

FORSCHUNGSERGEBNISSE

Integrationsperspektive von ukrainischen Geflüchteten im deutschen Schulsystem

*Katja Michlbauer und
Lukas Mergele*

DATEN UND PROGNOSEN

Aktuelle Entwicklungen bei Materialengpässen und Lieferproblemen in der Industrie

Klaus Wohlrabe

IM BLICKPUNKT

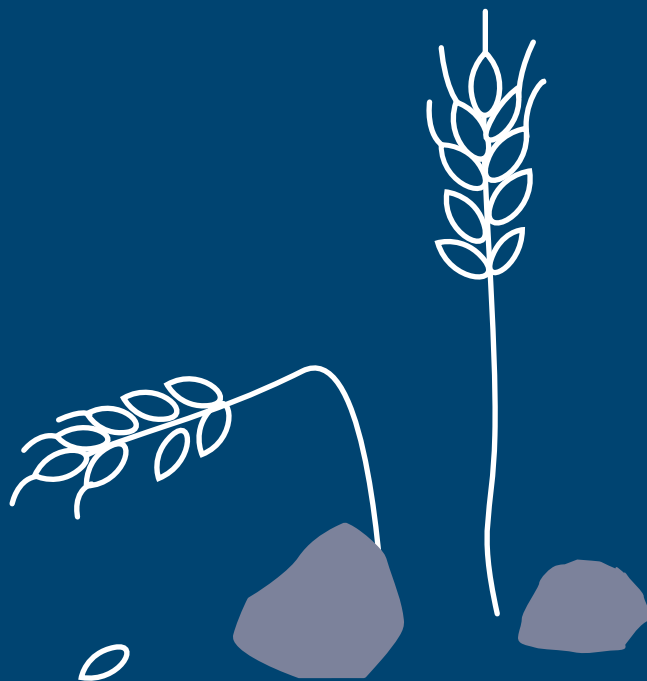
Die ökonomischen Auswirkungen des Russlandembargos der EU

Timo Walter

ZUR DISKUSSION GESTELLT

Anpassung an den Klimawandel – Lasten verteilen und Ernährungssicherheit schaffen

Reimund Schwarze, Robert Finger, Reimund P. Rötter und Mareike Köster, Klaus Müller, Theresa Hübsch, Maria Waldinger, Franziska Wintersteller und Gerome Wolf, Ulrike Grote, Etti Winter und Robyn Blake-Rath



ifo Schnelldienst
ISSN 0018-974 X (Druckversion)
ISSN 2199-4455 (elektronische Version)

Herausgeber: ifo Institut, Poschingerstraße 5, 81679 München, Postfach 86 04 60, 81631 München,
Telefon (089) 92 24-0, Telefax (089) 98 53 69, E-Mail: ifo@ifo.de.
Redaktion: Dr. Marga Jennewein, Dr. Cornelia Geißler.
Redaktionskomitee: Prof. Dr. Dr. h.c. Clemens Fuest, Dr. Yvonne Giesing, Dr. Christa Hainz, Prof. Dr. Chang Woon Nam.
Vertrieb: ifo Institut.

Erscheinungsweise: monatlich + zwei Sonderausgaben.
Bezugspreis jährlich: EUR 150,-
Preis des Einzelheftes: EUR 12,-
jeweils zuzüglich Versandkosten.
Layout: Kochan & Partner GmbH.
Satz: ifo Institut.
Druck: SAS Druck, Fürstenfeldbruck.
Nachdruck und sonstige Verbreitung (auch auszugsweise):
nur mit Quellenangabe und gegen Einsendung eines Belegexemplars.

im Internet:
<https://www.ifo.de>

8/2022

ifo SCHNELLDIENST

Anpassung an den Klimawandel –Lasten verteilen und Ernährungssicherheit schaffen

Im Jahr 2021 waren knapp 10% der Weltbevölkerung von Hunger bedroht. Hauptursache der zunehmenden Ernährungsunsicherheit ist der fortschreitende Klimawandel. Er verursacht Extremwetterereignisse wie Dürren, Hitzewellen oder Überflutungen. Zudem haben die Auswirkungen der Covid-19-Pandemie und der Krieg in der Ukraine die Lebensmittelpreise stark in die Höhe getrieben. Deshalb leiden immer mehr Menschen vor allem in den ärmeren, von Getreideimporten abhängigen Ländern Hunger.

Unsere Autor*innen diskutieren, wie die Europäische Union zur globalen Ernährungssicherheit beitragen kann. Wie sähe eine an den Klimawandel angepasste Landwirtschaft in der EU aus? Reicht es, klimaresiliente Pflanzen zu züchten? Sollten wir die Agrobiodiversität erhöhen? Können wir Treibhausgase reduzieren? Oder ist Agri-Photovoltaik die geeignete Methode, da sie erlaubt, einen Großteil der für die Energiegewinnung genutzten Flächen mit einer angepassten Technologie weiter zu bewirtschaften?

Zudem untersuchen sie die Situation in Afrika, wo viele Länder stark unter den Auswirkungen des Klimawandels leiden.

Sie besitzen nur begrenzte finanzielle und institutionelle Ressourcen, um ihre Landwirtschaft anzupassen. Kann Diversifizierung die klimabedingten Risiken minimieren? Und sie zeigen den Beitrag, den der Agrarsektor Lateinamerikas zum Erhalt der Biodiversität und zur Ernährungssicherheit leisten könnte.



Auf unserer Website finden Sie weitere Berichte und Analysen zur Klimapolitik:

<https://www.ifo.de/themen/klimapolitik>

ZUR DISKUSSION GESTELLT

Anpassung an den Klimawandel – Lasten verteilen und Ernährungssicherheit schaffen

Mehr Widerstandsfähigkeit gegen Ernährungskrisen 3
Reimund Schwarze

Klimawandel und die europäische Landwirtschaft:
Auswirkungen und Anpassungsmaßnahmen 5
Robert Finger

Klimawandel und Ernährungssicherheit: Inwieweit könnte eine angepasste
Landwirtschaft in der Europäischen Union zur globalen Ernährungssicherheit beitragen? 10
Reimund P. Rötter und Mareike Köster

Anpassung an den Klimawandel – Agri-Photovoltaik als Chance für Landwirtschaft
und Gesellschaft 14
Klaus Müller

Ernährungssicherheit in Subsahara-Afrika: Auswirkung von
Klimawandel und bewaffneten Konflikten 18
Theresa Hübsch, Maria Waldinger, Franziska Wintersteller und Gerome Wolf

Klimaschutz, Biodiversitätserhalt und Ernährungssicherung: Welchen Beitrag leistet
der Agrarsektor in Lateinamerika 23
Ulrike Grote, Etti Winter und Robyn Blake-Rath

FORSCHUNGSERGEBNISSE

Integrationsperspektive von ukrainischen Geflüchteten im deutschen Schulsystem 29
Katja Michlbauer und Lukas Mergele

DATEN UND PROGNOSEN

Aktuelle Entwicklungen bei Materialengpässen und Lieferproblemen in der Industrie 35
Klaus Wohlrabe

IM BLICKPUNKT

Die ökonomischen Auswirkungen des Russlandembargos der EU 38
Timo Walter

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

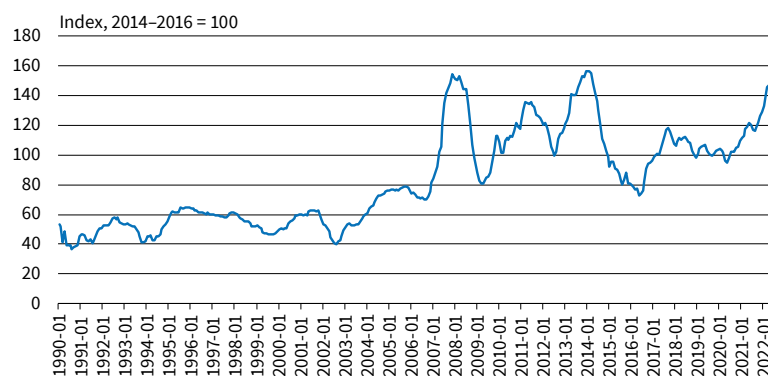


Prof. Dr. Reimund Schwarze

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).

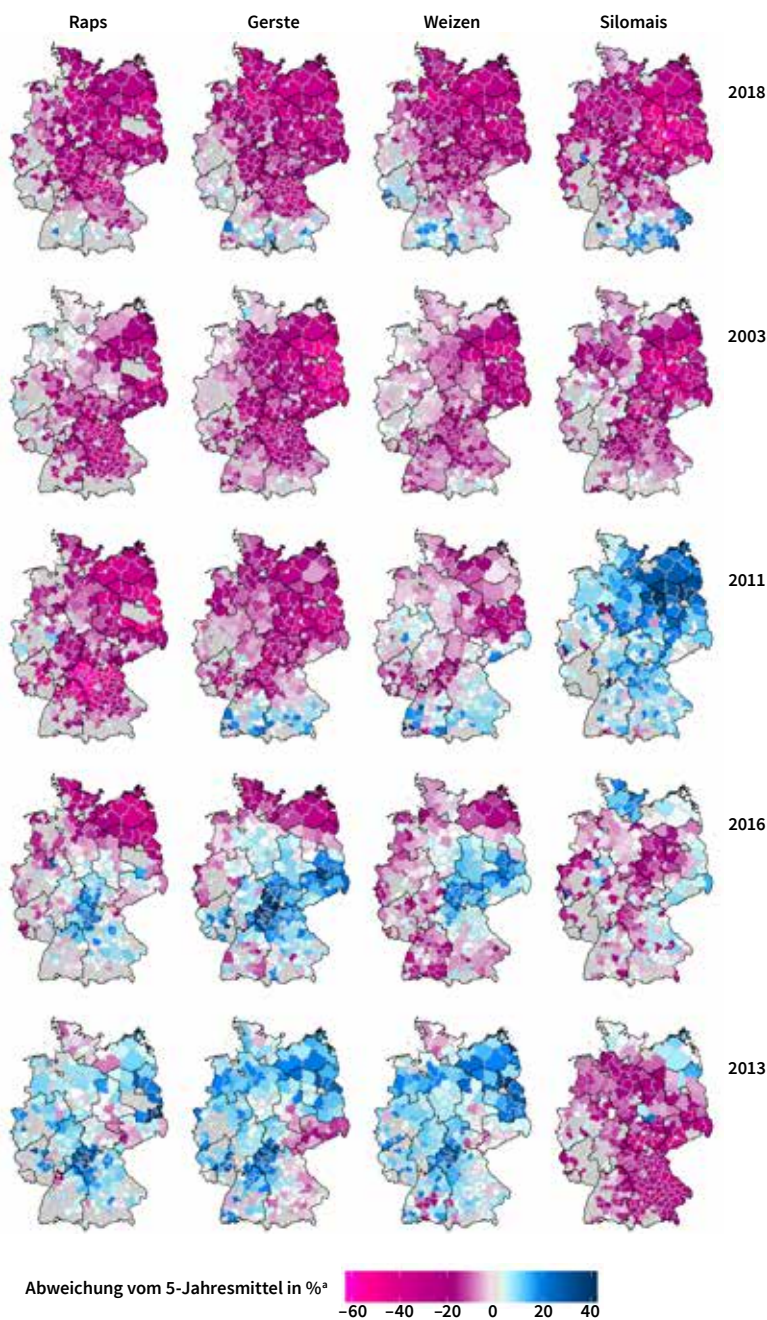
Eine Anpassung an den Klimawandel ist für die europäische Landwirtschaft möglich, dies geht aber oft mit hohen Kosten einher. Die Anpassung an bestimmte Aspekte des Klimawandels, wie im Mittel wärmere Temperaturen, ist dabei einfacher (z.B. durch angepasste Sortenwahl) als die Anpassung an größere Unsicherheiten 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 Obstsorten 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; Vítasse 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. Zalud 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).

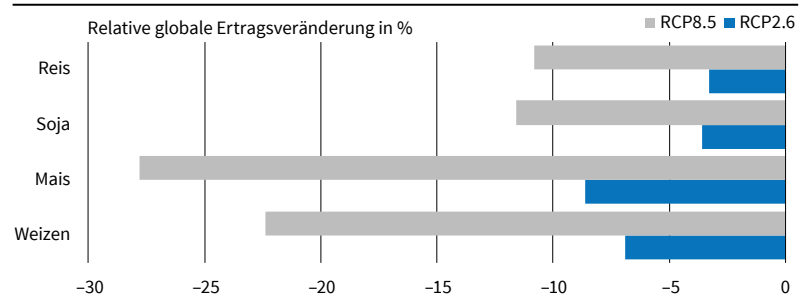
Zusätzlich wird Ernährungssicherheit durch begrenzte natürliche Ressourcen, niedrige Produktivitätssteigerungen der Kleinbauern (speziell in Afrika) (Van Ittersum et al. 2016) sowie stagnierende Erträge in hochproduktiven Agrarregionen bedroht (Senapati et al. 2022).

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«, *PLoS One* 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\(gegenen%3%BCber%201990\)%20betragen.](https://www.bmuv.de/themen/klimaschutz-anpassung/klimaschutz/nationale-klimapolitik/klimaschutzplan-2050#:~:text=Im%20Klimaschutzplan%202050%20hat%20die,Prozent%20(gegenen%3%BCber%201990)%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/ZwBericht-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 volatiler 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.

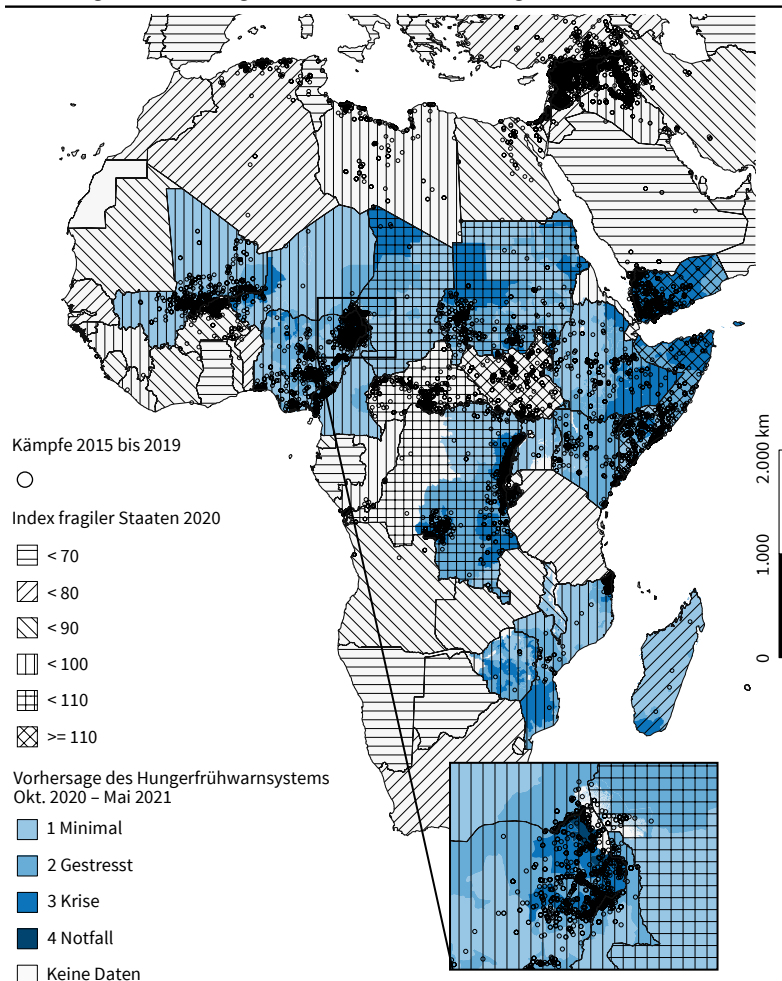
KLIMAWANDEL GEFÄHRDET NAHRUNGSSICHERHEIT DURCH GEWALTSAME KONFLIKTE

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. Busetz (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. Soreteberg, 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?

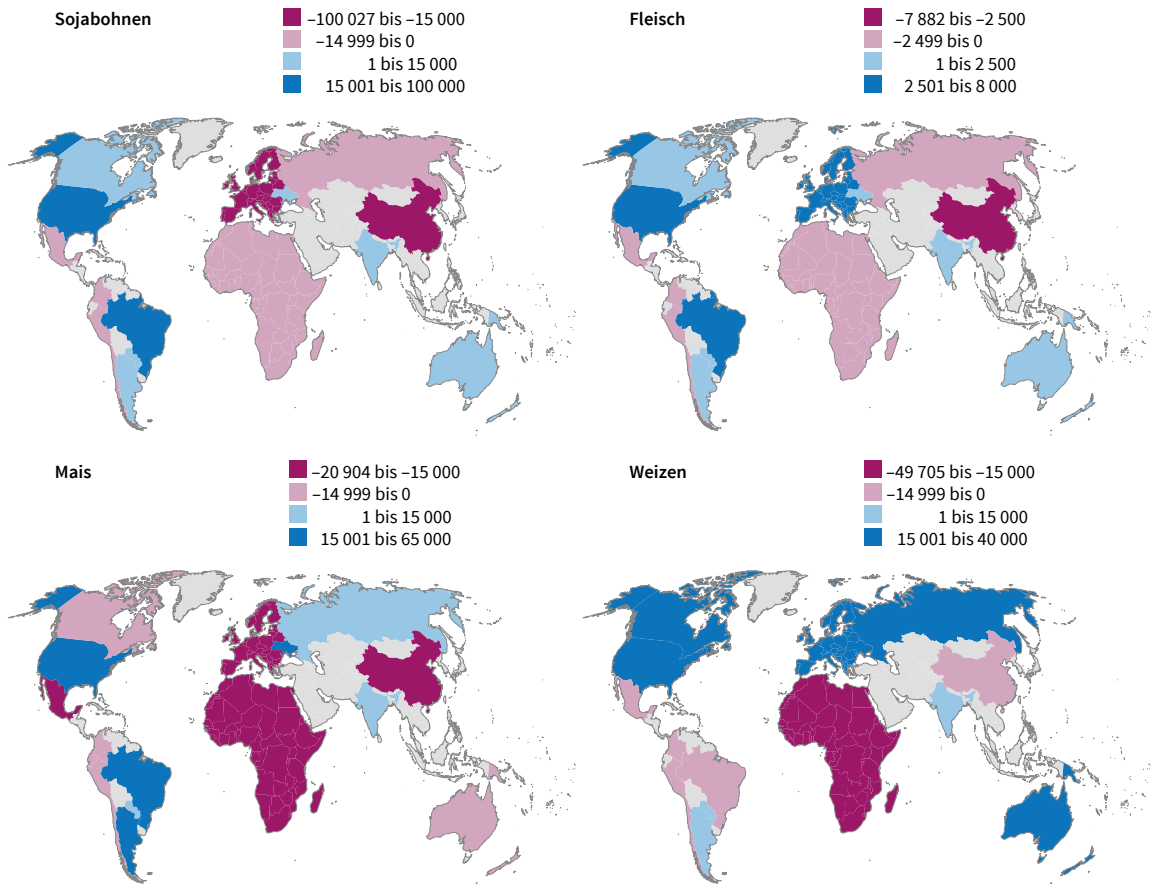
Die Verfügbarkeit von Land, Wasser und Know-how hat Lateinamerika zum weltweit größten Nettonahrungsmittelexporteur avancieren lassen. Der Agrarsektor hat das Potenzial, einen wichtigen Beitrag zur Reduzierung und Stabilisierung der Weltmarktpreise für Nahrungsmittel zu leisten und somit zur Ernährungssicherung 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.

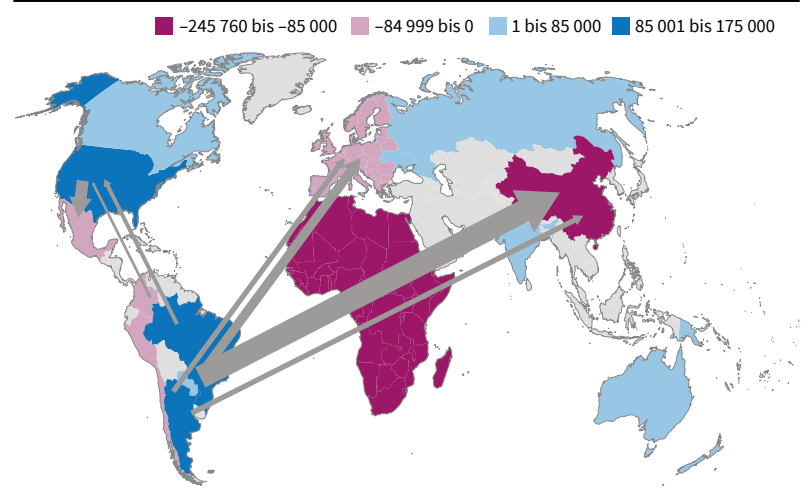
Soja aus Lateinamerika wird größtenteils in die EU und nach China exportiert (zu Ermgassen et al. 2020) (vgl. Abb. 2). In der EU ist der Anstieg der Sojabohnenimporte auf die BSE-Krise in den 2000er Jahren zurückzuführen, die zu einem Verbot der Verfütterung von Tiermehl führte (Lambert 2012), so dass 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.

Katja Michlbauer und Lukas Mergel

Integrationsperspektive von ukrainischen Geflüchteten im deutschen Schulsystem

Der Angriff Russlands auf die Ukraine, der am 24. Februar 2022 begann, löste die schnellste und größte Fluchtbewegung in Europa der vergangenen Jahrzehnte aus. Bis zum 19. Juli 2022 sind 6 Mio. Menschen aus der Ukraine nach Europa geflüchtet (UNHCR 2022). Zum Vergleich, im gesamten Jahr 2015, dem Hochpunkt der europäischen Flüchtlingskrise, wurden in Europa 1,3 Millionen Asylanträge gestellt (Pew Research Center 2016). In Deutschland allein befinden sich aktuell rund 890 000 ukrainische Geflüchtete, und die Langfristigkeit ihres Aufenthalts bleibt unklar. Der hohe Anteil geflüchteter Kinder und Jugendlicher weckt die Frage nach der besten Integration in das deutsche Bildungssystem. Zugang zu adäquater Bildung beeinflusst nicht nur zukünftige Karriereverläufe, sondern auch soziale Teilhabe und Integration.

Maßnahmen zur Bildungsintegration haben also eine große Bedeutung für die betroffenen Kinder und Jugendlichen. Dieser Beitrag untersucht, auf welchen Voraussetzungen seitens der ukrainischen Schulkinder mögliche Maßnahmen aufbauen können. Im ersten Teil skizzieren wir die Folgen von Krieg und Flucht für die schulische Entwicklung. Danach untersuchen wir auf der Basis der standardisierten PISA-Studie 2018, welche Lernstandsunterschiede zwischen ukrainischen und deutschen Schulkindern bestehen. Abschließend beschreiben wir die Integrationsperspektive der geflüchteten Schulkinder im deutschen Bildungssystem und mögliche Handlungsoptionen für den Bildungssektor.

FOLGEN VON FLUCHT FÜR SCHULISCHE ENTWICKLUNG

Die Folgen von Flucht für die schulische Entwicklung von Kindern sind vielerlei Natur. Erstens verliert die Ukraine als Land Humankapital, das für den Wiederaufbau und die Erholung der Wirtschaftskraft des Landes essenziell ist (Angrist et al. 2022). Schulkinder verbringen weniger Zeit in der Schule wegen Schulschließungen, Flucht, Beitritt in die Armee oder Umverteilung innerhalb der Ukraine an Orte ohne Schulkapazitäten für sie. Abschlüsse können nicht erlangt und Studienplätze nicht angetreten werden. Zusätzlich ist die in der Schule verbrachte Zeit weniger effektiv, da der Krieg für eine schlechtere Lernatmosphäre und permanente Ablenkung sorgt und dadurch die mentale

IN KÜRZE

Der anhaltende Angriffskrieg in der Ukraine stellt Deutschland vor die Frage, wie es die ukrainischen Geflüchteten bestmöglich unterstützen kann. Der hohe Anteil geflüchteter Schulkinder rückt dabei die Frage nach Schulbildung in den Fokus. Diese ist essenziell sowohl für eine gelingende Integration in Deutschland als auch für die Rückkehr in ihr Heimatland. Eine Auswertung der PISA-Studie 2018 zeigt, dass ukrainische Schulkinder in einem standardisierten Test unter dem Niveau von deutschen Schulkindern abschneiden, insbesondere in Mathematik. Die Leistungen liegen jedoch deutlich über denen der EU-Mitgliedstaaten Bulgarien und Rumänien, aus denen bereits zahlreiche Kinder in das deutsche Schulsystem integriert wurden.

Verfassung der Schulkinder beeinträchtigt. Unterricht zu Kriegszeiten bedeutet konstante Bedrohung und regelmäßige Flucht in Luftschutzbunker, zumindest sofern Schulen überhaupt geöffnet bleiben (Kubwalo 2017).

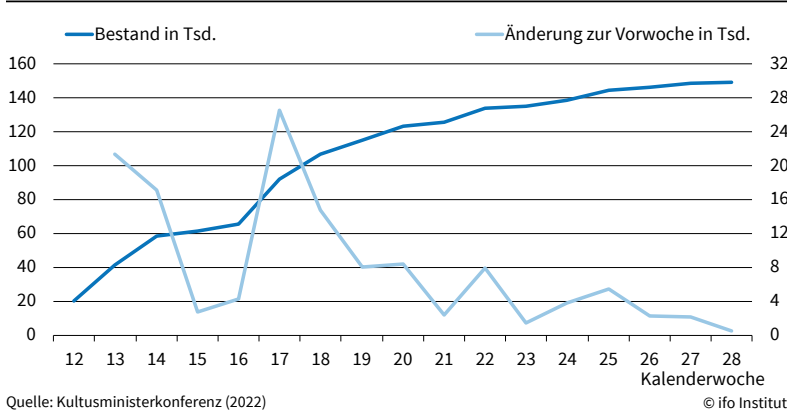
Zweitens verschlimmern Krisen die Ungleichheit im betroffenen Land. Brück et al. (2022) zeigen, dass in Krisen Schulkinder mit geringeren schulischen Leistungen einen stärkeren Rückgang an Bildungsergebnissen aufweisen als solche mit höheren Leistungen. Grewenig et al. (2020) zeigten die Gültigkeit dieser Ergebnisse bereits für Covid-19-bedingte Schulschließungen in Deutschland. Ähnliches gilt für Schulkinder mit hohem und niedrigem sozioökonomischem Status.

Diese Folgen zeigen die Notwendigkeit auf, schnelle und effektive Maßnahmen zu ergreifen, um die Bildungschancen von Ukrainer*innen zu erhöhen. Deutschland trägt die Verantwortung dafür, dies für die nach Deutschland geflüchteten Schulkinder zu tun.

AUSMASS DER HERAUSFORDERUNG FÜR DAS DEUTSCHE BILDUNGSSYSTEM

Für Deutschland stellt sich nun die Frage, wie man ukrainische Geflüchtete bestmöglich auf ihrem Bildungsweg unterstützen und in das deutsche Bildungssystem integrieren kann. Dafür muss zunächst das Ausmaß

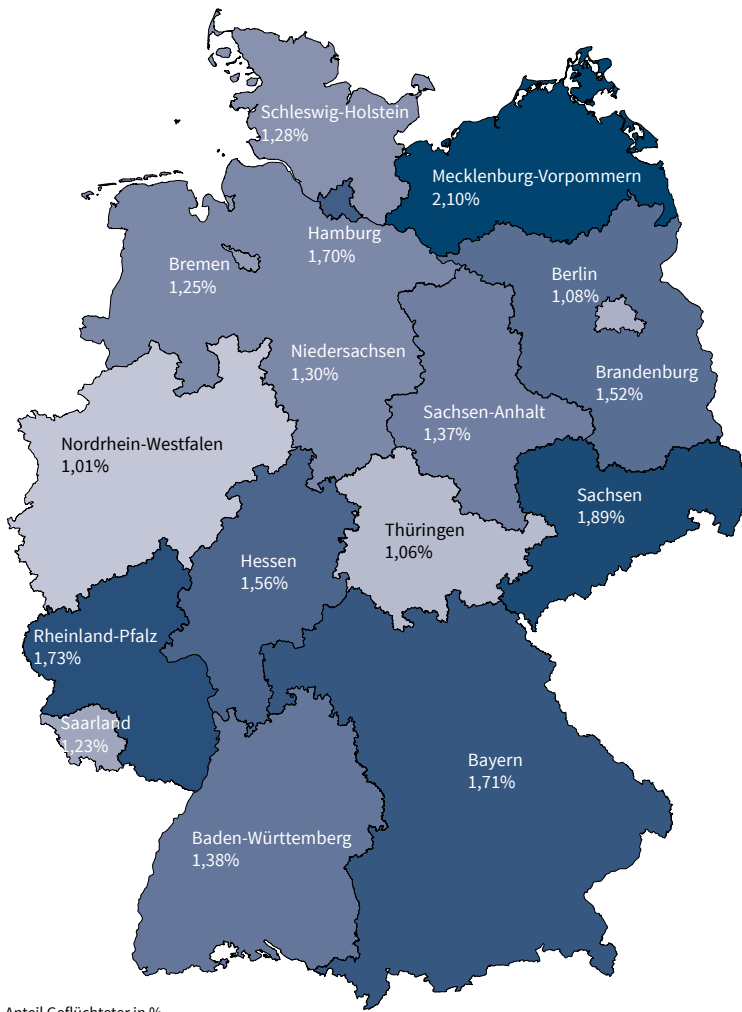
Abb. 1
Geflüchtete Kinder aus der Ukraine an deutschen Schulen



dieser Herausforderung geklärt werden. Wie viele Geflüchtete müssen wie langfristig mit Bildung versorgt und integriert werden? Wie viele wurden schon vorübergehend integriert?

Am 19. Juli 2022 ist Deutschland mit rund 670 000 Flüchtlingen nach Russland und Polen das Land mit den meisten Geflüchteten aus der Ukraine,

Abb. 2
Relation neu aufgenommene zu bestehender Schülerschaft an deutschen Schulen



die für einen vorübergehenden Schutz oder ähnliche nationale Schutzprogramme registriert sind (UNHCR 2022). Darunter befinden sich rund 150 000 Kinder und Jugendliche, die bereits an allgemeinbildenden und beruflichen Schulen in Deutschland aufgenommen wurden.

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung dieses Bestandes an aufgenommenen Schulkindern für die Kalenderwochen 12 bis 28. Russlands Überfall auf die Ukraine begann in der 8. Kalenderwoche dieses Jahres. Trotz stets positivem wöchentlichem Zuwachs des Bestandes, mit einem Zuwachsmaximum von 26 500 neu aufgenommenen ukrainischen Schulkindern in der 17. Kalenderwoche, ist ein deutlicher Abwärtstrend im wöchentlichen Zuwachs erkennbar. In den letzten beiden Kalenderwochen ist dieser jedoch auch auf Ferienbeginn und damit fehlende Neuerfassungen in einigen Bundesländern zurückzuführen. Langfristig gesehen werden wöchentlich weniger neue geflüchtete Schul Kinder aufgenommen. Dennoch ist der Bestand nicht rückläufig. Dies weist darauf hin, dass die bereits aufgenommenen Schul Kinder noch länger in Deutschland verweilen und ein Konzept für die Gewährleistung der Fortführung ihrer schulischen Ausbildung in Deutschland dringend notwendig ist. Eine Umfrage von Anfang Juni 2022 spricht deutlich für eine gewünschte langfristige Integration von vielen ukrainischen Familien in Deutschland (Panchenko 2022). 52% der Befragten geben an, dass sie in den nächsten zwei Jahren in Deutschland bleiben werden, während 46% davon ausgehen, in den nächsten zwei Jahren in die Ukraine zurückzukehren. Jedoch ist die Umsetzbarkeit dieser Wünsche stark durch äußere Faktoren wie dem Kriegsverlauf und einem möglichen Wiederaufbau determiniert.

Abbildung 2 veranschaulicht das relative Ausmaß der Herausforderung für das deutsche Schulbildungssystem. Dargestellt ist das Verhältnis der aktuellen Anzahl an aufgenommenen Kindern und Jugendlichen aus der Ukraine an den allgemeinbildenden und beruflichen Schulen mit der Anzahl an Schulkindern an selbigen Schulen im Jahr 2020 vor der Krise pro Bundesland. Im Durchschnitt entspricht die Anzahl ukrainischer Schul Kinder 1,45% der vor der Krise schulpflichtigen Kinder an deutschen Schulen. Dies weist auf eine spürbare Herausforderung für das deutsche Schulsystem hin. Regionale Unterschiede sind deutlich erkennbar.

Mit einem Maximum von 2,10% ist das Bundesland Mecklenburg-Vorpommern beispielsweise doppelt so stark betroffen wie Nordrhein-Westfalen. Zwar erfolgt die Verteilung von Geflüchteten innerhalb von Deutschland, sofern man keine private und dauerhafte Unterkunft hat, nach dem sogenannten Königsteiner Schlüssel (BAMF 2022a). Dieser legt fest, wie viele Geflüchtete ein Bundesland aufnehmen muss, und sorgt für eine angemessene Aufteilung des Versorgungsaufwandes zwischen den Bundesländern (BAMF 2022b). Dennoch kommen regional unterschiedliche Ansied-

lungsmuster zustande, da die Geflüchteten private Unterkünfte organisieren und dort bleiben können.

Neben der reinen Anzahl an neuen Schulkindern determiniert auch deren Vorwissen die Größe der Herausforderung für das deutsche Schulsystem. Zu diesem Zweck untersuchen wir im nächsten Schritt, wie die ukrainischen Schulkinder vor dem Krieg im internationalen Vergleich abschneiden.

DER BILDUNGSHINTERGRUND UKRAINISCHER SCHULKINDER

Wie sind die ukrainischen Kinder auf das deutsche Bildungssystem vorbereitet?

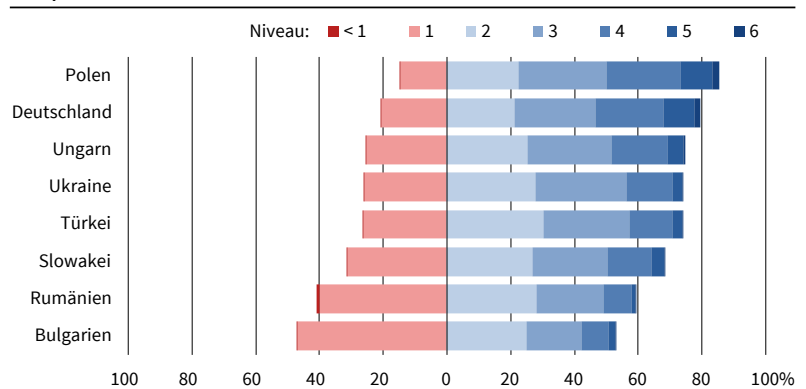
In der Ukraine erreichen viele Absolventen einen tertiären Bildungsabschluss, was für eine hohe Leistungsfähigkeit des Bildungssystems spricht. Konkret hatten 2020 rund 57% der 30- bis 34-jährigen Ukrainer*innen einen tertiären Bildungsabschluss (Eurostat 2022a), während dies in Deutschland nur auf 37% dieser Alterskohorte zutrifft (Eurostat 2022b). Jedoch ist die Zahl der Abschlüsse nicht automatisch ein Qualitätsmerkmal: So stehen einem hohen Lehrer-Schüler-Verhältnis ein Ruf für unzureichende Finanzierung und ineffiziente Nutzung der vorhandenen Haushaltsmittel für (Sekundar-)Bildung gegenüber (Povoroznyk 2017). Um einzuschätzen, ob die hohe Quantität an Bildung in der Ukraine auch mit entsprechender Qualität einhergeht, untersuchen wir letztere anhand der Ergebnisse des international standardisierten PISA-Tests.

Laut Daten der PISA-Studie von 2018 schneidet das ukrainische Schulsystem im Ländervergleich mittelmäßig ab. Die Abbildungen 3 bis 5 zeigen je die Leistungsniveaus der Schulkinder verschiedener Länder beim Lesen, in Mathematik und in Naturwissenschaften. Neben Deutschland und der Ukraine werden zum Vergleich die Ergebnisse weiterer wichtiger Herkunftsländer von Schulkindern in Deutschland herangezogen. Allgemein gilt, je höher das Niveau, desto höher die Kompetenz in der jeweiligen Domäne. Niveau 2 gilt als das Mindestmaß an Kenntnissen, das Schulkinder erwerben müssen, um in ihrer Ausbildung voranzukommen und an der modernen Gesellschaft teilzuhaben, und ist somit unser Benchmark. Schulkinder mit Niveau 1 oder niedriger gelten demnach als Risikogruppe und Kinder mit einem Niveau von 5 oder 6 als überdurchschnittlich kompetent in der jeweiligen Disziplin. Je größer der rote Balken links der Nulllinie, desto schlechter das allgemeine Kompetenzniveau der Schulkinder des jeweiligen Landes.

Über die verschiedenen Domänen hinweg schneidet die Ukraine im Ländervergleich mit ausgewählten Ländern mittelmäßig ab. Polen als Spitzenreiter und Deutschland schneiden am besten ab. Ungarn und die Türkei bilden zusammen mit der Ukraine das Mittelfeld, mit vergleichbaren Verteilungen über die verschiedenen Kompetenzniveaus. Die jüngsten EU-Mitgliedsländer Rumänien und Bulgarien landen deutlich hinter dieser Mittelgruppe und bilden das Schlusslicht.

Abb. 3

Kompetenzniveaus Lesen



Quelle: OECD (2022).

© ifo Institut

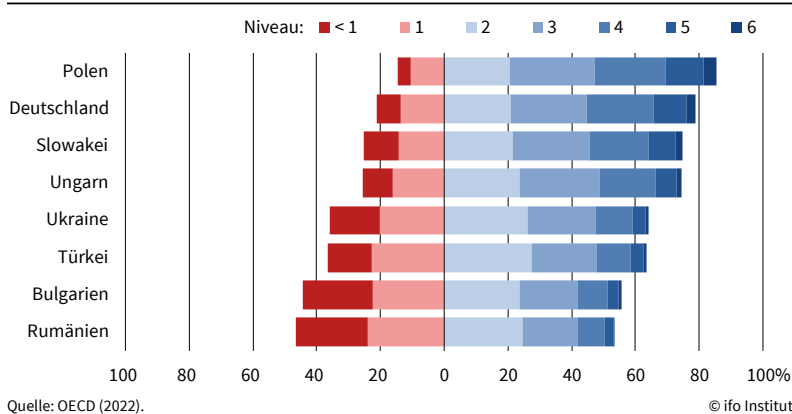
Im direkten Vergleich mit Deutschland hat die Ukraine einen Rückstand in der Domäne Lesen. So weist die Ukraine mit 25,9% ihrer Schulkinder unter dem Kompetenzniveau 2 deutlich mehr bildungsschwache Schulkinder auf als Deutschland mit einem Anteil von 20,7%. Auch in den unteren Niveaus oberhalb der Grenze zum Mindestmaß an Kompetenz, nämlich Niveaus 2 und 3, weist die Ukraine einen höheren Anteil ihrer Schulkinder auf als Deutschland. Dies dreht sich ab Kompetenzniveau 4, denn in den höheren Kompetenzniveaus 4, 5 und 6 weist Deutschland folglich einen höheren Anteil seiner Schulkinder auf als die Ukraine. So befinden sich beispielsweise 1,8% der deutschen Schulkinder im obersten Niveau 6, während dies nur auf 0,2% der ukrainischen Schulkinder zutrifft.

DAS UKRAINISCHE SCHULSYSTEM

Eingeschult werden Kinder mit sechs Jahren in die Primarstufe, die die 1. bis 4. Klasse umfasst. Darauf folgt die Sekundarstufe I, bestehend aus der 5. bis 9. Klasse, die man mit Bestehen der Abschlussprüfung zur mittleren Reife in der 9. Klasse abschließen kann, um eine Berufsausbildung zu beginnen. Alternativ baut die zweijährige Sekundarstufe II darauf auf und endet mit einer externen Abiturprüfung in der 11. Klasse, die den Hochschulzugang ermöglicht. Während die Prüfungen nach der 9. Klasse 2022 ausfallen, findet dieses Zentralabitur mit einheitlichen Prüfungsaufgaben zwar statt, aber nicht in regulärer Form. Eine Erweiterung der Sekundarstufe II um eine 12. Klasse wurde für das Jahr 2027 beschlossen (Anders 2022).

Abb. 4

Kompetenzniveaus Mathematik



Im direkten Vergleich mit Deutschland weist die Ukraine in der Domäne Mathematik noch deutlichere Defizite auf als beim Lesen, da mehr Schulkinder nicht das Mindestniveau an Mathematikkompetenz aufweisen. Mit 15,6% ist der Anteil ukrainischer Schulkinder unter Niveau 1 mehr als doppelt so hoch wie der von 7,6% in Deutschland. Auch der Anteil der Kinder mit Niveau 1 ist mit 20,3% deutlich höher in der Ukraine als mit 13,5% in Deutschland. Während der Anteil ukrainischer Schulkinder in Niveau 2 höher ist als in Deutschland, dreht sich dies ab Niveau 3. In den Spitzenniveaus 5 und 6 befinden sich mit je 10,5% und 2,8% relativ zur Gesamtzahl an Schulkindern in Deutschland deutlich mehr Schulkinder als in der Ukraine mit Anteilen von 4,0% und 1,0%. Auch in der Mathematik schneiden Schulkinder aus der Ukraine insgesamt jedoch deutlich besser ab als die EU-Mitgliedsländer Bulgarien und Rumänien.

Auch in der Domäne der Naturwissenschaften liegen die deutschen Schulkinder im Vergleich deutlich vor den ukrainischen, auch wenn die Unterschiede nicht so gravierend sind wie in der Mathematik und auch geringer als beim Lesen. Mit insgesamt 26,4% der Schulkinder unter dem Mindestkompetenzniveau weist die Ukraine einen höheren Anteil an schwachen Schulkindern in diesem Fach auf als Deutschland mit 19,6%. Während auch der Anteil an Schulkindern mit Niveau 2

in der Ukraine höher ist, ähneln sich die Anteile der Kinder mit Kompetenzniveau 3 und ab Niveau 4 ist der Anteil deutscher Schulkinder in den jeweiligen Niveaus stets höher als der Anteil ukrainischer Schulkinder.

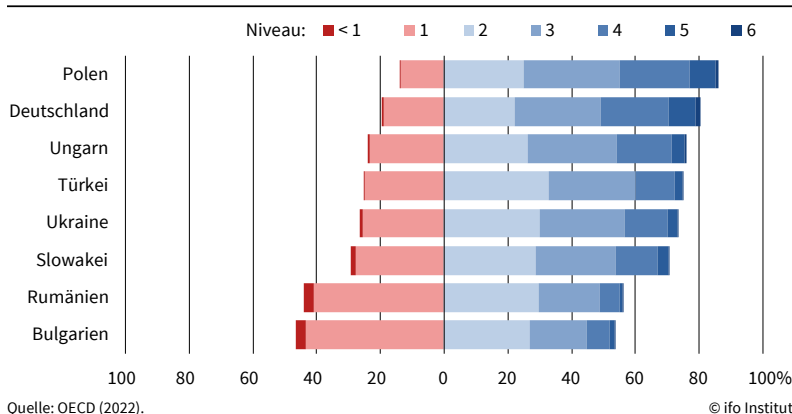
Insgesamt lässt sich konstatieren, dass die ukrainischen Schulkinder im direkten Vergleich zu deutschen Schulkindern schlechter abschneiden. Die größten relativen Unterschiede bestehen in der Mathematik und die geringsten im Bereich Naturwissenschaften. Im gesamten Ländervergleich bewegt sich die Ukraine im oberen Mittelfeld der ausgewählten Vergleichsländer und damit besser als Länder wie Bulgarien oder Rumänien, aus denen bereits zahlreiche Kinder in das deutsche Schulsystem integriert wurden.

SELEKTION DER FLÜCHTLINGE

Es bleibt die Frage zu klären, ob die Schulleistungsdaten für die Ukraine insgesamt auch repräsentativ für die in Deutschland angekommenen Schulkinder sein können. Nach Deutschland fliehen vorwiegend Menschen, die ein soziales Netzwerk in Deutschland haben oder es sich erhoffen, wie eine Umfrage des BMI vom März 2022 zeigt (BMI 2022). Die Präsenz von Freunden, Familienangehörigen und anderen früher geflüchteten Ukrainer*innen in Deutschland sind zusammen mit der Möglichkeit, schnell eine Arbeit zu finden, die Hauptgründe für Deutschland als Fluchtziel. Eine aktuellere Umfrage von Ende Mai bis Anfang Juni 2022 bestätigt die Erkenntnis, dass das soziale Netzwerk der Hauptgrund ist. Von den 685 Teilnehmenden wählten 31% Deutschland als Zielland wegen Freund*innen in Deutschland, 26% wegen Verwandten in Deutschland, 20% wegen Zufall, 17% wegen Unterstützung in Deutschland und der Rest aus anderen Gründen (Panchenko 2022). Das Vorhandensein eines sozialen Netzwerks in Deutschland spricht tendenziell für eine positive Selektion der hier ankommenden Flüchtlinge. Folglich sollten die PISA-Leistungsdaten aus der Ukraine zumindest keine Überschätzung der Kompetenzen von hier angekommenen ukrainischen Schulkindern darstellen.

Abb. 5

Kompetenzniveaus Naturwissenschaften



INTEGRATIONSPERSPEKTIVE UKRAINISCHER SCHULKINDER IM DEUTSCHEN SCHULSYSTEM

Der PISA-Studie von 2018 zufolge gibt es Leistungsunterschiede zwischen ukrainischen und deutschen Schulkindern. Durch die humanitäre und psychische Belastung der Geflüchteten sowie verlorene Schulzeit durch den Krieg und die Flucht ist davon auszugehen, dass sich die Leistungsdiskrepanzen aktuell noch verschärft haben.

Die Studie »ReGES – Refugees in the German Educational System« gibt Aufschluss darüber, worauf es in der frühen Phase der Integration von Geflüchteten im deutschen Bildungssystem ankommt. In dieser Langzeitstudie wurden Kinder und Familien, die

2015/2016 überwiegend aus Syrien nach Deutschland geflüchtet sind, in ihrem Bildungsweg in der deutschen Sekundarstufe I begleitet. Zwar bestehen in Art und Dauer der Flucht Unterschiede, die Schlussfolgerungen geben aber dennoch eine grundsätzliche Richtung vor.

Deutsch als Alltags- und Bildungssprache ist die Schlüsselkompetenz für Integration. Eine der Schlussfolgerungen von der Studie ist, dass gezielte Sprachfördermaßnahmen fast ausschließlich im Schulkontext und nicht außerhalb wahrgenommen wurden (von Maurice und Will 2021). Bezüglich Willkommensklassen zeigt sich, dass die Schulform, an der sie angesiedelt sind, damit zusammenhängt, an welcher Schulform die Kinder später in Regelklassen übergehen. Dies ist relevant, da in Deutschland ein ausgeprägter Zusammenhang zwischen formaler Qualifikation und Arbeitsmarktchancen besteht (Bol und van de Werfhorst 2011). Als größte Herausforderung wird Personalmangel an Schulen genannt, der die Schnelligkeit und Qualität der Integration behindert (BMBF 2022).

Akuter Lehrermangel in Deutschland ist auch aktuell die potenziell größte Hürde für die Bildungsintegration. Der Präsident des Deutschen Lehrerverbandes spricht von einer riesigen Bedarfslücke (Deutscher Lehrerverband 2022) und eine Umfrage des Deutschen Philologenverbandes zeigt, dass Lehrkräfte nicht genug entlastet würden, um ukrainische Kinder zu unterrichten (DPHV 2022).

Bezüglich der Organisation des Unterrichtes geflüchteter ukrainischer Schulkinder gibt es folgende drei Möglichkeiten. Erstens können die Kinder direkt in deutsche Regelklassen eingestuft werden. Hier ist bedenkenswert aufgrund des geringeren Kompetenzniveaus laut PISA-Studie und der Verschärfung dieser Diskrepanz zu Schulkindern an deutschen Schulen durch die Flucht und Sprachbarrieren, dass sie in niedrigeren Schulklassen eingestuft werden als die, die sie in der Ukraine besucht hätten. Zweitens können die Kinder, sofern Kapazitäten vorhanden sind, Willkommensklassen besuchen, die Geflüchtete aus verschiedenen Ländern in die deutsche Sprache und das Bildungssystem einführen und Einstufungstests durchführen. Hier hat die ReGES-Studie gezeigt, dass der Umstieg in eine Regelklasse an Gymnasien mit erhöhter Wahrscheinlichkeit gelingt, wenn solche Klassen an Gymnasien angesiedelt sind (BMBF 2022). Drittens können die Kinder in ukrainischen Klassen in Deutschland oder online mit dem ukrainischen Lehrplan unterrichtet werden, statt auf den deutschen vorbereitet zu werden. Dies bietet sich für die Kinder an, die sicher und bald wieder in die Ukraine zurückkehren möchten. Hier ist es wichtig, dies zu ermöglichen, indem der ukrainische Unterricht als Erfüllung der deutschen Schulpflicht anerkannt wird. Zudem sollten geflüchtete ukrainische Lehrkräfte instruiert und für solche Klassen vor Ort eingesetzt werden. Dort, wo keine Vor-Ort-Kurse in Deutschland angebo-

ten werden können, brauchen die Kinder Zugang zum nötigen technischen Equipment für Online-Unterricht, der aus der Ukraine seit Kriegsbeginn kostenlos durch Online-Schulen angeboten wird (Anders 2022).

FAZIT

Zusammenfassend ist zu betonen, dass die Ausgangslage für geflüchtete Schulkinder aus der Ukraine sehr schwierig ist: Wie in diesem Beitrag gezeigt wurde, bestanden bereits vor dem Krieg Lernrückstände im Vergleich zu deutschen Schulkindern, die durch Krieg und Flucht vermutlich noch verstärkt wurden. Gerade deshalb würden diese Kinder durch bildungspolitische Maßnahmen wie adäquates Bildungsangebot, Deutschkurse und Unterstützung beim Erwerb nötiger Schulabschlüsse besonders profitieren. Es bleibt offen, wie langfristig die Integrationsbestrebungen ausgerichtet sein sollten, aber die aktuelle Lage in der Ukraine und die bereits massive Zerstörung an Bildungseinrichtungen und Ressourcen lassen darauf schließen, dass eine schnelle Rückkehr in den ukrainischen Schulalltag unmöglich sein wird. Das bereits vor der Krise von Personalmangel belastete deutsche Bildungssystem muss sich also darauf einstellen, die hohe Zahl an geflüchteten Schulkindern längerfristig mit Bildung zu versorgen, und könnte deshalb die geflüchteten ukrainischen Lehrkräfte schnellstmöglich einbinden.

REFERENZEN

Anders, F. (2022), »So funktioniert das Schulsystem in der Ukraine«, *Das Deutsche Schulportal*, verfügbar unter: <https://deutsches-schulportal.de/bildungswesen/so-funktioniert-das-schulsystem-in-der-ukraine/>.

Angrist N., S. Djankov, P. Goldberg und H. Patrinos (2022), »The Loss of Human Capital in Ukraine«, *VoxEU.org*, verfügbar unter: <https://voxeu.org/article/loss-human-capital-ukraine>.

BAMF – Bundesamt für Migration und Flüchtlinge (2022a), »FAQ zur Einreise aus der Ukraine und dem Aufenthalt in Deutschland«, *bamf.de*, verfügbar unter: https://www.bamf.de/DE/Themen/AsylFluechtlingsschutz/ResettlementRelocation/InformationenEinreiseUkraine/_documents/ukraine-faq-de.html?nn=1110322.

BAMF – Bundesamt für Migration und Flüchtlinge (2022b), »Erstverteilung der Asylsuchenden (EASY)«, *bamf.de*, verfügbar unter: <https://www.bamf.de/DE/Themen/AsylFluechtlingsschutz/AblaufAsylverfahren/Erstverteilung/erstverteilung-node.html>.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2022), »Daten aus BMBF-geförderter Studie helfen bei Integration«, *bmbf.de*, verfügbar unter: <https://www.bmbf.de/bmbf/shreddocs/kurzmeldungen/de/2022/04/integration-in-deutsches-bildungssystem.html>.

BMI – Bundesministerium des Inneren und für Heimat (2022), »Geflüchtete aus der Ukraine«, *bmi.bund.de*, verfügbar unter: <https://bit.ly/3vDG2B1>.

Bol T. und H. G. van de Werfhorst (2011), »Signals and closure by degrees: The education effect across 15 European countries«, *Research in Social Stratification and Mobility* 29(1), 119–132.

Brück T., M. Di Maio und S. Miiari (2022), »Learning the Hard Way: The Effect of Conflict on Education«, *VoxEU.org*, verfügbar unter: <https://voxeu.org/article/effect-conflict-education>.

Deutscher Lehrerverband (2022), »Außer warmen Worten nichts zu bieten«, *lehrerverband.de*, verfügbar unter: <https://www.lehrerverband.de/tag/ukraine/>.

DPHV – Deutsche Philologenverband (2022), »Umfrage: DPHV fordert mehr schulische Unterstützung für geflüchtete Schülerinnen und Schüler«, *dphv.de*, verfügbar unter: <https://www.dphv.de/2022/06/07/umfrage-dphv-fordert-mehr-schulische-unterstuetzung-fuer-gefluechtete-schuelerinnen-und-schueler/>.

Eurostat (2022a), »European Neighbourhood Policy – East – Education Statistics«, *ec.europa.eu*, verfügbar unter: <https://bit.ly/3PwBRyC>.

Eurostat (2022b), »Population by Educational Attainment Level, Sex and Age (%) – Main Indicators«, *eurostat Data Browser*, verfügbar unter: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/EDAT_LFSE_03__custom_2315917/default/table?lang=en.

Grewnig E., P. Lergepörner, K. Werner, L. Woessmann und L. Zierow (2020), »Covid-19 School Closures Hit Low-Achieving Students Particularly Hard«, *VoxEU.org*, verfügbar unter: <https://voxeu.org/article/covid-19-school-closures-hit-low-achieving-students-particularly-hard>.

Kubwalo K. N. (2017), »Schools and Bomb Shelters: Education in Eastern Ukraine«, *unicef.org*, verfügbar unter: <https://uni.cf/3BIN8xs>.

Kultusministerkonferenz (2022), »Geflüchtete Kinder/Jugendliche aus der Ukraine an deutschen Schulen«, *kmk.org*, verfügbar unter: <https://www.kmk.org/dokumentation-statistik/statistik/schulstatistik/gefluechtete-kinderjugendliche-aus-der-ukraine.html>.

OECD (2022), »Education GPS«, verfügbar unter: <http://gpseducation.oecd.org>.

Panchenko T. (2022), »Prospects for Integration of Ukrainian Refugees into the German Labor Market: Results of the ifo Online Survey«, *CESifo Forum* 23(4), 67–75.

Pew Research Center (2016), *Number of Refugees to Europe Surges to Record 1.3 Million in 2015*, verfügbar unter: <https://www.pewresearch.org/global/2016/08/02/number-of-refugees-to-europe-surges-to-record-1-3-million-in-2015/>.

Povoroznyk, V. (2017), »Education System in Ukraine: Financing, Ranking and Reform Directions«, *democracyhouse.com*, verfügbar unter: <http://www.democracyhouse.com.ua/en/2017/english-education-system-in-ukraine-financing-ranking-and-reform-directions/>.

UNHCR (2022), *Ukraine Refugee Situation*, verfügbar unter: <https://data.unhcr.org/en/situations/ukraine>.

von Maurice J. und G. Will (2021), »Geflüchtete Kinder und Jugendliche im deutschen Bildungssystem. Zentrale Befunde der Studie ReGES«, *LifBi Forschung kompakt Nr. 2*.

Klaus Wohlrabe

Aktuelle Entwicklungen bei Materialengpässen und Lieferproblemen in der Industrie

Dieser Artikel blickt auf die aktuellen Entwicklungen des Materialmangels in der Industrie. Er führt die Analysen in Wohlrabe (2021) sowie Leiss und Wohlrabe (2021) fort. Im Juli 2022 berichteten 73,3% der Industriefirmen in Deutschland von Engpässen und Problemen bei Vorlieferungen als Hindernis für ihre Produktion. Dies liegt knapp 8 Prozentpunkte unter dem Rekordwert von 81,9% vom Dezember 2021. Im Mai lag der Wert noch bei 77,2%. Abbildung 1 zeigt den zeitlichen Verlauf seit Januar 2020.¹ Es ist offensichtlich, dass bei weitem noch nicht von einer Trendwende gesprochen werden kann. Der Mittelwert seit August 2021 liegt bei rund 75%.

Tabelle 1 differenziert die Anteile nach den verschiedenen Industriebranchen. Es werden die aktuellen Werte von Juli 2022 im Vergleich zu dem Werten im Juni dargestellt und – zur Einordnung – auch das Maximum und der langfristige Mittelwert seit 1991. Mit Blick auf die aktuellen Werte zeigt sich, dass in vielen Branchen eine deutliche Mehrheit der Unternehmen unter Materialmangel leidet. In den Kernbranchen der deutschen Industrie bleibt die Situation kritisch. In der Elektroindustrie, dem Maschinenbau und der Automobilbranche berichten weiterhin rund 90% der Unternehmen, dass sie nicht alle Materialien und Vorprodukte beziehen können. Am unteren Ende stehen das Papiergewerbe und der Bereich Metallerzeugung und -bearbeitung mit 39,2 bzw. 30,5%. Tabelle 1 legt auch offen, dass die erwähnten Schlüsselbranchen teilweise nur sehr knapp unter dem maximalen Wert liegen. Die Getränkehersteller berichteten sogar von einem neuen Rekord (70,5%). Auf der anderen Seite gibt es viele Branchen, die deutlich unterhalb des Maximalwerts liegen. Hier sind insbesondere die Papierhersteller zu nennen. Der aktuelle Wert liegt knapp 50 Prozentpunkte unterhalb des Maximums von 89,5%, das im Dezember 2021 erreicht wurde. Alle Branchen liegen jedoch deutlich oberhalb des langfristigen Mittelwerts seit 1991. Mit 77 Prozentpunkten ist dies am deutlichsten bei den Herstellern von elektrischen Ausrüstungen.

WIE LANGE WERDEN DIE ENGPÄSSE NOCH DAUERN?

Eine zentrale Frage für die Konjunkturprognose und die Wirtschaftspolitik ist, wie lange die Probleme bei

¹ Die Frage wird nur einmal im Quartal gestellt. Seit August 2021 wurde sie als Sonderfrage außerplanmäßig monatlich gestellt.

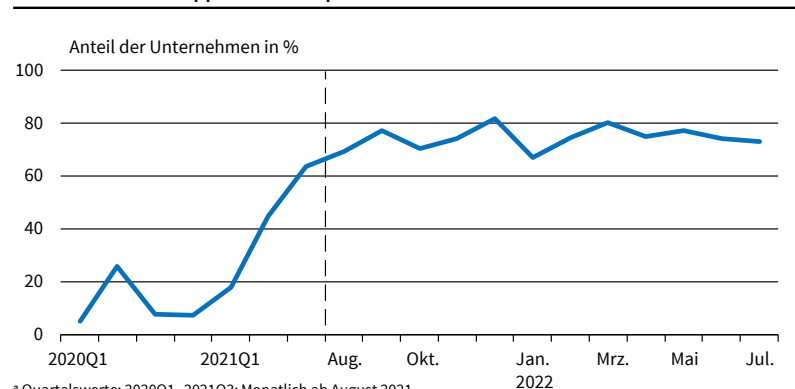
IN KÜRZE

Materialmangel ist weiterhin ein großes Problem in der Industrie. Der vorliegende Artikel zeigt aktuelle Entwicklungen auf Basis der ifo Umfrageergebnisse für die Industrie auf. Die Unternehmen rechnen mit einer Auflösung der Engpässe Mitte 2023. Im Oktober 2021 hofften sie noch, dass sich die Probleme bis Mitte dieses Jahres erledigt hätten.

der Beschaffung von Rohstoffen und Vorprodukten noch anhalten wird. Diese Frage wurde den Unternehmen nach Oktober 2021 erneut im Juni 2022 im Rahmen der monatlichen Konjunkturumfrage gestellt. Im Verarbeitenden Gewerbe insgesamt wird im Durchschnitt mit einer Dauer der Probleme von 10,1 Monaten gerechnet. Im Oktober 2021 waren es noch acht Monate. Die Unternehmen sind also davon ausgegangen, dass sich die Probleme Mitte 2022 auflösen werden. Nun hat sich das de facto um ein Jahr nach hinten verschoben. Die am häufigsten genannte Dauer sind zwölf Monate gewesen. Es gibt aber auch einige Firmen, die mit einer Auflösung der Probleme erst in sechs Jahren rechnen. Der Median beträgt zehn Monate. Der Durchschnitt ist somit nicht durch Ausreißer getrieben.

In Tabelle 2 sind die deskriptiven Statistiken für die verschiedenen Branchen in der Industrie dargestellt. Es zeigt sich, dass die Ergebnisse über die

Abb. 1
ifo Index für die Knappheit von Vorprodukten im Verarbeitenden Gewerbe^a



^a Quartalswerte: 2020Q1–2021Q3; Monatlich ab August 2021.
Quelle: ifo Konjunkturumfragen, Juli 2022.

© ifo Institut

Tab. 1

Materialknappheit nach Branchen
 Angaben in Prozent

	Juni	Juli	Maximum	Langfristiger Durchschnitt seit 1991
Verarbeitendes Gewerbe	74,1	73,3	81,9	12,4
Nahrungsmittelindustrie	60,8	57,8	76,9	8,8
Getränkeherstellung	47,9	70,5	70,5	5,2
Textilien	55,6	44,8	78,2	9,9
Bekleidung	81,7	64,1	89,5	8,0
H.v. Leder Lederwaren Schuhen	55,8	79,5	82,7	9,3
Holz-, Flecht- Korbwaren (ohne Möbel)	40,3	50,9	62,7	11,4
Papiergewerbe	47,1	39,2	89,1	8,5
Druckerzeugnisse	72,1	68,6	92,4	9,7
Chemische Industrie	57,5	53,7	73,0	10,8
Gummi- u. Kunststoffwaren	60,1	65,1	84,0	11,6
Glas, Keramik, Verarb. v. Steinen und Erden	48,4	54,8	64,5	6,7
Metallerzeugung u. -bearbeitung	34,3	30,5	61,3	7,3
Herstellung von Metallerzeugnissen	60,7	59,4	80,5	12,2
DV-Geräte, elektronische u. optischen Erzeugnisse	90,3	90,1	91,9	14,9
Elektrische Ausrüstungen	92,7	92,9	93,8	15,9
Maschinenbau	90,6	90,7	91,5	16,6
Kraftwagen und Kraftwagenteile	89,8	87,6	96,6	13,7
Möbel	69,0	62,8	87,7	10,7

Quelle: ifo Konjunkturumfragen, Juli 2022.

Tab. 2

Deskriptive Statistiken bzgl. der erwarteten Dauer der Probleme nach Branchen in der Industrie
 Angaben in Monaten

	Oktober 2021			Juni 2022			
	Mittelwert	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Häufigster Wert	Minimum	Maximum
Verarbeitendes Gewerbe	8,0	10,1	10,0	6,6	12,0	1,0	72,0
Nahrungsmittelindustrie	5,2	10,3	10,0	9,1	12,0	2,0	36,0
Getränkeherstellung	9,1	13,1	12,0	6,2	12,0	1,0	24,0
Textilien	5,9	11,7	12,0	10,9	6,0	3,0	36,0
Bekleidung	7,6	7,5	8,0	8,3	6,0	1,0	48,0
H.v. Leder Lederwaren Schuhen	7,5	11,5	10,5	11,0	2,0	2,0	24,0
Holz-, Flecht- Korbwaren (ohne Möbel)	7,0	9,2	12,0	6,5	12,0	2,0	24,0
Papiergewerbe	7,9	8,3	6,0	6,1	6,0	1,0	36,0
Druckerzeugnisse	7,6	11,1	8,0	5,8	6,0	1,0	36,0
Chemische Industrie	8,9	9,2	10,0	5,2	12,0	1,0	24,0
Gummi- u. Kunststoffwaren	7,5	8,7	7,0	7,3	6,0	2,0	60,0
Glas, Keramik, Verarb. v. Steinen und Erden	8,3	8,4	8,5	6,7	6,0	1,0	25,0
Metallerzeugung u. -bearbeitung	6,8	7,2	7,0	7,8	12,0	2,0	52,0
Herstellung von Metallerzeugnissen	7,7	10,3	12,0	8,4	12,0	1,0	72,0
DV-Geräte, elektronische u. optischen Erzeugnisse	8,2	11,6	9,0	6,3	12,0	1,0	48,0
Elektrische Ausrüstungen	8,5	10,7	12,0	6,0	12,0	1,0	36,0
Maschinenbau	8,2	10,1	12,0	5,5	12,0	1,0	36,0
Kraftwagen und Kraftwagenteile	8,5	11,5	12,0	6,6	12,0	1,0	50,0
Möbel	7,0	8,1	8,0	5,2	12,0	1,0	24,0

Quelle: ifo Konjunkturumfragen, Juni 2022.

Tab. 3

Importe aus Russland: Status quo und weiteres Vorgehen
Angaben in Prozent

	Importe aus Russland vor dem Krieg	unverändert fortgeführt	davon jetzt:		
			eingeschränkt fortgeführt	nicht fortgeführt	nicht absehbar
Verarbeitendes Gewerbe	12,1	1,3	24,4	47,5	26,9
Nahrungsmittelindustrie	11,3	0,0	66,7	16,7	16,7
Getränkeherstellung	11,8	0,0	0,0	50,0	50,0
Textilien	14,3	0,0	66,7	0,0	33,3
Holz-, Flecht-, Korbwaren (ohne Möbel)	17,9	0,0	28,6	28,6	42,9
Papiergewerbe	19,6	0,0	0,0	88,9	11,1
Druckerzeugnisse	3,8	0,0	0,0	100,0	0,0
Chemische Industrie	20,6	0,0	35,7	21,4	42,9
Gummi- u. Kunststoffwaren	12,1	7,1	14,3	64,3	14,3
Glas, Keramik, Verarb. v. Steinen und Erden	14,1	0,0	30,0	60,0	10,0
Metallerzeugung u. -bearbeitung	27,3	6,7	33,3	53,3	6,7
Herstellung von Metallerzeugnissen	6,5	0,0	35,7	28,6	35,7
DV-Geräte, elektronische u. optischen Erzeugnisse	8,3	0,0	14,3	71,4	14,3
Elektrische Ausrüstungen	7,6	0,0	37,5	50,0	12,5
Maschinenbau	13,3	0,0	16,7	53,3	30,0
Kraftwagen und Kraftwagenteile	19,5	0,0	12,5	25,0	62,5
Möbel	11,4	0,0	25,0	50,0	25,0

Quelle: ifo Konjunkturumfragen, April 2022.

Bereiche sehr ähnlich sind und um den allgemeinen Mittelwert schwanken. Die längste erwartete Dauer der Lieferprobleme wurde mit 13,1 Monaten in der Getränkeindustrie antizipiert. Der kürzeste Zeitraum mit 8,1 Monaten wird für die Möbelhersteller erwartet. Sehr häufig werden entweder ein halbes oder ein ganzes Jahr als grobe Näherung für die Dauer der Lieferprobleme angegeben. Der Vergleich mit 2021 zeigt, dass sich in nahezu allen Branchen nicht nur die Auflösung der Probleme nach hinten verschoben haben, sondern auch die mittlere erwartete Dauer gestiegen ist.

WELCHE ROLLE SPIELT DER KRIEG IN DER UKRAINE?

Wie bereits in Abbildung 1 gezeigt wurde, hat sich seit dem Beginn des Angriffs Russlands auf die Ukraine der Anteil der Unternehmen, die von Materialmangel betroffen sind, nicht substantiell verändert. Es wäre aber auch ein möglicher Anstieg denkbar gewesen. Es ist zu vermuten, dass viele Firmen, die schon vorher betroffen waren, durch den Krieg zusätzliche Probleme bei der Beschaffung von Vorprodukten haben. Im April wurden die Unternehmen gefragt, ob sie Produkte aus Russland importieren und wie es mit diesen weitergeht. Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse. Von den befragten Unternehmen importierten in der Industrie 12,1% Waren aus Russland. Insbesondere Unternehmen aus der chemischen Industrie sowie der Automobilwirtschaft beziehen Vorprodukte aus Russland (jeweils rund 20%). Von den Unternehmen

in der Industrie, die Waren importieren, berichtete knapp die Hälfte (47,5%), dass sie Importe eingestellt haben oder einstellen werden. Eine vollkommen unveränderte Fortsetzung der Importbeziehungen hält nur ein kleiner Teil der Unternehmen für möglich. Einschränkungen sehen rund 25%. Es herrscht aber auch eine hohe Unsicherheit unter den Unternehmen: Zwischen 18,9 und 31,2% der Unternehmen wissen nicht, ob und wie sie ihre Importe aus den betroffenen Ländern aufrechterhalten können. Hier sticht insbesondere die chemische Industrie (43%) und die Automobilwirtschaft (62,5%) hervor. Sauer und Wohlrabe (2022) zeigen, dass es für die Unternehmen generell schwierig ist, Importe aus Russland zu substituieren.

LITERATUR

Leiss, F. und K. Wohlrabe (2021), »Aktuelle Entwicklungen bei Materialengpässen und Lieferproblemen in der deutschen Wirtschaft«, *ifo Schnelldienst digital* 2(19).

Sauer, S. und K. Wohlrabe (2022), »Neue Umfrageergebnisse zu den Auswirkungen des Krieges in der Ukraine auf die deutsche Wirtschaft«, *ifo Schnelldienst* 75(6), 37–41.

Wohlrabe, K. (2021), »Materialengpässe in der Industrie: Wer ist betroffen, und wie reagieren die Unternehmen?«, *ifo Schnelldienst* 74(9), 60–65.

Timo Walter*

Die ökonomischen Auswirkungen des Russlandembargos der EU

IN KÜRZE

Anfang Juni 2022 einigten sich die EU-Mitgliedstaaten auf ein russisches Ölembargo über den Seeweg. Dies soll zu einem Rückgang der russischen Öllieferungen in die EU um zwei Drittel führen. Anhand eines quantitativen Handelsmodells werden in diesem Beitrag die wirtschaftlichen Folgen der Sanktionen untersucht. Dabei werden drei Szenarien möglicher Sanktionsmaßnahmen simuliert. Das erste Szenario betrachtet die Folgen eines EU-Ölembargos gegen Russland. Im zweiten Szenario erhebt die EU in allen Sektoren Sanktionen gegen Russland. Die Verschärfung des Handelskonflikts, bei der Russland ebenfalls Sanktionen gegen die EU verhängt, wird im dritten Szenario analysiert. Die Resultate zeigen, dass das Ölembargo einer Erhöhung der Handelsschranken um 40% entspricht, was zu einem Rückgang des russischen BIP um 0,48% führen würde. In den beiden anderen Szenarien würde sich die Zuspitzung des Konflikts noch stärker auf die russische Wirtschaft auswirken. Auch die EU selbst wäre von einer solchen Sanktionspolitik beeinträchtigt. Vor allem die osteuropäischen Länder würden aufgrund ihrer engen wirtschaftlichen Verflechtungen zu Russland am stärksten betroffen sein.

In der Nacht zum 1. Juni einigten sich die EU-Mitgliedstaaten nach neunstündiger Verhandlung auf die Verabschiedung des sechsten Sanktionspakets der EU gegenüber Russland. Auf wirtschaftlicher Ebene sieht das Sanktionspaket vor allem Beschränkungen für russisches Öl vor, insbesondere soll die Einfuhr von russischem Öl über den Seeweg gestoppt werden. In Kraft treten wird das Embargo im Januar 2023. Das hätte zur Folge, dass ein großer Teil der russischen Ölimporte nach Europa zum Erliegen käme. Die Abwicklung über Tankschiffe macht in etwa zwei Drittel der russischen Ölimporte in die EU aus. Russisches Öl, das über Pipelines, wie die »Druschba-Pipeline«, auf dem Landweg nach Europa transportiert wird, ist nicht von den Sanktionen betroffen. Dies wurde auf Drängen Ungarns als Kompromiss durchgesetzt, da das Embargo die Einstimmigkeit aller 27 EU-Mitgliedstaaten erfordert. Schärfere Sanktionen gegenüber Russland wurden intensiv diskutiert, scheiterten jedoch an Ungarn, das sich in den Verhandlungen aus politischen und wirtschaftlichen

Gründen gegen härtere Sanktionen gegenüber Russland aussprach.

Ziel des Embargos sei es, so Bundeskanzler Olaf Scholz, Russland für seine Aktivitäten in der Ukraine zur Verantwortung zu ziehen, was zu einer Verringerung des russischen Wohlstandes führen würde.¹ Doch welche genauen wirtschaftlichen Auswirkungen hätte ein solches Ölembargo für Russland und für die EU? Welche Wirkung ist zu erwarten, wenn die EU ein noch umfassenderes Sanktionspaket gegen Russland beschließen würde? Und mit welchen wirtschaftlichen Folgen müsste die EU rechnen, wenn Russland ebenfalls weitreichende Sanktionsmaßnahmen gegen die EU verhängen würde? Im Folgenden werden diese Fragen anhand eines quantitativen Handelsmodells unter Beachtung der soeben geschilderten drei Szenarien näher beleuchtet. So wird im ersten Szenario untersucht, welche Folgen es hätte, wenn alle EU-Mitgliedstaaten ihre Sanktionen gegen den russischen Ölsektor verschärfen würden. Im zweiten Szenario sanktioniert die EU alle russischen Sektoren. Das dritte Szenario zeigt die Effekte eines Handelskonflikts mit der bilateralen Verhängung von Sanktionen auf Waren und Dienstleistungen zwischen der EU und Russland.

DER QUANTITATIVE ANSATZ

Die Analyse stützt sich auf die Neue Quantitative Handelstheorie (vgl. Costinot und Rodriguez-Clare 2014). Konkret wird das statische ricardianische Mehrländer- und Mehrsektorenmodell von Caliendo und Parro (2015) verwendet.² Das Modell basiert auf Eaton und Kortum (2002) sowie dem kontrafaktischen Gleichgewicht mit relativen Veränderungen, siehe Dekle et al. (2008). Die Untersuchung bezieht sich hierbei auf die empirische Ex-ante-Strategie von Aichele (2016), die auch nicht-tarifäre Handelshemmnisse (NTBs)³ beinhaltet. Grundlage für die Handelsdaten bilden die World Input-Output Daten (Timmer et al. 2015), die für das Jahr 2019 in Anlehnung an Walter (2022) aktualisiert wurden und gegenwärtigen Handelsent-

* Dr. Timo Walter ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Außenwirtschaft an der Universität Hohenheim.

¹ Bundeskanzler Scholz auf der Pressekonferenz des Europäischen Rats in Brüssel am 31. Mai 2022.

² Eine ähnliche Studie wurde von Jung und Walter (2018) im *ifo Schnelldienst* zu den Handels- und Wohlfahrtseffekten einer »Nulllösung« und der Abschaffung von EU- und US-Importzöllen im Automobilsektor durchgeführt.

³ Non-tariff barriers (NTBs) to trade. NTBs können Quoten, Embargos oder Sanktionen umfassen.

Tab. 1

Effekte der Erhöhungen der europäischen nicht-tarifären Handelshemmnisse im Erdölsektor gegenüber Russland (in %)

Erhöhung der NTBs	Gesamtexporte des russischen Erdölsektors	Russische Exporte in die EU im Erdölsektors	BIP Russland	Wohlfahrt Russland	Wohlfahrt EU
1	- 1,7	- 3,5	- 0,06	- 0,002	- 0,002
5	- 7,2	- 15,0	- 0,14	- 0,011	- 0,008
10	- 12,8	- 26,7	- 0,22	- 0,020	- 0,013
20	- 20,9	- 43,6	- 0,34	- 0,033	- 0,022
40	- 30,3	- 63,2	- 0,48	- 0,047	- 0,032
60	- 35,3	- 73,7	- 0,55	- 0,055	- 0,037

Quelle: World Input-Output Database, Release 2016; TRAINS; Berechnungen des Autors.

wicklungen enthalten. Die Handelsdaten umfassen 43 Länder sowie ein Aggregat für den Rest der Welt und 50 Sektoren.⁴ Außerdem wird das UNCTAD Trade Analysis Information System (TRAINS) für die Zolldaten herangezogen. Die Elastizitäten basieren auf Felbermayr et al. (2017) für die Sektoren Landwirtschaft, Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe; für die Dienstleistungssektoren basieren die Elastizitäten auf denen von Egger et al. (2012).

STATUS QUO DER WIRTSCHAFTSBEZIEHUNGEN

Wirtschaftlich betrachtet sind Russland und die EU enge Handelspartner. So betrug 2021, Eurostat (2022) zufolge, der Anteil Russlands an den gesamten EU-Ausfuhren 3% (71 Mrd. Euro). Der Anteil an den Gesamtimporten aus Russland in die EU lag bei 5,5% (130 Mrd. Euro). Auch für Deutschland stellt Russland ein wichtiger Handelspartner da: So importierte Deutschland im Jahr 2021 Waren und Dienstleistungen im Wert von 33 Mrd. Euro aus Russland, wobei der Energiebereich mit Erdöl und Erdgas mit 19,4 Mrd. Euro den größten Anteil ausmacht. Deutschland exportierte Güter und Dienstleistungen im Wert von 27 Mrd. Euro nach Russland, wovon ein großer Teil auf Maschinen (5,8 Mrd. Euro) und Automobilteile (4,4 Mrd. Euro) entfiel, siehe Statistisches Bundesamt (2022).

Szenario 1 – Das Erdölembargo

Im ersten Szenario verschärft die EU die Sanktionen gegen Russland im Erdölsektor.⁵ Tabelle 1 zeigt die Erhöhung der nicht-tarifären Handelshemmnisse im Erdölsektor für verschiedene Stufen. Hier wird deutlich, dass bei einer Erhöhung der Sanktionen um 1% der Anteil der russischen Ausfuhren im Ölsektor in die EU um 3,5% zurückgehen würde. Dies entspricht einem Rückgang der Gesamtexporte im russischen

Erdölsektor von 1,7%. Die EU-Kommission schätzt, dass ein Verbot des Öltransports auf dem Seeweg zu einem Rückgang der russischen Exporte in die EU im Ölsektor um zwei Drittel führen würde. Dies kommt einem Anstieg der nicht-tarifären Handelshemmnisse um 40% gleich. Der Gesamtexport des russischen Ölsektors würde dabei um 30% zurückgehen, was mit einem Rückgang von 0,48% des russischen Bruttoinlandsprodukts (BIP) vergleichbar wäre. Der Wohlstand, gemessen an der Veränderung des Realeinkommens, würde im Zuge dessen in Russland um 0,05% und in der EU um 0,03% sinken. Noch drastischere Sanktionen im Ölsektor, wie z.B. eine Erhöhung der nicht-tarifären Handelshemmnisse um 60%, würden die russischen Ölausfuhren in die EU um 74% verringern, was einem Rückgang des russischen BIP um 0,55% entspräche. In diesem Fall würde der Wohlstand in Russland um 0,055% und in der EU um 0,037% zurückgehen.

Szenario 2 – Ausweitung der Sanktionen

In Szenario 2 wird der Fall simuliert, dass die EU-Mitgliedstaaten einstimmig beschließen, neben dem Öl-Embargo auch gegen alle anderen russischen Sektoren Sanktionen zu verhängen. So werden in diesem Szenario die NTBs im Erdölsektor (wie in Szenario 1) um 40% erhöht, in den anderen Sektoren werden die NTBs um 10% angehoben. Für dieses Szenario veranschaulicht Tabelle 2 die sektoralen Veränderungen der Gesamtexporte Russlands. Aufgrund der hohen nicht-tarifären Handelshemmnisse im Ölsektor sind die russischen Exporte in diesem Bereich am stärksten rückläufig. Aber auch die russischen Exporte im Automobil- und im sonstigen Transportsektor sowie in den Bereichen Unternehmensdienstleistungen und Rechnungswesen sowie im Forschungs- und Entwicklungssektor würden von den Sanktionen stark beeinträchtigt werden. In anderen Sektoren wie Kunststoffen, Grundmetalle, Kraftfahrzeuge, Lebensmittel, Getränke und Tabak haben die Sanktionen weniger Wirkung auf die Ausfuhren. Vor allem Dienstleistungssektoren profitieren sogar, wenn auch nur geringfügig, von den Sanktionen und würden mehr exportieren als ohne die Sanktionen. Der Bergbausektor würde seine

⁴ Aus diesem Datensatz lassen sich unter anderem die für die Analyse wichtigen Daten ableiten, wie etwa die Handelsströme, Wertschöpfungen und Bruttoproduktion, Input-Output Koeffizienten, Anteil an der Wertschöpfung, Anteil am bilateralen Handel, sowie Anteil an der Endnachfrage.

⁵ Der Sektor für raffiniertes Erdöl ist in der World Input-Output Database ISIC Rev. 4 klassifiziert und umfasst auch Steinkohle und Kernbrennstoffe, wobei diese nur einen kleinen Teil des Handels zwischen Russland und der EU ausmachen.

Tab. 2

Sektorale Veränderungen der russischen Gesamtexporte (in %)

Raffiniertes Erdöl, Steinkohle, Brennstoffe C19	-32	Holz & Kork C16	-6
Handel & Reparatur von Kraftfahrzeugen G45	-30	Großhandel G46	-5
Sonstige Transportmittel C30	-26	Elektrizität & Gas D35	-5
Dienstleistungen für Unternehmen M71, M73- M75	-24	Chemie C20	-4
Recht & Buchhaltung M69, M70	-24	Landverkehr H49	-3
Forschung & Entwicklung M72	-24	Grundmetalle C24	-3
Sonstige Dienstleistungen, Haushalte R- U	-18	Kraftfahrzeuge C29	-3
Wasserversorgung E36	-17	Elektronik & Optische Produkte C26	-2
Verarbeitetes Metall C25	-17	Lebensmittel, Getränke & Tabakwaren C10- C12	-2
Abwasser- & Abfallentsorgung E37- E39	-17	Papier C17	-2
Versicherung K65, K66	-16	Bauwesen F	-2
Computer & Informationen J62, J63	-14	Gummi & Kunststoffe C22	-2
Transport Dienstleistungen H52	-14	Möbel & sonstige Fertigung C31, C32	-2
Veröffentlichung J58	-14	Maschinen & Anlagen C28, C33	0
Post & Kurierdienst H53	-14	Andere nicht- metallische Mineralien C23	0
Mediendienste J59, J60	-14	Luftverkehr H51	0
Elektrische Geräte C27	-13	Kulturpflanzen & Tiere A01	0
Admin. & Support N	-12	Öffentliche & soziale Dienste O84	2
Medien & Musik C18	-12	Unterkunft & Verpflegung I	2
Pharmazeutika C21	-9	Wasserverkehr H50	2
Immobilien L68	-9	Finanzdienstleistung K64	2
Telekommunikation J61	-8	Bildung P85	3
Textilien, Bekleidung, Leder C13- C15	-7	Gesundheit und Sozialarbeit Q	3
Fischerei & Aquakultur A03	-6	Einzelhandel G47	4
Forstwirtschaft & Holzschlag A02	-6	Bergbau & Steinbrüche B	8

Quelle: World Input-Output Database, Release 2016; TRAINS; Berechnungen des Autors.

Ausfuhren deutlich steigern, da die frei werdenden Kapazitäten und der daraus resultierende Preisverfall durch die Nachfrage anderer Länder wie China oder Indien gedeckt werden würde. Insgesamt wären die wirtschaftlichen Auswirkungen auf Russland mit einem Rückgang des BIP um - 1,2% und einem Rückgang des Wohlstands um - 0,20% erheblich. Auch der bilaterale Handel zwischen Deutschland und Russland würde durch das Embargo wesentlich beeinträchtigt

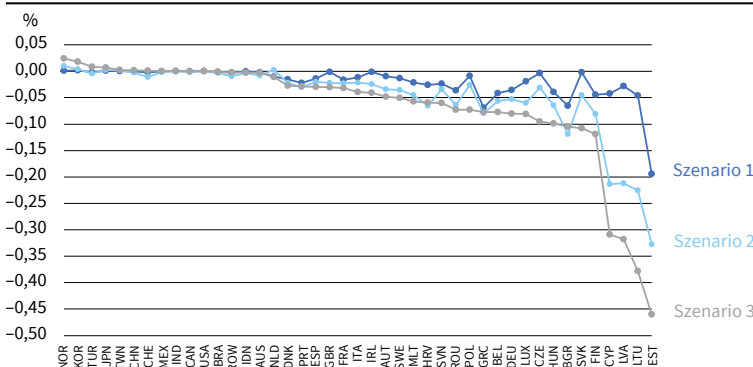
werden. Die russischen Exporte nach Deutschland würden um 36% zurückgehen, während die deutschen Ausfuhren nach Russland aufgrund der globalen Handelsverflechtungen um 2% sinken würden.

Szenario 3 - Zuspitzung des Handelskonflikts

Im dritten Szenario wird ein Handelskonflikt zwischen Russland und der EU simuliert. Hierbei zieht Russland mit den Sanktionen gleich und erhöht ebenfalls die nicht-tarifären Handelshemmnisse für jeden Sektor um 10%. In diesem Szenario würde das BIP in der EU im Durchschnitt um - 0,10% und das Realeinkommen

Abb. 1

Veränderung des Wohlstands (Realeinkommen) nach Ländern



Quelle: World Input-Output Database, Release 2016; TRAINS; Berechnungen des Autors.

© ifo Institut

Tab. 3

Veränderung der Gesamtexporte nach aggregierten Sektoren durch den Handelskonflikt der EU und Russland

Veränderung %	Deutschland	Russland
Landwirtschaft	- 0,1	- 11,7
Verarbeitendes Gewerbe	- 0,2	- 11,2
Baugewerbe	- 0,6	- 5,0
Dienstleistungen	- 0,1	- 14,0

Quelle: World Input-Output Database, Release 2016; TRAINS; Berechnungen des Autors.

in der EU um – 0,11% abnehmen. Das russische BIP wäre mit – 0,96% noch stärker betroffen, und auch das Realeinkommen würde in diesem Fall mit – 1,16% stark zurückgehen.

In diesem Szenario würde der bilaterale Handel zwischen Deutschland und Russland weiter zurückgehen. Die russischen Ausfuhren nach Deutschland würden um 38% sinken, während Deutschland 19,4% weniger Güter und Dienstleistungen nach Russland exportieren würde. Tabelle 3 veranschaulicht die Veränderung der Gesamtexporte nach aggregierten Sektoren für Deutschland und Russland aufgrund des Handelskonflikts. Der Rückgang der deutschen Exporte wäre in diesem Fall überschaubar. In Deutschland würden die Exporte im Baugewerbe (– 0,6%) und im Verarbeitenden Gewerbe (– 0,2%) am stärksten zurückgehen. Nur ein leichter Rückgang der Exporte wäre im Dienstleistungssektor und in der Landwirtschaft mit jeweils – 0,1% zu beobachten. Russland hingegen würde einen sehr starken Rückgang bei den Exporten im Dienstleistungssektor (– 14%) ausweisen, wie auch in der Landwirtschaft (– 11,7%) und im Verarbeitenden Gewerbe (– 11,2%).

ÖKONOMISCHE EFFEKTE NACH LÄNDERN

Abbildung 1 illustriert die Wohlfahrtsveränderungen für die drei Szenarien für verschiedene Länder. Im ersten Szenario des Ölembargos ist Estland, als Nachbarland von Russland, am stärksten betroffen (– 0,2%). Aber auch Griechenland (– 0,07%), das über die größte Tankerflotte Europas verfügt, sowie Bulgarien (– 0,06%), Litauen (– 0,05%) und Finnland (– 0,04%) verzeichnen den deutlichsten Rückgang der Realeinkommen. Korea, Norwegen und Japan würden leicht von den Sanktionen profitieren. Im zweiten Szenario sind die baltischen Staaten Estland (– 0,33%), Litauen (– 0,23%), aber auch Zypern (– 0,21%), das wirtschaftlich stark mit Russland verflochten ist, am meisten von den umfassenden Sanktionen gegen Russland betroffen. In Szenario 3 wären die negativen Wohlfahrtseffekte insbesondere in Estland (– 0,46%), Litauen (– 0,38%), Lettland (– 0,32%), aber auch Zypern (– 0,31%) am stärksten. Dies würde mit einem Rückgang des BIP in diesen Ländern einhergehen: Eine Abnahme von – 0,8% in Estland, – 0,5% in Litauen und – 0,4% in Lettland und Zypern. In diesem dritten Szenario würden Norwegen, Korea und die Türkei am meisten von den Sanktionen durch Handelseffekte profitieren. Da Sanktionen nach den EU-Statuten einstimmig beschlossen werden, spielt die Haltung Ungarns bei der Beschlussfassung über Sanktionen eine entscheidende Rolle. In allen drei Szenarien würden sich die Sanktionsmaßnahmen negativ auf den Wohlstand in Ungarn auswirken. So würde das Realeinkommen in Ungarn in Szenario 1 um – 0,04%, in Szenario 2 um – 0,06% und im dritten Szenario um – 0,10% sinken. Bei künftigen Verhandlungen wären von den anderen EU-Mitgliedstaaten nicht nur poli-

tische Überlegungen, sondern auch wirtschaftliche Auswirkungen auf Ungarn zu berücksichtigen.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Gemessen am Bruttoinlandsprodukt gehört Russland zwar nicht zu den zehn größten wirtschaftlichen Nationen (Weltbank 2022), dennoch spielt Russland aufgrund der geografischen Größe und des Reichtums an Ressourcen weltweit eine wichtige Rolle. In der globalen Wertschöpfungskette kommt besonders russischem Erdöl, Erdgas, Gold und seltenen Mineralien eine Schlüsselfunktion bei den vorgelagerten Produkten zu. Insbesondere die EU hat aufgrund ihrer geografischen Nähe enge wirtschaftliche Beziehungen zu Russland. Die Analyse ergab, dass das EU-Ölembargo gegen Russland, das im Januar 2023 in Kraft treten wird, die Wirtschaftsleistung Russlands schmälern würde. Eine Ausweitung der Sanktionsmaßnahmen auf alle Sektoren würde die russische Wirtschaft weiter schwächen – gleichzeitig jedoch ein erhöhtes Risiko russischer Gegenmaßnahmen mit sich bringen. Dies würde erhebliche wirtschaftliche Einschnitte für Russland sowie die EU bedeuten. Von den Sanktionsmaßnahmen wären auf EU-Seite die baltischen Staaten am stärksten betroffen.

Aufgrund der geopolitischen Verflechtungen bleibt es jedoch fraglich, wie stark die Auswirkungen der EU-Sanktionen sind. Es gibt bereits Anzeichen dafür, dass Länder wie China, Indien oder Brasilien die freigewordenen russischen Kapazitäten absorbieren werden. Dies würde das Ziel der EU-Sanktionen, nämlich Russlands Einlenken im Ukraine-Konflikt, schwächen. Einheitliche globale Sanktionen gegen Russland kämen diesem Ziel näher, aber eine politische Einigung über derartige globale Sanktionen bleibt aufgrund der unterschiedlichen geopolitischen Interessen zweifelhaft.

LITERATUR

- Aichele, R., G. Felbermayr und I. Heiland (2016), »Going Deep: The Trade and Welfare Effects of TTIP Revised«, ifo Working Paper 219.
- Caliendo, L. und F. Parro (2015), »Estimates of the Trade and Welfare Effects of NAFTA«, *The Review of Economic Studies* 82(1), 1–44.
- Costinot, A. und A. Rodriguez-Clare (2014), »Trade Theory with Numbers: Quantifying the Consequences of Globalization«, in: G. Gopinath, E. Helpman und K. Rogoff (Hrsg.), *Handbook of International Economics*, Vol. 4, Elsevier, Amsterdam, Kapitel 4, 197–261.
- Dekle, R., J. Eaton und S. Kortum (2008), »Global Rebalancing with Gravity: Measuring the Burden of Adjustment«, *IMF Economic Review* 55(3), 511–540.
- Eaton, J. und S. Kortum (2002), »Technology, Geography, and Trade«, *Econometrica* 70(5), 1741–1779.
- Egger, P., M. Larch und K. E. Staub (2012), »Trade Preferences and Bilateral Trade in Goods and Services: A Structural Approach«, CEPR Discussion Papers 9051, C.E.P.R. Discussion Papers.
- Eurostat (2022), »Extra-Euroraum-Handel nach Partner und SITC Produktgruppen«, verfügbar unter: <https://ec.europa.eu/eurostat>, aufgerufen am 6. Juni 2022.
- Felbermayr, G., J. Gröschl und I. Heiland (2017), »The European Union in Turmoil: A General Equilibrium Analysis of Trade and Welfare Effects«, Technical Report, ifo Institute, mimeo.

Jung, B. und T. Walter (2018), »Handels- und Wohlfahrtseffekte einer Nulllösung«: Wegfall der EU- und US-Importzölle im Automobilssektor«, *ifo Schnelldienst* 71(15), 26–29.

Scholz, O. (2022), Pressekonferenz von Bundeskanzler Scholz zur Sondertagung des Europäischen Rates am 30. und 31. Mai 2022, verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/pressekonferenz-von-bundeskanzler-scholz-zur-sondertagung-des-europaeischen-rates-am-30-und-31-mai-2022-2045236>, aufgerufen am 5. Juni 2022.

Statistisches Bundesamt (2022), »Außenhandel mit der Russischen Föderation«, verfügbar unter: <https://www.destatis.de>, aufgerufen am 6. Juni 2022.

Timmer, M. P., E. Dietzenbacher, B. Los, R. Stehrer und G. J. Vries (2015), »An Illustrated User Guide to the World Input-Output Database: The Case of Global Automotive Production«, *Review of International Economics* 23(3), 575–605.

UNCTAD Zölle (2022), »Zoll Daten«, verfügbar unter: [https://databank.worldbank.org/source/unctad-%5E-trade-analysis-information-system-\(trains\)](https://databank.worldbank.org/source/unctad-%5E-trade-analysis-information-system-(trains)), aufgerufen am 4. Juni 2022.

Walter, T. (2022), »Trade and Welfare Effects of a Potential Free Trade Agreement between Japan and the United States«, *Review of World Economics*, 1–32.

Weltbank (2022), »National Accounts Data«, verfügbar unter: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?locations=RU>, aufgerufen am 29. Juni 2022.

ifo

PODCAST

WIRTSCHAFT FÜR ALLE



Die ifo Konjunkturumfragen – ein Blick hinter die Kulissen

Dr. Klaus Wohlrabe



Das ifo Institut befragt mit seinen Konjunkturumfragen monatlich tausende von Unternehmen zu verschiedenen konjunkturrelevanten Aspekten. Dr. Klaus Wohlrabe, Leiter Befragungen, erklärt die Entstehung und die Bedeutung des ifo Geschäftsklimaindex und anderer Indikatoren.

Weitere aktuelle Folgen des ifo Podcasts:



Rentenerhöhung 2022 – übermäßige Belastung für die junge Generation?

Prof. Dr. Joachim Ragnitz

Die Renten werden im Sommer 2022 als Folge der Lohnsteigerungen im Jahr 2021 so stark erhöht wie lang nicht. Welche Rolle spielen dabei Nachhaltigkeitsfaktor und Nachholfaktor? Wo liegen die langfristigen Herausforderungen des Umlageverfahrens, und wie könnten diese angepackt werden?



Gleichstellung im Schneckentempo – wie kommt Deutschland auf die Überholspur?

Dr. Andreas Peichl und Britta Rude

Gleiche Arbeit, gleicher Lohn? Auch im Jahr 2022 scheint diese Selbstverständlichkeit noch keine Realität zu sein. Laut Statistischem Bundesamt verdienen Frauen im Schnitt 18% weniger als Männer. Weshalb ist der »Gender Gap« sogar noch deutlich größer?



Stromerzeugung durch erneuerbare Energien – welche Herausforderungen Deutschland noch bewältigen muss

Dr. Mathias Mier

Wie verändert die Energiewende die Art und Weise, wie wir Strom bepreisen? Welche Rolle spielt Gaskraft bei diesem Übergang? Wie können die Strommärkte der Zukunft aussehen? Kann das deutsche Modell der Energiewende überhaupt gelingen?



Und überall, wo es Podcasts gibt!



www.ifo.de/podcast



THEMA IM NÄCHSTEN IFO SCHNELLDIENST:

ifo Schnelldienst 9/2022 erscheint am 14. September 2022

**Zukunft des Geschäftsmodells Deutschland:
Funktioniert das deutsche Modell noch,
und was kommt auf Deutschland zu?**