

# Schutz von Anlagen der Agro-Photovoltaik

## Geeignetes Blitz- und Überspannungsschutzkonzept erforderlich

Die Preise für die Hauptkomponenten von PV-Anlagen sind in den letzten Jahren stetig gesunken. Die daraus resultierenden niedrigen Stromgestehungskosten eröffnen der Photovoltaik völlig neue Anwendungsfelder, wie z. B. die Agrophotovoltaik. In verschiedenen Pilotprojekten zeigt es sich bereits, dass die Doppelnutzung von Land für den Anbau von Pflanzen oder die Aufzucht von Tieren einerseits und für die Stromerzeugung andererseits, wirtschaftliche Vorteile bietet. Es ist zu erwarten, dass die Agro-Photovoltaik in naher Zukunft eine starke Verbreitung findet.



Quelle: © jeson – stock.adobe.com

1 PV-Module, die wie ein Dach über der landwirtschaftlichen Nutzfläche angeordnet sind

Um Ackerland sowohl für die Stromerzeugung als auch die Landwirtschaft zu nutzen, ist es erforderlich, die PV-Anlagenkonstruktion so auszubilden, dass sich landwirtschaftliche Maschinen ungehindert darunter bewegen können. Aufgrund ihrer erhöhten und damit exponierten Bauweise sind diese PV-Anlagen Blitzeinschlägen ausgesetzt. Für die nachhaltige Verfügbarkeit der Agro-Photovoltaikanlagen ist daher ein geeignetes Blitz-

und Überspannungsschutzkonzept notwendig. Dabei ist besondere Sorgfalt bei der Planung von Schutzkonzepten für PV-Anlagen auf Gewächshäusern geboten. Halten sich dort häufiger Menschen auf, so muss auch dies in die Risikobetrachtung für die Planung einfließen.

## Arten landwirtschaftlicher PV-Anlagen

Es gibt zwei verschiedene, vielversprechende Konstruktionstypen:

Der erste Typ ist eine erhöhte Konstruktion (Bild 1) mit PV-Modulen in einer Höhe von ca. 5 m über den Feldern (ähnliche Konstruktionen für Autobahnen könnten folgen);

Beim zweiten Konstruktionstyp werden PV-Module auf der Oberseite und/oder auch an den Seiten gewerblich genutzter Gewächshäuser angebracht (Bild 2). Solche Konzepte werden bereits seit einigen Jahren verwendet und erfreuen sich aufgrund des verbesserten Pflanzenwachstums zunehmender Beliebtheit.

Zusätzlich werden in näherer Zukunft neuartige Solarzellentechnologien kommerziell verfügbar sein. In den oben genannten Applikationen werden neue transparente PV-Zellen wie DSC (dye-sensitized cell), organische Zellen und spezielle siliziumbasierte ClearView-Zellen Verwendung finden. Die neue Technologie der transparenten PV-Zellen wird es ermöglichen, dass das gesamte Dach abgedeckt werden kann, was allerdings auch die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass ein



Quelle: © David – stock.adobe.com

2 PV-Module, die an der Konstruktion von Gewächshäusern angebracht sind

### Autoren

Herbert Krämer ist Leiter Business Unit Energie bei der Dehn SE + Co KG, Neumarkt.

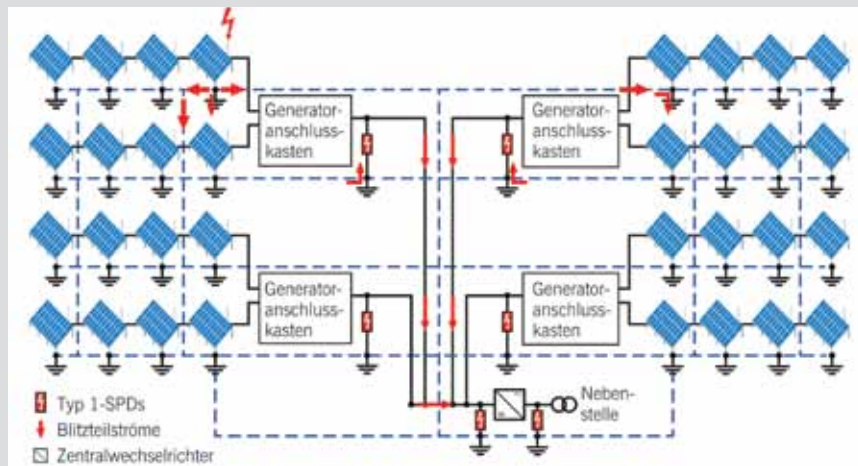
Marjan Valand ist Business Development Manager Energieerzeugung Business Unit Energie bei der Dehn SE + Co. KG, Neumarkt.

Blitzschlag die PV-Panels direkt trifft. Die Bedeutung des Blitzschutzes wird daher noch steigen. Hierzu zählt z. B. auch der Einsatz von Überspannungsschutzeinrichtungen, da in diesen neuen PV-Modulen sensiblere Komponenten zum Einsatz kommen als beispielsweise in PV-Modulen auf Basis von Silizium.

## Hauptmerkmale aufgeständerter PV-Anlagen

Pflanzen benötigen direktes Sonnenlicht, sodass die Modulreihen einen größeren Abstand zueinander haben müssen als in Freiflächenanlagen, bei denen der Abstand zwischen den Reihen normalerweise 2 m beträgt. Dies bedeutet im Vergleich zu den Freiflächenanlagen einen erhöhten Bedarf an Verkabelungsmaterial. Um die Kosten für diese Verkabelung zu senken, ist es von Vorteil, die Systemspannung von DC 1500 V so weit wie möglich zu nutzen, damit weniger Kupfer zur Energieübertragung benötigt wird. Eine geeignete Lösung für eine PV-Systemspannung von DC 1500 V ist die Zentralwechselrichter-Topologie inklusive DC-Generatoranschlusskästen. Um jedoch die möglichen sicherheitsrelevanten Probleme, wie z. B. Brandgefahr durch DC-Lichtbögen in den Griff zu bekommen, sind „smarte“ und gut geschützte Generatoranschlusskästen erforderlich. Solche Anschlusskästen sollten einen integrierten Überspannungsschutz haben und in der Lage sein, DC-Lichtbögen zu erkennen.

Die elektrischen Komponenten für solche PV-Anlagen müssen ebenfalls in ähnlicher Höhe wie die PV-Module angebracht werden, damit diese nicht durch Tiere oder durch den Einsatz von Traktoren und anderer landwirtschaftlicher Geräte beschädigt werden können. Dadurch wird die Zugänglichkeit dieser Komponenten erschwert. Um den Aufwand bei Wartungs- oder Serviceeinsätzen trotzdem gering zu halten, ist es empfehlenswert, die Anzahl dieser elektrischen Komponenten auf ein Minimum zu begrenzen und vor blitzbedingten Überspannungen zu schützen. Werden z. B. Zentralwechselrichter eingesetzt, so sind es lediglich die Generatoranschlusskästen, welche in einer gewissen Höhe montiert werden. Idealerweise sind diese dann noch so ausgeführt, dass ein manueller Eingriff während des Betriebs, z. B. der Austausch einer Sicherung oder eines Überspannungsschutzgerätes (SPD), vermieden werden kann. Somit empfiehlt es sich schon beim Anlagendesign, die später zu erwartenden Betriebskosten zu betrachten.



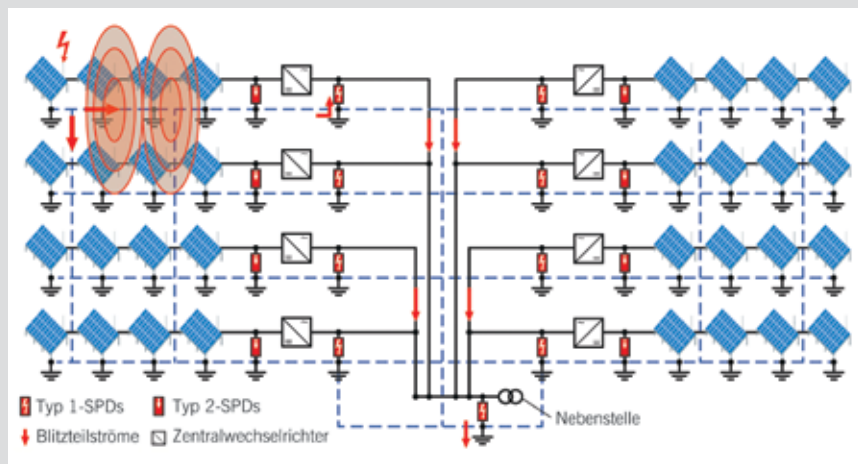
Quelle: Dehn SE + Co KG; ep

**3 Blitzschutzkonzept für die Auslegung von PV-Anlagen mit Zentralwechselrichtern gemäß der Norm IEC TR 63227 [1]**



Quelle: Dehn SE + Co KG

**4 PV-Generatoren bis zu bestimmten Systemleistungen können versicherungsfrei sowohl am Wechselrichter als auch im Generatoranschlusskasten (GAK) geschützt werden**



Quelle: Dehn SE + Co KG; ep

**5 Blitzschutzkonzept für die Auslegung von PV-Anlagen mit Stringwechselrichtern gemäß der Norm IEC TR 63227 [1]**

## Bei der Planung zu beachtende Aspekte

Wichtige sicherheitsrelevante Aspekte, welche bei der Planung betrachtet werden müssen:

Die Brandgefahr aufgrund gefährlicher Funkenbildung durch Fehlfunktionen in der Anlage oder äußerer Einflüsse, wie z. B. Blitzeinschlag, ist zu reduzieren. Dies erfordert:

- ein äußeres Blitzschutzsystem oder eine blitzstromtragfähige Metallkonstruktion, um hohe Blitzströme kontrolliert zur Erde abzuleiten;
- einen korrekt dimensionierten Überspannungsschutz, welcher die Anforderungen an die geforderte Blitzschutzklasse LPL III erfüllt;
- Störlichtbogen-Erfassungsgeräte für die schnelle Erkennung und Behebung möglicher DC-Lichtbögen, die beispielsweise durch Isolationsbeschädigungen entstehen können.

Geht man davon aus, dass Landarbeiter bei einem herannahenden Gewitter das Feld verlassen und in einem Fahrzeug oder Gebäude Schutz suchen, können besondere Maßnahmen in Bezug auf die durch Blitzeinschläge verursachten Schritt- und Berührungsspannungen vernachlässigt werden.

Aufgrund der erhöhten Bauweise und der großen Fläche ist die Gefahr eines Blitzeinschlages in solche Systeme gegeben. Der Bedarf an äußerem Blitzschutz, abhängig von der Risikobewertung, kann größer sein als bei einer klassischen PV-Freiflächenanlage. Es sollte eine Risikoanalyse durchgeführt und die daraus resultierenden Schutzmaßnahmen umgesetzt werden. Die Blitzschutzklasse LPL III für Freiflächenanlagen ist häufig ausreichend [1]. Um eine hohe Brandsicherheit bei Blitzeinschlägen sicher zu stellen, wird empfohlen, Überspannungsableiter mit einem Blitzstoßstrom  $I_{imp}$  von mindestens 10 kA zu verwenden. Bei einer stärkeren Metallstützkonstruktion mit wenigen Masten im Boden ist die natürliche Erdung weniger effektiv als bei einer klassischen PV-Freiflächenanlage, sodass Blitzströme nur schwer in den Boden abgeleitet werden können. Dies würde zu einem gefährlichen Potentialanstieg in der gesamten Metallstruktur führen. IEC TR 63227 [1] empfiehlt daher für PV-Freiflächenanlagen ein vermaschtes Erdungsnetz mit einer Maschenweite von  $20 \times 20$  m. Diese Anforderung heranzuziehen, macht auch für die aufgeständerten Agro-Photovoltaikanlagen Sinn, da diese mit dem prinzipiellen Aufbau der Konstruktionen von Freiflächenanlagen

vergleichbar sind. Um diese Forderung zu erreichen, sind die Metallmasten unterirdisch leitend miteinander zu verbinden. Aufgrund der häufigen Erdarbeiten sollten die Verbindungsleitungen, z. B. Edelstahlband  $30 \times 3,5$  mm, ca. 1 m tief verlegt werden.

Kommen Zentralwechselrichtersysteme zum Einsatz, ist ein entsprechendes Überspannungsschutzkonzept zur Sicherung der elektrischen Systeme einzusetzen (Bild 3). Bei einem Einschlag in den äußeren Blitzschutz einer Freiflächenanlage werden zum einen hohe Spannungsimpulse in sämtliche elektrischen Leiter induziert, zum anderen kommt es zu Blitzteilstromen innerhalb der weitläufigen DC-Verkabelung, deren Höhe u. a. von der Ausführung des Erdungssystems und dem spezifischen Erdungswiderstand beeinflusst wird. Deshalb sind auf der DC-Seite Typ-1-Ableiter einzusetzen (Bild 4).

## Hauptmerkmale gewerblicher Gewächshäuser

Besitzen Gewächshäuser metallene Träger mit einer guten Erdverbindung, so können diese blitzschutztechnisch mit herkömmlichen PV-Freiflächenanlagen verglichen werden. So kann das Blitzschutzkonzept für Freifeld-PV-Anlagen angewendet werden. Prinzipiell kommen bei PV-Anlagen, die auf den Dächern von Gewächshäusern installiert werden, vergleichbare elektrische Komponenten zum Einsatz, wie bei aufgeständerten PV-Anlagen. Die Komponenten wie z. B. Generatoranschlusskästen können hier aber häufig bodennah installiert werden und sind somit leicht zugänglich. Bei größeren Gewächshäusern ergeben sich jedoch große Entfernungen zwischen PV-Modulen und Wechselrichtern. Daher ist es vorteilhaft, eine PV-Systemspannung von DC 1500 V zu wählen. Wenn eine Zentralwechselrichter-Topologie für große Gewächshäuser verwendet wird, gilt das Zentralwechselrichter-Überspannungsschutzkonzept wie für aufgeständerte PV-Anlagen. Bei kleineren PV-Anlagen auf Gewächshäusern werden üblicherweise Stringwechselrichter eingesetzt (Bild 5).

Sind PV-Kraftwerke mit dezentralen Stringwechselrichtern konzipiert, verlagert sich ein großer Anteil der Leistungsverkabelung von der DC- auf die AC-Seite. In diesem Fall übernimmt der Wechselrichter auch typische Funktionen von GAKs. Auch bei Stringwechselrichtern wirkt die energietechnische Verkabelung als Potentialausgleichsleiter zwischen dem „lokalen“ Erdpotential des Modulfelds, in dem der Blitzeinschlag erfolgte, und der „fernen“ Äquipotentialfläche

des Einspeisetransformators. Der Unterschied zur Anlage mit Zentralwechselrichter liegt nur darin, dass bei Anlagen mit Stringwechselrichtern die Blitzteilstrome auf den AC-Leitungen fließen. Dementsprechend sind Typ-1-SPDs auf der AC-Seite der Stringwechselrichter und der Niederspannungsseite des Einspeisetransformators zu installieren. Auf der DC-Seite sind in der Regel Typ-2-Ableiter einzusetzen.

## Sicherheitsrelevante Aspekte

Da sich in Gewächshäusern häufig Menschen aufhalten, muss dem Schutz gegen Berührungs- oder Schrittspannung im Falle eines Blitzeinschlages besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Kann nicht sichergestellt werden, dass sich alle in einem Gewächshaus befindlichen Personen während eines Gewitters in einem Abstand von 3 m zu metallenen erdverbundenen Konstruktionsteilen befinden, so ist eine Risikoanalyse durchzuführen und die abgeleiteten Schutzmaßnahmen sind umzusetzen.

## Fazit

Da landwirtschaftlich genutzte Flächen durch die wachsende Bevölkerung immer wertvoller werden und aufgrund der globalen Erwärmung extreme Wetterperioden zu erwarten sind, wird die Agro-Photovoltaik in naher Zukunft eine starke Verbreitung finden. Es ist wichtig, den maximalen Ertrag (Pflanzen oder Tiere) zu sichern und Verluste durch beispielsweise Wassermangel, Hagel oder Feuer zu vermeiden. PV-Anlagen werden den Landwirten helfen, besser vorhersehbare Erträge zu erzielen und gleichzeitig den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck zu verringern. Aufgrund der einzigartigen Raumcharakteristik werden für diese Farmen auch spezielle Blitzschutzanlagen benötigen.

## Literatur

- [1] IEC TR 63227 ED1 Lightning and surge voltage protection for photovoltaic (PV) power supply systems. ■