



AGRI 4 POWER

LANDWIRTSCHAFT NEU GEDACHT

Das Agri4Power-Konzept



www.agri4power.com



Inhalt

Grußwort	3
1 Agri4Power – Das Konzept	5
2 Wirtschaftlichkeit	23
3 Landwirtschaft	31
4 Biodiversitätsförderung	41
5 Gesellschaftliche Resonanz	47
6 Rechtliche Aspekte	53
7 Ausblick: Welche Bereiche sollten noch weiter untersucht werden?	65
8 Referenzen	66
Impressum	68

Wolfram
Günther



Grußwort

Liebe Leserinnen und Leser,

die Energiewende ist Voraussetzung für erfolgreichen Klimaschutz – zu dem wir ethisch wie vertraglich verpflichtet sind. Den Weg für die Energiewende in Sachsen weit zu öffnen und Versäumtes nachzuholen, das ist unsere Aufgabe in den kommenden Jahren. Dabei nehmen wir regelmäßig Zielkonflikte in den Blick. Wie in vielen Bereichen sind hier die wiederkehrenden Themen die Konkurrenz verschiedener Flächennutzungen und der Artenschutz.

Die Lösung für solche Zielkonflikte muss auf konkreten Flächen, mit konkreten Akteurinnen und Akteuren gefunden werden – mit entsprechenden rechtlichen Rahmensetzungen und mit Technologien, die integrative und mehrfache Nutzungen von Flächen erlauben bestehende

Nutzungen weiter zu entwickeln. Ein spannendes Feld für Forschung und Entwicklung.

Der kombinierte Einsatz von vertikal aufgestellten, bifacialen Photovoltaikmodulen, Windenergie und Biomasse mit nachhaltig wirtschaftender Landwirtschaft, die gleichzeitig biologische Vielfalt stärkt, ist bisher nur ansatzweise erforscht. Hier gibt es Erkenntnisbedarf. Ich freue mich, mit Ihnen zu diesem hochinteressanten Themenfeld im Austausch zu bleiben.

Wolfram Günther

Sächsischer Staatsminister für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft und stellvertretender Ministerpräsident



1





1 Agri4Power – Das Konzept

1.1 Die großen Herausforderungen unserer Zeit

Die Klima- und Biodiversitätskrise sind zwei große Herausforderungen, die unsere Zukunft wesentlich beeinflussen. Damit einher geht eine Nutzungskonkurrenz um die zur Verfügung stehende Fläche. Wir benötigen Fläche zur Nahrungsmittel- und Rohstoffproduktion, aber auch für den Naturschutz und zur Energiebereitstellung. Deutlich über die Hälfte der landwirtschaftlichen Fläche wird für den Futtermittelanbau bzw. Viehwirtschaft genutzt. Die industrielle Landwirtschaft ermöglicht durch den Einsatz von Agrochemikalien einen höheren Flächenertrag, dies führt aber bei der Biodiversität zu großen Verlusten. In den vergangenen Jahrzehnten wurde der Anteil der landwirtschaftlich genutzten Fläche für den Anbau von Energiepflanzen wie Mais und Raps auf über 12 % erhöht. Der Ausbau von Wind- und Photovoltaik (PV)-Anlagen ist für die Bewältigung der Klimakrise unbedingt erforderlich, greift jedoch deutlich mehr in das Landschaftsbild ein als der Anbau von Energie-

pflanzen. Dafür sind Wind- und PV-Anlagen deutlich effizienter: so könnte auf einer Fläche der Größe, wie sie heute für Energiepflanzen genutzt wird, zukünftig die gesamte für Deutschland nötige Energie bereitgestellt werden [1]. Auch die Treibhausgasemissionen durch Landnutzung und Landnutzungsänderungen, z. B. die Trockenlegung von Mooren, müssen reduziert werden, denn sie entspricht in etwa dem in Deutschland startenden Flugverkehr [2].

Die Erderhitzung hat aufgrund häufiger auftretender Extremwetterlagen auch zunehmende Auswirkungen auf die Landwirtschaft. z. B. verursachen Dürreperioden auch bei sehr guten Böden Ernteeinbußen. Über kurz oder lang ist Anpassung der landwirtschaftlichen Erzeugungspraxis erforderlich. Demnach ist klar, dass Veränderungen anstehen. Diese müssen jedoch gemeinsam unter Beteiligung der Wissenschaft, der Landwirtschaft, der Konsument*innen und sonstiger betroffener Gruppen der Gesellschaft gelöst werden.



Verringerung land- und forstwirtschaftlicher Nutzfläche durch weitere Flächennutzungsansprüche wie

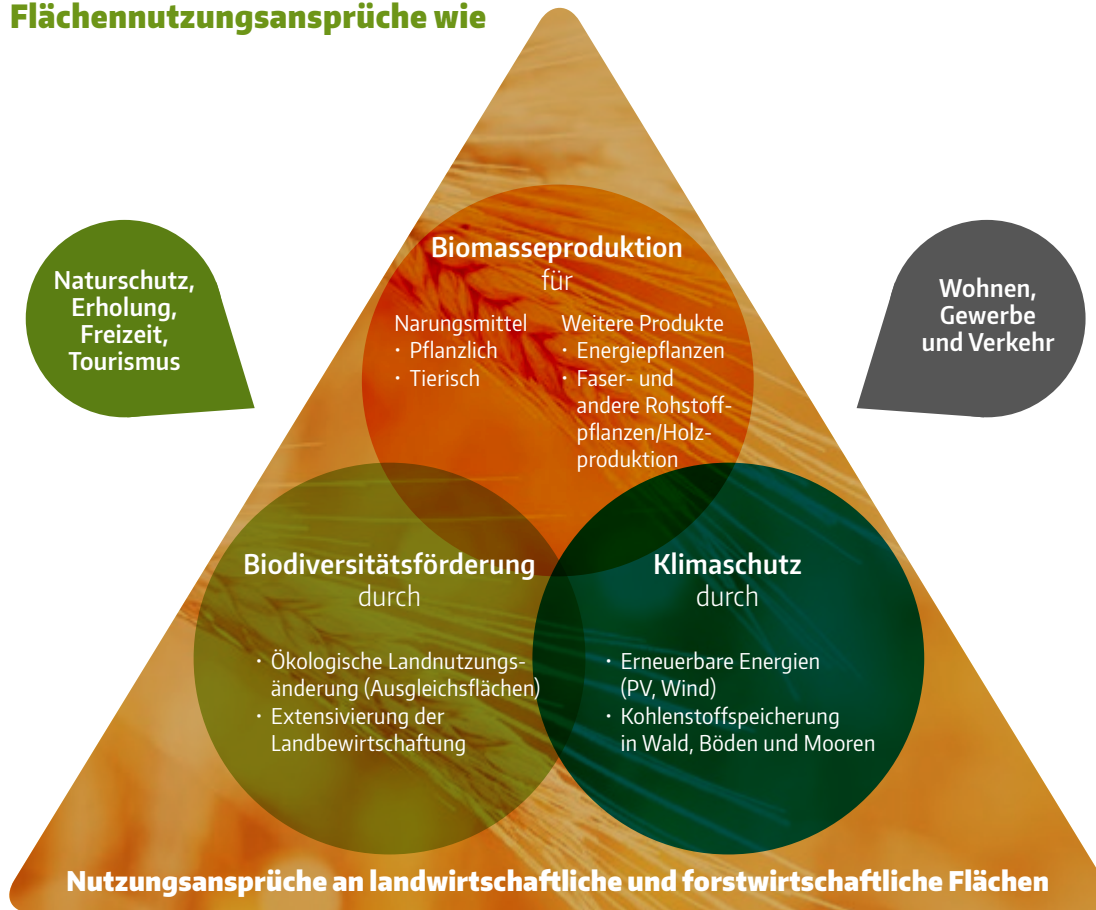


Abbildung 1: Flächennutzungskonkurrenz: Um die landwirtschaftlich genutzten Flächen konkurrieren verschiedene Bereiche. Den größten Flächenbedarf hat die Erzeugung tierischer Nahrungsmittel (Futtermittel und Weidehaltungsflächen). Für die Erzeugung pflanzlicher Nahrungsmittel und für Naturschutzbelange wird ein geringerer Flächenanteil genutzt. Heute nimmt die Anbaufläche für Energiepflanzen noch einen hohen Anteil ein, der tendenziell sinken wird, wobei die Rohstoffgewinnung (Faser-, Öl- und Färbepflanzen u. a. Biomasse für die Bioökonomie) an Bedeutung gewinnen wird. Die nötige Fläche für Erneuerbare Energien-Anlagen lässt sich überwiegend mit anderen Nutzung kombinieren.



1.2 Das Agri4Power-Konzept kurz erklärt

Das Konzept bietet einen Baukasten aus 4 Elementen, diese sind:

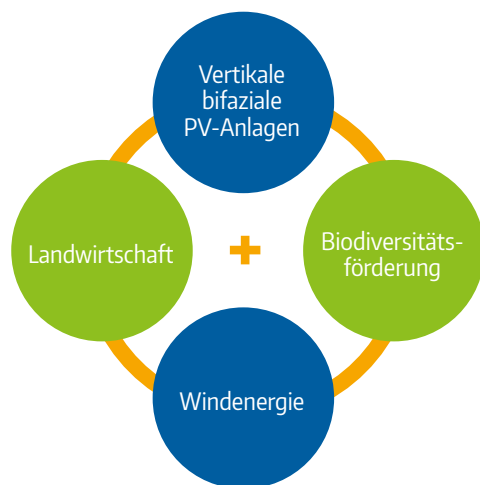


Abbildung 2: Die vier Elemente des Agri4Power-Konzepts

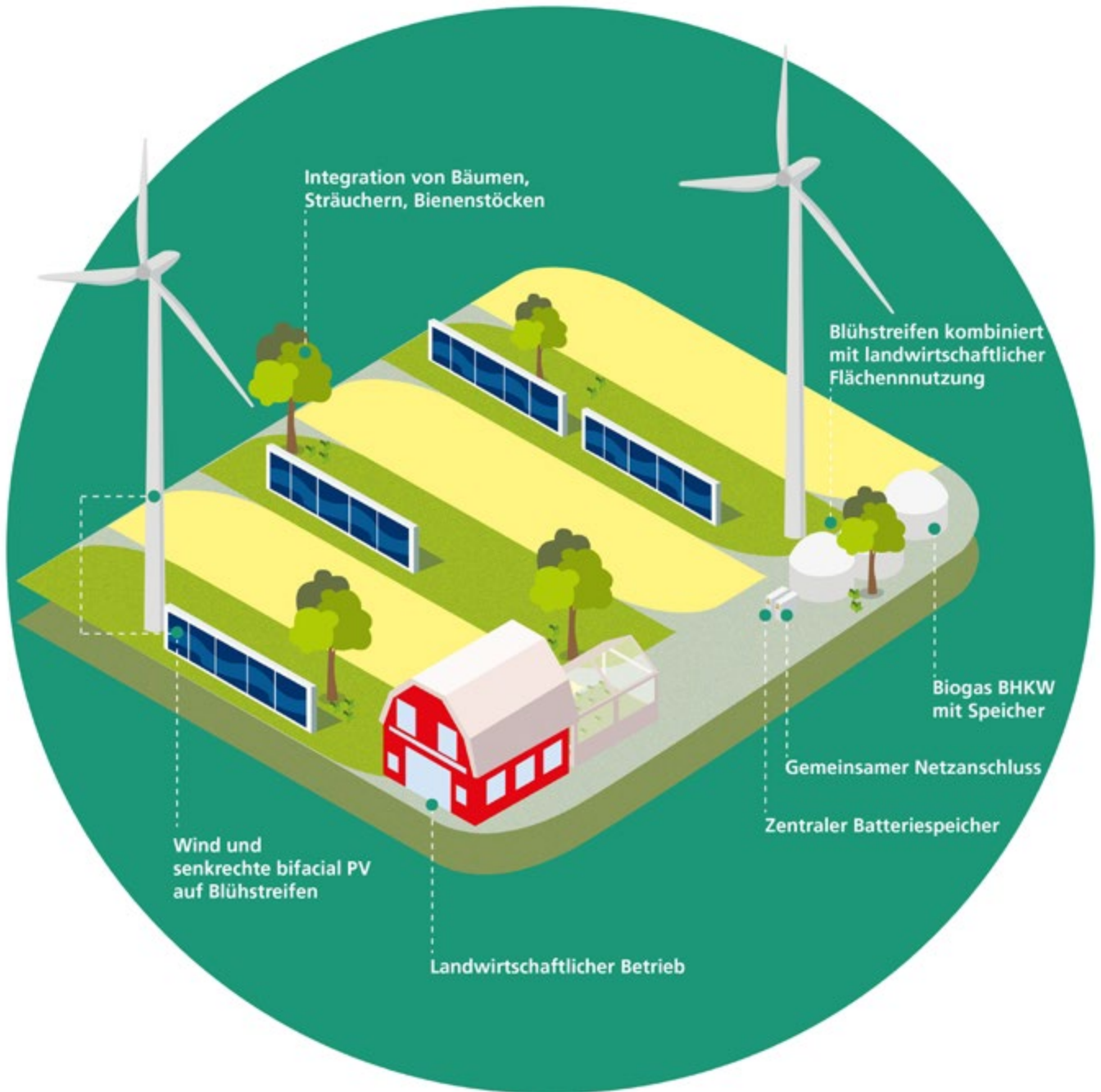
Keines der Elemente ist obligatorisch, d. h. das Konzept kann aus den vier Komponenten individuell zusammengesetzt werden. Das ermöglicht verschiedene Ausprägungen des Agri4Power-Konzepts, entsprechend der jeweiligen Anforderungen des Standorts und Wünsche des Betreibers.

Die Flächenverluste für die landwirtschaftliche Bewirtschaftung sind mit 5 - 15 Prozent der Fläche gering. Sie entstehen durch die vertikale Aufständigung der PV-Anlagen, Infrastruktureinrichtungen wie Zufahrtswege oder Trafohäuschen und die Fundamente der Windenergieanlagen.

Durch die vertikalen Solaranlagen ergibt sich eine streifenförmige Unterteilung der Fläche. Die Streifen können für Landwirtschaft (inkl. Energiepflanzenanbau) und / oder für Biodiversitätsförderung genutzt werden.

Zusammengefasst zeigt das Agri4Power-Konzept von der Gesellschaft mitgetragene Wege, wie eine erneuerbare Energieversorgung einen Beitrag zur Erhöhung der Biodiversität und Verbesserung von Ökosystemleistungen auf Ackerflächen leisten kann. Dabei bleibt die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion erhalten und eine nachhaltige Einkommensstabilität für Landwirt*innen wird ermöglicht.







1.3 Interview

Im Laufe des Projekts wurden viele Gespräche mit Landwirt*innen geführt. Eine Zusammenstellung von häufig auftretenden Fragen wird nachfolgend von Dr. Christoph Gerhards (CG), Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut und Leiter des Forschungsprojekts, und Dr. Antje Birger (AB), Expertin bei der Stiftung Kulturlandschaft Sachsen-Anhalt und Projektmitarbeiterin, beantwortet.

Wie sind Sie zu dem Agri4Power Konzept gekommen?

CG: Die Idee, Solarenergie mit Landwirtschaft oder Windenergie zu verbinden, ist schon viele Jahrzehnte alt. In den letzten Jahren wurde klar, dass flächenoptimierte Solaranlagen zwar einen Beitrag zum Klimaschutz leisten, jedoch der Wegfall von landwirtschaftlicher Nutzfläche Widerstände in der Bevölkerung und bei Landwirt*innen hervorruft. In vielen Fällen konnte aber gezeigt werden, dass bei guter Planung aber auch ein Beitrag zur Biodiversität möglich ist. Wir wollen eine Win-Win-Situation schaffen, indem wir Land- und Energiewirtschaft mit dem Naturschutz gemeinsam denken und berücksichtigen, dass die Gesellschaft diesen Weg mittragen muss, damit er erfolgreich werden kann.



Abbildung 4: Dr. Christoph Gerhards und Dr. Antje Birger

Gibt es praktische Erfahrungen mit dem Konzept?

CG: Es gibt schon mehrere praktische Erfahrung mit Agri-PV-Anlagen (APV) mit senkrechten Solarmodulreihen von der Firma Next2Sun GmbH auf Dauergrünland. Außerdem gibt es erste Projektansätze für die gemeinsame Flächen-nutzung von Wind- und Solarenergie. Und es liegen Projekterfahrungen für die Verbindung von Solarenergie mit Biodiversitätsförderung vor. Der Ansatz hingegen, diese Bereiche so zu kombinieren, ist neu.

Welche Agri-PV-Konzepte gibt es, in denen bereits senkrecht aufgestellte PV-Module eingesetzt wurden?

CG: Weltweit wurden Agri-PV-Konzepte realisiert, die einen Mehrwert für die Landwirtschaft ergeben. Das hier vorgestellte Konzept wurde in keinem bisherigen Forschungsprojekt untersucht. Recherchen haben gezeigt, dass weiterhin Forschung für die Umsetzung von APV in Kombination mit





Anbaukulturen erforderlich ist. Es existieren keine allgemeingültigen Ergebnisse für den Anbau von Kulturen in unmittelbarer Umgebung von APV mit bifacialen Solarmodulen und Blühstreifen, da diese für jeden Standort individuell sind. So sind es vor allem Abstandsweiten von 8 - 12 m zwischen den Modulreihen, die eine flächendeckende Realisierung von bifacialen Solarmodulen auf landwirtschaftlichen Flächen und den Einsatz von Landmaschinen bestimmen.

Welche Vorteile bietet das Agri4Power-Konzept?

CG: Für die Landwirtschaft sehen wir den Vorteil der Erschließung neuer, sicherer Einnahmequellen, denn aufgrund der Erderhitzung ist mit häufigeren Extremwetterlagen zu rechnen, was einen Ernteausfall zur Folge haben kann. Auch gibt es erste Hinweise, dass der Ernteertrag bei großer Hitze durch die schattenspendenden Anlagen höher sein kann als ohne PV-Einbindung. Eventuell haben die Solarreihen zudem einen positiven Effekt auf die Winderosion. Für die Gemeinden kann es eine zusätzliche Wertschöpfung in der Region und damit verbundene Arbeitsplätze und Einnahmen geben. Aus energiewirtschaftlicher Sicht ergibt sich der Vorteil, dass sich Strom aus Wind- und Solarenergie, aber auch die senkrecht aufgeständerten APV-Anlagen mit

PV auf Dächern gut ergänzen. Schließlich profitiert auch die Natur von den neu gewonnenen Lebensräumen und der Förderung der Artenvielfalt.

Ist die Umsetzung finanziell attraktiv?

CG: Wie attraktiv es für den einzelnen Betreiber ist, muss individuell beurteilt werden. Der APV-Anlagenbetreiber kann eine Pacht zahlen, wobei die mögliche Pachthöhe sehr vom Abstand der PV-Reihen abhängt und deutlich unter dem Niveau von klassischen Freiflächen-PV-Anlagen liegt, da auf gleicher Fläche weit weniger Module verbaut werden können. Dafür können aber mit dem Agri4Power-Konzept weiterhin Einnahmen aus der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung erzielt werden. Bei den heutigen PV-Vergütungen ist der Anlagenbetrieb bis 15 Meter Reihenabstand besonders attraktiv.

Wie kann Fläche für die Biodiversitätsförderung eingesetzt werden?

AB: Biodiversitätsförderung kann durch eine Erhöhung des Blütenangebotes, z. B. durch (mehrjährige) Blühstreifen, erreicht werden. Um eine ökologische Wirksamkeit auch im konventionellen Anbau zu entfalten, sollten die Blüh-

streifen mindestens 6 m breit sein. Am Rückgang der Insekten und anderer Kleintiere in der Agrarlandschaft sind aber auch fehlende Kleinstrukturen Schuld. Deshalb können auch Grünstreifen, niedrigwüchsige Sträucher, Totholz- oder Steinhäufen sowie Sandwälle im Umfeld der Anlagen wichtige Beiträge leisten.

Was ist in der Blühstreifenmischung enthalten?

AB: Die Auswahl der in der Blühmischung enthaltenen Pflanzenarten erfolgte vor allem danach, möglichst vielen Insekten Nektar- und Pollenquellen sowie Raupenfutterpflanzen anzubieten. Dabei wurden sowohl die „Feinschmecker“ als auch die „anspruchslöseren“ unter den Insekten berücksichtigt. Die Zusammenstellung der Mischung garantiert zudem ein langanhaltendes Blütenangebot.

Wie viele Blühstreifen soll es auf meinem Acker geben?

AB: Die ökologische Wirksamkeit der Blühstreifen ergibt sich auch aus ihrem Anteil an der Gesamtfläche. Dabei sind über das Feld verteilte Blühstreifen einer großen Blühfläche vorzuziehen. Schätzungen Forschender gehen heute davon aus, dass, bezogen auf die Gesamtfläche, ein Flächenanteil von mindestens 20 % halbnatürlicher, nicht bewirtschaft-



Abbildung 5: Solarmodulreihe auf artenreichem Grünland

teter Strukturen (Brachen, Blühstreifen, Feldhecken, Feldraine) erforderlich ist, um die Biodiversität besonders im Agrarraum zu erhalten. Blühstreifen sind nicht alles, können aber einen wichtigen Beitrag leisten, auch als verbindendes Element zu angrenzenden Strukturen in der Landschaft. Im Agri4Power-Konzept streben wir 20 % Fläche für die Biodiversitätsförderung an, das hieße 2.000 Quadratmeter je Hektar.

Wie ist die Resonanz unter Landwirt*innen?

AB: Ökonomisch rational. Die integrierten Landnutzungskonzepte eröffnen eine zusätzliche Einnahmequelle, erfordern aber auch vielfach eine Umstellung der üblicherweise verwendeten Anbautechnik aufgrund der Beschränkung der Arbeitsbreiten.





Abbildung 6: Heuernte zwischen den Modulreihen

Was sind das für Umstellungen?

AB: Beispielsweise ist der Einsatz von sehr breiten Pflanzenschutzspritzen nicht möglich und die Bearbeitung kann mit einem Mehraufwand verbunden sein, der dem Gewinn gegenübersteht. Auch können sich Einschränkungen bei den Anbaukulturen ergeben. Eine betriebliche Anpassung ist mit zusätzlichem organisatorischen Aufwand und ggf. Investitionen verbunden. Diese müssen und können nur betriebsindividuell monetär eingeschätzt und den möglichen

Mehrgewinnen durch Solarpachterträge gegenübergestellt werden, um eine fundierte Entscheidung fällen zu können.

Gibt es Hilfestellungen für Landwirte, um diese Einschätzung vorzunehmen?

AB: Um die Landwirt*innen hierbei zu unterstützen, wurde im Rahmen des Projektes ein Entscheidungsunterstützungstool entwickelt, das (unter Ausklammerung der ggf. notwendigen organisatorischen und investiven Mehraufwendungen)



eine Abschätzung der Wirtschaftlichkeit des Agri4Power-Konzeptes im Vergleich mit dem konventionellen landwirtschaftlichen Bewirtschaftungskonzept ermöglicht.

Wie ist die gesellschaftliche Resonanz zum Konzept?

CG: Ein großer Teil der von uns befragten Personen bevorzugt das Agri4Power-Konzept gegenüber der bisherigen Praxis mit Freiflächen-Solarparks, die von landwirtschaftlicher Bewirtschaftung entkoppelt sind. Die klassischen Freiflächen-Solarparks werden in der Gesellschaft und unter Landwirt*innen vielmehr als Konkurrenz zur Landwirtschaft empfunden, aber die Kombination auf einer Fläche wird gesellschaftlich positiv bewertet.

Gibt es weitere Gründe für diese hohe Zustimmung?

AB: Ein ganz entscheidender Grund für die positiven Reaktionen auf das Agri4Power-Konzept sind die vorteilhaften Auswirkungen der Blühstreifen für die Artenvielfalt. Für die Erhöhung der Biodiversität in unseren Kulturlandschaften würden die Leute sogar freiwillig einen gewissen Beitrag zahlen. Die Einbeziehung von Arten- und Naturschutzmaßnahmen kann sich positiv auf die Akzeptanz der Anlagen und der Energiewende insgesamt auswirken.

Welche sind die nächsten Schritte?

CG: Wichtig ist, dass wir jetzt erst mal praktische Erfahrungen sammeln und lernen, wie Mensch und Natur von der Anwendung des Agri4Power-Konzeptes profitieren. Vor allem im Bereich Agri-PV sind noch viele Fragen offen, insbesondere zur Änderung des Bewirtschaftungsaufwands und des Ertrags bei verschiedenen Anbaukulturen. Im Rahmen des Projektes wurde eine Blühpflanzenmischung entwickelt, die eine Vielzahl verschiedener Insekten bedient. Hier wollen wir natürlich testen, wie gut diese in der Praxis bei Agri-PV-Anlagen funktioniert. Es muss auch untersucht werden, wie z. B. die Tierwelt reagiert. Auch einige rechtliche Fragen müssen geklärt werden und Rechtssicherheit geschaffen werden, was zum Beispiel die Weiterzahlung der EU Agrarprämien in Kombination mit Agri-PV angeht. Dafür müssen die Flächen ihren Ackerstatus behalten. Dies ist für Landwirt*innen ein sehr wichtiger Aspekt. Wir wollen ein Miteinander erreichen und gemeinsam mit den Landwirtschaftstreibenden einen guten Weg finden.

Wo kann ich mich weiter informieren?

Wir werden auf unserer Webseite agri4power.com unseren ausführlichen Projektbericht und auch links zu weiteren Informationsquellen bereitstellen, schauen Sie gerne mal vorbei.



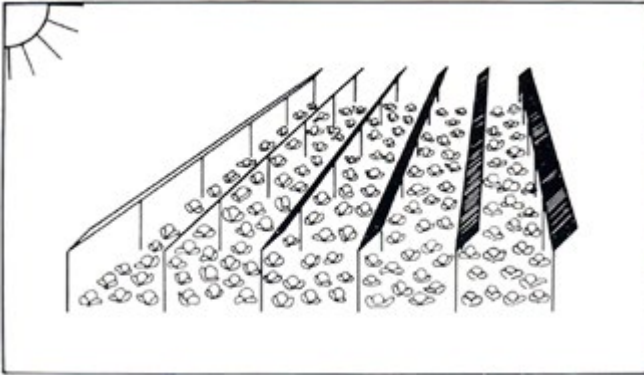


Abbildung 7: Skizze eines Modulfeldes mit angehobenen Solarmodulen (historische Abbildung aus dem Jahre 1981)

1.4 Das Agri4Power-Konzept im Detail

1.4.1 Welche Fallstudien sind zu Agri-PV in der Landwirtschaft aktuell bekannt?

Erstmals wurde im Jahr 1981 die Doppelnutzung von Ackerflächen zur Nahrungsmittelproduktion und Energieerzeugung erwähnt (siehe Abbildung 7) [3]. Die Innovationsgruppe „APV-RESOLA“, griff den genannten Lösungsansatz auf und untersucht eine neue Form von Photovoltaik-Anlagen, in der neben der Stromerzeugung auch die landwirtschaftliche Fläche zum Nutzpflanzenanbau erhalten bleibt [4]. Ein „Agri-PV Leitfaden“ wurden 2020 vom Fraunhofer ISE veröffentlicht.

Weltweit existieren kommerzielle Anlagen mit der Gesamtleistung von ca. 2,8 GW und nur einige Agri-PV-Forschungs-

anlagen (weltweit installierte Leistung 2,8 GW im Jahr 2020) [5]. Im Folgenden werden Agri-PV-Pilotanlagen und die Zielstellung dargestellt.

Nationale Projekte zu Agri-PV

Agri-PV-Obstbau:

Ziel: Untersuchung von APV als Schutzfunktion im Apfel-Obstbau [6]

Ergebnis: Forschung soll zeigen, inwieweit Obstanbausysteme und herkömmliche PV-Anlagentechnik kombinierbar sind. Schwerpunkt: Untersuchung des Lichtmanagements, des Anlagendesigns, der Landschaftsästhetik, ihrer Wirtschaftlichkeit, ihrer Sozialverträglichkeit und pflanzenbaulicher Parameter.

Solverde-Bürgerkraftwerke in Lüptitz bei Leipzig [7]:

Ziel: Umwandlung einer Photovoltaik-Freiflächenanlage in eine APV-Anlage [8].

BayWa r.e. AG:

Ergebnisse: Installation von APV-Modulen auf einer Himbeerplantage mit einer Fläche von 3,3 ha. Zusätzlich wurden durch die BayWa r.e. weitere Projekte auf Sonderkulturen wie Erdbeeren, Johannisbeeren und Brombeeren realisiert [9].

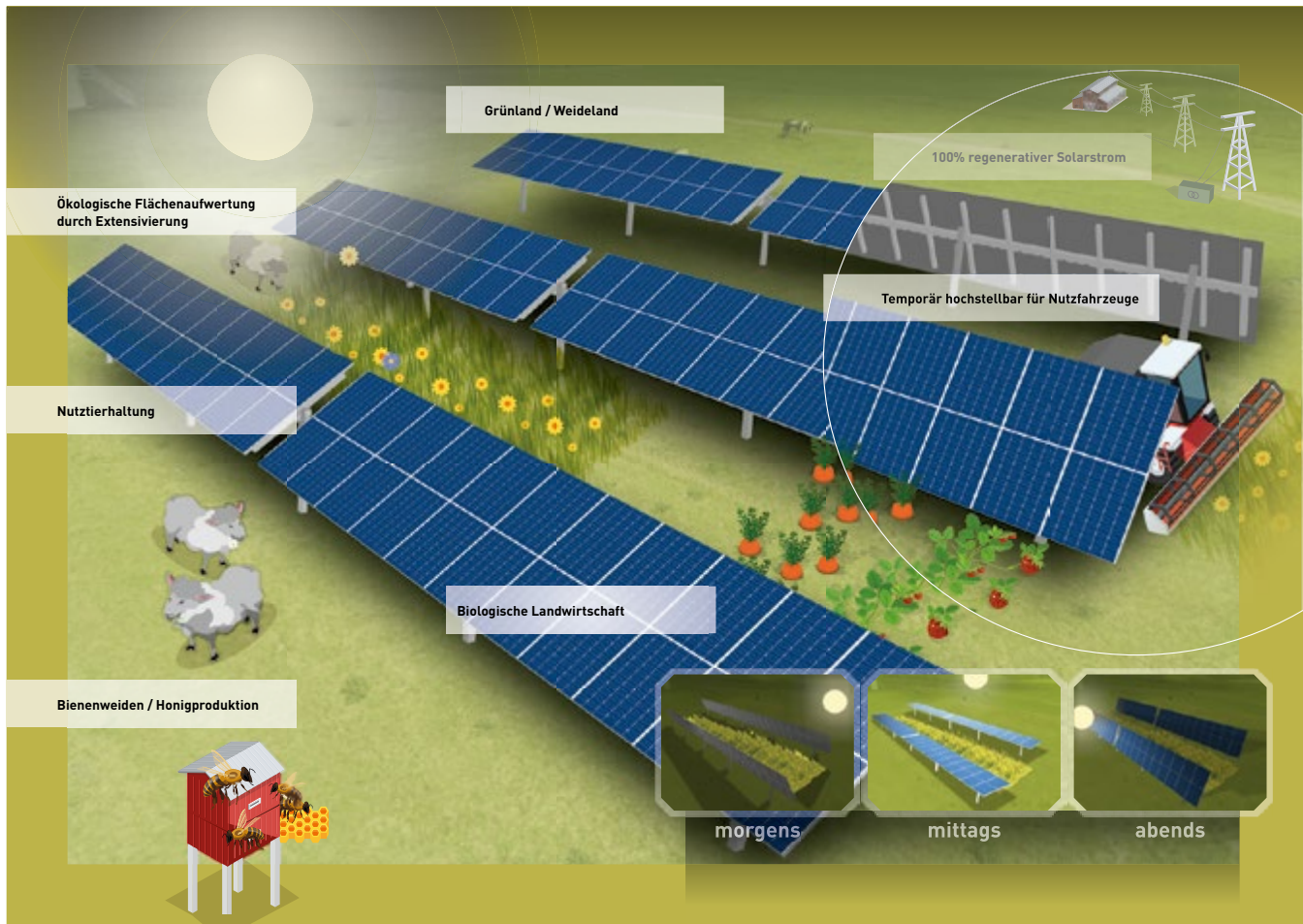


Abbildung 8: Solverde Projektentwicklung mit Agri-PV-Projekt in Sachsen (einachsige Tracker-Anlage)

Agri-PV-Anlage der Next2Sun in Donaueschingen

Ergebnis: Umsetzung von APV auf Dauergrünlandfläche (14 ha bei einer Leistung von 4,1 MWp) [10].

Schwerpunkt: Langzeitbeobachtung von Stromerträgen.

Internationale Projekte zu Agri-PV

Pilotanlage in Österreich (Firma Wien Energie)

Ziel: Untersuchung von bifacialen Solarmodulen auf einer Agrarfläche auf der Kartoffeln und Sommergerste angebaut wurden [11]





Abbildung 9: APV-Pilotanlage in Donaueschingen



Abbildung 10: Himbeerplantage in Babberich

Biosphere2-Projekt in den USA:

Ziel: Untersuchung von landwirtschaftliche Nutzpflanzen in Trockenlandumgebung unterhalb von APV.

Ergebnis: Erste Wirkungen liegen für Pfeffer, Jalapenos und Kirschtomaten vor. Ergebnisse deuten darauf, dass ein Trockenland-APV-System ein widerstandsfähiges Energie- und Nahrungsmittelsystem sein kann, das eine geringere Anfälligkeit für zukünftige Klimaschwankungen aufweist [12].

Weitere Projekte mit Fokus APV wurden in: Indien (Untersuchung von Flaschenkürbissen, Gewürzen und Früchten unterhalb von APV) [13], Kroatien (Untersuchung von Schatten- gewächsen) [14], Chile (Untersuchung von Synergieeffekten wie Reduzierung von Wasserverdampfung und Schutz der

Pflanzen in in ariden/semiariden Zonen) [15], Malaysia (Anbau von Melone, Aubergine, Chilli, etc.) [16] untersucht.

Recherchen zeigen, dass Forschung bei Umsetzung von APV und den Anbaukulturen durchgeführt wird. Derzeit existieren keine allgemeingültigen Forschungsergebnisse für die Auswirkungen auf Anbaukulturen in unmittelbarer Umgebung von APV.

1.4.2 Welches integrierte Landnutzungskonzept wird aktuell empfohlen?

In verschiedenen Workshops wurde aus einem zuvor erstellten Variantenpool gemeinsam mit Landwirt*innen ein Design herausgearbeitet, das die betriebstechnischen und



Abbildung 11: Beerenobstplantage unterhalb von APV in Büren-Steinhausen

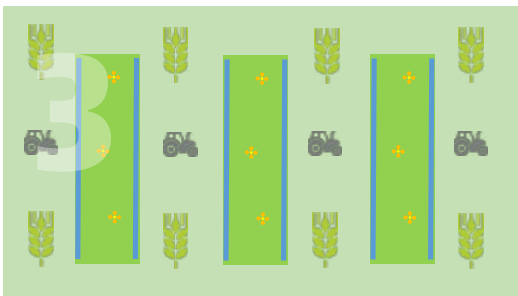
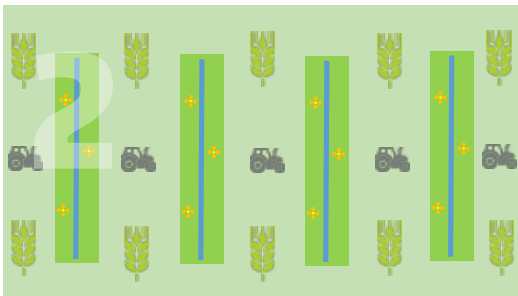
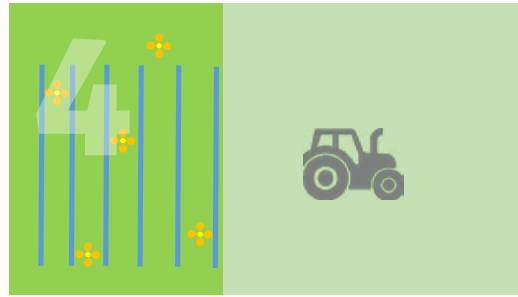
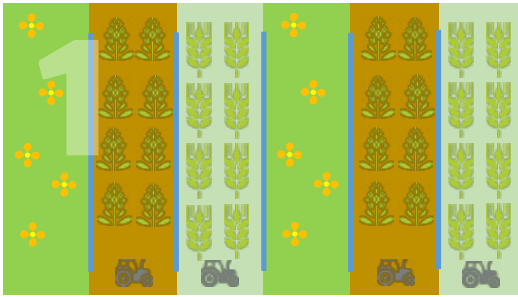
betriebswirtschaftlichen Anforderungen der Landwirt*innen und Solaranlagenbetreiber*innen auf der einen Seite sowie die ökologischen Ziele auf der anderen Seite am besten miteinander verbindet (Variante 1, s. Abb. 12). Dieser Entwurf sieht einen gleichmäßigen Abstand der Solarmodulreihen von ca. 10 m vor. Das erlaubt eine flexible Nutzung der Reihenzwischenräume zum Anbau von Ackerkulturen oder von Blühstreifen mit auf die Arbeitsbreite abgestimmten Anbaugeräten. Statt den im Entwurf dargestellten zwei Ackerkulturen, kann auch eine Ackerkultur in Kombination mit Blühstreifen angebaut werden. Die Blühstreifen sind in diesem Konzept durch die Solarmodulreihen von den ackerbaulich genutzten Streifen getrennt, wodurch der Eintrag von Agrochemikalien reduziert werden kann.



Jede*r Landwirt*in kann selber entscheiden, in welcher Frequenz und mit welchem Flächenanteil er/sie Blühstreifen einbezieht. Aus ökologischer Sicht sollte dieser Flächenanteil so hoch wie möglich und wirtschaftlich vertretbar sein (vgl. Kapitel 8). Wenn eine integrierte Nutzung von PV und Landwirtschaft, z. B. aufgrund der Bearbeitungsmethode, nicht in Frage kommt, ist die Variante 4 zu empfehlen.

Etwa die Hälfte der Fläche der Bundesrepublik Deutschland wird landwirtschaftlich genutzt. Von diesen 16,7 Millionen Hektar sind knapp 71 % Ackerland und 28 % Grünland. Obwohl nicht alle Gestaltungsvarianten des Agri4-Power-Konzepts für alle landwirtschaftlichen Nutzflächen geeignet sind, sind erhebliche Potentiale für die Umsetzung des Konzepts vorhanden. Die konkrete Umsetzungsfähigkeit muss in Abhängigkeit von den lokalen Gegebenheiten und Bedürfnissen untersucht werden (siehe Abschnitt 3.3.).





-  Blühstreifen
-  Agrarfläche
-  Anbaukultur 1
-  Anbaukultur 2
-  Bifaciale Solarmodulreihe

Abbildung 12: In Workshops herausgearbeitete mögliche Varianten des Agri4Power-Konzepts. Die höchste Zustimmung unter Landwirt*innen erhielt dabei die Variante 1



1.4.3 Welchen Mehrwert bieten integrative Konzepte gegenüber der klassischen Bewirtschaftungsmethode?

Agri-PV bietet ein ökonomisch und ökologisch vorteilhaftes Nutzungskonzept, um sowohl Landwirtschaft als auch Energieproduktion auf einer Fläche zu ermöglichen.

Ziel von Agri4Power ist ein ausgewogenes Konzept, das die Integration von ökologisch wertvollen Elementen in landwirtschaftlich genutzten Flächen ermöglicht, ohne dass es zu monetären Einbußen des Landwirtes kommt. Der Schlüssel hierzu sind zusätzliche Solarpachterträge von Energieproduzenten, denen die Aufstellung von bifacialen Solarmodule auf den landwirtschaftlichen Flächen gestattet wird.

Werden die Flächen nicht von ihrem Eigentümer bewirtschaftet, sondern an einen Landwirt weiter verpachtet, sollten die Solarpachterträge zwischen Flächeneigentümer und Pächter fair aufgeteilt werden. Dafür sind verschiedene Modelle denkbar.

Da die Höhe der Solarpachtzahlungen von Energieproduzenten (unter sonst vergleichbaren Rahmenbedingungen) unabhängig von der Bodenqualität und der damit verbun-

denen zusammenhängenden Höhe der Ernteerträge ist, bietet der Agri4Power-Ansatz insbesondere für Flächen mit geringer Bodenfruchtbarkeit die Chance, das auf den Hektar bezogene Einkommen deutlich zu steigern. Die Solarpachteinnahmen bieten ein zusätzliches sicheres wirtschaftliches Standbein, das witterungsbedingte Ertragsausfälle und Preisschwankungen im Kerngeschäft – der Landwirtschaft – abmildern hilft.

Neben den Pachteinnahmen können sich aus der Integration der bifacialen Solarmodule auf der Ackerfläche zusätzliche – jedoch aufgrund noch ausstehender Studien derzeit zahlenmäßig nicht zu fassender – ökonomische Vorteile für die Landwirtschaftsbetriebe ergeben: In Hinblick auf die im Zuge des Klimawandels zu erwartende Zunahme an längeren (heißen) Trockenperioden können die Solarmodule eine wichtige Schutzfunktion für den Wasserhaushalt des Oberbodens übernehmen. Zum einen bremsen sie die Windgeschwindigkeit, zum anderen führen sie zu einer zeitweisen Verschattung der Ackerkulturen bzw. des Oberbodens und verringern so die Verdunstungsrate. Landwirt*innen mit bifacialen Solarmodulen auf Grünlandflächen berichteten in den letzten, sehr trockenen Sommern von einem höheren Biomasseertrag im Umfeld der Modulreihen. Das tatsächliche



Ausmaß der genannten Effekte auf die Erträge der jeweiligen Ackerfrüchte kann aber erst durch mehrjährige Versuche auf Demonstrationsflächen festgestellt werden.

Die integrierten Landnutzungskonzepte eröffnen den Landwirten aber nicht nur wirtschaftliche Vorteile, sie erfordern auch betriebsorganisatorische Änderungen und mitunter auch eine Umstellung der üblicherweise verwendeten Anbautechnik auf geringere Arbeitsbreiten. Wesentlicher Grund hierfür ist, dass das wirtschaftliche Optimum der Agri-PV-Anlagen bei einem Reihenabstand von 8-12 m liegt. Folglich können unter diesen Voraussetzungen auch die höchsten Pachtzahlungen erfolgen, die bei höheren oder geringeren Abständen rapide sinken.

Das Agri4Power-Konzept kann als eine Ergänzung zu bereits bestehenden integrierten Konzepten wie z. B. sog. Kurzumtriebs-Alley-Cropping (Gehölzstreifen aus schnellwachsenden und wiederaus-treibenden Baumarten auf Ackerflächen, deren Holz alle 4-6 Jahre maschinell beerntet wird) angesehen werden. Im Gegensatz dazu übernehmen aber in diesem Fall die in Reihen angeordneten bifacialen Solarmodule die Windschutzfunktion, die zur Verminderung der Bodenerosion und Verdunstung beitragen. Der Schattenwurf hat ebenfalls positive Auswirkungen auf den Boden-

wasserhaushalt, ohne dass es auf den betroffenen Flächen zu Konkurrenzeffekten um Wasser und Nährstoffe kommt. Krautige Blühstreifen entlang der Solarmodulreihen unterstützen die Etablierung einer hohen Pflanzen- und Tierartenvielfalt, die sich in ihrer Artenzusammensetzung und jeweiligen Individuenzahl von den Alley-Cropping Systemen unterscheiden.

1.4.4 Welche Vorteile kann das Agri4Power-Konzept für Gemeinde und Anwohner bieten?

Für das genutzte Land wird eine Pacht gezahlt. Das nützt jedoch primär dem Verpächter. Seit 2021 ist es im Rahmen des EEGs möglich, Gemeinden, in denen eine Windenergieanlage gebaut wird, bis zu 0,2 ct/kWh zu zahlen (entspricht bis zu 20.000 €/ Windenergieanlage im Jahr). Auch für Solaranlagen könnte dies im Rahmen einer Verordnung ermöglicht werden. Dadurch und durch Errichtung und Betrieb der Anlagen kann die regionale Wertschöpfung steigen. Da die Verfügbarkeit von regionalem erneuerbarem Strom auch zunehmend ein Wirtschaftsfaktor ist, kann dies zu einem Standortfaktor für Erhalt oder Ansiedlung von Gewerbe werden.

Eine Übersicht zu den Mehrwerten des Agri4Power-Konzepts ist in Abbildung 9 dargestellt.



Abbildung 13: Mögliche Mehrwerte für Landwirte, Gemeinden und die Gesellschaft und Natur im Rahmen des Ari4power Konzept



2



Business Trends Analysis

Category	Q1	Q2	Q3	Q4
Product A	1200	1500	1800	2100
Product B	800	900	1000	1100
Product C	500	600	700	800
Product D	300	400	500	600
Product E	200	300	400	500
Product F	100	150	200	250
Product G	50	75	100	125
Product H	25	37	50	62
Product I	12	18	25	31
Product J	6	9	12	15

Year	Q1	Q2	Q3	Q4
2020	1.2	1.5	1.8	2.1
2021	1.5	1.8	2.1	2.4
2022	1.8	2.1	2.4	2.7
2023	2.1	2.4	2.7	3.0
2024	2.4	2.7	3.0	3.3
2025	2.7	3.0	3.3	3.6
2026	3.0	3.3	3.6	3.9
2027	3.3	3.6	3.9	4.2
2028	3.6	3.9	4.2	4.5
2029	3.9	4.2	4.5	4.8
2030	4.2	4.5	4.8	5.1

Line graph showing trends from 2020 to 2030. The x-axis represents years, and the y-axis represents values. Two lines are plotted: a blue line and a red line. Both lines show an overall upward trend, with the red line consistently higher than the blue line.

Pie charts showing data distribution. The largest pie chart has four segments: blue (45%), orange (30%), green (15%), and yellow (10%). Other smaller pie charts show similar distributions with varying segment colors and proportions.

Year	Q1	Q2	Q3	Q4
2020	1.2	1.5	1.8	2.1
2021	1.5	1.8	2.1	2.4
2022	1.8	2.1	2.4	2.7
2023	2.1	2.4	2.7	3.0
2024	2.4	2.7	3.0	3.3
2025	2.7	3.0	3.3	3.6
2026	3.0	3.3	3.6	3.9
2027	3.3	3.6	3.9	4.2
2028	3.6	3.9	4.2	4.5
2029	3.9	4.2	4.5	4.8
2030	4.2	4.5	4.8	5.1

Bar chart showing data from 2020 to 2030. The x-axis represents years, and the y-axis represents values. The bars show a steady increase over time, with a slight dip in 2027.

Year	Q1	Q2	Q3	Q4
2020	1.2	1.5	1.8	2.1
2021	1.5	1.8	2.1	2.4
2022	1.8	2.1	2.4	2.7
2023	2.1	2.4	2.7	3.0
2024	2.4	2.7	3.0	3.3
2025	2.7	3.0	3.3	3.6
2026	3.0	3.3	3.6	3.9
2027	3.3	3.6	3.9	4.2
2028	3.6	3.9	4.2	4.5
2029	3.9	4.2	4.5	4.8
2030	4.2	4.5	4.8	5.1

Table with two columns: 'Series 1' and 'Series 2'. The x-axis represents years from 2020 to 2030. The y-axis represents values. Series 1 is consistently higher than Series 2.

Year	Q1	Q2	Q3	Q4
2020	1.2	1.5	1.8	2.1
2021	1.5	1.8	2.1	2.4
2022	1.8	2.1	2.4	2.7
2023	2.1	2.4	2.7	3.0
2024	2.4	2.7	3.0	3.3
2025	2.7	3.0	3.3	3.6
2026	3.0	3.3	3.6	3.9
2027	3.3	3.6	3.9	4.2
2028	3.6	3.9	4.2	4.5
2029	3.9	4.2	4.5	4.8
2030	4.2	4.5	4.8	5.1

Pie charts showing data distribution. The largest pie chart has four segments: blue (45%), orange (30%), green (15%), and yellow (10%). Other smaller pie charts show similar distributions with varying segment colors and proportions.



2 Wirtschaftlichkeit

2.1 Was sind mögliche Synergien?

(Wind / Solar / Landwirtschaft inkl. Biogas)

Für eine vollständige Versorgung mit erneuerbaren Energien bietet die Kombination von Strom aus Solar- und Windenergie über das Jahr eine gute Verteilung. Im Sommer ist der Solarertrag höher, im Winter der Windertrag (siehe Abbildungen 14 und 15). Somit sind Windkraftanlagen insbesondere wichtig, um im Winter Strom für Wärmepumpen bereitzustellen. Für Zeiten, in denen nicht genug Ertrag aus Wind- und Solaranlagen generiert wird, muss Energie gespeichert werden oder es kann Energie aus anderen Quellen wie z. B. Biomasse genutzt werden. Somit ist die Kombination dieser Energiequellen sehr sinnvoll. Für die Anlagenbetreiber bietet die Kombination von Solar- und Windkraftanlagen den Vorteil, dass die Infrastruktur – wie der Anschluss an das bestehende Stromnetz – gemeinsam genutzt werden kann und so ein Kostenvorteil entsteht. Im Zuge der Erderhitzung wird es häufiger zu Extremwetterlagen wie Dürre und Überschwemmungen kommen. Dadurch wird der landwirtschaftliche Ertrag unsicherer. Die Kombination von Landwirtschaft und Energieerzeugung bietet den Vorteil, dass sich die Einnahmen ergänzen und somit den Betrieb finanziell absichern.

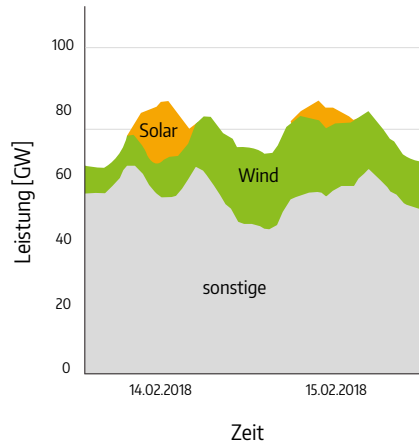


Abbildung 14: Strom aus verschiedenen Quellen an 2 Wintertagen. Mehr Ertrag durch Windenergie

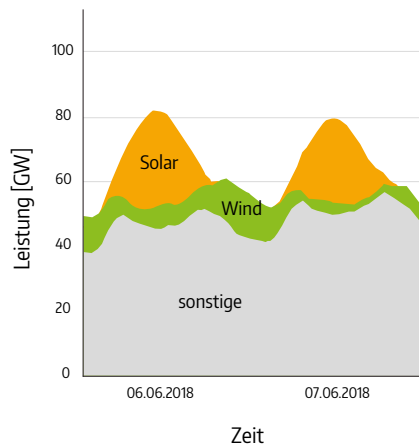


Abbildung 15: Strom aus verschiedenen Quellen an 2 Sommertagen. Mehr Ertrag durch Solarenergie





2.2 Wie hoch ist der Solarertrag aus dem Agri4Power-Konzept?

Energieertrag

Der Energieertrag je installierter Leistung ist für ein senkrecht aufgeständertes System mit bifacialen Solarmodulen und einem nach Süden geneigten System mindestens gleich groß oder höher.

Werden die senkrecht aufgeständerten Module nach Osten und Westen ausgerichtet, so führt dies zu größeren Erträgen in den Sommermonaten sowie in den Morgen- und Abendstunden. Somit ist die senkrechte Aufständering eine sehr gute Ergänzung zur Südaufständering und zur Anbringung auf Dachflächen. Werden die Module nach Norden und Süden ausgerichtet, so führt das zu mehr Ertrag im Winter.

Finanzieller Ertrag

Die Anlagen können selbst betrieben oder das Land verpachtet werden. Bei Verpachtung unter Beibehaltung des Rechts auf landwirtschaftliche Nutzung können etwa 1.000 €/ha/Jahr bei einem Reihenabstand von ca. 10 m eingenommen werden. Bei 6 m Abstand ist die gegenseitige Verschattung hoch, bei 16 m die Belegung gering, sodass sich die Einnahmen in diesen Fällen etwa halbieren. Aufgrund geringerer installierter Leistung je Fläche ist der maximal mögliche Pachtertrag pro Hektar deutlich geringer als bei klassischen Freiflächen-PV-Anlagen.

Bei Stromverkauf an der Börse punktet die senkrechte Modulausrichtung nach Ost / West insbesondere durch den Mehrertrag in den Morgen- und Abendstunden. Dadurch können höhere spezifische Anlagenkosten ausgeglichen werden.

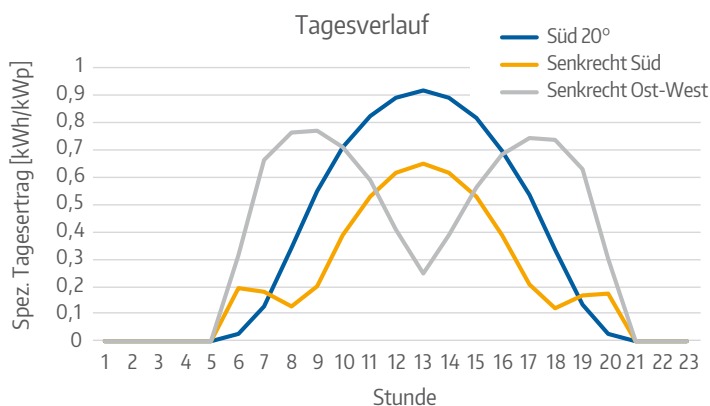


Abbildung 16: Vergleich des Verlaufs der Stromerzeugung verschiedener PV Anlage. 20° nach Süden geneigt/ senkrecht nach Ost/West und senkrecht Süd/Nord

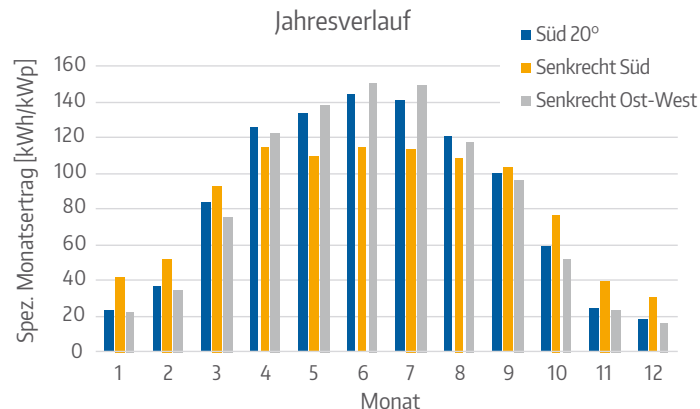


Abbildung 17: Vergleich des Verlaufs der Stromerzeugung verschiedener PV Anlage. 20° nach Süden geneigt/ senkrecht nach Ost/West und senkrecht Süd/Nord

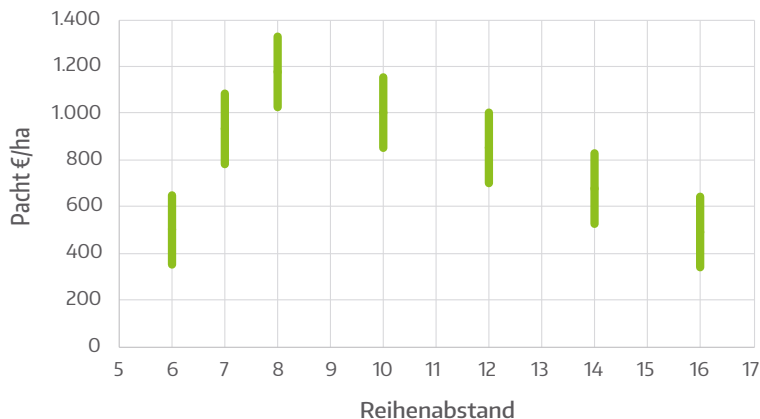


Abbildung 18: Mögliche Pachtzahlungen eines Anlagenbetreibers an den Landeigentümer für eine senkrecht aufgeständerte PV Anlage basierend auf heute üblichen EEG-Vergütungen. Die Höhe der Pacht ist stark vom Reihenabstand abhängig.





2.3 Was sollte bei der Umsetzung des Agri4Power-Konzepts beachtet werden?

Geeignete Fläche

Am Anfang steht die Frage nach der geeigneten Fläche. Infrage kommen für Agri-PV grundsätzlich alle Flächen, die nicht verschattet sind. Für die Finanzierung ist es hilfreich, wenn die Fläche nach dem EEG in einem förderfähigen Gebiet liegt, ansonsten müsste der Strom über einen Stromliefervertrag verkauft bzw. selbst genutzt werden (siehe Abschnitt 10.2). Für den Bau ist auf jeden Fall eine Baugenehmigung erforderlich (siehe Abschnitt 10.1).

Wer sind die Schlüsselpartner*innen?

Grundvoraussetzung für ein erfolgreiches Agri-PV-Projekt sind kompetente Projektentwickler*innen bzw. Installateur*innen sowie Umsetzungspartner*innen mit geeigneten Flächen. Regionale Befürworter sind zudem entscheidend,

um den regionalen Bezug zu schaffen, der nicht zuletzt wichtig für die Akzeptanz vor Ort ist (s. Abschnitt 9.1).

Wirtschaftlichkeit

Um die Wirtschaftlichkeit abzuschätzen, ist eine Kostenkalkulation von einem möglichst erfahrenden PV-Anlagenbauer erforderlich. Dieses kann eine Firma aus der Region oder der Lieferant des patentierten Gestellsystems, die Next 2 Sun GmbH, erstellen. Die aktuellen Bedingungen zum Erhalt von EU-Agrarprämien (siehe Abschnitt 10.3) müssen geprüft werden, da die Regelung evtl. geändert wird. Weiterhin muss der durch die neue Art der Bewirtschaftung entstehende Aufwand bzw. die Ertragsänderung berücksichtigt werden.

Betreibermodell

Die Anlagen können selbst betrieben oder das Land verpachtet werden. Für die Akzeptanz in der Bevölkerung ist



es hilfreich, wenn Anwohner die Möglichkeit haben, sich z. B. über eine Energiegenossenschaft an der Anlage zu beteiligen. In diesem Modell würde eine Betreibergesellschaft die Anlage betreiben und die Fläche pachten, wobei die landwirtschaftlich genutzte Fläche überwiegend weiter zur Verfügung stehen würde. Alternativ kann auch die Bewirtschafter*in oder die Eigentümer*in der Fläche die Anlage errichten und betreiben. Dadurch entsteht ein Mehraufwand, aber auch ein Mehrertrag, der ins Verhältnis gesetzt werden muss.

Lokale Interessensgruppen

Akteure vor Ort wie z. B. Politiker*innen, Ämter, Umweltverbände, Heimatvereine sollten möglichst früh einbezogen werden. Anhand eines Umsetzungskonzeptes sollten sie über das Vorhaben und den ökonomischen und ökologischen Mehrwert informiert werden. Unterstützer*innen und Verbündete in der Region sind sicher hilfreich.

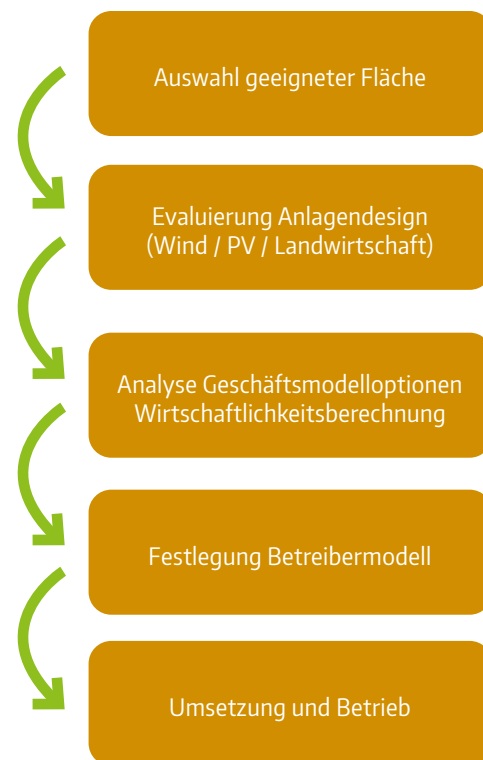
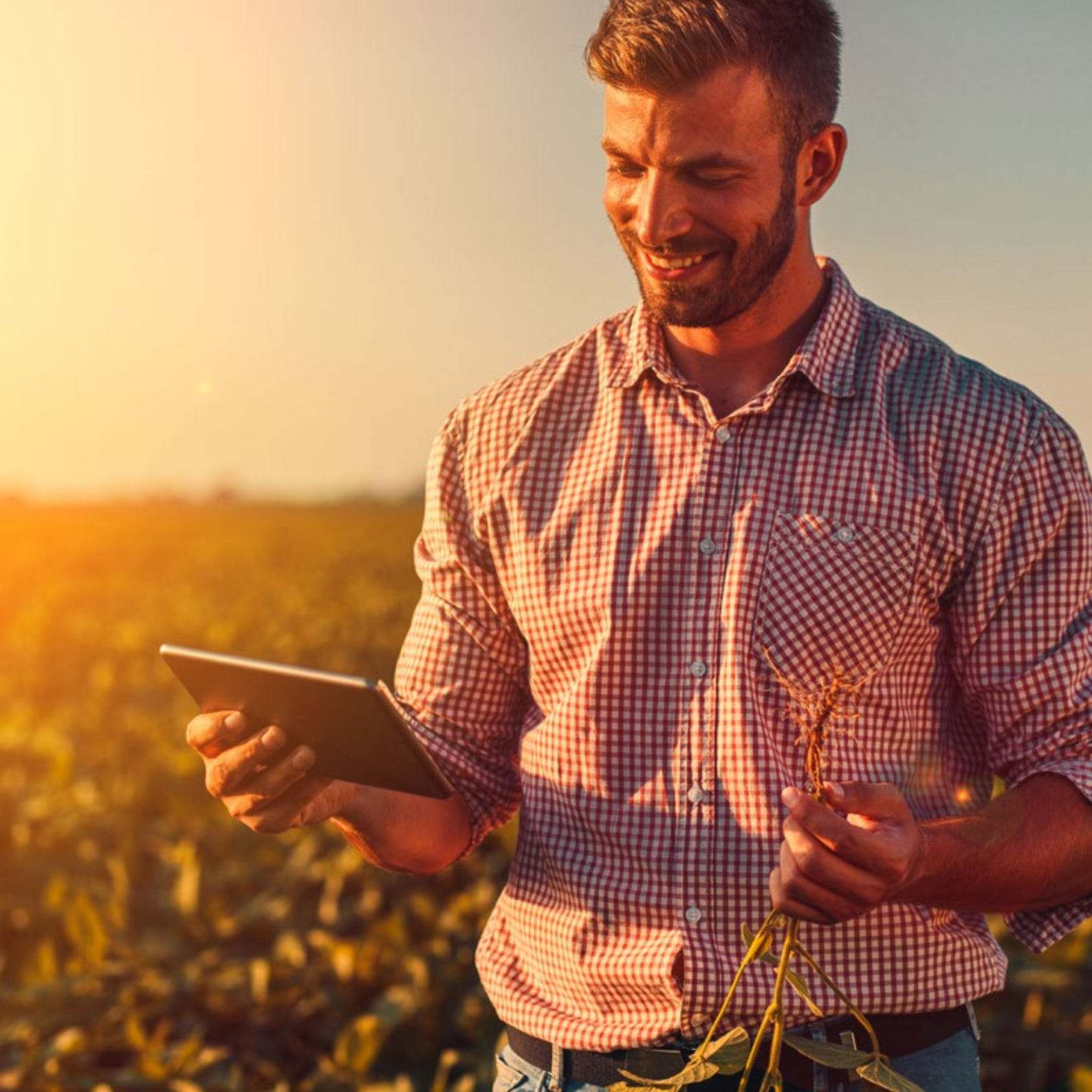


Abbildung 19: Prozesskette Agri4Power (vereinfacht)







2.4 Welche weiteren Geschäftsmodelloptionen bestehen?

Bürgerbeteiligungen

Möglichkeiten für Anwohner*innen, sich z. B. über eine Energiegenossenschaft oder Crowdfunding-Plattformen an der Anlage zu beteiligen und davon zu profitieren, können sich oftmals positiv auf die Zustimmung zu den Anlagen auswirken. Energiegenossenschaften und Crowdfunding-Plattformen eröffnen Projektentwicklern weitere Finanzierungsquellen.

Ökologischer-Solar-Tarif

Agri-PV-Anlagen bieten vor allem dann einen gesellschaftlichen Mehrwert, wenn sie mit Biodiversitätsförderung verbunden werden. Kund*innen waren schon in den letzten Jahren bereit, einen höheren Strompreis für „Öko-Strom“ zu bezahlen. Aufgrund der gestiegenen Preise für fossilen

Strom haben sich beide Tarife angenähert. Es ist durchaus denkbar, dass Stromkund*innen bereit sind, für weitere gesellschaftliche Vorteile auch mehr zu bezahlen und somit der Strom aus Agri PV-Anlagen mit Biodiversitätsförderung zu einem höheren Preis als üblich an Stromhändler*innen verkauft werden kann.

Bürgerstromtarife

Bürgerstromtarife sind vergünstigte Stromlieferverträge für Anwohner*innen von Energieparks. Sie erreichen in Umfragen regelmäßig hohe Zustimmungswerte. Werden sie anstelle von Zahlungen an die Gemeinde etabliert, profitieren weniger Menschen, was zu Konflikten führen kann. Auch bei einer Vermarktung über einen regionalen Stromversorger kann die Möglichkeit bestehen, dass der regional produzierte Strom an Endkund*innen verkauft wird. Der finanzielle Vorteil liegt dann vielmehr in der regionalen Wertschöpfung als bei den Endkund*innen.



3



3 Landwirtschaft



3.1 Agri4Power – das sagt der Berufsstand!

Die Agri4Power-Idee kann nur gemeinsam mit der Landwirtschaft gelingen. Dazu braucht es eine hohe Flexibilität und Bereitschaft im Berufsstand, sich diesen Herausforderungen zu stellen. Daher wurde zu Beginn der Projektes eine Online-Befragung unter Landwirt*innen durchgeführt, um die Erwartungen des Berufsstandes an das innovative Landnutzungskonzept zu ermitteln. In der Befragung wurden die Kernpunkte der Idee, die Mehrfachnutzung der Ackerflächen für die Erzeugung erneuerbarer Energien als Beitrag zum Klimaschutz und die landwirtschaftliche Produktion sowie die Integration von Blühstreifen als festen Bestandteil des Konzeptes für die Förderung der Biodiversität, zur Diskussion gestellt. Die Anregungen des Berufsstandes gingen in die Geschäftsmodellentwicklung des Agri4Power-Konzeptes ein, um praxisnahe und nachhaltige Landnutzungskonzepte mit hoher Akzeptanz im Berufsstand voranzubringen. An der Befragung nahmen Landwirt*innen teil, die ein breites

Befürwortung Agriphotovoltaik im Berufsstand
(n=49, Mehrfachnennung möglich)

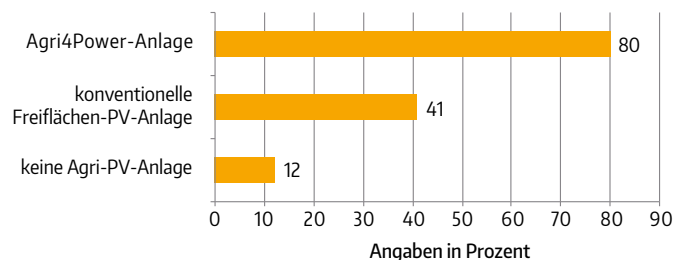


Abbildung 20: Abstimmungsergebnis aus der Onlineumfrage zur Befürwortung von Agriphotovoltaik im Berufsstand

Spektrum des Berufsstandes hinsichtlich Betriebsgrößen, Betriebsart und der Bewirtschaftungsart abbilden. Die Umfrage ergab mit 80 Prozent eine große Zustimmung zum innovativen Agri4Power-Konzept (s. Abb. 20).

In der Online-Befragung wurden u. a. Präferenzen für einzelne Gestaltungsvarianten des Agri4Power-Konzeptes ermittelt.



Agri4Power-Variantenbeschreibung	Schematische Darstellung	Prozentuale Zustimmung in der Onlineumfrage
Agri4Power-Variante 1 rotierenden mehrjährigen Blühstreifen (Standortwechsel der Blühstreifen nach fünf Jahren) zwischen den Solarmodulreihen mit hoher Anbau- und Kulturdiversifizierung		40
Agri4Power-Variante 2 je 3 m breiter, mehrjähriger Blühstreifen auf beiden Seiten der Solarmodulreihen		53
Agri4Power-Variante 3 Blühstreifen zwischen je zwei Reihen von Solarmodulen		38

Abbildung 21: Vorstellung der Agri4Power-Nutzungsvarianten und Abstimmungsergebnis aus der Onlineumfrage

Abbildung 21 stellt die Varianten vor und zeigt das Abstimmungsergebnis des Berufsstandes im Rahmen dieser Online-Befragung. Mit 94 Prozent (nicht dargestellt) fiele die Zustimmung zum Agri4Power-Konzept sogar noch höher aus, wenn sich dadurch zusätzlich eine Steigerung der landwirtschaftlichen Erträge erzielen ließe (durch verminderte Winderosion, verstärkte Taubildung zwischen den Modulreihen sowie Schattenwirkung mit Schutz vor massiver Sonneneinstrahlung).

Das Agri4Power-Konzept strebt eine Win-Win-Situation für alle Beteiligten an. Gefragt nach den größten Vorteilen des Agri4Power-Konzeptes werden vor allem der geringe Flächenverbrauch, die Möglichkeit, Grenzertragsstandorte aufzuwerten und die zusätzliche Einnahmequelle durch die Photovoltaik genannt (s. Abb. 22).

Es wurden jedoch auch einige Bedenken geäußert (s. Abb. 23). So befürchteten die Landwirt*innen Probleme bei der Fortführung der Flächennutzung, äußerten Vorbehalte wegen der Veränderung des Pachtniveaus und der Sicherung des Ackerstatus der Flächen. Einige sehen das Risiko einer Beschädigung der Solarmodule durch Vandalismus bzw. durch die ackerbauliche Bewirtschaftung.

Als wichtiger Punkt zur Agriphotovoltaik erweist sich die Frage nach der Beteiligung an den Erlösen der Anlagen. Abbildung 24 stellt die Antworten des Berufsstandes dazu zusammen. Abbildung 25 zeigt, welche „Naturschutz-elemente“ sich die Landwirt*innen im Rahmen der Umsetzung des Agri4Power-Konzeptes anlegen würden.

Hauptvorteile des Agri4Power-Konzeptes
(n=44, Mehrfachnennung möglich)

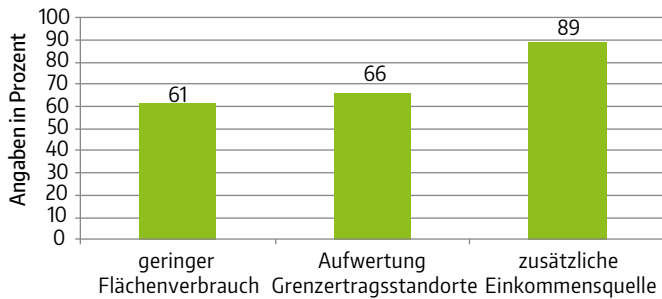


Abbildung 22: Abstimmungsergebnis aus der Onlineumfrage zu den erwarteten Vorteilen des Agri4Power-Konzeptes

Wichtigste Bedenken zum Agri4Power-Konzept
(n=32, Mehrfachnennung möglich)

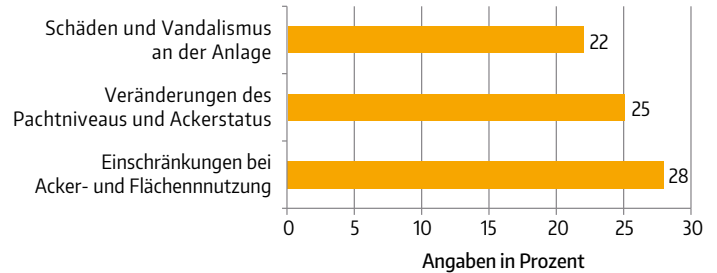


Abbildung 23: Abstimmungsergebnis zu möglichen Nachteilen des Agri4Power-Konzeptes

Beteiligungen am Erlös
(n=35, Mehrfachnennungen möglich)

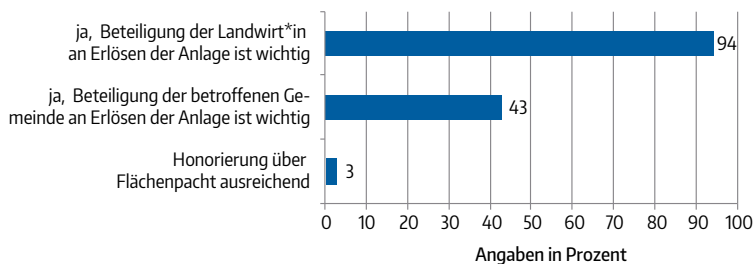


Abbildung 24: Abstimmungsergebnis zur gewünschten Beteiligung an den Erlösen

Bereitschaft des Berufsstandes zur Umsetzung biodiversitätsfördernder Maßnahmen im Rahmen des Agri4Power-Konzept (Mehrfachnennung möglich)

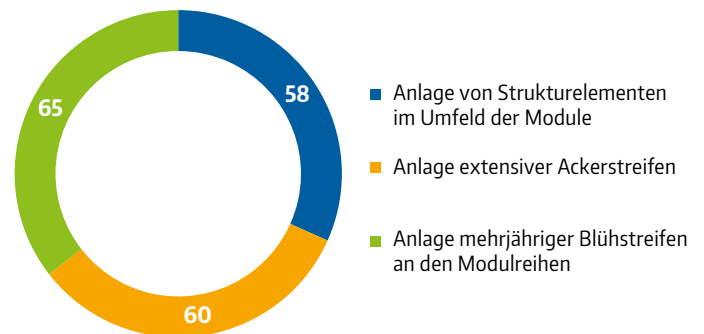


Abbildung 25: Diese „Naturschutzelemente“ würden Landwirt*innen im Agri4Power-Konzept anlegen





3.2 Was ist bei der Umsetzung von integrativen Konzepten zu berücksichtigen?

Die Beschränkung der Arbeitsbreite durch die PV-Module auf 8 bis 12 Meter steht im Widerspruch zu den in den vergangenen Jahren häufig genutzten Arbeitsbreiten der Anbaugeräte.

Für die Realisierung von APV-Konzepten sind Erkenntnisse zum Anlagenfuhrpark entscheidend. Die Arbeitsbreiten bestimmen unter anderem die Abstände zwischen den APV-Reihen. Dabei ist ein individueller Kompromiss mit den Erwartungen an den Solarenergieertrag und somit auch an die Wirtschaftlichkeit der PV-Anlagen zu finden. Weiterhin sind folgende Aspekte für die Umsetzung zu berücksichtigen: Wendekreise, Entladehöhen, Bunkervolumina, Erntegeschwindigkeiten und Bearbeitungstiefen von Landmaschinen. Erste Ergebnisse können dem „Agri-PV Leitfaden“ entnommen werden [17]. Um Zusammenstöße mit dem Stahlrahmen der bifacialen Solarmodule zu verhindern, sollte der Reihenabstand entsprechend größer als die geplante Bearbeitungsbreite sein. Arbeitsbreiten von Maschinen richten sich nach verschiedenen Anbau- und Erntetechniken und weiteren individuellen Faktoren. Ins-

besondere für den Pflanzenschutz werden Arbeitsbreiten von bis zu 36 m genutzt. Diese Arbeitsbreiten sind im hier beschriebenen Konzept zwar möglich, aber nicht wirtschaftlich darstellbar. Das vorgestellte Konzept eignet sich vornehmlich für Arbeitsbreiten kleiner 12 m.

Auch ist eine höhere Umsicht bei der Ausbringung von Gülle oder Mist durch Nutzung angepasster und ggf. modifizierte Technik erforderlich, um Beschädigungen an den Solarmodulen zu vermeiden. Wird nun auf einem Teil des landwirtschaftlichen Betriebes das Agri4Power-Konzept umgesetzt, müssen die Landwirt*innen entweder in Anbaugeräte mit kleineren Arbeitsbreiten investieren oder auf externe Dienstleister, die entsprechende Anbaugeräte vorhalten, zurückgreifen. Alternativ könnte auch die Umstellung auf andere Acker- oder Sonderkulturen erfolgen. GPS-gestützte Maschinen ermöglichen zwar eine hohe Spurtreue in den beschränkten Arbeitsfeldern, bilden aber bislang noch die Ausnahme. Um Beschädigungen der Solarmodule durch die Anbaugeräte zu vermeiden, tendieren die befragten Landwirt*innen dazu, einen größeren Sicherheitsabstand zu den Solarmodulen einzuhalten.



Abbildung 26: Die Reihenabstände sollten auf die nötigen Arbeitsbreiten der landwirtschaftlichen Maschinen abgestimmt werden

Auch im Hinblick auf die Auswahl der Ackerkulturen ist zu beachten, dass diese infolge ihrer Wuchshöhe nicht bzw. nur zu einer kurzzeitigen Verschattung der Solarmodule führen sollten. Bei einem von den Landwirt*innen ohnehin eingehaltenen Sicherheitsabstand sind bis auf sehr hoch wachsenden Kulturen wie Mais kaum Einschränkungen in

der Fruchtwahl zu erwarten. In Workshops mit Landwirten wurde festgestellt, dass die benannten Einschränkungen nicht per se einen Ausschlussgrund darstellen, sondern in Anbetracht der Pachteinahmen von bis zu 1.200 €/ha und Jahr (siehe Abbildung 18, Kapitel 2) eine betriebsindividuelle Gesamtkostenbetrachtung erfordern.





3.3 Entscheidungsunterstützungstool

Um den Landwirten eine Entscheidungsunterstützung bieten zu können, wurde ein Kalkulationstool zur Abschätzung der landwirtschaftlichen Erträge unter Berücksichtigung des Flächenbedarfs für APV und Blühflächen entwickelt. Dieses ermöglicht den Landwirt*innen die Abstände der Solarreihen individuell einzustellen, eine Fruchtfolge zu definieren und sich für einen Zeitraum von 20 Jahren die wirtschaftlichen Erträge je Hektar mit und ohne die Zusatzeinnahmen durch Solarpachteinnahmen berechnen zu lassen. Das Tool berücksichtigt die aus der vorsichtigen Fahrweise resultierenden längeren Maschinenarbeitszeiten/ Maschinenkosten je Hektar. Der Nutzer kann zudem einen individuellen Erschwernisaufschlag für betriebsorganisatorische Mehraufwendung in die Kalkulation mit einbeziehen.

Daten

- Kalkulationsdaten der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft
- Ertragsdaten Statistische Landesämter
- Statistisches Bundesamt Inflationen

Pachtrechner

Berechnung der möglichen Pachtzahlungen für Aufstellung von Agriphotovoltaikanlagen

Daten

- Investitions- und Betriebskosten
- Solarertragsdaten in Abhängigkeit vom Standort und vom Reihenabstand



Definition der Vergleichsvarianten

Eingabe ertragsrelevanter Daten für rein landwirtschaftliche Flächennutzung

- Definition Fruchtfolge
 - » Referenzwerte oder individuelle Festlegung fruchtartspezifischer Erträge, Preise und variabler Kosten
- Inflation und Preissteigerungsrate
 - » Referenzwerte oder individuelle Festlegung

Auswahl AGRI 4 POWER-Konzept

- Variantenauswahl und individuelle Anpassung der Abstände und Breiten der einzelnen Kompartimente
- Zeitaufschlagsfaktor aufgrund vorsichtigerer Fahrweise und Erschwernisaufschlag für betriebsorganisatorische Mehraufwendungen

Datenausgabe

- Berechnung der Flächenanteile PV, Blühfläche und Ackerfläche für ausgewähltes AGRI 4 Power-Konzept
- Vergleich der Kapitalwerte der rein landwirtschaftlichen Flächenbewirtschaftung und des ausgewählten AGRI 4 POWER-Konzeptes (absolut und prozentual)
- Jährliche Deckungsbeiträge und Barwerte im Zeitraum von 20 Jahren
- Amortisationszeit der Investition

Abbildung 27: Konzeption des Kalkulationstools zur Entscheidungsunterstützung





3.4 Welcher Flächenumfang steht durch die Mehreinnahmen der integrativen Konzepte theoretisch für Blühflächen zur Verfügung?

Mit dem Kalkulationstool wurde anhand des oben beschriebenen Designentwurfes der monetäre Mehrwert des Agri4Power-Ansatzes für eine übliche Fruchtfolge berechnet. Die Berechnungen ergeben, dass trotz eines hohen Blühflächenanteils von rund 32 Prozent und der für die Aufstellung der APV-Reihen notwendigen Standfläche von 4,4 Prozent der Ackerfläche das integrierte Konzept dennoch Mehreinnahmen in Höhe von bis zu 188 Prozent erzielt werden kann (ohne Berücksichtigung der Mehraufwendungen durch betriebliche Anpassungen und bei gleichem Flächenertrag). Auch wenn landwirtschaftliche Prämienzahlungen sowie der mit der Integration der APV-Module einhergehende höhere betriebliche Organisationsaufwand nicht monetär bewertet wurden, so zeigen die überschlägigen Berechnungen dennoch, dass die Integration von Blühstreifen, mit einem Flächenanteil von mindestens 20 Prozent aus betriebswirtschaftlicher Sicht durchaus vertretbar ist.



Abbildung 28: Vogelperspektive auf die Modulreihen





4 Biodiversitätsförderung



Im Agri4Power-Konzept wird durch die Integration ökologisch wirksamer Maßnahmen das Konfliktfeld Artensterben und Verlust der Agrarbioidiversität aufgegriffen. Im Mittelpunkt des Konzeptes steht die Beibehaltung der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion auf einem Großteil der Fläche.

NebenderintegriertenErzeugungerneuerbarerEnergien bezieht das Konzept auch biodiversitätsfördernde Maßnahmen wie Blühstreifen ein, die auch zu weiteren Ökosystemleistungen (z. B. für Klimaschutz, zur Klimaanpassung, zum Bodenschutz, zum Grundwasserschutz) beitragen.

In den vorliegenden Empfehlungen steht die potentielle Wirkung auf Insekten, Feldvögel, Kleinsäuger sowie weitere Zielarten und Zielartengruppen im Vordergrund.



Abbildung 29: Blühstreifen am Ackerrand Neben zahlreichen Pollen- und Nektarquellen stellen sie auch strukturierte Rückzugsorte für die Fauna der Agrarlandschaft zur Verfügung



Abbildung 30: Vom Nahrungsangebot und den Strukturen profitieren neben Insekten und Vögeln auch Kleinsäuger und Niederwild





4.1 Welche Anforderungen sind an die Blühstreifen zu stellen und wie muss der „Agri4Power-Blühstreifen“ gestaltet werden, um ökologisch wirksam zu werden?

Da die vertikal aufgeständerten, bifacialen Solarmodule ca. 60 bis 80 cm über dem Boden beginnen, wurden Pflanzenarten gewählt, deren maximale Wuchshöhe auf 70 cm beschränkt ist. Durch die Auswahl mehrjähriger Arten für die Blühstreifen stehen über mehrere Jahre ein dauerhaftes Blütenangebot sowie permanente Strukturen in einer zumeist strukturarmen Agrarlandschaft zur Verfügung.

Was ist in der „Agri4Power-Blühmischung“ enthalten?

Durch die Wahl von heimischen und mehrjährigen Wildarten, aus denen die Blühstreifensaatmischung zusammengestellt ist, wird gewährleistet, dass sie vor allem an die heimische Bestäuberfauna angepasst ist, eine gute Bestandsstabilität aufweisen sowie einen geringen Pflegeaufwand benötigen. Die „Agri4Power“-Blühmischung (potentiell geeignete Arten) bildet ein breites Spektrum an blühenden Wildpflanzen verschiedener Familien mit unterschiedlichen Gattungen ab.



Abbildung 31: Insbesondere Insekten profitieren von den Blühstreifen als Nahrungs- und Rückzugshabitat aber auch als verbindendes Element zu den umliegenden Strukturen (hier: Dickkopffalter)

Die Wahl der in der Blühmischung enthaltenen Pflanzenarten erfolgte vor allem hinsichtlich bekannter Bestäuberinsekten bzw. der Nutzung der Pflanzenarten als Nektar- und Pollenquelle oder als Raupenfutterpflanze. Dabei wurde berücksichtigt, dass eine Vielzahl an Insekten sehr spezialisiert ist und nur wenige Pflanzenarten als Nahrungsgrundlage nutzen können (wie oligolektische Wildbienen, oligophage Schmetterlinge). Daneben wurde aber auch solche Pflanzen ausgewählt, die für weniger spezialisierte Insekten (wie polylektische bzw. polyphage Arten) eine besondere Bedeutung haben. Die potentielle Pflanzenauswahl stellt somit ein großes Angebot an Nektar-, Pollen- und Futterpflanzen für „wichtige“ Insektenordnungen bereit (s. Abb. 32).

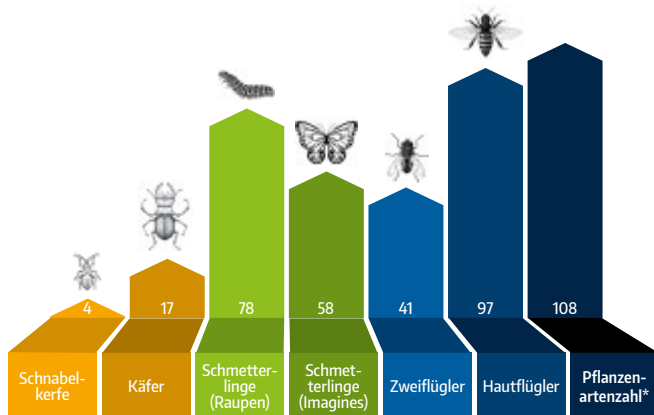


Abbildung 32: Anzahl der durch die aufgeführten Insektenordnungen nutzbaren Pflanzenarten der Agri4Power-Blühmischung, gesamt
* Pflanzenartenzahl der „Agri4Power-Blühmischung“, trocken

Aus der Abbildung 32 geht hervor, dass ein Großteil der in der Blühmischung enthaltenen Pflanzenarten durch Hautflügler (wie Wildbienen, Hummeln und Wespen) und Zweiflüglern (wie Fliegen, Schwebfliegen und Hummelschweben) als Nektar- und/ oder Pollenquelle genutzt werden können. Ca. drei Viertel sind Futterpflanzen für Schmetterlingsraupen und mehr als die Hälfte der Pflanzenarten stellen Nektar für ausgewachsene Schmetterlinge zur Verfügung. Auch für Käferarten sind geeignete Pflanzen enthalten.

Wie viele Pflanzenarten sollten ausgesät werden?

Aus der Liste der in Frage kommenden Pflanzenarten muss eine weitere Auswahl von ca. 20-30 Arten getroffen werden, die abgestimmt auf die konkreten Bodenverhältnisse am Anlagenstandort zum Einsatz kommen sollen. Die Kenntnis der

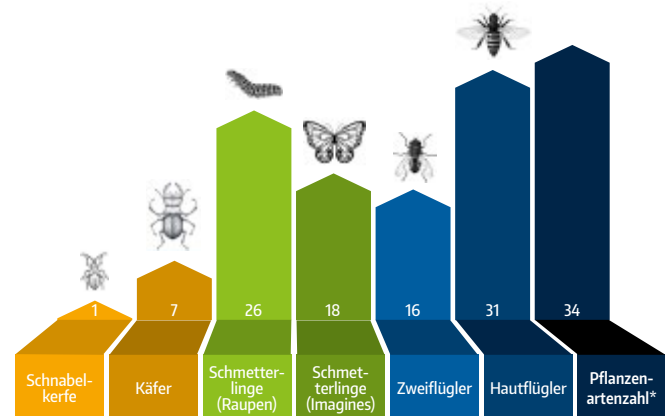
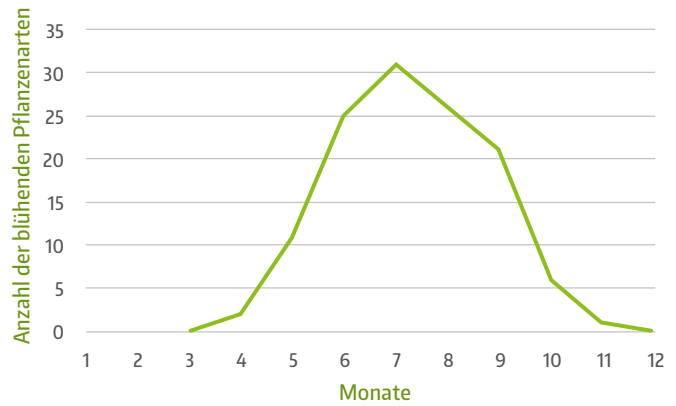


Abbildung 33 a und b: Anzahl der in den Monaten blühenden (a) bzw. der durch die aufgeführten Insektenordnungen nutzbaren Pflanzenarten (b) der „Agri4Power-Blühmischung, Auswahl trocken“
* Pflanzenartenzahl der „Agri4Power-Blühmischung“, trocken

Blütenzeiträume erlaubt die Zusammenstellung einer Mischung mit langanhaltendem Blütenangebot (Abbildung 33a) wie am Beispiel einer Mischung für trockene Standorte, bestehend aus 34 Pflanzenarten, deutlich wird. Einige dieser Arten sind zudem auf der nebenstehenden Bildtafel abgebildet.





Abbildung 34: Pflanzenarten der Agri4Power-Blühmischung für trockene Standorte

Durch die standortangepasste Zusammenstellung der Blühmischungen werden eine gute Etablierung der Pflanzenarten und lange Standzeiten sowohl als Nahrungs- als auch als Rückzugshabitat gefördert.

Was kann noch getan werden, um die Biodiversität im Umfeld der Anlagen zu fördern?

Es besteht die Möglichkeit, den Bereich im Umfeld der Modulreihen durch weitere Strukturelemente (z. B. Sandstreifen, Lesesteinhaufen, Totholzhaufen, Beetle Banks) anzureichern und dadurch ökologisch aufzuwerten. Auch die Pflanzung von Hecken aus Nährgehölzen für verschiedene Tierarten des Agrarraums als Abgrenzung der Anlage kann zusätzliche wertvolle Biotopstrukturen schaffen.

Die Anlage von Blühstreifen im Agri4Power-Konzept zielt vorrangig auf die Bereitstellung von Nahrungs- und Rückzugshabitaten für die Fauna der Agrarlandschaft. Mischungsabhängig sind sehr differenzierte Biomasseerträge zu erwarten, die ihr Maximum zur Hauptblütezeit in den Sommermonaten erreichen, wenn eine Biomasseernte jedoch nicht möglich ist. Inwiefern sich die Aufwüchse für eine Nutzung in Biogasanlagen eignen, muss sich in praktischen Test erweisen, gegebenenfalls kann das Mahdgut bei der Pflege und vor dem Umbruch der Blühstreifen aber verwendet werden.



Abbildung 35: Blühstreifen stellen zusätzliche Nahrungs- und Rückzugshabitats auch für die Avifauna der Agrarlandschaft bereit (hier: Wiesenschafstelze)

4.2 Wie müssen die Blühstreifen angelegt werden, um ihre ökologische Wirksamkeit innerhalb des Agri4Power-Konzeptes sicherzustellen?

In den Förderprogrammen der Bundesländer werden Breiten in einer Spanne von 3 - 10 m für Blühstreifen festgesetzt, die Fachliteratur nennt Mindestbreiten von 6 m. Für die Festlegung der Mindestbreite ist eine mögliche Beeinträchtigung der Blühstreifen im Zuge der landwirtschaftlichen Bearbeitung benachbarter Produktionsflächen zu berücksichtigen. Um die ökologische Wirksamkeit der Blühstreifen im Rahmen des Agri4Power-Konzeptes zu gewährleisten, wurde eine Mindestbreite von 6 m empfohlen. Auch in der Variante 2 (siehe Abbildung 21) ergibt sich die Gesamtbreite von 6 m für die Blühstreifen, in den anderen betrach-



Abbildung 36: Strukturierte Blühstreifen sind wichtige Verbindungsachsen zwischen naturschutzfachlichen wertvollen Biotopen

teten Nutzungsvarianten 1 und 3 erreichen die Blühstreifen sogar deutlich höhere Breiten. Die ökologische Wirksamkeit der Blühstreifen ergibt sich aber auch aus ihrem Anteil an der Gesamtfläche.

Im Agri4Power-Konzept sind ca. 20 Prozent der Ackerfläche für Blühstreifen und weitere Strukturelemente vorgesehen, das hieße 2.000 Quadratmeter pro Hektar. Damit werden zusätzliche Nahrungs- und Überwinterungshabitats in einem wirksamen Umfang zu Verfügung gestellt. Um die ökologische Wirksamkeit der Blühstreifen über einen längeren Zeitraum zu gewährleisten, werden sie alle fünf Jahre rotierend neu angelegt, zwischenzeitlich je nach Bedarf gemulcht.



5



5 Gesellschaftliche Resonanz



Ablauf der Akzeptanzbefragung

- Dezember 2020
- Ausgeführt durch das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung Leipzig
- 500 Menschen befragt, bevölkerungsrepräsentativ ausgewählt (Geschlecht, Alter, Bildungsgrad, Wohnort nach Bundesländern und ländlich/städtisch)
- Befragung in Form eines Choice Experiments, bei dem Teilnehmer*innen in 10 Situationen zwischen zwei verschiedenen Konzeptvarianten mit unterschiedlichen Höhen, Reihenabständen, Reihenanzahlen, Blühstreifen und Preisen oder einer konventionellen Freiflächen-PV-Anlage auswählen sollten
- Zusätzlich Fragen zu Soziodemographie, Einstellungen und dem Agri4Power-Konzept selbst

5.1 Wie wird das Agri4Power-Konzept von der Bevölkerung bewertet?

Etwa 75 Prozent der Befragten ziehen das Agri4Power-Konzept den klassischen Freiflächen-PV-Anlagen vor, die räumlich von Landwirtschaft getrennt sind. Diese großen Solarparks konkurrieren mit der Nahrungs- und Futtermittelproduktion um freie Flächen, was sich negativ auf die Akzeptanz auswirken kann. Knapp zwei Drittel der Befragten (62,8 Prozent) stimmten der Aussage zu, dass die Kombination von Erneuerbaren Energien mit landwirtschaftlicher Flächennutzung die Akzeptanz der Energiewende insgesamt positiv beeinflussen kann.

Weiterhin sind etwa zwei Drittel der Befragten (63 Prozent) der Ansicht, dass die Kombination von Energieerzeugung





Abbildung 37: Bearbeitung der landwirtschaftlichen Nutzfläche zwischen den PV-Modulreihen

mit Naturschutzmaßnahmen zu einer höheren Akzeptanz der Energiewende führen kann. Ausschlaggebend für die hohe Zustimmung zum Konzept ist also neben der Versöhnung von Energieerzeugung und Nahrungsmittelproduktion die Integration von Arten- und Naturschutzmaßnahmen.

5.2 Welche Gestaltungsmerkmale des Konzepts haben den größten Einfluss auf die Akzeptanz in der Bevölkerung?

Breite Blühstreifen werden von vielen Befragten sehr positiv bewertet und werden gegenüber schmalen Grasstreifen präferiert. Bezüglich der Anzahl der PV-Modulreihen wird im Durchschnitt eine größere Anzahl bevorzugt (s. Abbildung 38). Das kann daraus resultieren, dass mit einer höheren Anzahl der PV-Reihen – neben der Erhöhung des Energieertrags –

auch eine höhere Anzahl von Blühstreifen ermöglicht werden kann und damit der Biodiversitätsschutz ansteigt. Auch die Gestaltungsvarianten mit breiteren Abständen sind positiver bewertet worden als die mit engeren Reihenabständen.

Außerdem werden im Durchschnitt PV-Modulreihen mit geringen Höhen gegenüber höheren Anlagen bevorzugt. Die Gestaltungsvarianten, bei der die PV-Reihen so hoch waren, dass (bei durchschnittlicher Körpergröße) noch darüber hinweggeschaut werden könnte (1,60 m in der Befragung) erfuhren eine höhere Zustimmung. Allerdings ermöglichen diese Anlagen nicht so hohe Energieerträge, weil dabei nur ein statt zwei PV-Module übereinander installiert werden können.

5.3 Wie könnte das Konzept ausgestaltet werden, um eine möglichst hohe Akzeptanz in der Bevölkerung dafür zu erreichen?

In der Befragung werden breite Blühstreifen am stärksten bevorzugt (von 69 Prozent der Befragten) sowie größere Reihenabstände (66,2 Prozent der Befragten). Außerdem neigen die Befragten zu einer geringen Höhe (65,3 Prozent der Befragten) und einer großen Reihenanzahl (63,1 Prozent der Befragten). Bezüglich Blühstreifen und Reihenanzahl bestand die größte Uneinigkeit unter den Befragten.



Abbildung 38: Eine Hecke verbirgt die dahinterliegenden Solaranlagen und den Zaun und trägt zusätzlich zur Biodiversitätsförderung bei.

Das zeigt, dass ein individueller Kompromiss aus Wirtschaftlichkeit und räumlich-technischer Ausgestaltung der Agri4Power-Anlage gefunden werden muss, der für alle Beteiligten eine zufriedenstellende Lösung ermöglicht. Die Befragungsergebnisse legen aber nahe, dass im Zweifelsfall die Wirtschaftlichkeit eher über eine Erhöhung der Reihenanzahl, in Verbindung mit Erhöhung der Blühstreifen, als über eine größere Höhe oder geringere Reihenabstände gesteigert werden könnte, wenn die Zustimmung zur Anlage berücksichtigt werden soll.

Neben der Einbeziehung von lokaler Bevölkerung und Interessengruppen in der Planungsphase kann ein finanzielles Beteiligungsmodell das Eigeninteresse der Anwohner an einer höheren Wirtschaftlichkeit der Anlage

steigern und somit die Zustimmung zu höheren und größeren Anlagen anheben (siehe Kapitel 2.4 auf Seite 29). Eine wichtige Rolle spielen aber auch die Ausrichtung der PV-Reihen, der Abstand zur Wohnbebauung, das Relief und weitere Landschaftselemente, z. B. vorhandene Baumgruppen oder selbst angelegte Heckenumrandungen, die die Anlagen besser in die Landschaft einbinden können.

Zwei Drittel der Befragten (66 Prozent) fänden einen Sichtschutz aus Bäumen und Sträuchern, der die Agri4Power-Anlage umschließt, wünschenswert. Heckenstrukturen können wiederum selbst positive Auswirkungen auf die Biodiversität haben und zusätzlich zur Umzäunung zur Absicherung der Anlage vor unerlaubtem Zutritt beitragen.





5.4 Inwiefern können die Vorteile des Konzepts die negativ wahrgenommenen Aspekte ausgleichen?

Über die Hälfte der Befragten (54,9 Prozent) stimmt der Aussage zu, dass die Vorteile des vorgestellten Konzeptes im Vergleich zu den negativ bewerteten Aspekten überwiegen. Ein Grund dafür können die erwarteten Auswirkungen für die Biodiversitätsförderung sein: Fast zwei Drittel der Befragten stimmen der Aussage zu, dass das vorgestellte Konzept einen wichtigen Beitrag zur Erhöhung und Stabilisation der Artenvielfalt leisten kann. Zum einen besitzt der hohe Stellenwert des Naturschutzes in der Bevölkerung (wichtig oder sehr wichtig für 90,3 Prozent der Befragten) somit das Potenzial, nicht nur die teilweise negativ wahrgenommenen Auswirkungen des Konzepts auf das Landschaftsbild zu kompensieren, sondern auch die Akzeptanz für die Energiewende in der Bevölkerung zu erhöhen, wenn beide zukünftig stärker Hand in Hand gehen. Während nur knapp ein Drittel (32 Prozent) der Befragten mit der gegenwärtigen Umsetzung der Energiewende zufrieden sind, stimmen fast zwei Drittel (63 Prozent) der Aussage zu, dass die Kombination

regenerativer Energieerzeugung und Naturschutz zu einer höheren Akzeptanz für die Energiewende führen kann. Weiterhin kann die Energiewende durch Konzepte wie Agri4Power die Finanzierung und Flächenbereitstellung für die Biodiversitätsförderung unterstützen.

5.5 Was könnte das für die Akzeptanz der Energiewende bedeuten?

Über zwei Drittel der Befragten (65,3 Prozent) stimmen der Aussage zu, dass das vorgestellte Konzept einen wichtigen Beitrag zur erfolgreichen Umsetzung der Energiewende leisten kann. Dazu trägt im Wesentlichen die Integration von Energieerzeugung und Biodiversitätsförderung in die landwirtschaftliche Bewirtschaftung bei. Integrierte Konzepte wie das Agri4Power-Konzept haben das Potential, zu einer höheren Zufriedenheit mit der Umsetzung der Energiewende beizutragen: Dass 29,8 Prozent der Befragten mit der Umsetzung der Energiewende nicht zufrieden sind legt nahe, dass es einen Bedarf an neuen Konzepten, wie bspw. Agri4Power gibt.



Abbildung 39: Vertikale PV-Modulreihe am Hang





6 Rechtliche Aspekte

6.1 Welche planungsrechtlichen Besonderheiten sind für Anlagen zu beachten?

Zum Bau der Anlage

Für die Errichtung einer großflächigen PV-Anlage ist in der Regel ein Bebauungsplan erforderlich. Der Bebauungsplan wird von der Gemeinde unter Berücksichtigung übergeordneter Planungen (Regionalplanung, Flächennutzungsplan) aufgestellt.

Auf der Grundlage des Bebauungsplans wird die PV-Anlage durch Baugenehmigung oder durch eine vereinfachte Form der Anlagenzulassung (z. B. Genehmigungsfreistellung) zugelassen. Zuständig für die Erteilung der Baugenehmigung sind die Landkreise oder kreisfreien Städte (Details s. Abb. 40 auf S. 55).

Das Genehmigungsverfahren für Windenergieanlagen ist deutlich aufwendiger und dauert länger als für eine PV-Anlage. Insbesondere ist dabei eine Genehmigung nach Bundes-Immissionsschutzgesetz erforderlich.

Kombination von PV-Anlagen mit weiteren Erneuerbare-Energien-Anlagen

Die Kombination verschiedener erneuerbarer Erzeugungsanlagen an einem Standort kann unter dem Gesichtspunkt eines netzdienlichen Erzeugungsprofils interessant sein. Bisher scheitern derartige Konzepte überwiegend aus planungsrechtlichen Gründen. So wird etwa auf einer regionalplanerisch als Vorranggebiet für die Windenergie festlegten Fläche meist kein solarer Bebauungsplan zugelassen. Hinzukommt, dass Flächen auf denen Windenergieanlagen oder Biomasseanlagen errichtet werden, meist die Voraussetzungen eine Förderung für PV-Anlagen nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz nicht erfüllen. Die Kombination klappt also aus EEG-Sicht nur, wenn die Solaranlage Teil einer Anlagenkombination nach der Innovationsausschreibung ist oder der Strom aus der Solaranlage auf Basis eines langfristigen Stromlieferungsvertrages („PPA“) verkauft wird.



6.2 Wie kann der Strom aus der PV-Anlage vergütet werden?

Nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

Voraussetzung für eine EEG-Förderung wird, dass die Fläche, auf der die PV-Anlage errichtet wird, bestimmten Anforderungen entspricht (S. Abb. 41) Die mit dem EEG 2021 novellierte Innovationsausschreibungsverordnung sieht Agri-PV-Anlagen ab dem 1.10.2022 als besonders zu fördernde Anlagenkategorie („besondere Solaranlagen“). Für diese besonderen Solaranlagen, zu denen allerdings neben Agri-PV-Anlagen auch noch andere Anlagentypen zählen, ist ein Ausschreibungsvolumen von 50 MW reserviert.

Über Stromlieferverträge (PPA)

Anlagenbetreiber haben auch die Möglichkeit den Strom ohne eine Förderung nach dem EEG zu verkaufen, und zwar entweder an Stromversorger, Direktvermarkter oder an

Unternehmen. Für diese langfristigen Stromlieferverträge hat sich die Abkürzung „PPA“ etabliert, abgeleitet vom englischen Begriff „Power Purchase Agreement“. Bisher ist der Preis für den Strom nach diesen PPA etwas geringer als eine nach dem EEG erzielbare Förderung. Auch liegen die Laufzeiten solcher PPA mit in der Regel um die 10 Jahre bei der Hälfte der im EEG vorgesehenen zwanzigjährigen Förderdauer.

Weitere Optionen

Ein direkter Stromverkauf an der Börse ist mit einem hohen Risiko und strengen Vorgaben für den Händler verbunden. Deshalb kommt diese Variante nur für Unternehmen in Betracht, die über ein großes Anlagenportfolio verfügen. Auch die Stromnutzung als Eigenbedarf ohne Nutzung des öffentlichen Netzes ist möglich. Bei EEG-Anlagen, die kleiner als 750 kW sind, kann der nicht selbst genutzte Strom eingespeist werden und wird im Rahmen des EEG vergütet. Diese Varianten sind heute aber eher die Ausnahme.

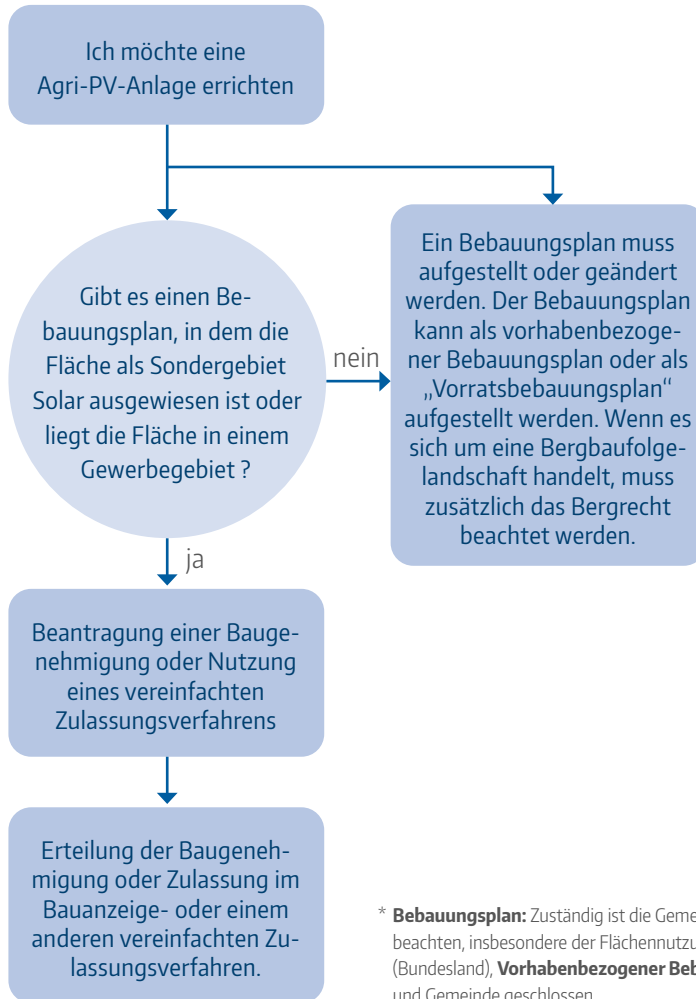
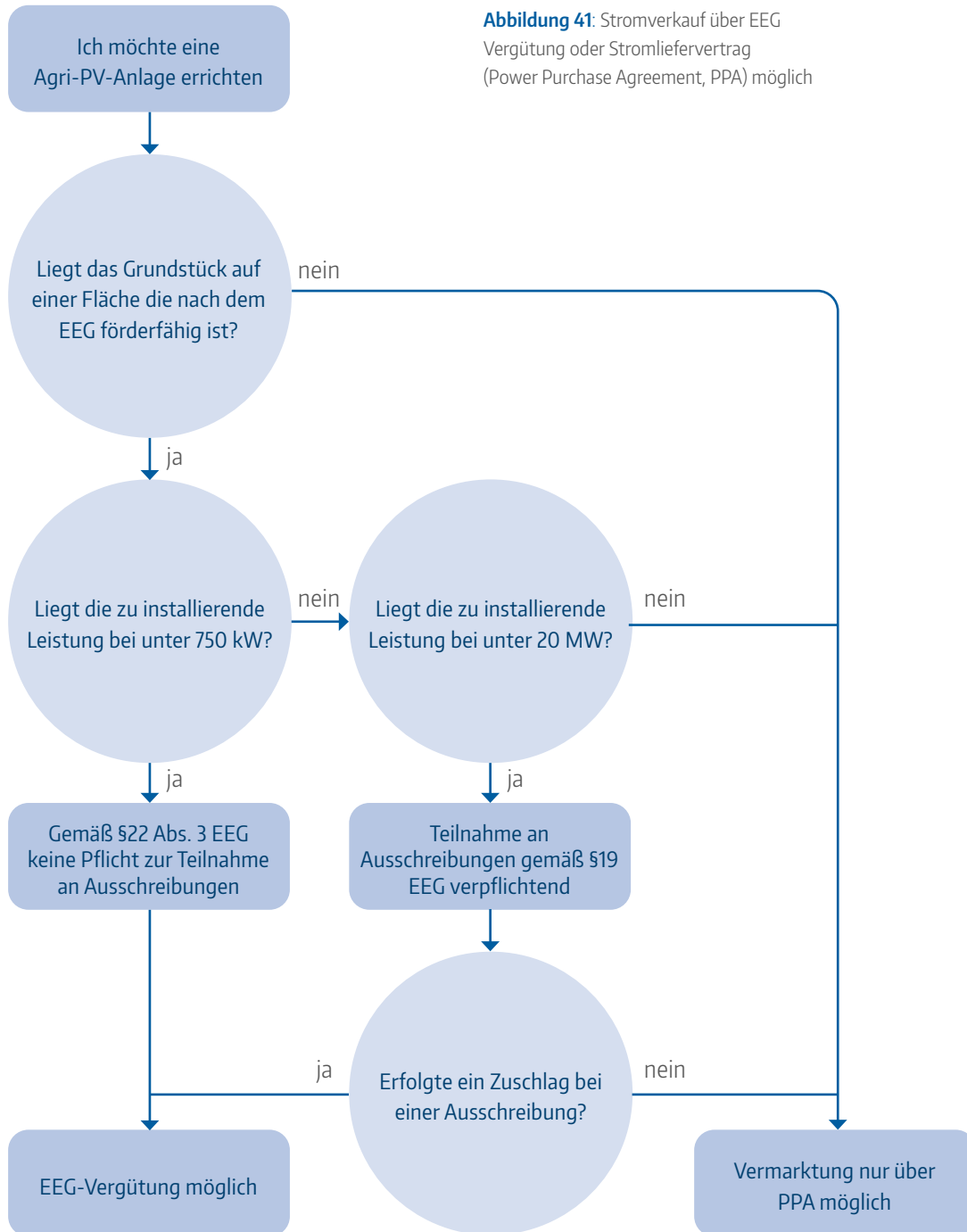


Abbildung 40: Prozess zur Genehmigung einer Agri-PV Anlage

* **Bebauungsplan:** Zuständig ist die Gemeinde. Bei der Aufstellung eines Bebauungsplans sind die übergeordneten Planungen zu beachten, insbesondere der Flächennutzungsplan (Gemeinde), die Regionalplanung (Region) und der Landesentwicklungsplan (Bundesland), **Vorhabenbezogener Bebauungsplan:** Wird auf Basis einer vorhandenen Projektidee zwischen Vorhabenträger und Gemeinde geschlossen.



Abbildung 41: Stromverkauf über EEG
Vergütung oder Stromliefervertrag
(Power Purchase Agreement, PPA) möglich



EEG-Gebiete:

- Bebauungspläne aus der Zeit vor dem 1.9.2003
- Bebauungspläne, die ein Gewerbe- oder Industriegebiet festsetzen aus der Zeit vor dem 1.1.2010
- Flächen längs von Autobahnen und Schienenwegen, sofern die PV-Anlage innerhalb eines Korridors von 200 m gerechnet ab dem äußeren Rand der befestigten Fahrbahn befindet und innerhalb dieses Korridors ein Streifen von 15 m Breite freigehalten wird.
- Flächen, die aufgrund einer wirtschaftlichen, militärischen, wohnungsbaulichen oder verkehrlichen Nutzung überwiegend ökologisch belastet sind („Konversionsflächen“)
-Flächen im Eigentum oder in der Verwaltung der Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BImA)
- Ackerflächen und Grünflächen in benachteiligten Gebieten, sofern Landesrecht die Errichtung von ausschreibungs-basierten PV-Anlagen dort zulässt (z. B. Bayern und Baden-Württemberg, Hessen, Saarland und Rheinland-Pfalz. Siehe dazu auch
<https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/haeufige-rechtsfrage/169>
<https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/haeufige-rechtsfrage/1>)

PPA (Power Purchase Agreement):

Stromliefervertrag zwischen einem Stromerzeuger und einem Stromabnehmer. Das kann ein Stromhändler oder ein Unternehmen sein. Der Stromverkaufspreis liegt meist unterhalb der EEG-Vergütung. Daher ist der Abschluss von PPA eher für größere Anlagen mit geringen Stromgestehungskosten attraktiv.



§

6.3 Besteht für die landwirtschaftliche Nutzung ein Anspruch auf Zahlung von Agrarbeihilfen?

EU-Recht

Nach EU-Recht ist entscheidend, dass die Art, Dauer, Intensität und der Zeitpunkt einer nichtlandwirtschaftlichen Tätigkeit (also z. B. der Betrieb einer Solaranlage) die landwirtschaftliche Tätigkeit nicht stark einschränkt (Art. 32 Abs. 3 Verordnung (EU) Nr. 1307/2013).

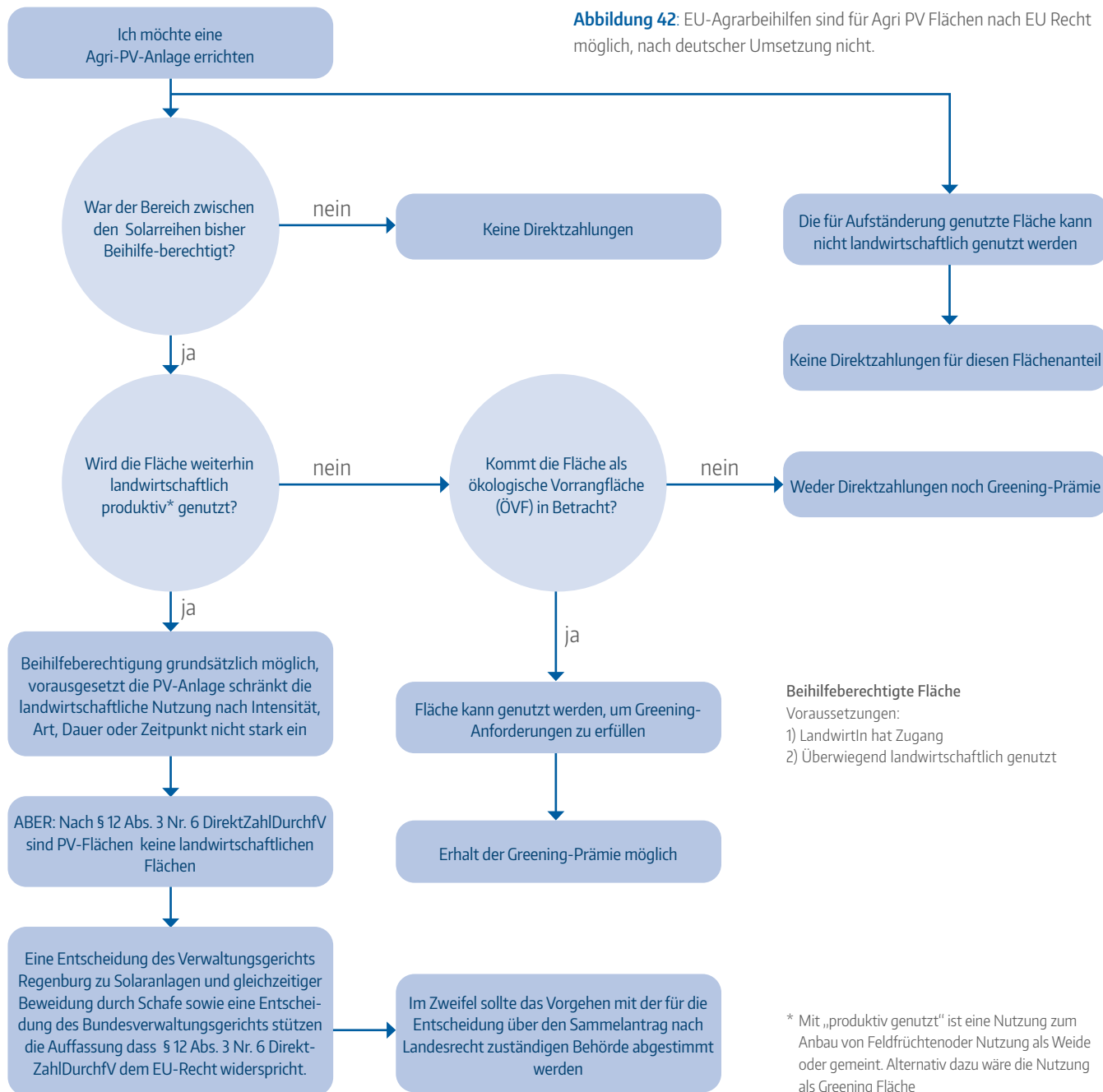
Umsetzung in Deutschland

In Deutschland regelt die Direktzahlungsdurchführungsverordnung (DirektZahlDurchV) die Umsetzung des EU-Rechts. In § 12 Abs. 3 Nr. 6 ist festgelegt, dass eine Fläche, auf der sich „Anlagen zur Nutzung von solarer Strahlungsenergie befinden“, keinen Anspruch auf Direktzahlungen haben.

Fazit

Deutsche Gerichte sind teilweise der Meinung, dass die Regelung der DirektZahlDurchV, nach der Flächen mit Solaranlagen nicht landwirtschaftlich genutzt werden, nicht mit EU-Recht vereinbar und daher nicht anwendbar sind. Dies ergibt sich aus einer Entscheidung des Bundesverwaltungsgerichts (BVerwG 3 C 11.17) und einem Urteil des Verwaltungsgerichts Regensburg Schafweide (RO 5 K 17.1331). Von den beiden Entscheidungen bezieht allerdings nur letztere ausdrücklich auf Solaranlagen. Sollte der Weiterbezug von Agrarbeihilfen für die Umsetzung eines Projektes entscheidend ist, wird empfohlen, das Vorgehen mit der für die Entscheidung zuständigen Behörde abzustimmen. Insoweit ist allerdings darauf hinzuweisen, dass sich die behördliche Praxis an die DirektZahlDurchV hält und Flächen für Solaranlagen regelmäßig aus der Agrarförderung herausnimmt. Sie fürchten mögliche Ansprüche der EU auf Rückforderung von Beihilfen.

Abbildung 42: EU-Agrarbeihilfen sind für Agri PV Flächen nach EU Recht möglich, nach deutscher Umsetzung nicht.



§

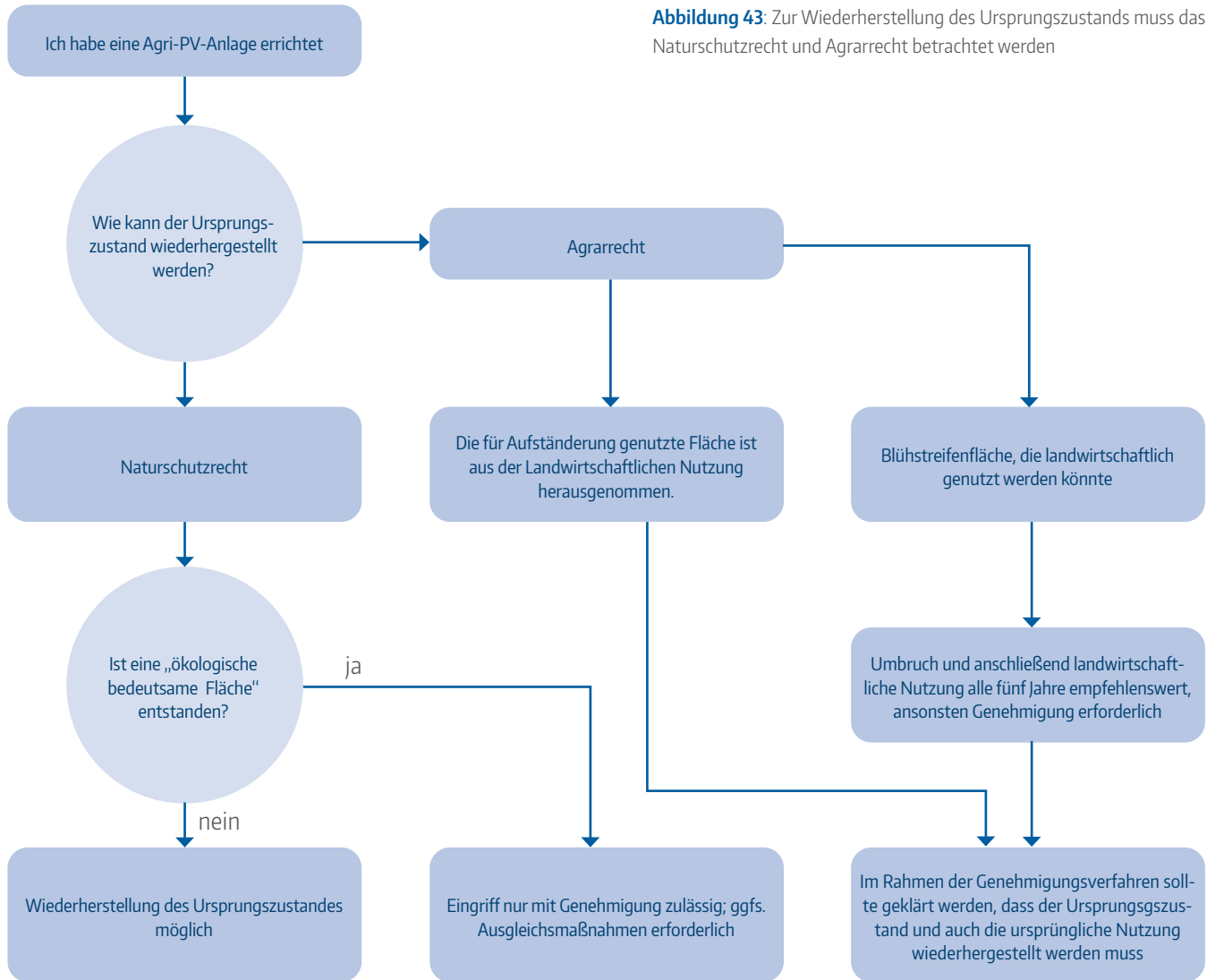
6.4 Wie wird der Ursprungszustand wiederhergestellt?

Ob eine PV-Fläche nach Nutzungsende wieder landwirtschaftlich genutzt werden kann, erfordert die Betrachtung verschiedener Aspekte. Baugenehmigungen, die eine vorübergehende Nutzung durch PV-Anlagen zulassen enthalten in der Regel eine Rückbaupflicht. Dies allein reicht nicht aus, um die Fläche zulässigerweise wieder der Landwirtschaft zuzuführen. Ideal ist es, wenn der Bebauungsplan die solare Nutzung befristet und eine landwirtschaftliche Nutzung als Nachnutzung vorsieht. Ob eine landwirtschaftliche Nutzung wiederaufgenommen werden kann, richtet sich daher nach Ablauf der Nutzungsdauer im Wesentlichen nach Naturschutzrecht, denn der Umbruch der bisher solar genutzten Fläche stellt einen Eingriff in Natur und Landschaft dar. Je höher die ökologische Qualität desto höher zumindest das Risiko von Ausgleichsmaßnahmen. Es handelt sich also um eine Einzelfallentscheidung. Insofern

besteht derzeit noch ein Zielkonflikt zwischen dem Wunsch, die Fläche rund um die PV-Anlage möglichst ökologisch zu gestalten und dem Wunsch, dieselbe Fläche künftig wieder einer landwirtschaftlichen Nutzung zuzuführen.

Unterliegen die Blühstreifen einem Umbruchsverbot?

Soweit ein Bewuchs Flächen betrifft, die der solaren Nutzung zuzuordnen sind, findet das im europäischen Agrarrecht und im nationalen Recht verankerte Umbruchsverbot dann keine Anwendung, wenn man davon ausgeht, dass die solar genutzten Flächen dem europarechtlichen Förderregime entzogen sind. Sofern die die Blühstreifen auf einer landwirtschaftlichen genutzten Fläche angelegt sind, müssen sie in der Regel mindestens alle fünf Jahre umgebrochen werden und die entsprechende Fläche dann wieder für den Anbau von Feldfrüchten genutzt werden.



§

6.5 Welche rechtlichen Änderungen sind zu empfehlen?

Anspruch auf EU-Agrarbeihilfen

Wünschenswert wäre, dass § 12 Abs. 3 Nr. 6 DirektZahlDurchfV dahingehend eingeschränkt wird, dass die für Agri-PV-Anlagen nicht gilt, soweit diese die landwirtschaftliche Nutzung unwesentlich einschränken.

Flächenbereitstellung

Es besteht ein öffentliches Interesse an der Errichtung von Wind- und PV-Anlagen zur erneuerbaren Energieversorgung. In einem Bundesgesetz, z. B. dem Baugesetzbuch (BauGB) oder dem Raumordnungsgesetz (ROG) bzw. im Naturschutzrecht und Denkmalschutzrecht sollte dies mit

den notwendigen Regelungen verankert werden. So kann sichergestellt werden, dass ausreichend Fläche für eine 100 Prozent erneuerbare Energieversorgung zur Verfügung steht. Die gemeinsame Nutzung einer Fläche für Windenergie, Solarenergie, Landwirtschaft und Biodiversitätsförderung sollte zulässig und nicht bei der Raumplanung ausgeschlossen werden.

Genehmigungsverfahren

Agri-Photovoltaik-Anlagen (nachfolgend: Agri-PV) sollten als privilegierte Vorhaben in § 35 Abs. 1 BauGB aufgenommen werden mit der Folge, dass die Anlage im Außenbereich ohne Aufstellung eines Bebauungsplans errichtet werden können. Naturschutzvorgaben sollten bundesweit einheitliche und nach wissenschaftlich klar begründeten Kriterien

und Methoden erfolgen, ein entsprechender Leitfaden wäre hier wünschenswert. Somit könnte die Genehmigung von Anlagen außerhalb der EEG-Flächen an eine Mehrfachnutzung z. B. die Agri-PV oder Maßnahmen zu Biodiversitätsförderung geknüpft werden.

EEG

Eine Vergütung nach EEG könnte sichergestellt werden, indem Agri-PV in EEG § 48 Abs. 1 und §37 grundsätzlich als Anlagentypen aufgeführt werden, für die eine Vergütung gezahlt wird. Eventuell könnte für die Agri-PV ein eigenes Segment geschaffen werden, sodass für Agri-PV-Anlagen eine höhere Vergütung gezahlt werden kann als für Standard-Freiflächenanlagen. Analog zu Windparks sollte es auch für PV-Anlagenbetreiber verbindlich sein, die

Standortgemeinden finanziell zu beteiligen. Im EEG ist nach § 95 Nr. 3 die Möglichkeit geschaffen, eine entsprechende Verordnung zu erlassen.

Wiederaufnahme der landwirtschaftlichen Nutzung nach Rückbau

Auf den nichtlandwirtschaftlich genutzten Teilflächen könnte ein schützenswertes Biotop entstehen, sodass der Rückbau und die Nutzung der Fläche als landwirtschaftliche Fläche aus naturschutzrechtlicher Sicht verboten sein könnte. Um dies auszuschließen, sollte in allen Landesbauordnungen der Rückbau der Anlage nach Nutzungsende vorgesehen sein. Das Recht zur Wiederaufnahme der landwirtschaftlichen Nutzung auf zwischendurch solar genutzter Flächen, könnte im Naturschutzrecht verankert werden.



7





7 Ausblick: Welche Bereiche sollten noch weiter untersucht werden?

Im Rahmen der durchgeführten Workshops sind Punkte identifiziert worden, zu denen weiterer Forschungsbedarf besteht.

7.1 Die Auswirkungen auf den landwirtschaftlichen Betrieb muss klarer erforscht werden

Neben der Untersuchung der Ertragseffekte von Blühstreifen auf Sonderkulturen sind insbesondere die Ertrags-effekte aufgrund der temporären Verschattung auf unterschiedliche Anbaukulturen zu untersuchen. Darüber hinaus wäre die praxisgerechte Untersuchung der betrieblichen Mehraufwände für die typischen Bearbeitungsschritte in der Landwirtschaft zu analysieren.

7.2 Interessenskonflikt Landeigentümer – Pächter

Für den Betrieb von Freiflächen PV-Anlagen werden deutlich höhere Pachtpreise bezahlt als für die landwirtschaftliche Nutzung üblich sind. Dadurch entsteht für Landeigentümer ein Anreiz eine Fläche eher für eine PV-Anlage als

für den landwirtschaftlichen Betrieb zu verpachten. Durch geeignete rechtliche Rahmenbedingungen muss verhindert werden, dass Pachtpreise für die Landwirtschaft unangemessen in die Höhe getrieben werden.

7.3 Flurbereinigung

Anbauflächen erstrecken sich heute häufig über mehrere Flurstücke und mehrere Eigentümer. Sie werden an einen Betreiber verpachtet, der sie bewirtschaftet. Sowohl für die Bewirtschaftung als auch für das Agri4Power-Konzept sind kleinteilige Flurstücke mit verschiedenen Eigentümerinnen schwierig für Vertragsabschlüsse, Zusammenlegung oder sehr langfristige Verträge wären hier hilfreich.

7.4 Die Auswirkungen auf die Ökologie

Der konkrete Nutzen von verschiedenen Gestaltungsvarianten des Agri4Power-Anlagen für den Arten- und Umweltschutz muss durch weitere Forschung untersucht und belegt werden.



8 Referenzen

- [1] Gerhards, C.; Weber, U.; Klafka, P.; Golla, S.; Hagedorn, G.; et al. (2021). Klimaverträgliche Energieversorgung für Deutschland – 16 Orientierungspunkte (Version 1.0, Deutsch). Diskussionsbeiträge der Scientists for Future, 7, 55 pp. doi: 10.5281/zenodo.4409334.
- [2] Durch die in Deutschland vertankten Flugkraftstoffmengen entstehen ca 31,2 Mio t CO₂ Emission (https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-11-06_texte-130-2019_umweltschonender_luftverkehr_0.pdf) dies entspricht in etwa der Menge der Emissionen aus Ackerland und Grünland (Emissionen und Senken im Bereich Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF))
- [3] Goetzberger, A., Zastrow A. (1981). Kartoffeln unter dem Kollektor. Nr. 3. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE.
- [4] Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (2020). Agri-Photovoltaik – Ein Beitrag zur ressourceneffizienten Landnutzung. Projekt: APV-RESOLA. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE
- [5] Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (2020). Agri-Photovoltaik: Chancen für Landwirtschaft und Energiewende. Ein Leitfaden für Deutschland.
- [6] Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (2020). APV Obstbau. Agri-Photovoltaik als Resilienzkonzept zur Anpassung an den Klimawandel im Obstbau
- [7] IWR (2021). Repowering von Solarpark in Sachsen macht Landwirtschaft wieder möglich. <https://www.solarbranche.de/news/nachrichten/artikel-37268-repowering-von-solarpark-in-sachsen-macht-landwirtschaft-wieder-mglich>
- [8] SOLVERDE Bürgerkraftwerke (2021). Agrar-Photovoltaik. Mit dem System des einachsigen Trackers. <https://solverde-buergerkraftwerke.de/solarbeteiligung/?L=0>
- [9] BayWa r.e. (2021). Solaranlagen tragen Früchte mit Agri-PV in den Niederlanden. <https://www.baywa-re.com/de/cases/emea/solaranlagen-tragen-fruechte-mit-agri-pv-in-den-niederlanden/>

[10] Next2Sun GmbH (2019). Agri-Photovoltaik: Baubeginn der 4.1-MW-Photovoltaikanlage in Donaueschingen-Aasen. <https://www.ee-news.ch/de/article/42108>

[11] Grasel, S. (2019). In Österreich erzeugen Erdäpfel-Felder jetzt Ökostrom. <https://www.techandnature.com/wien-energie-acker-photovoltaik/>

[12] Barron-Gafford, G., Pavao-Zuckerman, M., Minor, R., Sutter, L., Barnett-Moreno, I., Blackett, D., Thompson, M., Dimond, K., Gerlak, A., Nabhan, G., Macknick, J. (2019). Agri-voltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands. *Nat Sustain* 2/9, 848–855. <https://www.nature.com/articles/s41893-019-0364-5>

[13] Patel, B., Gami, B., Baria, V., Patel, A., Patel, P. (2019). Co-Generation of Solar Electricity and Agriculture Produce by Photovoltaic and Photosynthesis–Dual Model by Abellon, India. *Journal of Solar Energy Engineering* 141/3, 1. <https://doi.org/10.1115/1.4041899>

[14] PV Europe (2017). Innovative 500 kW agrophotovoltaic installation in Croatia. <https://www.pveurope.eu/solar-generator/innovative-500-kw-agrophotovoltaic-installation-croatia>

[15] Gese, P., Martínez-Conde F.M., Ramirez Sagner, G., Dinter, F. (2019). Agrivoltaic in Chile - Integrative solution to use efficiently land for food and energy production and generating potential synergy effects shown by a pilot plant in Metropolitan region. Fraunhofer Chile Research –Center for Solar Technology, Santiago de Chile. <http://publica.fraunhofer.de/documents/N-602938.html>

[16] Rohani, A., Sahid, M. S., Suliman S., Ariff, A. H., Senan, M.A.A. (2020). Challenges and Practises in the Land Administration of Solar Farming Development in Johor, Malaysia

[17] Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (2020). Agri-Photovoltaik: Chancen für Landwirtschaft und Energiewende. Ein Leitfaden für Deutschland. <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/APV-Leitfaden.pdf>



Impressum

Ansprechpartner Bildquellen

Foto Wolfram Günther: © SMEKUL/Tom Schulze

Titelbild: Eigene Darstellung, gestaltet von Pfefferkorn & Friends, auf Basis von Fraunhofer IMW

Abb. 1, 2, 3, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 33a, 38, 40, 41, 42, 43: Eigene Darstellungen.

Abb. 4b: Jens Birger

Abb. 5, 6, 9, 26, 28, 37, 39: Next2Sun

Abb. 7: Goetzberger, A., Zastrow A. (1981). Kartoffeln unter dem Kollektor. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE.

Abb. 8: Solverde Projektentwicklung GmbH. (2021). Agrar-Photovoltaiks. <https://www.solverde-projektentwicklung.de/>

Abb. 10: BayWa r.e. AG (2021). Solaranlagen tragen Früchte mit Agri-PV in den Niederlanden. <https://www.baywa-re.com/de/cases/emea/solaranlagen-tragen-fruechte-mit-agri-pv-in-den-niederlanden/>

Abb. 11: Fabian Karthaus. (2021). Beerenobstplantage „Pflück-Glück“ in Büren-Steinhausen.

Abb. 29, 34, 36: Stiftung Kulturlandschaft Sachsen-Anhalt, Birger

Abb. 30, 31, 35: Erich Greiner

Abb. 32, 33b: Eigene Darstellung unter Verwendung von Icons (www.flaticon.com)

Abb. 4a, 38: Christoph Gerhards

Das Agri4Power-Konzept ist vom 1.5.2020 bis 30.6.2021 im Rahmen des Forschungsprojekts „BiWiBi - Nachhaltige Kombination von bifacialen Solarmodulen, Windenergie und Biomasse bei gleichzeitiger landwirtschaftlicher Flächennutzung und Steigerung der Artenvielfalt“ untersucht worden (Förderkennzeichen 03EI5409B). Deshalb ist das Konzept auch unter der Abkürzung „BiWiBi“-bekannt.

Konzept und Redaktion

Nadine Pannicke-Prochnow

Satz, Layout, Gestaltung

Pfefferkorn & Friends

Kontakt

christoph.gerhards@imw.fraunhofer.de

Diese Broschüre ist klimaneutral und umweltfreundlich auf Recycling-Papier und mit Farben auf Pflanzenöl-Basis hergestellt worden.

Weitere Informationen sind unter www.agri4power.com verfügbar.

Raum für Ihre Notizen

Raum für Ihre Notizen



AGRI 4 POWER

Agri4Power ist ein Konzept verschiedener Institutionen:

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages





AGRI 4 POWER



www.agri4power.com

