

# Performance Ratio

Qualitätsfaktor für die PV-Anlage



## Inhalt

Die Performance Ratio ist eine der wichtigsten Größen zur Bewertung der Effektivität einer PV-Anlage.

Konkret bezeichnet die Performance Ratio das Verhältnis des tatsächlichen zum theoretisch möglichen Energieertrag. Sie ist weitgehend unabhängig von der Ausrichtung einer PV-Anlage und der Einstrahlung auf die PV-Anlage. Aus diesem Grund kann man mit Hilfe der Performance Ratio netzgekoppelte PV-Anlagen an verschiedenen Standorten weltweit vergleichen.

Dieses Dokument informiert Sie darüber, was die Performance Ratio ist und welche Funktion sie hat. Außerdem erfahren Sie, wie Sie die Performance Ratio für Ihre PV-Anlage berechnen können und welche Faktoren sie beeinflussen.

# 1 Was ist die Performance Ratio?

---

Die Performance Ratio (aus dem Engl.: performance = Ertrag, Ergebnis und ratio = Verhältnis, Anteil) ist ein vom Standort unabhängiges Maß für die Qualität einer PV-Anlage und wird daher auch oft als Qualitätsfaktor bezeichnet. Die Performance Ratio (PR) wird in Prozent angegeben und bezeichnet das Verhältnis zwischen dem Istertrag und dem Sollertrag der PV-Anlage. Damit gibt sie an, welcher Anteil der Energie nach Abzug der Energieverluste (z. B. durch thermische Verluste und Leitungsverluste) und des Eigenverbrauchs für den Betrieb real für die Einspeisung zur Verfügung steht.

Je näher der für eine PV-Anlage ermittelte PR-Wert an 100 % liegt, desto effektiver arbeitet diese PV-Anlage. Ein Wert von 100 % ist jedoch real nicht zu erreichen, da beim Betrieb der PV-Anlage auch immer Verluste auftreten, die unvermeidbar sind (z. B. thermische Verluste durch die Erwärmung der PV-Module). Leistungsfähige PV-Anlagen erreichen jedoch eine Performance Ratio von bis zu 80 %.

# 2 Welche Funktion hat die Performance Ratio?

---

Die Performance Ratio informiert Sie über die Energieeffizienz und die Zuverlässigkeit Ihrer PV-Anlage.

Mit der Performance Ratio können Sie den Ertrag Ihrer PV-Anlage mit dem Ertrag anderer PV-Anlagen vergleichen oder den Zustand Ihrer PV-Anlage über einen längeren Zeitraum überwachen.

Bei der regelmäßigen, in festgelegten Zeitintervallen durchgeführten Ermittlung der Performance Ratio geht es allerdings nicht um einen absoluten Vergleich, sondern um die Möglichkeit einer Verlaufs- und Ertragskontrolle: Geht man bei der Inbetriebnahme einer PV-Anlage und unter der Annahme, dass die PV-Anlage zu diesem Zeitpunkt optimal läuft, von einem Ausgangswert von 100 % für die Performance Ratio aus, dann lassen sich durch die Ermittlung der weiteren PR-Werte über die Zeit Abweichungen erkennen und rechtzeitig Gegenmaßnahmen einleiten. Abweichungen des PR-Werts in Form von Werten unterhalb des Normbereichs zeigen Ihnen also frühzeitig eine mögliche Störung Ihrer PV-Anlage an.

Welche Faktoren zu einer Abweichung des PR-Werts führen können, ist in Kapitel 4 „Welche Faktoren beeinflussen die Performance Ratio?“ (Seite 7) beschrieben.

## 3 Wie wird die Performance Ratio berechnet?

Um die Performance Ratio Ihrer PV-Anlage berechnen zu können, benötigen Sie verschiedene Größen. Zum einen sind dies die Sonneneinstrahlungswerte für den Standort der PV-Anlage. Diese Werte können Sie mit einem Messgerät (z. B. Sunny SensorBox) erfassen, das die eingestrahelte Energiemenge für Ihre PV-Anlage misst. Zum anderen benötigen Sie die Größe der Modulfläche Ihrer PV-Anlage und den Wirkungsgrad Ihrer PV-Module. Der Modulwirkungsgrad ist im Datenblatt des PV-Moduls angegeben.

Sie können die Performance Ratio selbst berechnen (siehe Seite 3) oder automatisch berechnen lassen (siehe Seite 6).

### Voraussetzungen zur Berechnung

Wenn Sie für Ihre PV-Anlage ein Messgerät (z. B. Sunny SensorBox) verwenden, das die direkte Sonneneinstrahlung misst, müssen die PV-Module und das Messgerät gleich ausgerichtet sein, damit Sie den korrekten PR-Wert berechnen können. So stellen Sie sicher, dass die PV-Module und das Messgerät der gleichen Menge an Sonneneinstrahlung und den gleichen Temperaturen ausgesetzt sind.

### Betrachtungszeitraum

Der optimale Betrachtungszeitraum zur Berechnung der Performance Ratio umfasst 1 Jahr. Sie können jedoch auch kürzere Zeitintervalle wählen, z. B. wenn Sie Ihre PV-Anlage direkt mit anderen PV-Anlagen vergleichen wollen. Allerdings sollten Sie mindestens einen Betrachtungszeitraum von 1 Monat wählen, um sicherzustellen, dass Umgebungsbedingungen wie niedrige Sonnenstände, niedrige Temperaturen und Verschattungen der PV-Module und/oder des Messgeräts die Berechnung nicht zu stark beeinflussen.

### 3.1 Manuelle Berechnung

Wenn Sie die Performance Ratio selbst berechnen wollen, können Sie die folgende, vereinfachte Formel anwenden:

<b>Formel zur manuellen Berechnung der Performance Ratio</b>	
PR =	$\frac{\text{Tatsächlicher, abgelesener Anlagenenertrag in kWh im Jahr}}{\text{Errechneter, nominaler Anlagenenertrag in kWh im Jahr}}$

Der tatsächliche Anlagenenertrag in kWh wird am Jahresende vom Einspeisezähler abgelesen.

Der errechnete, nominale Anlagenenertrag im Jahr setzt sich wie folgt zusammen:

<b>Formel zur Berechnung des nominalen Anlagenenertrags</b>
$\text{Einstrahlung des Jahres auf die Generatorfläche der PV-Anlage} \times \text{Wirkungsgrad der Module der PV-Anlage}$

Der Einstrahlungswert, den das Messgerät misst, wird in der Modulebene und idealerweise über ein komplettes Jahr erfasst. Um diesen Einstrahlungswert zu ermitteln, muss aus den vom Messgerät (z. B. Sunny SensorBox) aufgezeichneten Einstrahlungswerten der Mittelwert der Sonneneinstrahlung für den Betrachtungszeitraum berechnet werden. Der so ermittelte Einstrahlungswert pro  $m^2$  ist dann auf die gesamte Modulfläche der PV-Anlage (= Generatorfläche) hochzurechnen. Der Modulwirkungsgrad steht im Datenblatt des PV-Moduls.

### **Beispiel: Berechnung der Performance Ratio für einen Betrachtungszeitraum von 1 Jahr**

Dieses Beispiel erklärt die manuelle Berechnung der Performance Ratio mit den Daten der Sunny SensorBox und der Sunny WebBox. Die manuelle Berechnung ist als Alternative zu sehen. SMA Solar Technology AG bietet die automatische Berechnung der Performance Ratio im Sunny Portal an (siehe Seite 6). Wie Sie Ihre PV-Anlage in Sunny Portal registrieren, ist in der Bedienungsanleitung der Sunny WebBox beschrieben.

Wenn Sie die Performance Ratio dennoch manuell berechnen wollen, gehen Sie wie folgt vor.

Sie benötigen folgende Informationen für die manuelle Berechnung:

- Betrachtungszeitraum  
Den Betrachtungszeitraum legen Sie vorab fest. Der optimale Betrachtungszeitraum umfasst 1 Jahr.
- Generatorfläche der PV-Anlage  
Die Größe der Generatorfläche Ihrer PV-Anlage ist bekannt.
- Wirkungsgrad der PV-Module  
Der Modulwirkungsgrad Ihrer PV-Anlage steht im Datenblatt der PV-Module.
- Tatsächlicher, abgelesener Anlagenenertrag  
Diesen Wert lesen Sie am Jahresende von Ihrem Einspeisezähler ab.
- Errechneter, nominaler Anlagenenertrag  
Um diesen Wert zu ermitteln, benötigen Sie die Formel zur Berechnung des nominalen Anlagenenertrags (siehe Seite 3)
- Gemessene Sonneneinstrahlung im Betrachtungszeitraum  
Um diesen Wert zu ermitteln, benötigen Sie die Einstrahlungswerte, die die Sunny SensorBox an die Sunny WebBox übermittelt hat.

Die Sunny WebBox fragt regelmäßig die von der SensorBox gemessenen Einzelwerte ab. Aus diesen Einzelwerten berechnet die Sunny WebBox dann Tagesmittelwerte. Um den Gesamtwert für Sonneneinstrahlung im Betrachtungszeitraum zu ermitteln, müssen Sie die Tagesmittelwerte für die Sonneneinstrahlung entsprechend hochrechnen. Gehen Sie dazu wie folgt vor.

Die Sunny WebBox speichert abhängig von den Einstellungen auf der Benutzeroberfläche die Tagesmittelwerte für die Sonneneinstrahlung auf Ihre PV-Anlage in Abständen von 5 Minuten, 10 Minuten, oder 15 Minuten. Die Sunny WebBox speichert die Tagesmittelwerte eines jeden Monats zusammen mit weiteren Mittelwerten Ihrer PV-Anlage in entsprechend benannten Verzeichnissen als .csv-Dateien oder .xml-Dateien.

Um aus den gespeicherten Tagesmittelwerten den Einstrahlungswert für z. B. 1 Jahr zu berechnen, müssen Sie zunächst die Monatsmittelwerte berechnen. Dazu addieren Sie die Tagesmittelwerte eines Monats. Den so ermittelten Gesamtbetrag teilen Sie anschließend durch die Anzahl der Tage des Monats und erhalten damit den Monatsmittelwert. Auf diese Weise können Sie im Verlauf des Jahres die Monatsmittelwerte für alle 12 Monate berechnen. Um den Jahresmittelwert zu berechnen, müssen Sie die 12 Monatsmittelwerte addieren und den Gesamtbetrag durch die Anzahl der Monate, also 12, teilen. Den so ermittelten Wert rechnen Sie anschließend auf die Generatorfläche Ihrer PV-Anlage hoch. So erhalten Sie den nominalen Anlagenenertrag für den Betrachtungszeitraum von 1 Jahr, den Sie zusammen mit den bereits bekannten Werten in die Formel zur Berechnung der Performance Ratio einsetzen können.

**Für das Beispiel sind nun folgende konkrete Voraussetzungen und Werte gegeben:**

- Betrachtungszeitraum: 1 Jahr
- Gemessene mittlere Sonneneinstrahlung in 1 Jahr: 120 kWh/m<sup>2</sup>
- Generatorfläche der PV-Anlage: 10 m<sup>2</sup>
- Wirkungsgrad der PV-Module: 15 %
- Tatsächlich eingespeister Anlagenenertrag: 110 kWh

Die am Standort gemessenen Einstrahlungswerte ergeben für den gesamten Betrachtungszeitraum im Durchschnitt eine Sonneneinstrahlung von 120 kWh/m<sup>2</sup>. Dieser Einstrahlungswert wird wie folgt auf die Modulfläche der PV-Anlage hochgerechnet:

$$\text{Einstrahlungswert in kWh/m}^2 \times \text{Anlagenfläche in m}^2 = 120 \text{ kWh/m}^2 \times 10 \text{ m}^2 = 1.200 \text{ kWh}$$

Um anschließend den nominalen Anlagenenertrag zu berechnen, wird der ermittelte Einstrahlungswert für die PV-Anlage mit dem Modulwirkungsgrad multipliziert:

$$1.200 \text{ kWh} \times 15 \% = 1.200 \text{ kWh} \times 0,15 = 180 \text{ kWh}$$

Für den gewählten Betrachtungszeitraum ergibt sich damit ein erwartbarer nominaler Anlagenenertrag von 1.200 kWh. Dieser erwartbare nominale Anlagenenertrag entspricht einer Performance Ratio von 100 %.

Der abgelesene Wert für den tatsächlich durch die PV-Anlage ins Netz eingespeisten Anlagenenertrag beträgt jedoch nur 110 kWh. Setzt man diesen Wert und den errechneten nominalen Anlagenenertrag in die Formel zur Berechnung der Performance Ratio ein, ergibt sich:

$$\text{PR} = \frac{110 \text{ kWh}}{180 \text{ kWh}} = \text{ca. } 0,61 = \text{ca. } 61 \%$$

Der PR-Wert beträgt ca. 61 %. Das bedeutet, dass ca. 39 % der im Betrachtungszeitraum eingestrahlt Energie bedingt durch Umstände wie Leitungsverluste, thermische Verluste oder z. B. Defekte an Komponenten nicht umgesetzt wurden. Hier dient die Performance Ratio als Indikator und kann Anlass zu einer genaueren Inspektion der PV-Anlage geben, sodass z. B. Verschmutzungen der PV-Module beseitigt oder defekte Komponenten in Stand gesetzt bzw. ersetzt werden können.

## 3.2 Automatische Berechnung

Sie können die Performance Ratio auch automatisch berechnen lassen, indem Sie die entsprechenden Daten Ihrer PV-Anlage an Sunny Portal übermitteln. Im Sunny Portal können Sie die Performance Ratio außerdem in Form von Diagrammen anschaulich darstellen lassen.

Wie Sie die Performance Ratio automatisch berechnen lassen können und PR-Werte in Form von Diagrammen darstellen lassen können, ist in der Bedienungsanleitung des Sunny Portal auf [www.SunnyPortal.com](http://www.SunnyPortal.com) beschrieben.

### **Voraussetzungen für die automatische Berechnung im Sunny Portal**

Damit Sie im Sunny Portal die Performance Ratio berechnen lassen können, müssen folgende Voraussetzungen gegeben sein:

- Sie haben eine Sunny WebBox, die die erforderlichen Daten an Sunny Portal übermittelt.
- An Ihre Sunny WebBox ist eine Sunny SensorBox angeschlossen.
- Sie nutzen die Einstrahlungssensoren der Sunny SensorBox.
- Die Sunny SensorBox misst am Standort Ihrer PV-Anlage pro Stunde eine Mindesteinstrahlung von  $60 \text{ W/m}^2$ .

Wie Sie sich über die Sunny WebBox an Sunny Portal anmelden können, ist in der Bedienungsanleitung der Sunny WebBox beschrieben.

## 4 Welche Faktoren beeinflussen die Performance Ratio?

---

Die Performance Ratio ist eine reine Definitionsgröße, die durch die Einwirkung bestimmter Faktoren sogar Werte größer 100 % annehmen könnte. Der Grund dafür ist, dass man bei der Berechnung der Performance Ratio Leistungsmerkmale für die PV-Module verwendet, die unter Standard-Test-Bedingungen ermittelt wurden (1.000 W/m<sup>2</sup> Einstrahlung und 25 °C Modultemperatur). Abweichende Bedingungen im Realbetrieb beeinflussen daher die Performance Ratio.

Folgende Faktoren können auf den PR-Wert Einfluss haben:

- Umweltfaktoren
  - Temperatur der PV-Module
  - Sonneneinstrahlung und Verlustleistung
  - Verschattung oder Verschmutzung des Messgeräts (z. B. Sunny SensorBox)
  - Verschattung oder Verschmutzung der PV-Module
- Weitere Faktoren
  - Erfassungszeitraum
  - Leitungsverluste
  - Wirkungsgrad der PV-Module
  - Wirkungsgrad des Wechselrichters
  - Verschiedene Solarzellentechnologien des Messgeräts (z. B. Sunny SensorBox) und der PV-Module
  - Ausrichtung des Messgeräts (z. B. Sunny SensorBox)

### 4.1 Umweltfaktoren

#### Temperatur der PV-Module

Leistung und Effektivität einer Solarzelle sind unter anderem von der Temperatur des PV-Moduls abhängig. Bei niedriger Temperatur ist ein PV-Modul besonders leistungsfähig. Zum Beispiel ist das PV-Modul bei bewölktem Wetter im Winter kalt. Trifft bei dieser Witterung die volle Sonnenstrahlung auf das kalte PV-Modul, dann arbeitet es sehr effektiv. Dies kann kurzzeitig einen hohen PR-Wert erzeugen. Nach einer gewissen Zeit erwärmt sich das PV-Modul allerdings und die Effektivität sinkt wieder.

### **Sonneneinstrahlung und Verlustleistung**

Morgens, abends und besonders im Winter, wenn die Sonne niedrig steht, nähert sich der Wert für die Sonneneinstrahlung dem Wert für die Verlustleistung (= Differenz zwischen aufgenommener und abgegebener Leistung) stärker an als zu anderen Tages- und Jahreszeiten. Aus diesem Grund ist bei Berechnungen zu diesen Zeitpunkten der PR-Wert niedriger als üblich.

### **Verschattung oder Verschmutzung des Messgeräts (z. B. Sunny SensorBox)**

Je nach Aufstellungsort können Pflanzen und Bauwerke Schatten auf das Messgerät Ihrer PV-Anlage (z. B. Sunny SensorBox) werfen und dadurch zu einer phasenweisen oder sogar andauernden Verschattung des Messgeräts führen. Besonders bei niedrigem Sonnenstand können auch Teile der PV-Anlage selbst Schatten auf das Messgerät werfen. Die teilweise oder komplette Verschattung des Messgeräts kann zu PR-Werten von über 100 % führen. Außerdem können Umweltfaktoren wie Schnee, Staub oder Pollenflug das Messgerät Ihrer PV-Anlage verschmutzen und so ebenfalls PR-Werte von über 100 % erzeugen.

### **Verschattung oder Verschmutzung der PV-Module**

Je nach Aufstellungsort können Pflanzen und Bauwerke Schatten auf Ihre PV-Module werfen und dadurch zu einer phasenweisen oder sogar andauernden Verschattung der PV-Module führen. Auch Verschmutzungen durch z. B. Staub, Pollenflug, Schnee etc. führen zu einer Verschattung der PV-Module. Diese Verschattung führt dazu, dass die PV-Module weniger Sonneneinstrahlung aufnehmen können. Dadurch sinkt die Effektivität der PV-Module und folglich auch der PR-Wert der PV-Anlage.

## 4.2 Weitere Faktoren

### **Erfassungszeitraum**

Wenn der Erfassungszeitraum zu kurz ist (d. h. kürzer als 1 Monat), existieren zu wenige Messdaten zur Berechnung der Performance Ratio. Niedrige Sonnenstände, niedrige und hohe Temperaturen sowie Verschattungen beeinflussen das Berechnungsergebnis in diesem Fall stärker, da diese Werte eventuell nur unvollständig erfasst werden.

### **Leistungsverluste**

Bei der Übertragung der Energie vom Wechselrichter zum Einspeisezähler des Netzbetreibers treten bedingt durch Art und Material der verwendeten Kabel Leistungsverluste auf. Durch diese Leistungsverluste kann sich der PR-Wert verringern.

### **Wirkungsgrad der PV-Module**

Der Wirkungsgrad der PV-Module hat einen entscheidenden Einfluss auf die Performance Ratio Ihrer PV-Anlage. Je höher der Wirkungsgrad der PV-Module, desto höher der PR-Wert (bei entsprechenden Rahmenbedingungen wie hoher Sonneneinstrahlung am Standort etc.).



### **Wirkungsgrad des Wechselrichters**

Wenn der in Ihrer PV-Anlage eingesetzte Wechselrichter einen hohen Wirkungsgrad hat, kann dies zu hohen PR-Werten führen. SMA Wechselrichter mit über 90 % Wirkungsgrad ermöglichen sogar PR- Werte von über 80 %.

### **Verschiedene Solarzellentechnologien bei PV-Modulen und Messgerät (z. B. Sunny SensorBox)**

Es gibt verschiedene Solarzellenarten für PV-Module. Am häufigsten werden die drei nachfolgenden Solarzellenarten eingesetzt: monokristalline Siliziumzellen, polykristalline Siliziumzellen und Dünnschichtzellen. Wenn das in Ihre PV-Anlage eingebaute Messgerät (z. B. Sunny SensorBox) eine andere Solarzellentechnologie nutzt als Ihre PV-Module, können Abweichungen bei der Berechnung der Performance Ratio auftreten.

### **Degradation der Solarzellen**

Die altersbedingte Degradation der Solarzellen führt über die Jahre zu einem geringeren PR-Wert. Monokristalline Solarzellen und polykristalline Solarzellen altern bis zu 20 % in 20 Jahren.

### **Ausrichtung des Messgeräts (z. B. Sunny SensorBox)**

Wenn ein Messgerät (z. B. Sunny SensorBox) Teil Ihrer PV-Anlage ist und nicht entsprechend den PV-Modulen Ihrer PV-Anlage ausgerichtet ist, kann dies aufgrund unterschiedlicher Sonneneinstrahlung zu PR-Werten über 100 % führen.