

Technische Information

## Verschattungsmanagement mit SMA ShadeFix

Energieerträge verschatteter PV-Anlagen effizient steigern



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Auswirkungen von Verschattungen auf die PV-Anlage .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Verschattung: Eine besondere Aufgabe für den Wechselrichter .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>SMA ShadeFix .....</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>Planung verschatteter PV-Anlagen .....</b>	<b>5</b>
5.1	Auswahl der Dachfläche .....	5
5.2	Auswahl der Anlagenverschaltung .....	6
5.3	Auswahl des Wechselrichters .....	6

## 1 Einleitung

Nicht immer lässt sich vermeiden, dass Dachgauben, Schornsteine oder Bäume ihre Schatten auf die PV-Module werfen. Um die Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage nicht zu gefährden, sollten bereits in der Planungsphase mögliche verschattungsbedingte Ertragsverluste minimiert werden. Dabei spielen Einflussfaktoren wie die Anordnung der PV-Module, deren Verschaltung und insbesondere die Wahl des richtigen PV-Wechselrichters eine wichtige Rolle. Durch das Beachten einiger wichtiger Planungsregeln kann jede PV-Anlage so gestaltet werden, dass sich deren Energieangebot nahezu vollständig nutzen lässt.

## 2 Auswirkungen von Verschattungen auf die PV-Anlage

Jeder PV-Generator hat einen individuellen Arbeitspunkt, bei dem er die höchstmögliche elektrische Leistung abgeben kann, den Maximum Power Point (MPP). Wie groß diese Leistung ist, hängt vor allem von der Höhe der Einstrahlung ab.

Sind beispielsweise an klaren, einstrahlungsreichen Sommertagen Einbrüche in der Leistung zu beobachten, kann dies auf eine Verschattung hindeuten. Allerdings sind Verschattungen nur eine Momentaufnahme. Die dadurch verursachten energetischen Verluste können nur ermittelt werden, wenn die akuten Verluste über einen längeren Zeitraum - beispielsweise einen Tag oder ein ganzes Jahr - betrachtet werden.

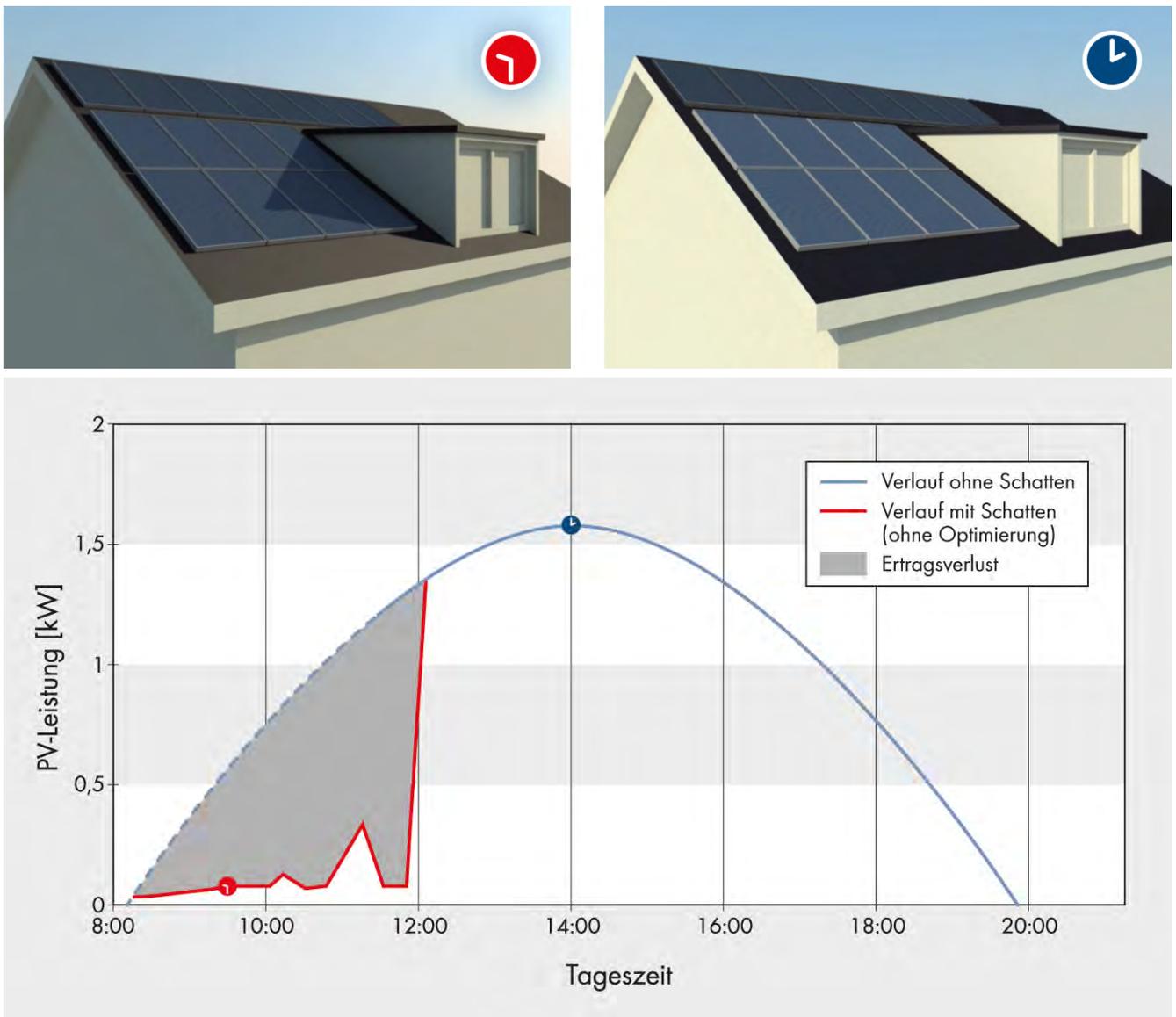


Abbildung 1: Zwei Momentaufnahmen eines verschatteten PV-Generators zu unterschiedlichen Tageszeiten. Der Tagesverlauf der Anlagenleistung im Vergleich zum unverschatteten Fall verdeutlicht den resultierenden Ertragsverlust an diesem Tag.

### 3 Verschattung: Eine besondere Aufgabe für den Wechselrichter

Jeder PV-Wechselrichter verfügt über einen so genannten MPP-Tracker. Dieser sorgt dafür, dass der PV-Generator ständig an dem Punkt maximaler Leistung betrieben wird indem er eine leichte Verschiebung des MPP erkennt und den Arbeitspunkt des Wechselrichters entsprechend verschiebt (Tracking). So gesteuert, kann der PV-Generator bei jeder Sonneneinstrahlung die bestmögliche Leistung liefern.

Werden in einem String (Reihenschaltung mehrerer PV-Module) einzelne PV-Module verschattet, ändern sich dadurch seine elektrischen Eigenschaften markant: Der PV-Generator besitzt nun mindestens zwei, unterschiedlich gute und meist weit auseinanderliegende mögliche Arbeitspunkte.

Der angeschlossene PV-Wechselrichter muss dies erkennen und entscheiden, an welchem dieser beiden Arbeitspunkte - dem lokalen MPP (LMPP) oder dem globalen MPP (GMPP) - aktuell die höhere Leistung verfügbar ist.

Da konventionelle MPP-Tracker lediglich den Nahbereich des aktuellen Arbeitspunktes beobachten, um nicht unnötig Energie bei der Suche zu verlieren, wird ein alternativer Arbeitspunkt nicht wahrgenommen. Die Momentanleistung der PV-Anlage kann dadurch deutlich kleiner sein, als sie aufgrund der Verschattung sein müsste.

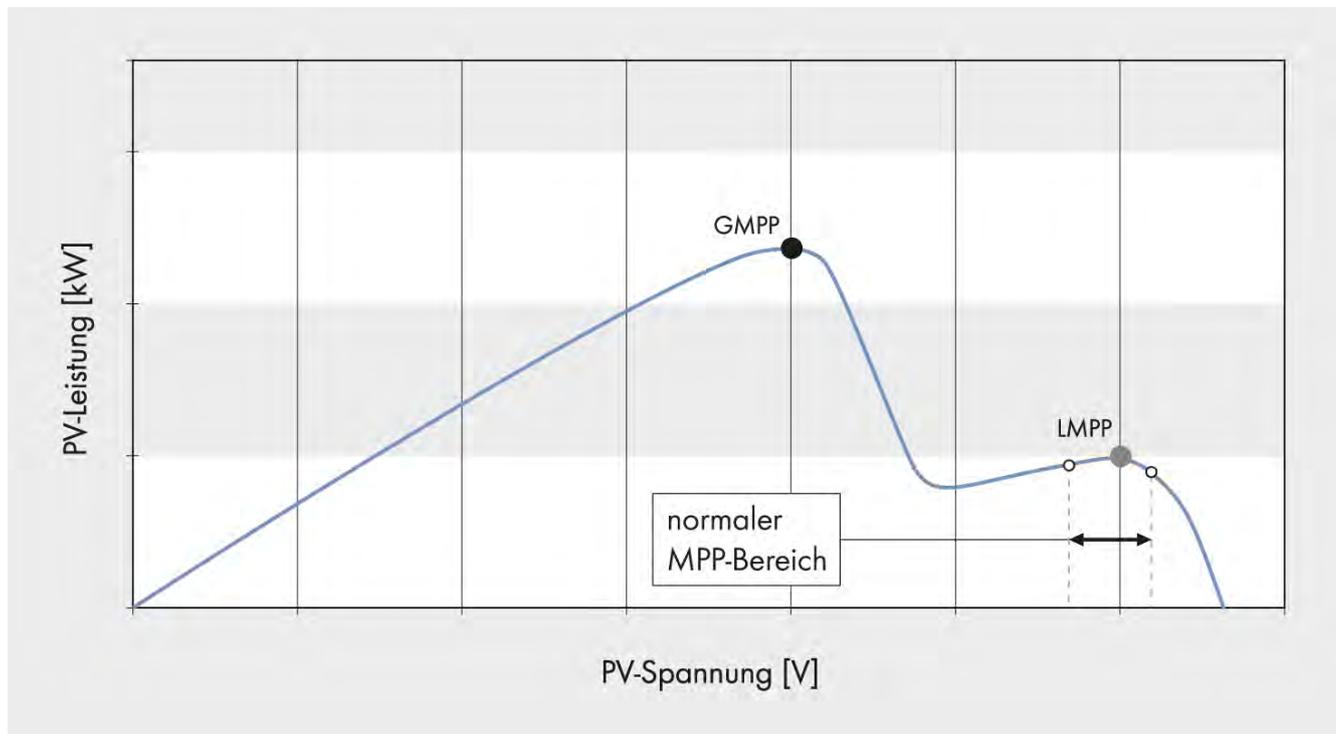


Abbildung 2: Ein teilverschatteter String hat eine Kennlinie mit mehreren Leistungsmaxima, an denen der MPP-Tracker stehen bleiben kann. Aber nur an einem dieser Leistungsmaxima, dem globalen MPP (GMPP), liefert der String die aktuell größte mögliche Leistung.

### 4 SMA ShadeFix

Dank der stetigen Weiterentwicklung des bewährten MPP-Trackings der SMA PV-Wechselrichter, findet SMA ShadeFix auch bei verschatteten PV-Modulen zuverlässig den Punkt mit der aktuell höchsten Leistung. Mit SMA ShadeFix erkennt der PV-Wechselrichter die Präsenz mehrerer Leistungsmaxima im verfügbaren Betriebsbereich, wie sie insbesondere bei Verschattungen auftreten können. Auf diese Weise kann der PV-Wechselrichter das Energieangebot der PV-Module unter allen Bedingungen nahezu vollständig nutzen. Die durch das patentierte Suchverfahren verursachten Leistungsverluste sind kaum messbar und können vollkommen vernachlässigt werden. Dies unterscheidet sich damit deutlich von PV-Anlagen, in denen an jedem PV-Modul elektronische Regler zur Leistungsoptimierung installiert sind. Diese können zwar im Falle eines komplett verschatteten PV-Moduls eine Restleistung nutzen, verursachen aber im unverschatteten Betrieb Leistungsverluste und liefern damit über die gesamte Betriebszeit betrachtet einen geringeren Energieertrag.

Wird der Einsatz von SMA ShadeFix im Vergleich zu fest installierten Leistungsoptimierern über die gesamte Betriebszeit betrachtet, sind in der Regel die Ertragsgewinne bei leicht bis mittel verschatteten PV-Anlagen mit SMA ShadeFix höher.

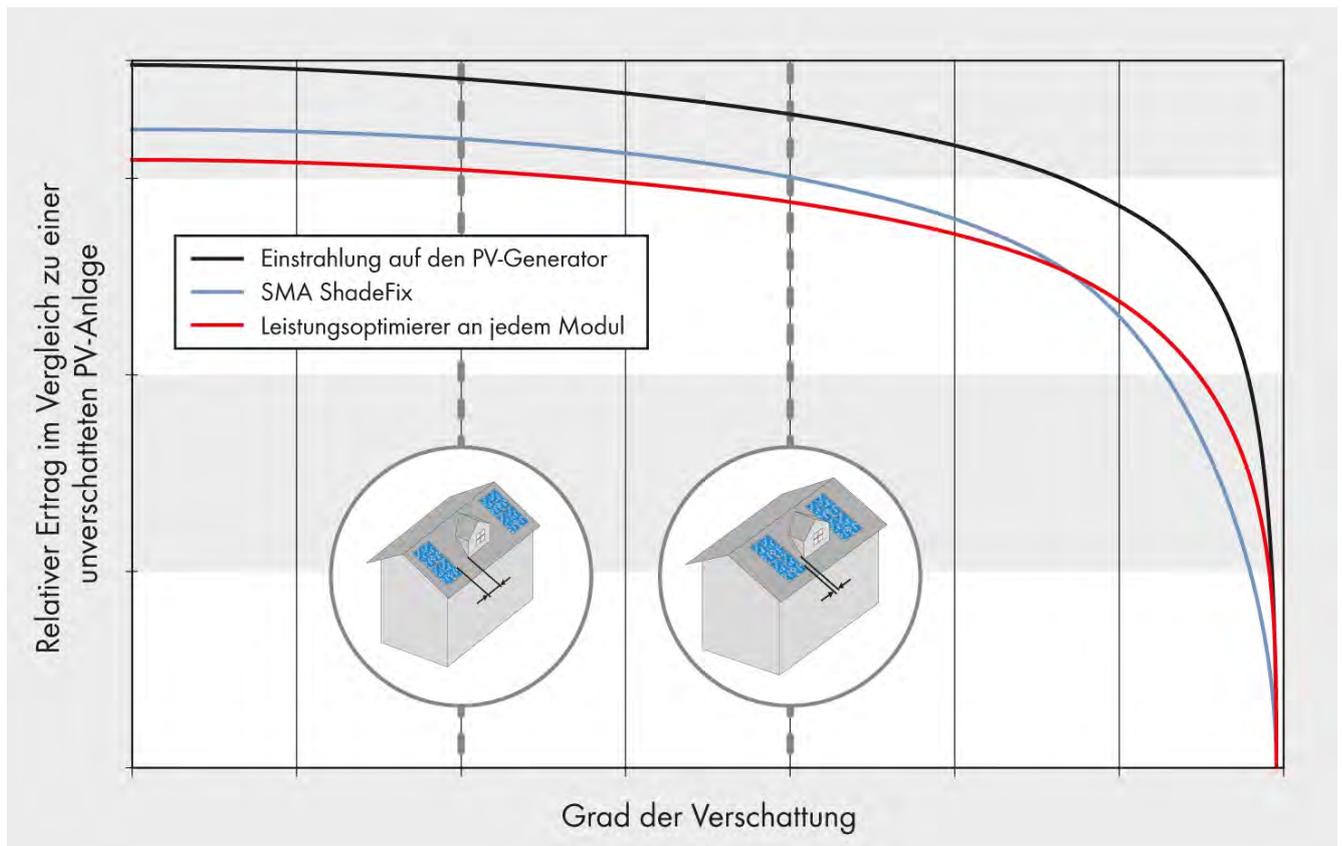


Abbildung 3: Ertragssteigerung durch SMA ShadeFix im Vergleich zur Leistungsoptimierung an jedem PV-Modul in unterschiedlichen Verschattungssituationen

Darüber hinaus wird vermieden, dass durch den Einsatz zusätzlicher Komponenten die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der PV-Anlage verringert wird. SMA ShadeFix bietet die Möglichkeit, die Rentabilität von verschatteten PV-Anlagen zu sichern, indem höhere Investitionskosten verhindert und der Ertrag maximiert wird.

## 5 Planung verschatteter PV-Anlagen

Um die Wirtschaftlichkeit zeitweilig verschatteter PV-Anlagen sicherzustellen, müssen die verschattungsbedingten Ertragsverluste bereits in der Planungsphase minimiert werden. Als Hilfestellung für den Anlagenplaner werden nachfolgend die wichtigsten Planungsregeln aufgezeigt.

### 5.1 Auswahl der Dachfläche

Die Minimierung der energetischen Verluste bei teilverschatteten Modulstrings basiert immer darauf, den PV-Wechselrichter in die Lage zu versetzen, verschattete Solarzellen elektrisch zu umgehen und so die mit ihnen in Reihe geschalteten unverschatteten PV-Module desselben Strings optimal zu nutzen. Die ohnehin verminderte Leistung der verschatteten Solarzellen kann in dieser Zeit nicht genutzt werden. Bei der Auswahl der Dachfläche für eine PV-Anlage sollte deshalb sichergestellt sein, dass keine dauerhaften Verschattungen entstehen und insbesondere in Zeiten hoher Einstrahlung (Mittagszeit, Sommermonate) möglichst kein Schatten auf den PV-Generator fällt. Zur Abschätzung der energetischen Konsequenzen einer Verschattung, bei der deren Größe und Veränderung im Verlauf eines Jahres berücksichtigt wird, können spezielle Simulationsprogramme genutzt werden.

## 5.2 Auswahl der Anlagenverschaltung

Die Verschaltung des PV-Generators beeinflusst den erzielbaren Energieertrag erheblich. Deshalb steht die Analyse des Schattenverlaufs immer am Anfang einer Anlagenauslegung. Der Anteil der verschatteten PV-Module im Verhältnis zum gesamten PV-Generator und der zeitliche Schattenverlauf sind wichtige Charakteristika einer PV-Anlage mit Verschattung. Für den Umgang mit verschatteten PV-Anlagen haben sich folgende Strategien bewährt:

- Bei einer Verschattung einzelner bzw. eines sehr geringen Anteils der PV-Module (z. B. < 10 % der Gesamtanzahl) kann der Schatten gleichmäßig auf die Strings verteilt werden.
- Bei einer starken Verschattung ist der getrennte Betrieb der verschatteten und unverschatteten PV-Module sinnvoll. Hierbei gilt:
  - PV-Module mit ähnlicher Einstrahlung zusammenfassen.
  - Keine Parallelschaltung von Strings mit unterschiedlicher Einstrahlung, sondern für jeden String einen separaten MPP-Tracker vorsehen. Hierfür können viele kleine PV-Wechselrichter oder solche mit Multi-String-Technik verwendet werden.
  - Zur Maximierung des Energieertrags ist SMA ShadeFix notwendig.
  - Bei sehr häufiger bzw. großflächiger Verschattung kann der Einsatz von Leistungsoptimierern am PV-Modul vorteilhaft sein. Um die Nachteile zu umgehen, sollte darauf geachtet werden, die betroffenen Strings einzeln an einem MPP-Tracker zu betreiben und nur die von Verschattung betroffenen PV-Module mit einem Leistungsoptimierer auszurüsten.

## 5.3 Auswahl des Wechselrichters

Die Wahl des PV-Wechselrichters beeinflusst ebenfalls die verschattungsbedingten Ertragsverluste. Dabei sind besonders folgende Punkte zu beachten:

- PV-Wechselrichter mit einem weiten Eingangsspannungsbereich können auch bei Verschattung und dem daraus resultierenden Rückgang der MPP-Spannung weiterhin den optimalen Arbeitspunkt einstellen.
- Durch PV-Wechselrichter mit Einzelstring-Regelung lässt sich ein verschatteter PV-Generator nahe am Optimum betreiben und ein Großteil der möglichen Verluste vermeiden.
- Um verschattungsbedingte Ertragsverluste möglichst gering zu halten, ist es erforderlich, für verschattete Strings einen PV-Wechselrichter mit SMA ShadeFix einzusetzen, dessen MPP-Tracking die Existenz mehrerer Arbeitspunkte erkennt.