterliche Bildung, der Wohlstand des Haushaltes und die Haushaltsgröße. Als letztes berücksichtigen wir den Zeitpunkt der Geburt im Laufe des landwirtschaftlichen Zyklus, da in agrarisch geprägten Gesellschaften anzunehmen ist, dass Nahrungsmittelangebot und Einkommen im Laufe des Jahres stark variieren.

Die empirischen Ergebnisse (in Tabelle 2), basierend auf Daten der Demographic and Health Survey und der Multiple Indicator Cluster Survey, bestätigen die existierende Literatur wonach die ausreichende Versorgung des Fötus im Mutterleib mit Nährstoffen einen entscheidenden Anteil am Ernährungszustand und der Gesundheit von Kleinkindern hat. Demnach sind Kinder, die sich während der Nahrungsmittelkrise 2007/2008 im Uterus der Mutter befanden, durchschnittlich 0,14 Standardabweichungen zu klein für ihr Alter, gleichzeitig weisen diese Kinder aber ein durchschnittlich um 0,09 Standardabweichungen höheres Gewicht in Relation zu ihrer Größe auf. Dieser Umstand bestätigt andere Studien, die vermuten lassen, dass Menschen mit kurzzeitiger Mangelernährung im späteren Lebensverlauf schneller Gewicht zunehmen. Für den verbleibenden Indikator Körpergewicht-zu-Alter kann kein Unterschied zwischen den Kohorten identifiziert werden.

Neben den beschriebenen Hauptergebnissen der Arbeit, konnte der vermutete Einfluss einer Reihe von Kontrollvariablen wie dem Body-Mass-Index der Mutter, der Bildung der Eltern, Geschlecht des Kindes, der Geburtenfolge, des Wohlstandes des Haushaltes, der Haushaltsgröße, dem Zeitpunkt der Geburt im Laufe des landwirtschaftlichen Zyklus und des Zuganges zu sauberem Wasser und Sanitäranlagen bestätigt werden. Interessant ist insbesondere auch der positive Einfluss von Gesundheitsgütern, wie der Anzahl der Impfungen und der Existenz einer Krankenversicherung.

Tabelle 2: Ergebnisse der Regression für alle Studienländer

Abhängige Variable	HAZ	WAZ	WHZ
geboren Jan-Mai	-0,110***	-0,0728***	0,00145
	(-5,20)	(-4,56)	-0,08
geboren Okt-Dez	0,181***	0,118***	-0,0171
	-7,17	-6,17	(-0,82)
Im Mutterleib	-0,142***	0,00562	0,0866***
während der Krise	(-7,07)	-0,36	-5,02
Urbaner HH	0,161***	0,0435**	-0,0731***
	-6,41	-2,28	(-3,45)
Wohlstandsindikator	0,00315***	0,00177***	0,000145
	-7,09	-5,54	-0,45
Bildung der Mutter	0,225***	0,181***	0,0339***
	-15,49	-16,47	-2,81
Bildung des Vaters	0,0582***	0,0411***	-0,00261
	-6,2	-5,69	(-0,32)
Geschlecht (männlich=1)	-0,169***	-0,124***	-0,0345**
	(-9,14)	(-8,91)	(-2,23)
Geburtsalter der Mutter	0,0220***	0,00829***	-0,00710***
	-7,98	-3,98	(-3,13)
BMI der Mutter	0,0339***	0,0544***	0,0431***
	-12,96	-25,33	-18,93
HH Größe	-0,00616**	-0,00696***	-0,00504**
	(-2,03)	(-2,98)	(-2,01)
Anzahl Impfungen	0,0722***	0,0499***	-0,00033
	-6,64	-5,97	(-0,04)
Krankheit vor Befragung	-0,0935***	-0,138***	-0,140***
	(-3,92)	(-7,41)	(-7,12)
Krankenversicherung	0,0474*	0,0131	-0,0172
	-1,8	-0,77	(-0,79)
Zugang zu sauberem	0,0265	-0,0141	-0,0454***
Trinkwasser	-1,29	(-0,90)	(-2,62)
Zugang zu verbesserten	-0,0191	-0,0675***	-0,0698***
Sanitäranlagen	(-0,87)	(-4,12)	(-3,80)
Moskitonetz (Ja=1)	0,000359	0,0335***	0,0440***
	-0,03	-3,09	-3,73
_cons	-1,536***	-1,556***	-0,924***
	(-11,05)	(-16,10)	(-7,81)
Land FE	Yes	Yes	Yes
Interview-Monat FE	Yes	Yes	Yes
Geburtenfolge FE	Yes	Yes	Yes
N	35333	36315	35242

Anmerkung: t-Werte in Klammern; * p < 0,10, ** p < 0,05, *** p < 0,01 HAZ, WAZ, WHZ sind altersangepasst, robuste Standardfehler werden verwendet.

Die Robustheit der Ergebnisse wird durch ein weiteres Schätzverfahren verifiziert. Nach dieser Methode werden ausschließlich Kinder der gleichen Mutter, die

zu unterschiedlichen Zeitpunkten geboren wurden miteinander verglichen. Dadurch kann für alle unbeobachteten Unterschiede zwischen den Haushalten der Studie kontrolliert werden. Die Ergebnisse dieses Schätzverfahrens hinsichtlich des Kohorten-Effektes sind demnach fast identisch und ergeben ebenfalls einen negativen Einfluss der Nahrungsmittelkrise auf den Indikator Körpergröße-zu-Alter und einen positiven Einfluss auf den Indikator Körpergewicht-zu-Körpergröße, was die Validität der Forschungsergebnisse unterstreicht.

Tabelle 3: Ergebnisse der Untersuchung für einzelne Studienländer

	HAZ	WAZ	WHZ
Ghana	-0,203***	-0,0689	0,0992
Nigeria	-0,0867*	0,127***	0,200***
Tansania	-0,143**	0,152***	0,207***
Malawi	-0,189*	0,0579	0,0866
Burkina Faso	-0,170*	-0,193***	-0,185**
Mali	-0,114	0,0175	0,170**
DR Kongo	-0,432***	-0,281***	-0,0302
Sambia	0,00467	-0,198	-0,271

Anmerkung: * p<0,1; ** p<0,05; *** p<0,01. 01 HAZ, WAZ, WHZ sind alters- und geburtenfolgeangepasst, cluster-robuste Standardfehler werden verwendet.

Zuletzt stellt Tabelle 3 die Untersuchungsergebnisse für die Studienländer separat dar, wobei die Schätzungen aus dem zuvor beschriebenen Vergleich zwischen Geschwistern hervorgehen. Demnach sind die Auswirkungen mütterlicher Unterernährung während der Nahrungsmittelkrise auf den Indikator Körpergröße-zu-Alter am stärksten in Ghana und der Demokratischen Republik Kongo zu sehen. Im Gegensatz dazu konnte für Kleinkinder in Mali und Sambia kein Einfluss der Nahrungsmittelkrise nachgewiesen werden. Das könnte mit staatlichen Preisstabilisierungsprogrammen der dortigen Regierungen zusammenhängen. In beiden Ländern kam es im Zuge der globalen Nahrungsmittelkrise 2007 und 2008 zu subventionierter Abgabe von Grundnahrungsmitteln wie Mais und Reis an Bedürftige. Diese Politikmaßnahme könnte die negativen Auswirkungen durch die Erhöhung der Nahrungsmittelpreise auf den Konsum abgefedert oder gänzlich ausgeglichen haben.

Zusammenfassung und Diskussion

Basierend auf den Ergebnissen existierender Studien, wonach die pränatale Entwicklungsphase eine herausragende Bedeutung für Gesundheit und intellektuelle Fähigkeiten im Erwachsenalter hat, beschäftigt sich diese Studie mit den Folgen mütterlicher Unterernährung für den frühkindlichen Ernährungszustand. Konkret wurde untersucht, welche Auswirkungen die globale Nahrungsmittelkrise von 2007/2008 auf den frühkindlichen Ernährungszustand in mehreren Ländern südlich der Sahara hatte.

Die Untersuchung zeigt, dass die Auswirkung der mütterlichen Unterernährung selbst mehrere Jahre nach der Nahrungsmittelkrise noch am Ernährungszustand der Kinder zu erkennen ist. Demnach sind Kinder, die sich während der Nahrungsmittelkrise im Mutterleib der Mutter befanden, durchschnittlich 0.14 Standardabweichungen kleiner, in Relation zu ihrem Alter, als vergleichbare Kleinkinder, die diese Entwicklungsphase zu einem anderen Zeitpunkt durchlebt haben. Zudem zeigen die Ergebnisse die Bedeutung von sozioökonomischen Variablen, den genetischen Voraussetzungen, der gesundheitlichen Umgebung und dem Konsum von Gesundheitsgütern für den frühkindlichen Ernährungszustand. Darüber hinaus konnte auch nachgewiesen werden, dass der Zeitpunkt der Geburt im Verlauf des landwirtschaftlichen Produktionszyklus eine bedeutende Rolle für den Ernährungs- und Gesundheitszustand der Kleinkinder in den Studienländern hat.

Die Forschungsergebnisse helfen die negativen Auswirkungen der globalen Nahrungsmittelkrise von 2007/2008 zu quantifizieren. Dabei muss berücksichtigt werden, dass Unterernährung, insbesondere in Form der Wachstumshemmung, die wirtschaftlichen Chancen der betroffenen Kinder nachhaltig verschlechtert. Dies muss bei der Bewertung von Kosten und Nutzen von Politikmaßnahmen zur Verbesserung der Nahrungsmittelsicherheit in den betroffenen Ländern miteinbezogen werden.

Referenzen

Currie, J. und Vogl, T., 2013: Early-Life Health and Adult Circumstance in Developing Countries, Annual Review of Economics, Annual Reviews: 5(1), pp 1-36.

Deaton, A., 2007: Height, health and development. Proceedings of the National Academy of Sciences: 104 (33), pp. 13232-13237.

Grossmann, M., 1972: On the Concept of Health Capital and the Demand for Health, Journal of Political Economy: 80(2), pp. 223-55.

Hoddinott,J., Behrman, J. R., Maluccio, J.A., Melgar, P., Quisumbing, A. R., Ramirez-Zea, M., Stein, A.D., Yount, K.M. und Martorell, R., 2013: Adult consequences of growth failure in early childhood. The American Journal of Clinical Nutrition: 98(5), pp. 1170-1178.

Majid, F.M., 2015: The persistent effects of in utero nutrition shocks over the life cycle: Evidence from Ramadan fasting. Journal of Development Economics, 117, pp. 48-57.

Victora, C.G., de Onis, M., Hallal, P.C., Blossner, M. und Shrimpton, R., 2010: Worldwide timing of growth faltering: revisiting implications for interventions. Pediatrics: 125 (3), pp. 473-480.

von Braun, J. und Tadesse, G., 2012: Food security, commodity price volatility and the poor. In Masahiko Aoki, Timur Kuran, und G. Roland, editors, Institutions and Comparative Economic Development, Volume 2012, London, IAE, Palgrave Macmillan.

Der Einfluss von Sportvereinszugehörigkeit auf die Aktivierung von Compensatory Health Beliefs bei Jugendlichen

Annette Ventsch und Martin Schellhorn

Institut für Ernährungswirtschaft und Verbrauchslehre

Einleitung

Das Heranwachsen von Jugendlichen ist durch die Zunahme von gesundheitsriskanten Verhaltensweisen gekennzeichnet, wie z.B. steigendem Konsum von Alkohol (Poelen et al., 2005) und ungesunder Ernährung (Lake et al., 2005). Körperliche Aktivität nimmt bei Jugendlichen ab (Lampert et al., 2007), Übergewicht und Adipositas treten vermehrt auf (Kurth und Rosario, 2010).

Jugendliche transferieren ihre Verhaltensweisen mit in das Erwachsenenleben, so auch ihre Nicht-Aktivität (Gordon-Larson, Nelson und Popkin, 2004). Im Erwachsenenleben wird Verantwortung für die eigene Gesundheit übernommen. Dies lässt sich schlecht mit gesundheitsriskantem Verhalten vereinbaren (Pinquart und Silbereisen, 2002). Somit können Konflikte zwischen Gesundheitszielen und ungesunden Verführungen entstehen, die es zu lösen gilt. Die Konflikte lösen ein Unwohlsein bei den betreffenden Personen aus. Um dieses Unbehagen zu reduzieren, hat Festinger (1962) zwei Strategien formuliert, die das Gleichgewicht im Inneren wiederherstellen. Zum einen kann die betreffende Person der Versuchung widerstehen und ihr Verhalten ändern. Zum anderen kann als kognitive Strategie die angestrebte Gesundheit angepasst werden. Rabiau et al. (2006) schlagen als weitere Möglichkeit vor „Compensatory Health Beliefs“ (CHBs) zu aktivieren. Dies bedeutet die Annahme, negative Verhaltensweisen durch späteres positives Verhalten ausgleichen zu können. Empirische Studien zeigen, dass eine starke Aktivierung der CHBs mit einem negativen Gesundheitsverhalten zusammenhängt (Miquelon, Knäuper und Vallerand, 2012). Es kann also davon auszugegangen werden, dass eine geringere Aktivierung mit einer gesünderen Lebensweise einhergeht. Dementsprechend müssten Jugendliche, die körperlich aktiv sind, weniger die CHBs aktivieren und entsprechend gesünder leben. Um zu messen, inwiefern Kinder bewegungsorientierte CHBs aktivieren, wurde von Suchert (2016) eine bewegungsbezogene CHB-Skala entwickelt. Hierfür spielte unter anderem auch die sportliche Umgebung, wie Vereinszugehörigkeit, der befragten Jugendlichen eine Rolle. Aktive Jugendliche entwickeln eine sportliche Identität, die als eine Art der sozialen Identität bzw. Ansehen gilt, die Jugendliche aufgrund ihres sportlichen Könnens auszeichnet (Doubt und McColl, 2003). Jugendliche,

die im Sportverein aktiv sind, nehmen sich selber sportlich fitter und kompetenter als weniger aktive Jugendliche (Burrmann, 2004) wahr.

Modell der Compensatory Health Beliefs (CHBs)

Das Modell von (Rabiau et al., 2006) erklärten, warum Menschen CHBs entwickeln und einsetzen, um die eigenen Handlungen zu regulieren. Diese Selbstregulation spielt bei dem Widerstehen von Versuchungen eine große Rolle. Mit dem Modell werden auch gesundheitliche Entscheidungen und ihre Folgen bestimmt.
Ein motivationaler Konflikt führt zwischen einer (ungesunden) Versuchung (z.B. ein Stück Torte) eines ungesunden Verhaltens und einem Gesundheitsziel (z.B. Gewichtsreduzierung) zu kognitiver Dissonanz. Neben der behavioralen Strategie Verhaltensänderung (die Torte nicht essen) und der kognitiven Strategie Zielanpassung (geringerer Gewichtsverlust) (Festinger, 1962) tritt bei Rabiau et al. (2006) die Aktivierung der CHBs als Lösungsstrategie. Die Autoren betonen, dass diese kognitive CHB-Strategie einen gegenüber den beiden Alternativen Strategien einfacheren Weg aus dem motivationalen Konflikt darstellt. Durch das Aktivieren des Glaubens, dass das ungesunde Verhalten ausgeglichen werden kann, ist es möglich dem gewünschten (und ungesunden) Verhalten nachzugehen ohne von den negativen kognitiven Konsequenzen geplagt zu werden. Sollte der Versuchung bereits nachgegeben worden sein, so verhilft die Aktivierung der CHBs zu einer Linderung des kognitiven Diskomforts, der Ausgleich kann dann mittels gesundem Verhalten im Nachhinein stattfinden. Im Gegensatz zum Widerstehen, also zu der ersten Strategie, oder ändern des Ziels, also der zweiten Strategie, kann die Person das Verhalten im aktuellen Moment rechtfertigen und später kompensieren.
Die Autoren postulieren vor allem zwei Einflüsse auf die Wahl der Strategie. Zum einen, wie sehr sich die Person die Verlockung wünscht und zum anderen, wie stark die Selbstkonkordanz bezüglich Gesundheit bei der jeweiligen Person ausgeprägt ist. Demnach wird die erste Strategie eher angewendet, wenn der Wunsch nach der Versuchung schwach ausgeprägt ist und die Gesundheitsziele aus selbstbestimmter Motivation verfolgt werden. Auch wenn die Selbstwirksamkeitserwartung eher stark ausgeprägt ist, wird die erste Strategie primär verfolgt. Die zweite und dritte Strategie werden gewählt, wenn das Eingehen auf die Versuchung der Person eine starke Befriedigung bringt und sie nicht Widerstand leisten kann.
Würde das Ausgleichsverhalten in die Tat umgesetzt wird und die negativen Folgen kompensiert werden, dann wären die allgemeinen Gesundheitsergebnisse der CHBs positiv, zumindest im Vergleich zur Strategie der Zielanpassung. Allerdings werden die Folgen des negativen Verhaltens meistens nicht in dem Maße

ausgeglichen wie es nötig wäre. Langfristig führt dies zu negativen gesundheitlichen Folgen. Somit kann die Aktivierung der CHBs eher mit negativen gesundheitlichen Folgen in Verbindung gebracht werden.
Selbst wenn das Ausgleichsverhalten wirksam ist, erreichen viele Individuen keine vollständige Umsetzung ihrer Pläne. Gollwitzer (1999) findet eine Lücke von 20 % bis 30 % zwischen der vorliegenden Intention und dem damit verbundenen Verhalten. Implementationsintentionen schließen diese Lücke schließen. Die Implementationsintention ist der Zielintention überlegen, da erstere durch genaues Planen zum Ziel führen können und nicht nur das reine Ziel formulieren (Gollwitzer, 1999). Sind diese Pläne jedoch nicht ausgereift, so kommt es zum Aufschieben des Ausgleichsverhaltens. Mit der Zeit wird die Notwendigkeit des Ausgleichs nicht mehr derart stark wie zu Beginn des Konfliktes wahrgenommen, so dass die Relevanz für ein Ausgleichverhalten sinkt und es final zu keinem Ausgleichsverhalten kommt. Daraus resultieren negative gesundheitliche Folgen.
Insgesamt zeigt die Literatur, dass eine Aktivierung von CHBs eher mit negativen gesundheitlichen Folgen im Laufe der Zeit verbunden ist.

Fragestellungen

Aktuelle Forschungen zeigen einen negativen Zusammenhang zwischen der Aktivierung der CHBs und selbstgesteckten Zielen. Die CHBs werden in einem geringeren Umfang aktiviert, wenn die Menschen ihre Ziele selbstbewusst verfolgen und sie eine hohe Selbstwirksamkeitserwartung aufweisen (Miquelon et al., 2012). Burrmann (2014) zeigt, dass sich aktive Jugendliche sportlicher und fitter wahrnehmen, als diejenigen, die weniger aktiv sind, und dass Vereinsmitglieder einer positivere Beziehung zu Gleichaltrigen des gleichen oder anderen Geschlechts als Nicht-Vereinsmitglieder haben.
Für Jugendliche, die regelmäßig in einem Verein Sport betreiben, sind das Sport Commitment sowie deren eigene freie Intention die wichtigsten Prädiktoren weiterhin im Sportverein zu bleiben. Hierbei ist zu beachten, dass die Freude am Sport der wichtigste Prädiktor für das Commitment und die Verhaltenskontrolle der wichtigste Prädiktor für die Intention sind (Hoffmann, 2011).
Hieraus ergibt die Frage inwiefern die körperliche Aktivität der Jugendlichen in einem Sportverein mit der Aktivierung der CHBs in Verbindung zu bringen ist.
Anhand einer Stichprobe deutscher Jugendlicher wird geklärt, inwiefern die Sportvereinsmitglieder die CHBs aktivieren im Vergleich zu Nichtmitgliedern. Es werden Daten zu bewegungsorientierten CHBs nach Tödt (2014) und Suchert (2016) im Allgemeinen und deren Subskalen sitzendes Verhalten, Substanzkonsum und Ernährungsverhalten genutzt. Weiterhin wird innerhalb der Gruppe der Vereinsmitglieder geprüft, welche Rolle die Stundenanzahl, die in einem Verein verbracht wird, bei der Aktivierung der CHBs spielt. Ebenfalls wird der Einfluss der Intensität des Sports im Verein auf die Aktivierung der CHBs analysiert.

Konkret werden folgende Fragestellungen untesucht:
1) Aktivieren Jugendliche, die in einem Sportverein aktiv sind, die CHBs in einem geringeren Ausmaß, als Jugendliche, die nicht in einem Verein aktiv sind?
2) Aktivieren Jugendliche, die einen höheren Stundenumfang in einem Sportverein aufweisen, die CHBs in einem geringeren Ausmaß als Jugendliche die einen geringeren Stundenumfang in einem Sportverein aufweisen?
§) Aktivieren Jugendliche, deren sportliche Aktivität im Verein durch eine höhere Intensität gekennzeichnet ist, CHBs in einem geringeren Ausmaß, als Jugendliche, deren sportliche Aktivität im Verein durch eine geringere Intensität gekennzeichnet ist?

Methodik

Die vorliegende Arbeit basiert auf Daten, die vom Institut für Therapie- und Gesundheitsforschung gGmbH (IFT-Nord) im Rahmen einer von der Deutschen Krebshilfe geförderten Studie erhoben wurden. Insgesamt wurden Daten mittels Fragebögen, Fitnesstestung und medizinischen Untersuchungen sowie Interviews und Gruppendiskussionen zu drei Messzeitpunkten erhoben: Januar und Februar 2014 (Baseline), Sommer 2014 (Post-Erhebung) und Juli 2015 (Follow-Up). In dieser Arbeit werden die Daten der zweiten Erhebungswelle im Sommer 2014 verwendet.

Stichprobe

Für die Untersuchung der Hauptfragestellungen zum Vereinssport wurden 61 achte Klassen in Schleswig-Holstein mit 1.287 Schülern befragt.
Um für die vorliegende Arbeit die Vereinszugehörigkeit zu identifizieren, wurden bei der offenen Frage nach der Anzahl der Stunden, die in einem Sportverein pro Woche verbracht werden, die Angaben in “> 0“ und „0“ unterschieden. Alle Schüler, die bei der Anzahl „0“ eingetragen haben, galten als „nicht aktiv. Insgesamt konnten die Datensätze von 1.113 Schülern verwendet werden.
In der vorliegenden Arbeit wurden die Aktivierung der bewegungsbezogenen CHBs im Allgemeinen sowie die Subskalen der bewegungsbezogenen CHBs bezüglich sitzendes Verhalten, Substanzkonsum und Ernährungsverhalten als abhängige Variablen bei den Hauptfragestellungen untersucht.

CHB – Gesamtskala und Unterskalen

Insgesamt lagen 15 Items mit jeweils fünf Items der Subskalen sitzendes Verhalten, Substanzkonsum und Ernährungsverhalten vor.
Die Erfassung der Unterskalen erfolgte jeweils mittels fünf Aussagen, für die die Schüler jeweils auf einer Likert-Skala mit den Antwortmöglichkeiten „0 = Stimme überhaupt nicht zu bis 4 = Stimme voll und ganz zu“ angaben, inwieweit

sie diesen zustimmten. Die Punkte wurden entsprechend der Antwortmöglichkeiten ungewichtet addiert und ergaben einen Wert für die Aktivierung der spezifischen Skala. Für die Analysen wurden Mittelwerte gebildet, Voraussetzung hierfür war, dass mindestens zwei Items beantwortet wurden.
Für die CHBs im Allgemeinen wurden die Aktivierung aller Items betrachtet bzw. ein Mittelwert über alle 15 Items gebildet. Die interne Konsistenz (Cronbachs Alpha) der Skala für die Aktivierung der CHBs im Allgemeinen zeigt einen Wert von 0,84. Bei den Subskalen ist der niedrigste Wert von Cronbachs Alpha bei den CHBs bezüglich Substanzkonsum mit 0,72 und der höchste Wert von Cronbachs Alpha bei der CHB-Skala bezüglich Ernährungsverhalten mit 0,82 zu beobachten.
Als unabhängigen Variablen wurden unter anderem die Vereinszugehörigkeit, die im Verein verbrachten Stundenanzahlen und die Intensität während der Aktivität verwendet.

Vereinszugehörigkeit

Für die Einteilung der Befragten in diejenigen, die aktiv im Verein tätig sind und diejenigen, die nicht im Verein sind, wurde die Frage „Wie viele Stunden in einer normalen Woche betreibst du Sport im Verein?“ ausgewertet. Die Schüler wurden aufgefordert, alle Trainingszeiten und Wettkämpfe/Punktspiele zusammenzurechnen. Sollten die Befragten in verschiedenen Sportvereinen aktiv sein, so sollten sie die Zeit aller Sportarten zusammenzählen. Alle Angaben, die mehr als null Stunden pro Woche beinhalteten wurden zu denjenigen gezählt, die im Verein aktiv sind. Alle Angaben, die „0 Stunden“ pro Woche ergaben, galten als nicht aktiv im Verein. Alle anderen Angaben, wie fehlende oder unsinnige Angaben, wurden nicht in der Analyse berücksichtigt.

Stundenanzahl im Verein

Für die Untersuchung der Fragestellungen, inwieweit in der Untergruppe der Vereinsmitglieder der Stundenumfang mit der Aktivierung der CHBs zusammenhängt, wurde diese Gruppe per Mediansplit in zwei Subgruppen (wenige Stunden = 1h - 4,5h vs. mehr Stunden = 5h – 25h) aufgeteilt, um diese zu vergleichen.

Intensität im Verein

Die Intensität des Vereinssports wurde unter denjenigen, die angaben mehr als null Stunden im Verein aktiv zu sein, mit der Frage „Wie sehr strengst du dich dabei in der Regel an?“ erhoben. Die Schüler konnten zwischen den Antwortmöglichkeiten „Ohne zu schwitzen und ohne Kurzatmigkeit/Schnaufen“, „Etwas schwitzen und etwas Kurzatmigkeit/Schnaufen“ oder „Viel schwitzen und viel Kurzatmigkeit/Schnaufen“ wählen. Für die Analysen wurden die ersten beiden Kategorien zusammengefasst, um sie mit der letzten, d. h. “viel schwitzen“, zu vergleichen.

Analysen

Für die Beschreibung der Stichproben wurden χ^2 – Unabhängigkeitstest zur Untersuchung von Zusammenhängen und t-Tests zur Überprüfung von Mittelwertsunterschieden angewendet.
Für die Analyse der Hauptfragestellungen zur Untersuchung des Zusammenhangs der Vereinszugehörigkeit mit der Aktivierung der CHBs wurden unadjustierte und (um Alter, Geschlecht, Schultyp) adjustierte lineare Regressionen angewendet.

Ergebnisse

Die Schüler waren im Durchschnitt 14,08 Jahre alt (SD = 0,58, Range = 12 – 17). Gut die Hälfte der Teilnehmer war männlich (52,1%). 46,0 % der Befragten besuchten die Gemeinschaftsschule, 45,1 % das Gymnasium und 8,9 % die Regionalschule.
Ungefähr drei Viertel der Schüler (831) betrieben aktiv Sport in einem Sportverein. Die Geschlechterverteilung war in den beiden Gruppen, Vereinszugehörigkeit ja vs. nein, ähnlich, signifikante Unterschiede bestanden aber hinsichtlich Alter und Schultyp. So waren die aktiven Mitglieder signifikant jünger mit 14,05 Jahren (SD = 0,59) als die nicht Nicht-Aktiven mit 14,17 Jahren (SD = 0,56, Range = 13 – 16; $t(1111) = 3{,}09$, $p = 0{,}00$). Während die Mehrheit der aktiven Befragten das Gymnasium (49,9 %) besuchten, besuchten die meisten Inaktiven die Gemeinschaftsschule (53,6 %; $\chi^2(2) = 40{,}69$, $p = 0{,}000$).
Hinsichtlich des Aufenthalts im Sportverein zeigt sich unter den Aktiven, dass knapp eine Hälfe (50,5 %) eine geringere Stundenzahl im Verein aktiv verbringt, während die andere Hälfte (49,5 %) eine höhere Stundenanzahl im Verein verbringt. Die Mehrheit (54,3 %) der aktiven Vereinsmitglieder stufte die Intensität des Sports als gering ein.
Die Aktivierung der CHBs im Allgemeinen einen Mittelwert von 1,51 (SD = 0,67, Range = 0 – 4) aufwies. Im Mittel am Stärksten wurden die bewegungsorientierten CHBs bezüglich sitzendes Verhalten mit 1,72 (SD = 0,86) aktiviert. Die geringste Aktivierung wiesen die CHBs bezüglich Substanzkonsum mit 1,21 (SD = 0,88) auf.
1) Jugendliche, die im Verein waren, aktivierten CHBs im Allgemeinen im Mittel um 1,49 (SD = 0,68), Jugendliche, die keinen Vereinssport betrieben, im Mittel um 1,59 (SD = 0,65). Dieser Unterschied erwies sich auch nach Kontrolle für Alter Geschlecht und Schultyp als signifikant ($\beta_{adjustiert} = -0{,}10$, $p = 0{,}034$).
Ebenfalls erwiesen sich die Unterschiede bezüglich der Unterskalen sitzendes Verhalten als signifikant, wobei die Vereinsmitglieder im Mittel um 1,69 (SD = 0,85) und die Nichtmitglieder um 1,81 (SD = 0,88) aktivierten, ($\beta_{adjustiert} = -0{,}12$, $p = 0{,}042$) sowie Ernährungsverhalten, wobei diejenigen, die im Verein aktiv waren, im Mittel um 1,57 (SD = 0,87) und die Inaktiven im Mittel um 1,69 (SD = 0,89) aktivierten ($\beta_{adjustiert} = -0{,}14$, $p = 0{,}023$).

Das bedeutet, dass Vereinsmitglieder diese spezifischen CHBs zu einem geringeren Ausmaß aktivierten, als diejenigen, die angaben nicht im Verein aktiv zu sein. Kein Unterschied zwischen den Vereinsmitgliedern und Nicht-Vereinsmitgliedern war bei der Aktivierung der CHBs bezüglich des Substanzkonsums ($\beta_{adjustiert}$ = -0,04, p = 0,517) zu verzeichnen.
2) Die Jugendlichen, die ein geringeres Maß an Stunden im Verein verbrachten, aktivierten die CHBs im Allgemeinen im Mittel um 1,53 (SD = 0,67). Diejenigen, die mehr Zeit im Verein verbrachten, aktivierten die CHBs im Allgemeinen im Mittel um 1,44 (SD = 0,85). Dieser Unterschied erwies sich sowohl in der unadjustierten als auch adjustierten Analyse als signifikant ($\beta_{adjustiert}$ = -0,13, p = 0,005). Nach Adjustierung stellte sich der Unterschied zwischen den Gruppen bezüglich der Aufenthaltsdauer im Verein der Subskala sitzendes Verhalten ($\beta_{adjustiert}$ = -0,22, p = 0,000) als signifikant dar, während sich der Unterschied bei der Subskala Ernährungsverhalten erst nach der Adjustierung ($\beta_{adjustiert}$ = -0,13, p = 0,038) als signifikant erwies. Das heißt, dass die Jugendlichen, die einen höheren Stundenumfang im Sportverein aufwiesen, diese CHBs im geringeren Ausmaß aktivieren, als diejenigen, die einen geringeren Stundenumfang im Sportverein aufwiesen. Es hat sich kein Unterschied zwischen dem Stundenumfang von Vereinsmitgliedern und der Vereinszugehörigkeit auf die CHBs bezüglich Substanzkonsum ($\beta_{adjustiert}$ = -0,05, p = 0,458) ergeben.
3) Diejenigen, die intensiveren Sport im Verein betrieben, aktivierten die spezifischen CHBs bezüglich sitzendes Verhalten im Mittel um 1,64 (SD = 0,88) und diejenigen, die mit geringerer Intensität Sport betrieben, aktivierten diese CHBs im Mittel um 1,73 (SD = 0,81). Erst nach Adjustierung erwies sich ein signifikanter Unterschied ($\beta_{adjusitiert}$ = -0,14, p = 0,022). Das bedeutet, dass diejenigen, die einen intensiveren Sport betrieben, die spezifischen CHBs bezüglich sitzendes Verhalten im geringeren Ausmaß aktivieren, als diejenigen, wie nicht so intensiv Sport im Verein betrieben.
Kein Unterschied zwischen diesen beiden Gruppen konnte bei den CHBs im Allgemeinen ($\beta_{adjusitiert}$ = -0,30, p = 0,599) und den Subskalen Substanzkonsum ($\beta_{adjusitiert}$ = 0,04, p = 0,554) und Ernährungsverhalten ($\beta_{adjusitiert}$ = 0,02, p = 0,690) verzeichnet werden.

7 Diskussion

Die Resultate legen nahe, dass in erster Linie die Vereinsmitgliedschaft und weniger die Intensität und Häufigkeit des betriebenen Sports für die (geringere) Aktivierung der CHBs relevant ist. Diese Befunde decken sich mit denen der aktuellen Literatur. So findet Burrmann (2004), dass sich sportlich-aktive Jugendliche kompetenter und fitter wahrnehmen. Diese Erkenntnisse lassen sich mit dem Selbstkonkordanzmodell nach Sheldon und Elliot (1999) vereinbaren, welches besagt, dass je mehr sich die betreffende Person mit dem eigens gesteckten Ziel

identifizieren kann, desto eher wird alles dafür getan, dieses Ziel auch zu erreichen. Tödt (2014) findet bei einer Untersuchung zum Konstrukt der CHB-Skala mit körperlicher Aktivität zum Ausgleich, dass je höher die sport- und bewegungsorientierte Selbstkonkordanz der Schüler war, desto geringer fiel die Aktivierung der CHBs aus. In dieser Untersuchung kann zum Substanzkonsum bei Vereinsmitgliedern keine Aussage getroffen werden. Daraus ist zu schließen, dass gesundheitsfördernden Entscheidungen von Jugendlichen im Verein bezüglich Substanzkonsum eher von der Umgebung und dem Einfluss der Übungsleiter abhängig sind.

Das Aktivieren des Gedankenmodells der CHBs konnte als Indikator für gesundheitsriskantes Verhalten identifiziert werden. Jugendliche Vereinsmitglieder aktivieren CHBs weniger als Nicht-Vereinsmitglieder. Vereinsmitglieder zeigen somit nicht nur ein gesundheitsförderlicheren Lebensstil, sondern unterstreichen damit ihre eigenen körperbezogenen Kompetenzen. Sie sind in der Lage ihre (Gesundheits-)Ziele stringenter zu verfolgen, was in einem positiven Gesundheitsverhalten mündet. Dies gilt insbesondere für Jugendliche, die einen größeren zeitlichen Umfang im Verein zubringen. Sport im Verein sollte demnach für Kinder und Jugendliche auf allen Ebenen gefördert werden. Der Verein scheint nicht nur in sportlicher Hinsicht, sondern auch in sozialer Hinsicht ein Anker für Kinder und Jugendliche zu sein. Burrmann (2004) betont, dass die soziale Rahmung des Vereins für Kinder und Jugendliche und die daraus resultierende positive Verbindung zu Gleichaltrigen des gleichen oder des anderen Geschlechts wegweisend für Heranwachsende sein kann.

Literaturverzeichnis

Burrmann, U. (2004): Effekte des Sporttreibens auf die Entwicklung des Selbstkonzepts Jugendlicher. In: Zeitschrift für Sportpsychologie. 11 (2): 71-82.

Doubt, L., McColl, M. A. (2003). A secondary guy: Physically disabled teenagers in secondary schools. In: Canadian Journal of Occupational Therapy. 70 (3): 139-151.

Festinger, L. (1962): A Theory of Cognitive Dissonance. Stanford University Press: Stanford, California

Gollwitzer, P. M. (1999): Implemention intentions: Strong effects of simple plans. In: American Psychologist. 54 (7): 493-503.

Gordon-Larsen, P., Nelson, M. C., Popkin, B. M. (2004): Longitudinal Physival Activity and Sedentary Behavior Trends. Adolescence to Adulthood. In: American Journal of Preventive Medicine. 27 (4): 277-283.

Graf, C., Koch, B., Dordel, S., Coburger, S., Christ, H., Lehmacher, W., Platen, P., Bjarnason-Wehrens, B., Tokarski, W., Predel, H. G. (2003): Prävention von Adipositas durch körperliche Aktivität–eine familiäre Aufgabe. In: Deutsches Ärtzeblatt. 100 (47): 3110-3114.

Hoffmann, A. (2011): Der Nutzen der erweiterten Theorie des geplanten Verhaltens zur Vorhersage der Vereinssportaktivität von Jugendlichen. In: Zeitschrift für Sportpsychologie. 18 (3): 121-132.

Kurth, B. M., Rosario, A. S. (2010): Übergewicht und Adipositas bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland. In: Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz. 53(7): 643-652.

Lake, A. A., Mathers, J. C., Rugg-Gunn, A. J., Adamson, A. J. (2006): Longitudinal change in food habits between adolescence (11-12 years) and adulthood (32-33 years): the ASH30 Study. In: Journal of Public Health (Oxford). 28 (1): 10-16.

Lampert, T., Mensink, G. B., Romahn, N., Woll, A. (2007): Körperlich-sportliche Aktivität von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. In: Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz. 50(5-6): 634-642.

Mensink, G. (2003): Bundes-Gesundheitssurvey: Körperliche Aktivität.

Miquelon, P., Knäuper, B., Vallerand, R. J. (2012): Motivation and goal attainment. The role of compensatory beliefs. In: Appetite. 58 (2): 608-615.

Pinquart, M., Silbereisen, R. K. (2002): Gesundheitsverhalten im Kindes-und Jugendalter. In: Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz. 45(11): 873-878.

Poelen, E. A., Scholte, R. H., Engels, R. C., Boomsma, D. I., Willemsen, G. (2005): Prevalence and trends of alcohol use and misuse among adolescents and young adults in the Netherlands from 1993 to 2000. In: Drug and Alcohol Dependence. 79 (3): 413-421.

Rabiau, M., Knäuper, B., Miquelon, P. (2006): The eternal quest for optimal balance between maximizing pleasure and minimizing harm: The compensatory health beliefs models. In: British Journal of Health Psychology .11 (Pt 1): 139-153.

Sheldon, K. M., Elliot, A. J. (1999): Goal striving, need satisfaction, and longitudinal well-being: The self-concordance model. In: Journal of Personality and Social Psychology. 76 (3): 482-497.

Suchert, V., Tödt, I., Pedersen, A., Hanewinkel, R., Isensee, B. (2016): Compensatory Health Beliefs related to Physical Activity in Adolescents: Scale Development and Psychometric Properties. Manuscript submitted for publication.

Tödt, I. (2014): Konstruktion und Validerung eines Fragebogens zur Erfassung von Compensatory Health Beliefs (CHBs) bezüglich körperlicher Aktivität. (Nicht veröffentlichte Diplomarbeit). Institut für Psychologie, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.