

Sieben Agri-Photovoltaiksysteme im Überblick

Montage: Wie lassen sich auf der gleichen Fläche sowohl Pflanzen anbauen als auch viel Strom gewinnen? Das geht übereinander, nebeneinander, auf Gestellen und an Seilen. Experten probieren pfiffige Ideen aus, um für jede Pflanzensorte die beste Lösung zu finden.

Herkömmlich oder vertikal montierte Module, auf Stahlträgern oder in Spannseilkonstruktionen befestigt, als nachgeführte oder fix montierte Photovoltaikanlage: So klein die Zahl von Agri-Photovoltaiksystemen noch ist, so groß ist schon die Bandbreite an Designs. Eines eint sie alle: Sie sollen neben der Solarstromerzeugung auch Landwirtschaft auf dem Acker ermöglichen. Doch damit nicht genug: die Entwickler wollen zusätzlichen Nutzen durch die Systeme schaffen, indem sie beispielsweise die Umgebungsbedingungen für Pflanzen verbessern.

Christoph Mayr vergleicht am Austrian Institute of Technology AIT verschiedene Agri-Photovoltaiksysteme. „Wir stehen bei den Agrar-Photovoltaiksystemen noch ganz am Anfang“, sagt der Business Manager Photovoltaiksysteme im Center

for Energy. „Es gibt noch kein Standardsystem, das überall geeignet ist.“ Aufgrund der komplexen Anforderungen geht er davon aus, dass es standort- und anwendungsspezifische Systeme geben wird.

Agri-Photovoltaiksysteme sollen wenig invasiv sein, also die Fläche minimal beeinträchtigen. Für die Fundamente soll möglichst wenig Beton verwendet werden. Die Anlagen sollen rückbaubar sein und das mit geringen Belastungen für den Boden. Dazu kommen weitere Kriterien. Sie betreffen die Skalierbarkeit, die Sicherheit von Komponenten und System sowie die Robustheit mit Blick auf die örtlichen Wind- und Schneelasten. Arbeits- und Anprallsicherheit müssen gewährleistet sein, die Zugänglichkeit möglich, allerdings mit Schutz für Menschen und Anlage. Schadstoffresistenz bei Einflüssen wie

Foto: Sun'Agri



Sun'Agri reduziert mit seinem System Wasser-, Strahlungs- und Wärmestress für die Pflanzen. Das System eigne sich laut Hersteller besonders für den Weinanbau, Obstbäume und Gartenpflanzen.

Ammoniakdüngungen bei Tierhaltung muss gegeben sein. Bei der Kombination von Landwirtschaft und Photovoltaik ist es zudem die Mindestanforderung, dass der Fruchtbau nicht verschlechtert, sondern eher verbessert wird. „Wartung und Reparaturen sind auf ein absolutes Minimum zu reduzieren“, so Mayr.

Die schiere Menge an Anforderungen lässt erahnen, wie anspruchsvoll die Entwicklung ist. Deshalb kommt der AIT-Experte zu dem Schluss, dass es nicht vorrangig die traditionellen Entwickler von Freilandanlagen seien, die diese Systeme konstruieren, sondern ambitionierte Entwickler, die neue Möglichkeiten erforschen und erproben möchten. Welches Anlagenkonzept sich durchsetzen werde, sei offen. „Jedes System hat standortspezifisch seine Berechtigung, und es gibt überall eine unterschiedliche Motivation wie Beschattung, Hagelschutz oder andere.“ Davon hänge am Ende auch die wirtschaftliche Bewertung ab.

parkfläche für Landwirtschaft sollen so weiterhin nutzbar sein, da sowohl Tiere als auch Maschinen zwischen den Modulen problemlos passieren können.

Die erste kommerzielle Anlage ging 2020 in Donaueschingen in Betrieb. Auf rund 14 Hektar Fläche wurden auf 5.800 Gestellelementen rund 11.000 bifaziale Solarmodule montiert. Die Anlagenleistung liegt laut Next2Sun bei 4,1 Megawattpeak und der Jahresenergieertrag bei 4.850 Megawattstunden.

Landwirtschaft wieder ermöglichen

Next2Sun hat das Anlagenkonzept zusammen mit der Solverde Bürgerkraftwerke Energiegenossenschaft eG zur Marktreife gebracht. Letztere hat 2020 die Solverde Projektentwicklung GmbH gegründet. Sie bietet zusätzlich zu der Variante mit senkrecht aufgeständerten Modulen auch ein Anlagenkonzept mit einachsigen Trackern an. „Beide Varianten haben Vor- und Nachteile“, erklärt Frank Albers, Projektleiter und Geschäftsführer.



Foto: Next2Sun

Bifaziale Agri-Photovoltaikanlage: Next2Sun montiert bifaziale Module senkrecht und in Ost-West-Ausrichtung. Anfang 2020 ging bei Donaueschingen eine 4,1-Megawatt-Anlage mit dem System in Betrieb.

Erste Anlagenkonzepte in Deutschland

In Deutschland war es die Forschungsanlage des Fraunhofer ISE in Heggelbach, welche als Erstes die Aufmerksamkeit auf die Agrar-Photovoltaik lenkte. Die 194-Kilowatt-Anlage ging 2016 in Betrieb. Die bifazialen Module sind mit einem Neigungswinkel von 20 Grad auf einer robusten Stahlkonstruktion montiert. Sie hat zwar den Vorteil, dass große landwirtschaftliche Geräte unter den Modulen hindurchfahren können, durch den großen Bedarf an Stahl ist das Konzept jedoch relativ teuer und wird voraussichtlich in dieser Form nicht erneut gebaut.

Während diese Art Aufbau ein Forschungsvorhaben blieb, ging Next2Sun mit seiner neuartigen vertikalen Modulmontage gleich mit dem Ziel der Kommerzialisierung an den Start. Next2Sun montiert bifaziale Solarmodule senkrecht und in Ost-West-Ausrichtung in einem Pfosten-Riegel-Stahlkonstrukt und wurde für die Pilotinstallation schon im Jahr 2017 als pv magazine highlight top innovation ausgezeichnet (pv magazine September 2017, Seite 10). Bis zu 90 Prozent der Solar-

ter der Projektentwicklungsgesellschaft, diese Entscheidung. „Interessant beim Tracker ist natürlich, dass er einen besonders hohen Ertrag liefert. Allerdings sind dafür auch die Investitionskosten höher. Die senkrechte Bauweise bewirkt einen regelrechten Einbruch der Leistung in der Mittagszeit, während der Tracker eher ein Plateau liefert.“

Im sächsischen Lüptitz soll, sobald alle Verträge unterzeichnet sind, eine 2010 gebaute Freilandanlage mit Südausrichtung und amorphen Silizium-Dünnschichtmodulen mit dem neuen Tracker-System und bifazialen Modulen repowert werden. „Weil es eine EEG-Anlage ist, legen wir die neue Anlage mit der gleichen Leistung wie vorher aus“, sagt Albers. Da die neuen Module eine deutlich höhere Leistung haben, entsteht Platz zur Bewirtschaftung. „Bei zwölf Metern Abstand zwischen den Modulreihen wird wieder Landwirtschaft möglich sein, wo vorher nur Strom erzeugt wurde.“

Aktuell plant Solverde nach eigenen Angaben weitere Anlagen für Landwirte. „Es ist möglich, bifaziale Module einzuset-

zen“, so Albers. „Das muss aber nicht sein.“ Die Reihenabstände und Tracker-Leistung werden individuell mit den Kunden vereinbart. Zum Ernten und Pflügen können die Module mit den Trackern senkrecht gestellt werden. Außerdem erhöhen die Tracker den Ertrag. Um den Strom auch außerhalb des engen EEG-Rahmens vermarkten zu können, will Solverde „idealerweise“ Anlagen mit mindestens zehn Megawatt Leistung bauen und die erzeugte Energie über Stromlieferverträge (PPAs) verkaufen. Hier sollen über 90 Prozent der Fläche für nicht zu hoch wachsende Feldfrüchte oder sonstige Landwirtschaft nutzbar bleiben, bei circa 350 Kilowattpeak Photovoltaikleistung pro Hektar.

Smarte Anlage in Frankreich

Auf Nachführung setzt auch Sun'Agri in Frankreich. Die Tochterfirma von Sun'R will Landwirten dabei helfen, die Folgen des Klimawandels zu bewältigen. Nach zehn Jahren Forschung

flächen lassen entweder die Sonne zu den Pflanzen durch oder blockieren zu viel Licht und Wärme. Die Modultische werden auf Stahlträgern, die keinen Beton für das Fundament benötigen, installiert. In einer Höhe von vier bis fünf Metern über dem Boden werden sie der Sonne nachgeführt. Zwischen den Reihen sind Abstände von sieben bis neun Metern möglich. Sun'Agri hatte zuvor fest installierte Module getestet, dabei aber festgestellt, dass die Ernte wegen Sonnenlichtmangels beeinträchtigt war.

Das nachgeführte System ist für Regionen bestimmt, in denen die Folgen des Klimawandels schon spürbar sind, zum Beispiel Südfrankreich. Darunter können Wein, Obstbäume und Gartenpflanzen wie Tomaten und Salat angebaut werden. Drei Anlagen nutzt Sun'Agri für Forschungszwecke, in den kommenden zwei Jahren sollen 30 Anlagen in Frankreich installiert werden.

Foto: REM Tec



REM Tec optimiert mit einer selbst entwickelten Software und ein- und zweiachsigen Trackern das Schattenmanagement.

und Entwicklung ist die Kommerzialisierung eingeläutet. „Wir haben ein Tool entwickelt, das die Pflanzen vor Klimaveränderungen schützt, um Wasser-, Strahlungs- und Wärmestress für die Pflanzen zu reduzieren“, sagt Marketing-Leiterin Anne-Laure Gorge. „Es ist eine Lösung, die das Klima unter den Modulen reguliert“. So werde der Ernteertrag gesteigert.

„Die Steuerung übernimmt ein selbst entwickelter Algorithmus.“

Die beweglichen Modultische gleichen einer Art Sonnenblende über den Pflanzen. Die Steuerung übernimmt ein selbst entwickelter Algorithmus. Parameter sind der Pflanzentyp, die Ziele des Landwirts und die Wettervorhersage. Die Modul-



Illustration: Solverde Projektentwicklung

Bei dem Solverde-System mit einachsigen Trackern können die Modultische zum Ernten und Pflügen senkrecht gestellt werden (rechts).

Tracker-System mit bifazialen Modulen

Auch REM Tec in Italien verweist auf zehn Jahre Erfahrung in diesem Segment. Sie bieten ein- und zweiachsige Tracker-Systeme mit dem geschützten Namen „Agrovoltaico“ an. Der Abstand zwischen den Tracker-Pfosten beträgt circa 14 Meter, die Tracker-Höhe liegt abhängig vom Gelände zwischen vier und sechs Metern. Zwischen den Tracker-Reihen lässt REM Tec 12 bis 18 Meter Platz, um die Lichtverhältnisse für die Pflanzen zu optimieren, wie CEO Ronald Knoche sagt. „Wir wollen gewährleisten, dass die Landwirtschaft so viel leistet wie auf einer freien Fläche ohne Photovoltaik.“

Mit einer selbst entwickelten Software werden die Sonneneinstrahlungskonkurrenz zwischen Pflanze und Modul ermittelt und die Licht- und Temperaturbedingungen geregelt. Kleine Wetterstationen in den Anlagen bringen das System bei großen Windgeschwindigkeiten in eine Sicherheitsposition.

REM Tec betreibt seit 2011 drei Großanlagen in Norditalien. Weitere Anlagen wurden zu Testzwecken, aber auch schon

Foto: Fraunhofer ISE



Lange verband man mit Agri-Photovoltaik in Deutschland vor allem diese Forschungsanlage des Fraunhofer ISE in Heggelbach aus dem Jahr 2016. Sie erlaubt Landmaschinen, darunter durchzufahren.

kommerziell in Italien, Japan, China und Frankreich gebaut. Das Unternehmen sammelte unter anderem Erfahrungen mit Weizen und andere Kornsorten, Mais, Reis, Hanf, Tomaten, Melonen und Kürbissen. Das System sei für alle Pflanzenarten geeignet, betont Knoche.

REM Tec nutzt ein System, das es ermöglicht, die Schattenwirkung auf den Ertrag über 39 Jahre mit ihrem Anlagenkonzept zu simulieren. „Wir können jedem Landwirt voraussagen, ob ein Mehrertrag erzielbar ist oder nicht, je nach geografischer Lage, Anlagendesign und Pflanze“, so Knoche. „Wir wissen zum Beispiel, dass wir in bestimmten geografischen Lagen bei Reben bis zu 20 Prozent mehr Trauben erzeugen können.“ Aber es gehe dem Unternehmen nicht nur um den Mehrertrag in der Produktion. „Wir wollen auch die Fruchtqualität verbessern, damit der Landwirt seine Produkte zu besseren Konditionen verkaufen kann.“ Zudem könne durch das System Wasser eingespart werden, je nach Einsatzgebiet und eingebauter Irrigationstechnologie bis zur Hälfte des Wasserverbrauchs.

Module statt Plastik über Spargel

Für eine einzige Pflanzenart, nämlich weißen Spargel, haben Brecht Willockx und seine Kollegen aus der Forschungsgruppe Energie- und Automatisierung der Universität im belgischen Löwen (KU Leuven) ein Agri-Photovoltaiksystem entwickelt. Dabei mussten sie die Besonderheit des Spargelanbaus berücksichtigen. Während der Wachstumsphase zwischen November und dem 24. Juni werden die Spargelbeete mit Plastikfolien abgedeckt. So werden sie vom Sonnenlicht abgeschirmt, unter anderem, damit kein Chlorophyll produziert wird. Danach bleiben die Beete bis September unbedeckt, damit sie Sonnenlicht für das nächste Jahr absorbieren können. Im Oktober und November werden die Spargelbeete vom Landwirt bearbeitet.

Auf diesen Zyklus ist das System von Willockx und seinem Team ausgerichtet. In der Wachstumsphase zwischen November und Juni werden – anstelle der Plastikabdeckung – monokristalline Solarmodule in einer zeltförmigen Konstruktion mit Ost-West-Ausrichtung und einer Neigung von 15 Grad über den Beeten aufgestellt. In der zweiten Phase, wenn die Beete unbedeckt sein sollen, bleibt zwischen den Reihen Platz für die Solarmodule. „Natürlich werden die Module dann manchmal

verschattet, was den Solarertrag in der Zeit reduziert. Aber sie verhindern auch das Wachstum von Unkraut“, erklärt Willockx. Wenn die Beete im Herbst bearbeitet werden, wird das Photovoltaiksystem für etwa eine Woche eingefahren.

„Das Neuartige an diesem System ist die Flexibilität“, sagt der Forscher. Das Kuppelsystem ist auf einer Rad-Schiene-Unterkonstruktion montiert, kann verschoben und schließlich ganz zusammengeklappt werden. Das gibt dem Landwirt die Möglichkeit, sein Feld zu bewirtschaften, ohne durch die Module beeinträchtigt zu werden. Es kann außerdem sehr nah am Boden platziert werden und benötigt deshalb wenig Stahl, was die Investitionskosten senke. Ein Nachteil des Systems ist, dass viel Forschungsarbeit notwendig ist, räumt Willockx ein. Außerdem brauche es Zeit, um das System ein- und wieder auszufahren, wobei sich Kabel lösen könnten. Und es eignet sich nur für weißen Spargel. Das Forscherteam geht davon aus, dass es rund zwei Megawatt Photovoltaikleistung pro Hektar erreichen kann. Willockx rechnet dabei mit 445-Watt-Perc-Modulen für zwei Quadratmeter Photovoltaik. Ein Quadratmeter Photovoltaik entspreche dann 225 Watt. Bei einer Abdeckungsrate durch die Photovoltaikanlage von 90 Prozent ergebe dies zwei Megawatt Photovoltaikleistung je Hektar.

Der Ertrag mit dem Ost-West-System schwankt im Jahresverlauf. 2020 hätten sie fast 600 Kilowattstunden pro Kilowattpeak erzielt, was wegen der hohen Sonneneinstrahlung überdurchschnittlich gewesen sei, so Willockx. Er hält es für konkurrenzfähig mit herkömmlichen Freilandanlagen und strebt für Großanlagen unter idealen Bedingungen Kosten bis circa 0,5 Euro je Wattpeak an. Bisher gibt es nur einen Prototyp, bei dem sie Kosten von einem Euro je Wattpeak ermittelten.

Röhren-Photovoltaik auf Spannseilen

Zurück nach Deutschland. Hier arbeitet das Unternehmen Tubesolar an einer Modultechnologie, die Röhren statt Glascheiben als Träger nutzt. In diese Röhren werden flexible Dünnschichtmodule eingeführt. Auf der Agrivoltaics2020-Konferenz hat das Unternehmen vorgestellt, wieso sich die Technologie für Agri-Photovoltaik gut eignet. Es habe unter anderem besonders gute Wasser, Licht und Winddurchlässigkeiten, die sich dazu noch einstellen ließen. Das Gewicht sei vergleichsweise gering und es sei unempfindlicher gegenüber Schmutz und Schnee. Die Röhrenfertigung wird aktuell im ehemaligen Osram-Werk in Augsburg aufgebaut.

Das Unternehmen Agratio hat angekündigt, Agrarsysteme mit solchen Röhren zu entwickeln. Die Entwickler wollen sie parallel zum Boden auf Spannseilkonstruktionen installieren. Das sei ästhetischer als Stahlkonstrukte und da der Abstand zwischen den Stützen bis zu 35 Meter sei, könnten zudem größere Landmaschinen auf dem Feld fahren. Das System sei leichter als andere, aber auch teurer. Agratio-Geschäftsführer Harald Müller-Witt nennt einen Preis von circa 800 Euro je Kilowatt im Vergleich zu 450 Euro bei herkömmlichen Systemen (pv magazine Webinar vom 25. September 2020). Alternativ will Agratio auch ein System mit bifazialen Modulen auf Spannseilen anbieten. Außerdem hat das Unternehmen südliche Länder mit mehr Sonneneinstrahlung als Absatzmärkte im Blick. An der landwirtschaftlichen Hochschule Weihenstephan-Triesdorf steht eine erste Versuchsanlage.

Ina Röpcke