

Agro-Photovoltaik

Christian LASTA¹, Georg KONRAD²

Agrophotovoltaik: Doppelnutzung von Böden bei Flächenfraß als Gebot der Stunde

Kurzfassung: Hohe Einspeisetarife für Strom zur Jahrtausendwende haben in Deutschland und Österreich für Erneuerbare Energie (EE) zu einem Flächenkonflikt zwischen der Nahrungsmittelproduktion und der Energieproduktion geführt. Der Bedarf an CO₂ freiem Strom wächst und Photovoltaik (PV)-Anlagen können den Flächenkonflikt zwischen Strom- und Lebensmittelproduktion entschärfen und als Symbiose mit der Landwirtschaft gemeinsam betrieben werden. Landwirte würden nicht zu Energiewirten mutieren, und es würde keine zusätzliche Bodenversiegelung verursachen.

Dass sich Landwirtschaft und PV-Anlagen nicht gegenseitig ausschließen müssen, hat die Fraunhofer Gesellschaft bereits im Jahr 1981 mit dem Artikel Kartoffel unter dem Kollektor in der Zeitschrift Sonnenenergie publiziert. Götzberger und Zastrow haben bereits damals berechnet, dass Ackerflächen mit Solarmodulen in zwei Meter Höhe und einem Abstand, der etwa das Dreifache der Kollektorhöhe beträgt, eine fast gleichmäßige Bestrahlung erreichen.

In einer theoretischen Ausarbeitung wurden agrarische Photovoltaikanlagen – kurz Agro-PV-Anlagen – als besonders ressourcenschonende Sonderformen von PV-Freiflächenanlagen einerseits und andererseits als die großflächige Nutzung von Konstruktionsflächen in der direkten landwirtschaftlichen Produktion determiniert. Dadurch ergaben sich eine mögliche Auswahl an Varianten mit einer Unterteilung in die drei Hauptkategorien Ackerflächen, Gewächshäuser und Gebäude. Mittels Gesetzesanalysen und intrinsischer Recherche bei Stakeholdern, wie z.B. Ingenieurbüros, Modulherstellern, Netzbetreibern oder Gebietskörperschaften wurden Preise für Voruntersuchungen, Planungen, Anschlusskosten sowie Widmungs- und Genehmigungsszenarien für Agro-PV- Freiflächenanlagen, PV-Anlagen auf Gewächshäuser oder auf landwirtschaftlichen Gebäuden eruiert. Die Analyse der wenigen vorhandenen Agro-PV-Freiflächenanlagen in Deutschland, Frankreich, Italien und Japan haben ergeben, dass alle Betreiber, irrelevant ob es sich um Versuchsanlagen mit wissenschaftlichem Hintergrund, Vorzeigeanlagen der Hersteller oder individuelle Eigeninitiativen handelt, neben dem selben Primärziel, nämlich die ressourcenschonende Erzeugung von CO₂ freiem Strom, die unterschiedlichsten Aufstellungsvarianten aufgrund verschiedener Sekundärziele verfolgen.

Um die energie- und umweltpolitischen Erfordernisse in Einklang bringen zu können, ist die Wirtschaftlichkeit der Agro-PV-Anlagen als der wichtigste Faktor hinzuzuziehen.

Über diverse Richtlinien hat die Europäische Kommission Förderungen und Einspeisetarifordnungen nur unzureichend geregelt, sodass jedes Land die Vorgaben in einem Landes-

¹ Masterabsolvent „Europäische Energiewirtschaft“ an der FH Kufstein Tirol Bildungs GmbH, Qualitätsmanager Fa. Fritz Egger GmbH & Co OG 6380 St. Johann in Tirol

² Fachhochschule Kufstein Tirol Bildungs GmbH, Andreas-Hofer-Str. 7, 6330 Kufstein, Tel.: 0043/5372/71819-119, georg.konrad@fh-kufstein.ac.at, www.fh-kufstein.ac.at

gesetz individuell regelt. Dadurch ergeben sich unterschiedliche Maßstäbe für die Einspeisung und Förderung von Agro-PV-Anlagen. Sämtliche Möglichkeiten und Fördervarianten für Österreich und Bayern wurden im Rahmen dieser Arbeit eruiert.

Im empirischen Part der Arbeit wurden die generierten Informationen miteinbezogen und pro Hauptkategorie eine oder zwei unterschiedliche Agro-PV-Beispielanlagen, in Summe 23, mit den gesetzlich möglichen Fördervarianten in Österreich und Bayern in Bezug auf Wirtschaftlichkeit berechnet und analysiert. Die Wirtschaftlichkeit wurde zuerst anhand einer statischen Amortisationsrechnung über 20 Jahre durchgeführt. War diese positiv wurde mit der dynamischen Kapitalwertmethode, mit einem angenommenen Kalkulationszinssatz von $i = 5\%$ weitergerechnet. Bei der Berechnung mittels Kapitalwertmethode für die gesetzliche Abschreibungsdauer von 20 Jahren war die Wirtschaftlichkeit unter den angenommenen Parametern nur bei einer Agro-PV-Anlage auf Gebäuden bis 40 kWp in Bayern und der Fördervariante EEG 2017 gegeben. Die restlichen 22 Agro-PV-Anlagen waren unwirtschaftlich. Agro-PV-Freiflächenanlagen hatten bereits statisch negative Ergebnisse von € 119.503 bis € 247.705. Mit den aktuell gültigen Vorschriften ist der Einklang noch nicht zu bewerkstelligen, Förderungen in diesem Bereich würden jedoch den ländlichen Raum stärken sowie den Ausbau Erneuerbarer Energien vorantreiben.

Keywords: Photovoltaik, Doppelnutzung, Bifacial, Erneuerbare Energien

1 Einleitung

Die Versorgung mit elektrischer Energie ist zu einem Grundbedürfnis der Menschheit in der modernen Zivilisation geworden. Der Energiehunger steigt stetig an, und die Stromproduktion wurde bis zur ersten Elektrizitätsbinnenmarkttrichtlinie, Richtlinie 96/92/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Dezember 1996 betreffend gemeinsamer Vorschriften für den Elektrizitätsbinnenmarkt, zum überwiegenden Teil durch zentrale Großkraftwerke sichergestellt. Die zentralen Großkraftwerke werden hauptsächlich mit fossilen Energieträgern befeuert, mit Kernbrennstäben bestückt oder mit potentieller und kinetischer Energie des Wassers betrieben. Sowohl die Klimaerwärmung durch die Emissionen des Treibhausgases Kohlenstoffdioxid (CO_2) aus der Verbrennung fossiler Energie, die immer noch nicht gelöste Problematik der Endlagerung des Atommülls, als auch die Atomunfälle von Tschernobyl 1986 und Fukushima 2011 haben bereits ein Umdenken zugunsten Erneuerbarer Energien (EE) bewirkt.

Durch das von der EU verordnete ownership unbundling Erzeugung / Netze und die Verpflichtung der Netzbetreiber zur Abnahme des dezentral erzeugten Stroms aus EE über Feed in tariffs (Fit) haben ein Boom der Ökostromanlagen ausgelöst.

Aufgrund der hohen Fit wurden auch ehemals für die Nahrungsmittelproduktion genutzte landwirtschaftliche Flächen für den Anbau von Energiepflanzen wie z.B. Mais oder für PV-Anlagen, und somit für die Produktion von EE, verwendet, wodurch es zum ersten Mal zu einer Flächenkonkurrenz Nahrungsmittel – Energie kam. Novellen dieser Gesetze in unterschiedlichen Zeitabständen haben bis heute die Fit immer weiter gesenkt. Einzelne Varianten der EE sind sowohl in Österreich als auch in Deutschland aus der Förderung herausgefallen, obwohl ihre Art der Stromerzeugung CO_2 frei ist, um diese Flächenkonkurrenz zu ent-

schärfen bzw. zu vermeiden. Agro-PV ist in der Lage, diese Konkurrenz zu entkoppeln und CO₂ freie Energie synergetisch mit der Landwirtschaft zu produzieren.

Dass sich Landwirtschaft und PV-Anlagen nicht gegenseitig ausschließen müssen, hat die Fraunhofer Gesellschaft bereits im Jahr 1981 mit dem Artikel Kartoffeln unter dem Kollektor in der Zeitschrift Sonnenenergie publiziert. Goetzberger und Zastrow vom Institut Solare Energiesysteme haben damals berechnet, dass Ackerflächen, mit Solarmodulen in etwa 2 m Höhe und mit einem Abstand, der etwa das Dreifache der Kollektorhöhe beträgt, eine fast gleichmäßige Bestrahlung erreichen.³ Obwohl diese Erkenntnis über 25 Jahre zurück liegt und der Bedarf an CO₂ frei erzeugter Energie weltweit zunimmt, ist Agro-PV auf Ackerflächen nahezu nicht existent. Die Politik in Österreich und Deutschland hat es schlicht verabsäumt, Agro-PV-Frei-Flächen-Anlagen (FFA) als ressourceneffiziente Landnutzung mit einer Legaldefinition zu versehen und zu fördern, um damit direkte Innovationen voranzutreiben. Obwohl mit der Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und Rates vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG in Absatz 4 vorgegeben ist, dass bei der Förderung der Marktentwicklung für EE Quellen, die positiven Auswirkungen für regionale und lokale Entwicklungsmöglichkeiten zu berücksichtigen sind⁴, sind in Österreich im Jahr 2017 PV-Anlagen, welche auf Freiflächen errichtet werden, nicht mehr mittels Fit förderfähig.⁵ In Deutschland sind im EEG 2017 § 37 Freiflächen unter anderem unterteilt in Konversionsflächen aus wirtschaftlicher oder militärischer Nutzung, Seitenrandstreifen von Autobahnen und Schienenwegen, Flächen der Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BimA) und Ackerflächen in benachteiligten Gebieten und dürfen pro Gebot eine zu installierte Leistung von 10 Megawatt (MW) nicht überschreiten.⁶ Agro-PV FFA werden somit weder in Österreich noch in Deutschland mittels einer Einspeisetarifförderung gefördert.

2 Agro-PV

Agro-PV ist einerseits die großflächige Nutzung der Flächen von Konstruktionen, in denen direkte landwirtschaftliche Produktion stattfindet, und andererseits eine Sonderform von FFA, welche eine Kombination aus Stromerzeugung mittels PV Modulen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen bei gleichzeitiger, den Jahreszeiten entsprechender Bewirtschaftung dieser Flächen darstellt. Eine durchwegs maschinelle Bewirtschaftung kann nur erfolgen, wenn die Anlage mehrere Meter oberhalb der zu bewirtschaftenden Flächen installiert ist. Nicht zur Agro-PV zählen Anlagen auf Wohngebäuden, dem sogenannten Bauernhaus, dem Zuhause oder auf landwirtschaftlichen Nebengebäuden wie Gerätschuppen, welche nur der Unterbringung von Gerätschaften oder Futter dienen, bzw. dem Nutzvieh als kurzzeitiger Unterstand ohne wirkliche Schutzfunktion dient.

Aufgrund dieser regelgebenden Definition von Agro-PV ergibt sich, wie in Abbildung 1 ersichtlich, eine mögliche Auswahl an Varianten mit einer Unterteilung in die drei Hauptkategorien Ackerflächen, Gewächshäuser und Gebäude. Diese Kategorien können in weitere Seg-

³ Goetzberger; Zastrow, 1981

⁴ Richtlinie 2009/28/EG, 2009

⁵ OeMAG, 2017

⁶ EEG 2017, 2016

mente unterteilt werden. Verschiedene Sektoren wie z.B. Tierproduktion und Ackerbau können im Einsatzgebiet der Agro-PV nicht immer genau abgegrenzt werden und vermischen sich zunehmend. Die Anwendungsbereiche der Agro-PV-Anlagen können zudem aufgrund ihrer Installationsmöglichkeiten diversifiziert werden, wobei sich wiederum im Geflügelsektor eine Vermischung der beiden Hauptkategorien Ackerbau und Gebäude ergeben kann

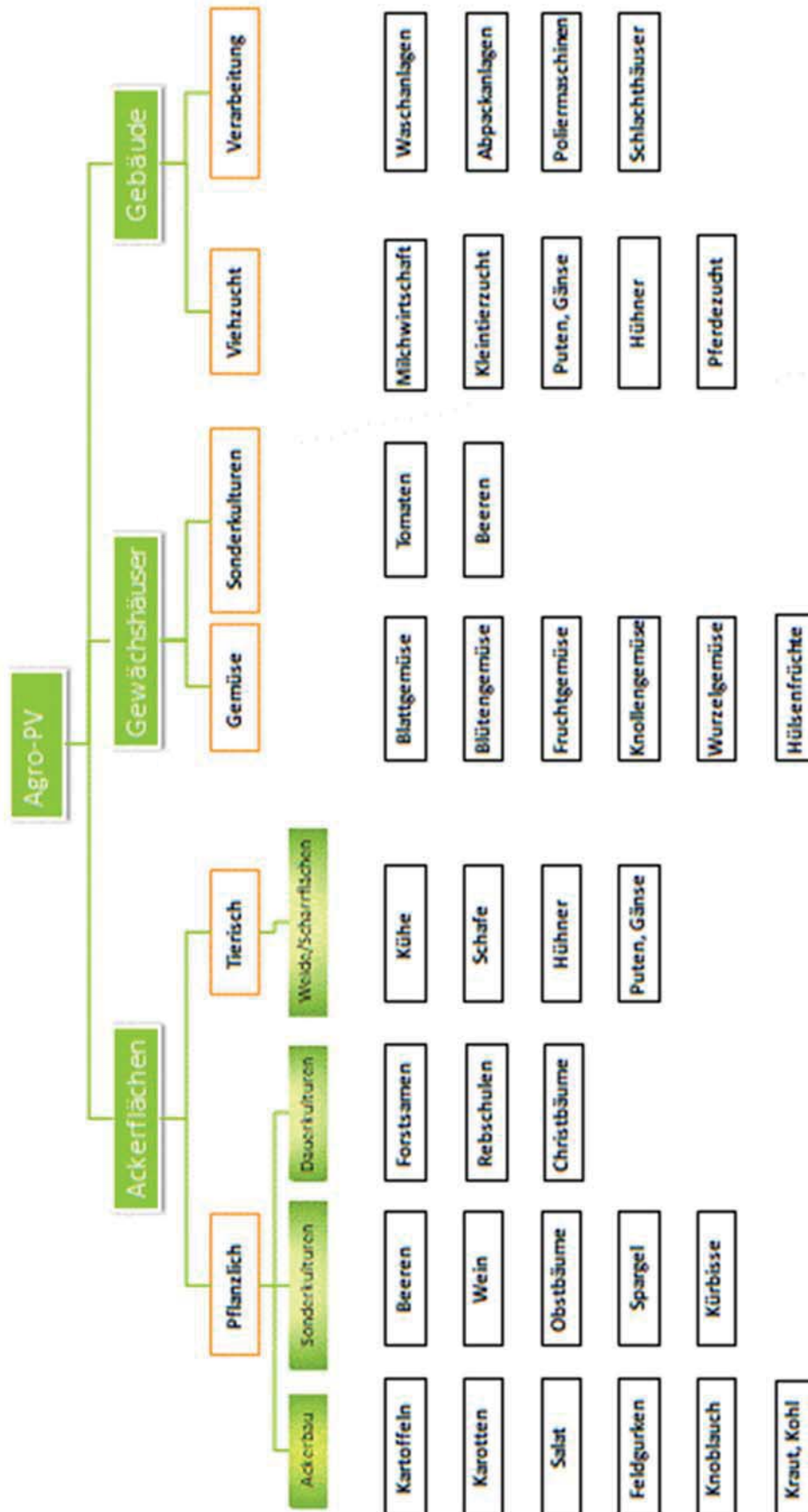


Abbildung 1: Übersicht von Agro-PV-Varianten

(Eigene Darstellung; modifiziert nach: Konrad, 2017; Goetzberger; Zastrow, 1981)

3 Bereits realisierte Agro-PV-Anlagen

Die Idee, Strom mittels PV-Anlagen zu produzieren und darunter landwirtschaftliche Produkte wachsen zu lassen, existiert bereits seit 1981. Die Umsetzung begann kurz nach der Jahrtausendwende. Fehlende Genehmigungen, unmittelbare und mittelbare Verbote, Unwissenheit über die Auswirkungen der Kulturpflanzen durch die Beschattung oder wirtschaftliche Unrentabilität um nur einige negativen Aspekte zu nennen, setzen einen gewissen Pioniergeist voraus. Dennoch wurden einige Agro-PV-Anlagen bereits errichtet.

3.1 Deutschland

Im Oktober 2013 wurde am Institut für Gartenbau an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf eine Agro-PV Versuchsanlage installiert. Die Grundidee war, eine ca.30 kWp PV-Anlage zu bauen, die Strom für den Eigenverbrauch produziert, und unter der, die Fakultät Gartenbau und Lebensmitteltechnologie. Die Anlage besteht aus neun Movertischen mit insgesamt 90 Modulen und einer installierten Leistung von 22,5 kWp auf 491,4 m².⁷

Im Juli 2016 wurde in der Bodenseeregion Heggelbach (HGH) eine der neuesten und modernsten Forschungsanlagen in Betrieb genommen, die von zahlreichen Instituten und Einrichtungen geplant, subventioniert und begleitet wird.

Zur Umwandlung der Strahlung in Strom wurden 720 bifaciale Module der Fa. SolarWorld angebracht, was einer verbauten Leistung von 194,4 kWp entspricht. Wie in Abbildung 2 ersichtlich, sind diese Module beidseitig aktiv und können auch die Photonen, welche auf die Unterseite treffen, zur Stromerzeugung nutzen.

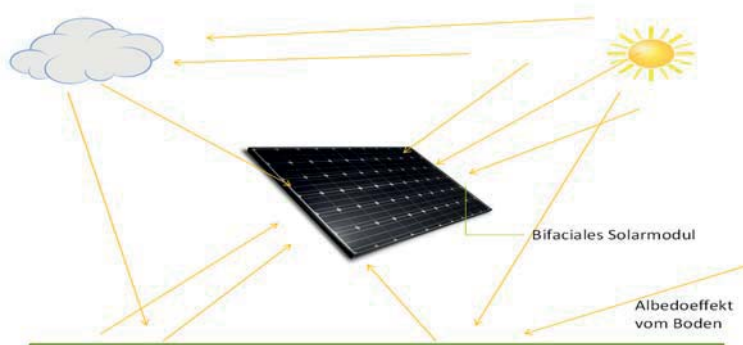


Abbildung 2: Bifaciales PV-Modul

(Eigene Darstellung: modifiziert nach: SolarWorld AG 2017)

3.2 Frankreich

2010 begann das Schweizer Unternehmen Tritec mit der technischen Entwicklung für eine Agro-PV-Anlage auf Gewächshäusern. 2012 wurde in Montélimar mit Installationspartnern

⁷ Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, 2017

vor Ort die Anlage montiert. Die PV-Anlage mit 13.440 Modulen und einer installierten Leistung von 2,5 MWp und einer Fläche von 4 ha soll im Jahr rund 3 GWh produzieren.⁸

3.3 Italien

Der Umstand, dass Pflanzen aufgrund der Klimaerwärmung zu viel Wärme abbekommen und nicht mehr die Erntequalität liefern, führte zu einer Agro-PV-Anlage in Italien. In der Provinz Brescia wurde im Ort Villa Crespia, wie in Abbildung 3 zu sehen, eine PV-Anlage über die Rebstöcke errichtet, um eine gezielte Beschattung der Trauben zu erreichen.



Abbildung 32: Agro-PV zur gezielten Beschattung von Rebstöcken⁹

Das italienische Solarunternehmen Corditec hat auf ihrer Plantage in der Nähe von Teramo 67 sun Tracker mit insgesamt 800 kWp installiert. Sun Tracker sind einzelne Einheiten, wovon jede mittels eigenem Fundament und einer bis zu 6 m hohen Säule in der Mitte für die Stabilität sorgt. Am Ende der Säule sind die Module montiert. Die Module sind nachgeführt. Durch die zweiachsige Nachführung dreht sich der Schatten wie von einem Baum, bedeckt dadurch ständig verschiedene Flächen und schützt die angebauten Kulturen vor zu viel Sonne.¹⁰

Vier bis zu 3,8 MWp große Agro-PV-Pilotanlagen wurden in den Jahren 2010 bis 2011 in Norditalien von der Firma Revolution Energy Maker, welche mittlerweile RemTec s.r.l. heißt, installiert.¹¹ Eine Trackereinheit besteht aus einem 12 m langen Rohr, an dem links und rechts jeweils 4 Flügel mit PV Modulen angebracht sind, und hat eine installierte Leistung von 10,46 kWp. Diese Einheiten werden in 4,5 m Höhe montiert. Pro 1 MWp werden bei dieser Variante 1,5 bis 2,2 ha Land benötigt.¹²

In Padua wurde von der Firma Solyndra für die Firma Azienda Agricola Zanchin, eine Großgärtnerei, die Blumen und Gemüse für den italienischen Markt anbaut, eine Agro-PV-Anlage in ein standartmäßiges Tunnelgewächshaus integriert. Auf der 7.700 m² großen Fläche wurde eine 598 kWp Anlage, mit den nur von Solyndra hergestellten zylindrischen Modulen auf Kupfer-Indium-Germanium-Diselenid (CIGS) Basis, installiert. Die Anlage wurde mit 890

⁸ Tritec AG, 2012

⁹ Fraunhofer Gesellschaft, 2017a

¹⁰ Corditec srl, 2017

¹¹ Becker, 2011, S. 32

¹² RemTec srl, 2017

MWh Jahresertrag prognostiziert und hatte Anspruch auf die Italienische Einspeisevergütung. Die zylindrischen Module konnten sich, wie die Abbildung 3 zeigt, vor allem gekrümmten Oberflächen anpassen.



Abbildung 3: Zylindrische Module von Solyndra¹³

Solyndra meldete im Jahr 2011 Insolvenz an und stellte die Produktion dieser Module ein.

3.4 Japan

Bereits im Jahr 2004 entwickelte Akira Nagashima, in Japan eine Art Pergola mit Solarmodulen, nachdem er sich mit der Photosynthese befasst hatte, und dabei den Lichtsättigungspunkt untersuchte. Er kam zu dem Erkenntnis, dass eine Pflanze nur bis zu diesem Sättigungspunkt Licht verarbeiten kann. Eine über diesen Sättigungspunkt hinausgehende Bestrahlung kann eine Pflanze nicht mehr positiv verwerten. Die japanische Regierung verbot jedoch die Installation von PV Anlagen auf Ackerland, und es dauerte bis zum Jahr 2013 bis es legalisiert wurde.¹⁴

3.5 Agro-PV-Anlagen weltweit

Obwohl die meisten Betreiber von Agro-PV-Anlagen, irrelevant ob es sich um Versuchsanlagen mit wissenschaftlichem Hintergrund, Vorzeigeanlagen der Hersteller oder individuelle Eigeninitiativen handelt, das selbe Primärziel verfolgen, nämlich die ressourcenschonende Erzeugung von CO₂ freiem Strom in Kombination mit dem Anbau von vorbestimmten Kulturen unterhalb der Anlage, wird durch die unterschiedlichsten Sekundärziele und Standorte jede Anlage anders dimensioniert und determiniert. Wie in Tabelle 1 ersichtlich, haben alle, hier angeführten, realisierten Agro-PV-Anlagen andere Werte, aufgrund der verschiedensten Aufstellungsvarianten und Sekundärzielen. Vor allem bei den zweiachsig nachgeführten Trackern ist zu beachten, dass jeder Tracker zwei eigene Motoren benötigt und eine unterirdische Verkabelung jeweils in beide Richtungen verlegt werden muss. Bei aufgeständerten fixmontierten Modulen entfällt die Zuleitung, und es benötigt nur eine Leitung zu Wechselrichter und weiter zum Einspeisepunkt.

¹³ Weka Fachmedien GmbH, 2011

¹⁴ Movellan, 2013

Tabelle 1: Ausgewählte Parameter realisierter Agro-PV-FFA
 (Eigene Darstellung)

Land/Region/Betreiber	Modul-anzahl	Leistung [kWp]	Fläche [m ²]	nachgeführt	Höhe [m]
Japan	348	34	750	nein	3,0
Japan	600	50	33.000	nein	5,0
Frankreich/ Tritec	13.440	2.500	40.000	nein	3,5
Italien/RemTec	Tracker 1.032	10.800	210.000	zweiachsig	4,5
Italien/Teramo	Tracker 67	800		zweiachsig	5,0-6,0
Deutschland/HSWT	90	22	491	einachsig	3,5
Deutschland/HgH	720	194	3.400	nein	6,0

4 Realisierungshindernisse

Agro-PV Anlagen gelten als Kraftwerke und unterliegen dadurch gesetzlichen Genehmigungsverfahren.

4.1 Agro-PV Einspeisung ins Stromnetz

Die Netze sind über Jahrzehnte gewachsen und wurden vor allem für die zentrale Energieerzeugung ausgelegt.

Durch die gesetzlichen Bestimmungen zur Netzöffnung sind die physikalischen Gesetze aber nicht verändert worden, und daher kann nicht jeder Stromerzeuger seinen, jetzt dezentral erzeugten Strom, einfach in das nächstgelegene Netz einspeisen. Aus diesem Grund konnte der Gesetzgeber die Netzbetreiber nicht dazu verpflichten, PV-Anlagen generell anzuschließen. Es wird vorgegeben, dass der designierte Betreiber bereits vor dem geplanten Bau einer im Parallelbetrieb laufenden PV-Anlage Kontakt mit dem Netzbetreiber aufzunehmen hat, denn für die Einspeisung ist der Abschluss eines Netzzugangsvertrages mit dem Netzbetreiber abzuschließen.

Während bei PV Anlagen mit 40 kWp der Abtransport der Energie, je nach Entfernung zur nächstgelegenen Trafostation noch mit Niederspannungskabeln erfolgen kann, sind bei 100 kWp Anlagen bereits Mittelspannungskabel erforderlich. Recherchen bei Netzbetreibern haben ergeben, dass für Niederspannungskabel inkl. Grabungsarbeiten mindestens 80 € netto pro Laufmeter zu berücksichtigen sind, und für Mittelspannungskabel inkl. Grabungsarbeiten mindestens 150 €. Diese Werte können sich aufgrund von diversen Bodenbeschaffenheiten auf das Vielfache erhöhen. Je nach Ausbaustufe kann die Errichtung einer zusätzlichen Trafostation inkl. Trafo erforderlich sein. Dafür berechnen die Netzbetreiber mindesten 55.000 €. Die Kosten werden dem Einspeiser in der Regel in vollem Umfang weiterbelastet.¹⁵ Für den Netzanschluss der APV Resola in Heggelbach musste der Netzbetreiber Mittelspannungskabel legen und eine Trafostation bauen. Die Kosten beliefen sich auf 73.000 € und mussten dem Netzbetreiber in vollem Umfang bezahlt werden.¹⁶ Mit ähnlich hohen Kosten ist in ländlicher Struktur für jede Agro-PV-Anlage zu rechnen, egal ob es sich um eine Agro-PV-FFA oder eine Agro-PV-Anlage auf einem Gebäude handelt.

¹⁵ Anonym, 2017

¹⁶ Fraunhofer Gesellschaft, 2017b

4.2 Widmungs- und Genehmigungsszenario für Agro-PV-FFA

Die Widmung und Genehmigungssituation in Österreich und Deutschland ist vor allem für Agro-PV-FFA und für Agro-PV-Anlagen auf Gewächshäuser sehr individuell gestaltet. Nicht nur, dass jedes Bundesland seine eigene Gesetzgebung hat, problematisch ist vor allem das entscheidende Abstimmungsprozedere in jeder Gemeinde unterschiedlich ist. Die Abstimmung im Gemeinderat, ob geheim oder mittels Handzeichen, basiert auf politischen, sozialen und persönlichen Motiven jedes einzelnen Gemeinderatmitglieds, und die einfache Mehrheit entscheidet. Bei negativem Entscheid wird dies dem Widmungswerber mitgeteilt und bedarf neben dem Abstimmungsergebnis keinerlei weiterer Begründung.

4.3 PV-Förderung in Österreich und Deutschland

Die EU hat am 30.01.1997 die Richtlinie 96/92/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Dezember 1996 betreffend gemeinsame Vorschriften für den Elektrizitätsbinnenmarkt veröffentlicht, und hier bereits angeführt, dass in einigen Mitgliedsstaaten gemeinwirtschaftliche Verpflichtungen erforderlich sein werden, um den Umweltschutz zu gewährleisten, den der freie Wettbewerb alleine nicht gewährleisten kann.¹⁷ Da es sich um eine Richtlinie und keine Verordnung handelt, können die beiden Länder die Fördermaßnahmen im Rahmen dieser Richtlinie individuell festlegen, und dementsprechend unterschiedlich und vielfältig wurden sie gestaltet.

5 Fazit

In Summe wurden 23 Agro-PV-Anlagen, mit den gesetzlich möglichen Fördervarianten in Österreich und Bayern in Bezug auf Wirtschaftlichkeit berechnet und analysiert. Die Wirtschaftlichkeit wurde zuerst anhand einer statischen Amortisationsrechnung über 20 Jahre durchgeführt. War diese positiv wurde mit der dynamischen Kapitalwertmethode, mit einem angenommenen Kalkulationszinssatz von $i = 5\%$ weitergerechnet. Bei der Berechnung mittels Kapitalwertmethode für die gesetzliche Abschreibungsdauer von 20 Jahren war die Wirtschaftlichkeit unter den angenommenen Parametern nur bei einer Agro-PV-Anlage auf Gebäuden bis 40 kWp in Bayern und der Fördervariante EEG 2017 gegeben. Die restlichen 22 Agro-PV-Anlagen waren unwirtschaftlich. Agro-PV-Freiflächenanlagen hatten bereits statisch negative Ergebnisse von € 119.503 bis € 247.705. Mit den aktuell gültigen Vorschriften ist der Einklang noch nicht zu bewerkstelligen. Förderungen in diesem Bereich würden jedoch den ländlichen Raum stärken sowie den Ausbau Erneuerbarer Energien vorantreiben.

¹⁷ Richtlinie 96/92/EG, 1996

6 Quellen

- Anonym, (2017): Preisanfragen an diverse Netzbetreiber zu Anschlusskosten für eine Agro-PV-Anlage. Mitteilung diverser Netzbetreiber welche namentlich bzw. der Firmenname nicht genannt werden darf, 2017. telefonisch an Lasta.
- Becker D., (2011): photovoltaik_09_2011_Doppelte_Ernte. In: *Photovoltaik* 2011 (09), S. 28–32. Online verfügbar unter http://www.pv-magazine.de/archiv/artikel/beitrag/doppelte-ernte-_100005963/, zuletzt geprüft am 15.03.2017.
- Corditec srl, (2017): Our plant - Campo d'Eco | Corditec Teramo | High Efficiency Solar Trackings systems | Photovoltaic systems. Corditec srl, I-64020 Pagliare di Morro d'Oro. Online verfügbar unter <http://corditec.it/solare/page-campo.php?page=impianto&title=campo%20d%27eco&id=77>, zuletzt geprüft am 15.03.2017.
- EEG 2017, (2016): Gesetz zur Einführung von Ausschreibungen für Strom aus erneuerbaren Energien und zur weiteren Änderungs des Rechts der erneuerbaren Energien (Erneuerbaren-Energien-Gesetz - EEG 2017) Bundesgesetzblatt für Deutschland Jahrgang 2016 Teil I Nr. 49, ausgegeben zu Bonn am 18. Oktober 2016, Inkrafttreten 1. Jänner 2017.
- Fraunhofer Gesellschaft, (2017a): Agro-PV Weinbau. Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., D-80686 München. Online verfügbar unter <http://www.agrophotovoltaik.de/weiterfuehrende-informationen/erfolgsgeschichten/italien-wein/>, zuletzt geprüft am 03.03.2017.
- Fraunhofer Gesellschaft, (2017b): Netzanschlusskosten, 26.04.2017. per Mail von Trommsdorff M., an Lasta. Office 365.
- Goetzberger A.; Zastrow A., (1981): Kartoffel unter dem Kollektor. In: *Sonnenenergie* 1981 (3), S. 19–22.
- Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, (2017): Ergebnisse aus der Forschung der letzten Jahre, 25.04.2017. per Mail von Bodmer U., an Lasta. Office 365.
- Movellan J., (2013): Japan Next-Generation Farmers Cultivate Crops and Solar Energy. Online verfügbar unter <http://www.renewableenergyworld.com/articles/2013/10/japan-next-generation-farmers-cultivate-agriculture-and-solar-energy.html>, zuletzt geprüft am 02.03.2017.
- OeMAG, (2017): Oemag Abwicklungsstelle für Ökostrom AG. OeMAG Abwicklungsstelle für Ökostrom AG, A-1090 Wien. Online verfügbar unter <http://www.oemag.at/de/foerderung/photovoltaik/>, zuletzt geprüft am 22.02.2017.
- RemTec srl, (2017): Technology. RemTec srl, I-46040 Casalromano. Online verfügbar unter <http://www.remtec.energy/technology/>, zuletzt geprüft am 03.03.2017.
- Richtlinie 96/92/EG, (1996): Richtlinie 96/92/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Dezember 1996 betreffend gemeinsame Vorschriften für den Elektrizitätsbinnenmarkt 1996
- Richtlinie 2009/28/EG, (2009): Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG.
- Tritec AG, (2012): Photovoltaikanlage auf Gewächshäusern. TRITEC Services AG, TRITEC Project Engineering AG, CH-4123 Allschwil. Online verfügbar unter <http://www.tritec-energy.com/de/tritec/news-info-16.01.2012-01/>, zuletzt geprüft am 24.04.2017.
- Weka Fachmedien GmbH, (2011): Solyndra: Solarmodule für Gewächshäuser. Weka Fachmedien GmbH, D-85540 Haar. Online verfügbar unter <http://www.smarterworld.de/smart-generation/solar/artikel/79816/>, zuletzt geprüft am 24.04.2017.