

Ursachen

für Minder-Leistung und -Ertrag von PV-Generatoren

Fehler	Erkennbar durch:	Mögliche Ursache / Abhilfe
Anlagenkonfiguration nicht optimal gewählt	Messung von Matchverlusten	Planungsfehler / <i>Neukonfiguration</i>
Fehlerhafte Anpassung von Strings an Wechselrichter	Eingespeiste Leistung für Standort und Leistung des Generators zu gering	Planungsfehler / <i>Neukonfiguration, Austausch der Wechselrichter</i>
Abschattung mit Schlagschatten	I-U-Kennlinie hat "Beulen", Peakleistung zu gering, optische Kontrolle	Hindernis in direkter Nähe zum Modul (z.B. Vogelkot) / <i>Hindernis beseitigen</i>
Abschattung diffus (möglicherweise mit bloßem Auge nicht erkennbar!)	I-U-Kennlinie ist "eingedrückt", Peakleistung zu gering	Hindernis in einiger Entfernung (diffuser Lichtanteil hoch) / <i>Hindernis beseitigen</i>
Korrosion an Steckern/Klemmen	Serieninnenwiderstand R_s zu hoch	Material-, Planungs-, Montagefehler / <i>Reinigung, Austausch</i>
Ablösung der Zelleinbettung	wie Abschattung diffus	Material-, Herstellungsfehler / <i>Austausch</i>
Blasenbildung in Harz	wie Abschattung diffus	Materialfehler / <i>Austausch durch Lieferanten</i>
Blindwerden des transparenten Deckmaterials (Glas, Kunststoff, Harz)	Optische Kontrolle, Peakleistung zu gering (s.a. Abschattung diffus)	Materialfehler / <i>Austausch durch Lieferanten</i>
Verfärbung des transparenten Deckmaterials (Kunststoff, Harz)	Optische Kontrolle, Peakleistung zu gering (s.a. Abschattung diffus)	Materialfehler / <i>Austausch durch Lieferanten</i>
Eindringen von Feuchtigkeit zwischen das Laminat, führt zu anderen Schäden (Korrosion, Verfärbung)	Optische Kontrolle	Material-, Herstellungsfehler / <i>Austausch durch Lieferanten</i>
Fehler in einzelnen Zellen durch Micro-Shunts (Hot-Spot-Effekt)	wie Abschattung diffus	Herstellungsfehler / <i>Preisminderung, Austausch durch Lieferanten</i>
Verschmutzung des Moduls durch Staub	Optische Kontrolle, wie Abschattung diffus	Hohe Staubbelastung (In Deutschland meist kein Problem). Module regelmäßig kontrollieren / <i>Reinigung</i>
Moos-/Algenbewuchs des Moduls, Vogelkot	wie Abschattung mit Schlagschatten	Je nach Region und Lage normal / <i>Reinigung</i>
Bruch des Deckglases, führt zu anderen Schäden (Korrosion, Verfärbung)	Optische Kontrolle	Hagelschlag, Montagefehler, Transportschaden / <i>Austausch d. Liefer.</i>
Bruch von Einzelzellen im Modul	Peakleistung zu gering, eventuell Verformung der I-U-Kennlinie	Materialfehler / <i>Austausch durch Lieferanten</i>
Mangelhafte elektrische Verbindungen im Modul	Peakleistung zu gering, Serieninnenwiderstand R_s höher als berechnet	Fehler in Lötung, Materialfehler, Korrosion / <i>Austausch durch Lieferanten</i>
Bypassdiode defekt (Kurzschluss)	Peakleistung des Strings um Modulleistung verringert	Überlastung, Materialfehler / <i>Reparatur</i>
Bypassdiode falsch herum montiert	Peakleistung des Strings um Modulleistung verringert	Montagefehler / <i>Reparatur</i>
Keine Bypassdiode montiert oder Diode defekt (hochohmig)	Abschattung eines Moduls kann Leistung des Strings dramatisch verringern	Planungs-, Montagefehler / <i>Reparatur</i>
Verkabelung zu klein dimensioniert	Serieninnenwiderstand R_s zu hoch	Planungsfehler / <i>Austausch der Verkabelung</i>
Kabel defekt (z.B. Bruch, Korrosion)	Serieninnenwiderstand R_s zu hoch	Montagefehler / <i>Reparatur</i>
Mangelhafte Anschluss von Steckverbindern	Serieninnenwiderstand R_s zu hoch	Montagefehler / <i>Reparatur</i>
Korrosion in Schraub- oder Steckverbindern	Serieninnenwiderstand R_s zu hoch	Montagefehler / <i>Reinigung, Reparatur</i>
Mangelhafte Vorauswahl von Modulen nach Peakleistung (gute/schlechte Module jeweils in einen String)	Peakleistung der Anlage zu gering	Planungs-, Montagefehler (Matchverluste) / <i>Neuzusammenstellung der Module nach Peakleistungsmessung</i>
Mangelhafte Vorauswahl von Einzellen nach Leistung bei Modulherstellung	Peakleistung des Modules zu gering	Herstellungsfehler / <i>Preisminderung, Austausch durch Lieferanten</i>
Kurzschluß zwischen Einzelzellen im Modul	Peakleistung der Anlage zu gering, Leerlaufspannung U_{oc} zu klein, Kennlinienverlauf	Herstellungsfehler / <i>Austausch durch Lieferanten</i>
Herstellungstoleranzen in Zellproduktion	Peakleistung zu gering, Kennlinienverlauf	Herstellungsfehler / <i>Preisminderung, Austausch durch Lieferanten</i>

Bitte beachten: Fehler zeigen sich unter Umständen nur bei bestimmten Betriebszuständen, z.B. hohen Modultemperaturen
Diese Aufstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit oder Fehlerfreiheit.



Messgeräte der Serie PVPM - mehr als „nur“ Kennlinien!

Der Serieninnenwiderstand R_s

Dieser Widerstand ergibt sich physikalisch aus dem für die Modulherstellung verwendeten Material und dem Aufbau des Moduls sowie seines Kabelanschlusses und hat im Normalfall einen konstanten Wert. Dieser beträgt z. B. bei kristallinen Modulen etwa 1 Ohm, bei Dünnschichtmodulen mehr als 2 Ohm.

Die Messung des Serieninnenwiderstands ist neuerdings mit den Messgeräten der Serie PVPM möglich. Dazu muss nur eine einzelne I-U-Kennlinie des Moduls gemessen werden. Aus dieser Kennlinie berechnet das Gerät automatisch den R_s sowie auch die Peakleistung P_{pk} und den Parallelwiderstand R_p .

Der theoretisch zu erwartende Wert des Serieninnenwiderstands R_s lässt sich berechnen. Dies können Sie z.B. mit der Software PVPM:disp ausführen, wenn Sie die STC-Kennwerte U_{oc} , I_{sc} , U_{Mpp} und I_{Mpp} des Moduls kennen.

Den berechneten R_s können Sie nun mit dem gemessenen Wert vergleichen, den ein PVPM-Messgerät nach der Kennlinienmessung ausgibt. Ist der gemessene zu hoch, muss die Verkabelung auf Bruch, Korrosion, Verbindungsfehler oder Minderdimensionierung geprüft werden.

Die Peakleistung P_{pk}

Um die Vergleichbarkeit von Leistungsangaben bei PV-Modulen zu gewährleisten wurde allgemein vereinbart, dass die Nennleistung eines Moduls bei den Randbedingungen Zelltemperatur 25°C , Einstrahlung $1000\text{W}/\text{m}^2$ und einem Lichtspektrum entsprechend $AM=1,5$ gemessen und „Peakleistung“ genannt wird. Diese Randbedingungen heißen Standard Test Conditions (STC).

Leider sind die STC in der Natur nur sehr selten anzutreffen, so dass die entsprechenden Messungen bisher im Labor durchgeführt wurden, wo eben diese Bedingungen unter hohem Aufwand hergestellt werden mussten.

Mit den neuen Verfahren der Peakleistungs- und Kennlinienmessgeräte der Serie PVPM ist es nun möglich, die Messungen unter aktuellen Umweltbedingungen durchzuführen und vom Messgerät auf die STC umrechnen zu lassen. Damit stehen nach nur einer Kennlinienmessung als Ergebnis sofort die Peakleistung P_{pk} , der Serieninnenwiderstand R_s und der Parallelwiderstand R_p zur Verfügung. Diese Werte stellen, verglichen mit den Sollwerten für die gemessene Anlage, ein Indiz für unterschiedliche Fehler im PV-Generator dar und vereinfachen die Leistungskontrolle und Fehlersuche.