

# Performance Ratio

Factor de qualidade para o sistema fotovoltaico



## Conteúdo

A Performance Ratio é uma das unidades de medida mais importantes para a avaliação da eficiência de um sistema fotovoltaico.

Mais concretamente, a Performance Ratio designa a relação entre a possível produção de energia real e teórica. Esta é amplamente independente do alinhamento de um sistema fotovoltaico e da radiação num sistema fotovoltaico. Desta forma, pode-se com a ajuda da Performance Ratio comparar sistemas fotovoltaicos ligados em rede em locais diferentes do globo terrestre.

Este documento informa-o acerca do que é a Performance Ratio e qual a sua função. Além disso, fique a saber como pode calcular a Performance Ratio para o seu sistema fotovoltaico e quais os factores que a influenciam.

# 1 O que é a Performance Ratio?

---

A Performance Ratio (do Ing.: "performance" = rendimento, resultado e "ratio" = relação, proporção) é uma medida, independente da localização, para a qualidade de um sistema fotovoltaico e é por isso frequentemente designada como factor de qualidade. A Performance Ratio (PR) é fornecida em percentagem e designa a relação entre o rendimento real e o rendimento esperado do sistema fotovoltaico. Assim é-lhe fornecida qual a proporção de Energia disponível após dedução das perdas de energia (p. ex. através de perdas térmicas e perdas em linha) e do consumo interno para o funcionamento real para a alimentação.

Quanto mais próximo dos 100 % estiver o valor da PR estipulado para um sistema fotovoltaico, mais eficaz é este sistema fotovoltaico. Um valor de 100 % não é contudo atingível na realidade, pois durante a operação do sistema fotovoltaico também ocorrem sempre perdas inevitáveis (p. ex. perdas térmicas devido a aquecimento do módulo fotovoltaico). Sistemas fotovoltaicos eficientes atingem contudo uma Performance Ratio de até 80 %.

# 2 Que função tem a Performance Ratio?

---

A Performance Ratio informa-o acerca da eficácia energética e da fiabilidade do seu sistema fotovoltaico.

Com a Performance Ratio pode comparar o rendimento do seu sistema fotovoltaico com o rendimento de outros sistemas fotovoltaicos ou o estado do seu sistema fotovoltaico monitorizado durante um longo período de tempo.

Em caso da realização da determinação regular em intervalos de tempo fixos da Performance Ratio não se trata contudo de uma comparação absoluta, mas da possibilidade de um controlo de progressão e rendimento: se, durante a colocação em serviço de um sistema fotovoltaico, e partindo do princípio de que este funciona correctamente neste momento, a partir de um valor de saída de 100 % para a Performance Ratio é possível detectar desvios através da determinação dos outros valores PR e tomar contra-medidas atempadamente. Os desvios do valor PR na forma de valores abaixo do intervalo normal indicam-lhe também antecipadamente uma possível falha do seu sistema fotovoltaico.

Os factores que podem levar a um desvio do valor PR estão descritos no capítulo 4 "Que factores influenciam a Performance Ratio?" (Página 7).

## 3 Como é calculada a Performance Ratio?

Para poder calcular a Performance Ratio do seu sistema fotovoltaico necessita de diferentes unidades de medida. Em primeiro lugar estão os valores da radiação solar para a localização do sistema fotovoltaico. Pode obter estes valores com um aparelho de medição (p. ex. o Sunny SensorBox), que mede a quantidade de energia irradiada para o seu sistema fotovoltaico. Adicionalmente, necessita das dimensões da superfície do módulo do seu sistema fotovoltaico e do grau de rendimento do seu módulo fotovoltaico. O grau de rendimento do módulo é fornecido na folha de dados do módulo fotovoltaico.

Pode calcular a Performance Ratio por si mesmo (ver página 3) ou permitir o cálculo automático (ver página 6).

### Pré-requisitos para o cálculo

Se utilizar para o seu sistema fotovoltaico um aparelho de medição (p. ex. o Sunny SensorBox), que mede a radiação solar directa, o módulo fotovoltaico e o aparelho de medição têm de estar alinhados, para que possa calcular o valor PR correcto. Certifique-se de que o módulo fotovoltaico e o aparelho de medição estão expostos à mesma porção de radiação solar e às mesmas temperaturas.

### Período de análise

O período de análise ideal para o cálculo da Performance Ratio é de um ano. Pode contudo seleccionar também intervalos de tempo mais pequenos, p. ex. se pretender comparar o seu sistema fotovoltaico directamente com outro sistema fotovoltaico. De qualquer forma tem de seleccionar no mínimo um período de observação de 1 mês, para se certificar de que as condições ambientais como a altura do sol baixa, temperaturas baixas e existência de sombras sobre o módulo fotovoltaico e/ou sobre o aparelho de medição não influenciam o cálculo.

### 3.1 Cálculo manual

Se pretender calcular por si mesmo a Performance Ratio, pode utilizar as seguintes fórmulas simplificadas:

<b>Fórmula para cálculo manual da Performance Ratio</b>	
PR =	$\frac{\text{Rendimento real do sistema indicado em kWh num ano}}{\text{Rendimento nominal do sistema calculado em kWh num ano}}$

○ rendimento do sistema real em kWh é observado no fim do ano a partir do contador de alimentação.

○ rendimento nominal do sistema calculado num ano compõe-se da seguinte forma:

<b>Fórmula para cálculo do rendimento nominal do sistema</b>
Radiação do ano na superfície do gerador do sistema fotovoltaico x grau de rendimento dos módulos do sistema fotovoltaico

O valor de radiação, medido pelo aparelho de medição, é obtido ao nível do módulo e idealmente durante um ano completo. Para determinar este valor de radiação, deve ser calculado a partir dos valores de medição registados pelo aparelho de medição (p. ex. Sunny SensorBox) o valor médio da radiação solar para o período em análise. O assim determinado valor de radiação por  $m^2$  é então calculado na totalidade da superfície do módulo do sistema fotovoltaico (= superfície do gerador). O grau de rendimento do módulo encontra-se na folha de dados do módulo fotovoltaico.

### **Exemplo: Cálculo da Performance Ratio para um período de análise de 1 ano**

Este exemplo esclarece o cálculo manual da Performance Ratio com os dados do Sunny SensorBox e do SunnyWebBox. O cálculo manual deve ser visto como uma alternativa. A SMA Solar Technology AG disponibiliza o cálculo automático da Performance Ratio no Sunny Portal (ver página 6). O modo como regista o seu sistema fotovoltaico no Sunny Portal está descrito nas instruções de serviço do Sunny WebBox.

Se, de qualquer forma, pretender calcular a Performance Ratio manualmente, proceda conforme se segue.

Necessita das seguintes informações para o cálculo manual:

- Período em análise
  - período em análise é pré-determinado por si. O período de análise ideal é de 1 ano.
- Superfície do gerador do sistema fotovoltaico
  - A dimensão da superfície do gerador do seu sistema fotovoltaico é detectada.
- Grau de rendimento do módulo fotovoltaico
  - grau de rendimento do módulo do seu sistema fotovoltaico encontra-se na folha de dados do módulo fotovoltaico.
- Rendimento real do sistema indicado
  - Faça a leitura destes valores no fim do ano no seu contador de alimentação.
- Rendimento nominal do sistema calculado
  - Para determinar estes valores, necessita da fórmula para o cálculo do rendimento nominal do sistema (ver página 3)
- Radiação solar medida no período em análise
  - Para determinar estes valores, necessita dos valores de radiação, que o Sunny SensorBox transferiu para a Sunny WebBox.

O Sunny WebBox consulta regularmente os valores individuais medidos pelo SensorBox. A partir destes valores individuais o Sunny WebBox calcula então os valores médios diários. Para determinar o valor total para radiação solar no período em análise, tem de calcular o valor médio diário para a radiação solar correspondente. Para tal proceda da seguinte forma.

O Sunny WebBox guarda, dependendo das configurações da interface de utilizador, os valores médios diários para a radiação solar no seu sistema fotovoltaico com intervalos de 5 minutos, 10 minutos, ou 15 minutos. O Sunny WebBox guarda os valores médios diários de cada mês juntamente com outros valores médios do seu sistema fotovoltaico em directórios correspondentes, no formato de ficheiros .csv ou ficheiros .xml.

Para calcular o valor da radiação a partir do valor médio diário para p. ex. 1 ano, deve calcular previamente os valores médios mensais. A isto adicione os valores médios diários de um mês. Divida de seguida o total determinado pelo número de dias do mês e determine assim o valor médio mensal. Desta forma pode calcular, no decorrer do ano, o valor médio mensal para os 12 meses. Para calcular o valor médio anual, tem de adicionar o valor médio mensal dos 12 meses e dividir a soma pelo número de meses, ou seja, 12. Calcule assim o valor determinado na superfície do gerador do seu sistema fotovoltaico. Assim obtém o rendimento nominal do sistema para o período em análise de 1 ano, que pode colocar juntamente com o já conhecido valor na fórmula para o cálculo da Performance Ratio.

#### Como exemplo são agora indicados os seguintes pré-requisitos e valores reais:

- Período em análise: 1 ano
- Radiação solar média medida num ano: 120 kWh/m<sup>2</sup>
- Superfície do gerador do sistema fotovoltaico: 10 m<sup>2</sup>
- Grau de rendimento do módulo fotovoltaico: 15 %
- Rendimento real de abastecimento do sistema: 110 kWh

Os valores de radiação medidos no local perfazem em média para a totalidade do período em análise uma radiação solar de 120 kWh/m<sup>2</sup>. Este valor de radiação é calculado como se segue na superfície do módulo do sistema fotovoltaico:

$$\text{Valor de radiação em kWh/m}^2 \times \text{superfície do sistema em m}^2 = 120 \text{ kWh/m}^2 \times 10 \text{ m}^2 = 1.200 \text{ kWh}$$

Para calcular de seguida o rendimento nominal do sistema, o valor da radiação determinado para o sistema fotovoltaico é multiplicado pelo grau de rendimento do módulo:

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

Para o período de análise seleccionado é indicado, assim, o rendimento nominal do sistema esperado de 180 kWh. Este rendimento nominal de sistema esperado corresponde a uma Performance Ratio de 100 %.

O valor lido para o rendimento do sistema real abastecido através do sistema fotovoltaico pela rede perfaz, contudo, apenas 110 kWh. Se colocar este valor e o rendimento nominal do sistema calculado na fórmula de cálculo da Performance Ratio, obtém:

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

O valor PR perfaz aprox. 61 %. Isto significa que aprox. 39 % da energia irradiada no período em análise não é convertida devido a circunstâncias como perdas em linha, perdas térmicas ou p. ex. defeito nos componentes. Aqui, a Performance Ratio serve de indicador e pode dar origem a uma inspecção mais exacta do sistema fotovoltaico, de forma a que seja p. ex. eliminada a sujidade dos módulos fotovoltaico ou os defeito nos componentes possam ser reparados ou substituídos no local.

## 3.2 Cálculo automático

Também pode permitir o cálculo automático da Performance Ratio, transferindo os dados correspondentes do seu sistema fotovoltaico para o Sunny Portal. No Sunny Portal pode, além disso, permitir a representação gráfica da Performance Ratio em forma de diagrama.

O modo como pode permitir o cálculo automático da Performance Ratio e a representação dos valores PR em forma de diagrama, está descrito nas instruções de serviço do Sunny Portal em [www.SunnyPortal.com](http://www.SunnyPortal.com).

### **Pré-requisitos para o cálculo automático no Sunny Portal**

Para permitir o cálculo no Sunny Portal da Performance Ratio, os seguintes pré-requisitos devem ser determinados:

- Tem um Sunny WebBox, que transmite os dados necessários para o Sunny Portal.
- Ao seu Sunny WebBox está ligado um Sunny SensorBox.
- Utiliza os sensores de radiação do Sunny SensorBox.
- O Sunny SensorBox mede por hora na localização do seu sistema fotovoltaico uma radiação mínima de  $60 \text{ W/m}^2$ .

O modo como pode registar a Sunny WebBox no Sunny Portal está descrita nas instruções de serviço do Sunny WebBox.

## 4 Que factores influenciam a Performance Ratio?

---

A Performance Ratio é uma unidade de definição clara, que pode pressupor, através da influência de determinados factores, valores até mesmo superiores a 100 %. A razão para isso é a utilização de características de potência durante o cálculo da Performance Ratio para o módulo fotovoltaico, que foram testadas sob condições de teste padrão (1000 W/m<sup>2</sup> Radiação e 25 °C temperatura de módulo). Condições divergentes na operação real influenciam por isso a Performance Ratio.

Os factores seguintes podem ter influência sobre o valor PR:

- Factores ambientais
  - Temperatura dos módulos fotovoltaicos
  - Radiação solar e perdas
  - Existência de sombra ou sujidade do aparelho de medição (p. ex. Sunny SensorBox)
  - Existência de sombra ou sujidade do módulo fotovoltaico
- Outros factores
  - Intervalo de tempo determinado
  - Perdas em linha
  - Grau de rendimento do módulo fotovoltaico
  - Grau de rendimento do inversor
  - Diversas tecnologias de células solares do aparelho de medição (p. ex. Sunny SensorBox) e do módulo fotovoltaico
  - Alinhamento do aparelho de medição (p. ex. Sunny SensorBox)

## 4.1 Factores ambientais

### Temperatura dos módulos fotovoltaicos

A potência e eficácia de uma célula solar dependem, entre outros, da temperatura do módulo fotovoltaico. Em caso de temperatura reduzida, um módulo fotovoltaico é particularmente potente. Por exemplo, o módulo fotovoltaico está frio em caso de tempo nublado no Inverno. Nestas condições atmosféricas a radiação solar chega ao módulo fotovoltaico frio e este trabalha de forma muito eficaz. Isto pode gerar temporariamente um valor PR elevado. Depois de um determinado tempo, o módulo fotovoltaico aquece e a eficácia baixa novamente.

### Radiação solar e perdas

De manhã, ao anoitecer e em especial no Inverno, quando o sol é fraco, o valor para a radiação solar aproxima-se do valor para a perda em linha (= diferença entre potência consumida e fornecida) maior do que em outras alturas do dia e do ano. Por esta razão, durante o cálculo neste momento, o valor PR é inferior ao normal.

### Existência de sombra ou sujidade no aparelho de medição (p. ex. Sunny SensorBox)

Dependendo do local de instalação, plantas e edifícios podem colocar sob sombra o aparelho de medição do seu sistema fotovoltaico (p. ex. Sunny SensorBox) e por isso levar à existência de sombras parciais ou mesmo permanentes sobre o aparelho de medição. Em especial com pôr-do-sol fraco, parte do próprio sistema fotovoltaico pode colocar o aparelho de medição sob sombra. A existência de sombra parcial ou total no aparelho de medição pode provocar valores PR acima de 100 %. Além disso, factores ambientais como neve, poeiras ou o nível de pó, podem sujar o aparelho de medição do seu sistema fotovoltaico e originar também valores PR superiores a 100 %.

### Existência de sombra ou sujidade do módulo fotovoltaico

Dependendo do local de instalação, plantas e edifícios podem colocar sob sombra o seu sistema fotovoltaico e por isso levar à existência de sombras parciais ou mesmo permanentes no módulo fotovoltaico. Também a sujidade devido a p. ex. poeiras, pólen, neve etc. leva à existência de sombra sobre o módulo fotovoltaico. Esta existência de sombra leva, por isso, a que o módulo fotovoltaico possa absorver menos radiação solar. Assim, a eficácia do módulo fotovoltaico é reduzida e consequentemente também o valor PR do sistema fotovoltaico.



## 4.2 Outros factores

### **Período de detecção**

Se o período de tempo para detecção for muito curto (i.e. inferior a 1 mês), há poucos dados para cálculo da Performance Ratio. A altura do sol baixa, temperaturas altas ou baixas assim como existência de sombras influenciam, neste caso, fortemente o resultado de cálculo, pois estes valores podem ser determinados de forma incompleta.

### **Perdas em linha**

Ao transferir energia do inversor para o contador de alimentação do operador de rede ocorrem de forma limitada perdas em linha devido ao tipo e material do cabo utilizado. Devido a estas perdas em linha o valor PR pode ser reduzido.

### **Grau de rendimento do módulo fotovoltaico**

O grau de rendimento do módulo fotovoltaico tem uma influência decisiva na Performance Ratio do seu sistema fotovoltaico. Quanto mais elevado o grau de rendimento do módulo fotovoltaico, mais elevado o valor PR (com condições gerais correspondentes como elevada radiação solar na localização etc.).

### **Grau de rendimento do inversor**

Se o inversor instalado no seu sistema fotovoltaico tiver um elevado grau de rendimento, este pode levar a valores PR elevados. Os inversores SMA com um grau de rendimento superior a 90 % possibilitam valores PR superiores a 80 %.

### **Diversas tecnologias de células solares em módulos fotovoltaicos e aparelho de medição (p. ex. Sunny SensorBox)**

Há diversos tipos de células solares para módulos fotovoltaicos. São instalados com maior frequência os três tipos de células solares que se seguem: células de silicone mono-cristalinas, células de silicone poli-cristalinas e células de película fina. Se o aparelho de medição integrado no seu sistema fotovoltaico (p. ex. Sunny SensorBox) utilizar uma outra tecnologia de células solares que não a do seu módulo fotovoltaico, podem ocorrer desvios ao calcular a Performance Ratio.

### **Degradação das células solares**

A degradação resultante da idade das células solares leva ao longo dos anos a um valor PR inferior. Células solares mono-cristalinas e poli-cristalinas envelhecem até 20 % em 20 anos.

### **Alinhamento do aparelho de medição (p. ex. Sunny SensorBox)**

Se um aparelho de medição (p. ex. Sunny SensorBox) é um componente do seu sistema fotovoltaico e o alinhamento não corresponde aos módulos fotovoltaicos do seu sistema fotovoltaico, isto pode levar a valores PR acima 100 % devido a radiação solar diferente.