

Schwarze, Reimund et al.

Article

Anpassung an den Klimawandel – Lasten verteilen und Ernährungssicherheit schaffen

ifo Schnelldienst

Provided in Cooperation with:

Ifo Institute – Leibniz Institute for Economic Research at the University of Munich

Suggested Citation: Schwarze, Reimund et al. (2022) : Anpassung an den Klimawandel – Lasten verteilen und Ernährungssicherheit schaffen, ifo Schnelldienst, ISSN 0018-974X, ifo Institut - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München, München, Vol. 75, Iss. 08, pp. 03-28

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/263831>

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.

Anpassung an den Klimawandel – Lasten verteilen und Ernährungssicherheit schaffen

Im Jahr 2021 waren nach Angaben der Food and Agriculture Organization der Vereinten Nationen (FAO) knapp 10% der Weltbevölkerung von Hunger bedroht. Hauptursache der zunehmenden Ernährungsunsicherheit ist der fortschreitende Klimawandel, der Extremwetterereignisse wie Dürren, Hitzewellen oder Überflutungen verursacht. Zudem haben die Auswirkungen der Covid-19-Pandemie und der Krieg in der Ukraine die Lebensmittelpreise und die Anzahl der vom Hunger Betroffenen deutlich erhöht. Welche Anpassungsmaßnahmen sind in der Landwirtschaft erforderlich, um weltweit Ernährungssicherheit herzustellen und gleichzeitig das Klima zu schützen?

Reimund Schwarze

Mehr Widerstandsfähigkeit gegen Ernährungskrisen

Die russische Invasion in der Ukraine gefährdet die Ernährungssicherheit von Millionen von Menschen auf der ganzen Welt, insbesondere in den Ländern des nördlichen Afrikas. Humanitäre Hilfen aufzustocken, reicht in dieser Lage nicht. Wir brauchen Strategien, um die Konflikthanfälligkeit der Nahrungsmittelsysteme der Welt zu überwinden.

Schätzungsweise 30% der weltweiten Weizenlieferungen im Jahr 2021 entfielen auf Russland und die Ukraine. Sie sind zentrale Lieferanten anderer wichtiger Produkte wie Sonnenblumenöl (55%) und Düngemittel (FAO 2022). Der Ukraine-Krieg beeinträchtigt die Exporte durch die Schädigung der Anbauflächen, die Unterbrechung der Exporte aufgrund der instabilen oder blockierten Versorgungswege und die Bedrohung landwirtschaftlicher Beschäftigter durch Gewalt, Blindgänger im Boden. Mit jedem weiteren Tag, an dem die Landwirte ihre Arbeit aufschieben müssen, gehen die Erträge zurück, oder sie fallen sogar ganz aus. Selbst bei den bereits geernteten Getreide- und Ölprodukten drohen noch hohe Verluste, weil auch Lagerräume nicht sicher sind. Im Gegenzug sind auch die russischen und weißrussischen Exporte von Sanktionen und Ausfuhrverboten betroffen und fehlen am internationalen Markt. Die Lebensmittelpreise schießen nach oben und übertreffen mittlerweile sogar die Preiskrise von 2008/2009 (World Bank 2022). Der FAO-Getreidepreisindex (Stand: Juni 2022) ist im Vergleich zum letzten Jahr (2021) um 36 Punkte (27,6%) gestiegen und hat damit den höchsten Stand seit 1990 erreicht (vgl. Abb. 1). Der Preisanstieg liegt damit

heute höher als nach der weltweiten Finanzkrise 2008/2009, die zu den historischen »Brotaufständen« in den Ländern Nordafrikas geführt hat.

Der Preisanstieg hat aktuelle und strukturelle Ursachen. Die durch den Klimawandel zunehmende Zahl von Dürren und der weltweit wachsende Fleischkonsum spielen ebenso eine strukturelle Rolle wie die aktuellen Störungen im Welthandel durch die Covid-Krise. Der jetzige, erneute Sprung über die 160-Punkt-Marke signalisiert allerdings eine akute

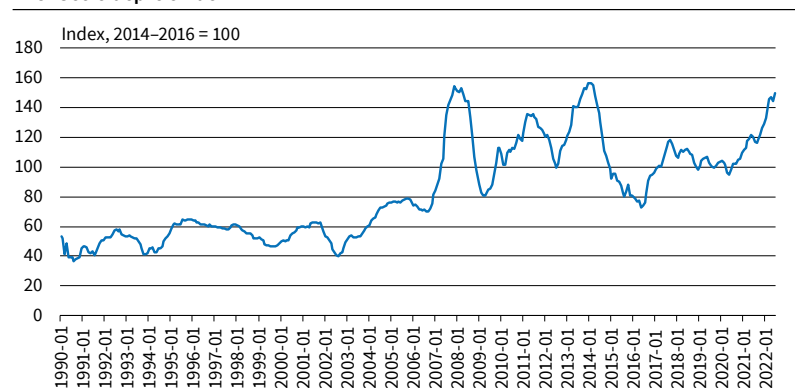


Prof. Dr. Reimund Schwarze

ist Umweltökonom am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Leipzig, und Professor an der Europa-Universität Viadrina, Frankfurt/Oder.

Abb. 1

FAO-Getreidepreisindex



Quelle: FAO.

© ifo Institut

Gefährdungslage für die globale Versorgungsunsicherheit. Paradoxerweise führen nationale Schutzmaßnahmen wie Exportbeschränkungen von Getreide wie z.B. in Indien oder Serbien zu krisenverstärkenden Effekten. Sie erhöhen das Tempo und die Intensität, mit denen die Preisschwankungen andere Länder erreichen. In vielen Fällen schnellten die Lebensmittelpreise in Nordafrika und Asien schon in die Höhe, bevor die Lebensmittelknappheit aktuell überhaupt eintrat. Hinzu kommen die weltweit steigenden Energiekosten. Da viele Düngemittel zumindest teilweise auf fossilen Brennstoffen basieren, steigen ihre Kosten auch mit den Energiepreisen. Der drastische Anstieg der Energie- und Getreidekosten gefährdet das Welternährungssystem und lässt das Milleniumsziel »Zero Hunger« in weite Ferne rücken. Das UN-Welternährungsprogramm (WFP) berichtete im Mai im Gegenteil von einem Höchststand des Hungers in der Welt bei sinkenden Mitteln zur Hungerbekämpfung. Das hat mit dem Ukraine-Krieg zu tun. Denn vor dem Krieg bezog das WFP die Hälfte seines Weizens aus der Ukraine.

WARUM WIEDER HUNGER IM NAHEN OSTEN UND NORDAFRIKA?

Während die Verfügbarkeit von Nahrungsmitteln in der EU derzeit nicht gefährdet ist, sind die Weizen importierenden Länder im Nahen Osten, in Nordafrika und den Ländern südlich der Sahara akut krisengefährdet. Grund: Sie sind in besonderem Maße von Importen aus der Ukraine und Russland abhängig. Die Länder der Region Subsahara importieren beispielsweise 85% ihres Weizenbedarfs, wovon ein Drittel aus Russland oder der Ukraine stammt (Kammer et al. 2022). Aber es ist nicht die hohe Abhängigkeit von Getreideimporten in dieser Region, sondern ursächlich eine Häufung von besonderen Verletzlichkeiten gegenüber Versorgungsstörungen. Diese wiederum sind bedingt durch die zahlreichen Regionalkriege, extreme Ungleichheiten in der Region und anhaltende soziale Spannungen, durch häufigen Heuschreckenbefall, Wasserknappheit und andere Bedrohungen durch den Klimawandel, wie ein Gemeinschaftsbericht von sechs UN-Organisationen (FAO et al. 2021) feststellt. Damit einher gehen ein hohes Bevölkerungswachstum und starke Migrationsbewegungen. Diese sogenannten verbundenen Verletzlichkeiten (»compound vulnerabilities«) vergrößern den durch den Ukraine-Krieg ausgelösten externen Schock. Und damit wächst die Wahrscheinlichkeit, dass soziale Kippunkte in der Region überschritten werden.

WEGE ZUR ERNÄHRUNGSSICHERHEIT

In der Wissenschaft und Praxis wurde eine Reihe von Schlüsselmaßnahmen identifiziert, um Ernährungssicherheit in Zeiten von Konflikten zu gewährleisten (vgl. z.B. Kemmerling et. al. 2022; UN Food System Summit 2021).

Menschenrecht auf Nahrung einhalten

Nahrung ist als Menschenrecht in der UN-Charta definiert. Staaten und nichtstaatliche Akteure wie z.B. internationale Organisationen müssen das Recht der Menschen auf Zugang zu angemessener Nahrung respektieren, schützen und erfüllen. Insbesondere schützt das humanitäre Völkerrecht den Zugang zu Nahrungsmitteln in bewaffneten Konflikten. Wenn die Zivilbevölkerung hungert, ein hohes Maß an Entbehrung erleidet oder ihr Überleben bedroht ist, müssen kriegführende Parteien Hilfsmaßnahmen zulassen und erleichtern. Das Problem ist: Wie erreicht man, dass sich alle Konfliktparteien an diese Regeln halten? Voraussetzung dafür ist, dass die internationalen Mechanismen der Verantwortlichkeit verbessert werden. Die UN-Sicherheitsrat-Resolution 2417 aus dem Jahr 2018 war ein wichtiger Schritt in diese Richtung. Sie legt fest, dass die Behinderung des humanitären Zugangs in Konfliktsituationen gezielte Sanktionen nach sich ziehen kann, wie sie bereits in der Vergangenheit gegen die militante islamistische Bewegung Al Shabaab in Somalia verhängt wurden (Akanke et al. 2019). Diese Lösung scheint für Russland als Mitglied des Sicherheitsrats allerdings ungeeignet.

Dysfunktionalitäten der kurzfristigen Nahrungsmittelhilfe vermeiden

Kurzfristige Nahrungsmittelhilfe konzentriert sich auf die akute Verbesserung der Nahrungsmittelverfügbarkeit für die am stärksten vom Hunger betroffenen Menschen in der Region. Hilfseinsätze in Bürgerkriegskontexten stehen jedoch oft vor der Herausforderung, die Bedürftigsten zu identifizieren, rechtzeitig zu erreichen und angemessen zu versorgen (Tranchant et al. 2019). Gleichzeitig besteht die Gefahr, dass die Nahrungsmittelhilfe selbst zu einer Quelle von Konflikten wird, vor allem aufgrund eines unzureichenden Verständnisses des Kontextes (Devereux 2000). Effektive Lösungen erfordern daher ein umfassendes Verständnis des jeweiligen spezifischen Kontextes. Das gelingt nur, indem lokale Kapazitäten in die Nahrungsmittelhilfe einbezogen werden.

Hunger als Kriegsmittel ächten

Im Krieg mit Russland – der, was hier nicht außer Acht bleiben darf, in hohem Maße auch Leid und Hunger in der Ukraine hervorbringt – geht es darum, dass Hunger als Mittel der Kriegsführung verboten wird und als Grundlage für die Verhängung von UN-Sanktionen herangezogen werden kann. Gefordert wird darüber hinaus, dass neue Regeln in das Völkerrecht aufgenommen werden, die ausdrücklich einen Schutz für Infrastrukturen und Aktivitäten im Zusammenhang mit Nahrungsmittelsystemen (landwirtschaftliche Flächen und Gewässer, landwirtschaftliche Be-

triebe, Feldfrüchte, Viehbestand und Fischerei usw.) als »nicht militärische« Ziele vorsehen.

Ein wichtiges Thema über die unmittelbare Krisenbewältigung hinaus bleibt die Transformation der globalen Agrar- und Ernährungssysteme hin zu größerer Resilienz – verstanden als Fähigkeit, sich auf kriseninduzierte Störungen einzustellen, sich darauf vorzubereiten, sie zu absorbieren und sich davon zu erholen (OECD 2022). Denn nur resiliente Agrar- und Ernährungssysteme, eine Stärkung von lokaler Produktion und regionalem Handel sowie die Vermeidung einseitiger Abhängigkeiten sind geeignet, um alle Länder mittel- und langfristig widerstandsfähiger gegen Ernährungskrisen zu machen.

FAZIT

Gewaltsame Konflikte führen direkt oder indirekt über Risikokaskaden zu »Schocks«, die sich auf das Welternährungssystem auswirken können. Sie prägen sich regelmäßig bei den verletzlichsten Gliedern einer Risikokaskade (hier das nördliche Afrika und der Nahe Osten) aus. Bevölkerungswachstum, soziale Spannungen und der Klimawandel verstärken die Gefahr von Hunger und Ernährungsunsicherheit, sie sind aber nicht deren Ursache (»root cause«). Die Ursache liegt in Nahrungsmittelsystemen, »die nicht in der Lage sind, erschwingliche, vielfältige, sichere und nahrhafte Lebensmittel für alle zu liefern«, wie der stellvertretende Direktor der FAO, Abdul Hakim Elwaer, kürzlich bei der Vorstellung des UN-Berichts über Ernährungssicherheit und Ernährung im Nahen Osten und in Nordafrika (2021) feststellte. Sie liegen also ursächlich in den Verletzlichkeiten.

Die tiefgreifende Krise an den Agrar- und Lebensmittelmärkten nach der gewaltsamen Besetzung der Ukraine durch Russland führt uns vor Augen, dass

wir die Umstellung unserer Lebensmittelsysteme auf Nachhaltigkeit und Resilienz weltweit beschleunigen müssen. Das Menschenrecht auf Nahrung muss eingehalten, Hunger als Kriegsmittel geächtet, die Infrastrukturen von Nahrungsmittelsystemen als »nicht militärische« Ziele geschützt werden, damit die akute Gefährdungslage für die globale Ernährungssicherheit durch den Ukraine-Krieg verhindert werden kann.

REFERENZEN

Akande, D. und E. Gillard (2019), »Conflict-Induced Food Insecurity and the War Crime of Starvation of Civilians as a Method of Warfare: The Underlying Rules of International Humanitarian Law«, BSG Working Paper 2019/030, verfügbar unter: <https://www.bsg.ox.ac.uk/research/publications/conflict-induced-food-insecurity-and-war-crime-starvation-civilians-method>, aufgerufen am 28. Juli 2022.

Devereux, S. (2000), »Famine in the Twentieth Century«, IDS Working Paper 105, IDS, Brighton.

FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO and ESCWA (2021), *Regional Overview of Food Security and Nutrition in the Near East and North Africa 2020 – Enhancing Resilience of Food Systems in the Arab States*. FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations, Kairo.

Kammer, A., J. Azour, A. A. Selassie, I. Goldfajn und C. Rhee (2022), »How War in Ukraine Is Reverberating Across World's Regions«, *IMF Blog*, 15. März, verfügbar unter: <https://blogs.imf.org/2022/03/15/how-war-in-ukraine-is-reverberating-across-worlds-regions/>, aufgerufen am 27. Mai 2022.

Kemmerling, B., C. Schetter und L. Wirkus (2022), »The Logics of War and Food (In)Security«, *Global Food Security* 33, 100634.

OECD (2022), »Taking a Holistic Approach to Agricultural Risk Management«, verfügbar unter: <https://www.oecd.org/agriculture/topics/risk-management-and-resilience/>, aufgerufen am 20. Juli 2022.

Tranchant, J. P., A. Gelli, L. Bliznashka, A. S. Diallo, M. Sacko, A. Assima und E. Masset (2019), »The Impact of Food Assistance on Food Insecure Populations during Conflict: Evidence from a Quasi-Experiment in Mali«, *World Development* 119, 185–202.

UN Food Systems Summit (2021), »Action Tracks«, verfügbar unter: <https://www.un.org/en/food-systems-summit/action-tracks>, aufgerufen am 27. Juli 2022.

Robert Finger

Klimawandel und die europäische Landwirtschaft: Auswirkungen und Anpassungsmaßnahmen*

Das Klima ändert sich, mit großen Auswirkungen auf die Landwirtschaft, auch in Europa. Die Landwirtschaft reagiert von Natur aus empfindlich auf klimatische Bedingungen und gehört zu den am stärksten vom Klimawandel betroffenen Sektoren. Dürren, Hitzewellen, aber auch Starkniederschläge und Spätfröste haben in den letzten Jahren eindrücklich aufgezeigt, wie verletzlich unsere landwirtschaftliche Produktion gegen extreme Wetter- und Witterungsereignisse ist. Großflächige Ernteausfälle in pflanzlicher und tierischer Produktion gefährden die Ernährungssicherheit und sind eine große Risikoquelle für landwirtschaftliche Betriebe. Zudem stellen diese Ertragsschwankungen große Herausforderungen für vor- und nachgelagerte Industrien dar und können zu Preisspitzen für Lebensmittel

Die Ernährungssicherheit und sind eine große Risikoquelle für landwirtschaftliche Betriebe. Zudem stellen diese Ertragsschwankungen große Herausforderungen für vor- und nachgelagerte Industrien dar und können zu Preisspitzen für Lebensmittel



Prof. Dr. Robert Finger

leitet die Arbeitsgruppe »Agrarökonomie und -politik« an der ETH Zürich.

* Besten Dank an Janic Bucheli für Kommentare auf eine vorherige Version des Beitrags und an Heidi Webber für die Abbildung 1.

führen. Der Krieg in der Ukraine zeigt momentan die fehlende Resilienz unserer Agrar- und Ernährungssysteme auf. Der Klimawandel stellt diese Systeme, bereits jetzt, vor neue, enorme Herausforderungen.

Im Mittel steigende Temperaturen führen zu deutlichen Änderungen in Anbaubedingungen. Besonders relevant ist jedoch, dass darüber hinaus extreme Wetter- und Witterungsereignisse wie Dürre, Hitze, aber auch Starkniederschläge immer häufiger und inten-

siver auftreten. Der Klimawandel erhöht daher die Wahrscheinlichkeit großer Ertragsausfälle (z.B. Webber et al. 2018; Trnka et al. 2014).

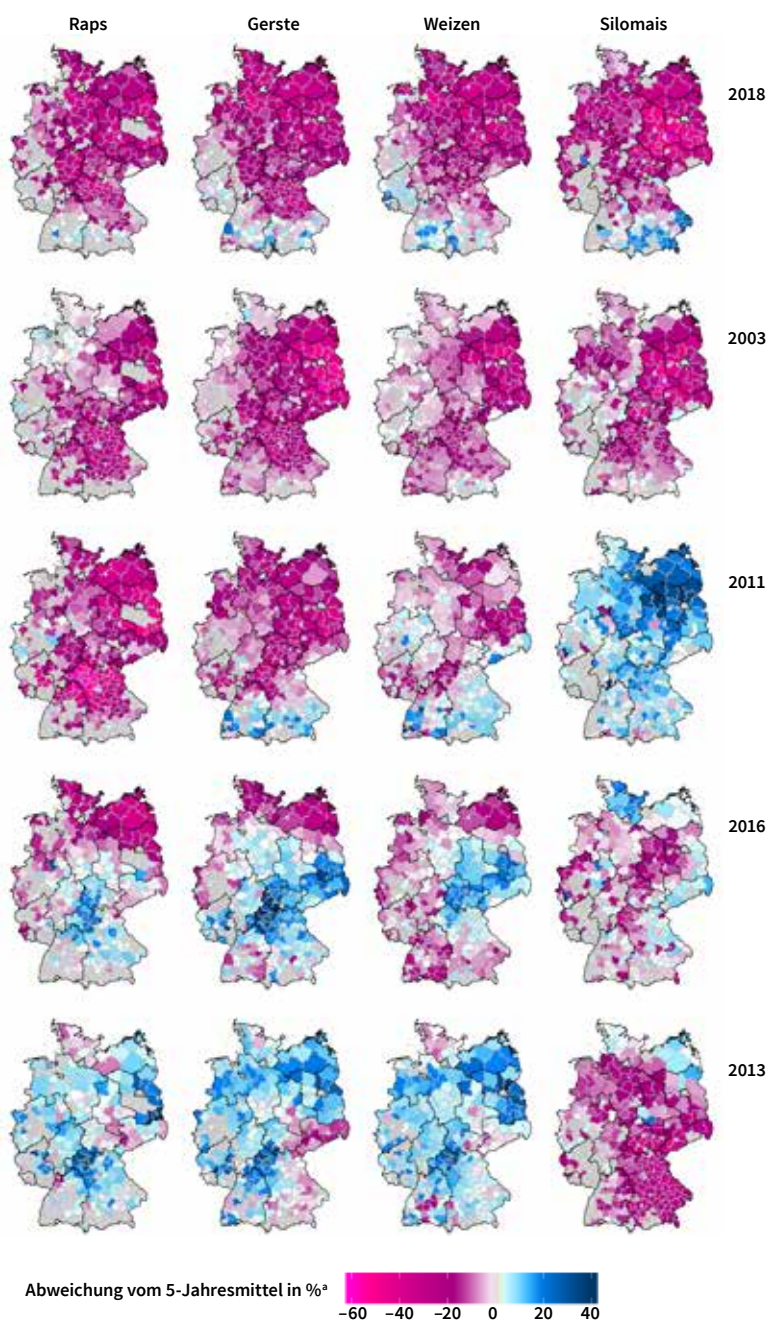
Eine Anpassung an den Klimawandel ist für die europäische Landwirtschaft möglich, dies geht aber oft mit hohen Kosten einher. Die Anpassung an bestimmte Aspekte des Klimawandels, wie im Mittel wärmere Temperaturen, ist dabei einfacher (z.B. durch angepasste Sortenwahl) als die Anpassung an größere Unsicherheiten bezüglich des Auftretens von Extremereignissen (z.B. eine größere Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Dürren und Starkniederschlägen) (Olesen et al. 2011). Eine wirksame und effiziente Planung der Anpassungsstrategien auf Betriebs-, Markt- und Politikebene benötigt Wissen über mögliche Auswirkungen des Klimawandels, Möglichkeiten für Anpassungen und die Effektivität und Effizienz dieser Strategien. So ist zum Beispiel die Dimensionierung der Bewässerungsinfrastruktur, Information für die Züchtung, die Entwicklung robuster Ertragsvorhersagesysteme, aber auch die Entwicklung von Versicherungsprodukten auf Evidenz bezüglich möglicher Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft angewiesen. Zudem brauchen Praxis, Beratung, Ausbildung, vor- und nachgelagerte Industrien und nicht zuletzt die Politik Grundlagen für kurz-, mittel- und langfristige Handlungsentscheidungen.

Dieser Beitrag soll Einblicke geben, welche Auswirkungen der Klimawandel auf die europäische Landwirtschaft haben kann und wie und durch wen welche Anpassungsmaßnahmen umgesetzt werden können, welche Nebenwirkungen dies haben und welche Rolle die Politik für die Anpassungen an den Klimawandel spielen kann.

KLIMAEXTREME UND ERTRAGSAUSFÄLLE

Bereits heute beobachten wir in Europa regelmäßig große Ertragsausfälle, die durch extreme Witterungs- oder Wetterereignisse hervorgerufen werden. Zum Beispiel haben Webber et al. (2020) für die deutsche Landwirtschaft die Ursachen für Ertragsausfälle bei vier wichtigen Ackerkulturen (Winterraps, Winterweizen, Wintergerste, Silomais) für die Periode 1998–2018 untersucht. Es traten in diesem Zeitraum regionale Ertragsausfälle von bis zu 60% (in Vergleich zum Fünfjahres- (olympischen) Mittel) auf (vgl. Abb. 1). Ertragseinbußen sind dabei jedoch stark kultur- und regionsspezifisch. So sind in bestimmten Jahren und Regionen stark unterdurchschnittliche, im selben Jahr in anderen Regionen jedoch stark überdurchschnittliche Erträge (zum Beispiel Silomais im Jahr 2018, Abb. 1) oder in manchen Jahren für gewisse Kulturen hohe Erträge, aber für andere Kulturen starke Ertragseinbußen zu beobachten (zum Beispiel Raps im Vergleich zu Silomais im Jahr 2011, Abb. 1). Die Studie von Webber et al. (2020) zeigt, dass großflächige Ertragsausfälle in Deutschland oft durch extreme Dürreereignisse verursacht werden (siehe

Abb. 1
Relative Ertragsabweichungen (in %) auf NUTS3-Ebene für ausgewählte Jahre mit rekordtiefen Erträgen (2018, 2003, 2016 und 2013).



* Die Referenz sind die 5-jährigen olympischen Durchschnitte (olympic average) jeder NUTS3-Einheit (die größte und die kleinste Beobachtung der letzten fünf Jahre wurden gelöscht, bevor ein Mittelwert berechnet wurde). Nur NUTS3-Einheiten in denen mindestens 0,1% der jeweiligen Kultur angebaut wurden, sind in der Abbildung präsentiert. NUTS3-Regionen sind 401 Landkreise/Kreise und kreisfreie Städte bzw. in Baden-Württemberg Stadtkreise. Quelle: Abbildung basiert auf Webber et al. (2020). © ifo Institut

auch Bucheli et al. 2021). Jedoch ist dies nicht der einzige relevante klimatische Treiber für Ertragsschwankungen. Ertragseinbußen können oft durch regional sehr unterschiedliche Phänomene erklärt werden. Zum Beispiel wurden starke Ertragseinbußen beim Winterraps 2003 (vgl. Abb. 1) in manchen Regionen durch zu hohe Niederschläge im Herbst (z.B. Bayern), in anderen durch starke Fröste (z.B. Brandenburg) oder durch starken Krankheitsdruck (z.B. Niedersachsen) verursacht (Webber et al. 2020).

Extreme Wetter- und Witterungsereignisse betreffen auch tierhaltende Betriebe in der europäischen Landwirtschaft. Dabei sind sowohl negative Effekte auf den Futterbau (z.B. geringere Futterproduktion in Dürrejahre) als auch direkte Effekte auf tierische Produktion (z.B. geringere Milch- und Fleischproduktion in Hitzeperioden) relevant. Zum Beispiel zeigt eine Studie von Finger et al. (2018), dass Hitzestress bei Milchviehbetrieben in Nordrhein-Westfalen im Mittel zu Erlöseinbußen durch reduzierte Milchleistung von ca. 10 000 Euro pro Betrieb und Jahr führt, die jedoch bis zu 25 000 Euro pro Betrieb und Jahr betragen können. Eine Studie von Perez-Mendez et al. (2019) fand für spanische Milchproduktion zwar keinen direkten Effekt von Hitzestress auf Milchkühe, zeigen aber, dass extremes Wetter die Milchproduktion indirekt negativ durch eine geringere Futterproduktion und dadurch entstehende Mehrkosten für den Futterzukauf beeinflusst.

MÖGLICHE AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS AUF DIE EUROPÄISCHE LANDWIRTSCHAFT

Klimawandel führt zu steigenden Temperaturen und in vielen Gebieten Europas zu geringeren Niederschlägen in kritischen Wachstumsperioden (Olesen et al. 2011; Moore und Lobell 2014; Webber et al. 2018). Diese Information über Änderungen in mittleren Klimabedingungen ist insbesondere für langfristige Investitionsentscheidungen, wie die Wahl von Wein- oder Obstorten oder die Investition in Stallbausysteme, zentral. Von größerer Relevanz ist jedoch, dass extreme Wetter- und Witterungsereignisse tendenziell zunehmen. So werden Dürreereignisse wahrscheinlicher, intensiver sowie räumlich und zeitlich ausgeprägter (z.B. Grilakis 2019; Trnka et al. 2014). In vielen Teilen Europas nehmen zudem Häufigkeit und Intensität von Starkniederschlägen zu (Rajczak und Schär 2017). Auch die Anzahl extremer Hitzetage im Sommer, aber auch die Zahl der für die Landwirtschaft kritischen Spätfröste (z.B. während der Obst- und Weinblüte) wird in vielen Gebieten zunehmen (z.B. Trnka et al. 2014; Vitasse et al. 2018). Durch den Klimawandel werden zudem Kombinationen von Extremereignissen (z.B. ein gemeinsames Auftreten von Dürren, Hitzewellen, aber auch Starkniederschlägen), sogenannte »compound risks« (z.B. Zscheischler et al. 2018; Ribeiro et al. 2020) wahrscheinlicher.

Ohne Anpassungsmaßnahmen würde der Klimawandel bei vielen Kulturen oft zu reduzierten und vo-

lateralen Erträgen führen. So zeigen Moore und Lobell (2014), dass europäische Getreideerträge im Jahr 2040 bis zu 30% geringer sein würden, als dies ohne Klimawandel der Fall wäre. Für andere Kulturen wie Mais, Zuckerrüben und Ölsaaten finden Moore und Lobell (2014) zwar ertragsreduzierende, aber weniger ausgeprägte Auswirkungen des Klimawandels. Torriani et al. (2007) zeigen, dass Klimawandel im Schweizer Ackerbau für Mais und Raps zu Ertragseinbußen um mehr als 10% führen könnte und auch die Variabilität der Erträge merklich erhöht. Jedoch sind Effekte des Klimawandels sehr regions- und kulturspezifisch (Olesen et al. 2011; Wheeler und von Braun 2013). Der Klimawandel kann dabei auch positive Ertragseffekte hervorrufen. In einer europaweiten Analyse zeigen zum Beispiel Webber et al. (2018), dass bei gleichbleibender Sortenwahl und Aussaatterminen die Erträge von Winterweizen im Mittel sogar leicht steigen könnten, insbesondere wenn der sogenannte CO₂-Düngungseffekt berücksichtigt wird. Weitere mögliche positive Aspekte des Klimawandels auf die Landwirtschaft umfassen, unter anderem, längere Vegetationsperioden in Berggebieten, die eine intensivere Nutzung von Dauergrünland ermöglichen. Auch die Möglichkeit, Kulturen anzubauen, die bisher, z.B. aufgrund fehlender Wärmesummen, klimatisch nicht geeignet waren (z.B. Soja), birgt Chancen für Landwirte. Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft sind stark davon abhängig, welche Agrarsysteme, Kulturen, Regionen und Zeitperioden betrachtet werden (z.B. Wheeler und von Braun 2013). So sind erwartete Ertragseinbußen in Südeuropa oft höher als in Nordeuropa (Hristov et al. 2020; Webber et al. 2018; Moore und Lobell 2014).

Der Klimawandel hat auch indirekte Effekte auf die Landwirtschaft. Zum Beispiel gehen wärmere Temperaturen oft mit steigenden Schaderregerdruck einher (Deutsch et al. 2018), was größere Ertragsausfälle und/oder Kosten für den Pflanzenschutz bedeutet. Zudem nimmt die Bodenerosion durch Klimawandel massiv zu (um bis zu 66%), was Produktionskapazitäten der Landwirtschaft stark und dauerhaft reduziert (Borelli et al. 2020).

Darüber hinaus gibt es weitere indirekte Effekte, zum Beispiel über Märkte für landwirtschaftliche Inputs und Outputs, aber auch Ressourcen wie Arbeitskräfte und Kapital (Wheeler und von Braun 2013; Hristov et al. 2020). Die europäische Land- und Ernährungswirtschaft ist auch durch Auswirkungen in anderen Teilen der Welt betroffen. Durch den Klimawandel hervorgerufene Ertragseinbußen in anderen Regionen können zu einer höheren Nachfrage nach einigen Agrarrohstoffen außerhalb Europas führen, was zu höheren Erzeugerpreisen führt (Hristov et al. 2020). Dies wiederum kann sich positiv auf die Einkommen europäischer Landwirte auswirken.

In der Summe gehen Übersichtsarbeiten klar von negativen Auswirkungen des Klimawandels auf die europäische Landwirtschaft in Gänze aus (Wheeler

und von Braun 2013; Olesen et al. 2011; Hristov et al. 2020). Dabei sind insbesondere Auswirkungen auf Quantität und Qualität pflanzlicher, aber auch tierischer Produktion und deren Volatilität relevant. Die zunehmende Relevanz und Intensität von klimatischen Extremereignissen führt zu häufigeren Ertragsausfällen (Trnka et al. 2014; Olesen et al. 2011; Moriondo et al. 2010, Webber et al. 2018; Torriani et al. 2007). Extrem trockene, heiße und nasse Situationen können dabei nicht durch andere Aspekte kompensiert werden. So zeigen Webber et al. (2018) zum Beispiel, dass in trockenen Jahren eine erhöhte CO₂-Konzentration keinen Nutzen im Sinne des CO₂-Düngungseffektes bringt.

Größere Schwankungen in Produktionsmengen bedeuten eine größere Risikoexposition für landwirtschaftliche Betriebe und reduzieren deren Anreize zu innovieren und investieren (Finger und El Benni 2021). Darüber hinaus stellen steigende Ertragsschwankungen große Herausforderungen für vor- und nachgelagerte Industrien dar und können zu enormen Preisausschlägen für Lebensmittel führen. Dies hat negative Auswirkung auf die Resilienz ganzer Agrar- und Ernährungssysteme (Meuwissen et al. 2019).

VIelfältige Möglichkeiten zur Anpassung an den Klimawandel

Die europäische Landwirtschaft kann auf viele Ressourcen zur Anpassung an den Klimawandel zurückgreifen. Dies ist aber oft kostspielig. Die Anpassung an bestimmte Aspekte des Klimawandels, wie im Mittel wärmere Wachstumsbedingungen, ist dabei gut möglich (z.B. durch angepasste Sortenwahl), die Anpassung an größere Unsicherheiten bezüglich verschiedener Extremereignisse (z.B. eine größere Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Dürre und Starkniederschlägen) ist jedoch nur schwer möglich.

Anpassung an den Klimawandel in der Landwirtschaft kann durch verschiedene Akteure gestaltet werden, z.B. Landwirte, die Industrie und den Staat. Zudem findet diese Anpassung in verschiedenen räumlichen (z.B. von Feld, Betrieb, Region, bis hin zur EU in Gänze) und zeitlichen Skalen statt. Oft überlappen sich dabei Akteure und Skalen. Smit und Skinner (2002) charakterisieren vier Kategorien von Anpassung an den Klimawandel in der Landwirtschaft: i) technische Entwicklungen (z.B. Züchtung robuster Sorten, neue Technologien, z.B. in der Präzisionslandwirtschaft), ii) Anpassung der Produktion auf dem landwirtschaftlichen Betrieb (z.B. Ausgestaltung der Fruchtfolge, so dass die Diversität erhöht wird; die Wahl robuster Sorten; ein angepasster Inputeinsatz, z.B. bzgl. Wasser und Pflanzenschutzmitteln), iii) angepasstes finanzielles Management des Betriebes (z.B. Diversifizierung der Einkommensquellen, Abschluss spezifischer Versicherungen), iv) staatliche Eingriffe (z.B. Investition in Bewässerungsinfrastruktur, gezielte Subventionierung von Anpassungsmaßnahmen).

Die Anpassungspotenziale in der Landwirtschaft sind groß (z.B. Smit und Skinner 2002). Zum Beispiel treiben Staat und Industrie Entwicklungen in Züchtung neuer Sorten und der Entwicklungen neuer Technologie voran, die es erlauben, mit dem Klimawandel, z.B. wärmeren und trockeneren Bedingungen, besser umzugehen.

Auf Seiten einzelner landwirtschaftlicher Betriebe bestehen vielfältige Möglichkeiten, sich anzupassen und so negative Auswirkungen abzufedern. Landwirte können Risiken vermeiden, in dem sie andere Kulturen oder Sorten wählen. Sie können zudem agronomische Maßnahmen treffen, wie die Anpassung von Saatzeitpunkten oder der Bodenbearbeitung, und so die Produktion resilienter gestalten (z.B. Klein et al. 2014; Lehmann et al. 2013). Für gewisse Kulturen wie Kartoffeln wird zudem die Bewässerung immer relevanter, insbesondere um mit steigenden Dürre Risiken umzugehen (Lehmann und Finger 2013). Viele Anpassungsmaßnahmen sind jedoch mit Kosten verbunden. Die Kosten entstehen direkt, z.B. für die Installation einer Bewässerungsanlage, oder indirekt als Opportunitätskosten, wenn zum Beispiel Einkommenszweige stärker diversifiziert und so keine Kostenvorteile durch Spezialisierung generiert werden können. Auf Ebene des gesamten Betriebs sind die Anpassungspotenziale dabei größer (und die Auswirkung des Klimawandels kleiner) als auf Ebene einzelner Kulturen. Eine breite Abstützung auf verschiedene Sorten, Kulturen und Einkommenszweige, auch außerhalb der Landwirtschaft federn für viele Betriebe die Effekte von Ertragsverlusten oder Mehrkosten ab.

Neben dem Umgang mit steigenden Risiken auf dem Betrieb selbst werden auch Versicherungen, also die Weitergabe der Risiken an eine dritte Partei, eine immer größere Rolle spielen (Finger und El Benni 2021). Versicherungen können Landwirtinnen und Landwirten dort eine Absicherung bieten, wo andere Strategien teuer oder sogar unmöglich sind. Zudem können Versicherungslösungen dazu beitragen, dass Landwirte trotz großer Unsicherheiten Investitionen und Innovation tätigen (Finger und El Benni 2021). Die Zunahme von Extremereignissen der letzten Jahre und die dadurch ausgelöste Diskussion in der Landwirtschaft und Politik hat dazu geführt, dass die Palette an Versicherungslösungen in Europa stetig weiter ausgebaut wurde (z.B. Vroege et al. 2019; 2021a; 2021b). Jedoch bestehen noch große Versicherungslücken: Insbesondere systemische Risiken, wie Dürren oder Hitzewellen, aber auch bestimmte Kulturen und Aktivitäten (z.B. Grünland) sind für europäische Landwirte oft nur begrenzt versicherbar (Vroege et al. 2019; Bucheli et al. 2021; 2022). Neue Technologien und Lösungen ermöglichen es zunehmend, immer breitere und flexiblere Versicherungslösungen günstig anzubieten. So sind zum Beispiel Wetterindexversicherungen (in denen die Auszahlung auf einem objektivem Wetterindex wie Niederschlag beruht) (z.B. Bucheli et al. 2021; 2022) oder auch satellitenbasierten Versiche-

rungslösungen zur direkten Erfassung von Schäden oder zur Erfassung von Indizes für Wetterindexversicherungen, wie Bodenfeuchte (z.B. Vroege et al. 2021a; 2021b) immer stärker im Markt vertreten. Dies eröffnet neue Absicherungspotenziale für Landwirte, auch um mit durch den Klimawandel steigenden Risiken umzugehen.

SPANNUNGSFELDER UND ROLLE DER POLITIK

Zusammenfassend hat der Klimawandel negative Auswirkungen auf breite Teile der europäischen Landwirtschaft, und dies betrifft viele für die Politik relevante Dimension wie die Produktion von Nahrungsmitteln und die wirtschaftliche Tragfähigkeit landwirtschaftlicher Betriebe sowie vor- und nachgelagerter Industrien. Diese Auswirkungen können jedoch durch die Kombination diverser Anpassungsmöglichkeiten abgedeckt werden. Zusätzliche Instrumente des Risikomanagements (z.B. Versicherungen), aber auch innovative Produktionsformen (z.B. angepasste Kulturen und Anbausysteme), Züchtungsfortschritt, neue technologische Möglichkeiten usw. können eine große Rolle spielen, dass sich der Sektor erfolgreich an den Klimawandel anpassen wird. Anpassung ist jedoch kostspielig.

Anpassung an den Klimawandel kann auch Zielkonflikte verstärken oder neue Spannungsfelder kreieren. Hier vier beispielhafte Aspekte. 1) So kann der Ausbau von Bewässerungskapazitäten dazu führen, dass Wasserressourcen übernutzt und dabei Umweltschäden verursacht werden (Lehmann und Finger 2013). 2) Der Einsatz konservierender Bodenbearbeitung (z.B. no till) kann die Resilienz gegenüber Dürreschocks erhöhen, geht aber oft mit einem größeren Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (Herbiziden) einher, dessen Reduktion ein klares Politikziel ist (Möhring et al. 2020). 3) Das Züchten neuer, klimaresilienter Sorten kann durch den Einsatz neuer Züchtungstechnologien, sogenannte »new plant breeding technologies« (wie CRISPR/Cas) schneller und effizienter werden. Der Einsatz dieser Technologien ist jedoch gesellschaftlich umstritten (Qaim 2020). 4) Zudem muss nicht jede Anpassung, die für die Betriebe sinnvoll ist, auch einen Beitrag zu größeren agrarpolitischen Zielen leisten. Zum Beispiel kann eine drastische Extensivierung für manche Betriebe ein gangbarer Weg zur Anpassung sein, was jedoch die Nahrungsmittelproduktion des Sektors in Gänze reduziert.

Maßnahmen im Kontext der Anpassung des Sektors Landwirtschaft an den Klimawandel müssen an diesen Spannungsfeldern ausgerichtet werden. Hier kommt der Politik eine zentrale Rolle zu. Zum Beispiel in der Regulierung neuer Technologien und dem Fördern einer ökonomisch, aber auch ökologisch und sozial nachhaltigen Landwirtschaft. Ein weiterer Kernaspekt muss die Vermeidung von Treibhausgasemissionen in der Landwirtschaft sein. Die Landwirtschaft ist eine zentrale Verursacherin des Klimawandels (Lipper

et al. 2014). Alle Anstrengungen zur Anpassung sollten daher immer an Anstrengungen im Bereich der Vermeidung von Treibhausgasemissionen verknüpft werden. Zudem bleibt die offene Frage, wer bezahlt die Anpassung an den Klimawandel? Der Ruf nach staatlicher Unterstützung ist oft laut, zum Beispiel für die Subventionierung von Versicherungslösungen (Santeramo und Ford Ramsey 2017). Staatliche Intervention sollte privatwirtschaftliche Initiativen z.B. aus der Industrie und von landwirtschaftlichen Betrieben, nicht ausbremsen oder vollumfänglich ersetzen. Eingriffe des Staates sind nur dort zweckmäßig, wo gesellschaftliche Ziele sonst nicht erreicht werden können.

Eine durch den Staat gelenkte Anpassung an den Klimawandel sollte so ausgestaltet werden, dass neben der Anpassung an den Klimawandel auch andere gesellschaftliche und politische Ziele erreicht werden. So gibt die »Farm-to-Fork-Strategie« klare Ziele vor: z.B. minus 50% des Pflanzenschutzmitteleinsatz, minus 50% der Treibhausgasemissionen, minus 20% des Düngereinsatzes und eine Erhöhung des Anteils des Biolandbaus in Europa auf 25%, alles bis 2030 (Schebesta und Candel 2020). Staatliche Eingriffe zur Förderung der Anpassung an den Klimawandel sollten daher immer auch zwingend diesen Zielen Rechnung tragen. Eine gezielte Ausgestaltung von Politikmaßnahmen ermöglicht so eine ganzheitliche und kohärente Transformation hin zu einer Landwirtschaft der Zukunft, die produzierend, dem Klimawandel angepasst, resilient und nachhaltig ist.

REFERENZEN

- Borrelli, P., D. A. Robinson, P. Panagos, E. Lugato, J. E. Yang, C. Alewell, D. Wuepper, L. Montanarella und C. Ballabio (2020), »Land Use and Climate Change Impacts on Global Soil Erosion by Water (2015–2070)«, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 117(36), 21994–22001.
- Bucheli, J., T. Dalhaus und R. Finger (2021), »The Optimal Drought Index for Designing Weather Index Insurance«, *European Review of Agricultural Economics* 48(3), 573–597.
- Bucheli, J., T. Dalhaus und R. Finger (2022), »Temperature Effects on Crop Yields in Heat Index Insurance«, *Food Policy* 107, 102214.
- Deutsch, C. A., J. J. Tewksbury, M. Tigchelaar, D. S. Battisti, S. C. Merrill, R. B. Huey und R. L. Naylor (2018), »Increase in Crop Losses to Insect Pests in a Warming Climate«, *Science* 361(6405), 916–919.
- Finger, R., T. Dalhaus, J. Allendorf und S. Hirsch (2018), »Determinants of Downside Risk Exposure of Dairy Farms«, *European Review of Agricultural Economics* 45(4), 641–674.
- Finger, R. und N. El Benni (2021), »Farm Income in European Agriculture: New Perspectives on Measurement and Implications for Policy Evaluation«, *European Review of Agricultural Economics* 48(2) 253–265.
- Grillakis, M. G. (2019), »Increase in Severe and Extreme Soil Moisture Droughts for Europe under Climate Change«, *Science of The Total Environment* 660, 1245–1255.
- Hristov, J., A. Toreti, I. Pérez Domínguez, F. Dentener, T. Fellmann, C. Elleby, ... und M. Bratu (2020), *Analysis of Climate Change Impacts on EU Agriculture by 2050*, Publications Office of the European Union, Luxemburg.
- Klein, T., A. Holzkämper, P. Calanca und J. Fuhrer (2014), »Adaptation Options under Climate Change for Multifunctional Agriculture: A Simulation Study for Western Switzerland«, *Regional Environmental Change* 14(1), 167–184.
- Lehmann, N. und R. Finger (2013), »Evaluating Water Policy Options in Agriculture: A Whole-Farm Study for the Broye River Basin (Switzerland)«, *Irrigation and Drainage* 62(4), 396–406.

- Lehmann, N., R. Finger, T. Klein, P. Calanca und A. Walter (2013), »Adapting Crop Management Practices to Climate Change: Modeling Optimal Solutions at the Field Scale«, *Agricultural Systems* 117, 55–65.
- Lipper, L., P. Thornton, B. M. Campbell, T. Baedeker, A. Braimoh, M. Bwalya, ... und E. F. Torquebiau (2014), »Climate-Smart Agriculture for Food Security«, *Nature Climate Change* 4(12), 1068–1072.
- Meuwissen, M.P.M., P. H. Feindt, A. I. Spiegel, C. J. A. M. Termeer, E. Mathijs, Y. de Mey, R. Finger, A. Balman, E. Wauters, J. Urquhart, M. Viagini, K. Zawalińska, H. Herrera, P. Nicholas-Davies, H. Hansson, W. Paas, T. Slijper, I. Coopmans, W. Vroege, A. Ciechomska, F. Accatino, B. Kopainsky, P. M. Poortvliet, J. J. L. Candel, D. Maye, S. Severini, S. Senni, B. Soriano, C. J. Lagerkvist, M. Peneva, C. Gavrilescu und P. Reidsma (2019), »A Framework to Assess the Resilience of Farming Systems«, *Agricultural Systems* 176, 102656.
- Möhring, N., K. Ingold, P. Kudsk, F. Martin-Laurent, U. Niggli, M. Siegrist, B. Studer, A. Walter und R. Finger (2020), »Pathways for Advancing Pesticide Policies«, *Nature Food* 1, 535–540.
- Moore, F. C. und D. B. Lobell (2014), »Adaptation Potential of European Agriculture in Response to Climate Change«, *Nature Climate Change* 4(7), 610–614.
- Moriondo, M., M. Bindi, Z. W. Kundzewicz, M. Szwed, A. Chorynski, P. Matczak, ... und A. Wreford (2010), »Impact and Adaptation Opportunities for European Agriculture in Response to Climatic Change and Variability«, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 15(7), 657–679.
- Olesen, J. E., M. Trnka, K. C. Kersebaum, A. O. Skjelvåg, B. Seguin, P. Peltonen-Sainio, ... und F. Micale (2011), »Impacts and Adaptation of European Crop Production Systems to Climate Change«, *European Journal of Agronomy* 34(2), 96–112.
- Perez-Mendez, J.A., D. Roibas und A. Wall (2019), »The Influence of Weather Conditions on Dairy Production«, *Agricultural Economics* 50(2), 165–175.
- Qaim, M. (2020), »Role of New Plant Breeding Technologies for Food Security and Sustainable Agricultural Development«, *Applied Economic Perspectives and Policy* 42(2), 129–150.
- Rajczak, J. und C. Schär (2017), »Projections of Future Precipitation Extremes over Europe: A Multimodel Assessment of Climate Simulations«, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 122(20), 10 773–10 800.
- Ribeiro, A. F. S., A. Russo, C. Marina Gouveia, P. Páscoa und J. Zscheischler (2020), »Risk of Crop Failure Due to Compound Dry and Hot Extremes Estimated with Nested Copulas«, *Biogeosciences* 17(19), 4 815–4 830.
- Santeramo, F. G. und A. Ford Ramsey (2017), »Crop Insurance in the EU: Lessons and Caution from the US«, *EuroChoices* 16(3), 34–39.
- Schebesta, H. und J. J. Candel (2020), »Game-Changing Potential of the EU's Farm to Fork Strategy«, *Nature Food* 1(10), 586–588.
- Smit, B. und M. W. Skinner (2002), »Adaptation Options in Agriculture to Climate Change: A Typology«, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 7(1), 85–114.
- Torriani, D. S., P. Calanca, S. Schmid, M. Beniston und J. Fuhrer (2007), »Potential Effects of Changes in Mean Climate and Climate Variability on the Yield of Winter and Spring Crops in Switzerland«, *Climate Research* 34(1), 59–69.
- Trnka, M., R. P. Rötter, M. Ruiz-Ramos, K. C. Kersebaum, J. E. Olesen, Z. Žalud und M. A. Semenov (2014), »Adverse Weather Conditions for European Wheat Production Will Become More Frequent with Climate Change«, *Nature Climate Change* 4(7), 637.
- Vitasse, Y., L. Schneider, C. Rixen, D. Christen und M. Rebetez (2018), »Increase in the Risk of Exposure of Forest and Fruit Trees to Spring Frosts at Higher Elevations in Switzerland over the Last Four Decades«, *Agricultural and Forest Meteorology* 248, 60–69.
- Vroege, W., J. Bucheli, T. Dalhaus, M. Hirschi und R. Finger (2021a), »Insuring Crops from Space: The Potential of Satellite Retrieved Soil Moisture to Reduce Farmers' Drought Risk Exposure«, *European Review of Agricultural Economics* 48(2), 266–314.
- Vroege, W., T. Dalhaus und R. Finger (2019), »Index Insurances for Grasslands – A Review for Europe and North-America«, *Agricultural Systems* 168, 101–111.
- Vroege, W., A. Vrieling und R. Finger (2021b), »Satellite Support to Insure Farmers Against Extreme Droughts«, *Nature Food* 2, 215–217.
- Webber, H., G. Lischeid, M. Sommer, R. Finger, C. Nendel, T. Gaiser und F. Ewert (2020), »No Perfect Storm for Crop Yield Failure in Germany«, *Environmental Research Letters*, verfügbar unter: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aba2a4>.
- Webber, H., F. Ewert, J. E. Olesen, C. Müller, S. Fronzek, A. C. Ruane, M. Bourgault, P. Marte, B. Ababaei, M. Bindi, R. Ferrise, R. Finger, N. Fodor, C. Gabaldón-Leal, T. Gaiser, M. Jabloun, K. C. Kersebaum, J. I. Lizaso, I. J. Lorite, I.J., L. Manceau, M. Moriondo, C. Nendel, A. Rodriguez, M. Ruiz-Ramos, M. A. Semenov, S. Siebert, T. Stella, P. Stratonovitch, G. Trombi und D. Wallach (2018), »Diverging Importance of Drought Stress for Maize and Winter Wheat in Europe«, *Nature Communications* 9(1), 4249.
- Wheeler, T. und J. Von Braun (2013), »Climate Change Impacts on Global Food Security«, *Science* 341(6145), 508–513.
- Zscheischler, J., S. Westra, B. J. Van Den Hurk, S. I. Seneviratne, P. J. Ward, A. Pitman, A. Aghakouchak, D. N. Bresch, M. Leonard, T. Wahl und X. Zhang (2018), Future Climate Risk from Compound Events«, *Nature Climate Change* 8, 469–477.

Reimund P. Rötter und Mareike Köster

Klimawandel und Ernährungssicherheit: Inwieweit könnte eine angepasste Landwirtschaft in der Europäischen Union zur globalen Ernährungssicherheit beitragen?

Ernährungssicherheit, das heißt, die Verfügbarkeit und der Zugang zu genügend gesunden Lebensmitteln, ist zentral für das Wohlergehen von Individuen und Nationen und entscheidend für deren politische Stabilität. Hatte die miteinander verwobene Finanz- und Ernährungskrise 2008 bereits zu höherer Ernährungsunsicherheit geführt, so haben Coronakrise und der Krieg in der Ukraine die Lebensmittelpreise und Anzahl der vom Hunger Betroffenen wieder deutlich erhöht – vor allem in den ärmeren, von Getreideimporten abhängigen Ländern. Auch ohne derartige Preisspitzen ist eine erhebliche Steigerung der Nahrungsmittelproduktion in den kommenden Jahrzehnten dringend

erforderlich. Neben einem weiterhin schnellen Bevölkerungswachstum (> 9 Milliarden im Jahr 2050) wird diese Herausforderung durch ein künftig raueres Klima, Verknappung von Süßwasserressourcen und fruchtbarem Land verschärft.

Dies wirft viele Fragen auf: Welche Anpassungsmaßnahmen sind in der Landwirtschaft erforderlich, um weltweit Ernährungssicherheit herzustellen und gleichzeitig die natürlichen Ressourcen zu schonen und aktiven Klimaschutz voranzubringen? Einerseits hat der Klimawandel die Nahrungsmittelproduktion in vielen Regionen bereits negativ beeinträchtigt; andererseits trägt die Landwirtschaft maßgeblich zur

Emission von Treibhausgasen bei, birgt damit aber auch viele Möglichkeiten, zur Klimaneutralität beizutragen. Aus europäischer Sicht stellt sich die Frage, ob die Landwirtschaft in der EU vorangehen und durch Anpassung und Transformation einen substanziellen und zugleich klimafreundlichen Beitrag zur globalen Ernährungssicherheit leisten kann? Welche Anpassungsmaßnahmen wären vielsprechend, und welche Investitionen sind erforderlich?

DIE GLOBALE ERNÄHRUNGSSICHERHEIT NIMMT AB

Global waren im Jahr 2021 mehr als 800 Millionen Menschen (9,8% der Weltbevölkerung) von Hunger bedroht – ein Zuwachs von 46 Millionen Menschen im Vergleich zu 2020 (FAO 2022), wobei die Auswirkungen der anhaltenden Covid-19-Pandemie eine maßgebliche Rolle spielen (z.B. Savary et al. 2020). Auch angesichts der stark gestiegenen Lebensmittelpreise als Folge des russischen Angriffskriegs steigt die Zahl der von Hunger Betroffenen insbesondere in ärmeren Ländern, die von Getreideimporten abhängig sind (Von Cramon-Taubadel 2022). Die zunehmende Ernährungsunsicherheit ist jedoch nicht nur auf politische Krisen, sondern auch maßgeblich auf den zunehmend fortschreitenden Klimawandel zurückzuführen (IPCC 2022). Dieser bringt häufigere Extremwetterereignisse wie Dürren, Hitzewellen oder Überflutungen mit sich – die besonders die wichtigsten Kornkammern der Erde treffen (Trnka et al. 2019; Jägermeyr et al. 2021).

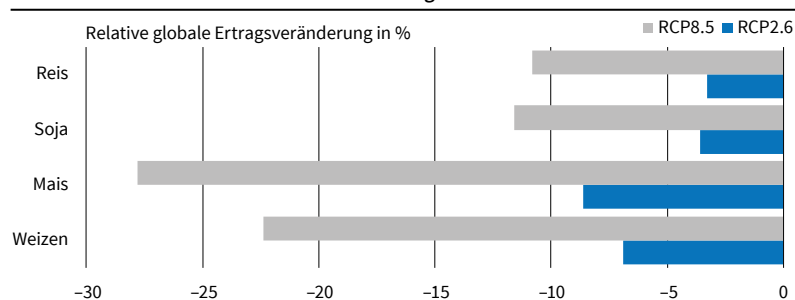
Zusätzlich wird Ernährungssicherheit durch begrenzte natürliche Ressourcen, niedrige Produktivitätssteigerungen der Kleinbauern (speziell in Afrika) (Van Ittersum et al. 2016) sowie stagnierende Erträge in hochproduktiven Agrarregionen bedroht (Senapati et al. 2022).

KLIMAWANDEL BRINGT ZUNEHMENDE EXTREMEREIGNISSE UND ERTRAGSVARIABILITÄT MIT SICH

Einen ersten Weckruf hinsichtlich der mit dem Klimawandel verbundenen erhöhten Klimavariabilität und Zunahme von extremen Wetterereignissen gab es bereits zu Beginn des 21. Jahrhunderts (Coumou und Rahmsdorf 2012). Der Zusammenhang zwischen globaler Erwärmung und häufigeren Extremwetterereignissen hat sich mittlerweile erhärtet (Rousi et al. 2022), und damit einhergehende potenzielle negative Auswirkungen auf Getreideerträge sind weithin bekannt (Challinor et al. 2014; Jägermeyr et al. 2021). Häufigere Dürren sowie multiple Extremereignisse in wichtigen Kornkammern werden in den nächsten Jahrzehnten sehr wahrscheinlich die Risiken für Pflanzenproduktion und Ertragsstabilität zusätzlich erhöhen (Trnka et al. 2019; Langstroff et al. 2022).

Abb. 1

Multimethoden-Schätzungen der voraussichtlichen globalen Ernteertragsänderungen als Reaktion auf Temperaturanstieg bis zum Ende des 21. Jahrhunderts gemäß den Emissionsszenarien RCP8.5 und RCP2.6 im Vergleich zur Periode 1981–2010



Die grauen Balken stellen Ertragsveränderungen bei »worst case« (RCP8.5) und die blauen Balken bei »best case« (RCP2.6) Klimaprognosen dar. RCP = Representative concentration pathway.

Quelle: Zhao et al. (2017, Fig 2. S. 2).

© ifo Institut

Gegenüber früheren Projektionen des Weltklimarats (IPCC) haben sich Erderwärmung, Klimawandel und die potenziellen Folgen für die Landwirtschaft beschleunigt (Jägermeyr et al. 2021; IPCC 2022). Klimatisch wird die landwirtschaftliche Produktivität bereits über zahlreiche Mechanismen beeinflusst, die vor allem durch wärmere Mittel- und Extremtemperaturen, veränderte Niederschlagsmuster, erhöhte Variabilität, ausgeprägtere Dürreperioden sowie erhöhte atmosphärische CO₂-Konzentrationen gesteuert werden (Jägermeyr et al. 2021). Diese Mechanismen haben, insbesondere in ärmeren Ländern, bereits zu einer geringeren Verfügbarkeit von Nahrungsmitteln und damit einhergehenden erhöhten Lebensmittelpreisen beigetragen (IPCC 2022).

Im Mittel kann ein Drittel bis maximal fast die Hälfte der Varianz der globalen Ertragsanomalien durch klimatische Einflüsse innerhalb der Vegetationsperiode erklärt werden, wobei Klimaextreme im Mittel etwa 75% zu dieser Erklärung beitragen (Vogel et al. 2019). Allerdings wird die negative Wirkung von erhöhter Klimavariabilität und Extremwetter mit erheblichen Ertragsverlusten (wie 2016 in Frankreich aufgrund komplementärer Extremwetterereignisse oder 2010 in Russland aufgrund einer Rekordhitzewelle) bisher in globalen Studien zu Auswirkungen des Klimawandels auf die globale Nahrungsmittelproduktion (wie die von Jägermeyr et al. 2021) noch nicht genügend berücksichtigt. In Abbildung 1 sind die potenziellen relativen Ertragsveränderungen



Prof. Dr. Reimund P. Rötter

ist Inhaber des Lehrstuhls »Tropischer Pflanzenbau und Agrosystem Modellierung (TROPAGS)« an der Georg-August-Universität Göttingen.



Mareike Köster

ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl »Tropischer Pflanzenbau und Agrosystem Modellierung (TROPAGS)« an der Georg-August-Universität Göttingen.

infolge des projizierten Temperaturanstiegs bis zum Ende des 21. Jahrhunderts dargestellt; dabei sind weder der atmosphärische CO₂-Anstieg, Änderungen in Niederschlagsmustern noch Anpassungsmaßnahmen jeglicher Art berücksichtigt. Aufgrund von Unterschieden in den verwendeten Klimaszenarien und Modellen für die Klimafolgenabschätzung und methodischen Unzulänglichkeiten, bestehen erhebliche Unsicherheiten bei Vorhersagen von Effekten des Klimawandels auf die landwirtschaftliche Produktion (Challinor et al. 2014; Rötter et al. 2018; IPCC 2022). Besonders gravierend für die globale Ernährungssicherheit ist, wenn Extremwetterereignisse gleichzeitig in mehreren wichtigen Kornkammern auftreten. Da diese Tendenz steigt (Kornhuber et al. 2020), ist entschlossenes politisches Handeln gefragt, um Schutzmechanismen effektiv zu etablieren.

DIE BEREITS STATTFINDENDEN (AUTONOMEN) ANPASSUNGEN AN EIN SICH VERÄNDERNDES KLIMA REICHEN NICHT AUS

Damit die landwirtschaftliche Produktion auch in Zukunft unter veränderten Klima- und Wetterbedingungen den Nahrungsmittelbedarf einer wachsenden Weltbevölkerung decken kann, muss sich die Landwirtschaft dringend anpassen und transformieren. Dazu werden die bereits stattfindenden autonomen Anpassungen, wie z.B. frühere Aussaattermine oder Wahl existierender früher reifender Pflanzenvarietäten, nicht ausreichen. Die Anpassung an Extremwetterereignisse spielt hier eine besondere Rolle, da diese oftmals die etablierten Anpassungspotenziale übersteigen.

Studien konnten zeigen, dass ein Bündel von herkömmlichen Anpassungsmaßnahmen, wie Zusatzbewässerung, Änderung der Düngungspraktiken, optimale Aussaatzeitpunkte sowie den Umweltbedingungen angepasste, stresstolerante Sorten, ein großes Potenzial zur Risikominimierung bei mittleren Klimaänderungen haben können (Challinor et al. 2014; Ruiz-Ramos et al. 2018; Aggarwal et al. 2019). Während für Weizen in tropischen Anbauregionen auch bei Anwendung von Anpassungsmaßnahmen ab einer lokalen Erwärmung > 2°C Ertragsverluste projiziert werden, bieten diese in gemäßigten Breiten auch bei stärkerer Erwärmung noch Schutz vor Ertragsverlusten (Challinor et al. 2014).

Der mediterrane Raum gilt, neben dem südlichen Afrika, Westafrika, Amazonien und Australien, aufgrund der projizierten drastisch zunehmenden Sommertemperaturen und der Abnahme von Sommerniederschlägen als ein Hotspot von negativen Klimafolgen. In einer Studie zu Anpassungsmöglichkeiten für Winter- und Sommerweizen in Spanien fanden Ruiz-Ramos et al. (2018), dass Sorten mit kürzerer Wachstumsperiode, frühere Aussaattermine oder Zusatzbewässerung individuell, auch bei erhöhtem atmosphärischen CO₂-Gehalt (447 ppm) keinen ausreichenden Schutz vor Ertragsverlusten liefern könnten –

sondern nur in Kombination eine effektive Anpassung erzielen könnten. Dabei spielt die Zusatzbewässerung eine entscheidende Rolle.

Die zukünftig zu erwartenden Klimabedingungen in den wichtigsten Kornkammern (Trnka et al. 2019; IPCC 2022) erfordern zunehmend systemische Anpassungsmaßnahmen (Aggarwal et al. 2019) bis hin zu einer Transformation der landwirtschaftlichen Produktionssysteme die als Teil von multifunktionalen, klimaresilienten Agrarlandschaften zu einem verbesserten Angebot an multiplen Ökosystemleistungen (Primärproduktion, Wasser- und Nährstoffregulierung etc.) unter heutigen und zukünftigen Klimabedingungen beitragen können (Savary et al. 2020). Solche Agrarsysteme sollten sich durch eine effizientere Ressourcennutzung (Bennetzen et al. 2016) und/oder durch diversifizierte Anbausysteme auszeichnen, die sich positiv auf Klima, Biodiversität, Umwelt, Tierwohl und menschliche Gesundheit auswirken – und der Heterogenität lokaler Standortbedingungen Rechnung tragen. Dem muss sich auch das Konsumverhalten anpassen.

DER AKTUELLE UND POTENZIELLE ZUKÜNFTIGE BEITRAG DER EUROPÄISCHEN UNION ZUR ERNÄHRUNGSSICHERUNG

Soussana et al. (2012) haben eine »europäische Antwort« auf die Frage skizziert, welche Forschungsanstrengungen erforderlich sind, um den steigenden globalen Nahrungsmittelbedarf durch nachhaltige Produktionssteigerungen zu decken. Als Beispiel wird die Etablierung der »Joint Programming Initiative on Agriculture, Food Security and Climate Change« (FACCE – JPI) aufgeführt, bei der 21 Mitgliedsländer teilnehmen. Unter einer gemeinsamen Forschungsstrategie werden nationale Forschungsmittel gebündelt, um die grenzüberschreitenden Herausforderungen zu diesem Themenkomplex anzugehen. Das übergeordnete Ziel des »FACCE-JPI Science Plans« ist, Pfade für innovative, klimasmarte Ernährungssysteme in der EU für den Zeithorizont 2030 bis 2050 zu entwickeln (Soussana et al. 2012). Folglich könnte die EU Beispiele wissenschaftsbasierter Transformationspfade für eine klimaneutrale Landwirtschaft liefern, die durch globale Strahlkraft auch zu einer nachhaltigen Ernährungssicherung führen könnte.

Bezüglich des Beitrages der Europäischen Union zur globalen Ernährungssicherheit spielt Weizenanbau eine besondere Rolle: Weizen (*Triticum aestivum* L.) ist eines der wichtigsten Grundnahrungsmittel und beinhaltet etwa 20% der gesamten Kalorien und Proteine in der Nahrung (Senapati et al. 2022), wobei die EU von 2010 bis 2020 rund 33% des weltweiten Weizens produzierte (FAOSTAT 2022). Darüber hinaus beansprucht die EU nur 3% der globalen Anbaufläche, trägt 8% zur globalen Nutzpflanzenproduktion bei und stellt nur 1% der globalen Emissionen dar (Bennetzen et al. 2016). Auch wenn die Klimabedingungen in Europa rauer werden, so existieren im globalen Vergleich genügend

Gunstklimata, die einen überproportionalen, wenn auch bescheidenen, Beitrag zur globalen Ernährungssicherheit mit nachhaltigen Anbaumethoden ermöglichen.

In den letzten Jahren richtete sich in der EU erhebliche Forschungsanstrengungen auf die Züchtung klimaresilienter (v.a. Hitze- und Trockenstress toleranter) Sorten – insbesondere für Weizen und Gerste – sowie auf Maßnahmenentwicklung zur Erhöhung der Agrobiodiversität und Reduzierung von Treibhausgasen (siehe FACCEJPI 2022).

Um optimale Genotypen zu identifizieren, die längere und intensivere klimabedingte Stressperioden tolerieren können, ist eine komplementäre Nutzung von Gendatenbanken und modernen Züchtungsmethoden, gestützt durch Ertragsmodellierung unter Antizipation (Klimamodellierung) zukünftiger Klimabedingungen, sowie kontrollierte und sensorgestützte Experimente unter Feldbedingungen erforderlich (Rötter et al. 2015; Langstroff et al. 2022). Solche neuen Sorten können jedoch nur in Kombination mit optimalen Anbau- und Bewirtschaftungsmethoden ihre gewünschte Anpassung und Klimaresilienz entfalten.

Kürzlich untersuchte ein internationales Forschungsteam, inwieweit die Passgenauigkeit von Weizensorten hinsichtlich der Standortbedingungen optimiert werden kann (Senapati et al. 2022). Zu diesem Zweck bestimmten die Forscher*innen die »genetische Ertragslücke« bei Weizen, wobei herausgefunden wurde, dass durch die Schließung dieser Lücke die globale Weizenproduktion theoretisch verdoppelt werden könnte (Senapati et al. 2022). Dies könnte einen maßgeblichen Beitrag zur globalen Ernährungssicherung leisten. Potenzielle Erfolge solcher Sortenverbesserung sind jedoch an die standortgebundene Optimierung der übrigen Produktionsfaktoren gekoppelt, was in Industrienationen der gemäßigten Breiten, wie in der EU, möglich ist – nicht aber unter den kleinbäuerlichen Produktionsrealitäten in z.B. Afrika, in denen die notwendigen Ressourcen nicht zur Verfügung stehen.

Nicht nur bezüglich Anpassungsbemühungen, sondern auch bei der Reduzierung von Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft spielt die EU eine Vorreiterrolle. Hohe Emissionen pro Fläche werden hier durch hochproduktive Systeme kompensiert, so dass die Emissionen pro produzierter Einheit sehr niedrig sind und somit eine Entkopplung von steigenden Emissionen mit steigender Produktion darstellt (Bennetzen et al. 2016). Nichtsdestotrotz bleiben die Emissionen vor allem im Energiesektor der Landwirtschaft hoch, wobei ein Umstieg auf erneuerbare Energie eine mögliche Lösung wäre, um klimaneutrale Anbausysteme zu ermöglichen.

KLIMARISIKEN UND ERNÄHRUNGSSICHERUNG – WIE ANPASSUNGSFÄHIG IST DIE LANDWIRTSCHAFT?

Ärmere Länder, insbesondere in Afrika und Asien, werden Klimaprognosen zufolge am stärksten unter den

Auswirkungen des Klimawandels leiden und haben nur begrenzte finanzielle und institutionelle Ressourcen, um ihre Landwirtschaft anzupassen (IPCC 2022). Hierbei gilt Diversifizierung als ein maßgeblicher Baustein, um klimabedingte Risiken zu minimieren. Risiken werden dabei nicht nur durch diversifizierte Agrarökosysteme begrenzt, sondern auch gefächerte und damit gesicherte Lebensunterhalte der Landwirt*innen tragen zur Steigerung der Ernährungssicherheit bei.

In unserem Beitrag haben wir versucht, die Notwendigkeit von und Möglichkeiten zur Anpassung zu verdeutlichen. Dazu sind allerdings massive Investitionen in Forschung, Technologie, Infrastruktur, Ausbildung, Beratungsdienste etc. weltweit nötig. Zunächst muss es darum gehen, den Lebensunterhalt von Millionen von Kleinbauern in ärmeren Ländern (Van Ittersum et al. 2016) – auch unter den Bedingungen des Klimawandels – zu sichern, so dass Abhängigkeiten von Preisschwankungen, Nahrungsmittelimporten und Hungerhilfen deutlich reduziert werden.

Letztendlich gibt es jedoch eine Grenze dafür, wie weit sich die Landwirtschaft an das sich verändernde Klima anpassen kann. Erstens benötigt es einen starken politischen Willen, mögliche Anpassungsmaßnahmen weitflächig zu implementieren. Zweitens führt uns der Ukraine-Krieg vor Augen, dass aktive Friedenspolitik sehr wichtig ist, um die Grundlagen für erfolgreiche Investitionen in Ernährungssicherung zu schaffen. Drittens muss aktiver Klimaschutz vorangetrieben werden, um langfristige Ernährungssicherheit zu gewährleisten. Dabei stehen die historischen und aktuellen Hauptverursacher des anthropogenen Klimawandels in der Pflicht.

REFERENZEN

- Aggarwal, P., S. Vyas, P. Thornton und B. M. Campbell (2019), »How Much Does Climate Change Add to the Challenge of Feeding the Planet this Century?«, *Environmental Research Letters* 14(4), 043001.
- Anderson, R., P. E. Bayer und D. Edwards (2020), »Climate Change and the Need for Agricultural Adaptation«, *Current Opinion in Plant Biology* 56, 197–202.
- Bennetzen, E., P. Smith und J. R. Porter (2016), »Decoupling of Greenhouse Gas Emissions from Global Agricultural Production: 1970–2050«, *Global Change Biology* 22, 763–781.
- Challinor, A. J., J. Watson, D. B. Lobell, S. M. Howden, D. R. Smith und N. Chhetri (2014), »A Meta-Analysis of Crop Yield under Climate Change and Adaptation«, *Nature Climate Change* 4(4), 287–291.
- Coumou, D. und S. Rahmsdorf (2012), »A Decade of Weather Extremes«, *Nature Climate Change* 2, 491–496.
- FACCEJPI (2022), »Actions«, verfügbar unter: <https://www.facejpi.net/en/FACCEJPI/Actions.htm>.
- FAO.STAT. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO, verfügbar unter: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>, aufgerufen am 15. Juli 2022.
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP und WHO (2022), *The State of Food Security and Nutrition in the World 2022. Repurposing Food and Agricultural Policies to Make Healthy Diets more Affordable*, FAO, Rom.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2022), »Summary for Policymakers«, in: H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor et al. (Hrsg.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Jägermeyr, J., C. Müller, A. C. Ruane, J. Elliott, J. Balkovic, O. Castillo, ... und C. Rosenzweig (2021), »Climate Impacts on Global Agriculture Emerge Earlier in New Generation of Climate and Crop Models«, *Nature Food* 2(11), 873–885.

Kornhuber, K., D. Coumou, E. Vogel, C. Lesk, J. F. Donges, J. Lehmann und R. Horton (2020), »Amplified Rossby Waves Enhance Risk of Concurrent Heatwaves in Major Breadbasket Regions«, *Nature Climate Change* 10, 48–53.

Langstroff, A., M. C. Heuermann, A. Stahl und A. Junker (2021), »Opportunities and Limits of Controlled-Environment Plant Phenotyping for Climate Response Traits«, *Theoretical and Applied Genetics*, 1–16.

Ray, D., P. West, M. Clark et al. (2019), »Climate Change Has Likely Already Affected Global Food Production«, *PlosOne* 14(5), e0217148.

Rötter, R. P., M. P. Hoffmann, M. Koch und C. Müller (2018), »Progress in Modelling Agricultural Impacts of and Adaptations to Climate Change«, *Current Opinion in Plant Biology* 45(B), 255–261.

Rötter, R.P., F. Tao, J. G. Höhn und T. Palosuo (2015), »Use of Crop Simulation Modelling to Aid Ideotype Design of Future Cereal Cultivars«, *Journal of Experimental Botany* 66 (12), 3463–3476.

Rousi, E., K. Kornhuber, G. Beobide-Arsuaga, F. Luo und D. Coumou (2022), »Accelerated Western European Heatwave Trends Linked to More-Persistent Double Jets over Eurasia«, *Nature Communications* 13(1), 1–11.

Ruiz-Ramos, M., R. Ferrise, A. Rodríguez, I. J. Lorite, M. Bindi, T. R. Carter, ... und R. P. Rötter (2018), »Adaptation Response Surfaces for Managing Wheat under Perturbed Climate and CO₂ in a Mediterranean environment«, *Agricultural Systems* 159, 260–274.

Savary, S., S. Akter, C. Almekinders, J. Harris, L. Korsten, R. Rötter und S. Waddington (2020), »Mapping Disruption and Resilience Mechanisms in Food Systems«, *Food Secur* 12, 695–717.

Senapati, N., M. A. Semenov, N. G. Halford, M. J. Hawkesford, S. Asseng, M. Cooper, ... und H. Webber (2022), »Global Wheat Production Could Benefit from Closing the Genetic Yield Gap«, *Nature Food*, 1–10.

Soussana, J. F., E. Fereres, S. P. Long, F. G. Mohren, R. Pandya-Lorch, P. Peltonen-Sainio, ... und J. von Braun (2012), »A European Science Plan to Sustainably Increase Food Security under Climate Change«, *Global Change Biology* 18(11), 3269–3271.

Trnka, M., S. Feng, M. A. Semenov, J. E. Olesen, K. C. Kersebaum, R. P. Rötter, ... und U. Büntgen (2019), »Mitigation Efforts Will not Fully Alleviate the Increase in water Scarcity Occurrence Probability in Wheat-Producing Areas«, *Science Advances* 5(9), eaau2406.

Van Ittersum, M.K., L. G. J. Van Bussel, J. Wolf et al. (2016) »Can Sub-Saharan Africa Feed Itself?«, *Proc. Natl. Acad. Sci. – Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113, 14964–14969.

Vogel, E., M. G. Donat, L. V. Alexander, M. Meinshausen, D. K. Ray, D. Karoly, ... und K. Frieler (2019), »The Effects of Climate Extremes on Global Agricultural Yields«, *Environmental Research Letters* 14(5), 054010.

Von Cramon-Taubadel, S. (2022), »Russia's Invasion of Ukraine—Implications for Grain Markets and Food Security«, *German Journal Agricultural Economics* 71, 1–13.

Zhao, C., B. Liu, S. Piao, X. Wang, D. B. Lobell, Y. Huang, ... und S. Asseng (2017), »Temperature Increase Reduces Global Yields of Major Crops in Four Independent Estimates«, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(35), 9326–9331.

Klaus Müller

Anpassung an den Klimawandel – Agri-Photovoltaik als Chance für Landwirtschaft und Gesellschaft



Prof. Dr. Klaus Müller

ist stellvertretender wissenschaftlicher Direktor am Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) und Professor für Ökonomie und Politik ländlicher Raum an der Humboldt-Universität zu Berlin.

Der Klimawandel bringt für die Landwirtschaft in Deutschland eine doppelte Herausforderung. Zum einen ist eine Anpassung der landwirtschaftlichen Produktionsverfahren an die Folgen des Klimawandels erforderlich, und zum anderen muss ein Beitrag zur Reduzierung der Emissionen klimaschädlicher Treibhausgase (Mitigation) im Rahmen der von der Bundesregierung festgelegten Klimaschutzziele geleistet werden.¹

Eine Anpassung der Produktionsverfahren an den Klimawandel erfolgt z. B. über Veränderungen

bei den angebauten Fruchtarten, den Fruchtfolgen, bei der Bodenbearbeitung, über Bewässerung oder mittels Wind- und Wassererosionsschutzmaßnahmen. Eine Reduzierung der Tierhaltung, Düngung und Niedermoornutzung oder der Ersatz fossiler Energieträger können – genauso wie eine Veränderung im Ernährungsverhalten – zum Klimaschutz (Mitigation) in der Landwirtschaft beitragen. Diese doppelte Herausforderung (Anpassung und Mitigation) ist nur über

eine erhebliche strukturelle Weiterentwicklung der landwirtschaftlichen Unternehmen zu bewältigen.

ENERGIEERZEUGUNG UND LANDWIRTSCHAFTLICHE NUTZUNG

Eine sehr interessante Chance, sich sowohl an den Klimawandel anzupassen als auch einen Beitrag zur Energiewende zu leisten, bietet die große Nachfrage nach landwirtschaftlichen Flächen zur Errichtung von Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen). Für geeignete Flächen werden derzeit Pachtpreise von deutlich mehr als 3 000 Euro/Hektar geboten. Dies führt zu Einnahmen, die um ein Vielfaches über dem Deckungsbeitrag aus der landwirtschaftlichen Produktion liegen. Landwirte, die nicht nur Bewirtschafter, sondern zugleich Eigentümer geeigneter Flächen sind, stellen i.d.R. ihre Grenzertragsflächen für konventionelle Freiflächen-PV zur Verfügung, nehmen diese aus der landwirtschaftlichen Produktion und nutzen den Finanzmittelzufluss für Investitionen, die die Bewirtschaftung ihrer anderen Flächen verbessern. Handelt es sich bei von Projektentwicklern nachgefragten Flächen um Pachtland, ergibt sich zusätzlich zu dem potenziellen Wegfall dieser Flächen aus der landwirtschaftlichen Produktion möglicherweise ein »Pächter-Eigentümer-Konflikt«, weil diese Flächen für die landwirtschaftlichen Betriebe nicht mehr zur

¹ Reduzierung der Emissionen im Sektor Landwirtschaft von ca. 90 Mio. im Jahr 1990 auf ca. 60 Mio. t CO₂-Äquivalent im Jahr 2050 (BMUV 2016).

Verfügung stehen.² Generell führen konventionelle PV-Freiflächenanlagen zu einem Verlust an Flächen für die landwirtschaftliche Produktion, was zumindest theoretisch die Ernährungssicherheit negativ beeinflussen und zu einem gesellschaftlichen »Energie-Nahrungsmittel-Konflikt« führen kann.

Allerdings lässt sich diese wahrgenommene Flächenkonkurrenz zwischen Energie- und Agrarwirtschaft innovativ lösen, indem die PV-Anlage als Agri-PV nach DIN SPEC 91434 konzipiert wird.³ In diesem Fall lassen sich mindestens 85% der Flächen mit einer angepassten Technologie weiter bewirtschaften.⁴ Zusätzlich ergeben sich für die Betriebe Optionen für die Anpassung an den Klimawandel und die strukturelle Weiterentwicklung in Richtung einer nachhaltigeren Agrarlandschaftsnutzung. Die Produktion regenerativer Energie auf landwirtschaftlichen Flächen und die Ernährungssicherheit stehen bei Agri-PV folglich nicht mehr in einem unvereinbaren Widerspruch. Damit löst dieses technologische Konzept nicht nur einen potenziellen »Pächter-Eigentümer-Konflikt« auf, sondern es löst auch einen gesellschaftlichen »Energie-Nahrungsmittel-« bzw. »Tank-Teller-Konflikt« bezüglich der Nutzung knapper landwirtschaftlicher Flächen für die Energieversorgung weitgehend auf, was gleichzeitig die Akzeptanz der Energiewende fördern kann.

KONKURRENZ UM KNAPPE FLÄCHEN UND KOSTENSTEIGERUNGEN

Die erste Herausforderung für die Landwirtschaft besteht darin, dass sie sich an den Klimawandel anpassen muss. Diese Herausforderung besteht global – im Folgenden wird exemplarisch aber auf die Anpassungserfordernisse der Landwirtschaft in Deutschland eingegangen. Der Klimawandel kommt mittlerweile in häufiger auftretenden Frühjahrstrockenheiten, Veränderung von Phänomenen, Hitzestress für Pflanzen, Anstieg der mittleren Jahrestemperatur, vermehrten Extremwetterereignissen und einer im Jahresverlauf veränderten Niederschlagsverteilung zum Ausdruck (IPCC 2021). Dadurch steigt das Risiko von Ertragsausfällen erheblich. Die Betriebe können diesem Risiko begegnen, indem sie (abgesehen von Versicherungen) Managementverfahren (z.B. pfluglose Bodenbearbeitung) verändern, an das veränderte Klima angepasste oder gegenüber sich verändernden Klimabedingungen resiliente Fruchtarten (z.B. Leguminosen, Hirse) anbauen, Fruchtfolgen verändern

oder Kompensationstechnologien (z.B. Bewässerung, Wind- und Wassererosionsschutzmaßnahmen) einsetzen (Umweltbundesamt 2022).

Diese erforderliche Anpassung an den Klimawandel muss aber auch die sich verändernden gesellschaftlichen Ansprüche (fortschreitenden Ausdifferenzierung) an die Nutzung von Kulturlandschaften (z.B. Freizeit- und Erholungsansprüche) berücksichtigen. Der Gesellschaft wird immer mehr bewusst, welche Nachhaltigkeitsdefizite mit der bisherigen landwirtschaftlichen Nutzung verbundenen sind: Nitratausträge aus der Landwirtschaft führen dazu, dass die Trinkwasserversorgung in einigen Regionen gefährdet ist. Ausgeräumte Landschaften sowie der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln stehen in engem Zusammenhang mit einem dramatischen Biodiversitätsverlust. Daraus resultieren weitere Ansprüche der Gesellschaft wie Natur-, Biodiversitäts- oder Landschaftsschutz. Zudem werden jeden Tag in Deutschland ca. 54 Hektar in der Regel zu Lasten der landwirtschaftlich genutzten Fläche neu versiegelt (BMUV 2022) und Kapitalanleger betrachten land- und forstwirtschaftliche Flächen als eine Möglichkeit zur Diversifizierung ihres Portfolios (Balzter 2016; *Wallstreet online* 2022).⁵

Aus all diesen Faktoren entsteht eine zunehmende Konkurrenz um knappe Flächen, und resultierende Kostensteigerungen beeinträchtigen die internationale Wettbewerbsfähigkeit und führen zu einem immensen Anpassungsdruck zur strukturellen Weiterentwicklung der Betriebe.

Die zweite Herausforderung für die Landwirtschaft besteht darin, dass sie die Emissionen klimaschädlicher Gase im Rahmen der von der Bundesregierung festgelegten Klimaschutzziele und der diesbezüglichen sektoralen und regionalen Teilziele reduzieren muss (Mitigation). Dieser Punkt betrifft insbesondere die Haltung von Wiederkäuern, die Stickstoffdüngung, die Niedermoornutzung sowie den Verbrauch fossiler Energie. Maßnahmen zur Reduzierung der sektoralen THG-Emissionen werden derzeit im Rahmen der Konkretisierung der Klimapläne der Bundesländer erarbeitet (z.B. IÖW 2022).

Genauso wie Versicherungslösungen oder technologische Kompensationsmaßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel führen die angedachten Maßnahmen zur Minderung der sektoralen THG-Emissionen tendenziell zu Kostensteigerungen. Die Landwirtschaft in Deutschland wurde über die Gemeinsame Agrarpolitik der Europäischen Union seit mehr als 50 Jahren darauf ausgerichtet, sich im internationalen Kostensenkungswettbewerb zu behaupten. Vor dem Hintergrund eines bevorstehendem Glyphosatverbots, der erforderlichen Reduzierung des Einsatzes von Pflanzenschutz- und Düngemitteln, dem Verzicht auf gentechnisch veränderte Organismen, hohen und weiter steigenden Pachtpreisen etc. wird die Land-

² Sofern die Pachtverträge noch laufen und der Landwirt aus seinem Vertrag »herausgekauft« werden muss, kann auch der Landwirt als Pächter an den für PV-Flächennutzung zu entrichtenden Pachtpreisen partizipieren, wobei der Anteil des Landwirts umso höher ist, je länger die Restlaufzeit des Pachtvertrags ist.

³ Siehe Beuth (2022); Fraunhofer ISE (2022a); Elysium Solar (2022).

⁴ Die 10–15% weniger nutzbare Fläche kann dennoch mehr landwirtschaftlichen Naturalertrag liefern, sofern der Mehrertrag aus mit Agri-PV verbundenen Management- und Klimaanpassungsoptionen (vereinfachte Bewässerungsmöglichkeit, reduzierte Verdunstung etc.) den Ertragsausfall durch den Flächenverlust (über-)kompensiert. Erste Untersuchungsergebnisse hierzu sprechen für dieses Potenzial (Fraunhofer ISE 2019; Fraunhofer ISE 2022b, S. 17).

⁵ Die Auswirkungen kurzfristiger Preisausschläge bei Inputs und Outputs infolge gestörter globaler Lieferketten (Covid-19-Folgen, Ukraine-Krieg) wirken noch problemverschärfend.

wirtschaft in Deutschland mittelfristig höchstwahrscheinlich nur noch an Standorten mit sehr guten naturräumlichen Anbaubedingungen (Gunststandorten) bei den großen am Weltmarkt gehandelten »cash crops« international konkurrenzfähig sein. Kostensteigerungen und Nachhaltigkeitsdefizite machen es für viele landwirtschaftliche Betriebe zumindest außerhalb der Gunststandorte in Deutschland notwendig, neue Wertschöpfungsketten zu erschließen und sich strukturell hin zu »kleineren« Märkten (»tailored products« bzw. Landwirtschaft 4.0) und zu Produkten mit höherer Wertschöpfung je Hektar weiter zu entwickeln.

NEUES KONZEPT: AGRI-PHOTOVOLTAIK UND LANDWIRTSCHAFT 4.0

Agri-PV und Landwirtschaft 4.0 bieten den Unternehmen hier die Chance, sich aus dem weltmarktorientierten Kostensenkungswettbewerb für die großen international gehandelten Marktfrüchte mit den gravierenden Standort-/Kostennachteilen in Deutschland zurückzuziehen und sich an einem Innovations- und Qualitätswettbewerb zu beteiligen, der deutlich bessere Entwicklungschancen verspricht. Die kombinierte Produktion von regenerativer Energie und Nahrungsmitteln bzw. die daraus resultierenden Einnahmen ermöglichen eine Ausrichtung der landwirtschaftlichen Produktion auf Güter, bei denen der Selbstversorgungsgrad in Deutschland noch relativ niedrig ist oder auf qualitativ hochwertige Güter, die kleinere Zielgruppen mit höherer Zahlungsbereitschaft via »tailored products« (Landwirtschaft 4.0) adressieren. Bei einer entsprechenden Ausgestaltung der Rahmenbedingungen für Agri-PV ist zu erwarten, dass viele landwirtschaftliche Unternehmen diese Chance erkennen und nutzen werden. Die Bereitstellung von landwirtschaftlichen Flächen für Windkraftanlagen, von Dachflächen auf landwirtschaftlichen Gebäuden, der Anbau von Ölsaaten und die Investitionen in Biogasanlagen haben in der Vergangenheit gezeigt, dass die Landwirtschaft auf entsprechende Anreize, die vom Markt oder Staat ausgehen, anspricht.

Verbesserte Biodiversität und Anpassung an den Klimawandel

Im Gegensatz zu klassischen Freiflächen-PV-Anlagen ermöglicht Agri-PV in Verbindung mit Landwirtschaft 4.0 nicht nur einen verbesserten Biodiversitätsschutz (Wydra et al. 2022). Vielmehr bietet Agri-PV gleichzeitig die Möglichkeit, negative Auswirkungen von Frühjahrstrockenheit oder Nachtfrösten zu vermeiden, da geeignete Bewässerungssysteme bei der Anlagenerrichtung kostengünstig integriert werden können. Gleichzeitig reduziert die Beschattung der Kulturpflanzen durch die PV-Module deren Verdunstung und damit auch den Wasserbedarf. Des Weiteren ermöglicht Agri-PV durch die geschützten Be-

dingungen zwischen den Modulreihen den Anbau schattenliebender Beeren und Gemüse und damit die Möglichkeit der Produktion von Erzeugnissen, bei denen die Selbstversorgung in Deutschland bisher eher niedrig war (Gartenbauprodukte, Arzneimittelpflanzen, Beeren). Die Module können ferner für Hagelschutz und als Ersatz für den Folienanbau bei bestimmten Gartenbauprodukten genutzt werden. Darüber hinaus eröffnet Agri-PV die Diversifizierung der agrarischen Produktion sowie die Erschließung neuer Wertschöpfungsketten (z.B. Rohstoffe für die chemische Industrie), die unter zumindest partiell kontrollierten Bedingungen produziert werden müssen. Die aus versicherungstechnischen Gründen erforderliche Einzäunung der Flächen sichert zusammen mit den anderen erwähnten Punkten derartige Bedingungen und erlaubt den Einsatz von selbstfahrenden Maschinen (Agrarrobotern). Dieser e-Fuhrpark kann wiederum über die Agri-PV direkt mit Grünstrom versorgt werden und weitere Kosten- und CO₂-Reduktionen im Betrieb realisieren.

Kostengünstige Produktion regenerativer Energie

Windkraft- und PV-Anlagen sind derzeit die beiden kostengünstigsten (noch nicht voll erschlossenen) Möglichkeiten zur Produktion regenerativer Energie. Die Produktionskosten bzw. die Wirtschaftlichkeit unterscheiden sich je Kilowattstunde bei größeren konventionellen und auch bei Agri-PV-Anlagen (ab ca. 50 Megawatt) nicht wesentlich von den Produktionskosten in Windparks und auch die Flächen lassen sich ähnlich effektiv nutzen. Biogasanlagen benötigen je nach Substrat mehr als das 20-fache an Fläche (Fehrenbach et al. 2022, S. 52).⁶ Durch die Verwendung anderer PV-Module, einer im Vergleich zu konventionellen PV-Anlagen anderen Modulaufstellung sowie gegebenenfalls einer Modulnachführung mittels sogenannter PV-Tracker⁷ (ermöglicht mehr Energieertrag mit einem für das Energiesystem stabilisierenden Erzeugungsverlauf) ist der Flächenbedarf bei Agri-PV nicht zwangsläufig wesentlich höher als bei klassischen PV-Freiflächenanlagen.⁸ Durch die kombinierte Nahrungsmittel- und Energieproduktion sind auch Agri-PV-Anlagen trotz höherer Investitionskosten je MW und eines in Abhängigkeit vom jeweiligen technologischen Konzept höheren Flächenbedarfs wirtschaftlich zu betreiben (Fraunhofer ISE 2022b, S. 32 ff.).

⁶ Fraunhofer-ISE setzt den entsprechenden Wert bei dem Faktor 32 an (vgl. Fraunhofer ISE 2022b, S. 14).

⁷ Eine Nachführung der Module führt z.B. zu höheren PV-Marktwerten - der Mehrertrag der aktiven Rückseite von bifazialen Modulen fällt umso höher aus, je breiter die Reihenabstände und je höher die Aufstellung und der Albedo-Effekt sind. Ein weiterer Vorteil von größeren PV-/Agri-PV-Anlagen liegt darin, dass sie auch ohne eine Förderung wirtschaftlich sind.

⁸ Der zusätzliche Flächenbedarf hängt vom verwendeten technologischen Agri-PV-Konzept ab (vgl. Fraunhofer ISE 2022b, S. 44).

Gelingt es, nur ein Fünftel der derzeit in Deutschland für den Maisanbau für Biogasanlagen genutzten Flächen in eine Agri-PV-Nutzung zu überführen (Statista.com 2022a; 2022b)⁹, kann zusammen mit den anderen bereits verfügbaren Möglichkeiten zur Produktion regenerativer Energie die Energiewende in Deutschland zügig umgesetzt werden. Eine derartige Flächenumnutzung würde gleichzeitig gravierende Nachhaltigkeitsdefizite des Energiemaisbaus vermindern (Viering 2016).

BEITRAG ZUR GESELLSCHAFTLICHEN AKZEPTANZ DER ENERGIEWENDE

Insgesamt betrachtet bietet Agri-PV nicht nur sehr gute Möglichkeiten zur direkten Anpassung der landwirtschaftlichen Produktion an den Klimawandel und zur Vermeidung einer Beeinträchtigung der Nahrungsmittelversorgung infolge der Nutzung von landwirtschaftlichen Nutzflächen für die Energieerzeugung. Derartige Anlagen leisten auch einen wichtigen Beitrag zur Reduzierung der THG-Emissionen, und sie bieten darüber hinaus interessante Möglichkeiten zur strukturellen Weiterentwicklung landwirtschaftlicher Betriebe (Diversifizierung) sowie einer nachhaltigeren Agrarlandschaftsnutzung. Da Agri-PV-Anlagen eine gesellschaftliche »Tank-Teller-Diskussion« verhindern und potenzielle »Pächter-Eigentümer-Konflikte« reduzieren, leisten sie auch einen wichtigen Beitrag zur gesellschaftlichen Akzeptanz der Energiewende. Über die mit Agri-PV-verbundenen Chancen für den Biodiversitätsschutz und eine nachhaltigere Agrarproduktion ergeben sich auch gute Chancen für eine Imageverbesserung der Landwirtschaft.

REFERENZEN

Balzter, S. (2016), »Goldene Scholle«, *faznet*, 27. Dezember, verfügbar unter: <https://www.faz.net/aktuell/finanzen/geldanlage-trotz-niedrigzinsen/ackerland-als-kapitalanlage-lohnt-sich-14591025.html>.

Beuth (2022), »Agri-Photovoltaik-Anlagen – Anforderungen an die landwirtschaftliche Hauptnutzung«, verfügbar unter: <https://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91434/337886742>.

BMUV – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2016), *Klimaschutzplan 2050*, verfügbar unter: [https://www.bmuv.de/themen/klimaschutz-anpassung/klimaschutz/nationale-klimapolitik/klimaschutzplan-2050#:~:text=Im%20Klimaschutzplan%202050%20hat%20die,Prozent%20\(gegenen%3%BCber%620190\)%20betragen.](https://www.bmuv.de/themen/klimaschutz-anpassung/klimaschutz/nationale-klimapolitik/klimaschutzplan-2050#:~:text=Im%20Klimaschutzplan%202050%20hat%20die,Prozent%20(gegenen%3%BCber%620190)%20betragen.)

BMUV – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2022), »Flächenverbrauch – worum geht es?«, verfügbar unter: <https://www.bmuv.de/themen/nach->

haltigkeit-digitalisierung/nachhaltigkeit/strategie-und-umsetzung/flaechenverbrauch-worum-geht-es.

Elysium Solar (2022), »Agri-Photovoltaik als innovativ Lösung für die Energiewende«, verfügbar unter: <https://elysium-solar.de/agri-photovoltaik-als-innovative-loesung-fu-cc%88r-die-energiewende>.

Fehrenbach, H., M. Busch, S. Bürck, M. Bischoff, S. Theis, J. Reinhardt, J. Blömer und B. Grahl (2022), *Flächenrucksäcke von Gütern und Dienstleistungen*, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_169-2021_flaechenrucksaecke_von_guetern_und_dienstleistungen_teilbericht_ii.pdf.

FFE – Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (2022), »Ausbauziele für PV- und Windkraft im Osterpaket des BMWK nochmals verschärft«, 8. April, verfügbar unter: <https://www.ffe.de/veroeffentlichungen/ausbauziele-fuer-pv-und-windkraft-im-osterpaket-des-bmwk-nochmals-verschaerft/>.

Fraunhofer ISE – Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (2019), »Agrophotovoltaik: hohe Ernteerträge im Hitzesommer«, Pressemitteilung, 12. April, verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presseinformationen/2019/agrophotovoltaik-hohe-ernteertraege-im-hitzesommer.html>.

Fraunhofer ISE – Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (2022a), »Agri-Photovoltaik«, verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/leitthemen/integrierte-photovoltaik/agri-photovoltaik-agri-pv.html>.

Fraunhofer ISE – Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (2022b), *Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende*, verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/APV-Leitfaden.pdf>.

IÖW – Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (2022), *Zwischenbericht zum Gutachten für den Klimaplan Brandenburg*, IÖW, Berlin, verfügbar unter: https://mluk.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/ZwBerecht-Gutachten-KlimaplanBB_finale%20Fassung.pdf.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2021), »Sixth Assessment Report Working Group 1: The Physical Science Basis«, verfügbar unter: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>.

Statista.com (2022a), »Anbaufläche von Energiepflanzen in Deutschland nach Art in den Jahren 2007 bis 2020«, verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/153072/umfrage/anbauflaeche-von-energiepflanzen-in-deutschland-nach-sorten-seit-2007/>.

Statista.com (2022b), »Landwirtschaftliche Nutzfläche in Deutschland in den Jahren 1949 bis 2021«, verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/206250/umfrage/landwirtschaftliche-nutzflaeche-in-deutschland/>.

Statista.com (2022c), »Stromverbrauch nach Verbrauchergruppe in Deutschland in den Jahren 2020 und 2021«, verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/170390/umfrage/stromverbrauch-nach-sektoren-in-deutschland/>.

Umweltbundesamt (2022), »Anpassungsstrategien für die deutsche Landwirtschaft«, verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/anpassungsstrategien-fuer-die-deutsche>.

Viering, K. (2016), »Auf dem Weg in die Maiswüste?«, *Spektrum.de*, 13. September, verfügbar unter: <https://www.spektrum.de/news/bioenergie-aus-mais-ist-umweltschaedlich/1422993>.

Wallstreet online (2022), »Ackerland als attraktive Geldanlage«, verfügbar unter: <https://www.wallstreet-online.de/spezial/anlageformen/rohstoffe/ackerland-als-geldanlage>.

Wydra, K., V. Vollmer, S. Schmidt, S. Prichta, R. Kunze und H. Aulich (2022), *Potential der Agri-Photovoltaik in Thüringen*, SolarInput e.V., Erfurt, verfügbar unter: <https://www.fh-erfurt.de/fileadmin/Dokumente/Personen/LGF/Wydra/APV-Studie.pdf>.

⁹ In den letzten Jahren wurde in Deutschland auf ca. 1,5 Mio. ha Energiemais angebaut. Bei einer landwirtschaftlichen Nutzfläche von ca. 16,6 Mio. ha entspricht dies ca. 11%. Ein Fünftel (0,3 Mio. ha) der für Energiemais genutzten Fläche entspricht weniger als 2% der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche, wovon im Falle einer Agri-PV-Nutzung mehr als 0,25 Mio. ha weiter landwirtschaftlich genutzt werden könnten. Bei einer vorsichtigen Betrachtung könnte auf dieser Fläche (0,3 Mio. ha) eine Leistung von rd. 75 GW (Annahme: Agri-PV Gartenbau Schätzer mit 0,25 MWp/ha; 850 VLH) bis zu rd. 300 GWp (Annahme: Agri-PV-Freifläche mit 1 MWp/ha; 1200 VBH) installiert und so zwischen rd. 64 und 360 TWh Strom produziert werden – also einer Energiemenge, die zwischen 50% und 280% des Stromverbrauchs der privaten Haushalte in Deutschland im Jahr 2020 (128 TWh) entspricht (Statista.com(2022c). Das Ausbauziel der Bundesregierung für 2030 liegt im PV-Bereich bei insgesamt 215 GW (FFE 2022).

Theresa Hübsch, Maria Waldinger, Franziska Wintersteller und Gerome Wolf

Ernährungssicherheit in Subsahara-Afrika: Auswirkung von Klimawandel und bewaffneten Konflikten*

»Kein Hunger«. So steht es als Ziel der Vereinten Nationen in der Agenda 2030 formuliert. Doch statt dem Ziel näher zu kommen, nimmt die globale Nahrungssicherheit seit 2014 stetig ab. Immer mehr Menschen leiden unter Hunger, nach aktuellen Schätzungen sind es über 800 Mio. Menschen weltweit (WHO 2022). In Subsahara-Afrika (SSA) ist die Situation besonders kritisch: 2019 waren knapp 60% der Bevölkerung von einer mäßigen bis schweren Ernährungsunsicherheit betroffen (World Bank 2022). Dieser Anstieg in Ernährungsunsicherheit folgt unter anderem aus dem voranschreitenden Klimawandel. Über veränderte Wetterverhältnisse, eine Zunahme an Schädlingsbefällen und einen Anstieg der gewaltsamen Konflikte erschwert der Klimawandel die landwirtschaftliche Produktion und beschränkt den Zugang der Mensch in SSA zu Lebensmitteln. Die ohnehin über politische Instabilität und Armut angespannte Situation könnte sich weiter verschlechtern, wenn keine Anpassungen an den Klimawandel unternommen werden.

WETTERVERHÄLTNISSE UND SCHÄDLINGSBEFALL BEDROHEN DEN ANBAU UND DIE NAHRUNGSQUALITÄT

Durch zunehmende Hitze, Trockenheit und Extremwetterereignisse in SSA fällt die landwirtschaftliche

Produktivität. So erschwert ausfallender Regen die Feldwirtschaft, und zukünftiger Anbau wird unter der Desertifikation des Bodens leiden. Diesem Problem stehen zum aktuellen Zeitpunkt vor allem Nigeria und Somalia nach wiederholt ausfallenden Regenzeiten gegenüber (Save the Children 2022; NRC 2022). Forscher*innen erwarten, dass in Somalia als Folge mehrerer ausgebliebener Regenzeiten die Anzahl der von einer Hungerkrise Betroffenen von knapp 5 Millionen auf über 7 Millionen ansteigen wird (NRC 2022). Zusätzlich zu der Trockenheit stellen auch die steigenden Temperaturen eine Gefahr dar. So sind zwischen 1975 und 2016 die gemessenen Temperaturhöchstwerte im Südsudan um bis zu 3,2 Grad Celsius angestiegen (Ulimwengu et al. 2022). In SSA ist dieser Trend fatal. Die ohnehin sehr hohen Temperaturen wirken sich negativ auf die Ernteerträge aus, so dass eine weitere Wärmezunahme die Produktivität der Felder reduziert (Ulimwengu et al. 2022). Auch das erhöhte Vorkommen von Extremwetterereignissen wie beispielsweise Überschwemmungen spielt eine Rolle bei der Nahrungssicherheit. Zum einen erschweren diese Ereignisse die langfristige Planung, zum anderen stellen sie eine Bedrohung für das kurzfristige Nahrungsangebot dar (Verhagen et al. 2022). Dies trifft zwar auf die Landwirtschaft weltweit zu, jedoch erwarten Hasegawa et al. (2021), dass der Anstieg des Hungers hierbei in SSA besonders groß ist.

Neben den direkten klimatischen Veränderungen sorgt der Klimawandel auch dafür, dass sich bestimmte Schädlinge besser verbreiten können. Für die Ernährungssicherheit ist dies relevant, da Schädlinge Pflanzen befallen und somit Ernten reduzieren oder die Qualität der Lebensmittel vermindern. In Kenia beispielsweise kam es von 2019 bis Anfang 2022 zu dem größten Befall durch Wüstenheuschrecken der letzten 70 Jahre (Salih et al. 2020). Die Heuschrecken konnten sich durch die außergewöhnlichen und vom Klimawandel verursachten Regenfälle in Wüstengebieten auf der arabischen Halbinsel schnell vermehren und wurden von Wirbelstürmen nach Ostafrika getragen. Auch Somalia und Äthiopien waren von dem Befall betroffen (Save the Children 2020). Die Insektenschwärme sorgten in den Gebieten Ostafrikas für einen Anstieg der Nahrungsunsicherheit, da sie sich von großen Mengen an Getreiden, dem Grundnahrungsmittel in den



Theresa Hübsch

war Praktikantin am ifo Zentrum für Arbeitsmarkt- und Bevölkerungsökonomik.



Maria Waldinger, Ph.D.

ist stellvertretende Leiterin des ifo Zentrums für Arbeitsmarkt- und Bevölkerungsökonomik.



Franziska Wintersteller

studiert Master Economics an der Universität Konstanz/ University of Essex und ist studentische Hilfskraft am ifo Zentrum für Arbeitsmarkt- und Bevölkerungsökonomik.



Gerome Wolf

ist Doktorand am ifo Zentrum für Arbeitsmarkt- und Bevölkerungsökonomik.

* Wir danken außerdem Richard Kundratitz und Jonas Wallstein für ihre Anmerkungen und Unterstützung.

meisten Ländern der Region, und Gräsern ernähren und somit für Nahrungsknappeheiten sorgen (Save the Children 2020). Erst im März dieses Jahres endete die Plage am Horn von Afrika, da sich die Insekten durch die Trockenheit nicht weiter fortpflanzen konnten und Helfer*innen sie aktiv bekämpften (FAO 2022). Darüber hinaus entstehen Probleme durch den Klimawandel auch bei der Lagerung von Getreide. Sofern Getreide eine gewisse Feuchtigkeit hat, können sich Mykotoxine, auch Schimmelpilzgifte genannt, bilden. Diese gelangen über die Nahrung oder indirekt über tierische Produkte (wobei die Tiere zuvor Mykotoxin über belastetes Futter aufgenommen haben) in den menschlichen Organismus und stellen somit eine Gesundheitsgefahr dar, da sie beispielsweise das Krebsrisiko erhöhen (Chakraborty und Newton 2011; Fung und Clark 2004). Dieses Problem ist besonders bedeutsam in Regionen wie SSA, die von Dürren und extremen Niederschlag betroffen sind, da sich Mykotoxine in diesen Wetterverhältnissen leicht bilden (Miller 2008). So finden Muthomi et al. (2008) beispielsweise einen hohen Befall von Schimmelpilzgiften in den kenianischen Getreidebeständen.

WIESO GERADE SUBSAHARA-AFRIKA?

Viele der zuvor beschriebenen Probleme betreffen Menschen weltweit. Dennoch sind Wissenschaftler*innen sich einig, dass die Gefahr für Subsahara-Afrika besonders groß ist (Serdeczny et al. 2017; Hasegawa et al. 2021). Dafür spielen drei Faktoren eine besonders wichtige Rolle: Erstens ist die Bevölkerung sehr arm. Das bedeutet, dass viele einen großen Anteil ihres Einkommens für Nahrung ausgeben. Sollten Lebensmittelpreise durch Verknappungen steigen, so können viele Betroffene nicht auf die teuren oder importierten Alternativen zurückgreifen, sondern reagieren auf den Anstieg mit einem reduzierten Nahrungskonsum, der zu Unter- und Mangelernährung führt (Seneviratne et al. 2012; Nkonya et al. 2016; Hussein et al. 2021). Neben den gesundheitlichen Folgen führt Mangelernährung auch dazu, dass sich Kinder körperlich und kognitiv langfristig weniger gut entwickeln, so dass die Arbeitsproduktivität sinkt (Cesar et al. 2008). Zweitens arbeiten mehr als die Hälfte aller Beschäftigten in SSA in der Landwirtschaft (World Bank 2021) und sind somit von der Produktion abhängig. Fällt diese, so fallen auch die Einkommen der Arbeiter*innen, und die Armut nimmt zu. Drittens fehlt Stabilität durch lokale Institutionen und Regierungen. Kousar et al. (2021) zeigen, dass es einen negativen Zusammenhang zwischen Stabilität der Regierung und Ernährungsunsicherheit gibt. Genau diese Stabilität ist jedoch in vielen Ländern Subsahara-Afrikas nicht gegeben, da Regierungsbehörden nicht oder nur sehr spät eingreifen und nicht die finanziellen Möglichkeiten haben, um die lokale Landwirtschaft abzusichern (Seneviratne et al. 2012; Holleman et al. 2017; Jayne et al. 2010). Außerdem gibt es oftmals keine institutionelle Garantie

des Landnutzungsrechts (Ruzzante et al. 2021). Daraus folgt, dass Landwirte zu wenig Investitionen in ihre Felder tätigen. Dies ist eine der größten Hürden bei der bisherigen Umsetzung von Anpassungsstrategien an den Klimawandel (Ruzzante et al. 2021).

BISHERIGE ANPASSUNGEN UND EIN BLICK IN DIE ZUKUNFT

Dem Staat kommt im Aufbau klimaresilienter Strukturen in einem Land eine besonders wichtige Rolle zu. Neben dem Schutz von Privateigentum, damit sich langfristige Investitionen lohnen, waren fehlende Informationen und Kredite wichtige Stolpersteine auf dem Weg zur Anpassung. Staaten, die ihren Bürgern beides anbieten und für simultanen Zugang zu Informationen und Finanzierung sorgen, können den einheimischen Bauern helfen, sich selbst vor den Folgen des Klimawandels zu schützen. Reisbauern in Tansania, zum Beispiel, konnten ihre Erträge steigern, indem sie mehr Dünger verwendeten, wenn Informationen über Effektivität und Subventionen zur Finanzierung verfügbar waren (Harou et al. 2022). Auch die Schaffung von resilienter Infrastruktur ist notwendig. Farmer*innen benötigen eine bessere Anbindung an Märkte (Asfaw et al. 2016) und einen leichteren Zugang zu Bewässerungssystemen. Nach wie vor wird die Mehrheit der landwirtschaftlichen Fläche in SSA allein durch Regen bewässert (Nkonya et al. 2016). Landwirt*innen können sich auch eigenständig anpassen, um die Folgen des Klimawandels abzuschwächen (Stern 2007). Längere Brachperioden können den Nährstoffgehalt der Böden erhalten; langfristige Investitionen wie Baumpflanzungen, Terrassierung oder Pflanzgräben können helfen, die fortschreitende Landdegradierung aufzuhalten (Arslan et al. 2017; Nkonya et al. 2016). Auch die Verwendung von besserem Saatgut, ein vermehrter Einsatz von Düngemittel sowie eine Modernisierung der Bauernhöfe sind nachhaltige Möglichkeiten, um die landwirtschaftliche Produktivität zu erhöhen, wobei wichtige Vorbedingungen hierfür wiederum die nötigen finanziellen Mittel sowie die notwendigen Informationen sind (Conceicao et al. 2016; Moussa et al. 2021). Moussa et al. (2021) zeigen so am Beispiel von Burkina Faso, dass viele der Landwirt*innen von einer besseren Ausbildung der Mitarbeiter*innen und besseren Saaten profitieren würden. Fallstudien aus Tansania und Äthiopien zeigen, dass Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel die Ernährungssicherheit erhöhen können (Brüssow et al. 2017 (Tansania); Arslan et al. 2017 (Tansania); DiFalco et al. 2011 (Äthiopien); Asfaw et al. 2016 (Malawi)). Es ist allerdings zu beachten, dass nicht alle Anpassungsstrategien für alle Gebiete und Situationen gleich gut funktionieren (Seneviratne et al. 2012; Ruzzante et al. 2021). Je nach Haushaltsstruktur (z.B. Alter, Geschlecht und Einkommen) und Größe des Bauernhofs können einzelne Ansätze mehr Sicherheit bieten als andere (Asfaw et al. 2016; Ruzzante et al. 2021). So

haben beispielsweise Landwirtinnen eine größere Anpassungsbereitschaft als Landwirte (Tenge et al. 2004; Mugi-Ngenga et al. 2016), jedoch weniger Zugang zu Ressourcen und Informationen (Deressa et al. 2009 (Äthiopien); Van Aelst und Holvoet 2016 (Tansania), Makate et al. 2018 (Malawi, Mozambique, Sambia)) und werden daher anders als männliche Landwirte auf Anreize reagieren.

Des Weiteren sollten Expert*innen darauf achten, dass Bemühungen um Nahrungssicherheit die Klimakrise nicht weiter verschärfen. Rodung von Wäldern, um mehr landwirtschaftliche Fläche zu schaffen, ist demzufolge keine geeignete Anpassung. Kurzfristig entsteht zwar eine höhere landwirtschaftliche Produktion, jedoch wird dies langfristige Ernährungssicherheit über einen fortschreitenden Klimawandel weiter gefährden (Gregory et al. 2005). Zusätzlich ist es wichtig, Anpassungsstrategien zu entwickeln, die Landwirt*innen auf eine größere Bandbreite an Wetterverhältnissen vorbereiten, da diese volatil werden und selbst Experten*innen die Wetterveränderungen nicht exakt vorhersagen können (Ziervogel und Ericksen 2010). Insgesamt zeigt sich, dass der Klima-

wandel eine Gefahr der Nahrungsunsicherheit darstellt, weil der landwirtschaftliche Anbau unter den veränderten Wetterverhältnissen leidet und Schädlinge die Situation zusätzlich verschärfen. Länder mit schwachen Institutionen und geringen finanziellen Möglichkeiten haben diesem oft wenig entgegenzusetzen. Es gibt aber auch Ansätze, die landwirtschaftliche Produktivität in Subsahara-Afrika erhöhen und somit die Gefahren der Ernährungssicherheit zumindest abmildern können.

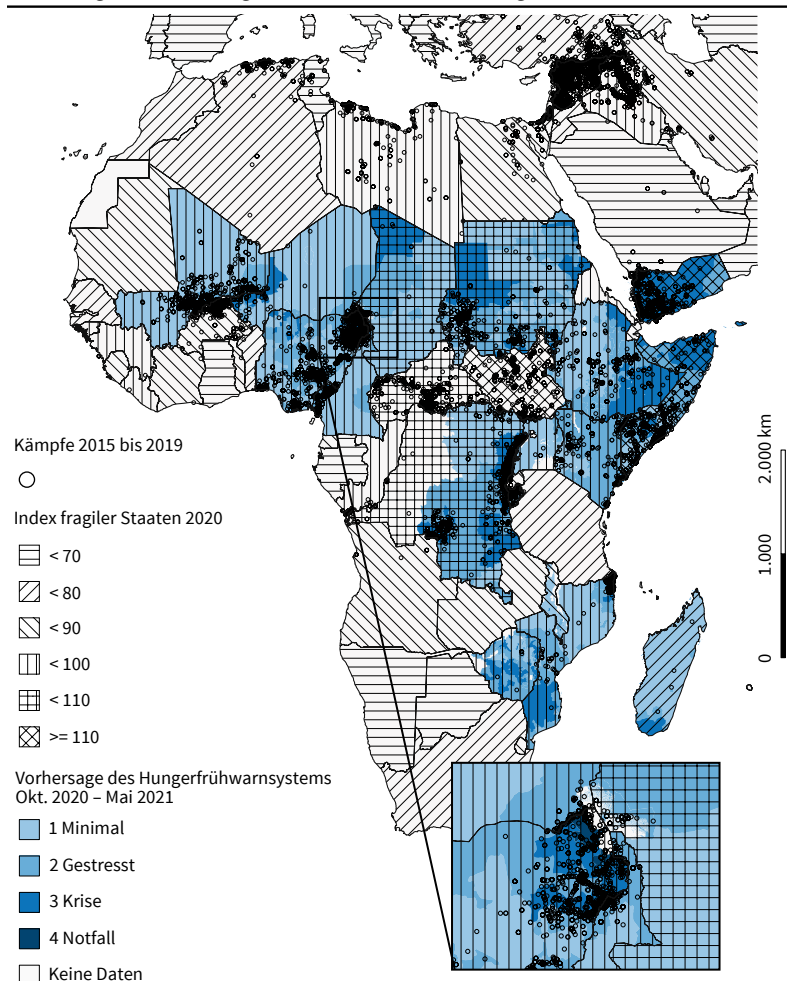
KLIMAWANDEL GEFÄHRDET NAHRUNGSSICHERHEIT DURCH GEWALTSAME KONFLIKTE

Auch auf indirektem Weg kann die Klimakrise die Ernährungssicherheit bedrohen. Verschiedene Studien zeigen einen Zusammenhang zwischen Klimawandel und Konflikten (Buhaug und Uexkull 2021; Nnaji et al. 2022). Konflikte wiederum führen häufig zu Hungerkrisen. In der Vergangenheit gingen höhere Temperaturen häufig mit Bürgerkriegen einher. Auf Basis dieser Beobachtungen schätzen Burke et al. (2009), dass sich die Anzahl der bewaffneten Konflikte bis 2030 um 54% erhöht. Die Gründe für bewaffnete Konflikte sind immer sehr vielschichtig. Kein einziger Grund ist allein für den Ausbruch eines Konflikts verantwortlich. Allerdings verschärft der Klimawandel bestimmte Faktoren, die mit dem Ausbruch von Konflikten in Zusammenhang gebracht werden: Armut, Ungleichheit und Migration (psychologischer Stress) (Homer-Dixon, 1991; Hsiang et al. 2011). Wenn der Klimawandel diese Risikofaktoren verstärkt, kann er indirekt zum Ausbruch von Konflikten beitragen, die dann wiederum die Ernährungssicherheit bedrohen. Abbildung 1 zeigt diesen Zusammenhang zwischen gewaltsamen Konflikten und Nahrungsunsicherheit in Subsahara-Afrika zwischen 2015 und 2021.

Forscher zeigen, dass die Ernährungssicherheit seit 2014 in SSA abnimmt und bringen dies direkt mit einem Anstieg an gewaltsamen Konflikten in der Region in Zusammenhang (Anderson et al. 2021). Da in Gegenden mit regionalen Kriegen weniger Felder bestellt werden und der Zugang zu Nahrungsmitteln aus anderen Quellen durch Kriegsparteien häufig absichtlich stark erschwert wird, bedrohen Konflikte die ohnehin schon angespannte Nahrungssituation in SSA weiter.

Humanitäre Hilfe kann aufgrund der bewaffneten Auseinandersetzungen nur schwer geleistet werden und kommt häufig in Krisengebieten nicht an ihr Ziel (Mulugeta und Gebregziabher 2022). Im zweiten äthiopischen Bürgerkrieg in der der Region Tigray werden beispielsweise beide Seiten beschuldigt, humanitäre Hilfe gezielt zu blockieren (UN 2022). Hunger, so Kemmerling et al. (2022), wird in vielen Kriegsgebieten Subsahara-Afrikas strategisch von Konfliktparteien genutzt und herbeigeführt. Ziel ist es, auf diesem Wege militärische Macht zu erlangen, Widerstände zu unterdrücken, oder – so wurde den Beteiligten in Tigray, Jemen, Südsudan oder der Zentralafrikanischen Re-

Abb. 1 Ernährungssicherheit, gewaltsame Konflikte und Fragilität in Afrika 2015–2021



Anmerkung: Die dargestellten Grenzen und Namen sowie die auf dieser Karte verwendeten Bezeichnungen implizieren keine offizielle Billigung oder Akzeptanz durch das BICC.
 Gestaltung: Lars Wirkus, Vincent Glasow, BICC; April 2021.
 Quelle: Kemmerling et al. (2022).

publik vorgeworfen – gezielter Genozid (Kemmerling et al. 2022).

Konflikte blockieren nicht nur Nahrungsmittellieferungen, sie stören auch den regulären Handel mit Nahrungsmitteln innerhalb von Krisenregionen und zwischen Krisen- und anderen Regionen. Wo Kampfhandlungen stattfinden oder Infrastruktur durch Kampfhandlungen zerstört worden ist, kann Handel kaum noch stattfinden. Tigray ist zum Beispiel durch die Militarisierung von interregionalen Straßen von anderen äthiopischen Gebieten abgeschnitten und kann keine Nahrung von dort importieren (Abay et al. 2022). Der Bevölkerung steht weniger Nahrung und weniger vielfältige Nahrung zur Verfügung. Auch die Nachfrage verändert sich, weil die Gesamtwirtschaft unter Kriegen leidet. Die Arbeitslosigkeit steigt in der Regel an, und Haushalte haben weniger Einkommen zur Verfügung und können weniger Nahrung kaufen. In Folge von Boko-Haram-Anschlägen berichten Haushalte in Nigeria, dass sie weniger Nahrung verzehren und sich weniger vielfältig ernähren (George et al. 2020).

Schließlich wird in Konfliktregionen weniger Land landwirtschaftlich genutzt. Auch wenn die Ursachen dafür vielfältig sind, Konflikte sind ein wichtiger Einflussfaktor. Felder und wichtige Infrastrukturen können durch Kampfhandlungen zerstört und dann nicht mehr landwirtschaftlich genutzt werden. Arbeitskräfte fehlen, die durch Militärdienst und Vertreibung ausfallen (Demissie et al. 2022). Landwirt*innen halten weniger Nutzvieh, da es regelmäßig zu Viehdiebstählen kommt, zum Beispiel durch Terrormilizen (George et al. 2021). Außerdem nehmen in Konfliktregionen auch die Auseinandersetzungen zwischen sesshaften Landwirt*innen und Hirt*innen zu. Wenn Hirt*innen landwirtschaftlich genutzte Fläche besetzen, werden Felder unbrauchbar, Saatgut wird zerstört, und die einheimische Produktion sinkt (Nnaji et al. 2022). Daten zu bewaffneten Auseinandersetzungen in Afrika zeigen, dass diese Art der Auseinandersetzung in den letzten Jahren deutlich zugenommen hat (Nnaji et al. 2022). In Folge sind nicht nur Ernteerträge reduziert,

nicht selten kommt es auch zu schweren Gefechten in den betroffenen Regionen (Nnaji et al. 2022).

DEN TEUFELSKREIS ZWISCHEN HUNGER UND KRIEG DURCHBRECHEN

Bewaffnete Konflikte stellen eine wichtige Bedrohung für Nahrungssicherheit in SSA dar. Diese können sogar eine Abwärtsspirale in Gang setzen, denn Hunger kann wiederum zu Auseinandersetzungen führen (Adebayo und Oluwamayowa 2021). In Zeiten der Nahrungsunsicherheit kann Gewalt eingesetzt werden, um Nahrung und den eigenen Besitz zu verteidigen (Martin-Shields und Stojetz 2019). Zudem werben manche bewaffneten Gruppen mit Verpflegung um neue Anhänger, wofür Hungerleidende besonders zugänglich sein sollten.

Natürlich ist es extrem schwierig, Hungersnöte ganz zu vermeiden, aber es gibt Ideen, wie Betroffene schneller Hilfe bekommen könnten. Eine Anerkennung von Nahrung als Menschenrecht würde es humanitären Hilfsorganisationen erleichtern, mehr Menschen über internationales Engagement zu erreichen (Kemmerling et al. 2022).

Zudem sind Bemühungen um mehr politische Stabilität einer der wichtigsten Ansätze, um die lokale Landwirtschaft und deren Produktivität zu stärken (Holleman et al. 2017). Dazu zählen auch klarer geregelte Landnutzungs- und Eigentumsrechte, die Investitionen rentabler machen und Konflikten zwischen sesshaften Landwirt*innen und Hirt*innen entgegenwirken (Benjaminson et al. 2012 (Mali); Mwamfupe 2015 (Tansania)).

INTERNATIONALE UND LOKALE LASTENVERTEILUNG

Nahrungsunsicherheit stellt eine große Bedrohung für die Bürger Subsahara-Afrikas dar, die durch den fortschreitenden Klimawandel zunehmend ernster wird. Der Klimawandel erschwert die landwirtschaftliche Produktion, und Schädlinge können sich in dem veränderten Klima meist leichter verbreiten. Hinzu kom-

TIGRAY-KONFLIKT

Der zweite äthiopische Bürgerkrieg in der Region Tigray ist ein Konflikt zwischen der Zentralregierung Äthiopiens und der Regionalregierung in Tigray, die die Autorität der Zentralregierung in Frage stellt. Im November 2020 eskalierte der Konflikt militärisch, nachdem der Präsident Äthiopiens Abiy Ahmed die anstehende Parlaments- und Regionalwahl aufgrund der Corona-Pandemie verschob. Seitdem beschuldigen sich beide Seiten gegenseitig, Hilfslieferungen zu blockieren. Diese Lieferungen werden dringend benötigt, da 83% der Menschen in Tigray von Ernährungsunsicherheit betroffen sind. Die Zahl der Betroffenen ist damit seit Beginn des Konflikts von 0,4 Millionen auf 4,6 Millionen enorm angestiegen (WFP 2022). Seit März 2022 wird wieder humanitäre Hilfe geleistet, und aktuell stehen Friedensverhandlungen im Raum.

men gewaltsame Konflikte, die oft mit Klimawandel einhergehen und Hungerkrisen hervorrufen.

Nahrungsunsicherheit kann in Subsahara-Afrika über zwei Arten von Anpassungen bekämpft werden. Zum einen steigern technische Fortschritte wie die Verwendung von Dünger, profitableren Saaten und Bewässerungssystemen die Produktivität. Zum anderen sind auch institutionelle Faktoren wie politische Stabilität, finanzielle Ressourcen, geregelte Eigentumsrechte und die Anerkennung von Nahrung als Menschenrecht essenziell. Ohne diese lassen sich viele der technischen Anpassungen nur schwer umsetzen.

Gerade bei diesen institutionellen Aspekten kann die internationale Staatengemeinschaft SSA unterstützen. Wenn entwickelte Länder, die im internationalen Vergleich weniger stark unter den Folgen des Klimawandels leiden und leiden werden, Finanzierungsunterstützungen leisten, können die Lasten des Klimawandels besser verteilt werden. Innerhalb Subsahara-Afrikas sind von den möglichen Hungersnöten derzeit vor allem die ärmsten Menschen betroffen. Sie geben den größten Anteil ihres Einkommens für Nahrung aus und werden somit von Preisanstiegen durch Lebensmittelknappheiten am härtesten getroffen (Breisinger et al. 2022). Dementsprechend wichtig ist es, dass gerade diese Menschen Unterstützung erfahren und ihre Ernährung gesichert wird.

REFERENZEN

- Abay, K. A., K. Tafere, G. Berhane, J. Chamberlin und M. H. Abay (2022), *Near-Real-Time Welfare and Livelihood Impacts of an Active Civil War: Evidence from Ethiopia*, IFPRI – International Food Policy Research Institute, Washington D.C.
- Adebayo, T. S. und L. Oluwamayowa (2021), »Covid-19 and Food Security as Catalyst of Conflict among Rural Households in Nigeria: A Study of Ilaje Community, Ondo state«, *Journal of Aggression, Conflict and Peace Research* 13(4), 169–185.
- Anderson, W., C. Taylor, S. McDerimid, E. Ilboudo-Nébié, R. Seager, W. Schlenker, F. Cottier, A. de Sherbinin, D. Mendeloff und K. Markey (2021), »Violent Conflict Exacerbated Drought-Related Food Insecurity between 2009 and 2019 in Sub-Saharan Africa«, *Nature Food* 2(8), 603–615.
- Arslan, A., F. Belotti und L. Lipper (2017), »Smallholder Productivity and Weather Shocks: Adoption and Impact of Widely Promoted Agricultural Practices in Tanzania«, *Food Policy* 69, 68–81.
- Asfaw, S., N. McCarthy, L. Lipper, A. Arslan und A. Cattaneo (2016), »What Determines Farmers' Adaptive Capacity? Empirical Evidence from Malawi«, *Food Security* 8(3), 643–664.
- Benjaminsen T. A., K. Alinon, H. Buhaug und J. T. Bueseth (2012), »Does Climate Change Drive Land-Use Conflicts in the Sahel?«, *Journal of Peace Research* 49(1), 97–111.
- Bougma, M., S. E. T. E. Kaboré und E. Becquey (2021), »Modernization of Family Farms Improves the Sustainability of Food Security for Farm Households in Burkina Faso«, *Journal of Development and Agricultural Economics* 13(2), 130–141.
- Breisinger, C., X. Diao, P. A. Dorosh, J. Muthia, L. Omune, E. O. Oseko, A. Pradesha, J. Smart und J. Thurlow (2022), *Kenya: Impacts of the Ukraine and global crises on poverty and food security*, IFPRI – International Food Policy Research Institute, Washington D.C.
- Brüssow, K., A. Faße und U. Grote (2017), »Implications of Climate-Smart Strategy Adoption by Farm Households for Food Security in Tanzania«, *Food Security* 9(6), 1203–1218.
- Buhaug, H. und N. von Uexkull (2021), »Vicious Circles: Violence, Vulnerability, and Climate Change«, *Annual Review Environment and Resources* 46, 545–568.
- Burke, M. B., E. Miguel, S. Satyanath, J. A. Dykema und D. B. Lobell (2009), »Warming Increases the Risk of Civil War in Africa«, *Proceedings of the national Academy of sciences* 106(49), 20670–20674.
- Chakraborty, S. und A. C. Newton (2011), »Climate Change, Plant Diseases and Food Security: An Overview«, *Plant Pathology* 60(1), 2–14.
- Conceição, P., S. Levine, M. Lipton und A. Warren-Rodríguez (2016), »Toward a Food Secure Future: Ensuring Food Security for Sustainable Human Development in Sub-Saharan Africa«, *Food Policy* 60, 1–9.
- Demissie, B., J. Nyssen, S. Annys, E. Negash, T. Gebrehiwet, F. Abay und E. Wolff (2022), »Geospatial Solutions for Evaluating the Impact of the Tigray Conflict on Farming«, *Acta Geophysica* 70, 1–15.
- Deressa, T. T., R. M. Hassan, C. Ringler, T. Alemu und M. Yesuf (2009), »Determinants of Farmers' Choice of Adaptation Methods to Climate Change in the Nile Basin of Ethiopia«, *Global Environmental Change* 19(2), 248–255.
- Di Falco, S., M. Veronesi und M. Yesuf (2011), »Does Adaptation to Climate Change Provide Food Security? A Micro-Perspective from Ethiopia«, *American Journal of Agricultural Economics* 93(3), 825–842.
- FAO – Food Agriculture Organization of the United Nations (2022), »Desert Locust Bulletin«, Nr. 521«, 2. März, verfügbar unter: <https://reliefweb.int/report/ethiopia/desert-locust-bulletin-521-1-march-2022-enar>.
- Fung, F. und R. F. Clark (2004), »Health Effects of Mycotoxins: A Toxicological Overview«, *Journal of Toxicology: Clinical Toxicology* 42(2), 217–234.
- George, J., A. Adelaja und T. O. Awokuse (2021), »The Agricultural Impacts of Armed Conflicts: The Case of Fulani Militia«, *European Review of Agricultural Economics* 48(3), 538–572.
- George, J., A. Adelaja und O. Weatherspoon (2020), »Armed Conflicts and Food Insecurity: Evidence from Boko Haram's Attacks«, *American Journal of Agricultural Economics* 102(1), 114–131.
- Gregory, P. J., J. S. Ingram und M. Brklacich (2005), »Climate Change and Food Security«, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 360(1463), 2139–2148.
- Harou, A. P., M. Madajewicz, H. Michelson, C. A. Palm, N. Amuri, C. Magomba, J. M. Semoka, K. Tschirhart und R. Weil (2022), »The Joint Effects of Information and Financing Constraints on Technology Adoption: Evidence from a Field Experiment in Rural Tanzania«, *Journal of Development Economics* 155, 102707.
- Hasegawa, T., G. Sakurai, S. Fujimori, K. Takahashi, Y. Hijioka und T. Masui (2021), »Extreme Climate Events Increase Risk of Global Food Insecurity and Adaptation Needs«, *Nature Food* 2(8), 587–595.
- Holleman, C., J. Jackson, M. V. Sánchez und R. Vos (2017), *Sowing the Seeds of Peace for Food Security. Disentangling the Nexus between Conflict, Food Security and Peace*, FAO – Food Agriculture Organization of the United Nations, Rom.
- Homer-Dixon, T. F. (1991), »On the Threshold: Environmental Changes as Causes of Acute Conflict«, *International Security*, 16(2), 76–116.
- Hsiang, S. M., K. C. Meng und M. A. Cane (2011), »Civil Conflicts Are Associated with the Global Climate«, *Nature* 476(7361), 438–441.
- Hussein, M., C. Law und I. Fraser (2021), »An Analysis of Food Demand in a Fragile and Insecure Country: Somalia as a Case Study«, *Food Policy* 101, 102092.
- Jayne, T. S., D. Mather und E. Mghenyi (2010), »Principal Challenges Confronting Smallholder Agriculture in Sub-Saharan Africa«, *World development* 38(10), 1384–1398.
- Kemmerling, B., C. Schetter und L. Wirkus (2022), »The Logics of War and Food (In)Security«, *Global Food Security* 33, 100634.
- Kousar, S., F. Ahmed, A. Pervaiz und Š. Bojnec (2021), »Food Insecurity, Population Growth, Urbanization and Water Availability: The Role of Government Stability«, *Sustainability* 13(22), 12336.
- Makate, C., M. Makate und N. Mango (2018), »Farm Household Typology and Adoption of Climate-Smart Agriculture Practices in Smallholder Farming Systems of Southern Africa«, *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development* 10(4), 421–439.
- Martin-Shields, C. P. und M. Stojetz (2019), »Food Security and Conflict: Empirical Challenges and Future Opportunities for Research and Policy Making on Food Security and Conflict«, *World Development* 119, 150–164.
- Miller, J. D. (2008), »Mycotoxins in Small Grains and Maize: Old Problems, New Challenges«, *Food Additives and Contaminants* 25(2), 219–230.
- Mugi-Ngenga, E. W., M. W. Mucheru-Muna, J. N. Mugwe, F. K. Ngetich, F. S. Mairura und D. N. Mugendi (2016), »Household's Socio-Economic Factors Influencing the Level of Adaptation to Climate Variability in the Dry Zones of Eastern Kenya«, *Journal of Rural Studies* 43, 49–60.
- Mulugeta, A. und M. Gebregziabher (2022), »Saving Children from Man-Made Acute Malnutrition in Tigray, Ethiopia: A Call to Action«, *The Lancet Global Health* 10(4), e469–e470.
- Muthomi, J. W., J. K. Ndung'u, J. K. Gathumbi, E. W. Mutitu und J. M. Wagacha (2008), »The Occurrence of Fusarium Species and Mycotoxins in Kenyan Wheat«, *Crop protection* 27(8), 1215–1219.

- Mwafumpe, D. (2015), »Persistence of Farmer-Herder Conflicts in Tanzania«, *International Journal of Scientific and Research Publications* 5(2), 339–346.
- Nkonya, E., A. Mirzabaev und J. Von Braun (2016), *Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development*, Springer Nature.
- Nnaji, A., W. Ma, N. Ratna und A. Renwick (2022), »Farmer-herder conflicts and food insecurity: Evidence from rural Nigeria«, *Agricultural and Resource Economics Review* 51(2), 291–421.
- NRC – Norwegian Refugee Council (2022), »Somalia Faces Climate Emergency and Famine as Fourth Rainy Season Fails«, 23. Juni, verfügbar unter <https://reliefweb.int/report/somalia/somalia-faces-climate-emergency-and-famine-fourth-rainy-season-fails>.
- Ruzzante, S., R. Labarta und A. Bilton (2021), »Adoption of Agricultural Technology in the Developing World: A Meta-Analysis of the Empirical Literature« *World Development* 146, 105599.
- Salih, A. A., M. Baraibar, K. K. Mwangi und G. Artan (2020), »Climate Change and Locust Outbreak in East Africa«, *Nature Climate Change* 10(7), 584–585.
- Save the Children (2020), »Plague of Locusts Ravages Three East African Countries as Region Prepares for Another Year of Hunger«, 23. Januar, verfügbar unter: <https://www.savethechildren.org/us/about-us/media-and-news/2020-press-releases/locust-plague-ravages-east-africa>.
- Save the Children (2022), »Hunger Rising among Children in Drought-hit Niger as Violence Drives Influx of Refugees«, 29. Juni, verfügbar unter: <https://reliefweb.int/report/niger/hunger-rising-among-children-drought-hit-niger-violence-drives-influx-refugees>.
- Seneviratne, S.I., N. Nicholls, D. Easterling, C.M. Goodess, S. Kanae, J. Kossin, Y. Luo, J. Marengo, K. McInnes, M. Rahimi, M. Reichstein, A. Soretberg, C. Vera und X. Zhang (2012), »Changes in Climate Extremes and their Impacts on the Natural Physical Environment«, in: C. B. Field, V. Barros, T. F. Stocker, D. Qin, D. J. Dokken, K. L. Ebi, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, G.-K. Plattner, S. K. Allen, M. Tignor und P.M. Midgley (Hrsg.), *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*, A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC, Cambridge University Press, Cambridge, New York, NY, 109–230.
- Serdeczny, O., S. Adams, F. Baarsch, D. Coumou, A. Robinson, W. Hare, M. Schaeffer, M. Perrette und J. Reinhardt (2017), »Climate Change Impacts in Sub-Saharan Africa: From Physical Changes to their Social Repercussions«, *Regional Environmental Change* 17(6), 1585–1600.
- Stern, N. (2007), »V Policy Responses for Adaptation«, in: N. Stern (Hrsg.), *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge University Press, Cambridge, 455–506.
- Tenge, A. J., J. De Graaff und J. P. Hella (2004), »Social and Economic Factors Affecting the Adoption of Soil and Water Conservation in West Usambara Highlands, Tanzania«, *Land Degradation and Development* 15(2), 99–114.
- Ulimwengu, J.M., T. S. Thomas, W. Marivoet und S. Benin (2022), *Determinants of Resilience for Food and Nutrition Security in South Sudan*, IFPRI – International Food Policy Research Institute, Washington, D.C.
- United Nations (2022), »Human Rights Council Discusses Situation of Human Rights in Afghanistan and in the Tigray Region of Ethiopia«, 7. März, verfügbar unter: <https://www.ohchr.org/en/press-releases/2022/03/human-rights-council-discusses-situation-human-rights-afghanistan-and-tigray>.
- Van Aelst, K. und N. Holvoet (2016), »Intersections of Gender and Marital Status in Accessing Climate Change Adaptation: Evidence from Rural Tanzania«, *World Development* 79, 40–50.
- Verhagen, W., D. Bohl, M. Cannon, A. Pulido, A. Pirzadeh, I. Nott und J. D. Moyer (2021), »The Future of Food Security in the Wake of the Covid-19 Pandemic«, SSRN 4006474, verfügbar unter: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4006474.
- Victoria, C.G., L. Adair, C. Fall, P. C. Hallal, R. Martorell, L. Richter, H. S. Sachdev und Maternal and Child Undernutrition Study Group (2008), »Maternal and Child Undernutrition: Consequences for Adult Health and Human Capital«, *The Lancet* 371(9609), 340–357.
- WFP – World Food Programme (2022), »Tigray: Emergency Food Security Assessment«, 21. März, verfügbar unter: <https://www.wfp.org/publications/tigray-emergency-food-security-assessment>.
- WHO (2022), »UN Report: Global Hunger Numbers Rose to as many as 828 Million in 2021«, 6. Juli, verfügbar unter <https://www.who.int/news/item/06-07-2022-un-report-global-hunger-numbers-rose-to-as-many-as-828-million-in-2021>.
- World Bank (2021), »Employment in Agriculture (% of population) (modeled ILO estimate) – Sub-Saharan Africa«, verfügbar unter: <https://data.worldbank.org/indicator/SL.AGR.EMPL.ZS?locations=ZG>.
- World Bank (nd), »Prevalence of Moderate or Severe Food Insecurity in the Population (%) – Sub-Saharan Africa«, verfügbar unter <https://data.worldbank.org/indicator/SN.ITK.MSFI.ZS?locations=ZG>.
- Ziervogel, G. und P. J. Ericksen (2010), »Adapting to Climate Change to Sustain Food Security«, *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 1(4), 525–540.

Ulrike Grote, Etti Winter und Robyn Blake-Rath

Klimaschutz, Biodiversitätserhalt und Ernährungssicherung: Welchen Beitrag leistet der Agrarsektor in Lateinamerika?

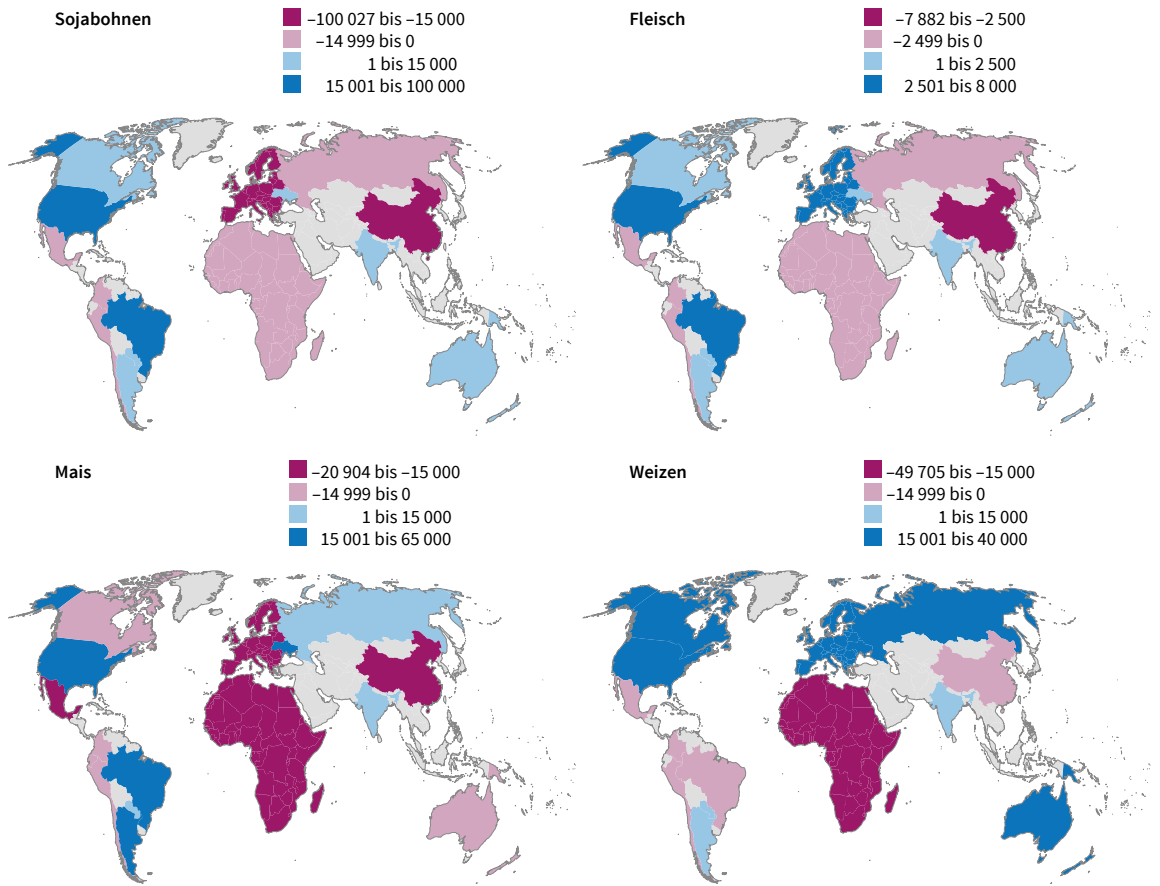
Die Verfügbarkeit von Land, Wasser und Know-how hat Lateinamerika zum weltweit größten Nettonahrungsmittelexporteur avancieren lassen. Der Agrarsektor hat das Potenzial, einen wichtigen Beitrag zur Reduzierung und Stabilisierung der Weltmarktpreise für Nahrungsmittel zu leisten und somit zur Ernährungssicherung in Entwicklungsländern beizutragen. Gleichzeitig spielt Lateinamerika mit seinen weiten Savannen und dem Amazonas Regenwaldgebiet eine herausragende Rolle für den Klimaschutz, den Erhalt von Biodiversität und die Funktionsfähigkeit von Ökosystemen. Lateinamerika, auch als Kornkammer und Lunge der Welt bezeichnet (Morris et al. 2020), wird diese Funktionen allerdings nur erfüllen können, wenn sich sein Agrar- und Ernährungssystem in Richtung Nachhaltigkeit transformiert und die

unterschiedlichen Anforderungen auf integrative statt auf konkurrierende Weise erfüllt. Um dies zu erreichen, ist ein Umdenken bei den Entscheidungsträgern und Akteuren entlang der globalen Wertschöpfungskette vonnöten.

Lateinamerika (einschl. Karibik) beheimatet 57% der weltweit verbliebenen Primärwälder. Fast die Hälfte der Landfläche der Region ist von Wäldern bedeckt, die schätzungsweise 104 Gigatonnen Kohlenstoff speichern. Zudem beherbergt die Region 40–50% der weltweiten Biodiversität und ist ein wichtiges Reservoir für Agrobiodiversität (Morris et al. 2020). Allerdings verursacht der expandierende Agrarsektor in Lateinamerika viele negative Externalitäten für Umwelt und Gesellschaft.

Abb. 1

Nettohandel von Sojabohnen, Fleisch, Mais und Weizen für 2020
in 1 000 t



Quelle: Darstellung der Autorinnen, basierend auf OECD und FAO (2022).

© ifo Institut

Durch die Verschiebung der Agrarfront in den Regenwald, die Konzentration von Land und die Polarisierung des Agrar- und Ernährungssystems sind die Ökosysteme heute akut in Gefahr (Anseeuw und Baldinelli 2020). Unter Polarisierung verstehen wir die Gegensätze zwischen kleinbäuerlich versus industriell auf der Produktionsseite und Export versus Unterernährung auf der Konsumseite.

PRODUKTION UND EXPORT VON AGRAR-ERZEUGNISSEN AUS LATEINAMERIKA BOOMEN

Trotz der Covid-19-Pandemie verzeichnete der Agrar- und Ernährungssektor ein positives Wachstum. Die Exporte stiegen 2020 um 2,7% bei sinkenden Gesamtexporten von 9% (ECLAC et al. 2021). Der Agrarsektor erwirtschaftet 10% des BIP (im Falle von Brasilien



Prof. Dr. Ulrike Grote

leitet das Institut für Umweltökonomik und Welthandel (IUW) an der Leibniz Universität Hannover.



Dr. Etti Winter

ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Umweltökonomik und Welthandel (IUW) an der Leibniz Universität Hannover.



Robyn Blake-Rath

ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Umweltökonomik und Welthandel (IUW) an der Leibniz Universität Hannover.

sogar ein Drittel (Blended Finance Taskforce 2021) und trägt über lokale und regionale Wertschöpfungsketten signifikant zur dynamischen Entwicklung der gesamten Wirtschaft bei (OECD und FAO 2022; Morris et al. 2020). Brasilien, Argentinien, Mexiko und Chile sind die Hauptproduzenten und -exporteure der Region, aber auch in anderen lateinamerikanischen Ländern machen die Agrarexporte einen signifikanten Anteil der Gesamtexporte aus (z.B. Kaffee aus Kolumbien, Rindfleisch aus Uruguay, Bananen aus Ecuador, Tilapia aus Honduras, Wein aus Chile, Quinoa aus Peru, Gemüse aus Guatemala, tropische Früchte aus Zentralamerika (Morris et al. 2020; OECD und FAO 2022)). Auf Argentinien und Brasilien entfallen zusammen über 90% der Sojabohnenproduktion und -exporte der Region, der Anteil Lateinamerikas an den weltweiten Sojaexporten liegt bei über 60%. Brasilien ist nach den USA der zweitgrößte Produzent von Sojabohnen der Welt; 76% des regionalen Rindfleischs wird in Brasilien, Argentinien und Mexiko produziert, und 69% der regionalen Rindfleischexporte stammen aus diesen drei Ländern (OECD und FAO 2022). Abbildung 1 unterstreicht die Bedeutung Brasiliens und Argentinien als Nettoexporteure von Sojabohnen, Mais und Fleisch. Argentinien exportiert zudem Weizen. Andere lateinamerikanische Länder sind hingegen Nettoimporteure von Grundnahrungsmitteln.

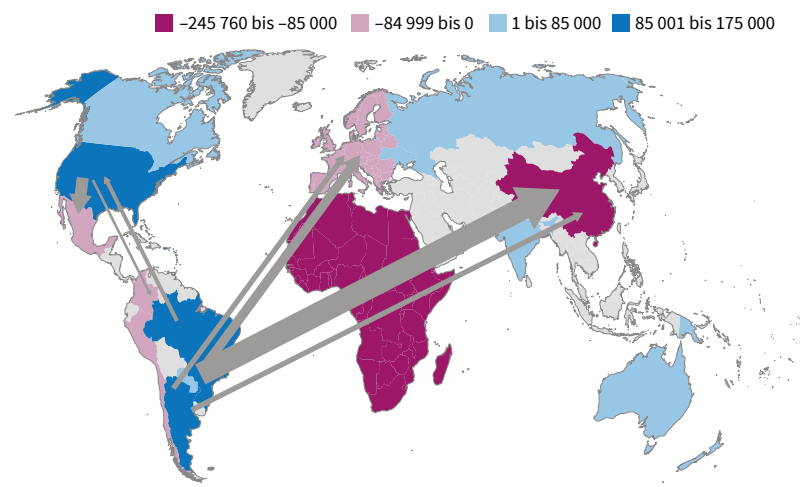
Soja aus Lateinamerika wird größtenteils in die EU und nach China exportiert (zu Ermgassen et al. 2020) (vgl. Abb. 2). In der EU ist der Anstieg der Sojabohnenimporte auf die BSE-Krise in den 2000er Jahren zurückzuführen, die zu einem Verbot der Verfütterung von Tiermehl führte (Lambert 2012), so dass heute etwa 90% der Sojabohnenimporte als Futter verwendet werden. Gleichzeitig wird auch südamerikanisches Fleisch zunehmend nach China und in die EU geliefert, und die globale Nachfrage nach Sojabohnen, Zuckerrohr und Mais für die Biodieselproduktion steigt (OECD und FAO 2022). Lateinamerika trägt daher überwiegend zur Versorgung europäischer und chinesischer Agrar- und Energiemärkte bei; Afrika spielt als Handelspartner eine untergeordnete Rolle. Die EU ihrerseits wandelt ihre Importe von Sojabohnen und Mais in höherwertige Fleischexporte um. Die Spezialisierung auf wenige Exportgüter und eine geringe Anzahl von Handelspartnern erhöht die Anfälligkeit des Agrar- und Ernährungssystems für internationale Schocks wie starke Preisschwankungen oder Nachfrageverluste (FAO 2021).

UMWELTEXTERNALITÄTEN UND FERNWIRKUNGEN DER AGRARPRODUKTION UND -EXPORTE

Derzeit wird ein Drittel der Landfläche Lateinamerikas für die Landwirtschaft genutzt (Morris et al. 2020). Die Expansion der exportorientierten industriellen Landwirtschaft wird allerdings mit Sorge betrachtet, da – teils illegale – Flächenumwandlungen auf Kosten von intakten Regenwäldern oder anderer natürlicher

Abb. 2

Lateinamerikas Agrarnettohandel in 1 000 t



Färbung: Agrarnettohandel in 1 000 t. Pfeilstärken: die größten Nettoströme aus und in Lateinamerika. Quelle: Darstellung der Autorinnen, basierend auf OECD und FAO (2022).

© ifo Institut

Vegetation gehen (Marengo et al. 2022; Rudel et al. 2009, Henders et al. 2015). Bezogen auf die Periode 1990–2000 war Weideland die häufigste Landnutzung (72%) nach der tropischen Abholzung, gefolgt von großflächigem Ackerland (11%) (De Sy 2019). Landnutzungsänderungen und Landbewirtschaftung (AFOLU) verursachen weltweit etwa 22% der Treibhausgasemissionen. In Lateinamerika haben sie einen Anteil von mehr als 50% (IPCC 2019; Hong et al. 2022), etwa ein Viertel davon sind der Tierhaltung anzurechnen (Lamb et al. 2021). Landnutzungsänderungen verursachen zudem den Verlust von Biodiversität und anderen Ökosystemleistungen. Dadurch sinken die landwirtschaftliche Produktivität und der komparative Vorteil der Region auf den Weltmärkten (WBGU 2020; Marengo et al. 2022).

Bis 2030 ist davon auszugehen, dass der Klimawandel in den meisten Ländern Lateinamerikas zu erheblichen Ertragsverlusten führt (Sulser et al. 2015; Altieri et al. 2015). Für Brasilien werden Ertragseinbußen für Zuckerrohr, Weizen und Mais um 10% und mehr vorhergesagt, aber auch für viele andere Agrarerzeugnisse (Bohnen, Kaffee, tropische Früchte, Gemüse) um bis zu 5%. Die Weltbank (2014) geht davon aus, dass ein Temperaturanstieg von 2°C in Brasilien die Erträge für Sojabohnen um 30–70% und für Weizen um 50% reduzieren wird, verglichen mit Werten von 1971–2000.

Durch die geografische Trennung von Verbrauchs- und Produktionsstandorten entstehen zudem Fernverbindungen, auch Telekonnektionen genannt (Yu et al. 2013), die durch die internationale Nachfrage zu Umweltbelastungen in den Agrarproduktionsländern führen. Somit sind Emissionsauswirkungen eng mit globalen Lieferketten verknüpft (Henders 2015; Pendrill et al. 2019). In Lateinamerika ist die Produktion von Rindfleisch der Hauptverursacher der

im Handel eingebetteten Treibhausgasemissionen (0,8 Gt CO₂ pro Jahr), die im Zusammenhang mit der Abholzung tropischer Regenwälder stehen (Pendrill et al. 2019).

AGRARPRODUKTION ERHÖHT UNGLEICHHEIT UND FEHLERNÄHRUNG IN LATEINAMERIKA

Lateinamerika ist weltweit die Region mit der höchsten Ungleichheit in der Landverteilung, der Gini-Land-Indikator beträgt 0,76 (Anseeuw und Baldinelli 2020; Oxfam 2016). In Brasilien haben 2% der Betriebe mit über 500 ha Produktionsfläche einen Anteil von 58% (2017) an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche (Lowder et al. 2021). Die Ungleichverteilung von Land hat gravierende Folgen, dazu zählen bewaffnete Konflikte, Migration, illegale Abholzung, Monokulturen, Fehlernährung, Verlust von Biodiversität und demokratiegefährdende politische Krisen (Anseeuw und Baldinelli 2020; Faguet et al. 2020; Ceddia 2020; UNDP 2021). Im Zuge der Covid-19-Pandemie droht die negative Einkommensdynamik die bestehenden sozialen Unterschiede zu verschärfen. Einerseits waren 2020 40% der Bevölkerung ernährungsunsicher, und 209 Millionen der 660 Millionen Einwohner fielen unter die Armutsgrenze (ECLAC et al. 2021; OECD et al. 2021). Andererseits leidet jeder vierte Erwachsene in der Region an Fettleibigkeit. Übergewicht bei Kindern hat in den letzten 20 Jahren zugenommen; bei Kindern unter fünf Jahren liegt es über dem weltweiten Durchschnitt von 7,5% (2020). Ähnlich wie Unterernährung haben Übergewicht und Fettleibigkeit erhebliche wirtschaftliche, soziale und gesundheitliche Auswirkungen. Diese Trends können nicht umgekehrt werden, solange keine Transformation der Agrar- und Ernährungssysteme in Richtung Effizienz, Resilienz und Nachhaltigkeit erfolgt (FAO et al. 2021).

Eine Studie des IPES-Food (2017) resümiert, dass der hohe und rasch zunehmende Konzentrationsgrad im Agrar- und Ernährungssektor die sozialen und ökologischen Fehlentwicklungen verschärft und die marktbeherrschenden Unternehmen nicht in der Lage sind, jene Innovationen voranzutreiben, die gebraucht werden, um die Menschheit nachhaltig zu ernähren (IPES-FOOD 2017). Die Studie betont

dabei die Bedeutung kurzer Lieferketten, innovativer Vermarktungsinitiativen und Finanzierungsmodelle sowie lokal anwendbarer Technologien zur Nutzung von Big-Data (IPES-FOOD 2017).

DIVERSIFIZIERTE LÖSUNGSANSÄTZE FÜR EINE TRANSFORMATION DER LANDWIRTSCHAFT UND DEREN FINANZIERUNG

Laut Schätzungen der Blended Finance Taskforce (2021) betragen die versteckten Kosten allein des brasilianischen Agrarsystems, die sich überwiegend aus Umwelt-, Gesundheits- und sozialen Kosten zusammensetzen, 300 Mrd. US-Dollar jährlich. Für die nachhaltige Transformation des Sektors bis 2030 werden geschätzte 21 Mrd. US-Dollar benötigt. Dem stehen potenzielle Einnahmen von 70 Mrd. US-Dollar gegenüber (Blended Finance Taskforce 2021). Innovative Finanzierungsmodelle werden als Schlüssel für eine erfolgreiche Transformation gesehen und lassen sich auch auf andere Länder übertragen. Die Modelle stellen allesamt auf eine Diversifizierung der Produktion und Nachfrage ab (Altieri et al. 2015). Dadurch wird die Anzahl der Produkte erweitert und der Zugang zu neuen Märkten geschaffen. Preisaufschläge werden möglich und Ökosystemleistungen für eine potenzielle zusätzliche Einkommensquelle bereitgestellt, die wiederum Anreize für eine nachhaltige Landnutzung schaffen.

Zum Erhalt von Schutzgebieten werden z.B. Produkte aus Primärwäldern wie Früchte, Beeren, Nüsse oder Wurzeln über die genossenschaftliche Vermarktung in Wert gesetzt. Alternativ können Zahlungen für Ökosystemleistungen für den Erhalt von Wäldern eine wichtige Einkommensquelle in der Landwirtschaft darstellen.

Finanzierungsmodelle für eine nachhaltige Intensivierung betreffen Primärgüter wie Mais, Soja, Baumwolle oder Zuckerrohr, die in der Regel großflächig, aber mit ressourcenschonenden Landmanagementpraktiken (z.B. wasser- und emissionsparende Techniken) erzeugt werden. Auch Fleisch aus der semi-intensiven Rinderhaltung gehört hierzu. Nachhaltige Intensivierung führt zu höheren Erträgen, zu einer effizienteren Nutzung von Wasser sowie zum Erhalt anderer Ökosystemleistungen wie Klimaregulierung und Biodiversitätsschutz (Pretty et al. 2018,

Tab. 1

Beispiele für innovative Finanzierungsmodelle für eine Transformation der Landwirtschaft

Marfrig	Cocamar
Ist der weltweit zweitgrößte Rindfleischanbieter, emittierte 2019 eine Transformationsanleihe in Höhe von 500 Mio. US-Dollar zur Entwicklung einer Lieferkette für kohlenstoffreies Rindfleisch. Er verpflichtete sich, keine Rinder mehr aus Abholzungsgebieten, Naturschutzgebieten und Gebieten indigener Bevölkerung zu beziehen und Arbeitsrechte zu respektieren. Er entwickelte eine zertifizierte Produktionslinie mit Fleisch aus Agrosilvopastoralen Systemen (Wigan 2020).	Ist eine der größten Genossenschaften Brasiliens und an der Sustainable Agriculture Finance Facility (SAFF) beteiligt. SAFF finanziert die Einführung integrierter Pflanzenbau-, Viehzucht- und Forstwirtschaftssysteme auf degradierten Flächen. Cocamar organisiert Kredite, Beratung, Umweltüberwachung und einen Fond für Kohlenstoffkredite. Das SAFF-Cocamar-Projekt umfasst 200 000 ha und 300 Landwirte (Blended Finance Taskforce 2021).

Quelle: Basierend auf Blended Finance Taskforce (2021).

Badgley et al. 2007). Die rückverfolgbaren Agrarprodukte können dann als entwaldungsfrei zertifiziert und mit Preisauflagen für die Produzenten vermarktet werden.

Besonders der ökologische Landbau und die Agrarökologie erlangen als zukunftsfähige Ansätze eine wachsende Bedeutung (HLPE 2019; WBGU 2020; Altieri und Toledo 2011). Sie verzichten auf den Einsatz von chemisch-synthetischem Dünger und Pestiziden, fördern Nährstoffkreisläufe und nutzen nachhaltige Inputs (z.B. Push-pull-Strategien). Während der ökologische Landbau eher als ein Produktionssystem zu verstehen ist, ist die Agrarökologie eine soziale Bewegung (z.B. La Via Campesina, viacampesina.org), die auf eine Transformation des gesamten Agrar- und Ernährungssystems in Richtung Nachhaltigkeit, Diversifizierung und Ernährungssouveränität abzielt (GIZ 2020; HLPE 2019). Bei Dürre und Trockenheit bringt die Agrarökologie relativ resilientere Systeme hervor, da die höhere Wasserspeicherkapazität der Böden Feldfrüchte wie Mais besser schützt als in konventionellen Systemen (de Almeida da Silva et al. 2009).

Weiterhin gibt es verschiedene Arten von Agroforstsystemen, die z.B. Bäume mit Weide- und Grasland und Nutztieren kombinieren. Dadurch wird das Mikroklima sowie die Bodenfruchtbarkeit verbessert, da Bäume zur Kohlenstoffspeicherung und Nährstoffversorgung beitragen (z.B. auch optimal bei Kaffeeplantagen, vgl. de Souza et al. 2012). Agroforstsysteme sorgen auch bei extremen Wetterereignissen für stabilere Erträge und Tiergesundheit als die baumfreie Landwirtschaft. Dies gilt sowohl bei Starkregenereignissen (aufgrund der geringeren Erosionsanfälligkeit) als auch bei Trockenheit (dank Beschattung und verbesserter Bodeneigenschaften) (Rivest et al. 2013). Neben Bodenverbesserung und Erosionsschutz verbessern Bäume, Sorten- und Artenvielfalt die Erträge und erhöhen den Schutz vor Schädlingen (Björklund et al. 2012).

Letztlich gibt es ein Portfolio an technologischen Innovationen zur Umsetzung der Transformationsmodelle (z.B. Mikrobewässerung, Informationssysteme, Agri-Photovoltaik). Hierzu zählt auch die Präzisionslandwirtschaft, die besonders in Argentinien und Brasilien schnell voranschreitet. Sie erlaubt eine Reduzierung des Pestizideinsatzes und erleichtert zudem die Zertifizierung und Rückverfolgbarkeit bestimmter Agrarprodukte. Insbesondere in wasserarmen Gebieten hat sie bereits zu Ertragssteigerungen, Kostensenkungen und Nachhaltigkeit geführt (Monaghan et al. 2013; Demattê et al. 2014). Auch lassen sich Bodenbearbeitung und Ernteprozesse optimieren, so dass Ernteverluste minimiert werden und die Qualität der Agrarprodukte steigt (Monaghan et al. 2013; King 2017; WBGU 2020). Für kleinbäuerliche Betriebe ist der Zugang zu Drohnen, Apps, etc. über Genossenschaften besonders wichtig.

Trotz der Chancen, die eine Transformation bietet, gibt es finanzielle Hürden aufgrund hoher Investitions-

und Opportunitätskosten (entgangene Gewinne aus bisheriger Geschäftstätigkeit und Entwaldung). Der Anreiz für Veränderungen besteht jedoch darin, das Klimarisiko von Vermögenswerten und das Risiko einer Regulierung durch Importländer zu verringern, die entwaldungsfreie Lieferketten für gefährdete Produkte wie Rindfleisch und Soja fordern (BMUV 2022). Sowohl Finanzakteure (Banken, Versicherungen u.a.) als auch große Verarbeitungsunternehmen nutzen daher zunehmend die Geschäftschancen, die sich aus der Transformation ergeben (Deutz et al. 2020; Blended Finance Taskforce 2021).

FAZIT

Die stark steigende exportorientierte Agrarproduktion in Lateinamerika führt in Verbindung mit Landnutzungsänderungen, tropischer Entwaldung, Ungleichheit und Armut und Unter- bzw. Überernährung zu erheblichen Kosten für Umwelt und Gesellschaft. Durch eine Diversifizierung der Produktionssysteme und die Ausrichtung des Agrarhandels auf Resilienz und Nachhaltigkeit besteht die Chance, die aufgezeigten unerwünschten Fehlentwicklungen und Fernwirkungen zu vermeiden. Deutlich wird in diesem Zusammenhang auch die Rolle, die globale Verbraucher wie die EU aufgrund indirekter Umweltexternalitäten spielen. Sie unterstreicht die Notwendigkeit nachfrageseitiger Richtlinien, die die Entwaldung in den Tropen effektiv begrenzen und ganze Lieferketten einschließen. Für eine Transformation werden auch innovative Finanzierungsmodelle gebraucht, die das Risiko streuen und den Finanzsektor in die Pflicht nehmen (vgl. Tab.1).

REFERENZEN

- Altieri, M. A., C. I. Nicholls, A. Henao und M. A. Lana (2015), »Agroecology and the Design of Climate Change-Resilient Farming Systems«, *Agronomy for Sustainable Development* 35(3), 869–890.
- Altieri, M. A. und V. M. Toledo (2011), »The Agroecological Revolution in Latin America: Rescuing Nature, Ensuring Food Sovereignty and Empowering Peasants«, *Journal of Peasant Studies* 38(3), 587–612.
- Anseeuw, W. und G. Baldinelli (2020), *Uneven Ground - Land Inequalities at the Heart of Unequal Societies*, International Land Coalition, Oxfam, verfügbar unter: <https://www.oxfam.org/en/research/uneven-ground-land-inequality-heart-unequal-societies>.
- Badgley, C., J. Moghtader, E. Quintero, E. Zakem, M. J. Chappell, K. Aviles-Vazquez, A. Samulon und I. Perfecto (2007), »Organic Agriculture and the Global Food Supply«, *Renewable Agriculture and Food Systems* 22, 86–108.
- Blended Finance Taskforce (2021), *Better Food Better Brazil - Accelerating Finance in Nature-Positive Agriculture in Brazil*, Blended Finance Taskforce, London.
- Björklund, J., H. Araya, S. Edwards, A. Goncalves, K. Hook, J. Lundberg und C. Medina (2012), »Ecosystem-Based Agriculture Combining Production and Conservation-A Viable Way to Feed the World in the Long Term?«, *Journal of Sustainable Agriculture* 36, 824–855.
- BMUV – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2022), »EU-Umweltrat stimmt für entwaldungsfreie Lieferketten«, Pressemitteilung Nr. 081/22/Naturschutz/Biologische Vielfalt, BMUV, Berlin.
- Ceddia, M. (2020), »The Super-Rich and Cropland Expansion via Direct Investments in Agriculture«, *Nature Sustainability* 3, 312–318.
- de Almeida da Silva, E., P. Petersen und F. Júnior Pereira (2009), »Lidando com extremos climáticos: análise comparativa entre lavouras

- convencionais e em transição ecológica no Planalto Norte de Santa Catarina», *Agriculturas: experiências em agroecologia* 6, 28–32.
- de Souza, H. N., R. G. M. de Goede, L. Brussaard, I. M. Cardoso, E. M. G. Duarte, R. B. A. Fernandes, L. C. Gomes und M. M. Pulleman (2012), »Protective Shade, Tree Diversity and Soil Properties in Coffee Agroforestry Systems in the Atlantic Rainforest Biome«, *Agriculture Ecosystems & Environment* 146, 179–196.
- Demattê, J. A. M., J. L. I. Demattê, E. R. Alves, R. Negro and J. L. Morelli (2014), »Precision Agriculture for Sugarcane Management: A Strategy Applied for Brazilian Conditions«, *Acta Scientiarum, Agronomy* 36(1), 111–117.
- De Sy, V., M. Herold, F. Achard, V. Avitabile, A. Baccini, S. Carter, J. G. P. W. Clevers, E. Lindquist, M. Pereira und L. Verchot (2019), »Tropical Deforestation Drivers and Associated Carbon Emission Factors Derived from Remote Sensing Data«, *Environmental Research Letters* 14(9), 094022.
- Deutz, A., G. Heal, R. Niu, E. Swanson, T. Townshend, L. Zhu, A. Delmar, A. Meghji, S. Sethi und J. Tobin (2020), *Financing Nature: Closing the Global Biodiversity Financing Gap*, The Paulson Institute, The Nature Conservancy, and the Cornell Atkinson Center for Sustainability, Chicago, Arlington, Ithaca.
- ECLAC, FAO und IICA – Economic Commission for Latin America and the Caribbean, Food and Agriculture Organization, Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture (2021), *The Outlook for Agriculture and Rural Development in the Americas: A Perspective on Latin America and the Caribbean 2021–2022*, ECLAC, FAO IICA, San Jose, verfügbar unter: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47209/1/ECLAC-FAO21-22_en.pdf.
- Faguet, J.-P., F. Sanchez und M.-J. Villaveces (2020), »The Perversion of Public Land Distribution by Landed Elites: Power, Inequality and Development in Colombia«, *World Development* 136, 105036.
- FAO – Food and Agriculture Organization (2021), *The State of Food and Agriculture (2021). Making Agrifood Systems more Resilient to Shocks and Stresses*, FAO, Rom.
- FAO, IFAD, PAHO, UNICEF und WFP – Food and Agriculture Organization, Internationaler Fonds für landwirtschaftliche Entwicklung, Pan American Health Organization, UNICEF, World Food Programme (2021), *Latin America and the Caribbean – Regional Overview of Food Security and Nutrition 2021: Statistics and trends*. FAO, Santiago.
- GIZ – Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (2020), »Agroecology & Organic Farming. Factsheet«, GIZ, Bonn und Eschborn.
- Henders, S., U. M. Persson T. Kastner (2015), »Trading Forests: Land-Use Change and Carbon Emissions Embodied in Production and Exports of Forest-Risk Commodities«, *Environmental Research Letters* 10(12), 125012.
- HLPE – High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition (2019), *Agroecological and other Innovative Approaches for Sustainable Agriculture and Food Systems that Enhance Food Security and Nutrition*, A Report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rom.
- Hong, C., H. Zhao, Y. Qin, J. A. Burney, J. Pongratz, K. Hartung, Y. Liufrance, C. Moore, R. B. Jackson, Q. Zhang und S. J. Davis (2022), »Land-Use Emissions Embodied in International Trade«, *SCIENCE* 376(6593), 597–603.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2019), *Climate Change and Land: An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems*, verfügbar unter: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/11/SRCLL-Full-Report-Compiled-191128.pdf>.
- IPES-Food – International Panel of Experts on Sustainable Food Systems (2017), »Too Big to Feed: Exploring the Impacts of Mega-Mergers, Concentration, Concentration of Power in the Agri-Food Sector«, verfügbar unter: https://www.ipes-food.org/_img/upload/files/Concentration_Full-Report.pdf.
- King, A. (2017), »The Future of Agriculture«, *Nature* 544(7651), 21–23.
- Lamb, W.F., T. Wiedmann, J. Pongratz, R. Andrew, M. Crippa, J. G. Olivier, D. Wiedenhofer, G. Mattioli, A. Al Khourdajie, J. House et al. (2021), »A Review of Trends and Drivers of Greenhouse Gas Emissions by Sector from 1990 to 2018«, *Environmental Research Letters* 16(7), 073005.
- Lambert, T. (2012), *Sojaproduktion in Lateinamerika – Futter statt Land*, Forschungs- und Dokumentationszentrum Chile-Lateinamerika e. V., verfügbar unter: <https://www.fdcl.org/2012/05/fallbeispiel-sojaproduktion-in-lateinamerika/>.
- Lowder, S., M. Sánchez und F. Bertini (2021), »Which Farms Feed the World and Has Farmland Become More Concentrated?«, *World Development* 141, 105455.
- Marengo, J. A., J. C. Jimenez, J. Espinoza, A. P. Cunha und L. E. O. Aragão (2022), »Increased Climate Pressure on the Agricultural Frontier in the Eastern Amazonia-Cerrado Transition Zone«, *Scientific Reports* 12(457), doi:10.1038/s41598-021-04241-4.
- Monaghan, J.M., A. Daccache, L. H. Vickers, T. M. Hess, E. K. Weatherhead, I. G. Grove J. W. Knox (2013), »More « crop per drop»: Constraints and Opportunities for Precision Irrigation in European Agriculture«, *Journal of the Science of Food and Agriculture* 93(5), 977–980.
- Morris, M., A.R. Sebastian und V.M.E. Perego mit J. Nash, E. Díaz-Bonilla, V. Piñeiro, D. Laborde, T.S. Thomas, P. Prabhala, J. Arias, C. P. De Salvo und M. Centurion (2020), *Future Foodscapes – Re-imagining Agriculture in Latin America and the Caribbean*, The World Bank, Washington D.C.
- OECD, ECLAC, CAF Development Bank of Latin America and European Commission (2021), *Latin American Economic Outlook 2021 – Working Together for a Better Recovery*. OECD Publishing, Paris.
- OECD und FAO (2022), *OECD-FAO Agricultural Outlook 2022–2031*, OECD Publishing, Paris.
- Oxfam (2016), *Unearthed: Land, Power and Inequality In Latin America*, Oxfam, verfügbar unter: <https://www.oxfam.org/en/research/unearthed-land-power-and-inequality-latin-america>.
- Pendrill, F., U. Persson, J. Godar, T. Kastner, D. Moran, S. Schmidt und R. Wood (2019), »Agricultural and Forestry Trade Drives Large Share of Tropical Deforestation Emissions«, *Global Environmental Change* 56, 1–10.
- Pretty, J., T. G. Benton, Z. P. Bharucha, L. V. Dicks, C. B. Flora, H. C. J. Godfray, D. Goulson, S. Hartley, N. Lampkin, C. Morris, G. Pierzynski, P. V. V. Prasad, J. Reganold, J. Rockstrom, P. Smith, P. Thorne, S. Wratten (2018), »Global Assessment of Agricultural System Redesign for Sustainable Intensification«, *Nature Sustainability* 1(8), 441–446.
- Rivest, D., M. Lorente, A. Olivier und C. Messier (2013), »Soil Biochemical Properties and Microbial Resilience in Agroforestry Systems: Effects on Wheat Growth under Controlled Drought and Flooding Conditions«, *Science of the Total Environment* 463–464, 51–60.
- Rudel T.K., R. Defries, G. P. Asner und W. F. Laurance (2009), »Changing Drivers of Deforestation and New Opportunities for Conservation«, *Conservation Biology* 23, 1396–1405.
- Sulser, T.B., D. Mason-D’Croz, S. Islam, S. Robinson, K. Wiebe und M.W. Rosegrant (2015), »Africa in the Global Agricultural Economy in 2030 and 2050«, in: O. Badiane und T. Makombe (Hrsg.), *Beyond a Middle Income Africa: Transforming African Economies for Sustained Growth with Rising Employment and Incomes*, International Food Policy Research Institute (IFPRI), Washington, D.C., Kapitel 2.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2020), *Landwende im Anthropozän: Von der Konkurrenz zur Integration*, WBGU, Berlin.
- Weltbank (2014), *Turn Down the Heat: Confronting the New Climate Normal*, Weltbank, Washington, D.C.
- Wigan, D. (2020), »Marfrig Shakes up Sustainable Finance with Beef Bond«, *The Banker*, verfügbar unter: <https://www.thebanker.com/Sustainability/Marfrig-shakes-up-sustainable-finance-with-beef-bond>.
- Yu Y., K. Feng und K. Hubacek (2013), »Tele-Connecting Local Consumption to Global Land Use«, *Global Environmental Change* 23, 1178–1186.
- zu Ermgassen, E. K. H. J., B. Ayre, J. Godar, M. G. Bastos Lima, S. Bauch, J. Garrett, M. J. Green, P. Lathuillière, C. Löfgren, P. MacFarquhar, P. Meyfroidt, C. Suavet, C. West, und T. Gardner (2020) »Using Supply Chain Data to Monitor Zero Deforestation Commitments: An Assessment of Progress in the Brazilian Soy Sector«, *Environmental Research Letters* 15, 35003.