

# Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

## AGROPHOTOVOLTAIK

Ein entscheidender Grund für die Bundesregierung, den Ausbau Erneuerbarer Energien (EE) zu forcieren, war, den Ausstoß von klimaschädlichen Treibhausgasen in Deutschland stärker zu reduzieren und damit den Klimawandel zu bekämpfen. Agrophotovoltaik könnte durch eine ressourceneffiziente Doppelnutzung landwirtschaftlicher Flächen die Sonnenenergie sowohl in elektrischen Strom als auch in pflanzliche Biomasse (Phytomasse) umwandeln.

Seit Einführung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (**EEG**) im Jahr 2000 ist der Flächenbedarf für den Energiepflanzenanbau in Deutschland von etwa 0,6 Mio. Hektar (ca. 3,5 Prozent der landwirtschaftlichen Gesamtnutzfläche) auf etwa 2,4 Mio. Hektar (ca. 14 Prozent) im Jahr 2016 angestiegen. Zeitgleich dazu kam es zu einem Wachstum der Photovoltaik (PV) in den vergangenen zehn Jahren, wobei 2016 deutschlandweit PV-Anlagen mit einer Leistung von etwa 41 000 MW<sub>p</sub> am Netz waren. Im Zuge einer wachsenden Nachfrage steigt jedoch der Druck auf die landwirtschaftlich genutzten Flächen für den Energiepflanzenanbau und zukünftig auch für die Freiflächen-Photovoltaik.

Die Verfügbarkeit von Anbauflächen für Biomasse ist begrenzt und die Effizienz der Photosynthese verhältnismäßig gering, nur etwa drei Prozent der Sonnenenergie werden in chemische Energie umgewandelt - im Vergleich zum durchschnittlichen Wirkungsgrad von mehr als 15 Prozent bei PV-Modulen. Aufgrund einer steigenden Nachfrage nach Agrarprodukten und der damit einhergehenden Landnutzungskonkurrenz zwischen Nahrung, Energie und Kraftstoff sucht man vermehrt nach möglichen Alternativen, Bodenfläche mehrfach zu nutzen.

### Flächen doppelt nutzen

Um eine bestmögliche Kombination beider Energieträger zukünftig zu realisieren, könnte hier die Agrophotovoltaik (APV) einen möglichen Lösungsansatz aufzeigen. Bereits 1981 veröffentlichte dazu Prof. Adolf Goetzberger, Gründer des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme (ISE), in der Zeitschrift „Sonnenenergie“ einen Artikel mit dem Titel „Kartoffeln unter dem Kollektor“. So könnte durch eine ressourceneffiziente Doppelnutzung landwirtschaftlicher Flächen die Sonnenenergie sowohl in elektrischen Strom als auch in pflanzliche Biomasse (Phytomasse) umgewandelt werden. Denkbar ist somit der Anbau von Nutzpflanzen unter Photovoltaik-Modulen, welcher eine Mehrfachnutzung des

Bodens aufzeigt und so zu einer Entschärfung der Flächenkonkurrenz beitragen könnte. Eine flächendeckende Umsetzung des Systems wäre in der Lage, im Vergleich zu großflächigen Monokulturen eine abwechslungsreichere Kulturlandschaft zu schaffen.

## **Pilotanlagen**

Bereits bestehende APV-Anlagen im In- und Ausland, wie beispielsweise die Forschungsanlage der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (ca. 30 kW<sub>p</sub>), der Universität Montpellier in Frankreich (ca. 50 kW<sub>p</sub>) oder der italienischen Unternehmen R.E.M. (Revolution Energy Maker) S.p.A., Italien (> 1 MW<sub>p</sub>) und Corditec, Italien (ca. 800 kW<sub>p</sub>), haben das System bereits erfolgreich erprobt und können die vielfältige Anwendung beim Anbau unterschiedlicher Feldfrüchte aufzeigen. Die mit Abstand größte APV-Anlage ging allerdings 2016 in Ningxia, China ans Netz und besitzt eine installierte Leistung von 700 MW<sub>p</sub>.

## **Demeter-Pilotprojekt am Bodensee**

Die deutschlandweit größte APV-Pilotanlage steht seit September 2016 auf Ackerflächen der Demeter-Hofgemeinschaft Heggelbach in der Region Bodensee-Oberschwaben (Abbildung 1) und verfügt derzeit über eine genutzte Versuchsfläche von etwa zweieinhalb Hektar. Der Bau der Anlage wurde unter der Leitung des Fraunhofer ISE in Zusammenarbeit mit sechs weiteren Projektpartnern der Innovationsgruppe APV-RESOLA geplant und umgesetzt. Diese sind gemeinsam im Projekt „Agrophotovoltaik-Ressourceneffiziente Landnutzung“ ([www.agrophotovoltaik.de](http://www.agrophotovoltaik.de)) vertreten und decken hierbei ein breites Portfolio an unterschiedlichen Kompetenzbereichen ab. Eine Förderung des Forschungsprojekts wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und FONA (Forschung für Nachhaltige Entwicklung) realisiert.

Die auf der Versuchsfläche installierte APV-Anlage beansprucht eine Fläche von etwa einem Drittel Hektar Ackerfläche und besitzt eine installierte Leistung von 194 kW<sub>p</sub>, welche jährlich 62 Haushalte versorgen könnte. Zum Einsatz kommen hierbei 720 bifaziale monokristalline Solarmodule der Firma SolarWorld. Sie sind in der Lage, die reflektierte Umgebungsstrahlung auf der Rückseite einzufangen und effektiv umzuwandeln (Abbildung 3). Unter Realbedingungen ermöglichen diese eine Leistungssteigerung der Anlage und damit einen Mehrertrag um bis zu 25 Prozent gegenüber klassischen monokristallinen PV-Systemen.



Abbildung 1: Die Agrophotovoltaik-Pilotanlage in Heggelbach am Bodensee. (Foto: Fraunhofer ISE)



Abbildung 2: Getreideernte und APV-Anlage (Foto: Hofgemeinschaft Heggelbach)



Abbildung 3: Bifaziales Solarmodul (Quelle: SolarWorld Industries GmbH)

## Landwirtschaftliche Erträge

Unter den in fünf Metern Höhe installierten PV-Modulen in Heggelbach werden innerhalb der Projektlaufzeit simultan die Kulturen Weizen, Klee gras, Kartoffeln und Sellerie angebaut und im Vergleich zur Referenzfläche hinsichtlich ihrer Erträge getestet (Abbildung 2). Die vorläufigen Ergebnisse sind vielversprechend und zeigen nach den ersten Anbauphasen, dass die kulturabhängigen Ernteverluste durchschnittlich von weniger als fünf Prozent bei Klee gras bis zu 19 Prozent bei Weizen schwanken. Gesamt betrachtet konnten somit Ernteerträge von mindestens 80 Prozent im Vergleich zum Referenzfeld ohne PV-Module erzielt werden.

Damit eine ausreichende und gleichmäßige Verfügbarkeit an Licht für die darunter angebauten Pflanzen gewährleistet werden konnte, wurde ein weiterer Reihenabstand der installierten PV-Module gewählt als bei klassischen Freiflächenanlagen (FFA). Im Vergleich zu PV-FFA kann damit bis zu 30 Prozent weniger Leistung pro Flächeneinheit



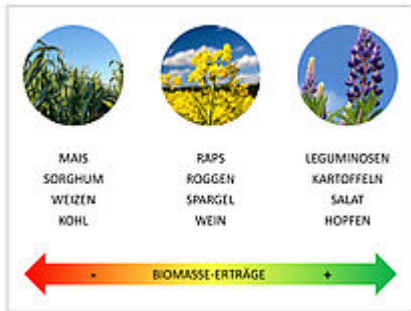


Abbildung 6: Ertragsabschätzungen exemplarisch ausgewählter Ackerkulturen unter APV in Deutschland

## Anforderung an die Technik

Die PV-Technik unterscheidet sich im Vergleich zu FFA lediglich durch ihre Aufständigung. Hier müssen für den Landwirt die notwendigen Durchfahrthöhen individuell beachtet werden. Außerdem gilt es, bei der Positionierung der Punktfundamente darauf zu achten, welche Fahrbreiten bewerkstelligt werden müssen, um Doppelbefahrungen zu vermeiden. Die sehr hohe Aufständigung bedingt eine nicht unerhebliche Kostensteigerung. Daher muss die Höhe der Anlage hinsichtlich der angebaute Kulturen und Erntetechnik optimiert werden. Bezogen auf die Fläche werden weniger Module im Vergleich zu einer klassischen FFA verbaut.

Es müssen die Erträge der Nutzpflanzen sowie der PV-Anlage in ein wirtschaftliches Optimum gebracht werden. Dies bedeutet auch, dass die Kosten für die Aufständigung pro installierter Kilowatt-Leistung weiter ansteigen. Folglich ist es ratsam, bei der Wahl des Moduls besonders effiziente und hochwertige Module zu verbauen. Ziel ist es, den Ertrag pro Fläche bei gleicher Aufständigung zu steigern und daher ist die Verwendung von monokristallinen Modulen empfehlenswert. Diese weisen deutlich höhere Wirkungsgrade als Polykristalline oder Dünnschichtmodule auf.

Besonders wichtig für einen dauerhaft hohen Ertrag ist ein gutes Monitoring. So können Verschmutzung und technische Probleme frühzeitig erkannt und entsprechend schnell auch eine bedarfsgerechte Reinigung oder Reparatur durchgeführt werden. Um natürliche Reinigungseffekte zu verstärken, ist eine X-Modulanordnung denkbar. Nach einer durch die Erntearbeiten verbundenen Staubentwicklung sollten die Module aber in den meisten Fällen mit kalkarmem Wasser gereinigt werden.

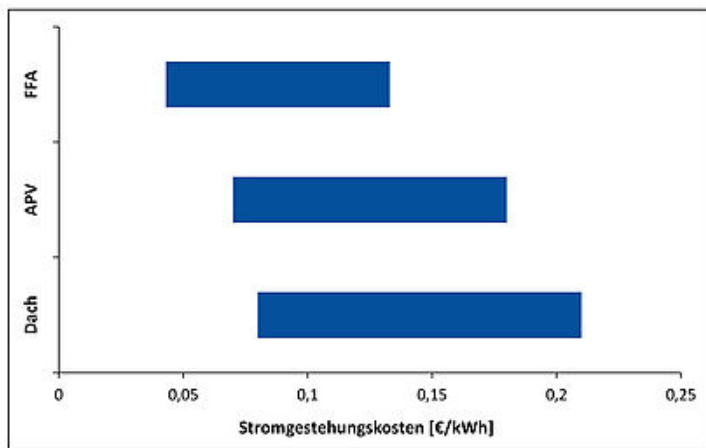


Abbildung 7: Stromgestehungskosten, Vergleich von FFA, APV und Dachanlagen (Quelle: Fraunhofer ISE, PV-Ausschreibung 2017)

## Ökonomisches Potenzial

Die Chance einer großflächigen Nutzung von APV ist stark von regulatorischen Rahmenbedingungen und zumindest in der Startphase auch von Förderungen abhängig. Allerdings geht es weniger um eine Subvention der PV-Module über das EEG, wichtiger noch ist es die vielfältigen staatlichen Abgaben zu überprüfen und marktgerecht anzupassen, da die PV-Technik in den vergangenen zehn Jahren eine enorme Preisreduktion erfahren hat. Sie ist heute schon in sonnenreichen Regionen günstiger als fossile Energieträger. Die Aufständigung der APV-Module kann mit Skaleneffekten noch günstiger werden. Ein Vergleich der Stromgestehungskosten zwischen Dach-, APV- und Freiflächenanlagen zeigt in Abbildung 7 die deutlich sichtbaren finanziellen Einsparpotenziale, die sich durch die APV ergeben.

Bisher kann die APV jedoch nur unter optimalen Bedingungen in Deutschland wirtschaftlich arbeiten. Der Betreiber einer aktuellen APV-Anlage muss wegen der fehlenden Förderung über das EEG versuchen, seine elektrische Energie vom Feld weitestgehend selbst zu verbrauchen oder direkt an angrenzende Nutzer zu veräußern. Für eine zeitnahe großtechnische Hebung der Potenziale in Deutschland müsste der Gesetzgeber die APV in der Vergütung zumindest an FFA angleichen.

Eine weitere Hürde schafft der Gesetzgeber mit der Definition einer APV-Anlage als Sondergebiet anstelle einer landwirtschaftlichen Nutzfläche. Heißt, der Landwirt erhält keine Agrarsubventionen mehr aus EU-Fördermitteln.

## Fazit

Die APV bietet ein hohes technisches Potenzial, um die

wachsende Flächenkonkurrenz zwischen Energieerzeugung und Lebensmittelproduktion zu entschärfen. Das ausgegebene Potenzial hängt jedoch maßgeblich von den landwirtschaftlichen Nutzpflanzen und einer gleichmäßigen und ausreichenden Einstrahlung ab. Des Weiteren müssten in Deutschland APV-Anlagen in den Fördertatbestand des EEG aufgenommen und ihre Definition als Sondergebiet abgeändert werden. Nur so können auch die ökonomischen Vorteile für den Landwirt geschaffen und gleichzeitig die Energiewende in Deutschland dynamischer vorangetrieben werden.