

Leitfaden Agri-Photovoltaik

Landwirtschaft trifft Energiewende



Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie, Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Autoren: Alex Bergamo, Benedikt Jaros, Lorenz Strimitzer (Österreichische
Energieagentur)

Fotonachweis: EWS Consulting GmbH

Wien, 2023.

Disclaimer:

Die bereitgestellten Informationen dienen lediglich zur Entscheidungshilfe und nicht als Anlagenberatung oder Kaufempfehlung. Zudem können wir auch keine Haftung für Vollständigkeit, Richtigkeit und Aktualität übernehmen.

Wir bieten keine Beratungen, die auf die persönliche Situation zugeschnitten sind. Die Broschüre dient daher **nicht als Ersatz für eine professionelle und individuelle Beratung** durch hierfür qualifizierte Personen wie zum Beispiel Anlagenberater:innen oder durch eine Rechtsanwaltskanzlei.

Rückmeldungen: Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an lorenz.strimitzer@energyagency.at.

Inhalt

1 Einleitung	5
1.1 Ziele der Bundesregierung.....	5
1.2 Definition und Vorteile von Agri-PV	6
1.3 Ziel des Leitfadens	7
2 Allgemeines zu Agri-PV	8
2.1 Kategorien und Nutzungsformen	9
2.2 Geeignete Kulturpflanzen	11
2.3 Tierische Erzeugnisse	15
3 Technologien	17
3.1 Modulaufbau und Modultechnologie	18
3.1.1 Mono- und polykristalline PV-Module.....	18
3.1.2 Dünnschichtmodule.....	19
3.1.3 Organische PV-Module	19
3.1.4 Konzentrierende Photovoltaik.....	20
3.2 Modulformen und -farben.....	20
3.3 Fundament und Unterkonstruktion	21
3.4 Wasser- und Lichtmanagement.....	24
4 Geschäftsmodelle und Kosten	25
4.1 Stromgestehungskosten von Agri-PV-Anlagen im Vergleich zu Freiflächen-PV.....	25
4.2 Geschäftsmodelle	28
5 Gesetzliche Rahmenbedingungen	30
5.1 Phasen der Umsetzung einer Agri-PV-Anlage	30
5.2 Anzeige und Genehmigungspflichten.....	32
5.3 Förderungen	40
6 Show-how	43
6.1 Agri-Photovoltaik-Projekt Bruck an der Leitha, Energiepark Bruck an der Leitha GmbH, EWS Consulting GmbH, Universität für Bodenkultur Wien	43
6.2 Agri-Photovoltaik-Projekt Gabersdorf, Next2Sun Austria GmbH.....	45
6.3 Agri-Photovoltaik-Projekt Kressbronn am Bodensee, Kompetenzzentrum Obstbau Bodensee, ISE	47
6.4 Agri-Photovoltaik-Projekt Wien, Wien Energie GmbH, Universität für Bodenkultur Wien	48
6.5 Agri-Photovoltaik-Projekt Haidegg, ECOwind GmbH, Versuchsstation Obst- und Weinbau Haidegg	49

7 Über klimaaktiv	51
Abbildungsverzeichnis.....	52
Literaturverzeichnis	54

1 Einleitung

1.1 Ziele der Bundesregierung

Neben der Erreichung der Klimaneutralität bis 2040, hat sich die amtierende Bundesregierung zum Ziel gesetzt, den gesamten Stromverbrauch bis 2030 national zu 100 % bilanziell aus erneuerbaren Energien zu decken [1]. Der notwendige Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung (von 2020 bis 2030) beträgt laut dem Transition Szenario des NIP (Integrierter österreichischer Netzinfrasturkturplan) 19 TWh für Photovoltaik (PV) und 14 TWh für Wind. Damit werden beide Energieträger im Jahr 2030 jeweils 21 TWh bereitstellen müssen um den Gesamtstromverbrauch gänzlich mit erneuerbaren Strom decken zu können [2]. Vom notwendigen Ausbau der Stromerzeugung aus PV (17 TWh bis 2030) wurden bis 2022 1,5 TWh realisiert. Um die nationalen Klima- und Energieziele zu erreichen, ist eine Forcierung des Ausbaus von PV-Stromproduktion unumgänglich. Agri-PV kann hier einen wichtigen Beitrag leisten.

Ein geeigneter Ansatz, um sowohl das Ziel der erneuerbaren Stromerzeugung, als auch das Ziel der Flächeneinsparung zu erreichen, besteht darin, Photovoltaikanlagen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen zu errichten, ohne die landwirtschaftliche Produktion einzuschränken.

Abbildung 1: Typische Agri- PV-Anlage im Weinbau



Quelle: AgriPV-Solutions

1.2 Definition und Vorteile von Agri-PV

Agri-PV beschreibt die synergetische Nutzung derselben Fläche für die landwirtschaftliche Produktion und die erneuerbare Stromerzeugung durch Photovoltaikanlagen. Die Nutzung dieser Flächen zur Erreichung der Ausbauziele für erneuerbare Energien erhöht die Flächeneffizienz.

Doch die Steigerung der Flächeneffizienz der wertvollen Ressource Boden ist nicht der einzige Vorteil von Agri-PV (auch APV genannt). Im Idealfall werden Photovoltaikanlagen so mit landwirtschaftlichen Kulturen kombiniert, dass die Systeme voneinander profitieren. Die sich daraus ergebenden Synergien können unter anderem folgende Vorteile mit sich bringen:

- Schutz der Kulturen vor Extremwetterereignissen wie Hagel, Starkregen und Hitzewellen
- Schutz mancher Kulturen von verstärkter direkter Sonneneinstrahlung
- Geringeres Spätfrostisiko
- Geringerer Einsatz von Pflanzenschutzmitteln durch kürzere Blatt Nasszeiten

- Diversifizierung der Einnahmequellen für Landwirtinnen und Landwirte
- Effizientere Stromerzeugung durch den kühlenden Effekt der Evapotranspiration

1.3 Ziel des Leitfadens

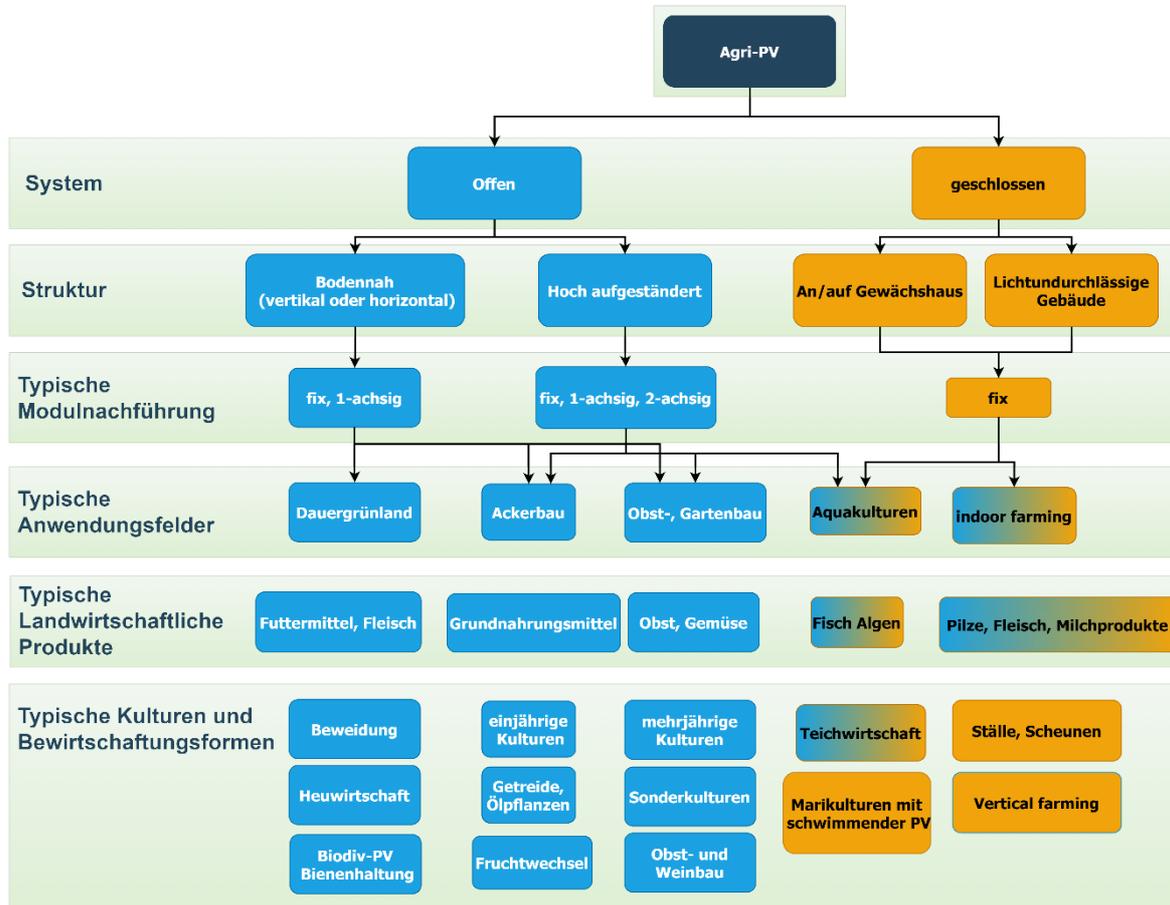
Ziel dieses Leitfadens ist es, Informationen zum Thema Agri-PV für interessierte Akteurinnen und Akteure, wie Landwirtinnen/Landwirte, Unternehmen, Technologieanbieter:innen sowie Gemeinden mit Interesse am Erneuerbaren-Ausbau aufzubereiten und zusammenfassend darzustellen. Informationsbedürfnisse förder technischer, rechtlicher oder allgemeiner Art sollen damit gedeckt und die Umsetzung erneuerbarer Lösungen durch Handlungsempfehlungen unterstützt und schneller umgesetzt werden. Von Best-Practice-Beispielen können Akteurinnen und Akteure zudem wertvolle Inputs erhalten, um Startschwierigkeiten zu vermeiden und Projekte mit entsprechender Ausführungsqualität zu realisieren.

2 Allgemeines zu Agri-PV

Agri-PV ermöglicht die Nutzung einer Fläche zur gleichzeitigen Erzeugung von landwirtschaftlichen Produkten und erneuerbarem Strom aus Photovoltaik. Wichtig dabei ist, dass die Hauptnutzung der Fläche der landwirtschaftlichen Produktion vorbehalten ist. Die Stromerzeugung gilt als Sekundärnutzung. Auch im österreichischen Fördergesetz für erneuerbare Energien (EAG) werden zwei Arten von Agri-PV definiert: Agri-PV zur Produktion tierischer oder pflanzlicher Erzeugnisse. In beiden Fällen muss die landwirtschaftliche Hauptnutzung (75 % der Gesamtfläche) nachgewiesen werden. Weitere Informationen zur Förderung von Agri-PV finden Sie im Kapitel 5.

Es gibt eine Vielzahl von Methoden, landwirtschaftliche Kulturen mit PV-Anlagen zu kombinieren. Je nach Kultur, Standortbedingungen, Zielen und Möglichkeiten der Bewirtschaftung unterscheiden sich die technischen Ansätze. Um einen Überblick über die verschiedenen Agri-PV Systeme zu geben, werden in den folgenden Unterkapiteln typische Nutzungsformen und geeignete Kulturen beschrieben.

Abbildung 2: Überblick der verschiedenen Agri-PV Systeme und deren Anwendungsfelder. PV auf lichtundurchlässigen Gebäuden wie indoor oder vertical farming oder Scheunen und auch Biodiversitäts-PV sind keine Agri-PV Anwendungen im engeren Sinn



Quelle: Eigene Darstellung; Modifiziert nach Fraunhofer ISE [5].

2.1 Kategorien und Nutzungsformen

Agri-PV Systeme können durch den geschickten Einsatz geeigneter Anlagenkonzepte an verschiedenste Kulturen und Bewirtschaftungsformen angepasst werden. In Abbildung 2 ist eine Übersicht typischer Agri-PV Systeme mit den jeweiligen möglichen Anwendungsbereichen dargestellt. In Abbildung 3 sind die verschiedenen Agri-PV Systeme zum besseren Verständnis schematisch dargestellt. Agri-PV Anlagen können in offene und geschlossene Systeme unterteilt werden. Geschlossene Systeme befinden sich auf oder an Gewächshäusern und haben in der Regel keine Modulnachführung (d.h. sind fix installiert). Typische Anwendungsfelder für geschlossene Agri-PV- Systeme sind

Aquakultur und der Gartenbau. In diesem Leitfaden werden grundsätzlich offene Agri-PV Systeme behandelt und PV Anlagen auf Gewächshäusern nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

Bei offenen Systemen unterscheidet man zwischen hoch aufgeständerten und bodennahen Systemen. Bei der hoch aufgeständerten Ausführung befinden sich die Kulturen unter den PV-Modulen, bei bodennahen Systemen werden die Kulturen zwischen den PV-Modulen angebaut. Bodennahe Systeme können vertikal oder horizontal ausgerichtet sein. Vertikale Systeme haben keine Modulnachführung (fix), sind aber typischerweise bifazial und in Ost-West-Richtung ausgerichtet. Horizontale Systeme können fix oder mit einachsigen Modulnachführung (Ost-West) ausgestattet sein.

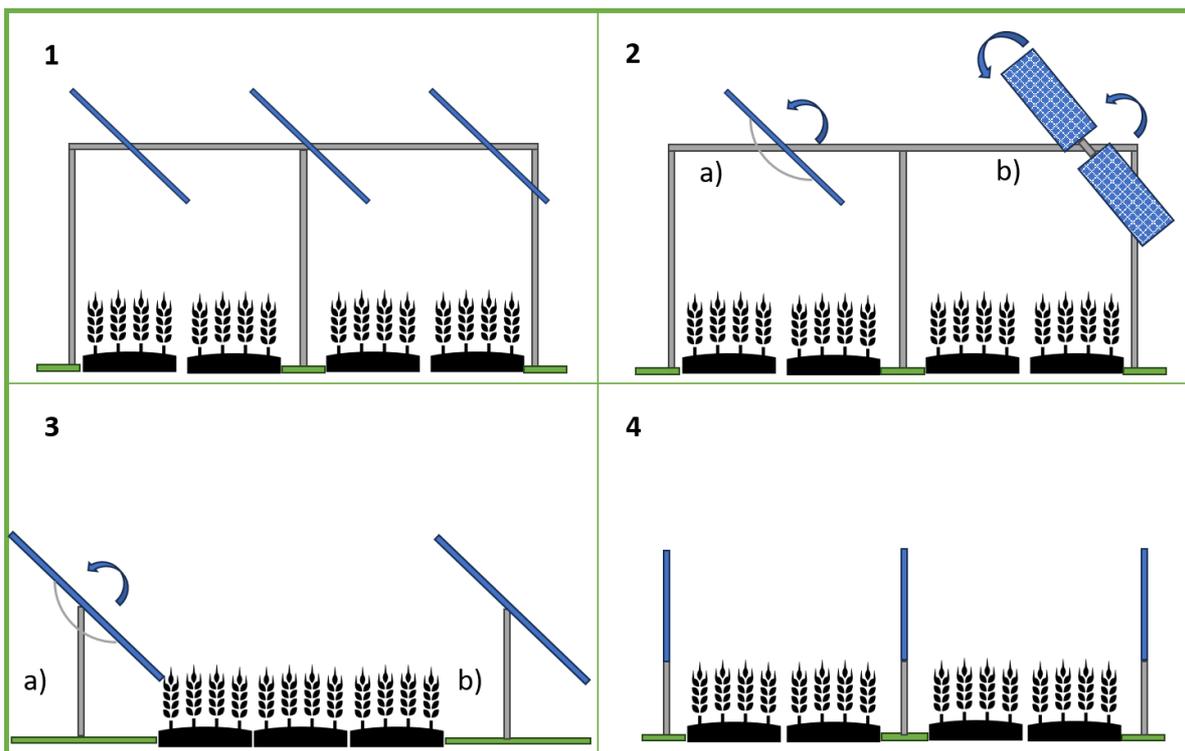
Bifaziale Solarmodule sind Solarmodule, die Licht von beiden Seiten einfangen können. Dadurch erhöht sich die Gesamtleistung der Module. Die Leistung auf der Rückseite beträgt je nach Technologie zwischen 70 % und 95 % der Leistung auf der Vorderseite. Bifaziale Module sind am effizientesten, wenn das Licht gleichermaßen auf die Vorder- und Rückseite fällt, wie es bei Agri-PV Anlagen oder PV-Zäunen der Fall ist [6].

Bei hoch aufgeständerten Systemen (über zwei Meter) kommen je nach Kultur und sonstigen Bedingungen verschiedene Ausführungen der Modulnachführung zum Einsatz, nämlich fix, einachsig und zweiachsig. In Abbildung 3 sind die beschriebenen Agri-PV Systeme schematisch dargestellt. Die Quadranten 1 und 2 veranschaulichen die hoch aufgeständerten Systeme, wobei a) die einachsige und b) die zweiachsige Modulnachführung darstellt. In den Quadranten 3 und 4 sind die bodennahen Systeme dargestellt. In Quadrant 3 ist a) die einachsige Modulnachführung und b) das fixe Modul dargestellt. Weitere Informationen zu den verschiedenen Anlagenkonstruktionen finden sich in Kapitel 3.

Die Getreidekulturen in Abbildung 3 haben lediglich Demonstrationscharakter. Abbildung 2 zeigt, welche Systeme typischerweise für welche Anwendungsfelder in der Landwirtschaft eingesetzt werden. Bodennahe Systeme finden sich häufig im Dauergrünland und im Ackerbau, aber auch in Kombination mit Sonderkulturen wie z. B. Kürbis. Hoch aufgeständerte Systeme sind aufgrund der höheren Materialkosten teurer und daher häufig in Kombination mit Kulturen zu finden, die besonders von der

Schutzwirkung der hochaufgeständerten Module profitieren können. Dies betrifft vor allem Sonderkulturen wie den Obstbau aber auch den Acker- und Gartenbau.

Abbildung 3: Schematische Darstellung der verschiedenen Agri-PV Anlagenkonstruktionen. 1: Hochaufgeständerte fixe Module; 2: Hochaufgeständerte Module mit Nachführungssysteme a) Einachsig, b) Zweiachsig; 3a): Bodennahe Module mit einachsiger Nachführung b) Bodennahe fixe Module; 4: Vertikale bifaziale Module



Quelle: Eigene Darstellung

2.2 Geeignete Kulturpflanzen

Um Photovoltaikmodule optimal mit landwirtschaftlichen Kulturen kombinieren zu können, sind sowohl Informationen über die Erfordernisse der Pflanzen als auch über den Einfluss der Anlagenkonstruktion auf die Umgebung erforderlich. Außerdem muss die maschinelle Bearbeitbarkeit erhalten bleiben und der Verlust an landwirtschaftlicher Produktionsfläche so gering wie möglich gehalten werden.

Für die Eignung zur Kombination mit PV-Modulen sind die Anforderungen der Kulturen entscheidend. Kriterien wie die Effizienz der Wassernutzung (Transpirationsrate), die maximale Netto-Photosyntheserate, das Temperaturoptimum, die Hitzeschwelle und der Lichtsättigungspunkt sind von besonderer Bedeutung. Die Kombination dieser Kriterien deutet darauf hin, ob eine Kultur von der Beschattung durch PV-Module profitiert oder nicht. Die Netto-Photosyntheserate hängt von den anderen genannten Kriterien ab und bestimmt maßgeblich den Ertrag der Pflanze. Dementsprechend gibt der Lichtsättigungspunkt an, bei welcher Lichtintensität die Photosyntheserate ihr Optimum erreicht. Steigt die Lichtintensität, kann die Pflanze das zusätzliche Licht nicht für die Photosynthese nutzen. Ähnlich verhält es sich mit der Hitzeschwelle. Ist diese erreicht, stagniert die Photosyntheserate oder kann sogar sinken. Je niedriger Wassernutzungseffizienz, Temperaturoptimum, Hitzeschwelle und Lichtsättigungspunkt sind, desto schattentoleranter ist die Pflanze und desto besser eignet sie sich für Agri-PV.

Eine Studie der Fachhochschule Erfurt [7] hat diese und weitere Kriterien, wie die Pflanzenmorphologie und Anfälligkeit für Ertragseinbußen durch die Folgen der Klimaerhitzung evaluiert und eine Empfehlung für die Auswahl von Kulturen für Agri-PV Systeme gegeben. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass C4-Pflanzen wie Mais aufgrund ihres höheren Wärme- und Lichtbedarfs nicht gut geeignet sind für die Kombination mit Agri-PV Systemen. **Schattentolerante C3-Pflanzen** wie Gerste, Blattgemüsearten wie Salat, Spinat oder Mangold, Kernobst wie Äpfel und Birnen oder Beerenobst wie Trauben und verschiedene Beerenarten sowie Wurzel- und Knollengemüse wie Kartoffeln und Sellerie und Sonderkulturen wie Hopfen oder Ginseng sind dagegen gut mit Agri-PV kombinierbar [7].

Ebenso wie die Ansprüche der Kulturpflanzen, beeinflussen auch die mikroklimatischen Veränderungen durch das Anlagendesign den Ernteertrag unter den PV-Modulen. Die Verschattung durch die PV-Module führt zu einer geringeren Sonneneinstrahlung und damit zu einer geringeren Bodentemperatur und Verdunstung. Auch die Niederschlagsverteilung kann sich durch die Ausrichtung der Module verändern. Dies kann durch ein geeignetes Bewässerungsmanagement beeinflusst werden. Bei aufgeständerten Systemen gilt: Je niedriger die Aufständigung, desto größer ist der Einfluss auf das Mikroklima. Bodennahe, vertikale Systeme können auch die Windgeschwindigkeit und damit die Winderosion beeinflussen. Bei der Installation ist darauf zu achten, dass keine Windkanäle entstehen und die Module so ausgerichtet werden, dass sie als Windbrecher wirken [5].

Die Anlagenkonstruktion sollte so gewählt werden, dass durch die Beeinflussung des Mikroklimas eine möglichst günstige Umgebung für die jeweilige Kultur geschaffen wird. Nachführsysteme sind hier besonders flexibel und können durch die Ausrichtung der Module in kritischen Wachstumsphasen mögliche Ernteverluste durch Verschattung vermeiden. Der Ertrag landwirtschaftlicher Erzeugnisse unter PV-Modulen hängt daher stark von der Wahl eines kompatiblen Gesamtsystems ab. Ein Agri-PV System gilt als akzeptabel, wenn es im Vergleich zur konventionellen Bewirtschaftung einen maximalen Ernteverlust von 20 % aufweist. Im Idealfall sollten durch Synergieeffekte Ertragssteigerungen erzielt werden können. Wie Versuche im Rahmen des Forschungsprojektes APV-RESOLA in Heggelbach zeigen, hängt die Ertragsdifferenz zwischen Agri-PV Systemen und konventioneller Landwirtschaft stark von den äußeren Witterungsbedingungen und deren jährlichen Schwankungen ab. So betrug die Ertragsdifferenz bei Kartoffeln und Sellerie unter Agri-PV Anlagen im Vergleich zur Referenzfläche ohne PV-Anlage im Jahr 2017 minus 18 bzw. 19 Prozent. Im Gegensatz dazu war 2018 ein sehr heißes und trockenes Jahr und die Ertragsdifferenz von Kartoffeln und Sellerie unter Agri-PV betrug plus 11 bzw. 12 Prozent [5]. Ähnliche Ergebnisse wurden auch bei anderen Kulturen wie Winterweizen erzielt.

Aufgrund der vielen Faktoren, die bei einem Agri-PV-System eine Rolle spielen, wie z. B. Standort- und Witterungsbedingungen, Anlagendesign usw., ist es schwierig, von einzelnen Versuchen wie dem in Heggelbach auf die generelle Eignung einer Kultur für Agri-PV zu schließen. Längere Versuchsreihen und zukünftige Forschungsergebnisse an unterschiedlichen Standorten und Ausgangsbedingungen können jedoch wertvolle Erkenntnisse für eine standortbezogene Entscheidung liefern. Für jeden Standort sind detaillierte Feldversuche erforderlich, um Pflanzen und Energieerträge zu bewerten und zu optimieren. Neben dem potentiellen Synergieeffekt der Ertragssteigerung ist die Schutzwirkung von Agri-PV Anlagen eine der wichtigsten Eigenschaften.

Extremwetterereignisse wie Hitzewellen, Starkregen, Hagel und Spätfröste nehmen mit dem Fortschreiten der Klimakrise zu. Um die Kulturpflanzen vor Qualitätsverlusten und Landwirte vor finanziellen Schäden zu schützen, wird der verstärkte Einsatz von Schutzelementen notwendig sein. Bestimmte Agri-PV Konstruktionen können dabei konventionelle Schutzelemente wie Hagelnetze, Folientunnel oder Windschutzwände ersetzen oder ergänzen. Insbesondere bei Sonderkulturen mit hoher Wertschöpfung pro Fläche wie z. B. beim Obst- oder Weinbau, eignen sich Agri-PV Systeme als zusätzlicher Schutz vor Umwelteinflüssen. Ein Beispiel hierfür ist die in Abbildung 4 dargestellte Agri-

PV-Anlage, die im Obstbau zum Einsatz kommt. In der Versuchsanlage von Gerardo Lopez et al. (2023) [8] wurde beispielsweise die schützende Wirkung einer Agri-PV Anlage vor Spätfrösten auf Apfel- und Nektarinen-Blüten beobachtet. Unter den Photovoltaikmodulen wurden weniger Blüten verletzt als auf der Referenzfläche und der Ertrag konnte somit aufrechterhalten werden. Dies ist auf die aufgeständerte APV-Anlage zurückzuführen, die die Wärmestrahlung vom Boden in den Himmel reduziert und somit die nächtliche Abkühlung der Apfelplantage verringert. Ein weiterer Vorteil der APV in Kombination mit Sonderkulturen ist der geringere Pflanzenschutzbedarf aufgrund der kürzeren Blattnässedauer.

Abbildung 4: Agri-PV Anlage im Obstbau



Quelle: AgriPV-Solutions

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Kulturen mit niedrigem Lichtsättigungspunkt, die Schutz vor Witterungseinflüssen benötigen und empfindlich auf Trockenheit reagieren, wie z. B. Obstkulturen oder bestimmte Blattgemüsearten, besser für Agri-PV geeignet sind als robuste, sonnenliebende Kulturen wie Mais. Durch die Wahl der Anlagenkonstruktion kann versucht werden, optimale Bedingungen für die Kultur zu schaffen. Für die meisten Kulturen bietet die Anlagenkonstruktionen einen guten Schutz vor den Risiken des Klimawandels, wie Starkregen, Hitze und Hagel. Zukünftige Versuchsanlagen in Österreich werden zeigen, bei welchen Kulturen, an welchen Standorten und unter welchen Bedingungen sich Agri-PV-Konzepte positiv auf den durchschnittlichen Ertrag (qualitativ und/oder monetär) auswirken. Seit einigen Jahren wird unter anderem an der Universität für Bodenkultur in Wien (BOKU), intensiv daran geforscht. In Kapitel 6 werden einige Beispiele von Forschungsanlagen in Österreich und international vorgestellt.

2.3 Tierische Erzeugnisse

Das EAG definiert Agri-PV-Anlagen als PV-Anlagen auf Grundflächen, die sowohl zur photovoltaischen Stromerzeugung als auch zur landwirtschaftlichen Produktion genutzt werden. Darüber hinaus müssen bestimmte Kriterien erfüllt sein, um als förderfähige Agri-PV-Anlage eingestuft zu werden. Zum einen muss die landwirtschaftliche Hauptnutzung nachgewiesen werden, zum anderen muss diese mindestens 75% der Gesamtfläche betragen. Die landwirtschaftliche Hauptnutzung umfasst sowohl die Produktion pflanzlicher als auch tierischer Erzeugnisse. Weitere Informationen zu den Fördervoraussetzungen von Agri-PV-Anlagen finden sich in Kapitel 5.3 und in §9 der EAG-Investitionszuschussverordnung-Strom.

Die Weidewirtschaft in Kombination mit Photovoltaik ist die häufigste Form der tierischen Agri-PV. Dabei weiden, wie in Abbildung 5 dargestellt, meist Schafe unter den bodennahen Agri-PV-Anlagen mit fixen Modulen (siehe Abbildung 3, 3b). Je nach Weidetier (Schafe, Kühe oder Hühner) muss die Modulunterkante sowie der Abstand zwischen den Modulreihen erhöht werden. Ebenso müssen die elektrischen Komponenten außerhalb der Reichweite der Tiere installiert werden.

Synergetieeffekte ergeben sich auch bei tierischer Agri-PV. Die PV-Module dienen den Tieren als Schutz bei schlechtem Wetter oder Hitze. Die Weidetiere ersetzen das maschinelle Mähen, wodurch Staubeentwicklung und Steinschlag vermieden werden

können. Außerdem wird der Boden geschont und auf natürliche Weise gedüngt, was wiederum zu mehr Artenvielfalt führt.

Abbildung 5: Graßende Schafe vor Agri-PV-Anlage



Quelle: stock.adobe.com - István

3 Technologien

Die Anforderungen an Agri-PV-Anlagen unterscheiden sich erheblich von denen an Dachanlagen. Je nach Nutzungsform variieren die technischen Herausforderungen und wirken sich beispielsweise auf Installationskosten oder Wartungsintensität der Anlagen aus. Der technische Aufbau einer Agri-PV-Anlage wird sich immer an der Nutzung der agrarischen Fläche orientieren. Zusätzliche Synergieeffekte wie ein verbessertes Mikroklima, Hagel-, Frost- oder Sonnenschutz bei gleichzeitiger Stromproduktion können bedeutende Vorteile einer Kombinationsnutzung sein. Diese soll die landwirtschaftliche Nutzungsmöglichkeit allerdings möglichst wenig beeinträchtigen. Anlagenhöhe, Modultechnologie, Ausrichtung, Fundament – durch Abstimmung der Komponenten der Agri-PV-Anlage auf die Bewirtschaftungsform lassen sich auch bei Doppelnutzung gute Erträge realisieren.

Agri-PV-Anlagen können ausgezeichnet als Hagelschutz dienen, beispielsweise im Obstbau. Die PV-Module selbst bieten Schutz vor Hagelkörnern, zusätzlich können die Modulzwischenräume mit Hagelnetzen oder -folien ausgestattet werden.

Abbildung 6: Agri-PV-Anlage in Kressbronn mit zusätzlichen Hagelnetzen



Quelle: AgriPV-Solutions

3.1 Modulaufbau und Modultechnologie

Im Falle von Agri-PV-Anlagen sind je nach Nutzungsart verschiedene Modultypen und Aufbauten denkbar.

3.1.1 Mono- und polykristalline PV-Module

Laut Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) dominieren waferbasierte Siliziumzellen den globalen Markt für PV-Module mit 95 % Marktanteil [5]. Mono- und polykristalline Module unterscheiden sich vorrangig in Anschaffungskosten und Effizienz. Polykristalline Module sind günstiger herzustellen als monokristalline Module, dafür erreichen diese einen höheren Wirkungsgrad.

Im Regelfall sind kristalline Solarzellen auf der Vorderseite durch eine Glasscheibe und auf der Rückseite durch weiße Folie bedeckt, um den erzielbaren Ertrag zu maximieren. Ein Metallrahmen befestigt die Konstruktion. Eine Besonderheit bei agrarischen PV-

Anwendungen ist meist die Notwendigkeit einer – zumindest partiellen – Lichtdurchlässigkeit der Konstruktion. Bei diesen lichtdurchlässigen monofazialen Modulen ist die Unterseite entweder mit Glas oder lichtdurchlässiger Folie bedeckt. So kann Licht die Zwischenräume der Solarzellen großteils passieren und die Nutzpflanzenkulturen unter den Anlagen erreichen, während die Bildung eines vorteilhaften Mikroklimas bei gleichzeitigem Schutz vor zu starker Sonneneinstrahlung gewährleistet ist. Wie in Abbildung 6 ersichtlich, lässt sich durch Vergrößerung der Abstände zwischen den Modulplatten die Lichtdurchlässigkeit ebenso zusätzlich steigern wie der Ersatz von Modulrahmen mit Klemmhalterungen [5].

Bifaziale Module sind beidseitig mit Solarmodulen mit darüberliegender Verglasung ausgestattet und können dadurch auch die Sonne, die auf die Rückseite der Anlage auftrifft, nutzen. Besonders interessant macht das bifaziale Module für vertikale Agri-PV-Anlagen und aufgeständerte Anlagen, bei denen vergleichsweise viel Sonnenstrahlung auf die Rückseite der Anlage trifft. Dabei entspricht die Leistung der rückseitigen Module 85 % im Vergleich zur Vorderseite der Module und führt dadurch laut SolarInput zu einer Erhöhung des Gesamtstromertrags um bis zu 25 % [10].

3.1.2 Dünnschichtmodule

Dünnschichtmodule sind dünne, flexible PV-Module mit geringeren Kosten. Sie leisten allerdings weniger als kristalline Module. Die geringe Dicke und Flexibilität von Dünnschichtmodulen verringert das Gewicht der Module und ermöglicht dadurch Anwendungen, für die sich kristalline Siliziummodule nicht eignen würden. Dünnschichtmodule eignen sich durch ihre Flexibilität unter anderem für die Anwendung in gekrümmten Anlagen. Zudem ist es möglich, Dünnschichtmodule lichtdurchlässig zu konstruieren.

3.1.3 Organische PV-Module

Siliziumfreie PV-Zellen die aus organischen Kohlenstoff-Verbindungen aufgebaut sind, lassen sich als hauchdünne Beschichtung auf viele Oberflächen auftragen und punkten somit durch ihre flexiblen Anwendungsmöglichkeiten. Außerdem können hier auch nur gewisse Wellenlängen des Lichts selektiv absorbiert werden, somit bleibt das Pflanzenwachstum unter den PV-Modulen weitgehend unbeeinflusst. Haltbarkeit und Wirkungsgrad organischer Photovoltaik liegen aktuell noch nicht auf dem Niveau von Dünnschichtmodulen oder kristallinen PV-Modulen.

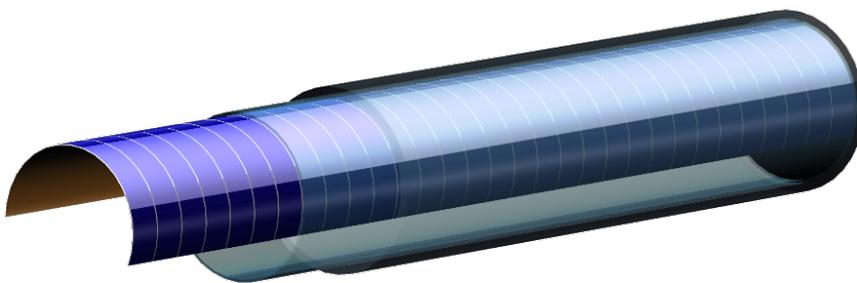
3.1.4 Konzentrierende Photovoltaik

Diese Art von PV-Modulen zeichnet sich durch eine hohe erreichbare Leistung bei gleichzeitiger Lichtdurchlässigkeit durch Wellenlängenselektivität aus. Im Regelfall werden die Module nachgeführt. Obwohl Wirkungsgrade bis 30 % bei Lichtdurchlässigkeit von 78 % möglich sind [10], stellen die aktuell noch hohen Preise bei gleichzeitig wenigen kommerziellen Anbietern ein Hindernis für die rasche Etablierung dieser Technologie dar.

3.2 Modulformen und -farben

Gerade mit Dünnschichtmodulen und organischer Photovoltaik lassen sich verschiedene, anwendungsspezifische Formen von Agri-PV-Anlagen realisieren. Die Formen variieren von konvex gewölbten Aufbauten mit verbesserten Selbstreinigungseigenschaften, über mit organischen PV-Modulen beschichteten Glashausedächern bis hin zu schlauchförmigen, siliziumfreien Dünnschichtmodulen in einer Glasröhre [11]. Abbildung 7 zeigt den Aufbau einer Glasröhre mit siliziumfreien Dünnschichtmodulen. In Abbildung 8 sind diese in ein Agri-PV Gesamtsystem in Kombination mit Tomaten integriert.

Abbildung 7: Aufbau eines schlauchförmigen siliziumfreien Dünnschichtmoduls in einer Glasröhre von tubesolar AG



Quelle: tubesolar AG

Abbildung 8: Agri-PV System mit schlauchförmigen Dünnschichtmodulen in Kombination mit Tomaten



Quelle: tubesolar AG

Gefärbte Solarmodule könnten die Akzeptanz von PV-Anlagen durch bessere Einbindung ins Landschaftsbild fördern, sind jedoch aktuell mit Leistungseinbußen von 7 % bis 30 % verbunden [10].

3.3 Fundament und Unterkonstruktion

Nicht nur die Modultechnik beeinflusst die Leistung von Agri-PV-Anlagen. Fundament und Unterkonstruktion orientieren sich an der Nutzung der landwirtschaftlichen Fläche und nehmen so Einfluss auf die erreichbare Leistung der Agri-PV-Anlage. Im Sinne einer Doppelnutzung als landwirtschaftliche Fläche und zur Erzeugung von PV-Strom, müssen beispielsweise die Abstände des Fundaments auf die nötige Fahrbreite der genutzten landwirtschaftlichen Maschinen abgestimmt sein. Auch weitere Anlagenspezifikationen wie Höhe bzw. Breite müssen bei der Planung der Agri-PV-Anlagen berücksichtigt und den jeweiligen Bedingungen angepasst werden.

Wie in Kapitel 2 beschrieben, können sich die Kulturen in einem Agri-PV-System, entweder zwischen oder unter den PV-Modulen befinden. Wenn sie sich unter den PV-Modulen befinden, ist es wichtig, eine angemessene Konstruktionshöhe zu planen. Die Höhe der Anlage orientiert sich an der Nutzungsform der Fläche. Falls die Fläche durch landwirtschaftliche Maschinen befahren werden soll, muss die Anlage höher sein. Dies kann sich wiederum auf die Bauart und auch auf die Art der genutzten PV-Module auswirken. Statik und Stabilität der Anlage müssen jedenfalls gewährleistet sein. Dies beeinflusst auch die Kosten der Anlage. Laut Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme reichen die Bauhöhen von hoch aufgeständerten Agri-PV-Anlagen von ungefähr 3-5 m, bis über 7 m im Hopfenanbau (je nach Durchfahrtshöhe der genutzten Maschinen). Im Obstbau haben sich Höhen von 2-3 Metern bewährt.

Bei bodennahen Agri-PV Systemen, bei denen sich die Kulturen zwischen den PV-Modulen befinden, sind Kriterien wie der Reihenabstand oder die Breite der Module von größerer Bedeutung. Ein mögliches Anlagendesign für bodennahe Agri-PV Systeme ist in Abbildung 9 zu erkennen. Die so genannte vertikale Agri-PV-Anlage mit bifazialen Modulen bietet mehrere Vorteile. Zum einen zeichnen sich vertikale Anlagen durch eine einfache Installation aus, zum anderen ermöglichen sie eine weitgehend ungehinderte Bearbeitung durch schwere landwirtschaftliche Maschinen. Außerdem wirkt sich der Einsatz von bifazialen Modulen aufgrund der Ost-West-Ausrichtung und des daraus resultierenden Einspeiseprofiles (Spitzen in den Morgen- und Abendstunden) positiv auf die Stromerträge und -erlöse aus. Durch die optimale Ausrichtung der vertikalen Module, können sie ebenso als Windschutz dienen.

Durch die kombinierte Nutzung der landwirtschaftlichen Produktion und der Stromerzeugung, steigt bei Agri-PV-Anlagen die Landnutzungseffizienz. Der Flächenverlust wird somit minimiert. Bei bodennahen Agri-PV-Anlagen beträgt der Flächenverlust durch Trafos, Rammpfähle, Wege usw. bis zu 2%, wobei die Blühstreifen unter den PV-Modulen bis zu 18% der Fläche beanspruchen können. Bei hochaufgeständerten Agri-PV-Anlagen, beträgt der Flächenverlust unter 10% der Gesamtfläche.

Abbildung 9: Vertikale APV-Anlage mit bifazialen Modulen



Quelle: Next2Sun AG

Eine technische Möglichkeit zum Lichtmanagement bei gleichzeitiger Optimierung der erbrachten Leistung der Anlage ist die Nachführung der PV-Module, sogenanntes Tracking. Dabei werden die PV-Module automatisch an den Stand der Sonne angepasst. Das Tracking kann sowohl bei bodennahen als auch bei aufgeständerten Systemen erfolgen. Die individuell verstellbaren Module erleichtern die Bearbeitung durch landwirtschaftliche Maschinen wie beispielsweise Mähdrescher, können aber auch die Stromausbeute optimieren oder die Kulturen in kritischen Entwicklungsphasen durch gezielte Beschattung unterstützen. Bei einachsigen Systemen kann die Nachführung entweder nach dem Höhenwinkel, oder nach der Sonnenbahn erfolgen. Zweiachsige Systeme können sich gleichzeitig horizontal und vertikal anpassen. Durch die zweiachsige Nachführung der Anlage lässt sich der Stromertrag weiter erhöhen. Dies ist jedoch mit höherem Kostenaufwand verbunden.

3.4 Wasser- und Lichtmanagement

Diagonal ausgerichtete, flache PV-Module bündeln Regenwasser. Dadurch kann es zu Bodenverschlammung und Erosionserscheinungen kommen. Die Installation eines Regenwasserauffangsystems – das können Regenrinnen mit anschließender Speicherung zur weiteren Nutzung des Regenwassers in einer bodenschonenden Tröpfchenbewässerung sein – macht besonders in niederschlagsarmen Gebieten mit niedrigem Grundwasserspiegel Sinn. Vor allem kann damit die Verdunstung zusätzlich reduziert werden.

Durch Änderung der Anlagenform, beispielsweise durch den Einsatz von Röhrenmodulen oder schmalen Modulen lässt sich zwar die Konzentration von Regenwasser verhindern, dafür bieten die Anlagen dann oft verminderten Schutz gegen Witterungseinflüsse.

Lichthomogenität ist ein entscheidender Faktor für den Erfolg im Kulturpflanzenanbau. Bei Doppelnutzung agrarischer Flächen mit PV-Anlagen ist es deshalb wichtig, sich mit Möglichkeiten zur Beeinflussung des Lichteinfalls zu beschäftigen. Die Ansprüche an die Lichtverhältnisse auf unter PV-Anlagen liegende Flächen unterscheiden sich je nach Kulturart und können auch gezielt geschaffen werden. Siehe dazu Kapitel 2.2.

Eine Möglichkeit, den Lichteinfall auf Agri-PV-Flächen zu beeinflussen, ist eine Veränderung der Anlagenausrichtung. Laut Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE erweist sich eine, durch Messung und Simulation bestätigte, Modulorientierung nach Süd-Westen oder Süd-Osten als jene Anlagenausrichtung, die in einer möglichst gleichmäßigen Beschattung der darunterliegenden Fläche resultiert. Bei Ost-West-Ausrichtung wird für maximale Beschattung der Anlage im Tagesverlauf gesorgt. Diese empfohlenen Ausrichtungen können sich jedoch im jeweiligen Einzelfall unterscheiden und sollten deshalb vor Errichtung der Anlage eingehend geprüft werden [5].

Es können auch schmalere Module genutzt werden. So kann die Südausrichtung der Module beibehalten werden, und die PV-Erträge bleiben – bei gleichzeitig geringerer Beschattung der darunterliegenden Fläche – hoch.

Die oben beschriebene Anlagennachführung ist eine weitere Möglichkeit, hohe Stromerträge bei gleichzeitig niedriger Beschattung zu erzielen.

4 Geschäftsmodelle und Kosten

Die Wirtschaftlichkeit von Agri-PV-Anlagen hängt von vielen verschiedenen Faktoren ab. Auf der Kostenseite bestimmen vor allem die installierte Leistung, die landwirtschaftliche Bewirtschaftung, die PV-Modultechnologie, das Anlagensystem und der Standort bzw. die jährliche Sonneneinstrahlung die Höhe der Investitions- und Betriebskosten. Zusammen mit den Finanzierungsbedingungen, den Pachtkosten, Versicherung und ggf. den Rückbaukosten bilden sie den Großteil der Gesamtkosten, die für einen wirtschaftlichen Betrieb durch die Erlöse übertroffen werden müssen. Unterschiedliche Geschäftsmodelle und die Beteiligung verschiedener Akteure beeinflussen ebenfalls die Höhe und Art der Erlöse und Kosten. Im Folgenden werden die Stromgestehungskosten verschiedener APV-Systeme erläutert und auf die gängigsten Geschäftsmodelle eingegangen. Dies soll die Abschätzung der Wirtschaftlichkeit von APV-Anlagen unter bestimmten Bedingungen erleichtern. Aufgrund der großen Variabilität und Komplexität der Systeme werden **bei den Kostenabschätzungen die landwirtschaftlichen Faktoren** (Kosten und Erlöse aus der landwirtschaftlichen Nutzung der Fläche) **nicht berücksichtigt**. Zu beachten ist, dass Preise seit der Corona-Krise bzw. dem Krieg in der Ukraine teils sehr volatil sind, entsprechende Schwankungen und deren Auswirkungen sind nicht abgebildet.

4.1 Stromgestehungskosten von Agri-PV-Anlagen im Vergleich zu Freiflächen-PV

Die Stromgestehungskosten stellen das Verhältnis der gesamten Investitions- und Betriebskosten zur erzeugten elektrischen Energie über die gesamte Lebensdauer (20 Jahre) dar. Die Investitionskosten (CAPEX) haben einen größeren Einfluss auf die Stromgestehungskosten als die Betriebskosten (OPEX) und setzen sich im Allgemeinen aus den Kosten für die Anlagenkomponenten, die Planung und Genehmigung, die Installation und den Netzanschluss zusammen. Bei den Anlagenkomponenten sind die preistreibenden Faktoren die PV-Module und die Unterkonstruktion, aber auch der Wechselrichter und die Elektrik gehören dazu. Die Höhe der Betriebskosten wird hingegen durch die Kosten für die Flächenbereitstellung (Pacht), Reinigung, Überwachung, Instandhaltung, Versicherung und Reparaturen bestimmt.

In Abbildung 10 sind die Investitions- und Betriebskosten von bodennahen und aufgeständerten Agri-PV-Anlagen im Vergleich zu Freiflächen PV-Anlagen dargestellt. Dabei werden die Daten aus dem Leitfaden von Fraunhofer 2022 (FH) [5], mit denen aus Kerstin Wydra et al. 2022 von SolarInput (SI) [10] verglichen. Die Kostenabschätzungen beziehen sich bei den Daten von Fraunhofer auf zwei Hektar, bei der Studie von SolarInput auf einen Hektar. Der dunklere Teil zeigt die Investitionskosten (CAPEX) und der hellere Teil die Betriebskosten, jeweils in €-ct pro kWh. Es ist zu erkennen, dass die CAPEX von Fraunhofer in allen Kategorien etwas höher sind als bei SolarInput, während die OPEX von SolarInput höher sind. Dennoch sind die Gesamtkosten ähnlich und es ist ein klarer Trend zu erkennen. Aufgeständerte Anlagen mit einer Gesamthöhe von über vier Metern weisen die höchsten Investitionskosten auf, gefolgt von bodennahen Agri-PV Systemen. Im Vergleich zu Freiflächenanlagen sind die Investitionskosten vor allem aufgrund der speziellen Unterkonstruktion und PV-Module sowie aufgrund der Standortvorbereitung und Installation so hoch [5]. Bei einer zukünftigen Massenproduktion könnten die Investitionskosten jedoch deutlich sinken (Skaleneffekte) [10]. Die Betriebskosten von Agri-PV Systemen sind dagegen tlw. gleich hoch bzw. niedriger als bei Freiflächenanlagen. Dies ist vor allem auf die Doppelnutzung der landwirtschaftlichen Fläche zurückzuführen, welche die Flächenpflege und die Überwachung vereinfacht.

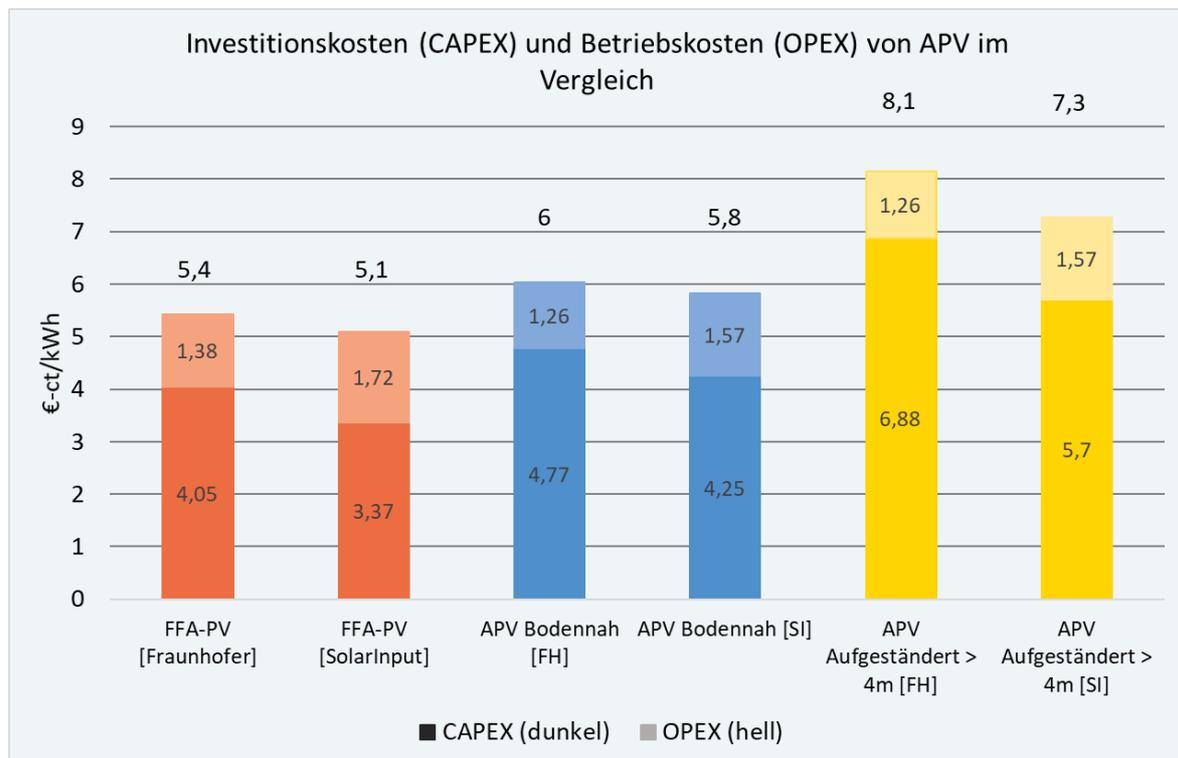
Nach Fraunhofer [5] haben aufgeständerte Agri-PV-Anlagen für Sonderkulturen wie Obst- und Weinbau mit einer Höhe von zwei bis drei Metern geringere Gesamtkosten (7,5 €-ct/kWh) als Anlagen mit einer Höhe von über vier Metern. Dies ist vor allem auf die geringeren Kosten für die Unterkonstruktion zurückzuführen. Darüber hinaus ergeben sich Kostenvorteile bei mehrjährigen Reihenkulturen durch die vereinfachte Integration in die Reihen ohne Flächenverlust.

Bei dieser Kostengegenüberstellung ist noch zu beachten, dass die produzierte Strommenge pro Hektar bei Agri-PV-Anlagen in der Regel geringer ist. Ebenso sind die zahlreichen Synergieeffekte von Agri-PV-Anlagen nicht berücksichtigt. Diese können einen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems haben. Aus Gründen der besseren Vergleichbarkeit ist in Abbildung 10 nur die Stromproduktion berücksichtigt. Für eine ganzheitliche wirtschaftliche Betrachtung müssen die Kosten und Einnahmen der landwirtschaftlichen Produktion mitberücksichtigt werden. Dieser Vergleich soll daher nicht die allgemeine Wirtschaftlichkeit der beiden Systeme vergleichen, sondern lediglich die Stromgestehungskosten. Bei Agri-PV Systemen sind die Einnahmen aus der landwirtschaftlichen Produktion ebenso zu Berücksichtigen.

Synergieeffekte von Agri-PV-Anlagen

- Wenn Schutz der Kulturen notwendig ist ergeben sich durch Agri-PV Einsparungsmöglichkeiten
- Einsparungen bei Betriebskosten, da Arbeitsschritte im Laufe der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung erledigt werden
- Durch die Doppelnutzung können bei der Landpacht Kosten umverteilt bzw. eingespart werden
- Verringerter Einsatz von Pflanzenschutzmittel durch kürzere Blattnaszeiten
- Geringere Erneuerluste durch Spätfrost, Hagel oder Extremwetterereignisse

Abbildung 10: Vergleich der Investitionskosten (CAPEX) und Betriebskosten (OPEX) von aufgeständerten, sowie bodennahen Agri-PV (APV) Anlagen und Freiflächenanlagen (FFA-PV) aus den Studien von Fraunhofer ISE (FH) und SolarInput (SI) [5,10]



4.2 Geschäftsmodelle

Bei Agri-PV Systemen sind mehrere Stakeholder involviert. Für den erfolgreichen Bau und Betrieb eines Agri-PV Systems muss die landwirtschaftliche Fläche bereitgestellt und bewirtschaftet werden, sowie das PV-System finanziert, errichtet und betrieben werden. Dies kann zu Geschäftsmodellen führen, die in Abbildung 12 schematisch dargestellt sind.

Eigennutzung PV-Anlage: Neben dem Besitz und der Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Fläche finanziert und betreiben die Landwirtinnen und Landwirte die PV-Anlage. Dies umfasst sowohl die technische Betriebsführung (Leistungsüberwachung) als auch die wirtschaftliche Betriebsführung (Stromvermarktung, Förderabwicklung etc.). In diesem Fall erhalten die Landwirtinnen und Landwirte die gesamten Einnahmen aus dem Stromverkauf und der Ernte.

Eigennutzung PV mit externem Landeigentum: Dieses Geschäftsmodell unterscheidet sich von dem vorherigen nur dadurch, dass die Fläche von externen Landeigentümer:innen zur Verfügung gestellt wird. In diesem Fall wird ein Landnutzungs- oder Pachtvertrag zwischen Landeigentümer:in und Landwirt:in abgeschlossen. In diesem Fall erhält der/die Landwirt:in die gesamten Einnahmen aus dem Stromverkauf und der Ernte, abzüglich den Pachtkosten.

Flächenverpachtung ohne Eigennutzung der PV-Anlage: In diesem Fall wird die Fläche von dem/der Grundeigentümer:in bzw. Landwirt:in zur Verfügung gestellt und betrieben. Die PV-Anlage wird von Dritten errichtet, finanziert und betrieben. Dies kann von einem/r Akteur:in allein (z. B. dem/der Hersteller:in des PV-Systems) oder von verschiedenen Akteurinnen und Akteuren angeboten werden. Möglicherweise müssen neben dem Flächenpachtvertrag auch Verträge für die Anlagenpacht, die Wartung und die Stromlieferung oder auch städtebauliche Verträge zwischen den verschiedenen Akteureinnen und Akteuren abgeschlossen werden. Der/die Landwirt:in bzw. der/die Landeigentümer:in erhält in diesem Modell Einnahmen aus der Verpachtung. Dabei ist zu beachten, dass der/die Landwirt:in bis zu 90 % der Fläche weiter bewirtschaften kann [12].

Kooperationsmodell: Einige Hersteller:innen von PV-Anlagen bieten Kooperationsmodelle an, bei denen der landwirtschaftliche Betrieb und der/die Hersteller:in gemeinsam die Finanzierung, die Errichtung und den laufenden Betrieb der PV-Anlage übernehmen [12]. Der landwirtschaftliche Betrieb erzielt dabei Einnahmen durch die Pacht und anteilige Stromerträge sowie die Ernte.

Abbildung 11: Verschiedene Variationen von Geschäftsmodellen für die Integration von Photovoltaikanlagen in landwirtschaftliche Betriebe (in Anlehnung an Fraunhofer [5])

Geschäftsmodell aus Sicht des LW-Betriebs	Flächenbereitstellung	Landwirtschaftliche Bewirtschaftung	Errichtung PV-System	Finanzierung	Laufender Betrieb PV-System
1. Eigennutzung PV Anlage	Landwirtschaftsbetrieb		Hersteller:in PV-System	Landwirtschaftsbetrieb	
2. Eigennutzung PV mit externem Landeigentum	Landeigentümer:in	Landwirtschaftsbetrieb	Hersteller:in PV-System	Landwirtschaftsbetrieb	
3. Flächenverpachtung ohne Eigennutzung PV	Landeigentümer:in (evtl. LW-Betrieb)	Landwirtschaftsbetrieb	Hersteller:in PV-System	PV Investorinnen und Investoren	PV-Betreiberinnen und Betreiber
4. Kooperationsmodell	Landeigentümer:in (evtl. LW-Betrieb)	Landwirtschaftsbetrieb	Landwirtschaftsbetrieb in Kooperation mit Hersteller:innen PV-System		

Beratung zu möglichen Geschäftsmodellen für Landwirtinnen und Landwirte bietet die Österreichische Landwirtschaftskammer: lko.at

5 Gesetzliche Rahmenbedingungen

Gesetzliche Rahmenbedingungen spielen eine entscheidende Rolle bei der Einführung und Entwicklung neuer Technologien, insbesondere im Bereich der Agri-PV. Diese Rahmenbedingungen beeinflussen nicht nur die Umsetzbarkeit und Wirtschaftlichkeit solcher Projekte, sondern auch deren langfristigen Erfolg.

Planungs- und förderrechtliche Aspekte bilden das Kernstück der Förderung und Regulierung von Agri-PV-Anlagen. Es ist von entscheidender Bedeutung, die rechtlichen Rahmenbedingungen in diesem Bereich zu verstehen und effektiv zu nutzen, um die Entwicklung der Agri-PV voranzutreiben, aber auch um sicherzustellen, dass diese im Einklang mit den gesellschaftlichen und ökologischen Zielen steht.

Ziel dieses Kapitels ist es, einen Überblick über die wichtigsten rechtlichen Rahmenbedingungen im Bereich der Agri-PV zu geben. Damit soll die Entscheidungsfindung für die mögliche Errichtung einer Agri-PV-Anlage erleichtert werden.

5.1 Phasen der Umsetzung einer Agri-PV-Anlage

Die Errichtung und der Betrieb einer Agri-PV-Anlage kann, wie in Abbildung 12 dargestellt, in vier Phasen unterteilt werden: Projektentwicklung und Netzanschlussantrag, Planung und Errichtung, Inbetriebsetzung und Betrieb. In der ersten Phase erfolgt die Projektevaluierung und Grobplanung. Sobald alle Voraussetzungen für den Betrieb einer Agri-PV erfüllt sind und der Vertrag zwischen Flächeneigentümer:in und Projektentwickler:in/Anlagenhersteller:in unterzeichnet ist, wird in dieser Phase der Netzanschlussantrag gestellt. Dabei ist zu beachten, dass der Netzbetreiber gemäß §3 END-VO innerhalb von 14 Tagen für den Anschluss auf Netzebene 7 bzw. innerhalb von 1 Monat für die Netzebenen 1 bis 6 einen Kostenvoranschlag für das Netzbereitstellungsentgelt und das Netzzutrittsentgelt zu übermitteln hat. Nach Abschluss des Netzzugangsvertrages kann die Planung der Agri-PV-Anlage konkretisiert werden.

Netzbereitstellungsentgelt: Das Netzbereitstellungsentgelt ist eine festgelegte Gebühr, die dafür bezahlt wird, dass der Netzbetreiber bereits die Kosten für den Ausbau verschiedener Netzinfrastrukturen übernommen und finanziert hat. Diese Infrastrukturen sind notwendig, um den Anschluss zu ermöglichen. Die Gebühr wird entsprechend dem tatsächlichen Umfang der Netznutzung, wie im Vertrag vereinbart, entrichtet.

Netzzutrittsentgelt: Durch das einmalige Netzzutrittsentgelt werden sämtliche Kosten, die dem Netzbetreiber bei der erstmaligen Herstellung eines Netzanschlusses oder der Änderung eines Anschlusses aufgrund einer Erhöhung der Anschlussleistung eines Netzbenutzers zwischen dem Netzanschluss gemäß § 7 Z 48 EIWOG 2010 und der Kundenanlage entstehen, abgedeckt. Das Netzzutrittsentgelt entfällt, wenn die Kosten für den Netzanschluss oder die Änderung vom Netzbenutzer selbst übernommen werden.

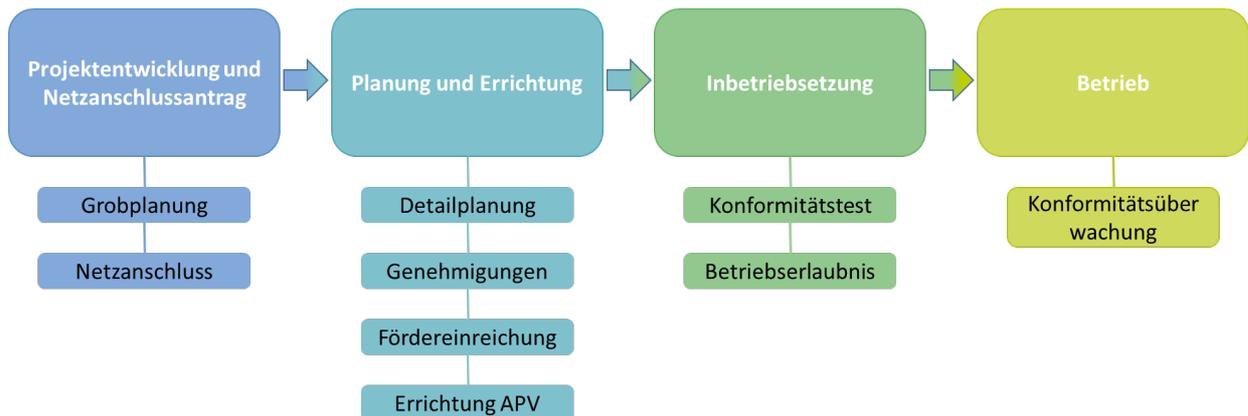
In der Planungs- und Errichtungsphase erfolgt die Detailplanung der Agri-PV-Anlage, nach der die verschiedenen Genehmigungen beantragt werden müssen. Die Anzeige- und Genehmigungspflichten sind je nach Bundesland unterschiedlich und umfassen Regelungen nach der Bauordnung und nach dem Raumplanungs-, Elektrizitäts- und Naturschutzgesetz. Diese und weitere bundesgesetzliche Bestimmungen in den einzelnen Bundesländern werden im folgenden Kapitel „Anzeige und Genehmigungspflichten“ näher erläutert. Da die Widmung nach Raumordnung/-Planung den größten Zeitaufwand erfordert, wird in der Regel damit begonnen. Die Umwidmung muss schriftlich beim zuständigen Gemeindeamt beantragt werden. Der Gemeinderat beschließt letztendlich über die Befürwortung oder Ablehnung des Antrags. Je nach Größe bzw. Ausmaß der erwarteten Umweltauswirkungen der Flächenumwidmung ist ein vereinfachtes oder ein ordentliches Bewilligungsverfahren oder eine Sonderwidmung erforderlich. Zusammen mit dem Netzantrag kann dies 12 bis 18 Monate in Anspruch nehmen [14].

Anschließend kann eine Bundesförderung im Rahmen des Erneuerbaren-Ausbau-Gesetzes (EAG) beantragt werden. Was dabei für Agri-PV-Anlagen zu beachten ist, wird im Kapitel „Förderungen“ näher erleutert. Die Errichtung der Agri-PV-Anlage selbst hängt von der Größe ab und dauert ca. einen Monat pro MWp installierter Anlagenleistung [19].

Während der Inbetriebsetzungsphase hat der/die Netznutzer:in dem/der Netzbetreiber:in nachzuweisen, dass alle Anforderungen gemäß den technischen und organisatorischen

Regeln für Netzbetreiber und Netznutzer (TOR) sowie die projektspezifisch vereinbarten Anforderungen aus dem Netzanschlussvertrag erfüllt werden. Für Anlagen mit einer Leistung über 250 kW sind vom Netzbetreiber bzw. der Netzbetreiberin Konformitätsprüfungen und -simulationen durchzuführen, um die Konformität der Stromerzeugungsanlage gegenüber dem/der Netzbetreiber:in nachzuweisen. Nach positiver Prüfung wird die endgültige Betriebserlaubnis durch den/der Netzbetreiber:in erteilt. In der Betriebsphase ist eine laufende Konformitätsüberwachung sowohl seitens des Netzbetreibers als auch seitens des Netzbetreibers bzw. der Netzbetreiberin durchzuführen. Nähere Informationen zu den einzelnen Phasen und Schritten bei der Errichtung einer PV-Anlage können der Handlungsanleitung für die Errichtung von PV-Anlagen (2023) entnommen werden [13].

Abbildung 12: Übersicht der vier Phasen der Errichtung einer Agri-PV-Anlage. In Anlehnung an PV Austria 2023 [13]



5.2 Anzeige und Genehmigungspflichten

Für die Errichtung einer Agri-PV-Anlage sind verschiedene landes- und bundesrechtliche Vorschriften zu beachten. Anzeige- und Bewilligungspflichten nach der Bauordnung, dem Raumplanungsgesetz, dem Elektrizitätsgesetz und dem Naturschutzgesetz unterscheiden sich in den jeweiligen Bundesländern. Vorschriften nach der Gewerbeordnung, dem Luftfahrtgesetz und dem Wasserrechtsgesetz gelten bundesweit. Für Anzeige- und Bewilligungsverfahren nach der Bauordnung und dem Raumordnungsgesetz sind in der Regel, die jeweiligen Gemeinden der Bundesländer (in Statutarstädten das Magistrat) zuständig. Eine Ausnahme bildet die Steiermark, in der das Land für Projekte über 10

Hektar zuständig ist. Verfahren, die das Naturschutzgesetz und das Elektrizitätswirtschaftsgesetz betreffen, ist die Landesregierung die zuständige Behörde. Wichtig ist, dass nur in der Steiermark der explizite Begriff Agri-PV in der Raumordnung angeführt ist und entsprechende Vorgaben bestehen. In den anderen Bundesländern fallen Agri-PV-Anlagen in die Kategorie der Freiflächenanlagen. Bei den gesetzlichen Vorgaben zur Anzeige- und Genehmigungspflicht kann zwischen folgenden Genehmigungskategorien unterschieden werden:

1. **Anzeige- und Bewilligungsfrei:** PV-Anlagen können sofort ohne Anzeige, Antrag auf Bewilligung oder Widmung errichtet werden.
2. **Anzeigepflichtig/Mitteilungspflicht:** Das Vorhaben ist anzuzeigen. Wird innerhalb der geltenden Frist kein Einspruch erhoben, darf die Anlage errichtet werden.
3. **Bewilligungsverfahren, Genehmigung bzw. Widmung erforderlich:** Es ist ein vereinfachtes oder ein ordentliches Bewilligungsverfahren oder eine Sonderwidmung erforderlich. Die zuständige Behörde bewilligt oder untersagt das Vorhaben durch Bescheid zusätzlich eventueller Auflagen.
4. **Errichtungsverbot:** Verbot der Errichtung einer PV-Anlage unter angeführten Widmungen oder Umständen.
5. **Gemeinde- und/oder Landesabgabe:** Jährliche Spezialabgabe an die Gemeinde oder an das jeweilige Bundesland für den Betrieb einer PV-Anlage.

In folgendem Abschnitt sind diese verschiedenen Genehmigungskategorien für die Anzeige- und Genehmigungspflichten von Agri-PV-Anlagen mit Stand November 2023 zusammengefasst.

Bitte beachten Sie, dass sich Anzeige- und Genehmigungspflichten laufend ändern können. Informieren Sie sich daher rechtzeitig in der Planungs- und Errichtungsphase zu den jeweils in ihrem Bundesland geltenden Regelungen.

Burgenland:

- Bauordnung/Baugesetz
 - **1. Frei:** Wenn >500 kW (Bewilligung lt. Bgld. EIWG benötigt)
 - **3. Bewilligung:** Ordentliches Verfahren: wenn ≤ 500 kW
- Raumordnung/Planung
 - **1. Frei:** PV-FFA zu zugehörigem Gebäude im Wohngebiet: Modulfläche ≤ 35 m²; im Industrie-/Betriebsgebiet: Modulfläche ≤ 200 m²
 - **3. Widmung (innerhalb Eignungszone):** Wohngebiet: Modulfläche >35 m²; Betriebs-/Industriegebiet: MF >200 m² max. Fläche 10 ha
 - **5. Landesabgabe:** PV-FFA die nicht anzeige- und bewilligungsfrei sind. Max. 1.400€/ha und Jahr
- Elektrizitätsgesetz
 - **1. Frei:** Leistung ≤ 100 kWp
 - **2. Anzeige:** Leistung >100 kWp bis 500 kWp
 - **3. Bewilligung:** Leistung >500 kWp
- Naturschutz
 - **2. Anzeige:** PV-FFA wenn ≤ 50 m²
 - **3. Bewilligung:** PV-Anlagen im Grünland; PV-FFA, wenn >50 m²

Kärnten:

- Bauordnung/Baugesetz
 - **1. Frei:** Wenn Genehmigungspflichtig nach dem K-EIWOOG (>500kW); wenn Bewilligungspflichtig nach Gewerberecht
 - **3. Genehmigung:** PV-FFA
- Raumordnung/Planung
 - **1. Frei:** PV-FFA mit Modulfläche ≤ 40 m². PV-FFA mit Widmung „Gewerbegebiet“ oder „Industriegebiet“ mit Zugehörigkeit zu entsprechendem Betrieb
 - **3. Widmung:** Sonderwidmung „Grünland-Photovoltaikanlage“ PV-FFA mit Modulfläche >40 m²
 - **4. Verbot:** National- und Biosphärenparks, Naturschutz- und Landschaftsschutzgebiete, ökologische Sonderstandorte, überörtliche Grünraumverbindungen
- Elektrizitätsgesetz
 - **1. Frei:** Leistung ≤ 5 kWp; Modulfläche ≤ 100 m², wenn mitteilungspflichtig bei Baubehörde

- **3. Bewilligung:** Vereinfachtes Verfahren bei 5 kWp bis 500 kWp ab 100 m² MF, Ordentliches Verfahren: Leistung >500 kWp
- Naturschutz
 - **1. Frei:** PV-FFA im geschlossenen Siedlungsgebiet, wenn mitteilungspflichtig nach Bauordnung und Fläche mit Widmung: „LW-Hofstelle“, wenn Bewilligungspflicht nach Wasserrecht
 - **3. Genehmigung:** Alle sonstigen PV-FFA in der freien Landschaft

Niederösterreich:

- Bauordnung/Baugesetz
 - **1. Frei:** außerhalb von Schutzzonen oder Altortgebieten; PV-FFA im Grünland ≤50 kWp
 - **2. Anzeige:** in Schutzzonen oder Altortgebieten; PV-FFA im Grünland >50 kW
- Raumordnung/Planung
 - **1. Frei:** PV-FFA im Bauland-, Betriebs-, Industrie- oder Agrargebiet und im Grünland ≤50 kW
 - **3. Widmung:** PV-FFA im Grünland >50 kWp bis 2 ha benötigen Sonderwidmung „Grünland-Photovoltaikanlage“; außer: künstliche Gewässer, Deponien, Betriebe; PV-FFA >2 ha: Eignungszone erforderlich; 5 ha bis 10 ha: Ökologiekonzept erforderlich
- Elektrizitätsgesetz
 - **1. Frei:** Leistung ≤1.000 kWp, Anlagen die dem Abfall-, Berg-, Verkehrs-, Gewerbe-, Fernmelde- oder Luftreinhaltereichs unterliegen
 - **3. Bewilligung:** Leistung >1000 kWp
- Naturschutz
 - **1. Frei:** PV-Anlagen im Ortsbereich
 - **3. Genehmigung:** PV-FFA außerhalb des Ortsgebietes

Oberösterreich:

- Bauordnung/Baugesetz
 - **1. Frei:** < 1.000 kW für PV-FFA, die das künftige Gelände <2 m überragen; >1.000 kWp (Bewilligung lt. OÖ. ElWOG benötigt)
 - **2. Anzeige:** Bei PV-FFA, die das künftige Gelände >2 m überragen
- Raumordnung/Planung
 - **1. Frei:** PV-FFA < 50 m² MF auf Bauland oder Grünland errichtet

- **3. Widmung:** PV-FFA im Grünland $\geq 50 \text{ m}^2$ MF benötigen Widmung: „Grünland-Sonderausweisung“
- **4. Verbot:** PV-FFA im Bauland $\geq 50 \text{ m}^2$ MF, außer auf dem Grundstück besteht bereits ein Hauptgebäude (oder wird gleichzeitig errichtet)
- Elektrizitätsgesetz
 - **1. Frei:** Leistung $\leq 1.000 \text{ kWp}$
 - **3. Bewilligung:** Leistung $> 1.000 \text{ kWp}$
- Naturschutz
 - **1. Frei:** PV-Anlagen nicht im Grünland; PV-FFA im Grünland $> 2 \text{ m}^2$ bis 50 m^2 und Abstand zum Gebäude $\leq 30 \text{ m}$
 - **2. Anzeige:** PV-FFA 2 m^2 bis 50 m^2 , Abstand zu Gebäude $> 30 \text{ m}$; 20 m^2 bis 500 m^2 Abstand zu Gebäude $\leq 30 \text{ m}$
 - **3. Genehmigung:** PV-FFA im Grünland $> 500 \text{ m}^2$ MF

Salzburg:

- Bauordnung/Baugesetz
 - **1. Frei:** PV-FFA Fläche $\leq 200 \text{ m}^2$, mit Widmung: „Grünland-Solaranlage“
 - **3. Bewilligung:** bei Anlagen in Schutzgebieten und wenn nicht bewilligungsfrei
- Raumordnung/Planung
 - **1. Frei:** PV-FFA im Grünland mit Fläche $\leq 200 \text{ m}^2$; im Bauland bei Zugehörigkeit zu Betrieb oder Wohnhausanlage möglich
 - **3. Widmung:** PV-FFA im Grünland $\geq 200 \text{ m}^2$ MF benötigen eine Kennzeichnung für PV.
PKV: Punktesystem je nach Bodenfunktion erforderlich (Lage, lächeneffizienz etc.)
- Elektrizitätsgesetz
 - **1. Frei:** Anlagen, die durch ein befugtes Unternehmen errichtet werden
- Naturschutz
 - Keine Vorgaben für PV-Anlagen

Steiermark:

- Bauordnung/Baugesetz
 - **1. Frei:** Anlagen $> 1000 \text{ kWp}$ (Genehmigung nur über Stmk. EIWOG)
 - **2. Meldepflicht:** Anlagen $\leq 400 \text{ m}^2$, mit Höhe $\leq 3,5 \text{ m}$
 - **3. Bewilligung:** Vereinfachtes Verfahren bei Anlagen $> 400 \text{ m}^2$ oder Höhe von $> 3,5 \text{ m}$, Ordentliches Verfahren bei Anlagen $> 500 \text{ kW}$

- Raumordnung/Planung
 - **1. Frei:** Bei land- bzw. forstwirtschaftlicher Nutzung auf baulichen Anlagen: PV-FFA $\leq 400 \text{ m}^2$ Bruttofläche bzw. Agri-PV auf einer bewirtschafteten Fläche $\leq 0,5 \text{ ha}$ (1 Mal pro Betrieb)
 - **3. Widmung:** Freiland Sondernutzung „Energieerzeugungs- und Energieversorgungsanlage“ für Anlagen $> 400 \text{ m}^2$ Bruttofläche bzw. $> 0,5 \text{ ha}$ **VO SAPRO:** Vorrangzonen (überörtliche Widmungsfestlegung): $> 10 \text{ ha}$ in festgelegten 36 Vorrangzonen
- Elektrizitätsgesetz
 - **1. Frei:** Anlagen $\leq 1.000 \text{ kW}$
 - **3. Bewilligung:** Anlagen $> 1.000 \text{ kW}$
- Naturschutz
 - **1. Frei:** PV-FFA im Bauland und PV-FFA $\leq 2.500 \text{ m}^2$ außerhalb von Bauland
 - **3. Überprüfung:** PV-FFA $> 2.500 \text{ m}^2$ außerhalb von Bauland, wenn nicht bewilligungspflichtig
 - **3. Bewilligungspflicht:** Anlagen in Landschaftsschutzgebieten, wenn nicht Bauland

Tirol:

- Bauordnung/Baugesetz
 - **3. Bewilligung:** Alle PV-Anlagen die nicht einer Genehmigungsfreistellung bzw. einer Anzeigepflicht unterliegen.
- Raumordnung/Planung
 - **1. Frei:** PV-FFA im Freiland $\leq 100 \text{ m}^2$ KF
- Elektrizitätsgesetz
 - **1. Frei:** Leistung $\leq 50 \text{ kWp}$
 - **2. Anzeige:** Leistung 50 kWp bis 250 kWp
 - **3. Bewilligung:** Leistung $> 250 \text{ kWp}$
- Naturschutz
 - **1. Frei:** Anlagen $\leq 2.500 \text{ m}^2$ zusammenhängender bebauter Fläche
 - **3. Genehmigung:** Anlage $> 2.500 \text{ m}^2$ zusammenhängender bebauter Fläche

Vorarlberg:

- Bauordnung/Baugesetz
 - **1. Frei:** PV-Anlagen $\leq 10,9$ kWp
 - **2. Anzeige:** PV-FFA
 - **3. Bewilligung:** PV-Anlage bei Belästigung oder Gefährdung
- Raumordnung/Planung
 - **2. Keine gesonderte Widmung:** PV-FFA auf Bauflächen, falls Widmungszweck nicht gestört. Anlagen im Landschaftsgebiet, falls für land- und forstwirtschaftliche Nutzung notwendig
 - **3. Widmung:** PV-FFA: Widmung als „Freifläche Sondergebiet Photovoltaikanlage“. Anlagen, wenn Auflagen lt. Widmungsfreiheit nicht entsprochen wird
- Elektrizitätsgesetz
 - **1. Frei:** Leistung ≤ 500 kWp
 - **2. Anzeige:** Vereinfachtes Verfahren: Leistung > 500 kWp;
 - Erweiterung bereits bewilligter PV Anlagen > 500 kW
- Naturschutz
 - **1. Frei:** Anlagen ≤ 800 m² überbauter Fläche und/oder ≤ 15 m Höhe
 - **3. Genehmigung:** Anlage > 800 m² überbauter Fläche und/oder 15 m Höhe. In Gebieten mit Ausnahmen nach FHH-Richtlinie, Vogelschutzrichtlinie und in Europaschutzgebieten

Wien:

- Bauordnung/Baugesetz
 - **1. Frei:** PV-FFA außerhalb von Grünland-Schutzgebiet, Schutzzonen und Bausperrgebieten;
 - **3. Genehmigung:** Anlagen in Grünland-Schutzgebiet; in Schutzzonen, Gebiete mit Bausperre
- Raumordnung/Planung
 - In Wien sind die Vorgaben zur Raumplanung in der Bauordnung für Wien festgehalten
- Elektrizitätsgesetz
 - **1. Frei:** Leistung ≤ 15 kWp Ausnahme: vertikale Anlagen oder Anlagen mit Stromspeicher
 - **2. Anzeige:** Leistung ≤ 50 kWp

- **3. Bewilligung:** Vereinfachtes Verfahren: zwischen 50 kWp und 250 kWp, ordentliches Verfahren: Leistung >250 kWp. Prüfpflicht alle fünf Jahre >50 kWp
- Naturschutz
 - **1. Frei:** Anlagen im Bauland; in Verkehrsbändern; im Grünland $\leq 2.500 \text{ m}^2$
 - **3. Bewilligung:** Anlagen in und an naturnahen Oberflächengewässern, im Grünland und in Schutzgebieten $> 2.500 \text{ m}^2$
 - **4. Verbot:** Anlagen $> 2.500 \text{ m}^2$ im Landschaftsschutzgebiet

Neben diesen bundeslandspezifischen Anzeige- und Genehmigungspflichten gibt es bundesweite Vorschriften nach der Gewerbeordnung, dem Luftfahrtgesetz und dem Wasserrechtsgesetz, die für Agri-PV-Anlagen relevant sind. Nach dem Erlass des Wirtschaftsministeriums von März 2021 sind PV-Anlagen auf und an gewerblichen oder industriellen Anlagen anzeige- und genehmigungsfrei. Aus dem Luftfahrtgesetz kann abgeleitet werden, dass PV-Anlagen mit einer Fläche von weniger als 100 m^2 bei Einhaltung des Standes der Technik hinsichtlich der Beurteilung der Blendwirkung auch nach dem Luftfahrtgesetz weder anzeige- noch bewilligungspflichtig sind. Ist die Anlage größer als 100 m^2 , so ist je nach betroffener Sicherheitszone eine Bewilligung von verschiedenen Behörden einzuholen. Eine Agri-PV-Anlage ist nach dem Wasserrechtsgesetz anzeige- und bewilligungsfrei, wenn sie sich nicht auf offener Wasserfläche und nicht im Hochwasserabflussbereich befindet. Befindet sie sich im Hochwasserabflussbereich eines 30-jährlichen Hochwassers, ist eine Bewilligung einzuholen [13]. Hinsichtlich Ausgestaltung des Vorhabens oder des Standortes können weitere Genehmigungserfordernisse bestehen. Diese können forst-, landwirtschafts-, straßen- oder denkmalrechtliche Bestimmungen betreffen und sind im Einzelfall zu prüfen.

5.3 Förderungen

Mit dem Inkrafttreten des Erneuerbaren-Ausbau-Gesetzes (EAG) und der Veröffentlichung der dazugehörigen Verordnungen zu Investitionszuschüssen und Marktprämien wurde die Förderlandschaft für PV-Anlagen in Österreich neugestaltet. Neben den neuen Fördervolumina und -sätzen sind vor allem die Regelungen zur Agri-PV in den EAG-Verordnungen von Interesse. Erstmals werden auch PV-Anlagen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen oder auf Grünlandflächen gefördert. Die letztendliche Entscheidung über die Widmung liegt jedoch, wie im vorherigen Kapitel erläutert, bei den Gemeinden und Bundesländern.

Das EAG definiert Agri-Photovoltaik-Anlagen als PV-Anlagen auf Grundflächen, die sowohl zur Stromproduktion mittels Photovoltaik als auch zur landwirtschaftlichen Produktion genutzt werden und folgende Kriterien erfüllen:

- Landwirtschaftliche Hauptnutzung: landwirtschaftliche Produktion pflanzlicher oder tierischer Erzeugnisse als Hauptnutzung kombiniert mit der Stromerzeugung als Nebennutzung auf der gleichen Fläche
- Gleichmäßige Verteilung der Photovoltaikmodule auf der Gesamtfläche, es sei denn der Erhalt von bestehenden Biotopstrukturen erfordert eine andere Verteilung
- Landwirtschaftliche Nutzung von mindestens 75 % der Gesamtfläche zur Produktion von pflanzlichen oder tierischen Erzeugnissen

Bei Agri-PV-Anlagen ist es erforderlich, die landwirtschaftlichen Aktivitäten in einem spezifischen landwirtschaftlichen Nutzungskonzept festzuhalten. Dieses Konzept muss neben allgemeinen Angaben zum landwirtschaftlichen Betrieb auch einen detaillierten Nutzungsplan inklusive Beschreibung der aktuellen und für die nächsten 10 Jahre geplanten Hauptnutzung für die Agri-PV-Fläche inkludieren. Mindestens 75 % der Gesamtfläche müssen weiterhin landwirtschaftlich nutzbar bleiben. Dieser Plan muss zudem Angaben zur Aufständigung der Anlagen und zum maximal zulässigen Flächenverlust durch Aufbauten, Unterkonstruktionen und Anlageninfrastruktur (nicht mehr als 7 % der Gesamtfläche) enthalten. Zudem muss durch die Wahl der Anlagenaufständigung, die Bearbeitbarkeit der Fläche gewährleistet bleiben.

Zusätzlich ist im Rahmen des Nutzungsplans eine Verpflichtungserklärung erforderlich. Die Betreiber:innen der Anlagen müssen sich verpflichten, die Fläche in einem Zustand zu erhalten, die eine vollständige Bewirtschaftung und Bearbeitbarkeit der gesamten landwirtschaftlich nutzbaren Fläche ermöglicht. Die Wasserverfügbarkeit muss den spezifischen Anforderungen des Pflanzenwachstums und der Biodiversitätsflächen entsprechen. Darüber hinaus sollte darauf geachtet werden, das Auftreten von Erosion und Verschlammung durch die Gestaltung der Anlage, insbesondere im Zusammenhang mit Wasserabflusskanten, zu minimieren. Genauere Informationen hierzu finden sich in §9 der EAG-Investitionszuschüsseverordnung-Strom.

Grundsätzlich können PV-Anlagenbetreiber:innen zwischen der Marktprämie und dem Investitionszuschuss wählen. Der Investitionszuschuss kann als einmaliger Zuschuss bei der Errichtung und Erweiterung von PV-Anlagen verstanden werden. Es werden vier Leistungsklassen (A bis D) unterschieden. Für kleine Anlagen bis 20 kWp gibt es pro Kategorie einen festen Fördersatz und die Förderanträge werden nach dem Zeitpunkt ihres Einlangens bei der EAG-Förderabwicklungsstelle gereiht. Bei größeren Anlagen muss der Förderbedarf pro kWp angegeben werden und die Förderanträge werden nach der Höhe des Förderbedarfs innerhalb der Kategorien, beginnend mit dem niedrigsten Förderbedarf pro kWp, gereiht. Förderfähig sind Anlagenleistungen bis maximal 1 MWp, wobei die Gesamtleistung der Anlage größer sein kann [15].

Für innovative Agri-PV-Anlagen wird der Investitionszuschuss um einen Zuschlag von bis zu 30 % erhöht. Dazu zählen Agri-PV-Anlagen mit vertikal montierten Modulen oder aufgeständerten Modulen mit einer Höhe der Modultischunterkante von mindestens zwei Metern über ebenem Boden.

Die Marktprämie ist ein Zuschuss auf den in das öffentliche Stromnetz eingespeisten Strom. Dabei gibt der/die Projektbetreiber:in selbst ein Gebot ab, wobei die in der Verordnung festgelegte Höchstgrenze für Gebote nicht überschritten werden darf. Die fristgerecht abgegebenen Gebote werden in aufsteigender Reihenfolge, beginnend mit dem niedrigsten Gebotswert, gereiht, bis die ausgeschriebene Leistung für die jeweilige Ausschreibung vergeben ist. Sofern die Gebotsmenge eines Gebotes 100 kW überschreitet, sind im Rahmen des Gebotsverfahrens und der Vertragsannahme finanzielle Sicherheiten zu hinterlegen. §20 des Erneuerbaren-Ausbau-Gesetzes regelt die Anforderungen an ebenjene Gebote. In 9 Punkten wird einerseits auf das Vorhandensein wichtiger Personendaten, andererseits auf Details zur Art der Energiequelle, den Standort der Anlage, eine Projektbeschreibung, Details zur Gebotsabgabe wie die Gebotsmenge in

kW und den Gebotswert, sowie weitere notwendige Angaben und Nachweise eingegangen. In den folgenden Paragraphen werden schließlich unter anderem die Modalitäten bei Gebotseinreichung, Sicherheitsleistungen und Zuschlagsverfahren erläutert.

Die jährlichen Ausschreibungen werden per Verordnung festgelegt. Weitere Informationen finden Sie bei der EAG Abwicklungsstelle [16] bzw. im Rechtsinformationssystem des Bundes unter ris.bka.gv.at.

Neben dem Investitionszuschuss im Rahmen des EAG kann für PV-Anlagen bis 100 kWp sowie innovative PV-Anlagen bis 1 MWp auch eine Kombination von Bundes-, Landes- und Gemeindeförderungen in Anspruch genommen werden. Einen guten Überblick über die bundesweiten und länderspezifischen Förderungen für PV-Anlagen bietet der SonnenKlar Förderkompass [17].

Für die Umrechnung bei der landwirtschaftlichen Produktion von tierischen Erzeugnissen ist der Großvieheinheiten (GVE-)Umrechnungsschlüssel für landwirtschaftliche Nutztiere des Grünen Berichts 2022 zu verwenden [20]. Dieser befindet sich auf Seite 247, Tabelle 6.3.3 des Berichts.

Nützliche Links zu Agri-PV Förderungen:

[EAG-Abwicklungsstelle](#)

[SonnenKlar Förderkompass](#)

[Gesetze und Regelwerke](#)

[Rechtsinformationssystem des Bundes](#)

[Grafische Hilfestellung für Agri-PV-Anlagen](#)

[Grüner Bericht 2022 des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft,](#)

[Regionen und Wasserwirtschaft, S. 247, Tabelle 6.3.3](#)

6 Show-how

Diese bereits abgeschlossenen Projekte dienen als inspirierende Vorzeigebispiele, die sowohl die Machbarkeit als auch die Sinnhaftigkeit der Integration von Photovoltaik in landwirtschaftliche Betriebe unterstreichen. In diesem Kapitel werden einige dieser wegweisenden Projekte näher betrachtet und somit die Vielfalt der möglichen Agri-PV Anwendungen hervorgehoben.

6.1 Agri-Photovoltaik-Projekt Bruck an der Leitha, Energiepark Bruck an der Leitha GmbH, EWS Consulting GmbH, Universität für Bodenkultur Wien

- Anlagenart: Nachgeführte Anlage (bodennahes Tracking)
- Installierte Leistung: ca. 3,03 MWp
- Fläche: ca. 5,5 ha
- Ort: 2460 Bruck an der Leitha

Die nachgeführte PV-Anlage wurde von der EWS Consulting mit dem Energiepark Bruck an der Leitha und der BOKU Wien als Partner errichtet. Versuchs-, Vergleichs- und Kontrollflächen sollen wissenschaftlich verwertbare Ergebnisse zu Agri-PV-Anlagen produzieren. Die 5 m breiten Anlagen in einer Höhe von 2,8 m beanspruchen durch die Aufständigung nur 2 % der Fläche, die direkt darunterliegende Fläche (18 %) wird als Biodiversitätsstreifen genutzt, damit sind 80 % der Fläche weiterhin landwirtschaftlich nutzbar. Eine Besonderheit an der Anlage ist, dass die PV-Module nachführbar sind, das heißt sie folgen dem Verlauf der Sonne. Dadurch wird die Produktionskurve der PV-Module abgeflacht. Zudem ist die Anlagenausrichtung durch Programmierung mehrerer Modi auch per Handy-App steuerbar, beispielsweise um landwirtschaftliche Bewirtschaftung zu ermöglichen oder die Beregnung der Flächen zu gewährleisten. Abbildung 15 zeigt eine beispielhafte Darstellung des Bewirtschaftungssystems. Die Bewirtschaftungsbreite kann je nach Bedarf an die landwirtschaftliche Kultur bzw. Bewirtschaftung angepasst werden. Am EWS Sonnenfeld in Bruck an der Leitha werden verschiedene Bewirtschaftungsbreiten (6 m, 9 m, 12 m) in Kombination mit

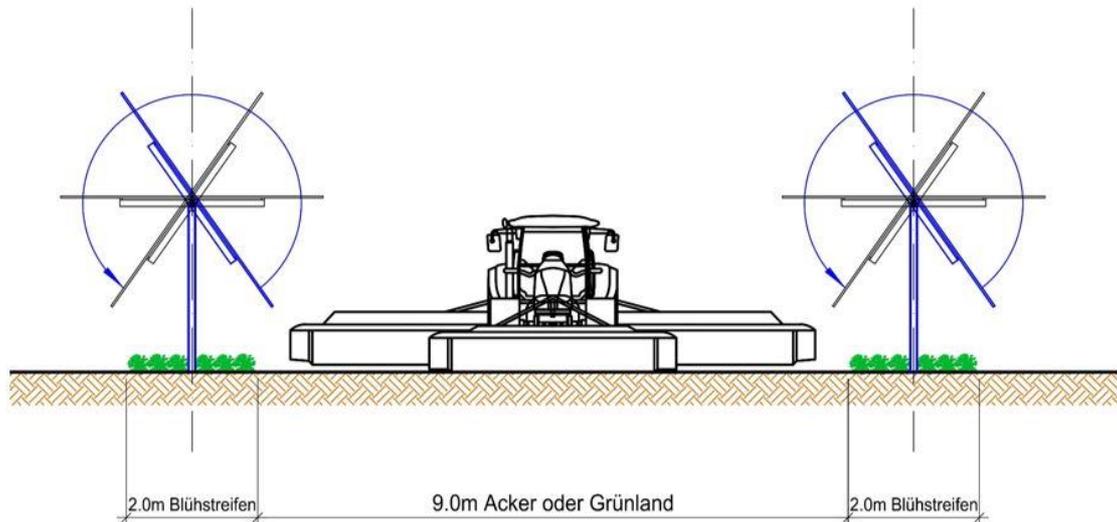
unterschiedlichen landwirtschaftlichen Kulturen untersucht. Im Frühjahr 2022 wurden alle Bewirtschaftungsschritte erfolgreich getestet und im Juli dieses Jahres die erste Weizen- und Mohnernte eingebracht.

Abbildung 13: Die nachgeführte PV-Anlage besteht aus bifazialen Modulen, deren Ausrichtung sich automatisiert am Stand der Sonne orientiert



Quelle: EWS Consulting GmbH

Abbildung 14: Schematische Darstellung des Agri-PV Systems mit einer Bewirtschaftungsbreite von 9 Metern und 2 Meter breiten Blühstreifen unter den Modulen



Quelle: EWS Consulting GmbH

6.2 Agri-Photovoltaik-Projekt Gabersdorf, Next2Sun Austria GmbH

Technische Daten

- Anlagenart: Vertikale Anlage
- Installierte Leistung: ca. 1,9 MWp
- Fläche: ca. 5,1 ha - davon ca. 90 % landwirtschaftlich genutzt
- Ort: 8424 Gabersdorf

Abbildung 15: Die vertikale Agri-PV-Anlage im steirischen Gabersdorf ist hier während der Kürbisblüte zu sehen.



Quelle: Next2Sun AG

In Gabersdorf befindet sich eine vertikale Agri-PV-Anlage mit einer Größe von ca. 2 MWp auf einer Fläche von 5,1 ha. Durch die richtig geplanten Reihenabstände lassen sich landwirtschaftliche Kulturen wie beispielsweise Kürbis, Soja und Getreide ohne starke Einschränkungen anbauen. Nutzungskonkurrenzen der Fläche bei gleichzeitiger Stromproduktion werden minimiert. Bifaziale, also PV-Module die das Licht beidseitig nutzen können, erhöhen die Leistung der Anlage bei weniger benötigter Fläche. Dies und die durchdachte Ausrichtung der Anlage führen zu einer Verlagerung der Produktionsspitzen der Anlage. Diese wird nicht mittags erreicht, sondern verschiebt sich in die Vor- und Nachmittagsstunden. Das Projekt wird zudem für drei Jahre wissenschaftlich begleitet, um das Wissen über Synergien zwischen landwirtschaftlicher Nutzung und PV-Stromproduktion zu erweitern.

6.3 Agri-Photovoltaik-Projekt Kressbronn am Bodensee, Kompetenzzentrum Obstbau Bodensee, ISE

Technische Daten

- Anlagenart: Aufgeständerte Anlage
- Installierte Leistung: ca. 230 kWp
- Fläche: ca. 0,4 ha
- Ort: 88079 Kressbronn am Bodensee (DE)

Abbildung 16: Die aufgeständerte PV-Anlage in Kressbronn am Bodensee (DE). Darunter wird Obstbau betrieben.



Quelle: AgriPV-Solutions

Die 0,4 ha große Pilotanlage im deutschen Kressbronn am Bodensee wurde als gemeinsames Forschungsprojekt des Kompetenzzentrums Obstbau Bodensee und dem Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) verwirklicht. Die Anlage besteht aus aufgeständerten PV-Modulen mit einer installierten Leistung von 230 kWp. Die darunterliegende Fläche wird zum Beeren- und Apfelanbau genutzt. Im Zuge der Forschungsaktivitäten sollen gegenseitige Effekte der Nutzungsformen aufeinander weiter untersucht werden. Das sind die Effekte der Anlage auf die Obstkulturen, beispielsweise veränderte Lichtverhältnisse oder Starkregen- und Hagelschutz, und umgekehrt wird untersucht, wie sich die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln auf die Anlagenteile auswirkt.

6.4 Agri-Photovoltaik-Projekt Wien, Wien Energie GmbH, Universität für Bodenkultur Wien

Technische Daten

- Anlagenart: Vertikale Anlage
- Installierte Leistung: ca. 158 kWp
- Gesamtfläche (inkl. Freiflächen PV): ca. 12,5 ha
- Ort: 1220 Wien

Im 22. Wiener Gemeindebezirk erforschen die Wien Energie GmbH und die Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) die Doppelnutzung landwirtschaftlicher Flächen zur Energiegewinnung bei gleichzeitigem Kulturpflanzenanbau. Es kommen bifaziale, vertikale Module zum Einsatz. Durch die Ost-West-Ausrichtung der Anlage wird am meisten Strom produziert, wenn auch der Verbrauch am höchsten ist – in den Morgenstunden und ab dem Nachmittag. Laut Wien Energie können ca. 85 % der Fläche weiterhin zum Ackerbau genutzt werden. Ungefähr 14 % der Fläche fungieren als Blühstreifen und ca. 1 % sind durch das PV-Gerüst bebaut. Durch die Modulabstände von 10 Metern lassen sich die Flächen weiterhin mit herkömmlichen Geräten bewirtschaften ohne Anlagenteile zu beschädigen. Für Landwirtinnen und Landwirte stellen solche PV-Anlagen zudem ein weiteres wirtschaftliches Standbein dar.

Abbildung 17: Die Bewirtschaftung der Flächen durch landwirtschaftliche Geräte ist aufgrund der Modulabstände problemlos möglich



Quelle: Wien Energie/ Raphael Faschang

6.5 Agri-Photovoltaik-Projekt Haidegg, ECOwind GmbH, Versuchsstation Obst- und Weinbau Haidegg

Technische Daten

- Anlagenart: Aufgeständerte Anlage
- Installierte Leistung: ca. 340 kWp
- Fläche: ca. 0,3 ha
- Ort: 8044 Haidegg

Abbildung 18: Aufgeständerte Agri-PV-Anlage in Haidegg in Kombination mit einer jungen Apfelplantage



Quelle: BMK

Im Juni 2022 wurde in Haidegg in der Steiermark die Agri-PV-Anlage der Versuchsstation Obst- und Weinbau Haidegg und der ECOwind GmbH in Betrieb genommen. Die Idee eine landwirtschaftliche Fläche doppelt zu nutzen, um einerseits erneuerbaren Strom zu produzieren und andererseits Synergieeffekte bei der Überdachung von Obstkulturen mit PV-Modulen genauer erforschen zu können, entstand im Februar 2021. Die 1134 Stücke der 49 % lichtdurchlässigen PV-Module, die eine Fläche von 2.775 m² überdachen, sollen die darunterliegenden Stein- und Kernobstkulturen vor Hagel und Starkregen sowie vor leichten Frösten schützen. Zudem entsteht durch die Überdachung ein Kühleffekt im Sommer, der mit einem Mehrertrag der Obstkulturen einhergeht. Der Eigenverbrauch des so produzierten erneuerbaren Stroms liegt bei 70 %.

7 Über klimaaktiv

klima**aktiv** ist die Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). Seit 2004 bietet sie in den Themenschwerpunkten „Bauen und Sanieren“, „Energiesparen“, „Erneuerbare Energie“ und „Mobilität“ ein umfassendes, ständig wachsendes Spektrum an Information, Beratung sowie Weiterbildung und setzt Standards, die international Vorbildcharakter haben.

klima**aktiv** zeigt, dass jede Tat zählt: Jede und jeder in Kommunen, Unternehmen, Vereinen und Haushalten kann einen aktiven Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leisten. Damit trägt die Initiative zur Umsetzung des nationalen Energie- und Klimaplanes (NEKP) für Österreich bei. Näheres unter klimaaktiv.at

Die Klimakrise, stark volatile Energiepreise und die Abhängigkeit von fossilen Energieimporten machen einen Ausbau der erneuerbaren Energieproduktion in Österreich unerlässlich. Damit die nationalen Ziele der Klimaneutralität und Energiewende erreicht werden, muss die Geschwindigkeit des Ausbaus beschleunigt werden. Dies unterstützt das Programm klima**aktiv** „Erneuerbare Energiewende“. Wir identifizieren Hürden der Umsetzung von Projekten in Gemeinden, Unternehmen und bei Bürger:innen, zeigen Handlungsoptionen auf und liefern Fakten zur Energiewende. Mehr unter klimaaktiv.at/erneuerbare.

Kontakt

Strategische Gesamtsteuerung klima**aktiv**

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie

Sektion Klima und Energie

Abteilung VI/12 - Dialog zu Energiewende und Klimaschutz

Stubenbastei 5, 1010 Wien

Programmmanagement klima**aktiv** Erneuerbare Energiewende

Österreichische Energieagentur

Lorenz Strimitzer

lorenz.strimitzer@energyagency.at

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Typische Agri- PV-Anlage im Weinbau.....	6
Abbildung 2: Überblick der verschiedenen Agri-PV Systeme und deren Anwendungsfelder. PV auf lichtundurchlässigen Gebäuden wie indoor oder vertical farming oder Scheunen und auch Biodiversitäts-PV sind keine Agri-PV Anwendungen im engeren Sinn	9
Abbildung 3: Schematische Darstellung der verschiedenen Agri-PV Anlagenkonstruktionen. 1: Hochaufgeständerte fixe Module; 2: Hochaufgeständerte Module mit Nachführungssysteme a) Einachsig, b) Zweiachsig; 3a): Bodennahe Module mit einachsiger Nachführung b) Bodennahe fixe Module; 4: Vertikale bifaziale Module	11
Abbildung 4: Agri-PV Anlage im Obstbau.....	14
Abbildung 5: Graßende Schafe vor Agri-PV-Anlage	16
Abbildung 6: Agri-PV-Anlage in Kressbronn mit zusätzlichen Hagelnetzen.....	18
Abbildung 7: Aufbau eines schlauchförmigen siliziumfreien Dünnschichtmoduls in einer Glasröhre von tubesolar AG	20
Abbildung 8: Agri-PV System mit schlauchförmigen Dünnschichtmodulen in Kombination mit Tomaten.....	21
Abbildung 9: Vertikale APV-Anlage mit bifazialen Modulen.....	23
Abbildung 10: Vergleich der Investitionskosten (CAPEX) und Betriebskosten (OPEX) von aufgeständerten, sowie bodennahen Agri-PV (APV) Anlagen und Freiflächenanlagen (FFA-PV) aus den Studien von Fraunhofer ISE (FH) und SolarInput (SI) [5,10].....	27
Abbildung 11: Verschiedene Variationen von Geschäftsmodellen für die Integration von Photovoltaikanlagen in landwirtschaftliche Betriebe (in Anlehnung an Fraunhofer [5])....	29
Abbildung 12: Übersicht der vier Phasen der Errichtung einer Agri-PV-Anlage. In Anlehnung an PV Austria 2023 [13]	32
Abbildung 13: Die nachgeführte PV-Anlage besteht aus bifazialen Modulen, deren Ausrichtung sich automatisiert am Stand der Sonne orientiert	44
Abbildung 14: Schematische Darstellung des Agri-PV Systems mit einer Bewirtschaftungsbreite von 9 Metern und 2 Meter breiten Blühstreifen unter den Modulen	45
Abbildung 15: Die vertikale Agri-PV-Anlage im steirischen Gabersdorf ist hier während der Kürbisblüte zu sehen.	46
Abbildung 16: Die aufgeständerte PV-Anlage in Kressbronn am Bodensee (DE). Darunter wird Obstbau betrieben.	47
Abbildung 17: Die Bewirtschaftung der Flächen durch landwirtschaftliche Geräte ist aufgrund der Modulabstände problemlos möglich	49

Abbildung 18: Aufgeständerte Agri-PV-Anlage in Haidegg in Kombination mit einer jungen
Apfelplantage 50

Literaturverzeichnis

[1] BMK 2021: Bundesgesetz über den Ausbau von Energie aus erneuerbaren Quellen (Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz EAG) §4 URL:

ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20011619

[2] BMK 2023: Integrierter österreichischer Netzinfrastrukturplan (Entwurf zur Stellungnahme) S. 34 URL:

bmk.gv.at/themen/energie/energieversorgung/netzinfrastrukturplan.html

[3] Fechner (2020): Ermittlung des Flächenpotentials für den Photovoltaik-Ausbau in Österreich: Welche Flächenkategorien sind für die Erschließung von besonderer Bedeutung, um das Ökostromziel realisieren zu können – mit Fokus auf bis 2030 realisierbare PV-Potentiale im Gebäudesektor und technische Potentiale auf anderen Flächen. S. 40 URL:

oesterreichsenergie.at/fileadmin/user_upload/Oesterreichs_Energie/Publikationsdatenbank/Studien/2020/PV-Studie_2020.pdf

[4] Umweltbundesamt (2023): Flächeninanspruchnahme. URL:

umweltbundesamt.at/umweltthemen/boden/flaecheninanspruchnahme

[5] Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (2022): Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende; Ein Leitfaden für Deutschland. URL:

ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/agri-photovoltaik-chance-fuer-landwirtschaft-und-energiewende.html

[6] Solarenergie.de (2021): Bifaziale Module – beidseitig PV-aktive Solarmodule. URL:

solarenergie.de/solarmodule/arten/bifaziale-module

[7] Kerstin Wydra, Susann Prichta (2022): Evaluation of Crops Suitable for Agrivoltaics in Germany-a Review URL: [cms2023.agrivoltaics-](https://cms2023.agrivoltaics-conference.org/program/displayattachment/0b9ce9dcaf1b07639a9f6ad1ca434bc?filename=15443.pdf&mode=abstract)

[conference.org/program/displayattachment/0b9ce9dcaf1b07639a9f6ad1ca434bc?filename=15443.pdf&mode=abstract](https://cms2023.agrivoltaics-conference.org/program/displayattachment/0b9ce9dcaf1b07639a9f6ad1ca434bc?filename=15443.pdf&mode=abstract)

[8] Gerardo Lopez et al. (2023): Protecting Flowers of Fruit Trees from Frost with Dynamic Agrivoltaic Systems (World Conference Agri Voltaics 2023)

[9] Mikovits Christian et al. (2021): A Spatially Highly Resolved Ground Mounted and Rooftop Potential Analysis for Photovoltaics in Austria. URL: mdpi.com/2220-9964/10/6/418

[10] Kerstin Wydra et al (2022) SolarInput: Potential der Agri-Photovoltaik in Thüringen. URL: solarinput.de/wp-content/uploads/2022/05/APV-Studie_19052022_Final.pdf

[11] Tubesolar (2023): URL: tubesolar.de/

[12] Next2Sun (2013): Mögliche Modelle der Zusammenarbeit. URL: next2sun.com/agri-pv/agri-pv-anlagen-landwirte-freiflaechen/

[13] PV Austria (2023): Handlungsanleitung für die Errichtung von PV-Anlagen. Schwerpunkt: Netzanschluss. URL: pvaustria.at/neue-handlungsanleitung-fuer-die-errichtung-von-pv-anlagen-veroeffentlicht/

[14] CPG Sonnenkraftwerke (2023): Projektablauf. URL: cpg-power.at/pv-anlagen/

[15] PV Austria (2023): Factsheet EAG. URL: pvaustria.at/news/erneuerbaren-ausbau-gesetz/

[16] EAG Abwicklungsstelle (2023): URL: www.eag-abwicklungsstelle.at/

[17] PV Austria (2023): SonnenKlar Förderkompass. URL: pvaustria.at/foerderungen/

[18] PV Austria (2023): Kurzversion Übersicht zur Anzeige- und Genehmigungspflicht von Photovoltaikanlagen (Stand November 2023). URL: pvaustria.at/wp-content/uploads/Kurzversion-Leitfaden-zur-Anzeige-und-Genehmigungspflicht-von-PV-Anlagen.pdf

[19] CPG Sonnenkraftwerke (2023): Kooperationsmodell URL: cpg-power.at/pv-anlagen/

[20] BML 2022: Grüner Bericht 2022: Die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft URL: gruenerbericht.at/cm4/jdownload/send/2-gr-bericht-terreich/2398-gb2022

**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie**

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

+43 (0) 800 21 53 59

servicebuero@bmk.gv.at

bmk.gv.at