

Feldfrüchte und Strom von Agrarflächen: Was ist Agri-Photovoltaik und was kann sie leisten?

Agri-Photovoltaik bedeutet, dass Agrarflächen doppelt genutzt werden: zum Anbau von Feldfrüchten und zur Produktion von Strom. Aufgrund dieser „Doppelernte“ verliert die Landwirtschaft keine Anbauflächen – anders als bei Photovoltaik-Freiflächenanlagen, die überwiegend der Stromerzeugung dienen. Damit Subventionen jenen Nutzungen zugute kommen, die der Umwelt und der Nahrungsmittelproduktion gleichermaßen dienen, ist es wichtig, Agri-Photovoltaik von Freiflächenanlagen abzugrenzen und verschiedene Varianten der Agri-Photovoltaik zu unterscheiden.

Stephan Schindele¹ 

Crops and power from agricultural land: definition of agrivoltaics and its use

GAIA 30/2 (2021): 87–95

Abstract

“Agrivoltaics” denotes approaches to use agricultural areas simultaneously to produce food and to generate photovoltaic (PV) electricity. Social impact analysis shows that for a successful agrivoltaics dissemination, clear standards must be set for the agricultural activity on agrivoltaics sites, so that no subsidy abuse and pseudo-farming occur. Until today there is no internationally recognized definition of agrivoltaics, but since more governments are willing to include the technology in their policies, this article derives a generally valid agrivoltaics definition and puts it up for debate. In the first step, differentiation criteria of agrivoltaics from other PV applications were developed. In the second step, the derived properties were scrutinised with reference to the political reasons for agrivoltaics diffusion in Germany, and compared to Germany’s goals in terms of energy and environmental policy. Finally, a basic definition is derived that must meet certain mandatory requirements. This generally applicable definition of agrivoltaics can be supplemented in the national context by optional requirements to steer diffusion more purposefully. The results contribute to the debate on the definition of agrivoltaics in Germany and can also enrich the discourse in other governments and parliaments on agrivoltaics market introduction.

Keywords

agri-photovoltaics, impact analysis, land management, multi-level policy analysis, policy field analysis, sustainability politics

Dipl.-Betriebsw. (FH) Stephan Schindele, MBA | Eberhard-Karls-Universität Tübingen | Institut für Politikwissenschaft | Melanchthonstr. 36 | 72074 Tübingen | Deutschland und BayWa r.e. Solar Projects GmbH | Büro Freiburg | Kaiser-Joseph-Str. 263 | 79098 Freiburg im Breisgau | Deutschland | stephan.schindele@baywa-re.com

© 2021 S. Schindele; licensee oekom verlag. This Open Access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution License CC BY 4.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>). <https://doi.org/10.14512/gaia.30.2.6>
Received November 22, 2020; revised version accepted May 19, 2021 (double-blind peer review).

Der Ausbau erneuerbarer Energien steht in Deutschland vor großen Herausforderungen. Neben den technischen Problemen bezüglich der Systemintegration und der Debatte um die Sozialverträglichkeit der Energiewende gewinnt die Flächenverfügbarkeit in der gesellschaftspolitischen Diskussion an Bedeutung (Kühne 2018). Während bei der Windkraft und der energetischen Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen weniger die Flächenverfügbarkeit das begrenzende Kriterium ist, sondern vielmehr die Akzeptabilität in der Bevölkerung, kommt es beim Zubau von Photovoltaik-Freiflächenanlagen (PV-FFA) zu einem Siedlungsflächenanstieg.

Gemäß den derzeitigen gesetzlichen Rahmenbedingungen auf Bundesebene werden PV-FFA entsprechend als Flächeninanspruchnahme für Siedlungsfläche betrachtet (Bundesregierung 2019). Angesichts der eingeschränkten Verfügbarkeit landwirtschaftlich nutzbarer Böden und des Ziels, bis 2030 den Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche zu begrenzen (Bundesregierung 2021, S. 268) sowie ab 2050 eine „Nettonull“-Flächenkreislaufwirtschaft zu etablieren (BMUB 2016, S. 68) ist abzusehen, dass die steigende Flächennachfrage für den PV-FFA-Ausbau zu Flächennutzungskonkurrenz und damit zu Konfliktkonstellationen führen wird. 2019 hat als erstes Bundesland Bayern eine Zuschlagsmengenbegrenzung auf 70 PV-FFA-Projekte pro Jahr verabschiedet (Bayerische Staatsregierung 2019).

Eine Option zur Lösung dieses Konflikts haben Goetzberger und Zastrow (1982) vorgelegt: Sie haben ihr den Namen „Doppelernte“ gegeben. In Deutschland ist sie heute unter dem Namen Agri-Photovoltaik (Agri-PV) bekannt (Rösch 2016). In Frankreich wird sie „Agrivoltaic“ und in Japan „SolarSharing“ genannt. Der Grundgedanke ist in allen Ländern der gleiche: Auf einer Agrarfläche wird die Solarstromerzeugung an eine landwirtschaftliche Haupttätigkeit gekoppelt. Während bei PV-FFA die Maximierung der Solarstromerträge im Vordergrund steht, passt sich bei Agri-PV die PV-Technik den landwirtschaftlichen Anforderungen an, >

¹ Dieser Artikel entstand im Rahmen eines Dissertationsprojekts am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg im Breisgau.

um eine maximale Agrarproduktion bei simultaner Stromerzeugung zu erhalten. Indem techno-ökologische Synergien optimal genutzt werden, kann die Agri-PV für die Landwirtschaft als Instrument zur Anpassung an den Klimawandel dienen: Hochaufgeständerte Solarmodule können für die darunter praktizierte Landwirtschaft eine Schutzfunktion erfüllen und die Evaporation und Transpiration verringern. Bei zunehmender Trockenheit könnte dadurch die Ernährungs- und Wasserversorgungssicherheit erhöht werden.

Agri-PV als Gegenstand der EEG-Novelle 2020 und der Mangel einer Begriffsbestimmung

Mit der Novelle des *Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG)* am 17. Dezember 2020 hat der Deutsche Bundestag auch eine Änderung der *Innovationsausschreibungsverordnung (InnAusV)* beschlossen. Am 29.04.2021 veröffentlichte das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) zudem eine Formulierungshilfe für einen Änderungsantrag der Fraktionen der CDU/CSU und der SPD zum EEG und der *InnAusV*, wodurch am 01.04.2022 erstmals in Deutschland ein Segment von voraussichtlich 150 Megawatt Peak (MWp, maximal mögliche Leistung) für Parkplatz-, Floating- und Agri-PV reserviert wird, um erste Erfahrungen mit diesen „besonderen Solaranlagen“ zu sammeln (BMJV 2021, BMWi 2021). Zusätzlich trat im November 2020 die *Richtlinie zur Förderung der Energieeffizienz und CO₂-Einsparung in Landwirtschaft und Gartenbau* des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) in Kraft, nach der kleinflächige Agri-PV-Anlagen für die Energieeigenerzeugung gefördert werden (BMEL 2020, S. 12).

Für die Ausarbeitung der EEG-Innovationsausschreibung ist die Bundesnetzagentur (BNetzA) aufgefordert, bis Oktober 2021 eine genaue Definition für die drei besonderen PV-Anwendungsmöglichkeiten festzusetzen. Am 16. Juni 2021 eröffnete die BNetzA die Konsultation über die an die besonderen Solaranlagen nach § 15 der *InnAusV* zu stellenden Anforderungen. Für die Agri-PV konnte die BNetzA auf die Forschungsergebnisse des APV-RESOLA-Projekts zurückgreifen.² Erkenntnisse aus der Agri-PV-Akzeptanzforschung ergaben, dass die Bundesbehörden im Vorfeld einer bundesweiten Agri-PV-Markteinführung Kriterien zur Vermeidung einer „Pseudo-Landwirtschaft“ unter Agri-PV festlegen sollten (Ketzler et al. 2019). Vor diesem Hintergrund finanzierte das BMBF einen Agri-PV-Standardisierungsprozess im Rahmen eines *DIN-SPEC*-Verfahrens³. Hierin wurden Anforderungen an die landwirtschaftliche Hauptnutzung in der Koppelung mit Solarstromerzeugung ausgearbeitet (DIN 2020), etwa ein Minimalniveau an landwirtschaftlichen Erträgen oder ein maximaler Flächenverlust durch die Aufständigung der PV-Anlage. Nur wenn eine landwirtschaftliche Haupterzeugung unter oder zwischen den PV-Modulen erhalten bleibt und die Minimalanforderungen an diese landwirtschaftliche Tätigkeit erfüllt werden, ist von Agri-PV die Rede. Eine *DIN SPEC* ist ein erster Schritt zu einer Norm. In der Erarbeitungsphase werden Beschlüsse durch absolute Mehrheit und nicht wie bei einer Norm durch Konsens gefasst.

Weder in der Solarbranche noch sektorübergreifend zwischen Agrar- und Solarwirtschaft besteht ein Konsens zur Agri-PV-Definition. Die Abgabe von Stellungnahmen zur BNetzA-Konsultation zur Festlegung der Anforderungen an Agri-PV ist bis 16. Juli 2021 möglich. Dieser Artikel leistet einen Beitrag zur Debatte und zur Ausarbeitung einer Agri-PV-Definition.

In drei Arbeitsschritten zur Agri-PV-Definition

Im Folgenden wird in drei Arbeitsschritten eine Agri-PV-Definition hergeleitet. Im ersten Schritt werden die Eigenschaften von Agri-PV in Abgrenzung zu anderen PV-Nutzungsmöglichkeiten erläutert. Im zweiten Schritt wird auf dieser Grundlage untersucht, ob die Diffusion von Agri-PV in Deutschland zur Erreichung der energie- und umweltpolitischen Ziele beitragen kann. Im dritten Schritt wird die Agri-PV definiert und werden EEG-Förderkriterien festgelegt, denen diese Definition standhalten muss.

Die hier zu erarbeitende Definition dient als Grundlage für eine Wirkungsanalyse zur Agri-PV-Diffusion in Deutschland (Schindele 2021, in diesem Heft). Indem Ausbaupotenziale der PV-FFA durch Agri-PV substituiert werden, könnten bis ins Jahr 2050 knapp 60 000 Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche in Deutschland erhalten werden. Das entspricht der Anbaufläche für die inländische Produktion von Äpfeln, Birnen, Süßkirschen, Pflaumen, Heidel-, Johannis- und Himbeeren im Jahr 2019. Bis 2050 müssten hierfür 81,3 GWp Agri-PV-Leistung installiert werden, was nur einem Bruchteil des technischen Agri-PV-Potentials von 1 700 GWp in Deutschland entspricht (Wirth 2019).

Schritt 1: Abgrenzungsmerkmale zu etablierten PV-Techniken bestimmen

Abgrenzungsmerkmal 1: Landwirtschaftliche Nutzfläche bleibt erhalten

Die Agri-PV erhält die landwirtschaftliche Tätigkeit auf einer Agrarfläche und sollte somit nicht zum Siedlungsflächenanstieg beitragen. In Deutschland erhält eine Agrarfläche, auf der eine Agri-PV-Anlage errichtet wurde, paradoxerweise nach derzeitiger Gesetzgebung aber keine Subventionen mehr im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU (EU-GAP). Die aktuelle deutsche Gesetzgebung kennt ausschließlich getrennte Flächennutzungen: entweder Nahrungsmittel- oder Solarstromerzeugung. Eine intersektorale, multifunktionale Landnutzungsart, die eine überlagerte „Doppelernte“ für eine Fläche ermöglicht, ist in der *Direktzahlungsdurchführungsverordnung (DirektZahlDurchfV)*⁴ ausgeschlossen. Die *DirektZahlDurchfV* besagt in § 12 Abs. 3 Nr. 6, dass Flächen, auf denen sich Anlagen zur Nutzung von solaren Strahlungsenergien befinden, „hauptsächlich für eine nichtlandwirtschaftliche Tätigkeit genutzt“ werden; damit kommen sie nicht

² <https://agri-pv.org/de>

³ Die Ergebnisse der *DIN SPEC 91434* wurden am 16.04.2021 veröffentlicht: www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91434/337886742.

⁴ www.gesetze-im-internet.de/direktzahlungsdurchfV/DirektZahlDurchfV.pdf



ABBILDUNG 1: Bodennah installierte Photovoltaik-Freiflächenanlagen (PV-FFA) kombiniert mit extensiver landwirtschaftlicher Tätigkeit zwischen den PV-Modulreihen. Traktoren können nur zwischen, aber nicht unter den Modulen fahren.

für Direktzahlungen aus der EU-Agrarförderung infrage. Auch auf kommunaler Ebene wird seitens der öffentlichen Verwaltung kein Unterschied zwischen Agri-PV und PV-FFA gemacht. Wie PV-FFA werden Agri-PV-Anlagen im Flächennutzungsplan als „Sondergebiete“ ausgewiesen. In der Bauleitplanung wird die PV-FFA- und Agri-PV-Fläche gleich einer Art Gewerbefläche im Außenbereich zur Produktion von Solarstrom bewertet und somit der Landnutzungskategorie Siedlungsfläche zugeordnet, dabei könnte bei der Agri-PV die Flächenkategorie „Landwirtschaftliche Nutzfläche“ erhalten bleiben.

Unter naturschutzrechtlichen Aspekten erscheint es ordnungspolitisch rigoros, wenn Bewilligungen für Agri-PV-Bauvorhaben gemäß der Eingriffsregelung im Baugesetzbuch an Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen geknüpft werden und dadurch zusätzliche Agrarflächen für den Naturschutz verloren gehen. Eine solche Steuerung wird dem Umstand nicht gerecht, dass die beiden PV-Anwendungsmöglichkeiten unterschiedliche naturschutzrechtliche Auswirkungen haben. Bei der Agri-PV bleibt die landwirtschaftliche Tätigkeit auf der Agrarfläche größtenteils erhalten und die naturschutzfachlichen Kompensationsauflagen fallen entsprechend geringer aus, weil etwa Nistplätze, Schutzmöglichkeiten in der Feldfrucht und Nahrungsmittelgrundlage für Wild und Vögel weiterhin vorhanden sind. Im Zusammenhang mit Obst- und Beerenbau, wenn Agri-PV bestehende Hagel- und Folienschutzsysteme ersetzt, wird zudem der Eingriff ins Landschaftsbild als sehr gering eingeschätzt (Siemensmeyer 2015, S. 33). Die Akzeptanz in der betroffenen Bevölkerung ist für die Agri-PV höher als für PV-FFA, bei der keine Nahrungsmittelproduktion mehr stattfindet (Ketzler et al. 2019). Eine PV-FFA hingegen führt zwar zu einer Flächennutzungsänderung und Einschränkung der Nahrungsmittelproduktion (häufig wird Acker- in Grünland umgewandelt), kann aber im Vergleich zu einer konventionellen Agrarfläche die Biodiversität erhöhen, weil unter anderem im Vergleich zu einer intensiv bewirtschafteten Agrarfläche weniger Pestizide eingesetzt werden und gezielt Biodiversitätsmaßnah-

men umgesetzt werden können (BNE 2021). Aufgrund der nicht differenzierten Handhabung von PV-FFA und Agri-PV bei der Flächenfestsetzung auf Kommunalebene bewertet die Bundesregierung konsequenterweise Projekte beider Art als „direkte und indirekte Landnutzungsänderungen“ und schlägt sie dem Siedlungsflächenanstieg hinzu (Bundesregierung 2019). Vor diesem Hintergrund konkurriert der PV-FFA-Ausbau politisch weniger mit der Verfügbarkeit von landwirtschaftlicher Nutzfläche zur Nahrungsmittelproduktion als vielmehr mit weiteren Agrarflächeninanspruchnahmen für Siedlungsflächen, insbesondere vor dem Hintergrund der Zielvorgabe, den Anstieg der Siedlungsfläche zu begrenzen, um bis 2050 eine Nettonull-Flächenkreislaufwirtschaft einzurichten (Bundesregierung 2021, BMUB 2016).

Damit der Agri-PV-Ausbau im Gegensatz zu PV-FFA-Projekten nicht zum Siedlungsflächenanstieg zählt, sollte im Baugenehmigungsverfahren die Festsetzung der Projektfläche im Flächennutzungsplan auf „Landwirtschaftliche Nutzfläche mit integrierter Agri-PV“ geändert werden.⁵ Zudem sollte die EU-GAP-Beihilfefähigkeit für die landwirtschaftliche Tätigkeit in Koppelung an Agri-PV erhalten bleiben, auch damit über die Dokumentationspflicht in der Schlagkartei die landwirtschaftlichen Erträge dauerhaft erfasst werden. Dass eine Flächennutzung für die Solarstromerzeugung zusammen mit einer beihilfefähigen landwirtschaftlichen Nutzung möglich ist, bestätigt ein noch nicht rechtskräftiges Urteil des Verwaltungsgerichts Regensburg aus dem Jahr 2018. Darin drängt die Gerichtsbarkeit die gesetzgebende Gewalt dazu, die bestehende Rechtslage zu korrigieren: Flächen, die unter und

>

⁵ Kleinflächige Agri-PV-Anlagen (<1 Hektar) können mit hoher Wahrscheinlichkeit über die Privilegierung nach § 35 BauGB (*Baugesetzbuch*) umgesetzt werden, sofern sie im räumlichen Zusammenhang zur Hofstelle und für die Stromeigenversorgung installiert werden (also der landwirtschaftliche Betrieb auch der Betreiber der Agri-PV-Anlage ist). Großflächige Agri-PV-Anlagen (>1 Hektar), deren Strom ausschließlich ins Stromnetz eingespeist wird, benötigen in der Regel einen vorhabenspezifischen Bebauungsplan.

zwischen den PV-Modulen hauptsächlich landwirtschaftlich genutzt werden und für die keine starke Einschränkung durch die Energiegewinnung durch PV besteht, seien fortan als beihilfefähige Flächen zu bewerten (VG Regensburg 2018). Das Urteil des Bundesverwaltungsgerichts zum Maislabyrinth und die darin enthaltene Bewertung von nicht landwirtschaftlicher Nutzung im Verhältnis zur landwirtschaftlichen Tätigkeit bekräftigt dies (Bundesverwaltungsgericht 2019): Mit hoher Wahrscheinlichkeit ist die heutige Gesetzgebung in Deutschland nicht konform mit geltendem EU-Recht und die *DirektZahlDurchfV* muss entsprechend angepasst werden. Eine Änderung der *DirektZahlDurchfV* dergestalt, dass in § 12 Abs. 3 Nr. 6 eine Ausnahme für Agri-PV-Anlagen vorgesehen wird („[...] mit Ausnahme von Agri-Photovoltaik-Anlagen“), trüge zur Rechtssicherheit bei.

Abgrenzungsmerkmal 2: Schutzfunktion durch höhere Aufständigung; Nahrungsmittel statt Extensivierung

Die EU-GAP-Beihilfefähigkeit allein wäre allerdings unzulänglich für die Herleitung einer differenzierten Agri-PV-Definition: Es macht einen Unterschied, ob die landwirtschaftliche Tätigkeit unter oder zwischen den PV-Modulreihen stattfindet. Bei der hochaufgeständerten Agri-PV findet eine tatsächliche Doppelnutzung der Agrarfläche statt und die Modultechnik erfüllt neben der Stromerzeugung weitere Zwecke, wie Regen-, Hagel- oder Sonnenschutz. Auch die Unterkonstruktion kann für die Landwirtschaft einen Doppelnutzen erfüllen, etwa indem Anbaudrähte als Rankhilfe zwischen dem Tragwerk gezogen werden oder Frost- und Bewässerungssysteme daran befestigt sind. Bodennah installierte Agri-PV ermöglicht hingegen eine Parallelnutzung der Agrarfläche, zum Beispiel für die Heuproduktion als Futtermittel oder den klassischen Ackerbau (Abbildung 1). Im Vergleich zu dieser Agri-PV, bei der die landwirtschaftliche Tätigkeit größtenteils weiterhin unter freiem Himmel stattfindet, bieten hochaufgeständerte Agri-PV-Anwendungen mehr Synergien. Im besten Fall ersetzt die Agri-PV-Anlage ein bestehendes landwirtschaftliches Kulturenschutzsystem, etwa eine Folienregenhaube oder ein Hagelschutznetz (Abbildung 2). Die Agri-PV-Doppelnutzung lässt sich zudem wesentlich klarer von PV-FFA abgrenzen und das ausgeprägtere Zusammenwirken beider Produktionssysteme rechtfertigt auch die höheren Gestehungskosten gegenüber PV-FFA oder Agri-PV-Parallelnutzung. Die Abgrenzung zwischen Agri-PV-Parallelnutzung und PV-FFA erfolgt über die Bewertung, ob die PV-Installation zu einer Flächennutzungsänderung geführt hat. Damit ist nicht die baurechtliche Bewertung der Fläche gemeint, also ob der Status weiterhin landwirtschaftliche Nutzfläche oder Sondergebiet Solarpark ist, sondern die Frage, ob es zu einer Veränderung der landwirtschaftlichen Tätigkeit kam. Agri-PV-Parallelnutzung erhält die bisherige Fruchtfolge des landwirtschaftlichen Betriebs, wohingegen bei PV-FFA die Agrarfläche aus der Produktion des Betriebs genommen wird. Bei PV-FFA wird die Agrarfläche in der Regel eingegrünt und eine maximale Stromerzeugung angestrebt. Bei Agri-PV-Parallelnutzung passen sich beispielsweise die Modulunterkante und die Modulreihenabstände der Ackerfrucht beziehungsweise der Landmaschinenteknik an und die mögliche

Solarstromerzeugung ergibt sich aus den Anpassungen des PV-Systems für die Beibehaltung der bisherigen Nahrungs- und Futtermittelproduktion auf der Fläche. Im Rahmen der EEG-Innovationsausschreibungen für besondere Solaranlagen wären die hochaufgeständerten Agri-PV-Doppelnutzungsanlagen (Kategorie 1, *DIN SPEC 91434*³) mit ihren vielen Zusatznutzen gegenüber den Agri-PV-Parallelnutzungsanlagen (Kategorie 2, *DIN SPEC 91434*³) im Kostenwettbewerb unterlegen. Agri-PV-Parallelnutzungsverfahren haben nämlich bereits im Auktionsmechanismus für PV-FFA Zuschläge erhalten und sind zuweilen „subventionsfrei“ umgesetzt worden (BayWa r.e. 2019). Die zusätzliche BNetzA-Konsultationsfrage im Rahmen der Agri-PV-Definition, ob Agri-PV-Parallelnutzung aus dem Verfahren der *InnAusV* ausgenommen werden sollten, ist daher mit Ja zu beantworten: Für die Agri-PV-Markteinführung wäre es zielführend, wenn ausschließlich die hochaufgeständerte Agri-PV-Doppelnutzung durch die *InnAusV* gefördert würde, während die Agri-PV-Parallelnutzungen durch das Ausschreibungsverfahren aus dem ersten Segment mit PV-FFA in den Wettbewerb träten. Allerdings sollte für die Agri-PV-Parallelnutzung innerhalb der herkömmlichen Ausschreibungen die Einschränkung der Flächenkulisse auf benachteiligtes Gebiet oder Flächen entlang von Transportwegen aufgehoben werden: Die Technologie sollte auf allen landwirtschaftlichen Nutzflächen ermöglicht werden, da auch sie die Flächenausnutzung erhöht.

Agri-PV-Doppelnutzungsanlagen lassen sich besser von PV-FFA abgrenzen als Parallelnutzungsanlagen. Als Abgrenzungsmerkmal wird die Höhe der Aufständigung als lichtetes Maß zwischen dem Grund und der niedrigsten Unterkante der Tragwerkskonstruktion oder des PV-Moduls gemessen (Dinesh und Pearce 2016). Sie wurde in der *DIN SPEC 91434* auf 2,10 m festgelegt.

Abgrenzungsmerkmal 3: Beitrag zur Anpassung der Landwirtschaft an den Klimawandel

Bereits heute kann die Agri-PV-Technik auf Finanzierungsmechanismen der UN-Klimarahmenkonvention zurückgreifen und so die CO₂-Reduktion und die landwirtschaftliche Produktion etwa in einem Entwicklungsland oder kleinen Inselstaat unterstützen (GCF 2020). Der Weltklimarat hat die Verwundbarkeit des Agrarsektors gegenüber dem Klimawandel als sehr hoch eingestuft. Hochaufgeständerte Module können die landwirtschaftliche Tätigkeit vor vermehrt auftretenden Extremwetterlagen schützen: In Trockenzeiten wird durch Verschattung die Evaporation und Transpiration gesenkt. Bei Starkregen oder Hagel werden zum Beispiel Obstplantagen geschützt. Der Kulturenschutz wird über die Stromerlöse finanziert und der Landwirt spart sich die Investitionskosten für ein gewöhnliches Folienschutzsystem. Agri-PV-Doppelnutzungsanlagen unterstützen so die Anpassung der Landwirtschaft an die Erderwärmung und tragen zu ihrer Resilienzsteigerung bei. Dies ist ein weiteres Abgrenzungsmerkmal gegenüber PV-FFA oder Agri-PV-Parallelnutzungen. Klimaschutz und die Anpassung der Landwirtschaft an den Klimawandel sollen laut BMEL zukünftig einen größeren Stellenwert in der Agrarpolitik einnehmen (BMEL 2019). Hochaufgeständerte Agri-PV



ABBILDUNG 2: Hochaufgeständerte Agri-PV-Technik mit Schutzfunktionen für die landwirtschaftliche Tätigkeit unterhalb der Modulreihen. Folienregenhäuben wie oben rechts oder Hagelschutznetze wie unten rechts können ersetzt werden; landwirtschaftliche Fahrzeuge können auch unter den Anlagen verkehren. Das Landschaftsbild verändert sich gegenüber bereits von Folien- und Hagelschutzsystemen überprägten Flächen kaum.

könnte eine Lösungsoption für die landwirtschaftlichen Betriebe und ein Beitrag zur Erreichung der BMEL-Ziele sein.

Abgrenzungsmerkmal 4: Steigerung der Landnutzungsrate

Zur Optimierung der Landnutzung durch eine Kombination von Nahrungsmittel- und Energieproduktion auf einer Fläche entwickelte die FAO die Methode von Integrierten Nahrungsmittel- und Energiesystemen. Da die Agri-PV ähnlich wie ein „Agroforstsystem“ oder die „Agrotreibstoffproduktion mit Kaskadennutzung“ die Landnutzungsrate wesentlich steigert (FAO 2011, S. 19), wurde sie im *Global Land Outlook* als Lösung für Flächennutzungskonkurrenz anerkannt (UNCCD 2017, S. 215). Diese Steigerung der Landnutzungseffizienz ist damit ein weiteres Agri-PV-Alleinstellungsmerkmal gegenüber PV-FFA. Durch die Berechnung der Landnutzungsrate wird sie quantitativ bestimmt (Dupraz et al. 2011). Eine Steigerung der Landnutzungseffizienz für die landwirtschaftliche Tätigkeit ist bei einer gemischten Flächennutzung im Vergleich zu einer getrennten Landnutzung (je auf der halben Fläche Landwirtschaft und PV-FFA) dann gegeben, wenn der Ernteertrag unter Agri-PV mehr als 50% des Ernteertrags auf der reinen Agrarfläche beträgt. Damit jedoch der Status „landwirtschaftliche Nutzfläche“ erhalten bleibt, stellt die *DIN SPEC* die Muss-Anforderung, dass mindestens zwei Drittel der landwirtschaftlichen Erträge nach Inbetriebnahme der Agri-PV-Anlage erhalten

bleiben. Dies würde zur einer Flächennutzungseffizienzsteigerung von mindestens 33% gegenüber einer getrennten Flächennutzung führen (für die beiden Teilflächen: getrennte Nutzung: $100\% + 0\% = 100\%$; APV: $67\% + 67\% = 133\%$).

Abgrenzungsmerkmal 5: bauliche Anlage und kein Gebäude

Der PV-Anlagenbetrieb ist für viele Landwirte eine wichtige von landwirtschaftlichen Erträgen unabhängige Einkommensquelle. Für die Bewertung von Agri-PV-Abgrenzungsmerkmalen sind daher explizit andere PV-Nutzungsmöglichkeiten für Landwirte zu prüfen, die einem bereits existierenden PV-Marktsegment und dessen Förderrichtlinien eindeutig zugeordnet werden können. Im Folgenden werden Gewächshäuser und Stallungen mit dachintegrierter PV-Technik von Agri-PV abgegrenzt.

Sogenannte Solargewächshäuser grenzen sich durch zwei Eigenschaften von Agri-PV ab. Erstens, Gewächshäuser bieten eine geschlossene Pflanzenkultivierung in einem künstlich erzeugten Klima, im Fokus steht die Erntezeitpunktsteuerung unabhängig von den natürlichen klimatischen Bedingungen. Agri-PV hingegen verfügt über keine solche Steuerungsmöglichkeit für das wetterunabhängige Kultivieren von Pflanzen. Agri-PV ist stets ein geschützter Anbau, aber kein geschlossener. Die Kultivierungssysteme Agri-PV und Gewächshäuser erfüllen entsprechend für die landwirtschaftliche Haupterzeugung unterschiedliche Zwecke und



ABBILDUNG 3: Dachintegrierte PV-Technik auf Stallungen (links) und Gewächshäusern (rechts).

sind klar voneinander abzugrenzen. Das bedeutet auch: Die Erträge der landwirtschaftlichen Tätigkeit unter Agri-PV hängen nicht ausschließlich vom Lichtmanagement, sondern auch von Temperatur, Bodenfruchtbarkeit, natürlichen Bestäubern und vielen weiteren Faktoren ab. Zweitens, ein Gewächshaus ist gemäß *BauGB* ein Gebäude, während Agri-PV und andere landwirtschaftliche Schutzsysteme baurechtlich als bauliche Anlagen bewertet werden. Eine auf dem Dach eines Gewächshauses integrierte PV-Anlage erhält dementsprechend eine PV-Dacheinspeisevergütung und wird damit bereits heute im PV-Fördersystem berücksichtigt. Eine ähnliche Argumentationslinie gilt für Stallungen mit dachintegrierter PV: Ein geschlossenes Gebäude, in dem die Tiere ganzjährig gehalten werden können, sollte als Stall und nicht als Agri-PV-Anlage bewertet werden.⁶ Bei der Analyse der Agrarflächeninanspruchnahme durch PV und der Wirkungsanalyse einer Agri-PV-Diffusion sind daher Gewächshäuser und Ställe mit dachintegrierter PV dem Dach- (also Siedlungs-) und Verkehrsflächen-segment und nicht dem Agrarflächen-segment zuzuordnen. Beispiele für Solargewächshäuser und Stallungen mit PV-Dach sind in Abbildung 3 dargestellt.

Schritt 2: Eigenschaften der Agri-PV an deutschen Nachhaltigkeitszielen messen: Agrarflächenerhaltung, Klimaschutz und -anpassung, Technologieführerschaft

Für die gesellschaftspolitische Entscheidung zur Förderung der Agri-PV-Diffusion ist die Beurteilung wichtig, ob Agri-PV in Summe einen Beitrag zur Steigerung des Nachhaltigkeitsniveaus in Deutschland leisten kann. Hierbei wird gefragt, welche der Agri-PV-Eigenschaften gegenüber bestehenden PV-Techniken einen zusätzlichen Nutzen für die nachhaltige Entwicklung bedeuten und somit eine Aufnahme in ein Förderregime rechtfertigen. Da Definitionen per se keinen politischen Anforderungen entsprechen sollten, sondern den Anspruch der Allgemeingültigkeit haben, sind die nationalen politischen Beweggründe als eine zusätzliche Information oder ergänzende Anmerkung zur Definition hinzuzufügen. Tabelle 1 fasst zusammen, welche Auswirkungen

eine Agri-PV-Diffusion in Deutschland auf die Umsetzung der *Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (DNS)* (Bundesregierung 2021) haben könnte.

Insgesamt werden sechs *Sustainable Development Goals (SDGs)* und acht *DNS-Key-Performance-Indicators (KPIs)* direkt von einer Agri-PV-Diffusion beeinflusst. Zwei *KPIs* betreffen Alleinstellungsmerkmale der Agri-PV im Vergleich zu sonstigen PV-Anwendungen:

1. KPI 11.1.a Nachhaltige Landnutzung: Gebäude, Gewächshäuser, Verkehrswege, Konversionsflächen und Sondergebiete für die PV-FFA-Nutzung zählen allesamt zu Siedlungsflächen. Die Agri-PV-Diffusion kann zur Reduktion des Siedlungsflächenanstiegs auf Kosten der Landwirtschaftsfläche beitragen, wenn statt PV-FFA Agri-PV-Anlagen erstellt werden. Indem ein Mindestniveau der bisherigen Agrarproduktion weiterhin erzielt wird, beispielsweise zwei Drittel oder drei Viertel im Vergleich zu den Vorjahren und den regionalen Referenzwerten pro Jahr, bleibt die regionale Nahrungsmittelproduktion gewährleistet und die Anlage trägt zur nachhaltigen Landnutzung bei. Es wäre daher angebracht, wenn Agri-PV-Flächen nicht mehr unter die Sondergebiete fielen, sondern den Status landwirtschaftliche Nutzfläche behielten.

2. KPI 9.1 – Zukunft mit neuen Lösungen gestalten: Regierungen in Japan, Südkorea, China, Frankreich, den Niederlanden und den USA haben Agri-PV-Fördersysteme verabschiedet, um ihre Landwirte zu stärken und Landnutzungskonflikte zu mindern (Schindele et al. 2020). In den USA befasst sich der Kongress mit der Agri-PV-Technik (Lawson et al. 2020) und auch die Europäische Kommission analysiert die Marktentwicklung und die Potenziale von Agri-PV für die Umsetzung des European Green Deal (European Commission 2020). Bis Juni 2021 waren weltweit schätzungsweise über 3 500 Agri-PV-Anlagen installiert – allein in Japan über 3 000 (Tajima 2021). Die größte Agri-PV-Anlage befindet sich in China, umfasst über 1 200 Hektar, verfügt über 1 GWp Leistung und trägt zur Ökosystem-Restaurierung bei, indem nahe der Wüste Gobi eine degradierte Fläche durch die PV-Verschattung und durch Windschutz wieder für die Nahrungsmittelherzeugung zurückgewonnen werden konnte (Bellini 2020). In Deutsch-

⁶ In Deutschland ist dies gegeben, aber die Einstufung wird nicht in allen Ländern gleich vorgenommen.

SDG 2:	Hunger beenden, Ernährungssicherheit erreichen und nachhaltige Landwirtschaft fördern
KPI 2.1.b	Anteil ökologischer Landbau erhöhen
SDG 7:	Zugang zu bezahlbarer, verlässlicher, nachhaltiger Energie für alle sichern
KPI 7.2.a	Anteil erneuerbarer Energien am Brutto-Endenergieverbrauch erhöhen
KPI 7.2.b	Anteil erneuerbarer Energien am Brutto-Stromverbrauch erhöhen
SDG 8:	nachhaltiges Wirtschaftswachstum und produktive Vollbeschäftigung für alle fördern
KPI 8.4	Wirtschaftsleistung umwelt- und sozial-verträglich steigern
KPI 8.5.a	Beschäftigungsniveau steigern
SDG 9:	nachhaltige Industrialisierung fördern und Innovationen unterstützen
KPI 9.1	Zukunft mit neuen Lösungen gestalten
SDG 11:	Städte und Siedlungen widerstandsfähig und nachhaltig machen
KPI 11.1.a	nachhaltige Landnutzung
SDG 13:	umgehend Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen ergreifen
KPI 13.1.a	Treibhausgase reduzieren

TABELLE 1: Schnittmengen einer Agri-PV-Diffusion mit der *Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (DNS)* (Bundesregierung 2021). *SDG: Sustainable Development Goal* (nachhaltiges Entwicklungsziel der Vereinten Nationen); *KPI: key performance indicator* (Schlüsselindikator der *DNS*).

land sind schätzungsweise zwölf Agri-PV-Anlagen installiert worden, die meisten zu Forschungszwecken. Das BMWi behandelt die Agri-PV als Nische. So verschläft die Behörde den internationalen Trend, intersektorale Herausforderungen durch multifunktionale Lösungen zu meistern, und missachtet den dringlichen Handlungsbedarf auf kommunaler Ebene, Landnutzungskonflikte zu entschärfen. Im gleichen Zug, wie das BMWi die Agri-PV im *EEG* als Chance begreifen und die Ausbaumenge wesentlich stärker statt der derzeit angedachten 150 MWp auf mindestens 300 MWp pro Jahr erhöhen sollte, müsste das BMEL die gesetzlichen Rahmenbedingungen für die landwirtschaftliche Tätigkeit unter oder zwischen Agri-PV-Modulen schaffen und die *Direkt-ZahlDurchfV* dahingehend anpassen, dass diese landwirtschaftliche Nutzfläche EU-GAP-beihilfefähig bleibt. Zwischen dem Deutschen Bauernverband (DBV) und allen relevanten Energieverbänden, darunter dem Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) und dem Bundesverband Erneuerbare Energie (BEE), besteht Einigkeit, dass die Agri-PV als neues PV-Marktsegment im *EEG* etabliert werden sollte. Die Agri-PV-Technik steht in ihrer Markterschließung erst am Anfang und über weitere Forschung und Entwicklung (FuE) sowie erhöhte Absatzmengen sind Kostenreduktion, Skaleneffekte und „Learning by doing“ möglich, die mittel- bis langfristig die Agri-PV an die Wettbewerbsfähigkeit heranführen. FuE-Investitionen seitens der Industrie werden nur getätigt, wenn ein ausreichend großer Markt in Aussicht gestellt wird. Technology-Push (Forschung) und Demand-Pull (Diffusion) müssen Hand in Hand gedacht und umgesetzt werden, damit der nationale Wissensstand kontinuierlich erhöht, die Technik weiterhin verbessert und ins Ausland exportiert werden kann.

Anpassung der Landwirtschaft an den Klimawandel: Ein weiterer wichtiger Punkt ist das Agri-PV-Alleinstellungsmerkmal, die Landwirtschaft bei der Anpassung an den Klimawandel zu unterstützen. Agri-PV kann den landwirtschaftlichen Betrieben dienlich sein, wenn etwa Nutztiere in der Sommerhitze unter Agri-PV-Anlagen weiden können oder die bestehenden Anbauschutz-

systeme im Sonderkulturbereich ersetzt werden. Landwirte profitieren so von einer Schutzfunktion, deren Investitionskosten über das *EEG* finanziert werden könnten. Allerdings ist die Anpassung der Landwirtschaft an den Klimawandel im Moment kein Ziel der *DNS*. Geringere Investitionskosten, weniger Arbeit und Müllreduktion bei gleicher oder sogar verbesserter Schutzfunktion sind die techno-ökonomischen und sozio-ökologischen Hauptargumente für die Agri-PV-Integration in die landwirtschaftliche Produktion.

Schritt 3: Agri-PV-Definition festlegen, Förderkriterien für Deutschland herleiten

Um Pseudo-Agri-PV-Anwendungen, Fehlanreize und Mitnahmeeffekten vorzubeugen, sollten bei der Agri-PV-Diffusion die Förderkriterien möglichst konkret und überprüfbar definiert werden. Unter Berücksichtigung der fünf Abgrenzungsmerkmale zu anderen PV-Techniken wird zunächst eine allgemeingültige Agri-PV-Definition hergeleitet, die drei Prüfkriterien standhalten muss:

1. Damit es zu keiner Flächennutzungsänderung kommt, muss der primäre Zweck der Agri-PV-Landnutzung die landwirtschaftliche Tätigkeit zur Nutzpflanzenkultivierung oder Nutztierhaltung sein;
2. Damit ein landwirtschaftlicher Mindestertrag unter der Agri-PV-Anlage gewährleistet wird, muss der Wert der landwirtschaftlichen Ernte in einer gemischten Agri-PV-Flächennutzung höher sein als bei einer getrennten Flächennutzung zur Solarstromerzeugung und Nahrungsmittelproduktion und somit die Flächennutzungseffizienz gesteigert werden;
3. Der sekundäre Zweck der Agri-PV-Landnutzung ist die Solarstromerzeugung. Die PV-Technik muss sich den Bedarfen der landwirtschaftlichen Tätigkeit anpassen und techno-ökonomische sowie sozio-ökologische Synergien beider Produktionssysteme optimal nutzen.

Der Begriff „Agri-Photovoltaik“ kann daraus wie folgt definiert werden: „Agri-Photovoltaik erhöht die Landnutzungseffizienz von



Agrarflächen, indem sie eine sekundäre Solarstromproduktion an eine landwirtschaftliche Primärerzeugung koppelt und dabei Synergien der beiden Produktionssysteme optimal nutzt.“

Diese Basisdefinition könnte als Diskussionsgrundlage für die Ausarbeitung einer international gültigen Agri-PV-Norm dienen, damit in Wissenschaftsgemeinde, Staatengemeinschaft, Gesellschaft und Wirtschaft Einigkeit über den Begriff „Agri-PV“ und die Grundeigenschaften der Technik herrscht. Im nationalen Kontext können die politischen Gründe für eine Agri-PV-Diffusion unterschiedlich sein und deshalb weitere Kann-Anforderungen ergänzend an die Basisdefinition angefügt werden. Als Ergebnis der DNS-Analyse für Deutschland werden vier weitere Prüfkriterien als Voraussetzung für eine Förderung vorgeschlagen:

4. Damit Agri-PV-Anlagen Schutzfunktionen für verschiedene darunterliegende landwirtschaftliche Nutzungen zur Anpassung an den Klimawandel übernehmen können, muss die sekundäre Flächennutzung zur Solarstromproduktion hochaufgeständert sein, daher wird empfohlen, solche Anlagen (Doppelnutzung) primär zu fördern;
5. In Abgrenzung zur BMEL-Richtlinie *Energieeffizienz und CO₂-Reduktion in der Landwirtschaft*, durch die kleinflächige (< 1 ha) Agri-PV-Installationen zur Energieeigenerzeugung bereits heute förderfähig sind, müssen in der *InnAusV* großflächige (≥ 1 ha) Agri-PV-Anlagen zur Netzeinspeisung gefördert werden;
6. Nach der Agri-PV-Anlagenerrichtung müssen die genehmigten Agri-PV-Spezifizierungen und insbesondere die dauerhafte landwirtschaftliche Tätigkeit unter der Agri-PV-Anlage überprüft werden, weshalb die EU-GAP-Beihilfefähigkeit der Agri-PV-Fläche gegeben sein muss;
7. Die drei Agri-PV-Basis-Prüfkriterien 1–3 und die drei Kann-Anforderungen 4–6 müssen im Baugenehmigungsverfahren durch einen Sachverständigen überprüft und bestätigt und auf Bundesebene gegenüber dem Fördermittelgeber als Teil des kommunalen Aufstellungsbeschlusses zum Agri-PV-Projektvorhaben nachgewiesen werden. Dabei wird auf lokaler Ebene beurteilt, ob eine wirtschaftlich tragfähige und dauerhafte landwirtschaftliche Erzeugung unter der angedachten Agri-PV möglich ist.

Die Agri-PV-Basisdefinition kann zur Berücksichtigung nationaler Bedarfe zur Anwendung in der *InnAusV* folgendermaßen ergänzt werden:

„Bei der Agri-PV-Doppelnutzung ist die PV-Anlage eine landwirtschaftliche Schutzvorrichtung und dient der darunterliegenden landwirtschaftlichen Tätigkeit zur Anpassung an den Klimawandel. Aufgrund dieser zusätzlichen Schutzfunktion ist die Agri-PV-Doppelnutzung in der Diffusion gegenüber der Agri-PV-Parallelnutzung zu bevorzugen. Beide Agri-PV-Nutzungsmöglichkeiten erhöhen die Widerstandsfähigkeit der Landwirtschaft gegen den Klimawandel, indem sie zur Einkommensdiversifizierung des landwirtschaftlichen Betriebs beitragen, wenn der Solarstrom durch Netzeinspeisung vermarktet wird. Die tragfähige und dauerhafte landwirtschaftliche Erzeugung unter den PV-Modulen wird vor der Anlagenerrichtung durch ein Sachverständigengut-

achten nachgewiesen und nach Installation durch die Koppelung an die EU-GAP-Beihilfefähigkeit gewährleistet.“

In Schindele 2021 (in diesem Heft) wird für die Wirkungsanalyse einer Agri-PV-Diffusion in Deutschland bis 2050 ausschließlich die Agri-PV-Basisdefinition verwendet.

Fazit

Die vorgelegte Empfehlung einer Agri-PV-Definition erfolgte in drei Schritten. Schritt 1 erläuterte die Eigenschaften der Agri-PV in Abgrenzung zu anderen PV-Techniken. Aus den fünf identifizierten Abgrenzungsmerkmalen wurde eine Agri-PV-Basisdefinition hergeleitet. Diese kann als Grundlage für die Ausarbeitung einer international gültigen Agri-PV-Norm dienen.

Im nationalen Kontext können die politischen Gründe für die Förderung einer Agri-PV-Diffusion unterschiedlich sein und daher weitere Kann-Anforderungen ergänzend an die Basisdefinition angefügt werden. Deswegen stand in einem zweiten Schritt die Agri-PV-Diffusion im deutschen gesellschaftspolitischen Kontext im Fokus. Die Frage lautete, ob die Eigenschaften der Agri-PV den politischen Zielen entsprechen. Dazu wurden die Auswirkungen einer Agri-PV-Diffusion auf Schlüsselindikatoren (*KPIs*) der DNS überprüft. Insgesamt sind acht *KPIs* direkt durch Agri-PV betroffen.

In der EEG-Novelle 2020 ist lediglich ein einmaliges Mengenvolumen von 150 MWp für die drei PV-Technologien Floating-, Parkplatz- und Agri-PV vorgesehen. Dies wird bei Weitem nicht ausreichen, um die Ziele der DNS zu erreichen und die nationalen Interessen der Land- und Energiewirtschaft zu unterstützen. Wissenschaft und Wirtschaft haben die Chancen der Agri-PV stärker durchdrungen als die Bundesregierung, die den internationalen Agri-PV-Marktentwicklungen hinterherhinkt und dem Anspruch auf Technologieführerschaft im Bereich der erneuerbaren Energien nicht gerecht wird. Ein weiterer wichtiger Punkt, der allerdings in der Nachhaltigkeitsstrategie nicht aufgenommen ist, ist, dass Agri-PV die Landwirtschaft bei der Anpassung an den Klimawandel unterstützen könnte.

Im dritten und letzten Schritt wurde die Agri-PV-Definition hergeleitet und wurden Prüf- und EEG-Förderkriterien mit den dazugehörigen Spezifikationen erarbeitet. In Deutschland befindet sich die Agri-PV-Technik in einer frühen Phase der technischen Ontogenese. Gesellschaftspolitisch hat sie den Sprung von einer Invention zur Innovation vollzogen. Die BNetzA ist aufgefordert, bis Oktober 2021 eine genaue Agri-PV-Definition festzusetzen. Dieser Artikel leistet einen Beitrag zur aktuellen Konsultation für die Festlegung der Anforderungen an Agri-PV als „besondere Solaranlagen“ nach §15 der Innovationsausschreibung.

Ausblick

Schindele (2021, in diesem Heft) bewertet, wie viel landwirtschaftliche Nutzfläche für den PV-Ausbau in Deutschland benö-

tigt wird und welche Auswirkung eine solche Agri-PV-Diffusion auf den Agrarflächenbestand bis 2050 hätte.

Diese Arbeit wurde durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) Deutschland gefördert (Förderkennzeichen: 033L098AN).

Ich danke Harry Wirth und Max Trommsdorff (Fraunhofer ISE), meinen Doktorvätern Josef Schmid und Daniel Buhr (Universität Tübingen) sowie drei anonymen Gutachter(inne)n für wertvolle Hinweise zu meinem Beitrag.

Der Autor hat keine finanziellen Interessen und sonstigen Interessenkonflikte zu deklarieren. Die Forschung für diesen Artikel wurde im Rahmen einer Dissertation am Fraunhofer ISE durchgeführt, der jetzige Arbeitgeber des Autors hat keinerlei Einfluss auf die Inhalte genommen.

Literatur

- Bayerische Staatsregierung. 2019. *Zweite Verordnung über Gebote für Freiflächenanlagen*. 754-4-1-W, vom 04.06.2019. Fundstelle: GVBl. 2019, S. 314.
- BayWa r.e. 2019. *First subsidy-free solar park in Germany*. <https://solar-distribution.baywa-re.de/en/about-us/news/details/first-subsidy-free-solar-park-in-germany> (abgerufen 20.06.2021).
- Bellini, E. 2020. Giant agrivoltaic project in China. *PV Magazine* September 3rd. www.pv-magazine.com/2020/09/03/giant-agrivoltaic-project-in-china (abgerufen 19.06.2021).
- BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft). 2019. *Ackerbaustrategie 2035. Perspektiven für einen produktiven und vielfältigen Pflanzenbau*. Berlin: BMEL.
- BMEL. 2020. *Richtlinie zur Förderung der Energieeffizienz und CO₂-Einsparung in Landwirtschaft und Gartenbau. Teil A – Landwirtschaftliche Erzeugung, Wissenstransfer*. 18. September 2020. Bonn: BMEL.
- BMJV (Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz). 2021. *Verordnung zu den Innovationsausschreibungen (Innovationsausschreibungsverordnung – InnAusV). § 15 Festlegung zu besonderen Solaranlagen*. www.gesetze-im-internet.de/innausv/___15.html (abgerufen 19.06.2021).
- BMUB (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Nukleare Sicherheit). 2016. *Klimaschutzplan 2050. Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung*. Berlin: BMUB.
- BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie). 2021. *Referentenentwurf des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Verordnung zur Umsetzung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes 2021 und zur Änderung weiterer energierechtlicher Vorschriften*. Bearbeitungsstand: 12.05.2021, 14:56 Uhr. www.bmw.de/Redaktion/DE/Downloads/V/verordnung-zur-umsetzung-des-eeg-2021-und-zur-aenderung-weiterer-energierechtlicher-vorschriften.pdf?__blob=publicationFile&v=6 (abgerufen 23.06.2021).
- BNE (Bundesverband Neue Energiewirtschaft). 2021. *Selbstverpflichtung: Gute Planung von PV-Freiflächenanlagen. Wie sich Energiewende, Umwelt- und Naturschutz vereinen lassen*. www.bne-online.de/de/verband/gute-planung-pv (abgerufen 19.06.2021).
- Bundesregierung. 2019. *Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Stephan Protschka, Peter Felser, Franziska Gminder, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der AfD – Drucksache 19/11956. Direkte und indirekte Landnutzungsänderungen*. Drucksache 19/12697, 26.08.2019. Berlin: Deutscher Bundestag, 19. Wahlperiode.
- Bundesregierung. 2021. *Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Weiterentwicklung 2021*. Berlin: Bundesregierung.
- Bundesverwaltungsgericht. 2019. *Beihilfefähigkeit eines Maislabyrinths. Urteil des 3. Senats vom 4. Juli 2019 – BVerwG 3 C 11.17*. Leipzig: Bundesverwaltungsgericht.
- DIN (Deutsches Institut für Normung). 2020. *Geschäftsplan für ein DIN SPEC-Projekt nach dem PAS-Verfahren zum Thema „Agrophotovoltaik-Anlagen – Anforderungen an die landwirtschaftliche Hauptnutzung“*. Berlin: DIN.
- Dinesh, H., J. M. Pearce. 2016. The potential of agrivoltaic systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 54: 299–308. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.024>.
- Dupraz, C., H. Marrou, G. Talbot, L. Dufour, A. Nogier, Y. Ferard. 2011. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use. Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy* 36(10): 2725–2732. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.005>.
- European Commission. 2020. *Horizon Scanning Alert. Agrivoltaics, shielding crops with PV panels*. https://setis.ec.europa.eu/sites/default/files/reports/jrc120514_agrivoltaics_hs_alert.pdf (abgerufen 24.06.2021).
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2011. *Making integrated food-energy systems work for people and climate. An overview*. www.fao.org/3/i2044e/i2044e.pdf (abgerufen 19.06.2021).
- GCF (Green Climate Fund). 2020. *SAP016: Fiji Agrophotovoltaic Project in Ovalau*. Incheon, KR: GCF. www.greenclimate.fund/project/sap016 (abgerufen 09.11.2020).
- Goetzberger, A., A. Zastrow. 1982. On the coexistence of solar-energy conversion and plant cultivation. *International Journal of Solar Energy* 1(1): 55–69. <https://doi.org/10.1080/01425918208909875>.
- Ketzer, D., N. Weinberger, C. Rösch, S. B. Seitz. 2019. Land use conflicts between biomass and power production – citizens' participation in the technology development of agrophotovoltaics. *Journal of Responsible Innovation* 15(2): 1–24. <https://doi.org/10.1080/23299460.2019.1647085>.
- Kühne, O. 2018. *Landschaft und Wandel. Zur Veränderlichkeit von Wahrnehmungen*. Wiesbaden: Springer.
- Lawson, A. J., M. F. Sherlock, M. D. Platzer, C. E. Clark, T. Cowan. 2020. *Solar energy: Frequently asked questions*. January 27. Washington, D. C.: Congressional Research Service CRS.
- Rösch, C. 2016. Agrophotovoltaik – die Energiewende in der Landwirtschaft. *GAIA* 25(4): 262–256. <https://doi.org/10.14512/gaia.25.4.5>.
- Schindele, S. 2021. Nachhaltige Landnutzung mit Agri-Photovoltaik: Photovoltaikausbau im Einklang mit der Lebensmittelproduktion. Szenarioanalyse zur Inanspruchnahme landwirtschaftlicher Nutzflächen durch Photovoltaik in Deutschland bis 2050. *GAIA* 30(2): 96–105. <https://doi.org/10.14512/gaia.30.2.7>.
- Schindele, S. et al. 2020. Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications. *Applied Energy* 265: 114737. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114737>.
- Siemensmeyer, B., S. Irmscher. 2015. *Umweltbericht. Bestandteil der Begründung zum Bebauungsplan „Forschungsanlage Agrophotovoltaik“, Gesamtbilanz Eingriff/Kompensation, Ausblick und Hinweise für zukünftige Planungen*. Stand: 30.09.2015. Verfahrensführende Gemeinde: Herdwangen-Schönach.
- Tajima, M. 2021. Japan – Country overview. *Agrivoltaics conference 2021*. Monday, 14th June. <https://cms2021.agrivoltaics-conference.org/program>.
- UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification). 2017. *Global land outlook*. www.unccd.int/sites/default/files/documents/2017-09/GLO_Full_Report_low_res.pdf (abgerufen 19.06.2021).
- VG Regensburg (Verwaltungsgericht Regensburg). 2018. *Beihilfefähigkeit eines Solarparks. Urteil v. 15.11.2018 – RO 5 K 17.1331*. BeckRS 2018: 35338.
- Wirth, H. 2019. *Integrierte Photovoltaik – Flächen für die Energiewende. Positionspapier*. Freiburg im Breisgau: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE.



Stephan Schindele

Studium der Betriebswirtschaft an der ESB Business School der Hochschule Reutlingen und der California State University East Bay, USA. 2015 bis 2020 Lehrtätigkeit in Energiepolitik an der Hochschule Reutlingen. Dissertation im Bereich Agri-Photovoltaik am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg im Breisgau. Seit 2020 Head of Agri-PV bei BayWa r.e. Solar Projects in Freiburg im Breisgau. Arbeitsschwerpunkte: Agri-PV-Systementwicklung, globale Agri-PV-Markterschließung, Synergien zwischen der Land- und Energiewirtschaft.