

Nachhaltige Landnutzung mit Agri-Photovoltaik: Photovoltaikausbau im Einklang mit der Lebensmittelproduktion

Szenarioanalyse zur Inanspruchnahme landwirtschaftlicher Nutzflächen durch Photovoltaik in Deutschland bis 2050

Ohne massiven Ausbau der Photovoltaik lassen sich die Klimaziele nicht erreichen. Dafür werden auch Anlagen auf Landwirtschaftsflächen nötig sein. Wie viel Agrarfläche braucht es für den erforderlichen Photovoltaikausbau in Deutschland, welche Auswirkung hätte er auf den Agrarflächenbestand? Entscheidend, auch für das Erreichen der Flächenkreislaufwirtschaft, ist, ob dieser Ausbau mittels Agri-Photovoltaik oder mittels Freiflächenanlagen erfolgt.

Stephan Schindele¹ 

Sustainable land use with agrivoltaics: photovoltaics diffusion in harmony with food production. Scenario analysis on the agricultural land demand by photovoltaics in Germany until 2050 *GAIA* 30/2 (2021): 96–105

Abstract

Germany's *Sustainable Development Strategy* sets the goals to reduce "land take" for housing, industry, roads or recreational purposes to 30 hectares per day by 2030 and to "no net land take" by 2050 ("circular economy for land and soils"). Simultaneously Germany plans to increase the share of ground-mounted photovoltaics (PV-GM). Yet, PV-GM accounts to industry land take and thus the two targets are contradictory. The expected area of arable land taken for PV-GM till 2050 is simulated. For a second simulation, PV-GM diffusion is partially substituted by agrivoltaics. Finally, the arable land demand in both scenarios is compared and evaluated according to the German policy goals. Agri-PV dissemination, when replacing PV-GM, could preserve approximately 60,000 hectares of arable land and thus reduce land take increase significantly. Political recommendations for sustainable land management and Agri-PV implementation finalize the article.

Keywords

agri-photovoltaics, impact analysis, land management, multi-level policy analysis, policy field analysis, policy learning, 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.30.2.7>
Received February 15, 2021; revised version accepted May 19, 2021 (double-blind peer review).

In Schindele 2021 (in diesem Heft) wurde der Begriff „Agri-Photovoltaik“ (Agri-PV) wie folgt definiert: „Agri-PV erhöht die Landnutzungseffizienz von Agrarflächen, indem sie eine sekundäre Solarstromproduktion an eine landwirtschaftliche Primärerzeugung koppelt und dabei Synergien der beiden Produktionssysteme optimal nutzt“. Im Gegensatz zu Photovoltaik-Freiflächenanlagen (PV-FFA) trägt Agri-PV nicht zum Siedlungsflächenanstieg bei, sondern erhält die landwirtschaftlichen Nutzflächen. Gemäß dieser Basisdefinition wird im vorliegenden Artikel eine Wirkungsanalyse für eine Agri-PV-Diffusion in Deutschland bis 2050 durchgeführt.

Bis ins Jahr 2050 könnte Agri-PV für knapp 60000 Hektar den Status landwirtschaftliche Nutzfläche erhalten, indem 81,3 Gigawatt Peak (GWp, maximale Leistung) zu erwartender PV-FFA-Zubau durch Agri-PV ersetzt wird, was nur einem Bruchteil des technischen Agri-PV-Potenzials von 1700 GWp in Deutschland entspricht (Wirth 2019). Dadurch könnte die Agri-PV einen Beitrag zur nachhaltigen Landnutzung leisten und den Übergang zu einer Flächenkreislaufwirtschaft ab 2050 erleichtern. In diesem Artikel wird gezeigt, wie die Abschätzung zustande kommt.

In Deutschland führten steigender Wohlstand und Wirtschaftswachstum zu einem täglichen Siedlungsflächenanstieg von durchschnittlich 58 Hektar (ha) zwischen Anfang 2014 und Ende 2017 (UBA 2019). Im gleichen Zeitraum hat sich der Waldflächenanteil in Deutschland erhöht, während die landwirtschaftliche Nutzfläche zurückgegangen ist. Daher wird davon ausgegangen, dass der Siedlungsflächenanstieg zu Lasten von Agrarflächen erfolgte (Bundesregierung 2016). In der *Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (DNS)* liegt die Zielvorgabe für die Begrenzung des Siedlungs-

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

flächenanstiegs bei „durchschnittlich unter 30 ha“ pro Tag bis 2030 (Bundesregierung 2021, S. 100). Gleichzeitig hat sich die Bundesregierung in ihrem Klimaschutzplan das Ziel gesetzt, bis spätestens 2050 den Übergang zur einer Flächenkreislaufwirtschaft zu erreichen, indem dieser Anstieg auf „nettonull“ gesenkt wird (BMUB 2016). Diese Zielsetzungen für ein nachhaltiges Landmanagement stimmen überein mit dem *Fahrplan für ein ressourceneffizientes Europa* der Europäischen Kommission (2011). Im November 2019 stellte die Bundesregierung jedoch fest, dass gemessen am Ziel „unter 30 ha/d bis 2030“ der tägliche Siedlungsflächenanstieg immer noch zu hoch ist und dass „zusätzlich“ Agrarflächen für den PV-FFA-Ausbau beansprucht würden (Bundesregierung 2019, S. 3), sodass das Ziel des Schlüsselindikators 11.1.a der DNS „Nachhaltige Landnutzung“ mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht erreicht wird.

Der PV-Ausbau kann zum Siedlungsflächenanstieg beitragen

Mehrere Studien analysieren die Inanspruchnahme landwirtschaftlicher Nutzflächen durch PV-FFA in Deutschland (Bundesnetzagentur 2016, ZSW 2014, 2018, 2019). Für die 27 EU-Mitgliedsstaaten und Großbritannien wurde ermittelt, dass auf 1,4% der Gesamtfläche eine PV-Stromproduktion erzielt werden könnte, die dreimal so hoch ist wie die EU-Stromnachfrage im Jahr 2016 (Ruiz et al. 2019). Auch ein Workshop des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU 2005, S. 18) kam zu dem Ergebnis, dass für den für die Energiewende erforderlichen PV-Ausbau in Deutschland lediglich eine geringe Fläche notwendig sei. Diese Aussage verkennt jedoch die Gesetzeslage, dass PV-Ausbau auf landwirtschaftlichen Nutzflächen zum Siedlungsflächenanstieg zählt und somit die beiden Nachhaltigkeitsziele *Klimaschutz durch PV-FFA-Ausbau* und *Reduktion des Siedlungsflächenanstiegs* in direkter Konkurrenz stehen. Beispielsweise führte die 4-GWp-PV-FFA-Sonderausschreibung zwischen 2019 und 2021 zu einer täglichen Agrarflächeninanspruchnahme von 5,47 ha, wodurch 18,2% des gemäß DNS noch erlaubten Siedlungsflächenanstiegs beansprucht waren.² Angesichts des PV-Ausbaubedarfs von 340 bis 450 GWp bis 2050 (Fraunhofer ISE 2020) ist anzunehmen, dass der PV-FFA-Anteil am gesamten täglichen Siedlungsflächenanstieg künftig zunehmen wird. Auf regional- und kommunalpolitischer Ebene sind diese proportionalen Verschiebungen in der Flächenbeanspruchung bereits spürbar. Als erstes Bundesland verabschiedete 2019 Bayern eine Zuschlagsmengenbegrenzung von 70 PV-FFA-Projekten pro Jahr, um dem zusätzlichen Siedlungsflächenanstieg durch PV entgegenzusteuern (Enkhardt 2019).

Vor diesem Hintergrund werden künftig innovative PV-Anwendungen benötigt, die nicht zum Siedlungsflächenanstieg auf Kosten der Agrarflächen beitragen. Allein auf Dach-PV sowie PV-FFA auf Konversionsflächen³ und in benachteiligten Gebieten⁴ zu setzen, wie es das *Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)* bis vor kurzem vorsah, reicht nicht aus. Schwimmende PV-Anlagen, et-

wa auf Kiesgruben oder Tagebauseen, und Agri-PV sind Möglichkeiten, den Wirkungsbereich des EEGs sinnvoll zu erweitern, ohne Landnutzungskonflikte zu befeuern, und gleichzeitig durch Doppelnutzung der Fläche eine intersektorale Win-win-Situation zu schaffen. Die Integration von Floating-, Parkplatz- und Agri-PV in die Novelle des EEG ist daher folgerichtig (BMWi 2021, S. 39). Die aktuelle gesetzliche Ausgestaltung greift jedoch viel zu kurz, wie dieser Artikel zeigt.

Im Folgenden wird erläutert, wie die Sektorkopplung zwischen Agrar- und Energiewirtschaft durch die Agri-PV-Diffusion zur nachhaltigen Landnutzung in Deutschland bis 2050 beitragen kann. Dabei sind drei Forschungsfragen zu beantworten:

1. Wie viel landwirtschaftliche Nutzfläche wird durch den Ausbau von PV-FFA bis zur Etablierung einer Flächenkreislaufwirtschaft ab 2050 beansprucht? Die Annahme, dass dieser Ausbau ganz ohne Agri-PV erfolgt, also vollständig Landwirtschafts- durch Siedlungsfläche ersetzt, dient als *Szenario 1 (Referenzszenario)*.
2. Welcher Anteil des PV-FFA-Ausbaus könnte als Agri-PV erfolgen und welche Auswirkungen hätte dies auf den Verlust landwirtschaftlicher Nutzfläche? Diese Wirkungsanalyse resultiert in *Szenario 2*.
3. Wie steht die Agrarflächeninanspruchnahme durch PV-FFA gemäß beiden Szenarien im Verhältnis zum zu erwartenden Siedlungsflächenanstieg durch Ausweitung der Gewerbe-, Wohnraum-, Freizeit- und Verkehrsflächen bis 2050? Dieser Vergleich dient als gesellschaftspolitische Entscheidungsgrundlage, ob und wie weit die Agri-PV zur Erreichung des DNS-Ziels „Nachhaltige Landnutzung“ beitragen kann.

Zuletzt werden aus den Ergebnissen politische Handlungsbedarfe für eine nachhaltige Landnutzung abgeleitet und erläutert, welche Stellschrauben in der Innovationsausschreibung für besondere Solaranlagen angepasst werden müssten, damit die Agri-PV-Diffusion gelingt.

Analyse der Agrarflächeninanspruchnahme durch Photovoltaik bis 2050

Ausgangssituation

Abbildung 1 (S. 98) zeigt die gesamte installierte PV-Leistung in Deutschland Ende 2020 aufgeteilt nach Marktsegmenten. Von 53,3 GWp entfallen 6,8 GWp, etwa 12,7% der PV-Gesamtleistung, auf das Marktsegment PV-FFA auf früheren Agrarflächen. >

2 Bei einem Flächenbedarf von derzeit 1 ha pro installierte MWp PV-Leistung entspricht die 4 GWp-PV-FFA-Sonderausschreibung einer Ackerfläche von 4000 ha in zwei Jahren (4000 ha/731 Tage = 5,47 ha/Tag oder 18,2% des ursprünglichen 30 ha/Tag-Ziels bis 2020).

3 Ehemalige Militärfelder und/oder Flughäfen, Mülldeponien oder ungenutzte Industriebrachen.

4 Agrarflächen mit geringer Bonität, im ländlichen Raum mit wenig infrastruktureller Anbindung, oftmals in Hanglage, beispielsweise Schwäbische Alb, Schwarzwald, Allgäu, Voralpenland, Harz.

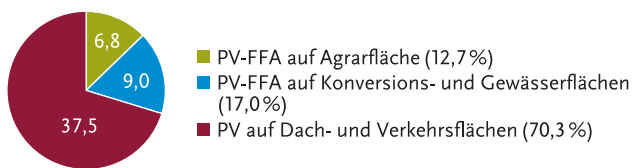


ABBILDUNG 1: Leistung von Photovoltaik (PV) nach Marktsegmenten in Deutschland Ende 2020 in GWp (Daten aus ZSW 2018, Bundesnetzagentur 2016). Gesamte installierte PV-Leistung: 53,3 GWp.

Szenario 1: keine Agri-Photovoltaik

Abbildung 2 zeigt die jährliche PV-Marktsegmententwicklung zwischen den Jahren 2000 und 2050. Angenommen wird eine bis 2050 installierte PV-Leistung von insgesamt 298,3 GWp (100%), eine konservative Annahme angesichts des PV-Ausbaubedarfs von mindestens 340 GWp für ein klimaneutrales Energiesystem in Deutschland (Wirth 2019, Fraunhofer ISE 2020).

Verglichen mit dem PV-FFA-Ausbau wird der agrarflächenneutrale PV-Zubau in den Marktsegmenten Dach-, Gewerbe- und Verkehrsflächen sowie Konversions- und Gewässerflächen trotz eher höherer Kosten als mengenmäßig relevanter angenommen, weil dessen gesellschaftliche Akzeptanz höher ist. Die dadurch erzeugte Leistung nimmt im Zeitraum 2021 bis 2050 jeweils um 2,75 bis 3,6 GWp/a beziehungsweise 0,8 bis 1,1 GWp/a zu. Das Marktsegment PV-FFA auf ehemaligen Agrarflächen wächst dagegen in den nächsten Jahrzehnten um 1,5 bis 6,3 GWp/a verhältnismäßig stark an; davon wird ausgegangen, weil PV-FFA bereits heute subventionsfrei über Stromabnahmeverträge wirtschaftlich umsetzbar sind, während die anderen Marktsegmente aufgrund der höheren Erzeugungskosten für eine wirtschaftliche Installation weiterhin auf Förderung angewiesen sein werden. Der Anteil Agrarflächen am PV-FFA-Zuwachs steigt, weil die wirtschaftlich erschließbaren Konversionsflächen irgendwann ausgeschöpft

sein dürften. Diesem Szenario liegt die Extremannahme zugrunde, dass der heutige gesetzliche Rahmen nicht angepasst wird, also auch in Zukunft bei der Agri-PV weder für die Landwirtschaft noch für die Energieerzeugung eine Förderung bereitsteht und deswegen keine Agri-PV installiert wird.

Abbildung 3 zeigt die gesamte installierte PV-Leistung in Deutschland Ende 2050 aufgeteilt nach Marktsegmenten und gemäß den Simulationsergebnissen aus Szenario 1, ohne Agri-PV-Diffusion. Das Marktsegment PV-FFA auf früheren Agrarflächen wächst von 6,8 GWp auf 123,6 GWp und steigert seinen Marktanteil von 12,7 auf 41,4%.

Abbildung 4 zeigt die Entwicklung der durchschnittlichen Flächeninanspruchnahme von PV-FFA pro Hektar und den Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche in Deutschland, der bis 2050 durch PV-FFA ersetzt ist.⁵ Zwei Trends sind zu beobachten.

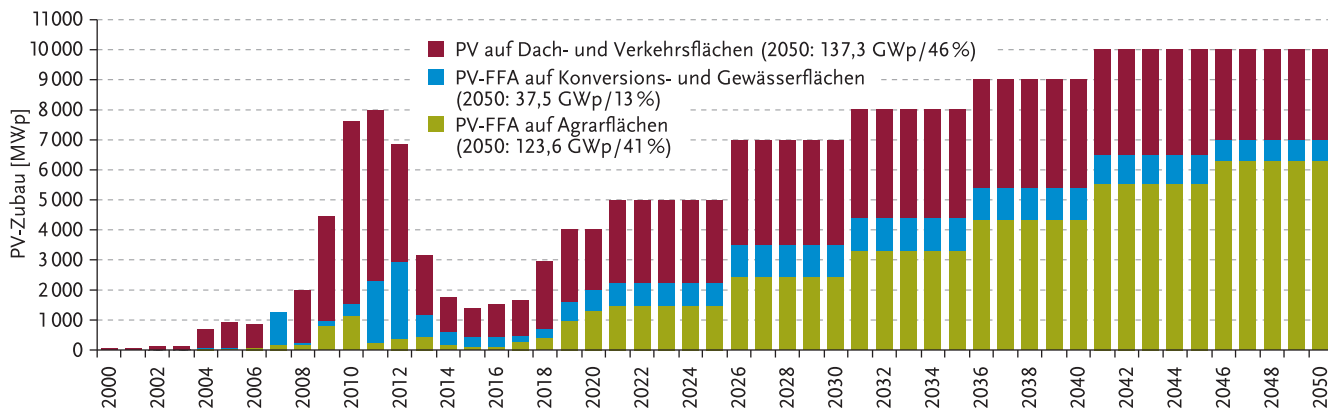
Zum einen beanspruchen PV-FFA mit der Zeit immer weniger Fläche pro installierter Leistung, was auf die Steigerung der Systemeffizienz zurückzuführen ist. Zum anderen führt der PV-FFA-Ausbau zu einer wachsenden Inanspruchnahme von landwirtschaftlichen Nutzflächen. 123,6 GWp PV-FFA-Leistung im Jahr 2050 entsprechen 112 381 ha beziehungsweise 0,69% der gemäß Simulation dann noch zur Verfügung stehenden Agrarflächen in Deutschland. Obwohl in den Jahren zwischen 2021 und 2050 der Anteil des PV-FFA-Segments auf Agrarflächen am PV-Gesamtausbau zunimmt, bleibt wegen der Effizienzsteigerung die absolute zusätzliche Agrarflächeninanspruchnahme nahezu konstant bei durchschnittlich 8,8 Hektar pro Tag. Die durchschnittliche Flächeninanspruchnahme pro Leistung aller bis 2050 installierten PV-FFA beträgt 0,83 ha/MWp.

Szenario 2: Markteinführung der Agri-Photovoltaik

Abbildung 5 (S. 100) zeigt die jährliche PV-Marktsegmententwicklung 2000 bis 2050 mit Agri-PV. Beim Gesamtausbau und beim

⁵ Faktisch dürfte eher mehr Landwirtschaftsfläche verloren gehen, weil bei der PV-FFA-Umnutzung zusätzliche Naturschutzflächen als Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen ausgewiesen werden müssen: https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/5_Energie/Erneuerbare_Energien/Sonnenenergie/Hinweise-zum-Ausbau-von-Photovoltaik-Freiflaechenanlagen.pdf, Seite 14, Hinweis zur Eingriffs-/Ausgleichsregelung.

ABBILDUNG 2: Szenario 1: Jährliche Marktsegmententwicklung von Photovoltaik (PV): PV-Zubau in Deutschland bis 2050 ohne Agri-PV (Daten aus ZSW 2018, Bundesnetzagentur 2016, ab 2021 Prognose aufgrund eigener Annahmen). Gesamte installierte PV-Leistung 2050: 298,3 GWp.



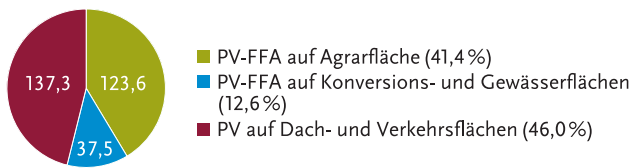


ABBILDUNG 3: Szenario 1: Leistung von Photovoltaik (PV) nach Marktsegmenten in Deutschland Ende 2050 in GWp, ohne Agri-PV (eigene Annahmen). Gesamte installierte PV-Leistung: 298,3 GWp.

Ausbau auf Dach-, Gewerbe- und Verkehrs- sowie Konversions- und Gewässerflächen ändert sich im Vergleich zu Szenario 1 nichts. Die Agri-PV-Markteinführung wird in Szenario 2 ab dem Jahr 2021 angenommen: Zwischen 2021 und 2023 werden im Rahmen der EEG-Innovationsausschreibungen 300 MW/a Agri-PV gefördert. Der Anteil der Agri-PV am Zubau steigt dann kontinuierlich an und ist ab dem Jahr 2035 auf gleichem Niveau wie der konventionelle PV-FFA-Ausbau auf Agrarflächen. Dieser wird ab dann schrittweise bis 2050 (Flächenkreislaufwirtschaft) abnehmen. Gemessen am technischen Potenzial von 1700 GWp (50% des gesamten technischen PV-Potenzials in Deutschland) erscheint die in die Berechnung eingeflossene wirtschaftlich erschließbare Agri-PV-Zubaumenge von insgesamt 81,3 GWp bis 2050 (Wirth 2019) durchaus realistisch. Voraussetzung hierfür wäre, dass auf den Politikebenen von EU, Bund und Kommune politisches Lernen stattfindet und daher die multifunktionale Landnutzung mittels Agri-PV ermöglicht und gefördert wird.

Herkömmliche PV-FFA bleiben bis 2030 das dominante Marktsegment auf Agrarflächen. Danach wird in diesem Szenario davon ausgegangen, dass durch die Anschubförderung Agri-PV sich bewähren konnte und Agrar- und Energiepolitik solche Anlagen konventionellen PV-FFA vorziehen. Zwischen 2031 und 2034 verfügen PV-FFA und Agri-PV über ähnlich große Zubaumengen. Ab 2035 ist die jährliche Zubauquote im Agri-PV-Marktsegment höher als bei PV-FFA auf Agrarflächen. Von 2040 an wird Agri-PV von allen PV-Marktsegmenten den größten Zubau verbuchen,

sodass 2050 zwei Drittel aller auf Agrarflächen installierten PV-FFA-Leistung durch Agri-PV ersetzt wären.

Abbildung 6 (S. 100) zeigt die gesamte installierte PV-Leistung in Deutschland Ende 2050 aufgeteilt nach Marktsegmenten und gemäß den Simulationsergebnissen aus Szenario 2, inklusive Agri-PV-Diffusion. Aufgrund der Agri-PV-Diffusion werden PV-FFA auf Agrarflächen nur im Umfang von 42,2 GWp ausgebaut (statt 123,6 GWp in Szenario 1) und steigern ihren Marktanteil nur leicht von 12,7 auf 14,2%. Ausschließlich dieses Marktsegment würde landwirtschaftliche Nutzflächen zu Siedlungsflächen umwandeln und die Agrarproduktion in Deutschland einschränken. 27,2% Marktanteil werden in diesem Szenario von Agri-PV anstelle von PV-FFA eingenommen. Insgesamt wären 2050 256,1 GWp beziehungsweise 85,8% der PV-Leistung agrarflächenneutral umgesetzt, was in etwa dem agrarflächenneutralen PV-Marktanteil von 87,3% Ende 2020 entspricht.

Vergleich der beiden Szenarios

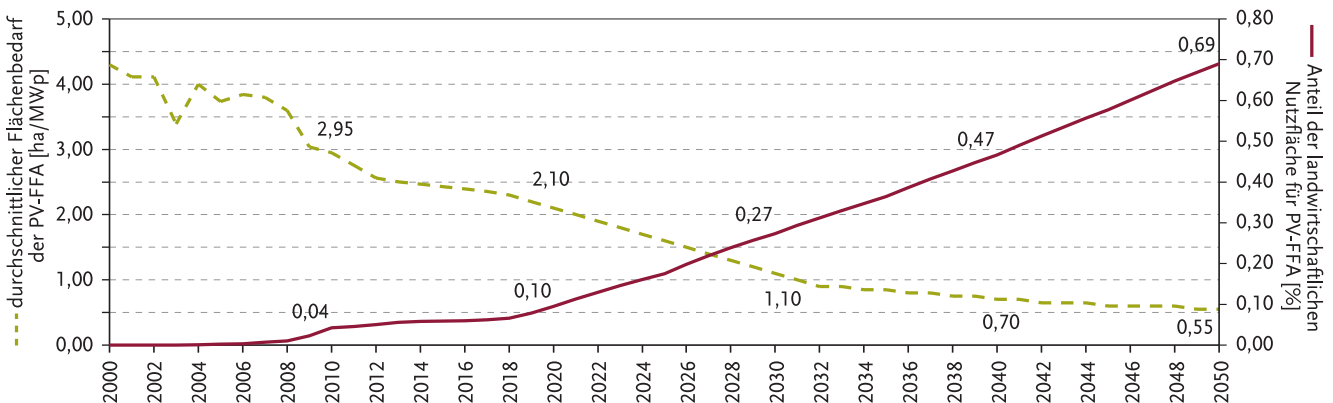
Abbildung 7 (S. 100) präsentiert die Modellierungsergebnisse beider Szenarios im Vergleich. Die Agrarflächeninanspruchnahme durch PV-FFA ist als Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche angegeben. Die Auswirkung einer Agri-PV-Diffusion entspricht der Differenz beider Szenarien: *Ceteris paribus* wären mit Agri-PV im Jahr 2050 0,37% mehr von der landwirtschaftlichen Nutzfläche erhalten. Absolut würde die erhaltene Agrarfläche 59 295 ha betragen; dies entspricht etwa der Anbaufläche für die inländische Produktion von Baumobst (Äpfel, Birnen, Süß- und Sauerkirschen sowie Pflaumen aller Art) und Strauchbeeren (Kulturheidel-, Johannis- und Himbeeren) (Destatis 2019).

In Abbildung 8 ist die tägliche Inanspruchnahme landwirtschaftlicher Nutzflächen durch PV-FFA in Szenario 1 und 2 in Deutschland bis zur Einführung der Flächenkreislaufwirtschaft 2050 dargestellt. In Szenario 2 erreicht sie im Jahr 2026 mit 7 ha ihr Maximum und sinkt ab dem Jahr 2027 kontinuierlich.

Wenn in Szenario 1 angenommen wird, dass der PV-FFA-Ausbau und die damit einhergehende Flächeninanspruchnahme jähr-



ABBILDUNG 4: Szenario 1: Entwicklung der durchschnittlichen Flächeninanspruchnahme pro Hektar von Photovoltaik-Freiflächenanlagen (PV-FFA) (linke y-Achse) und des durch PV-FFA ersetzten Anteils der landwirtschaftlichen Nutzfläche in Deutschland bis 2050 (rechte y-Achse) (Daten aus UBA 2019, ZSW 2018, 2019, Bundesnetzagentur 2016, ab 2021 Prognose aufgrund eigener Annahmen). Bis 2050 installierte PV-FFA auf ehemaligen Agrarflächen: 123 554 MWp auf 112 381 ha.



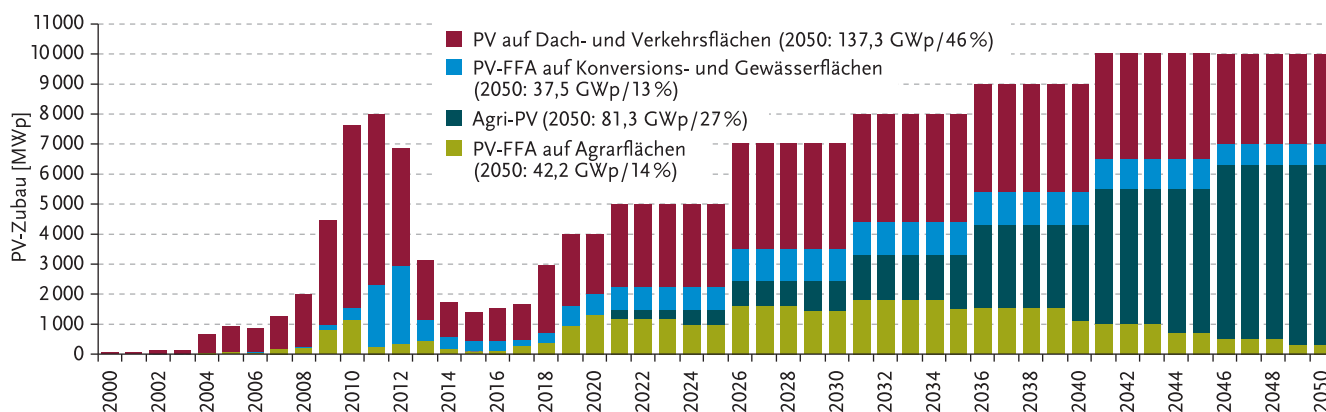


ABBILDUNG 5: Szenario 2: Jährliche Marktsegmententwicklung von Photovoltaik (PV): PV-Zubau in Deutschland bis 2050 mit Agri-PV (Daten aus Bundesnetzagentur 2016, ZSW 2018, ab 2021 Prognose aufgrund eigener Annahmen). Gesamte installierte PV-Leistung 2050: 298,3 GWp.

lich mit konstanter Rate fortschreiten können und nicht wie in Szenario 2 kontinuierlich bis „nettonull“ reduziert werden, ist zum Jahr 2050 wegen der Einführung der Flächenkreislaufwirtschaft ein abrupter Bruch im PV-FFA-Marktsegment nötig.

Die Agri-PV-Markteinführung anstelle eines Teils der zugebauten PV-FFA-Leistung auf Agrarflächen unterstützt dadurch einen geordneten Übergang seitens der Solarwirtschaft zu einer Flächenkreislaufwirtschaft. Ab 2051 wäre der PV-FFA-Ausbau auf Agrarflächen nicht mehr möglich, während der agrarflächenneutrale PV-Ausbau inklusive Agri-PV bei Bedarf weiter voranschreiten könnte.

Ausweitung der Gewerbe-, Wohnraum-, Freizeit- und Verkehrsflächen im Vergleich mit dem PV-Ausbau

Abbildung 9 zeigt die durchschnittliche tägliche Agrarflächeninanspruchnahme durch Gewerbe- Wohnraum-, Freizeit- und Verkehrsflächenausweisungen und den zusätzlichen Siedlungsflächenanstieg durch den PV-FFA-Ausbau auf landwirtschaftlichen Nutzflächen gemäß Szenario 1 (ohne Agri-PV) zwischen 2000 und 2050. Zudem ist das DNS-Minimalziel zum DNS-Schlüsselin-

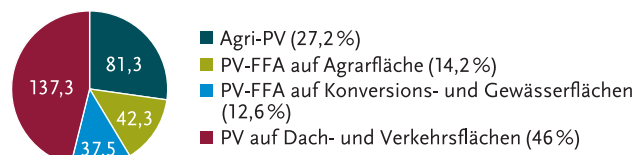
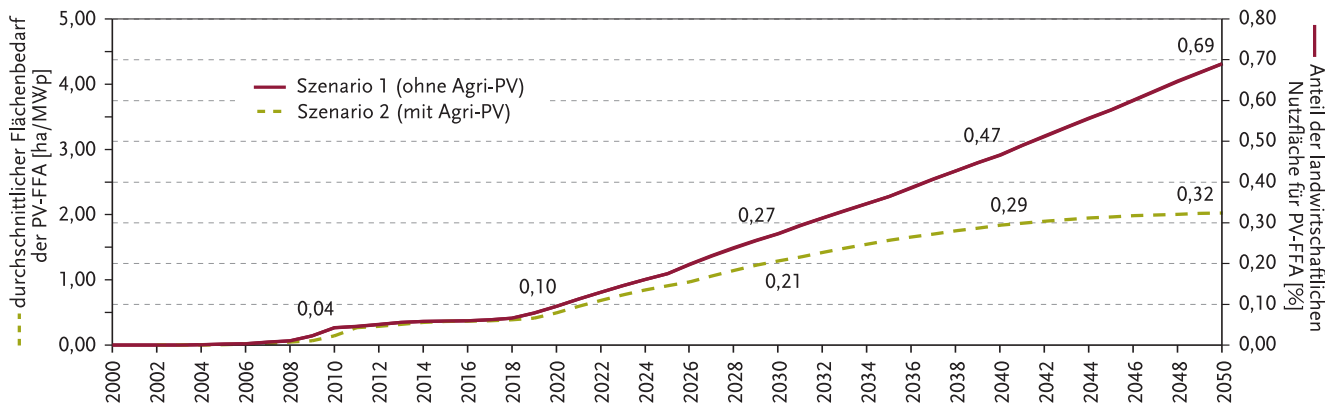


ABBILDUNG 6: Szenario 2: Photovoltaik(PV)-Leistung nach Marktsegmenten in Deutschland Ende 2050 in GWp, mit Agri-PV (eigene Annahmen). Gesamte installierte PV-Leistung: 298,3 GWp.

dikator 11.1.a *Nachhaltige Landnutzung*, die Begrenzung des Siedlungsflächenanstiegs auf unter 30 Hektar pro Tag bis 2030, angezeigt.

In diesem Szenario wird davon ausgegangen, dass bei der Politik betreffend Siedlungsflächen an der Erreichung des < 30 ha/d-Ziels der DNS und des Ziels der Flächenkreislaufwirtschaft bis 2050 gearbeitet wird und daher der Siedlungsflächenzuwachs kontinuierlich sinkt. Wird jedoch der zusätzliche Siedlungsflächenanstieg durch den PV-FFA-Ausbau auf Agrarflächen (für den bisher keine Zahlen erfasst werden, siehe Bundesregierung 2019)

ABBILDUNG 7: Entwicklung des durch Photovoltaik-Freiflächenanlagen (PV-FFA) ersetzten Anteils der landwirtschaftlichen Nutzfläche in Deutschland bis 2050 im Vergleich von Szenario 1 (ohne Agri-PV) und Szenario 2 (mit Agri-PV) (Daten aus ZSW 2018, 2019; Bundesnetzagentur 2016, UBA 2019, ab 2021 Prognose aufgrund eigener Annahmen). Bis 2050 installierte PV-FFA auf ehemaligen Agrarflächen: Szenario 1: 123 554 MWp auf 112 381 ha, Szenario 2: 42 268 MWp auf 53 086 ha.



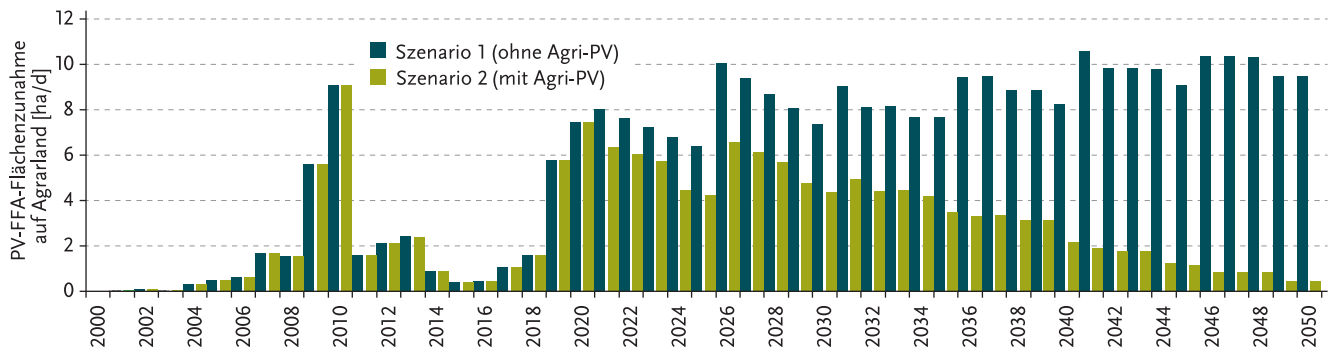


ABBILDUNG 8: Tägliche Neuinanspruchnahme landwirtschaftlicher Nutzflächen durch Photovoltaik-Freiflächenanlagen (PV-FFA) bis zur Einführung der Flächenkreislaufwirtschaft in Deutschland 2050 im Vergleich von Szenario 1 (ohne Agri-PV) und Szenario 2 (mit Agri-PV) (Daten aus Bundesnetzagentur 2016, ZSW 2018, 2019, ab 2021 Prognose aufgrund eigener Annahmen).

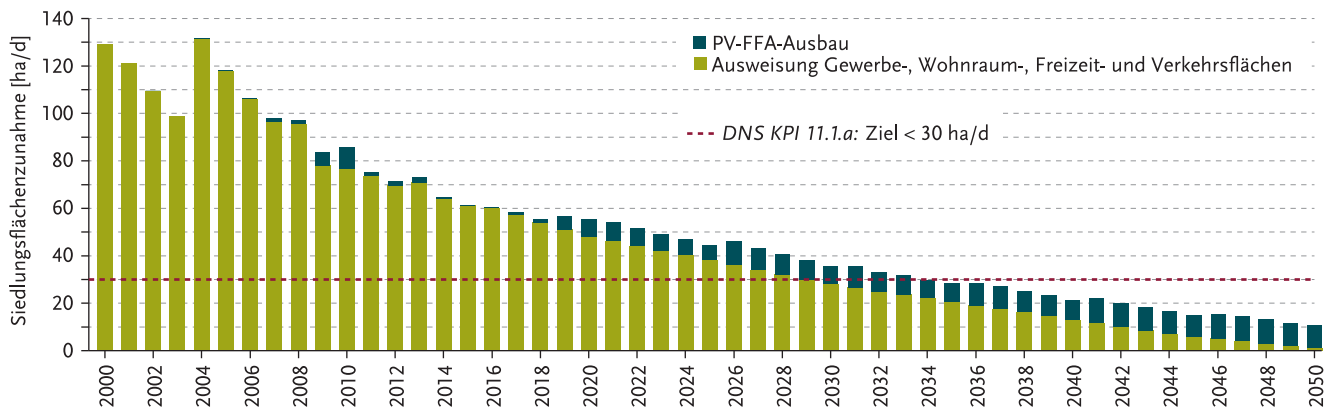
einberechnet, wird deutlich, dass die Zielvorgabe < 30 ha/d erst ab dem Jahr 2034 erreicht wird. Um bei unverändertem PV-FFA-Zubau und mit kontinuierlichem Senkungspfad die Begrenzung ab dem Jahr 2030 einzuhalten, müsste der Siedlungsflächenanstieg (ohne PV-FFA) bereits ab dem Jahr 2025 unterhalb von 30 ha/d liegen. Das heißt, entweder die Ausweisung von neuen Gewerbe-, Wohnraum-, Freizeit- und Verkehrsflächen oder der PV-FFA-Ausbau auf Kosten von Agrarflächen müsste bereits heute in den Landesentwicklungsplänen und Fortschreibungen der Regionalpläne auf kommunaler Ebene eingeschränkt werden. Die gesamte zu erwartende Agrarflächeninanspruchnahme zwischen 2021 und 2050 aufgrund von Gewerbe-, Wohnraum-, Freizeit- und Verkehrsflächenausweisung sowie des PV-FFA-Ausbaus auf Agrarflächen entspricht 325 027 Hektar, wovon 30 % auf die PV-FFA entfallen und 70 % auf Baumaßnahmen wie Gewerbe- oder Wohnflächen.

Abbildung 10 (S. 102) zeigt die Entwicklung gemäß Szenario 2. Die Annahmen zur Agrarflächeninanspruchnahme durch Gewerbe-, Wohnraum-, Freizeit- und Verkehrsflächenausweisung sind in beiden Szenarios identisch. Der einzige Unterschied in

Szenario 2 besteht in der Annahme, dass ein Teil des zusätzlichen Siedlungsflächenanstiegs durch PV-FFA auf Kosten von Agrarfläche durch Agri-PV ersetzt wird. Dadurch reduziert sich der tägliche absolute Siedlungsflächenanstieg, wodurch in Szenario 2 das DNS-Ziel 11.1.a annähernd 2030 erreicht wird.

In Szenario 2 ist der Siedlungsflächenanstieg in den Sektoren Gewerbe-, Wohnraum-, Freizeit- und Verkehrsflächenausbau bis 2050 viel entscheidender für die Agrarflächenerhaltung als der PV-FFA-Ausbau auf Kosten landwirtschaftlicher Nutzflächen. Der PV-FFA-Ausbau macht mit 53 086 Hektar lediglich 14 % der Agrarflächeninanspruchnahme aus. Der Bausektor wäre für 86 % des Siedlungsflächenanstiegs verantwortlich. Bei der Interpretation der Simulationsergebnisse ist zu beachten, dass bis zur Einführung einer Flächenkreislaufwirtschaft im Jahr 2050 eine lineare Reduktion des Siedlungsflächenanstiegs angenommen wurde. Sollte diese Reduktion nicht stattfinden, ergeben sich für den zusätzlichen PV-FFA-Ausbau entsprechend weniger Flächenpotenziale. Wenn simultan dazu der konventionelle PV-Ausbau auf Agrarflächen ausgeweitet wird, steigt auf lokaler Ebene der Flächen- >

ABBILDUNG 9: Szenario 1: Tägliche Agrarflächeninanspruchnahme im Jahresdurchschnitt durch Gewerbe-, Wohnraum-, Freizeit- und Verkehrsflächenausweisung und zusätzlicher Siedlungsflächenanstieg durch Photovoltaik-Freiflächenanlagen (PV-FFA) in Deutschland zwischen 2000 und 2050 (Daten aus UBA 2019, ZSW 2019, ab 2021 Prognose aufgrund eigener Annahmen). Die waagerechte Linie zeigt die Obergrenze des Siedlungsflächenanstiegs gemäß der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (DNS), 30 ha/d ab 2030.



die Zielsetzung für ein nachhaltiges Landmanagement mit hoher Wahrscheinlichkeit im Jahr 2030 nicht erreicht werden und der Bedarf, agrarflächenneutrale PV-Anwendungen wie die Floating- und Agri-PV als neue Marktsegmente zu etablieren, steigt.

Politische Handlungsempfehlungen für eine nachhaltige Landnutzung

Aus dem Vergleich der beiden Szenarios können mit Blick auf das Ziel des nachhaltigen Landmanagements Handlungsempfehlungen an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) und das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) sowie eine Empfehlung für die *Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie (DNS)* abgeleitet werden:

Empfehlungen an das BMWi

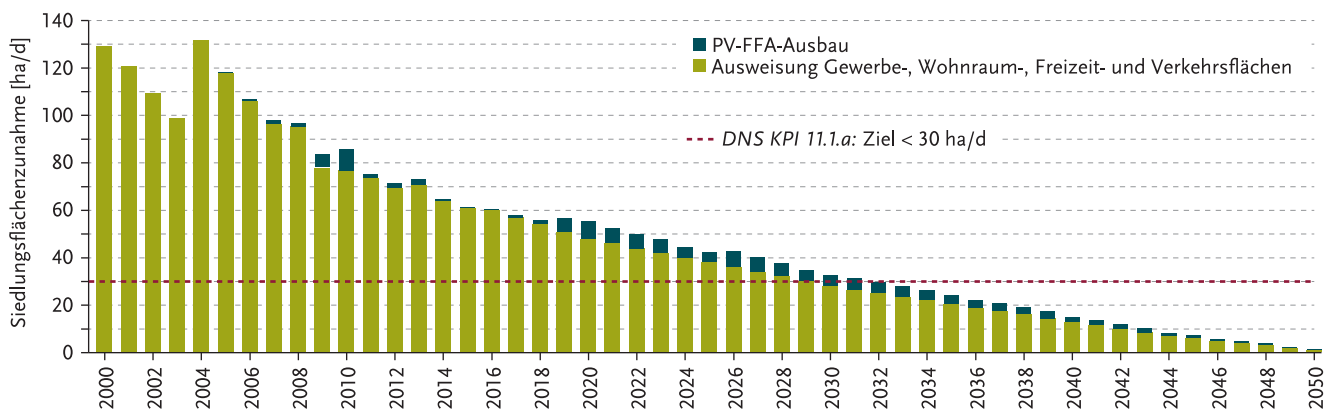
Kontinuität ermöglichen, Ausbaumengen und Leistungsgrenzen erhöhen, Verkomplizierungen vermeiden: Für die Erschließung neuer Marktsegmente bedarf es einer auf mehrere Jahre angelegten Förderung, die kontinuierlich und ausreichend Investitionsanreize gibt. Die Unterstützung für „besondere Solaranlagen“ steht gemäß *Innovationsausschreibungsverordnung (InnAusV)* nur einmalig im Jahr 2022 zur Verfügung, bietet voraussichtlich lediglich ein Volumen von 150 MWp an und begrenzt die projektspezifischen Leistungen auf maximal 2 MWp, obwohl Projekte in der Größenordnung von bis zu 10 MWp umsetzbar wären (BMJV 2021). Für die Markteinführung einer neuen Technologie ist es wichtig, dass diese möglichst schnell wettbewerbsfähig ist, um sich gegenüber bestehenden Lösungen am Markt zu behaupten. Die aktuelle *InnAusV* beschränkt Skaleneffekte und verlangt zusätzlich die Einbindung einer Energiespeicherlösung (Anlagenkombination). Die *InnAusV* verkompliziert dadurch die Einführung einer ohnehin bereits wegen ihrer Intersektoralität komplexen Technologie und verteuert künstlich die Angebote. Damit sich Agri- und Floating-PV-Anlagen in Deutschland durchsetzen kön-

nen, sollte das BMWi seine Förder- und Innovationsstrategie auf mehrere Jahre ausweiten, das Fördervolumen für besondere Solaranlagen auf mindestens 500 MWp/a erhöhen und die Leistungsobergrenze je Projekt auf 10 MWp anheben. Die Verpflichtung zur Anlagenkombination sollte entfallen.

Vorgehen mit dem BMEL abstimmen, Leistungsuntergrenze in der InnAusV erhöhen und Flächenkulisse ausweiten:

Mit der im November 2020 in Kraft getretenen *BMEL-Richtlinie zur Förderung der Energieeffizienz und CO₂-Einsparung in Landwirtschaft und Gartenbau* (BMEL 2020, S. 12) und der Agri-PV-Integration in das *EEG* im Januar 2021 gibt es im deutschen Fördersystem für die kleinflächige Agri-PV-Umsetzung eine Doppelförderung. Die im *EEG* festgesetzte Leistungsuntergrenze von 100 kWp überschneidet sich mit der genannten Richtlinie, weshalb Investoren, speziell Landwirt(inn)e(n) und Betriebsinhaber(innen), evaluieren, durch welches Förderinstrument höhere Renditen zu erwarten sind. Um derartige Überförderungen zu verhindern, sollte sich das BMEL auf die kleinflächigen Agri-PV-Anlagen für die Energieeigenerzeugung und das BMWi auf die großflächigen Projekte für die Netzeinspeisung fokussieren. Dementsprechend sollte in der *InnAusV* die Agri-PV-Leistungsuntergrenze von derzeit 100 auf 750 kWp angehoben werden. Dass in der *InnAusV* unter § 15, Nr. 2 die Agri-PV-Flächenkulisse auf ausschließlich „Ackerflächen“ beschränkt wurde, verhindert die Förderfähigkeit von Agri-PV-Projekten auf Grünland, Dauergrünland/Weidefläche sowie Dauerkulturflächen. Im BMWi und im Ausschuss für Wirtschaft und Energie im Bundestag scheint entweder der Unterschied zwischen „Agrarfläche“ und „Ackerfläche“ unbekannt zu sein oder die Agri-PV-Projektumsetzung sollte aktiv massiv eingeschränkt werden. Sowohl bei der Ausgestaltung der *InnAusV* als auch der Festlegung der Agri-PV-Flächenkulisse wäre das BMWi gut beraten gewesen, in den Austausch mit dem BMEL zu treten, um beide Förderregime sauber voneinander abzugrenzen und den Hinweis zu erhalten, dass Ackerflächen nur eine von mehreren Kategorien landwirtschaftlicher Nutzflächen sind.

ABBILDUNG 10: Szenario 2: Tägliche Agrarflächeninanspruchnahme im Jahresdurchschnitt durch Gewerbe-, Wohnraum-, Freizeit- und Verkehrsflächenausweisung und zusätzlicher Siedlungsflächenanstieg durch Photovoltaik-Freiflächenanlagen (PV-FFA) in Deutschland zwischen 2000 und 2050 (Daten aus UBA 2019, ZSW 2019, ab 2021 Prognose aufgrund eigener Annahmen). Die waagerechte Linie zeigt die Obergrenze des Siedlungsflächenanstiegs gemäß der *Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (DNS)*, 30 ha/d ab 2030.



Agri-PV-Qualitätssicherung im Aufstellungsbeschluss zum vorhabenspezifischen B-Plan-Verfahren einfordern: Bei der Agri-PV sollte im Bauantragsverfahren keine Änderung der Flächennutzungsplanung erfolgen, sondern der Status landwirtschaftliche Nutzfläche erhalten bleiben. Dadurch wäre für die landwirtschaftliche Tätigkeit unter der Agri-PV-Anlage die Beihilfefähigkeit gemäß der *Direktzahlungsdurchführungsverordnung (DirektZahlDurchfV)*⁶ weiterhin gegeben und wegen der überwiegend positiven Umweltwirkung der Projekte fiele die Verpflichtung zu Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen zur Umweltkompensation wesentlich geringer aus oder entfiel gänzlich. Bei der Zulassung für Agri-PV-Projekte in der *InnAusV* sollte die Bundesnetzagentur darauf achten, dass beim Aufstellungsbeschluss für einen B-Plan auf kommunaler Ebene der Agri-PV-Qualitätsstandard nach *DIN SPEC 91434*⁷ verpflichtend verlangt wird, damit bundesweit Minimalanforderungen an die Qualität durchgesetzt werden können. Zur Teilnahme an der *InnAusV* sollten nur hochaufgeständerte Agri-PV-Doppelnutzungsanlagen (*DIN SPEC 91434* Kategorie 1) zugelassen sein, die auch einen Beitrag zur Anpassung der Landwirtschaft an den Klimawandel leisten können. Agri-PV-Parallelnutzungsanlagen (*DIN SPEC 91434* Kategorie 2) sollten über die herkömmlichen PV-FFA-Ausschreibungen, jedoch ohne Einschränkung der Flächenkulisse gefördert werden, weil die Agri-PV-Parallelnutzung der Agrarfläche bereits heute mit klassischen PV-FFA kostenwettbewerbsfähig ist. Siehe zu dieser Differenzierung auch die Basisdefinition und die ergänzenden Kann-Anforderungen in Schindele 2021 (in diesem Heft).

Forschung und Entwicklung sowie Raumplanungsorganisationen unterstützen: Zur Unterstützung der Agri-PV-Forschung sollte zu Beginn der Markteinführung zwischen 2021 und 2024 ein wissenschaftliches Mess- und Auswerteprogramm (MAP) durchgeführt werden. Für die Identifikation geeigneter Agri-PV-Flächen sollten die 113 Raumplanungsorganisationen in Deutschland durch Bund und Länder finanzielle Unterstützung erhalten, um Flächenpotenzialanalysen durchzuführen und die Ergebnisse in die Regionalplanung einfließen zu lassen.

Empfehlungen an das BMEL

Entscheidungshoheit über die knappe Ressource Boden dem BMEL zuweisen: In Deutschland besteht hinsichtlich der Sachverwaltung der knappen Ressource Boden eine Polity-Problematik. Offiziell ist das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) für nachhaltiges Landmanagement zuständig. Allerdings hat das BMU weder für Wirtschaftswachstum noch für den Ausbau erneuerbarer Energien oder die landwirtschaftliche Nutzung von Agrarflächen die Federführung. Der Handlungsspielraum des BMU, durch eigenständige Maßnahmen den täglichen Siedlungsflächenanstieg zu begrenzen und dadurch Agrarflächen zu erhalten, ist somit sehr begrenzt. Weil der größte Widerstand gegen den täglichen Siedlungsflächenanstieg und den PV-FFA-Ausbau auf Agrarflächen vom Landwirtschaftssektor kommt und das BMEL mit der Bioökonomie großen Einfluss auf die Tank-oder-Teller-Diskussion hat sowie maßgeb-

lich die EU-GAP-Maßnahmen steuert, erscheint das BMEL mit seinen vielseitigen politischen Gestaltungsmöglichkeiten hinsichtlich der Ressource Boden als „Landmanager“ wesentlich besser geeignet als das BMU. Folgerichtig sollte das BMEL die Einführung der Flächenkreislaufwirtschaft und die Erreichung des Ziels nachhaltiges Landmanagement verantworten und nicht das BMU.

Subsidiaritätsprinzip im Landmanagement einschränken und Landnutzungsobergrenze für PV-FFA einführen:

Die Reduktion des Siedlungsflächenanstiegs wird auch durch das Subsidiaritätsprinzip erschwert. Denn die politische Entscheidung, wie eine Fläche beansprucht wird, obliegt den Kommunen und regionalen Verwaltungen, die sich wiederum an die Vorgaben der Landesentwicklungspläne und Regionalpläne halten sollten. Gemeinden stehen jedoch im innerdeutschen Wettbewerb um Gewerbe- und Industrieansiedlung und sind bei Flächenfestsetzungen für den Klimaschutz aufgrund vermehrter und intensiverer Landnutzungskonflikte in ihrer Kompetenz überfordert. Auch hat die Gemeindeebene nicht den Überblick über den Siedlungsflächenanstieg auf Agrarflächen auf Landes- oder Bundesebene und sollte somit nicht in letzter Instanz über die Flächenfestsetzung entscheiden dürfen. Kommunale Beschlüsse für die Ausweisung neuer Gewerbe-, Wohnraum-, Freizeit- und Verkehrsflächen sowie PV-FFA auf Agrarflächen sollten nur mit Zustimmung des BMEL gefasst werden können. In diesem Zusammenhang sollte das BMEL eine juristische Analyse veranlassen, um die Legitimität der Ziele im *Fahrplan für ein ressourceneffizientes Europa* (Europäische Kommission 2011) und der im *Klimaschutzplan 2050* (BMUB 2016) vorgesehenen Einführung einer Flächenkreislaufwirtschaft zu prüfen. Schließlich könnte die Vereinbarkeit eines dauerhaften Verbots der Umwandlung landwirtschaftlicher Nutzflächen für Infrastrukturmaßnahmen mit den im Grundgesetz abgesicherten Eigentumsrechten nicht ohne weiteres gegeben sein. Bei der Steuerung der PV-Förderung könnten Pfadabhängigkeiten in der Gesetzgebung fortgeführt werden, indem die *EEG-Länderöffnungsklausel* einerseits die PV-FFA-Flächenkulisse von benachteiligten Gebieten auf alle Agrarflächen ausweitet, aber andererseits je Bundesland eine Landnutzungsobergrenze für PV-FFA von 1,5 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche bis 2050 festlegt. Agrarflächenneutrale PV-Anwendungen wie Floating- und Agri-PV sollten von dieser Obergrenze ausgenommen werden.

Anerkennung der landwirtschaftlichen Tätigkeit unter Agri-PV als EU-GAP-Eco-Scheme und Nachhaltigkeitsziele kombiniert betrachten:

Damit in Deutschland das Dilemma zwischen Agrarflächenförderung und PV gelöst wird, sollte die *DirektZahlDurchfV* dergestalt ergänzt werden, dass in § 12 Abs. 3 Nr. 6 eine Ausnahme für Agri-PV-Anlagen vorgesehen wird: „[...] mit Ausnahme von Agri-PV-Anlagen gemäß *DIN SPEC 91434*.“ Das EU-Recht erlaubt an dieser Stelle mehr Handlungsspielraum, als national umge-

➤

⁶ www.gesetze-im-internet.de/direktzahlDurchfV/DirektZahlDurchfV.pdf

⁷ Die Ergebnisse der *DIN SPEC 91434* wurden am 16.04.2021 veröffentlicht: www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91434/337886742.

setzt wurde. Da der nationale Strategieplan Deutschlands zur Umsetzung der EU-GAP ab 2023 eine Umwidmung von Fördermitteln aus der 1. in die 2. Säule vorsieht, wird die *DirektZahlDurchfV* voraussichtlich noch in dieser Legislaturperiode durch das BMEL angepasst und im Bundestag neu beschlossen. Vor diesem Hintergrund könnte für die Agri-PV-Umsetzung zeitnah und unkompliziert durch die Ausnahmeregelung Rechtssicherheit geschaffen werden. Agri-PV trägt zur Erreichung wesentlicher EU-GAP-Ziele bei, etwa Sicherung der Einkommen von Landwirten, Klimaschutzmaßnahmen und Erhaltung von natürlichen Ressourcen. Damit in anderen EU-Mitgliedstaaten kein ähnliches Dilemma aufkommt und Landwirte zugleich einen Anreiz erhalten, bei der

könnte für den Sonderkulturanbau der Indikator *Widerstandsfähigkeit im Obstbau* eingeführt werden, mit dem Ziel „Resilienzsteigerung des Obstbaus“, indem bis 2030 mindestens 10% der Anbaufläche mittels Agri-PV geschützt werden. Betriebsinhaber(innen) und Landeigentümer(innen) hätten finanzielle Vorteile, wenn bisherige plastikbasierte Schutzsysteme, wie Hagelschutznetze oder Folienschutzhauben, durch Agri-PV ersetzt würden und so die gekoppelte Solarstromerzeugung die Investitionskosten größtenteils übernehme. Hinzu kommen die Diversifizierung des Einkommens, weniger Müll und Arbeitszeit sowie ein geringerer ökologischer Fußabdruck und die Reduktion des Wasserbedarfs durch Abmilderung von Evaporation und Transpiration.

Agri-PV trägt zur Erreichung wesentlicher Ziele der Gemeinsamen Agrarpolitik der Europäischen Union bei: Einkommenssicherung für Landwirt(inn)e(n), Klimaschutz, Erhaltung natürlicher Ressourcen. Ökologisch ist die Flächennutzung am besten, bei der Agri-PV mit ökologischer Landwirtschaft gekoppelt wird. Bei der Agri-PV-Markteinführung könnten Anreize für die Umstellung von konventionell auf ökologisch gesetzt werden.

Agri-PV-Umsetzung mitzuwirken, könnte die landwirtschaftliche Tätigkeit in Kopplung an Agri-PV als *EU-GAP-Eco-Scheme*-Maßnahme anerkannt werden. So wäre das Risiko von etwaigen Ernteertragsrückgängen gerade in der Markteintrittsphase zumindest teilweise kompensiert und die Flächeneffizienzsteigerung durch multifunktionale Landnutzung würde honoriert. Des Weiteren hätte die Aufnahme in den Eco-Scheme-Mechanismus den Vorteil, dass die landwirtschaftliche Tätigkeit unter der PV-Anlage dokumentiert und kontrolliert werden müsste, was die Akzeptanz in der Gesellschaft und eine evidenzbasierte Politik langfristig unterstützen würde. Ökologisch betrachtet ist die Flächennutzung am wertvollsten, bei der Agri-PV mit Bio-Landwirtschaft gekoppelt wird. Die Agri-PV-Markteinführung könnte daher mit der Zielsetzung der *DNS* zur Ausweitung des Ökolandbaus von derzeit 9% auf mindestens 20% bis 2030 kombiniert werden, indem sie über die Ausgestaltung eines Agri-PV-Fördersystems Anreize für die vollständige oder teilweise Betriebsumstellung von konventionell auf biologisch setzen.

Empfehlung für die *DNS*

Anpassung der Landwirtschaft an den Klimawandel als *DNS-Schlüsselindikator aufnehmen:* Vor dem Hintergrund der Verwundbarkeit des Landwirtschaftssektors durch den Klimawandel ist es erstaunlich, dass die Anpassung der Agrarwirtschaft an die Erderwärmung nicht Gegenstand der *DNS* ist. Unter *SDG 2. Den Hunger beenden, Ernährungssicherheit und eine bessere Ernährung erreichen und eine nachhaltige Landwirtschaft fördern* (BMWi 2021, S. 96) könnte das Nachhaltigkeitspostulat 2.1. *Landbewirtschaftung durch einen neuen Schlüsselindikator 2.1.c Anpassung an den Klimawandel* ergänzt werden. Als einer von mehreren Bausteinen

Fazit

Gemessen am großen Ausbaupotenzial der Agri-PV, den Zielen für eine nachhaltige Landnutzung sowie der dringenden Notwendigkeit intersektoraler Zusammenarbeit bleibt die von der Bundesregierung beschlossene Agri-PV-Markteinführung weit hinter den Erwartungen zurück. Für die kleinflächige Agri-PV-Umsetzung werden vielmehr Doppelfördersysteme errichtet und die Flächenkulisse in der *InnAusV* wird mit der Begrenzung auf „Ackerflächen“ unerklärlicherweise stark eingeschränkt.

Das zögerliche Handeln der Regierung bei der Förderung von agrarflächenneutralen PV-Anwendungen schiebt die Erreichung des Ziels nachhaltige Landnutzung in weite Ferne. Das Ziel „unter 30 Hektar Siedlungsflächenzunahme pro Tag bis 2030“ gilt bereits heute aufgrund der hohen Rate an Neuausweisungen von Gewerbe-, Wohnraum-, Freizeit- und Verkehrsflächen als nicht mehr realistisch. Die Bundesregierung lässt zudem die Chance verstreichen, intersektorale Lösungsansätze ausreichend zu fördern und so den zusätzlichen PV-bedingten täglichen Siedlungsflächenanstieg abzuschwächen. Regionale Landnutzungskonflikte werden durch das sehr geringe Agri-PV-Fördervolumen nicht gemildert und die heimische Nahrungsmittelproduktion weiter reduziert.

Die Ergebnisse der Wirkungsanalyse einer Agri-PV-Markteinführung zeigen, dass der zusätzliche Siedlungsflächenanstieg durch PV-FFA mittels Agri-PV abgemildert werden kann: Insgesamt könnten bis 2050 81,3 GWp PV-FFA-Leistung durch Agri-PV-Zubau ersetzt werden und so 59 295 Hektar für die landwirtschaftliche Tätigkeit erhalten bleiben. Damit die Agri-PV-Technik diesen Beitrag zur nachhaltigen Landnutzung in Deutschland leis-

ten kann, wird für ihre Markteinführung ein Fördervolumen von 300 MWp jährlich zwischen 2021 und 2024 empfohlen. Die förderfähige Flächenkulisse sollte auf alle landwirtschaftlichen Nutzflächen ausgeweitet, die maximale förderfähige Projektgröße von 2 auf 10 MWp angehoben werden. Damit bundesweit Minimal-kriterien an die Agri-PV-Qualität gestellt werden, sollte auf kommunaler Ebene beim Aufstellungsbeschluss für einen vorhaben-spezifischen B-Plan der Bezug zum Standardisierungsprozess der *DIN SPEC 91434* hergestellt werden. Die Sektorkopplung zwischen Land- und Solarwirtschaft mittels Agri-PV kann dann zur Erhaltung landwirtschaftlicher Nutzflächen einen wesentlichen Beitrag leisten.

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

- BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft). 2018. *Landwirtschaft verstehen. Fakten und Hintergründe*. 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).
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit). 2005. *Photovoltaik-Freiflächenanlagen. Aktuelle Erfahrungen und Konfliktlinien. Workshop-Dokumentation*. <https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/dokumentation-endfassung-workshop.pdf> (abgerufen 24.06.2021).
- 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.bmwi.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).
- Bundesnetzagentur (Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen). 2016. *Bericht über die Flächeninanspruchnahme für Freiflächenanlagen nach § 36 Freiflächenausschreibungsverordnung (FFAV)*. Bonn: Bundesnetzagentur.
- Bundesregierung. 2016. *Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie*. Neuauflage 2016. Berlin: Bundesregierung.
- 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.
- Destatis (Statistisches Bundesamt). 2019. *Statistisches Jahrbuch 2019. Kapitel 19, Land- und Forstwirtschaft*. Wiesbaden: Destatis. https://www.destatis.de/DE/Themen/Querschnitt/Jahrbuch/jb-land-forstwirtschaft.pdf;jsessionid=6A9A98A8B2B5857D07FC1D3DC1D20574.live711?__blob=publicationFile (abgerufen 24.06.2021).
- Enkhart, S. 2019. 1. Photovoltaik-Sonderausschreibung: Höchster Zuschlagswert bei 8,40 Cent pro Kilowattstunde. *PV Magazine*, 28. März. <https://www.pv-magazine.de/2019/03/28/1-photovoltaik-sonderausschreibung-hoehster-zuschlagswert-bei-840-cent-pro-kilowattstunde> (abgerufen 20.06.2021).
- Europäische Kommission. 2011. *Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa. Brüssel: Europäische Kommission*. KOM(2011) 571. https://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009_2014/documents/com/com_com%282011%290571_/com_com%282011%290571_de.pdf (abgerufen 24.06.2021).
- Fraunhofer ISE. 2020. *Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem 2050. Die deutsche Energiewende im Kontext gesellschaftlicher Verhaltensweisen Update unter einer Zielvorgabe von 65% CO₂-Reduktion in 2030 und 100% in 2050*. <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Fraunhofer-ISE-Studie-Wege-zu-einem-klimaneutralen-Energiesystem-Update-Zielverschaeferung.pdf> (abgerufen 20.06.2021).
- Ruiz, P. et al. 2019. ENSPRESO: An open, EU-28 wide, transparent and coherent database of wind, solar and biomass energy potentials. *Energy Strategy Reviews* 26: 100379. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100379>.
- Schindele, S. 2021. Feldfrüchte und Strom von Agrarflächen: Was ist Agri-Photovoltaik und was kann sie leisten? *GAIA* 30/2: 87–95. <https://doi.org/10.14512/gaia.30.2.6>.
- UBA (Umweltbundesamt). 2019. *Siedlungs- und Verkehrsfläche. Anhaltender Flächenverbrauch für Siedlungs- und Verkehrszwecke*. Dessau: Umweltbundesamt.
- Wirth, H. 2019. *Integrierte Photovoltaik – Flächen für die Energiewende. Positionspapier*. Freiburg im Breisgau: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE.
- ZSW (Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg). 2014. *Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichts 2014 gemäß § 65 EEG, im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Vorhaben IIc Solare Strahlungsenergie. Wissenschaftlicher Bericht*. Stuttgart: ZSW.
- ZSW. 2018. *Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß § 97 Erneuerbare-Energien-Gesetz. Teilvorhaben II c: Solare Strahlungsenergie*. Erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. <https://www.zsw-bw.de/uploads/media/zsv-boschundpartner-vorbereitung-begleitung-eeg.pdf> (abgerufen 24.06.2021).
- ZSW. 2019. *Untersuchung zur Wirkung veränderter Flächenrestriktionen für PV-Freiflächenanlagen. Kurzstudie im Auftrag der innogy SE*. Ulm: ZSW.



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.