

## 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

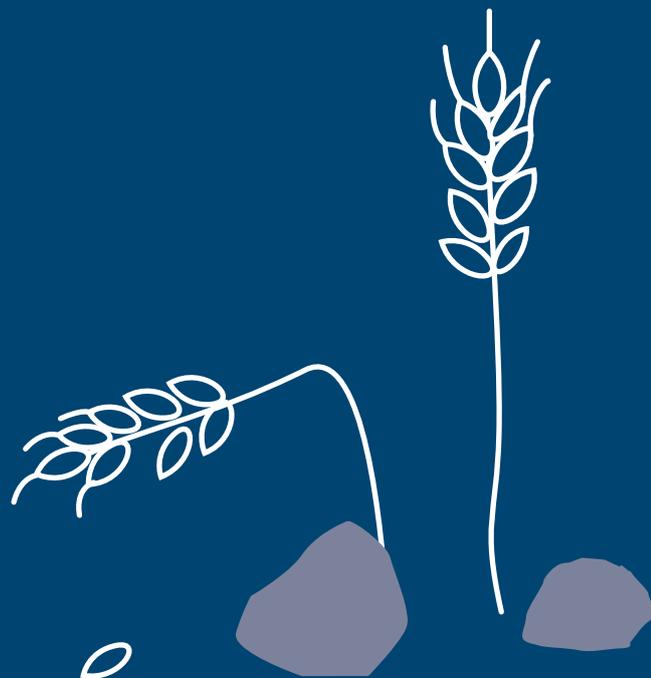
Die ökonomischen Auswirkungen des Russlandembargos der EU

*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*



## 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*

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.<sup>1</sup>

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

<sup>1</sup> Reduzierung der Emissionen im Sektor Landwirtschaft von ca. 90 Mio. im Jahr 1990 auf ca. 60 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalent im Jahr 2050 (BMUV 2016).

Verfügung stehen.<sup>2</sup> 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.<sup>3</sup> In diesem Fall lassen sich mindestens 85% der Flächen mit einer angepassten Technologie weiter bewirtschaften.<sup>4</sup> 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).<sup>5</sup>

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-

<sup>2</sup> 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.

<sup>3</sup> Siehe Beuth (2022); Fraunhofer ISE (2022a); Elysium Solar (2022).

<sup>4</sup> 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).

<sup>5</sup> 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 CO<sub>2</sub>-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).<sup>6</sup> Durch die Verwendung anderer PV-Module, einer im Vergleich zu konventionellen PV-Anlagen anderen Modulaufstellung sowie gegebenenfalls einer Modulnachführung mittels sogenannter PV-Tracker<sup>7</sup> (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.<sup>8</sup> 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.).

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

<sup>7</sup> 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.

<sup>8</sup> 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)<sup>9</sup>, 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

Balster, 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](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](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>.

<sup>9</sup> 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).