



# Das richtige Solarmodul

## Kriterien zur Bewertung der Qualität von kristallinen Solarmodulen in der Praxis

- | **Einmal installiert, sollen Module weit über 20 Jahre halten und Tag für Tag eine hohe Leistung erbringen**
- | **Preis und Wirkungsgrad als alleinige Entscheidungskriterien sind nicht ausreichend**
- | **Weitere Merkmale der Modulqualität beeinflussen Ertrag und Langlebigkeit – und damit die Investitionssicherheit**

Bei der Bewertung der Gesamtrendite einer Solaranlage wird heute vielfach der Zeitraum zur Erreichung der Gewinnschwelle oder die staatliche Förderzeit zugrunde gelegt. Vorausgesetzt wird ein einwandfreier Betrieb der Anlage – allerdings ist dieser nicht immer selbstverständlich. Häufig werden bei der Auswahl des Solarmoduls deshalb nur der nominale Wirkungsgrad sowie der Preis pro Watt peak zur Entscheidungsgrundlage gemacht. Unter langfristigen Gesichtspunkten ist es aber notwendig, weitere Kriterien in die Bewertung einfließen zu lassen. Ein gutes Modul erzielt sogar weitaus länger als zwei Jahrzehnte einen zuverlässig hohen Ertrag. Worauf bei der Auswahl der Module zu achten ist, zeigt diese Ausgabe der Reihe Praxiswissen.

## Modulkomponenten

### Zellen

Das Herz des Solarmoduls ist die Solarzelle. Die sorgfältige Kombination von einwandfreien Zellen mit einheitlichen Eigenschaften ist die Voraussetzung für hohe Moduleffizienz, lange Lebensdauer und hohe Erträge.

Die weltweit am häufigsten eingesetzten Zellen werden aus polykristallinem Silizium gefertigt. Solche Zellen sind immer quadratisch und an ihrer unregelmäßigen Musterung zu erkennen. Zellen aus monokristallinem Silizium verfügen in der Regel über einen etwas höheren Wirkungsgrad. Durch die typischen „abgeschnittenen“ Ecken verringert sich allerdings die aktive Zellfläche und die höhere Zelleffizienz lässt sich nicht vollständig in eine höhere Moduleffizienz umsetzen. Bezüglich Leistungserzeugung und Langzeitverhalten können beide Arten als gleichwertig betrachtet werden.

### Praxistipp Nr. 1: Auf Anzahl der Busbars achten!

Um den durch die Zelle erzeugten Strom an einen Verbraucher abführen zu können, muss dieser kontaktiert werden. Dies geschieht über das auf die Zelloberfläche aufgebraute metallische Kontaktgitter, das aus dünnen Fingern und breiten Streifen besteht, den sogenannten Busbars.

Viele Modulhersteller verwenden Zellen mit zwei Busbars, da diese Zellen über viele Bezugsquellen erhältlich sind und oft eine hohe Zelleffizienz aufweisen. Um den erzeugten Strom besonders zuverlässig abführen zu können, werden Zellen mit drei Busbars ausgestattet, da sich so die Last besser verteilen kann und Übergangswiderstände zwischen den Zellen reduziert werden. Somit führen Zellen mit drei Busbars zu einer höheren Moduleffizienz und gleichzeitig höherer Zuverlässigkeit.

### Glas

Das Glas dient dem Modul als stabilisierendes, lichtdurchlässiges Trägermaterial. Im Gegensatz zu Fensterglas verwendet man für Module meist hochtransparentes, thermisch vorgespanntes Einscheibensicherheitsglas (ESG), das Solarglas.

### Praxistipp Nr. 2: Glasoberfläche überprüfen!

Auf dem Markt sind viele verschiedene Solargläser erhältlich: glatte, unstrukturierte, mikrostrukturierte, stark strukturierte Gläser oder gar speziell beschichtete. Die Aufgabe eines jeden Glases ist es, möglichst viel Sonnenlicht in das Modul zu leiten. Allerdings neigen stark strukturierte Gläser zu Verschmutzungen, welche die Leistung des Moduls mit der Zeit vermindern können.

Besser geeignet für europäische Breitengrade ist die Verwendung von mikrostrukturiertem Glas, das bei gelegentlichem Regenfall einen Selbstreinigungseffekt aufweist und weit weniger zur Vermoosung neigt.

Am Markt verfügbar sind auch Module mit antireflexvergütetem Glas. Hier ist darauf zu achten, dass die Beständigkeit der Vergütung über die erwartete Lebensdauer des Moduls (Minimum 20 Jahre) garantiert wird. Die Antireflexbeschichtung kann ähnlich wie bei Brillengläsern altern und sogar abblättern, was in extremen Fällen zur Verschlechterung der Modulleistung führt.

### Rahmen

Der Modulrahmen schützt die empfindlichen Außenkanten des Glas-Folien-Laminats und sorgt zusammen mit dem Spezialglas für Stabilität und Verwindungssteifheit

#### Praxistipp Nr. 3: Auf Beschaffenheit und Eigenschaften des Rahmens achten!

Am unempfindlichsten und stabilsten sind Rahmen aus eloxiertem Aluminium, die im Gegensatz zu lackierten Rahmen nicht so kratzanfällig sind. Rahmen sollten keine geschlossenen Hohlräume aufweisen, da sich in diesen Wasser sammeln kann, das durch Frost im Winter zu Eis wird. Dadurch kann sich der Rahmen verbiegen oder gar platzen. Eine flache Ablaufkante zu den Zellen hin verhindert außerdem im Winter die Anlagerung von Eis und Schnee, deren Kräfte den Rahmen vom Modul lösen können. Im Sommer finden an flachen Rahmenkanten Verschmutzungen wie Pollen oder Staub keinen Halt, so dass keine Grundlage für das Wachstum von Moosen besteht. Diese Verschmutzungen sind besonders kritisch, wenn sie Teile der Zellen verschatten, da die Leistung des Moduls dadurch erheblich sinken kann.

Ein guter Rahmen ist verschraubt. Spezialschrauben verbinden alle Rahmenteile mechanisch und elektrisch leitend und ermöglichen so eine durchgehende Erdung des Moduls. Unverschraubte, nur ineinandergesteckte Rahmenteile oder nichtmetallische Eckverbinder sind hingegen nicht zu empfehlen. Eine saubere Verarbeitung des Rahmens ohne scharfe Kanten oder herausstehende Schrauben sollte selbstverständlich sein.

Achten Sie außerdem auf eine umlaufende Verbindung der Rahmenteile zum Laminat. Rückseitig zum Rahmen hin sorgen an den Innenkanten spezielle Rahmenbänder für eine saubere und beständige Abdichtung. Achten Sie auf parallele und gradlinige Verlegung des Bandes. Auch Silikon kann für Halt sorgen, wenn es gleichmäßig und bündig verarbeitet ist und nicht auf den Rahmen gespritzt wurde. Allerdings ist Silikon anfälliger gegen Witterungseinflüsse und somit besser zu vermeiden.

### Anschlussdose

Die primäre Aufgabe einer Anschlussdose ist es, den vom Modul erzeugten Gleichstrom nach außen zu führen. Bei fehlerhafter Konstruktion oder Verarbeitung kann sie jedoch unter bestimmten Umständen zu einer Brandgefahr für die PV-Anlage werden.

#### Praxistipp Nr. 4: Auf gelötete und vergossene Anschlussdosen achten!

In automatisierten Prozessen ausgeführte Löt- oder Schweißverbindungen sind sicher und stabil. Vorsicht vor Klemm-, Steck- oder Schraubverbindungen! Sie können sich bei unsachgemäßer Verarbeitung lösen oder rosten und dadurch einen Kurzschluss verursachen. Der dabei entstehende Lichtbogen kann zu Bränden in der Anschlussdose führen.

Mit brandhemmendem Kunststoff vergossene Anschlussdosen sind vor dem Eindringen von Feuchtigkeit und Luft geschützt. Das sorgt für zusätzliche Sicherheit.

#### Praxistipp Nr. 5: Bypassdioden schützen vor Zellerstörung!

Bypassdioden unterstützen einen optimierten Betrieb auch unter ungünstigen Betriebsbedingungen. Werden Zellen temporär abgeschattet, zum Beispiel aufgrund von Laubbefall, leiten die Bypassdioden die Ströme der unbeschatteten Zellen an ihnen vorbei und schützen sie somit vor Zerstörung. Nach Beendigung der Verschattung schalten sich die Bypassdioden wieder in ihren ursprünglichen Zustand, das Modul produziert wieder seine volle Leistung. Gute Module verfügen über mehrere Bypassdioden, die jeweils mit maximal 16 – 20 Zellen verschaltet sein sollen. Eine spezielle Diodenkühlung führt die entstehende Wärmeentwicklung der Dioden ab.

Es ist ebenfalls darauf zu achten, dass in der Dose der Anschlussbereich der Zellen elektrisch isolierend und thermisch getrennt vom Diodenbereich ist. Vermeiden Sie auch hier gesteckte Dioden! Dies garantiert einen wartungsfreien Betrieb des Moduls über die gesamte Lebensdauer. Ein Austausch der Dioden ist nicht erforderlich.

# Die inneren Werte

**Nicht nur die verwendeten Materialien und Komponenten bestimmen die Qualität eines Moduls. Wichtig sind weitere Merkmale, die die Verwendbarkeit der Module über die Standardanwendungen hinaus sicherstellen.**

## **Praxistipp Nr. 6: Nur mit positiven Leistungstoleranzen erhalten Sie die volle Leistung für Ihr Geld!**

Leistungstoleranzen werden von Herstellern angegeben, um produktionsbedingte Abweichungen von der Nominalleistung darzustellen. Minustoleranzen bedeuten geringere tatsächliche Modulleistungen als nominal angegeben (und damit bezahlt). Wird eine positive Leistungstoleranz garantiert, erhält der Kunde immer mindestens die angegebene Leistung für sein Geld. Diese kann in der Praxis noch bis zu einem bestimmten Prozentsatz übertroffen werden und damit zu höherem Ertrag führen. Allerdings sollte die angegebene Positivtoleranz nicht zu groß sein, da durch die große Variation der realen Messwerte die Strangoptimierung erschwert wird.

## **Praxistipp Nr. 7: Nachgewiesenes Schwachlichtverhalten überprüfen!**

Nicht jeden Tag strahlt die Sonne ohne Wolken von einem blauen Himmel herab. Bei der Leistungsbestimmung der Module in einem Produktionswerk werden jedoch genau diese Bedingungen simuliert – dies sind die sogenannten Standardtestbedingungen (STC = Standard Testing Conditions: 1000 W/m<sup>2</sup> Einstrahlung, 25° C Modultemperatur, Atmosphärendicke AM 1,5). Unter einer Einstrahlung von 800 W/m<sup>2</sup> spricht man von Schwachlicht. Dieses gilt es möglichst effizient in elektrische Energie umzuwandeln. Daher sollten Module ein nachgewiesenes gutes Schwachlichtverhalten aufweisen, um im Jahresmittel höchstmögliche Erträge zu sichern.

## **Praxistipp Nr. 8: Zulässige Belastungen von 6000 Pascal geben statische Sicherheit.**

Normalerweise werden Module entsprechend der gültigen Norm auf Druckbelastungen und Zugbelastungen bis 2400 Pa getestet. Bei besonderen Witterungsbedingungen bietet dies oft keine ausreichende Sicherheit, da zum Beispiel in schneereichen Gebieten oft höhere Flächenlasten auf die Module wirken. Planungssicherheit geben Module, die eine Traglast von mindestens 6000 Pa garantieren. Korrekt montiert können die Module dann Altschnee von mehr als drei Metern Höhe aushalten.

## **Praxistipp Nr. 9: Auf Zulassung zur Hoch- und Quermontage sowie geringes Eigengewicht achten!**

Für die Montage sollten Module nicht nur an ihren langen Seiten befestigt werden können, sondern auch an ihren kurzen Seiten Klemmpunkte haben und idealerweise sogar bis in die Ecken geklemmt werden. Dadurch können sie stabil sowohl im Hoch- als auch im Querformat eingesetzt werden und nach den jeweiligen individuellen Anforderungen flexibel montiert werden. Außerdem ist es vorteilhaft, wenn Module ein geringes Eigengewicht haben, so dass sie auch auf Dächern mit niedriger Traglast installiert werden können. Leichte Module wiegen heutzutage weniger als 85 g/Wp. Achtung: Das leichte Gewicht sollte nicht auf Kosten einer geringeren Druck- und Zugbelastung erkaufte werden. Führende Qualitätsmodule erfüllen beide Kriterien!

## **Praxistipp Nr. 10: Arbeitssicherheit und Montagefreundlichkeit nicht vernachlässigen!**

Leichte Module vereinfachen den Transport und das Handling bei der Montage. Anschlusskabel mit einem Drehverschluss ermöglichen darüber hinaus ein schnelles und einfaches Arbeiten. Wichtig ist auch, dass für den Transport auf der Baustelle (zum Beispiel dem Hausdach) die Kabelenden fest mit dem Modul verbunden sind (zum Beispiel arretiert an der Anschlussdose) und somit nicht zu „Stolperfallen“ werden.

## **Praxistipp Nr. 11: Nicht durch eine große Produktvielfalt verwirren lassen!**

Viele Hersteller bieten eine oft unerschöpfliche Vielfalt von Modultypen an, die letztlich alle nur dasselbe leisten, nämlich Strom zu produzieren. Lassen Sie sich dadurch nicht verwirren. Ein gutes Modul lässt sich gleichwertig in verschiedenen Anlagen verbauen. Hilfreich sind jedoch größenoptimierte Module, die zum Beispiel eine bessere Dachauslegung ermöglichen.

## **Praxistipp Nr. 12: Altmodule fachgerecht entsorgen.**

Solarmodule enthalten wertvolle Rohstoffe. Module von Herstellern, die z.B. der Organisation PV-Cycle angeschlossen sind, können für ein fachgerechtes Recycling an zentralen Sammelstellen abgegeben werden.

### Garantien

Produkt- und Leistungsgarantien können von einem Hersteller zusätzlich und unabhängig von der gesetzlichen Gewährleistungspflicht angeboten werden und bieten zusätzliche Investitionssicherheit.

#### Praxistipp Nr. 13: Auf Garantiezeiträume und transparente Bedingungen achten!

Garantiezeiträume für Solarmodule sollten mindestens fünf, idealerweise zehn Jahre oder mehr betragen.

Leistungsgarantien werden auf unterschiedliche Zeiträume und prozentuale Mindestleistungen des Moduls bezogen (z. B. 25 Jahre auf 80 % der Nominalleistung).

Der tatsächliche Leistungsumfang wird von jedem Hersteller individuell festgelegt. Prüfen Sie daher sorgfältig die jeweiligen Garantiebedingungen und achten Sie auf klare, eindeutige Formulierung der Voraussetzungen und präzise Leistungsbeschreibungen. In der Regel muss der Eintritt des Garantiefalls vom Kunden nachgewiesen werden. Transparente Garantien schützen im Schadensfall vor bösen Überraschungen und erleichtern die Abwicklung der Ansprüche.

#### Praxistipp Nr. 14: Achten Sie auf die anwendbaren Gesetze, den Gerichtsstand und die Erreichbarkeit des Garantiegebers!

Müssen Ansprüche juristisch in fernen Ländern durchgesetzt werden, liegen unterschiedliche Gesetze zugrunde. Neben hohen Anwaltskosten kann bis zur Klärung und Behebung eines Schadens wertvolle Zeit vergehen, die mit Verlusten durch Ertragsausfall verbunden ist. Ideal ist daher, wenn deutsches Recht vereinbart wurde und der Gerichtsstand in Deutschland ist.



### Zertifizierungen und Richtlinien

Zertifizierungen können wie Garantien weitere Sicherheiten bieten, zum Beispiel beim Einsatz der Solarmodule in Küstenregionen oder in der Landwirtschaft.

Für den internationalen Handel mit Modulen hat die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) Sicherheitsnormen entwickelt.

Für kristalline Module sind folgende IEC-Zertifikate erforderlich:

- I IEC 61215: Terrestrische PV-Module mit kristallinem Silizium-Bauartegnung und Bauartzulassung
- I IEC 61730: Sicherheitsqualifizierung von Photovoltaik-Modulen

In den USA und Kanada kommt das nordamerikanische Sicherheitszertifikat UL 1703 hinzu.

Beispiele für weitere nationale Anforderungen in Europa sind die CSTB-Richtlinie für den französischen Markt oder das MCS-Zertifikat für Großbritannien, das sich stark an die IEC-Sicherheitsnormen anlehnt.

#### Praxistipp Nr. 15: Achten Sie auf die entsprechenden Zertifizierungen beim Bau von Solaranlagen in Küstenregionen oder in der Landwirtschaft!

Für den Einsatz in Küstenregionen ist die Norm IEC 61701 relevant, die die Korrosionsbeständigkeit des Moduls bei Salznebel bestätigt.

Für Kunden aus dem Bereich Landwirtschaft ist der FokusTest „Ammoniakbeständigkeit“ der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) interessant. Dieses DLG-Zertifikat bestätigt, dass Module chemischen Belastungen durch Stallluft standhalten.

Außerdem sollten Module starke Hagelschläge überstehen. In einem unter verschärften IEC Bedingungen durchgeführten Hageltest nehmen gute Module selbst bei Korngrößen von 55mm und Geschwindigkeiten bis zu 120km/h keinen Schaden.

Wichtig aus Qualitäts- und Umweltsicht ist, dass die Herstellungsstätten der Module gemäß ISO 9001 und ISO 14001 zertifiziert sind. Dies garantiert die Einhaltung umweltschützender Auflagen sowie ein Qualitätsmanagement, das stetig die Qualität der produzierten Module sicherstellt.