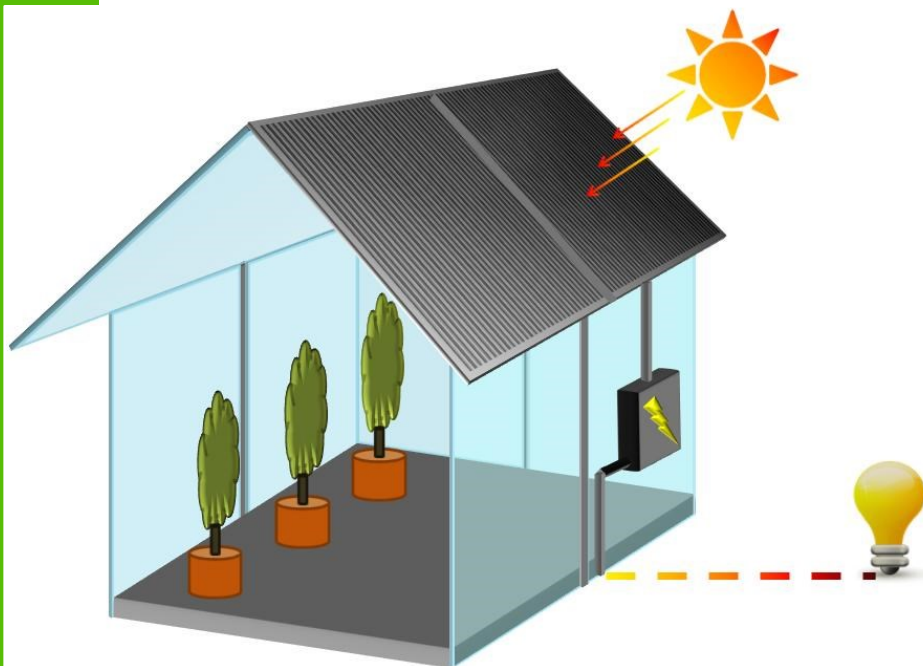




LandSchafttEnergie

## Der Einsatz von Photovoltaik im Gartenbau





<b>1</b>	<b>Allgemeines</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Voraussetzungen / Rahmenbedingungen</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Solarzellen</b>	<b>5</b>
3.1	Monokristalline Zellen	6
3.2	Polykristalline Zellen	6
3.3	Dünnschichtzellen	6
<b>4</b>	<b>Unterschiedliche Module und Installationssysteme</b>	<b>6</b>
4.1	Glas-Folien-Modul	7
4.2	Glas-Glas-Modul	7
4.3	Montagesysteme	8
4.4	Aufdach-Systeme	8
4.5	Dachintegrierte Systeme	8
4.6	Nachgeführte Systeme	9
<b>5</b>	<b>Gerahmt oder ungerahmt</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>Wechselrichter</b>	<b>9</b>
<b>7</b>	<b>Größe der Module</b>	<b>10</b>
<b>8</b>	<b>Kosten</b>	<b>10</b>
<b>9</b>	<b>Stromspeichermöglichkeiten</b>	<b>10</b>
9.1	Blei-Säure Akkumulatoren	10
9.2	Lithium-Ionen Akkumulatoren	11
9.3	Änderungen des EEG (2012) und Einspeisevergütungssätze	11
9.4	Auszug aus dem EEG (2012) § 32 Absatz 3	11
<b>10</b>	<b>Beispiel für eine Musteranlage mit einer Leistung von 60 kWp</b>	<b>12</b>
<b>11</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>14</b>
<b>12</b>	<b>Impressum</b>	<b>14</b>



## 1 Allgemeines

Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) sind aus der heutigen Zeit nicht mehr weg zu denken. Aufgrund der begrenzten Ressourcen an fossilen Energieträgern liegt die Suche nach alternativen Energiequellen nahe. Eine Möglichkeit ist die Nutzung von Solarstrom. Im Unterglasanbau gewinnt die Produktion von Strom zur Eigenversorgung aufgrund steigender Strompreise zunehmend an Bedeutung. Für Gewächshäuser ergibt sich noch ein weiterer Vorteil. Wo gewünscht, können Gewächshausdächer zusätzlich dauerhaft schattiert werden.

Unterglasbetriebe verfügen über genügend Dachfläche um eine PV-Anlage sinnvoll betreiben zu können. Interessant sind vorwiegend die Dachflächen von Verkaufsgewächshäusern, Verbindern und Arbeitshallen sowie die Dächer von Kühllagern und fest eingedeckten Bereichen. Eine Nutzung auf Produktionsgewächshäusern ist abhängig von der bewirtschafteten Kultur. In einigen Fällen kann auch auf Produktionsgewächshäusern eine Solaranlage genutzt werden.

Bevor jedoch eine PV-Anlage installiert wird, muss geklärt werden, ob die Rahmenbedingungen, wie die Ausrichtung der Dachfläche und der Neigungswinkel der Dachflächen sowie die jährliche mittlere Globaleinstrahlung für die Solaranlage geeignet sind.

Der Markt verfügt über eine Vielzahl von Modulen und Systemen zur Anbringung. Zudem bestehen Unterschiede hinsichtlich der Solarzellen. Drei Haupttypen werden vorwiegend verwendet, Monokristalline Zellen, polykristalline Zellen und Dünnschichtzellen. Sie unterscheiden sich hauptsächlich im Aufbau der Kristallstruktur, dem Wirkungsgrad und den Investitionskosten. Eine weitere wichtige Entscheidung, ist die Wahl der Module. Zur Verfügung stehen Glas-Folien-Module und Glas-Glas-Module. Zusätzlich muss überlegt werden ob ein gerahmtes oder ein ungerahmtes Modul verwendet werden soll und wie es angebracht wird. Die beiden gängigsten Montagen sind dachintegrierte- und Aufdach-Systeme. Weniger verbreitet sind sonnennachgeführte Systeme.

Von der Auswahl der richtigen Solarzelle, der Art des Moduls und der Montage, bis hin zum Wechselrichter und der Einspeisung und/oder dem Eigenverbrauch, gibt es viele Entscheidungen zu treffen.

Diese Broschüre informiert über die unterschiedlichen technischen Möglichkeiten der Solarzellen und erhältlichen Module sowie deren Montagemöglichkeiten im Gartenbau.

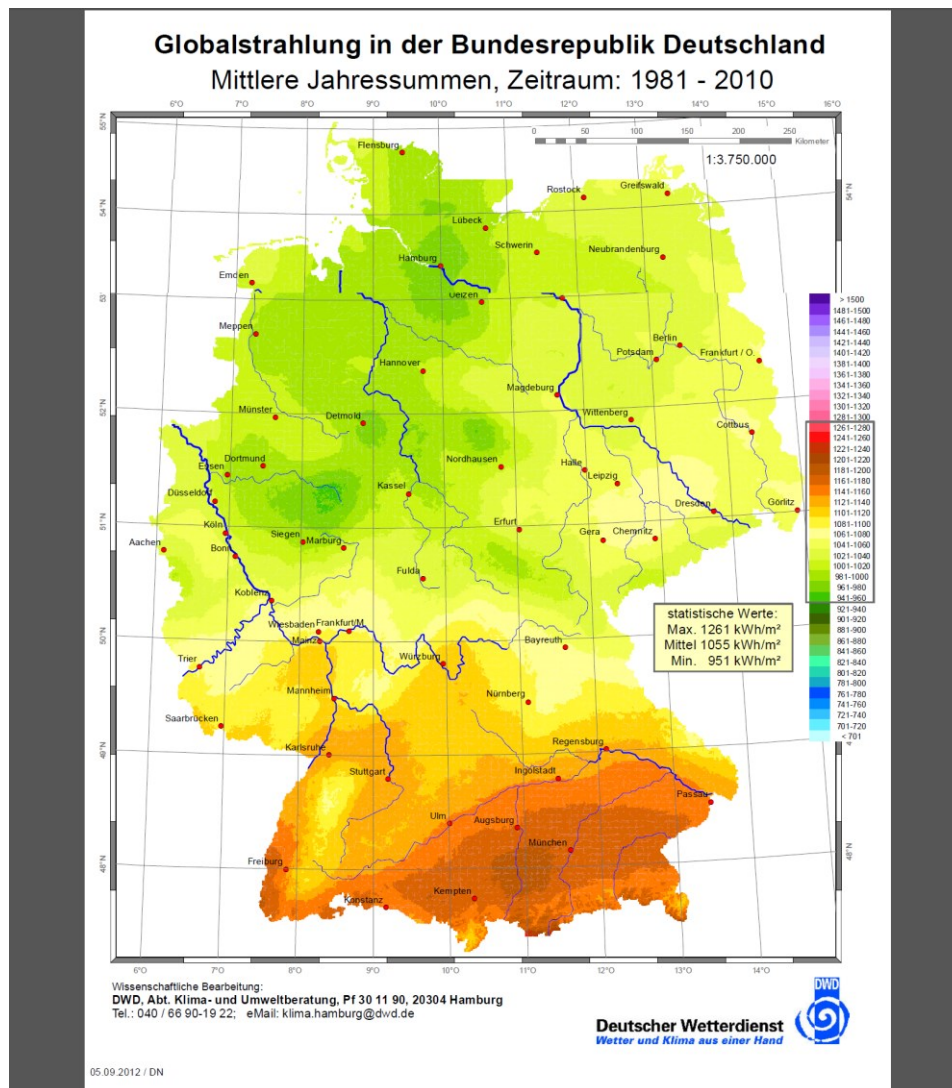
Aufgrund der aktuellen Änderung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes wird ein Ausblick auf die Vergütung (Stand Juni 2013) gegeben.

## 2 Voraussetzungen / Rahmenbedingungen

Grundsätzlich können Photovoltaikanlagen überall eingesetzt werden wo ausreichend Licht vorhanden ist. Dennoch ist die Lage entscheidend für den Stromertrag. In der Karte vom Deutschen Wetterdienst (DWD) ist die mittlere Jahreseinstrahlungssumme von 1981-2010 dargestellt.



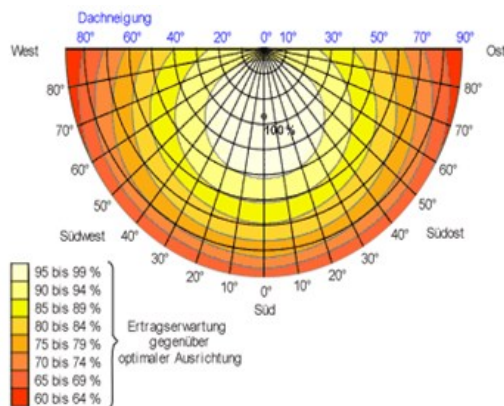
Abb. 1: Mittlere Globalstrahlungswerte 1981-2010. Quelle: DWD



Die Globalstrahlung besteht aus direkter, diffuser und reflektierter Strahlung. In Deutschland liegt die jährliche Globalstrahlung, je nach Lage, zwischen 900 und 1100 kWh/m

Photovoltaikanlagen sind in der Lage jede Strahlenart zu verarbeiten und in Strom umzusetzen, jedoch unterscheidet sich die Effizienz je nach gewählter Modulart. Beispielsweise verarbeiten Dünnschichtzellen diffuse Strahlung besser als die übrigen erhältlichen Solarzellen, haben aber einen geringeren Wirkungsgrad.

**Abb. 2: Ertragsprognose der Photovoltaikanlage in Abhängigkeit vom Neigungswinkel und der Ausrichtung.**



Entscheidend für eine hohe Stromproduktion ist neben dem Standort die Ausrichtung der PV-Anlage. Die optimale Ausrichtung liegt Richtung Süden (Azimut 0 °) mit einer Neigung von etwa 30 °. Die Neigung von Gewächshausdächern liegt im Bereich von 21 °- 27 °. Eine leichte Abweichung nach Westen oder Osten mindert die Stromerträge nur minimal. Der Abbildung 2 kann man entnehmen, dass bei kleineren Abweichungen von der Südausrichtung und vom Neigungswinkel, die Stromerträge immer noch ca. 95 - 99 % betragen. So kann auch der Einsatz einer PV-Anlage an weniger optimalen Standorten häufig ohne größere Verluste und Bedenken durchgeführt werden.

Bei der Installation einer Anlage muss darauf geachtet werden, dass möglichst keine Verschattung der Solarzellen durch umliegende Gebäude, Bäume oder Masten auftritt. Wirft ein First eines Gewächshausdaches oder eine vorgelagerte Venlo-Kappe einen Schatten auf die Module, kann die Leistung stark gemindert werden und somit der Stromertrag geringer ausfallen als ursprünglich berechnet worden ist. In einigen Fällen können sogenannte Hot Spots auftreten. Diese entstehen, wenn einzelne, in Reihe geschaltete Solarzellen verschattet werden. So wirken die Solarzellen wie ein Widerstand. Die übrigen Solarzellen produzieren weiterhin Strom. Dieser fließt durch die defekten Solarzellen und erhitzt sie. Dieses Phänomen kann bis zur kompletten Zerstörung des Solarmoduls führen.

### 3 Solarzellen

Die gängigen Solarmodule bestehen aus Silizium. Hauptsächlich werden monokristalline Zellen, sogenannte Wafer, polykristalline Zellen und Dünnschichtzellen zur Erzeugung von Strom genutzt. Die Unterschiede betreffen den Wirkungsgrad, sowie den Stromertrag, die Herstellungskosten und die optische Erscheinung.



### 3.1 Monokristalline Zellen

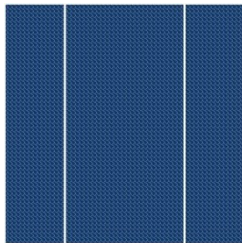
Abb. 3: Monokristalline Solarzelle



Monokristalline Zellen zeichnen sich durch ihre glatte Oberfläche sowie ihre schwarze Färbung aus. Sie bestehen aus nur einem einzigen Kristall mit regelmäßiger Gitterstruktur. Der Wirkungsgrad liegt zwischen 14-18 % und ist somit am höchsten unter allen Solarzellen. Das Herstellungsverfahren dieser Zellen ist sehr energieaufwendig. Somit ergeben sich für monokristalline Zellen höhere Herstellungskosten.

### 3.2 Polykristalline Zellen

Abb. 4: Polykristalline Zelle



Polykristalline Zellen haben eine unstrukturierte Oberfläche. Sie bestehen aus vielen unterschiedlichen Kristallen. Die übliche Färbung ist dunkelblau, jedoch gibt es bereits Verfahren, mit denen auch silberne, goldene, bronzefarbene und smaragdfarbene Module hergestellt werden können. Der Wirkungsgrad ist von der Farbe abhängig. Die dunkelblauen Module liegen bei ca. 12-14 %. Die farbigen Module liegen etwas darunter. Der geringere Wirkungsgrad von polykristallinen Zellen, im Gegensatz zu monokristallinen Zellen, wird meist durch günstigere Anschaffungskosten kompensiert.

### 3.3 Dünnschichtzellen

Abb. 5: Dünnschichtzelle



Dünnschichtzellen werden in einem speziellen Verfahren auf das Trägermaterial (Glas, Kunststofffolien) aufgedampft. Dabei wird der Rohstoff so sparsam angewendet, dass der Preis für ein Dünnschichtmodul günstiger ausfällt als für herkömmliche kristalline Module. Der Wirkungsgrad liegt jedoch, mit Werten von 11-13 % deutlich unter denen der kristallinen Zellen.

## 4 Unterschiedliche Module und Installationssysteme

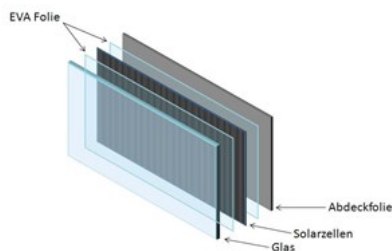
Für Gewächshäuser gibt es angesichts des stetig wachsenden Marktes unterschiedlichste Systeme. Von dachintegrierten- über Aufdach- bis hin zu sonnennachgeführten-Systemen, ist

die passende Lösung für jeden Betrieb vorhanden. Unter diesen Systemen wird nochmals in der Modulart unterschieden. Es gibt zwei Typen von Modulen. Die Glas-Folien-Module und Glas-Glas-Module.

#### 4.1 Glas-Folien-Modul

Bei Glas-Folien-Modulen werden die Wafer zwischen einer Glasscheibe und einer rückseitig angebrachten Folie eingebettet. Die Folie wird im Vakuumverfahren laminiert. Somit wird sichergestellt, dass keine Feuchtigkeit eindringen kann. Bei Bedarf können getönte oder klare Folien verwendet werden, um eine höhere Schattierung oder stärkere Transparenz zu erhalten. Der Einsatz von Glas-Folien-Modulen über einem Pflanzenbestand sollte gut bedacht werden. Ein Problem bei einigen Glas-Folien-Modulen ist, dass sich an der Folien-Innenseite bei hoher Luftfeuchte Tropfen bilden, die auf die Pflanzen zurückfallen und somit die Pilzbildung begünstigen können. Bei der Installation der Module sollte auf den vom Hersteller empfohlenen Sicherheitsabstand der Module untereinander geachtet werden. Kommt es zu Ausdehnungen durch Temperaturschwankungen, könnten die Module beschädigt werden. Infolge dessen kann Wasser eindringen und das Modul beschädigen. Zusätzlich besteht eine erhöhte Gefahr der Delaminierung.

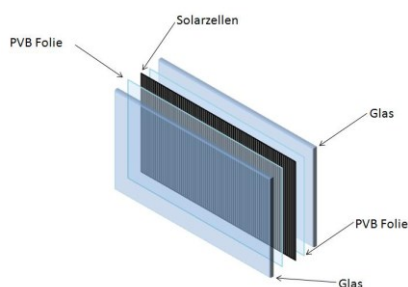
**Abb. 6: Glas-Folien-Modul**



#### 4.2 Glas-Glas-Modul

Bei Glas-Glas-Modulen werden die Wafer zwischen zwei Glasscheiben und zwei PVB-Folien (Polyvinylbutyral) eingebettet. Der Vorteil der Glas-Glas-Module liegt darin, dass die Solarzellen besser geschützt sind als bei Glas-Folien-Modulen. Die gelegentlich auftretende Delaminierung kann nicht stattfinden. Ein weiterer Vorteil, insbesondere für die Nutzung im Gewächshaus, ist das verbesserte Abfließen von Kondenswasser. Viele Anbieter von Glas-Glas-Modulen bieten zusätzlich eine Tönung der Scheiben an. Eine andere Möglichkeit ist die Nutzung von getönten Zwischenfolien. Vorzugsweise werden PVB-Folien oder EVA-Folien (Ethylvinylacetat) verwendet. Durch die Tönung kann eine stärkere Schattierung erreicht werden. Gewöhnlich sind diese Module in der Anschaffung teurer, aber besonders im Gewächshaus sinnvoll einzusetzen.

**Abb. 7: Glas-Glas-Modul**







### 4.3 Montagesysteme

Durch die Besonderheiten der Gewächshauskonstruktion und der verminderten Traglast im Gegensatz zu Wohnhäusern, bedarf es, je nach System, einiger technischer Änderungen um die Statik des Gewächshauses nicht aus dem Gleichgewicht zu bringen. Häufig eingesetzt werden Aufdach-Systeme und dachintegrierte Systeme. Eine besondere Art des Aufdach-Systems sind sonnennachgeführte Anlagen. Diese werden aber aufgrund ihrer relativ hohen Kosten und zusätzlicher Technik, die wartungsintensiver ist, eher selten eingesetzt.

### 4.4 Aufdach-Systeme

Aufdach-Systeme, wie sie auch auf normalen Gebäuden eingesetzt werden, können auch auf dem Gewächshaus eine Anwendung finden. Jedoch gilt es hier einige Punkte zu beachten. Durch die zusätzliche Last des Moduls und des Trägersystems verringert sich die Maximallast für das Gewächshaus. Im Falle einer Aufdach-Installation sollten in jedem Fall die statischen Voraussetzungen geprüft werden. Nehmen Sie hierzu Kontakt zu Ihrer Versicherung auf.

Ohne zusätzliche Maßnahmen sind Aufdach-Systeme auf Produktionsgewächshäusern nach der DIN V 11535 mit 25 kg Schneelast/m<sup>2</sup> aufgrund der zusätzlichen Lasten nicht möglich. In einigen Fällen könnten beispielsweise zusätzliche Stützen notwendig sein, um die Sicherheit im Gewächshaus zu gewährleisten. Beim Venlo-Gewächshaus darf lediglich die Rinne belastet werden. Hier können Probleme bei der Wasserabfuhr entstehen. Durch die Befestigungsbauteile wird der Abfluss von Wasser und Schmutz eventuell behindert, was zu einem erhöhten Reinigungsaufwand führen könnte. Generell ist eine Schwächung der Gewächshauskonstruktion durch Anbohren und Anbringen von neuen Bauteilen nicht zulässig. Ein weiteres Problem eines Aufdach-Systems stellt die Lüftung dar. Die Lüftung darf durch die PV-Module im Produktionsbereich nicht beeinträchtigt werden. Die Nutzung einer Dachwaschanlage ist durch die Installation einer Aufdach-Anlage ebenfalls nicht oder nur eingeschränkt möglich.

In einigen Gebieten kann es im Winter zu hohen Schneelasten kommen, durch den Abstand der Module zum Dach ist ein direktes Abschmelzen der Schneelast nicht möglich. Es können jedoch Heizsysteme installiert werden um diesem Problem entgegen zu wirken, dies verursacht wiederum höhere Kosten. Durch den größeren Abstand der Module zum Dach des Gewächshauses ist eine bessere Hinterlüftung der Module gewährleistet. Dies erhöht die Effizienz der Stromproduktion.

### 4.5 Dachintegrierte Systeme

Bei dachintegrierten Systemen wird die vorhandene Gewächshauseindeckung entfernt und durch Photovoltaikmodule ersetzt. Die Gewächshauskonstruktion wird weniger stark belastet als bei einer Aufdachmontage, da die Scheiben lediglich ausgetauscht werden. Ein Vorteil der integrierten Module liegt darin, dass im Winter die Schneelast, genau wie bei der herkömmlichen Eindeckung, abgetaut wird. Weiterhin können vorhandene Dachwaschanlagen problemlos eingesetzt werden, da keine hervorstehenden Teile auf dem Gewächshausdach angebracht werden. Statisch gesehen gibt es wenige bis keine Einschränkungen und der Wasserabfluss wird nicht durch Bauteile behindert. Die Lüftung bleibt erhalten, da keine Bauteile über der Gewächshausbedachung angebracht werden. Bei einem Neubau entstehen kaum Mehrkosten durch den Einsatz anderer Sprossen. Bei einer Umrüstung hingegen muss in vielen Fällen das Sprossensystem ausgetauscht werden. Die Kosten belaufen sich auf etwa 1600-1800 € pro kWp. Je nach Hersteller variiert die Dicke der Module zwischen 4,3 und 5,1 mm. Aus Gründen der Gewährleistung ist eine enge Abstimmung zwischen Sprosse (d.h. Gewächshausbauer) und Solarpanel (d.h. PV Firma) unerlässlich. Da sich die warme Luft unter dem Dach sammelt, steigt die Temperatur des Moduls an. Dies könnte zu Ertragseinbußen bei der Stromproduktion führen.





**Abb. 8: Dachintegriertes System**



## 4.6 Nachgeführte Systeme

Nachgeführte Systeme versprechen durch Ihre optimale Ausrichtung zur Lichtquelle eine um bis zu 40 % höhere Stromproduktion als nicht nachgeführte Systeme. Sie stellen aber auch eine besondere Herausforderung dar. Durch das Ständersystem und die Motoren entsteht eine höhere Belastung für die Gewächshauskonstruktion, deswegen sollte die statische Eignung der Gewächshauskonstruktion überprüft werden. Auch besteht durch die höhere Anbringung mehr Angriffsfläche für Wind. Die durch den Wind verursachten Kräfte belasten die Gewächshauskonstruktion punktuell an der Stelle, an der das Trägersystem angebaut ist. Durch den erhöhten Technikeinsatz steigen auch die Wartungskosten. Das Nachführsystem sollte regelmäßig (jährlich) überprüft werden. Bei der Installation sollte auf genügend Abstand zwischen den Modulen geachtet werden. Die Verschattungsgefahr ist baubedingt größer als bei fest installierten Anlagen. So ergibt sich ein größerer Flächenbedarf. Die Kosten für nachgeführte Systeme sind aufgrund der eingesetzten Technik am höchsten und bewegen sich zwischen 1800 und 2200 € pro kWp.

## 5 Gerahmt oder ungerahmt

Die Wahl der Befestigung spielt eine große Rolle. Je nach Art muss eine andere Installationsmethode verwendet werden. Beide Varianten haben Ihre Vor- und Nachteile. Bei gerahmten Modulen besteht immer eine erhöhte Gefahr der Verschmutzung. An den Kanten des Rahmens sammeln sich Staub und Wasser. Dies kann die Leistung der Module herabsetzen. Zusätzlich wird der Abfluss von Regenwasser behindert, was den Reinigungseffekt mindert. Rahmenlose Module sind von diesem Problem nicht betroffen. Verschmutzungen können von Regen und Wind ohne weiteres abgetragen werden. Um sie an Rändern gering zu halten, empfiehlt es sich, die Module senkrecht anzubringen (mit der schmalen Seite parallel zur Dachrinne). Rahmenlose Module sind anfälliger für Schäden im Randbereich, insbesondere wenn die Module nicht den Mindestabstand zueinander einhalten. So können sie sich in Folge von Erwärmung ausdehnen und aneinander stoßen, was zu starken Schäden führen kann.

## 6 Wechselrichter

Ein Wechselrichter wird benötigt um den Strom, den die PV-Anlage produziert, ins öffentliche Netz einzuspeisen. Die Module produzieren unter Sonneneinstrahlung Gleichstrom. Das Stromnetz hingegen arbeitet mit Wechselstrom. Der Gleichstrom wird in Wechselstrom umgewandelt und kann so in das Versorgungsnetz eingespeist werden. Wichtig für den Wechselrichter ist der Standort. Er sollte an einem möglichst kühlen, staubfreien und trockenem Ort installiert werden. Die Strecke zu den Modulen sollte möglichst kurz sein, um Leitungsverluste zu vermeiden.



Die Wahl des richtigen Wechselrichters ist entscheidend für die Menge des eingespeisten Stroms. Moderne Wechselrichter haben einen Wirkungsgrad von 98 %. Es geht also bei der Umwandlung von Gleichstrom in Wechselstrom nur eine sehr geringe Menge an Energie verloren. Für PV-Anlagen gibt es verschiedene Lösungen der Wechselrichternutzung. Unterschieden wird zwischen Modulwechselrichtern, Strangwechselrichtern und Zentralwechselrichtern. Die Modulwechselrichter sind kleine Geräte, die in der Anschlussdose des Solarmoduls angebracht sein können. So verfügt jedes einzelne Modul über einen Wechselrichter. Strangwechselrichter fassen mehrere Module zusammen. Zentralwechselrichter werden für große Anlagen benötigt. Der Vorteil dieser Wechselrichter ist ein guter Wirkungsgrad und eine bessere Wartbarkeit. Häufig werden Zentralwechselrichter in einem eigenen Raum untergebracht. Welche Art von Wechselrichter im Gartenbau eingesetzt wird, hängt immer von den jeweiligen Voraussetzungen ab.

## 7 Größe der Module

Beinahe jedes Gewächshaus kann mit Solarmodulen bestückt werden. Vom Venlo-Gewächshaus bis zum Breitschiffgewächshaus gibt es das passende Modul. Die meisten Anbieter haben für Venlo-Gewächshäuser vorgefertigte Module im Sortiment. Jedoch werden auch speziell angepasste Module angeboten. So kann für jedes Gewächshaus ein passendes Modul gefertigt werden. Die Standardgröße für Module beträgt ca. 1650 x 995 mm. Die größten Modulmaße liegen bei ca. 2113 x 1120 mm. Jedoch sind auch größere Anfertigungen realisierbar. Dabei sollte aber immer auf das Gewicht geachtet werden, um die Statik nicht zu gefährden. Viele Hersteller von Photovoltaikanlagen räumen auch die Möglichkeit ein, die Transparenz der Module mitgestalten zu können. Durch Verringerung der Anzahl der Solarzellen im Modul kann zwischen diesen ein größerer Abstand verwirklicht werden. Dadurch steigt die Transparenz. Ebenfalls bieten einige Hersteller die Möglichkeit, farbige Folien einzusetzen um eine starke oder schwache Schattierung zu erreichen oder auch um diffuses Licht im Gewächshaus zur Verfügung zu haben.

## 8 Kosten

Die Kosten für eine Photovoltaikanlage können pauschal nur sehr bedingt angegeben werden. Sie sind abhängig von der Wahl der Module, der Größe der Anlage und der Art der Installation. Im Durchschnitt werden bei einem Gewächshausneubau, Preise (Stand 10/2012) zwischen 1100€ und 1900 € pro kWp angegeben. Bei einer Umrüstung auf eine dachintegrierte Anlage ist der Preis etwas höher, weil hierbei häufig das Sprossensystem ausgetauscht und die vorhandene Verglasung entfernt werden muss.

## 9 Stromspeichermöglichkeiten

Es besteht die Möglichkeit der Stromspeicherung. Die beiden gängigsten Systeme zur Speicherung sind Blei-Säure-Akkumulatoren und Lithium-Ionen-Akkumulatoren. Die Unterschiede spiegeln sich im Preis, der Laufzeit und den Anforderungen in der Handhabung wieder. Bei der Dimensionierung sollte beachtet werden, dass beim Laden und Entladen des Akkumulators 10-30 % der erzeugten Energie als Wärme verloren gehen.

### 9.1 Blei-Säure Akkumulatoren

Diese Art von Akkumulatoren ist bereits seit mehreren Jahren erprobt. Sie werden beispielsweise in Krankenhäusern eingesetzt, um im Falle eines Stromausfalls die Versorgung übernehmen zu können. Da die Akkumulatoren Ausgasungen verursachen, setzt der Einsatz der Batterien einen Raum mit entsprechender Belüftung voraus. Bei der



Verwendung von geschlossenen Akkumulatoren sind die Voraussetzungen an die Belüftung der Lagerräume geringer. Zudem ist der Wartungsaufwand niedriger und es wird eine längere Lebensdauer erreicht. Im Durchschnitt ist eine Nutzungsdauer von circa 6-12 Jahren bei Zyklendauern von 2000 Zyklen üblich. Die Kosten belaufen sich je nach Qualität auf etwa 300 – 600 €/kWh.

## 9.2 Lithium-Ionen Akkumulatoren

In kleinen Ausführungen sind die Akkumulatoren bereits gut erforscht (Laptop, Mobiltelefone, etc.). Der Langzeiteinsatz mit größeren Speichermedien ist jedoch bislang unbekannt. Aufgrund der großen Anzahl an Elektrolyten und Elektrodenmaterialien gibt es kein einheitliches Konzept. So ergeben sich je nach Kombination unterschiedliche Nennleistungen. Welche die optimale ist, ist bis heute nicht vollständig geklärt. Lithium hat eine sehr hohe Aktivität. Aus diesem Grund ist es zwingend notwendig, die Zellen mit einer Schutzelektronik auszustatten, um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten. Es wird eine Lebensdauer von bis zu 20 Jahren erwartet, die Kosten variieren zwischen 500 und 1200 €/kWh.

## 9.3 Änderungen des EEG (2012) und Einspeisevergütungssätze

Durch die Neuregelung des EEG ändern sich die Vergütungen für den eingespeisten Strom aus Solaranlagen. Im Folgenden werden die wichtigsten Neuerungen des EEG aufgeführt.

Im Zuge der EEG-Novellierung wurden die Vergütungsklassen für solare Dachanlagen neu gestaltet. Es wurden insgesamt vier Vergütungsklassen (bis 10 kW, bis 40 kW, bis 1 MW und bis 10 MW) geschaffen. Eine weitere wichtige Neuerung ist die Vergütung des produzierten Stroms. Ab dem 1. Januar 2014 werden für Anlagen von 10 kW bis 1 MW nur noch 90 % des produzierten Stroms vergütet. Die Regelung betrifft alle Anlagen im genannten Größenbereich, die ab dem 1. April 2012 in Betrieb genommen wurden. Der überschüssige Strom kann selbst verbraucht, oder direkt vermarktet werden. Der Eigenverbrauchsbonus ist mit der Novellierung entfallen.

Zum 1. April 2012 wurde die Einspeisevergütung um 15 % abgesenkt, zudem wurde eine stetige Degression von jeweils 1 % zum Vormonat eingeführt. Die monatliche Degression von 1% ist jedoch kein fixer Wert. Sie ist abhängig vom Zubau in Deutschland. Bei Einhaltung des Zubaukorridors (2500 MW-3500 MW) beträgt die jährliche Degression ca. 11,4 %.

Das Gesamtbauziel wurde auf 52 GW für die Bundesrepublik Deutschland festgesetzt. Wird das Ziel erreicht, entfällt die Einspeisevergütung für Neuanlagen. Der Einspeisevorrang bleibt aber gesichert.

Die Vergütung gliedert sich weiterhin in Dachanlagen und Freilandanlagen. Als Dachanlage zählt eine Solaranlage nur noch, wenn Sie auf bereits bestehenden Gewächshäusern errichtet wird. Neuerrichtungen im Außenbereich erhalten grundsätzlich die niedrigere Vergütung nach EEG (2012) § 32 Absatz 1.

Nur wenn eine der Bedingungen nach EEG (2012) § 32 Absatz 3 erfüllt ist, ist eine Vergütung nach EEG (2012) § 32 Absatz 2 (höhere Vergütung für Dachflächen) möglich.

Eine Tabelle mit den Vergütungsklassen sowie die neuen Vergütungssätze des EEG für Solarstromanlagen befinden sich in einem separaten Dokument.

## 9.4 Auszug aus dem EEG (2012) § 32 Absatz 3

„Für Anlagen zur Erzeugung von Strom aus solarer Strahlungsenergie, die ausschließlich in, an oder auf einem Gebäude angebracht sind, das kein Wohngebäude ist und das im Außenbereich nach § 35 des Baugesetzbuchs errichtet wurde, gilt Absatz 2 nur, wenn



nachweislich vor dem 01. April 2012

für das Gebäude der Bauantrag oder der Antrag auf Zustimmung gestellt oder die Bauanzeige erstattet worden ist,

im Fall einer nicht genehmigungsbedürftigen Errichtung, die nach Maßgabe des Bauordnungsrechts der zuständigen Behörde zur Kenntnis zu bringen ist, für das Gebäude die erforderliche Kenntnissgabe an die Behörde erfolgt ist oder

im Fall einer sonstigen nicht genehmigungsbedürftigen, insbesondere genehmigungs-, anzeige- und verfahrensfreien Errichtung mit der Bauausführung des Gebäudes begonnen worden ist,

2. das Gebäude im räumlich-funktionalen Zusammenhang mit einer nach dem 31. März 2012 errichteten Hofstelle eines land- oder forstwirtschaftlichen Betriebes steht oder

3. das Gebäude der dauerhaften Stallhaltung von Tieren dient und von der zuständigen Baubehörde genehmigt worden ist; ...“

Nach dem Einspeisemanagement haben Anlagen zwischen 30 kW- und 100 kW, die ab dem 1. Januar 2012 in Betrieb gegangen sind, nur noch bis zum 1. Januar 2013 Zeit, technische Einrichtungen zur Abregelung der Leistung zu installieren. Für Anlagenbetreiber mit einer Leistung bis zu 30 kW besteht die Möglichkeit die maximale Wirkleistungseinspeisung ins Netz auf 70 % zu begrenzen. Dies soll zur Minderung des 50,2 Hz Netzproblems beitragen. Die Umrüstung des Netzes ist Aufgabe der Netzbetreiber. Die Anlagenbetreiber sind jedoch zur Mitwirkung und Duldung der Umrüstung angehalten. Fehlt die Mitwirkung, verliert der Anlagenbetreiber seinen EEG-Anspruch.

## 10 Beispiel für eine Musteranlage mit einer Leistung von 60 kWp

(Berechnung wurde mit dem Berechnungstool der LEL-BW durchgeführt, alle Angaben sind exklusive Mehrwertsteuer und unter Annahme von 20 Jahren Anlagenlaufzeit durchgeführt worden und stützen sich auf 100 % Eigenkapitaleinsatz. Der Vergütungssatz beträgt die Werte für den Monat Juli 2013)

Eine Anlage mit 60 kW fällt unter das Marktintegrationsmodell. Das bedeutet, dass mind. 10 % der erzeugten Energie selbst genutzt oder vermarktet werden müssen. Die ungefähren Investitionskosten belaufen sich bei einer Anlage dieser Größenart auf etwa 100.000 €. Unter der Annahme einer Einstrahlung von 930 kWh/kW erzeugt die Anlage durchschnittlich 53265 kWh pro Jahr. Bei einer Einspeisung von 90 % entspricht dies durchschnittlich 47939 kWh, die eingespeist und nach dem EEG (2012) vergütet werden. Die übrigen 10 % (5327 kWh) werden entweder selbst genutzt oder vermarktet. Die Einspeisung erbringt jährlich durchschnittlich 6.669 €. Unter Annahme der Eigennutzung von 10 % Eigenstrom und einem aktuellen Strompreis bei Fremdbezug in Höhe von 0,20 €/kWh sowie einer Inflationsrate von 2,0 % liegt der Wert des selbst genutzten Stroms bei durchschnittlich 1324 € pro Jahr. Der Ertrag liegt durchschnittlich 7.993 € jährlich. Somit amortisiert sich die Anlage nach etwa 11,8 Jahren.

Unter der Annahme eines Eigenstromverbrauchs von 10 % kostet eine kWh Eigenstrom etwa 0,25 €. Steigt der Eigenstromverbrauch auf 20 % verringern sich die Kosten auf ca. 0,19 €/kWh. Je höher der Anteil der Eigennutzung des erzeugten Stroms ist, umso geringer sind die Kosten für die Produktion.

Die Nutzung des Eigenstroms kann erhöht werden, beispielsweise durch Verschieben der Lastspitzen. Wie hoch die jeweilige Eigenstromnutzung ausfallen kann, kann nicht allgemein dargestellt werden. In vielen Gartenbaubetrieben, vor allem in kleineren, fallen die Lastspitzen meist in den frühen Morgenstunden oder in den Abendstunden an. Genau zu dieser Zeit erzeugt die PV-Anlage aufgrund geringerer Einstrahlung weniger Strom. Eine



Optimierung der Stromnutzung kann unter Umständen durch eine Lastgangverschiebung stattfinden. Somit lässt sich die Eigenstromnutzung um 10-15 % erhöhen. Im speziellen muss für jeden Betrieb der Lastgang genau bestimmt werden, um eine möglichst genaue Prognose über die erwartete Eigenstromnutzung geben zu können.

Sollte eine Lastgangverschiebung nicht möglich sein, könnte ein Stromspeicher Abhilfe schaffen. Der erzeugte Solarstrom wird während der Produktion gespeichert und ist bei Bedarf abrufbar. Diese Maßnahme trägt jedoch erhöhte Kosten mit sich. Die Speicherung einer Kilowattstunde beläuft sich, je nach gewähltem Speichersystem, auf 25-80 Cent pro kWh. Durch diese nicht unerheblichen Kosten lässt sich die Wirtschaftlichkeit der Speicher bisher nur durch die stark sinkende Einspeisevergütung, einen hohen Eigenverbrauch und der Annahme stark steigender Strompreise wirtschaftlich lohnend darstellen.

Eine Eigenstromnutzung von 10 % wird in Gartenbaubetrieben meistens erreicht. Bis zu 30 % sind in einigen Fällen möglich. Somit lässt sich der Strom zumindest kostendeckend und teilweise sogar günstiger als vom Versorger beziehen.

Dieses Beispiel kann nicht verallgemeinert werden. In jedem Fall muss die Anlage für den jeweiligen Betrieb und Standort durchgerechnet und überprüft werden.

Häufig stellt sich die Frage, was eine PV-Anlage bei einer bestimmten Größe maximal kosten darf. Aufschluss darüber, kann die LFL geben. Unter folgender Internetadresse (<http://www.lfl.bayern.de/iba/energie/027328/index.php>) können sich Interessierte in den Grafiken, die in der PDF-Datei enthalten sind, Richtwerte für die Maximalkosten unter unterschiedlichen Bedingungen anzeigen lassen.



## 11 Literaturverzeichnis

Bozzo, A. und Reichhalter, H. (2011)(2): Nr. 10 Leitfaden Photovoltaik, Südtiroler Bauernbund, Bozen

Schmitz, J. und Volkmann, B. (2010): Ihr Photovoltaikratgeber – so verstehen und planen Sie Ihre eigene Solarstromanlage, scon-marketing GmbH

Schmid, W. (2012): Gemüse – Was kostet Strom aus der eigenen Photovoltaik? - Den eigenen PV-Strom nutzen - Kosten sparen, Ulmer KG Stuttgart

Solar Sunways AG (2012): Solar Sunways photovoltaik Technology, Sunway Solarcells, Konstanz

### Internetquellen

[www.bundesnetzagentur.de](http://www.bundesnetzagentur.de)

[www.lel-bw.de](http://www.lel-bw.de)

[www.photovoltaiik-profit.de](http://www.photovoltaiik-profit.de)

[www.photovoltaiik-web.de](http://www.photovoltaiik-web.de)

[www.solaranlagen-portal.de](http://www.solaranlagen-portal.de)

## 12 Impressum

### Herausgeber

Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Kitzingen

Gartenbauzentrum Bayern Nord

Mainbernheimer Straße 103

97318 Kitzingen

Tel.: 09321 3009-0

Fax: 09321 3009-135

Internet: [www.aelf-kt.bayern.de/gartenbau](http://www.aelf-kt.bayern.de/gartenbau)

Stand: Oktober 2014

Diese Arbeit wurde im Rahmen des Projektes „LandSchafftEnergie“ erstellt.

[www.LandSchafftEnergie.bayern.de](http://www.LandSchafftEnergie.bayern.de)