



## Einschränkungen Herkömmlicher PV-Systeme

Vielfältige Einschränkungen in herkömmlichen Photovoltaikanlagen für Wohngebäude und die gewerbliche Nutzung verhindern, dass das Potential dieser Anlagen vollständig ausgeschöpft und eine höhere Marktakzeptanz erreicht wird. Es gibt mehrere Kategorien dieser Einschränkungen. Eine umfassende Analyse der Einschränkungen finden Sie im SolarEdge-Dokument „Schwierigkeiten und Nachteile derzeitiger netzgekoppelter Solaranlagen für Wohn- und Gewerbegebäude“.

- **Leistungsverlust** – Herkömmliche Systeme liefern aufgrund von abweichender Leistung, Teilabschattung und mangelnder MPPT-Effizienz zwischen 5 und 25 % weniger Leistung.
- **Komplexe Auslegung der Anlage** – Entwickler und Installateure von Solaranlagen müssen viele Einschränkungen berücksichtigen. Dies führt häufig zu suboptimalen Systemen. Beispielsweise hängt die Stringspannung von der minimal und maximal zulässigen Spannung eines bestimmten Wechselrichters ab. Zusätzlich zu den physischen Einschränkungen auf dem Dach müssen die Strings parallel geschaltet sein, sich mit der gleichen Ausrichtung auf derselben Dachfläche befinden und die gleiche Länge aufweisen; andernfalls sind weitere Wechselrichter erforderlich.

- **Unzureichende Überwachung** – Herkömmliche Systeme verfügen weder über ausreichende Überwachungs- und Analysefunktionen noch über wichtige Sicherheitsmerkmale. Nach der Installation ist es schwierig zu bestimmen, ob alle Module optimal arbeiten.
- **Sicherheitsrisiken** – Die Anlagen können Arbeitskräfte bei der Installation und Wartung des Systems sowie Feuerwehreute bei Einsätzen in der Nähe einer PV-Anlage Gefahren aussetzen.
- **Beschränkungen bei Skalierung, Nachrüstung und Reparatur** – Aufgrund potentieller Fehlanpassungsprobleme steht Installateuren nur eine äußerst begrenzte Auswahl an Modulen für den Ersatz defekter Elemente oder zum Hinzufügen zu vorhandenen Anlagen zur Verfügung. Modulhersteller müssen Module jahrelang lagern, um Garantieansprüche erfüllen zu können.

Dies führt zu höheren Installationskosten der Solaranlagen, und die Anlagen liefern nicht die maximale Leistung. Sie verursachen Gefahren bei der Installation und Wartung und bieten begrenzte oder keine Überwachungs- und Diagnosefunktionen. Einige Firmen arbeiten zwar an Verbesserungen verschiedener Aspekte von Photovoltaikanlagen, jedoch gab es keinen ganzheitlichen Ansatz zum Lösen dieser Probleme, bevor SolarEdge sein System auf den Markt brachte.



SolarEdge Technologies bietet ein einzigartiges verteiltes Energiegewinnungssystem (Patent angemeldet) mit effizienterer Energiegewinnung, einem äußerst zuverlässigen Wechselrichter und umfassender Überwachung auf Modulebene. Das SolarEdge-System bietet erhebliche Verbesserungen im Vergleich zu vorhandenen Lösungen:

- Optimierte Leistung jedes einzelnen Moduls, unabhängig von der Leistung des angrenzenden Moduls
- Überwachung auf Modulebene und Anlagenprüfung
- Einfacherer Entwurf der Anlage
- Optimale Flächennutzung an jedem Standort
- Schnelle Installation und Inbetriebnahme
- Kosteneinsparungen für Kabel, Dioden, Sicherungen und andere Teile
- Einzigartige Sicherheitsmerkmale für Installateure und Feuerwehrleute

Dieses Dokument bietet einen Überblick über das innovative verteilte Energiegewinnungssystem von SolarEdge sowie Erläuterungen der Vorteile für Integratoren/Installateure gegenüber herkömmlichen Solaranlagen.

### Der Unterschied mit SolarEdge

SolarEdge überwindet mit seiner Architektur für die verteilte Energiegewinnung die Begrenzungen gegenwärtiger Solaranlagen und bietet weitere Vorteile. SolarEdge liefert Elektronik auf Modulebene, die das Gesamtsystem von den zahlreichen Änderungen, die in den einzelnen Modulen erfolgen, isoliert. Das SolarEdge-System besteht aus drei Kerntechnologien:

- **Modulinterne verteilte Energiegewinnung mit SolarEdge PowerBox™** – Die in jedes Modul integrierte SolarEdge PowerBox™ ersetzt den herkömmlichen Verteilerkasten. Die PowerBox optimiert den Energieertrag und ermöglicht die Leistungsüberwachung jedes einzelnen Moduls. Zudem sorgen die PowerBoxes eines jeden Strings automatisch für eine konstante Stringspannung. So verfügen Installateure über eine größere Flexibilität für den Entwurf optimaler PV-Anlagen.

- **SolarEdge-Wechselrichter** – Der SolarEdge-Wechselrichter ist ein äußerst zuverlässiges Gerät. Da MPPT und Spannung für jedes Modul gesondert geregelt werden, ist die einzige Funktion des Wechselrichters die DC-AC-Wandlung. Folglich bietet der SolarEdge-Wechselrichter eine geringere Komplexität und eine höhere Zuverlässigkeit als herkömmliche Geräte. Die konstante Stringspannung gewährleistet einen von der Temperatur und der Stringlänge unabhängigen und jederzeit optimalen Wirkungsgrad.
- **SolarEdge Monitoring** – Webbasierte Software ermöglicht die Überwachung auf Modulebene, Stringebene und Systemebene. Die Software gibt automatisch Warnmeldungen zu vielfältigen Problemen aus, die sich auf die Energieerzeugung auswirken und die andernfalls möglicherweise nicht erkannt werden. SolarEdge Monitoring lässt sich gemeinsam mit der PowerBox oder eigenständig zum Überwachen von Solaranlagen einsetzen.

In Abbildung 1 wird eine typische SolarEdge-PV-Anlage veranschaulicht.

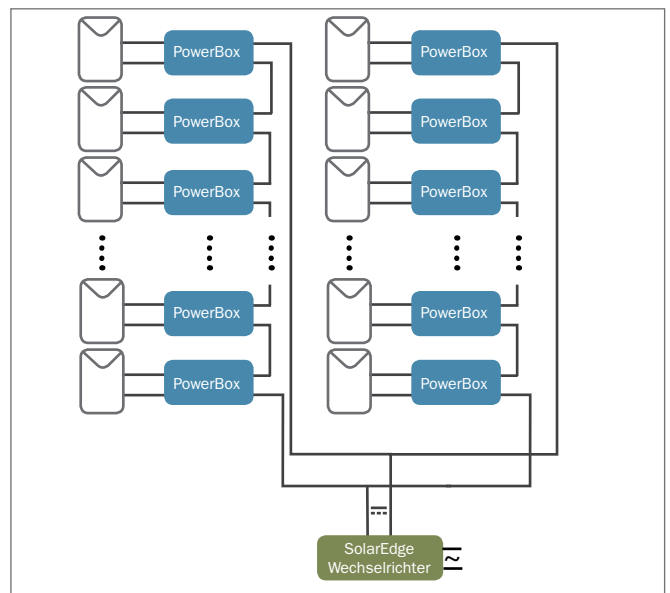


Abbildung 1 SolarEdge-Anlage

Es ist unbedingt zu beachten, dass es sich bei den Verbindungen zwischen den Modulen um DC-Verbindungen handelt. Im SolarEdge-System werden keine AC-Module oder Mikro-Wechselrichter verwendet; diese Lösungen weisen hohe Kosten, eine relativ geringe Zuverlässigkeit und eine geringere Wandlungseffizienz auf. Die Installation eines SolarEdge-Systems ist mit der Installation herkömmlicher Systeme identisch. Darum ist der Lernaufwand für Installateure gering, während ihnen dennoch viele Instrumente geboten werden, die die Installation des Systems und die Problembehandlung vereinfachen.

## Übersicht über die Hauptmerkmale von SolarEdge

### Merkmale der SolarEdge PowerBox™

Die SolarEdge PowerBox ersetzt den Verteilerkasten in den einzelnen Solarmodulen. Die PowerBox kann in bereits vorhandenen Modulen nachträglich installiert werden, und sie ist auch als bereits in Modulen installiertes Gerät von SolarEdge-Partnern erhältlich.

Die PowerBox besitzt vier Hauptfunktionen: Optimieren der Energiegewinnung mit MPP-Tracking auf Modulebene, Übertragen von Leistungsdaten, Beibehalten einer konstanten Strings Spannung und Ausschalten der Spannung, wenn die Sicherheit dies erfordert. Wie weiter unten in diesem Dokument gezeigt wird, verfügen die Installateure aufgrund dieser Funktionen über weitaus höhere Flexibilität für den Entwurf eines optimalen Systems. Die Spannungsversorgung jeder PowerBox erfolgt durch das zugehörige Modul, sodass keine eigene Spannungsversorgung der PowerBox erforderlich ist.

**MPPT auf Modulebene** – Ein optimierter Algorithmus gewährleistet einen konstanten MPP für jedes Modul. Dies verhindert Leistungsverlust selbst bei Fehlanpassung oder Teilabschattung. MPPT auf Modulebene erfolgt schneller und mit höherer Ansprechempfindlichkeit als Tracking am Wechselrichter. Zudem kann der schnellere Maximum Power Point-Tracker von SolarEdge Änderungen der Sonneneinstrahlung genauer und präziser verfolgen als herkömmliche Tracker. Diese Flinkheit stellt sicher, dass an Tagen mit wechselhafter Witterung, an denen sich die Bestrahlungsstärke häufig und schnell ändert, keine Leistungsverluste auftreten.

**Leistungsverfolgung und Kommunikation** – Jede PowerBox kommuniziert mit dem Wechselrichter und dem SolarEdge Monitoring-System. Dabei wird eine Reihe modulspezifischer Zustandsindikatoren übertragen, beispielsweise eindeutige Kennung, Betrag der erzeugten Leistung, Modulspannung, Modulstrom usw. Die Telemetrietechnologie von SolarEdge zeichnet sich dadurch aus, dass die Daten über die vorhandenen DC-Leitungen übertragen werden und benötigt keine zusätzlichen Kabel.

**Konstante Strings Spannung** – Bei herkömmlichen Systemen waren die Entwickler von Solaranlagen durch die spezifischen Parameter der Module und Wechselrichter extrem eingeschränkt. Die Anlage musste eine ausreichende Anzahl an

Modulen enthalten, um die für den Wechselrichter erforderliche Mindestspannung zu erzeugen, jedoch durfte die maximal zulässige Spannung nicht überschritten werden, unabhängig von den sich ständig ändernden Umgebungsbedingungen.

Zu den wegweisenden Innovationen von SolarEdge zählt, dass die PowerBox eine konstante Strings Spannung aufrechterhalten kann, und zwar mit dem optimalen Wert für die DC/AC-Wandlung durch den Wechselrichter. Jede PowerBox arbeitet mit einem DC/DC-Wandler, und alle PowerBoxes sorgen gemeinsam für eine konstante Strings Spannung, unabhängig von der Anzahl der Module in einem String und der Leistung der einzelnen Module. (Ein ausführliches Beispiel finden Sie unter „Funktionsprinzip“.)

Eine konstante Strings Spannung bietet viele Vorteile:

- **Flexibler Einsatz** – Es ist möglich, nicht übereinstimmende Stromquellen, z. B. Solarmodule mit unterschiedlicher Leistung, Module unterschiedlicher Modelle und Nennleistung und sogar Module unterschiedlicher Hersteller, in Reihe zu schalten.

Die Anzahl der Module in der Anlage wird nur durch die Nennleistung des Wechselrichters begrenzt. Ein einzelner String in einer einphasigen Anlage kann abhängig von der Entscheidung des Installateurs vor Ort 6 bis 25 Module (in einer Dreiphasen-Anlage 10 bis 50 Module) enthalten. Parallele Strings können unterschiedliche Längen, Ausrichtungen und Nennleistung aufweisen.

- **Geringere Installationskosten** – Die SolarEdge-Architektur ermöglicht die Installation längerer Strings mit weniger Verdrahtung sowie weniger Anschlusskästen und Combiner Boxes, sodass sich die Gesamtkosten der Installation und der Arbeitsaufwand verringern. Darüber hinaus verfügt die SolarEdge PowerBox über einen höheren Sicherungswert. Daher sind für eine Anlage weniger Sicherungen, Kabel und andere BoS-Elemente (mit Ausnahme von Wechselrichtern) erforderlich. Je größer die Anlage, desto signifikanter ist die Kosteneinsparung.

- **Temperaturunabhängigkeit** – Bei herkömmlichen PV-Anlagen wirkt sich die Außentemperatur auf die Spannung aus. Installateure planen Strings, die nicht zu lang (für kalte Tage) und nicht zu kurz (für heiße Tage) sind. Dieser häufig komplizierte Prozess erfordert spezielle Software für die Berechnung der Stringlänge und erhöht





die Fehlerwahrscheinlichkeit. Das Ergebnis: eine suboptimale Nutzung der Dachfläche. Die Einschränkungen durch die Temperatur werden mit der konstanten Stringspannung von SolarEdge vollständig beseitigt.

**Höhere Sicherheit** – Alle Module werden im Sicherheitsmodus gestartet, bis der Wechselrichter initialisiert wurde. Im Sicherheitsmodus weisen die PowerBoxes eine sehr geringe Spannung auf. Das System bleibt in diesem Zustand, bis es mit einem funktionsfähigen SolarEdge-Wechselrichter verbunden wurde. Solange das System im Sicherheitsmodus betrieben wird, besteht für den Installateur während der gesamten Installationsphase keine Stromschlaggefahr, da keine gefährliche Spannung anliegt bis das System vollständig installiert wurde. Bei einem Netzausfall beenden die Solarmodule sofort die Energiegewinnung und wechseln in den Sicherheitsmodus. Dies schützt Feuerwehrleute, die ein Feuer in einem Haus mit einer SolarEdge-PV-Anlage zu löschen versuchen, sowie Wartungsfachkräfte von PV-Anlagen. Sie müssen sich keine Sorgen wegen einer hohen DC-Spannung machen: Wenn der Wechselstrom abgestellt wurde, wird die gesamte Spannung ausgeschaltet, und die Anlage ist sicher.

Für Modulhersteller ist von Bedeutung, dass in jede PowerBox™ ein Mechanismus für die Umgehung des Flashtests integriert ist, sodass sie den Standard-Flashtest verwenden können und keine Anpassungen an ihre Produktlinie vornehmen müssen.

SolarEdge ist sich bewusst, dass die Produktzuverlässigkeit von entscheidender Bedeutung für die Marktakzeptanz ist. Die Qualität wird auf zweierlei Weise sichergestellt: Die PowerBox-Geräte sind für den störungsfreien Betrieb unter rauen Umweltbedingungen für 25 Jahre ausgelegt und getestet. Zudem ist in jede PowerBox ein passiver Bypass-Schutzmechanismus integriert, der sicherstellt, dass ein Defekt in einer PowerBox oder dem angeschlossenen Modul ohne Auswirkungen auf andere Komponenten bleibt.

### **Merkmale des SolarEdge-Wechselrichters**

SolarEdge liefert verschiedene Wechselrichter, die sich sowohl in Anlagen für Wohngebäude als auch in gewerblichen Anlagen einsetzen lassen. Da im SolarEdge-System Energiegewinnung und komplexe MPPT-Funktionen auf die einzelnen Module verteilt sind, kann es sich bei dem Wechselrichter um ein einfaches Gerät handeln. Merkmale:

- **Optimale Effizienz** – Der SolarEdge-Wechselrichter muss nicht die maximale Leistung verfolgen. Daher tritt kein Leistungsverlust am Wechselrichter auf, wenn sich die Bestrahlungsstärke ändert (im Gegensatz zu der langsamen Tracking-Funktionalität herkömmlicher Wechselrichter). Die Effizienz herkömmlicher Wechselrichter hängt von der Eingangsspannung ab. Daher arbeiten diese Geräte nicht immer mit der angegebenen Effizienz.

Im SolarEdge-Energiegewinnungssystem ist die Eingangsspannung des Wechselrichters konstant. Die konstante Eingangsspannung gewährleistet, dass der Wechselrichter immer mit der höchstmöglichen Effizienz arbeitet, unabhängig von Stringlänge und Umgebungsbedingungen. Die höhere Effizienz erzeugt nicht nur mehr Energie, sondern verringert auch die Wärmeabfuhr, sorgt für eine längere Komponentenlebensdauer und erhöht die Zuverlässigkeit.

- **Hohe Zuverlässigkeit** – In herkömmlichen Systemen kann die Eingangsspannung des Wechselrichters je nach Stringlänge, Temperatur und Bestrahlung der Module enorm variieren und Werte bis 1000 V erreichen. Im SolarEdge-System ist die Eingangsspannung konstant und sie kann auf eine niedrigere Spannung herabgeregelt werden. Daher ist die Wechselrichterelektronik einer geringeren Belastung ausgesetzt und die Leistung lässt sich besser drosseln, um die Lebensdauer zu verlängern.

- **Fortschrittliche Kommunikationsoptionen** – Ein integrierter Empfänger für PowerBox-Daten ermöglicht den Empfang von Telemetriedaten der Module über die DC-Kabel. Per integriertem Ethernet lässt sich bequem eine Breitbandverbindung mit dem Überwachungsserver herstellen. Als weitere Kommunikationsoptionen stehen der Funknetz-Standard ZigBee und der Schnittstellenstandard RS485 für die Kommunikation zwischen Wechselrichtern zur Verfügung.

- **Kleines Gehäuse für die Außeninstallation** – Ermöglicht die einfache Installation an jedem Standort. Die kompakte und gewichtsparende Ausführung des Wechselrichters für die Montage mit Halterung erleichtert eine schnelle und unkomplizierte Installation.

- **Unterstützung von Wechselrichtern von Drittanbietern** – Wechselrichter von Drittanbietern können ebenfalls verwendet werden, jedoch sind einige SolarEdge-Funktionen möglicherweise nicht verfügbar.

## Merkmale des SolarEdge Monitoring Portals

SolarEdge liefert ein umfassendes hierarchisches Überwachungssystem, das die Leistung auf System-, String- und Modulebene überwacht. Das Monitoring-System ist in zwei Versionen erhältlich: vollständig integriert, für die Verwendung mit der SolarEdge PowerBox, und als eigenständiges Überwachungssystem, das sich bequem in Module von Drittanbietern integrieren lässt.

Das SolarEdge Monitoring Portal überwacht die technischen und finanziellen Daten einer oder mehrerer SolarEdge-Photovoltaikanlagen. Das Portal liefert präzise Informationen über die einzelnen Module und das System als Ganzes. So können Installateure und Anlageneigentümer schnell Fehler erkennen, genau lokalisieren, Wartungsmaßnahmen effizient ausführen und die Rentabilität der Anlage analysieren.

Intelligente Algorithmen verfolgen kontinuierlich Leistung, Spannung und Strom von allen Modulen und Wechselrichtern sowie eine Reihe von statistischen und meteorologischen Messgrößen, um suboptimale Leistung oder Ereignisse zu erkennen, die einen Bedieneingriff oder Wartungsmaßnahmen erfordern.

Das SolarEdge Monitoring Portal liefert aktuelle Daten sowie aufbereitete Daten aus der Vergangenheit. Das System bietet außerdem Diagnosefunktionen für die vergleichende Analyse und ein einzigartiges Dienstprogramm, das den Anwender beim Ermitteln der Ursache eines beliebigen Problems unterstützt. Das SolarEdge Portal erkennt automatisch Probleme, gibt Statusberichte und Warnmeldungen aus und liefert Empfehlungen sowie Lösungsvorschläge. Alle Daten werden protokolliert und können jederzeit und überall problemlos eingesehen und analysiert werden.

Mit diesen Funktionen können Installateure, Integratoren, Wartungspersonal und Anlageneigentümer die Leistung der Anlage verbessern und Wartungskosten senken, da die Betriebszeit verlängert wird und Störungen schneller behoben werden.

Der Zugriff auf das SolarEdge Monitoring Portal erfolgt über einen Standardbrowser und die Interaktion mit der PV-Anlage über eine mehrschichtige Benutzeroberfläche. Diese bietet sowohl einfache Funktionen für Privatanwender als auch differenzierte Funktionen für versierte Installateure und Betreiber gewerblicher Anlagen.

Für das SolarEdge Monitoring Portal müssen keine speziellen Plug-Ins heruntergeladen oder installiert werden.

Merkmale des Monitoring Portals:

- **Präzise Fehlererkennung** – Das SolarEdge-System liefert nicht nur umfassende Daten zu Leistung, Trends und Wartung, sondern auch mithilfe künstlicher Intelligenz Kontextinformationen und Analysefunktionen. Beispielsweise kann das SolarEdge-System Daten interpretieren, ermitteln, ob Leistungsverlust auftritt und den Benutzer informieren, dass der Leistungsverlust durch Teilabschattung verursacht wird. So kann das Installations- und Wartungspersonal jedes Problem schnell und genau lokalisieren.
- **Schnelle Fehlerbehandlung** – Mit interaktiven Diagrammen und Lageplänen zur Anlage können Installateure bequem sicherstellen, dass die Anlage nach der Installation störungsfrei arbeitet, und Probleme ggf. schnell identifizieren.
- **Benutzerdefinierte automatische Warnmeldungen** – Benutzer können den Detaillierungsgrad der Informationen festlegen, die sie vom System erhalten. Warnmeldungen können per SMS, E-Mail oder über das Monitoring Portal gesendet werden.
- **Leistungsstarke integrierte Berichtstools** – In SolarEdge-Berichten werden alle Kerndaten, z. B. Daten zu Leistung, Energiegewinnung und Nutzen für die Umwelt, zusammengefasst. Falls eine Wartungsmaßnahme erforderlich ist, kann das System zudem Informationen über die finanziellen Auswirkungen liefern. So können Wartungsfachkräfte die Priorität von Reparaturarbeiten einfacher bestimmen.
- **Tools für die Solarfeldwartung** – Wartungsfachkräfte können eine Zusammenfassung aller ungelösten Probleme für eine Anlage oder eine Gruppe von Anlagen erstellen. SolarEdge stellt nicht nur eine Zusammenfassung bereit, sondern empfiehlt auch Maßnahmen zum Lösen der einzelnen Probleme, gibt die genaue Position der betroffenen Komponenten in der Anlage an und liefert Informationen zu den vorherigen Wartungsmaßnahmen für jede Komponente.
- **Wartungshistorie** – Es wird automatisch ein umfassendes Protokoll der Maßnahmen in den einzelnen Anlagen geführt, einschließlich



des aktuellen Status, der unternommenen Maßnahmen und der Behebung von Störungen. So behalten Anlagenbesitzer und Wartungspersonal während der gesamten Nutzungsdauer der Anlage die Übersicht über die Anlage.

- **Mehrschichtige Benutzeroberfläche** – Das Monitoring Portal lässt sich so konfigurieren, dass die dargestellten Informationen von den Anmeldeinformationen des Benutzers abhängen. Beispielsweise erhalten Installateure oder Integratoren die komplette Ansicht aller Module und Warnmeldungen, während der Besitzer einer Anlage für Wohngebäude grundlegende Leistungsdaten anzeigen kann.

### Überwachung vorhandener PV-Anlagen

SolarEdge bietet auch ein Überwachungssystem für vorhandene PV-Anlagen, in denen gegenwärtig keine SolarEdge-fähigen Module verwendet werden. Diese einfach zu installierende Anwendung eignet sich ideal für große Solarfarmen und gewerbliche Anlagen und sie ermöglicht die umfassende Überwachung auf String- und Systemebene. Die Überwachungsdaten werden über die bereits vorhandenen Stromkabel übertragen, daher werden keine zusätzlichen Kabel benötigt. Komponenten:

- **SolarEdge Probe** – Mit jedem Modulstring ist eine einzelne SolarEdge Probe verbunden. Jede Probe misst die Leistung des entsprechenden Strings.
- **SolarEdge Bridge** – Eine SolarEdge Bridge fasst Strings zu Gruppen zusammen. Jede Bridge misst die Leistung der entsprechenden Gruppen und erfasst gleichzeitig die Stringleistungsdaten, die von SolarEdge Probes gemessen und über die Stromleitungen an die Bridge übertragen wurden. Sämtliche Gruppen- und Stringleistungsdaten werden von den Bridges per Funk an den SolarEdge PoleStar gesendet.
- **SolarEdge PoleStar** – Der SolarEdge PoleStar empfängt per Funk Überwachungsdaten von allen Bridges. Zudem überwacht der PoleStar die Leistung der Wechselrichter in der Anlage, unabhängig davon, ob es sich um Wechselrichter von SolarEdge oder von anderen Anbietern handelt.

Anschließend werden Überwachungsdaten der gesamten Anlage vom PoleStar über eine sichere Internetverbindung an den SolarEdge-Server gesendet, wo sie dann über das SolarEdge Monitoring Portal zur Verfügung stehen.

### Funktionsprinzip

Um das Funktionsprinzip des SolarEdge-Systems zu veranschaulichen, betrachten wir ein Beispiel für das Systemverhalten unter verschiedenen Bedingungen.

Die in Abbildung 2 gezeigte Anlage besteht aus zehn 200-W-Modulen. Jedes Modul verfügt über eine integrierte PowerBox DC/DC-MPPT-Steuerung, und die PowerBoxen bilden in Reihe geschaltet einen einzelnen String.

Der String ist mit einem SolarEdge-Wechselrichter verbunden. Der SolarEdge-Wechselrichter ist eine Einphasenstromquelle: Er passt den Strom aus der PV-Matrix ständig an, um die Eingangsspannung konstant zu halten.

Mit einer Wandlungseffizienz von über 98 % unter vielfältigen Bedingungen bietet die SolarEdge PowerBox eine hervorragende Leistung. Nehmen wir jedoch der Einfachheit halber für dieses Beispiel an, dass jede PowerBox eine Effizienz von 100 % aufweist.

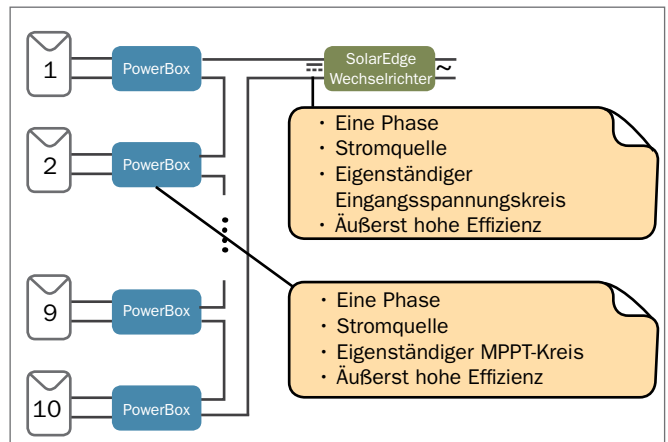


Abbildung 2 Elemente des Systems

### Szenario 1 – Vollständige Sonneneinstrahlung:

Für das erste Beispiel wird angenommen, dass alle Module vollständig bestrahlt werden und jedes Modul 200 Watt liefert. Die Leistung der einzelnen Solarmodule wird mit einem Regelkreis in der entsprechenden PowerBox auf dem Punkt maximaler Leistung (Maximum Power Point, MPP) gehalten. Die MPPT-Schleife (Maximum Power Point Tracking) erzwingt einen Eingangsstrom  $I_{in}$  und eine Eingangsspannung  $V_{in}$  der PowerBox, die sicherstellen, dass vom Modul 200 W zum DC-Bus übertragen werden. In diesem Beispiel wird angenommen, dass der MPPT-Wert für jedes Modul (der Einfachheit halber werden perfekt angepasste Module vorausgesetzt)  $V_{MPP} = 32 \text{ V}$  beträgt. Dann ist die Eingangsspannung der PowerBox 32 V und der Eingangsstrom ist  $200 \text{ W} / 32 \text{ V} = 6,25 \text{ A}$ .



Wie in Abbildung 2 angegeben, wird die Eingangsspannung des Wechselrichters mit einem eigenen Rückführkreis geregelt. In diesem Beispiel empfängt der Wechselrichter konstant 400 V. Dies ist die optimale Spannung für die Wandlung in die AC-Netzspannung.

Da zehn in Reihe geschaltete Module mit jeweils 200 W vorhanden sind, beträgt der Eingangsstrom des Wechselrichters  $2000 \text{ W} / 400 \text{ V} = 5 \text{ A}$ . Daher muss der DC-Bus-Strom in jedem der PowerBox-Geräte 5 A betragen. In dem Beispiel bedeutet dies, dass jede PowerBox eine Ausgangsspannung von  $200 \text{ W} / 5 \text{ A} = 40 \text{ V}$  liefert.

In diesem Fall fungieren die PowerBoxes als Aufwärtswandler, die 32 V Eingangsspannung in 40 V Ausgangsspannung wandeln. In Abbildung 3 werden die verschiedenen Ströme und Spannungen im System veranschaulicht.

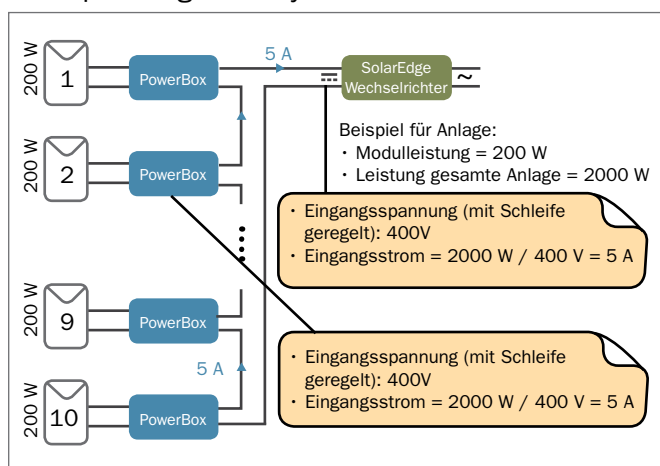


Abbildung 3 Betrieb unter idealen Bedingungen

**Szenario 2 – Teilabschattung:** Angenommen, Modul 9 ist abgeschattet und erzeugt daher nur 40 W. Die anderen neun Module sind nicht abgeschattet und erzeugen weiterhin 200 W. Die PowerBox des abgeschatteten Moduls sorgt dafür, dass das Modul weiterhin mit dem Maximum Power Point arbeitet, der jetzt aufgrund der Abschattung niedriger ist – unter der Annahme, dass  $V_{MPP} = 28 \text{ V}$ , ist der Strom  $40 \text{ W} / 28 \text{ V} = 1,43 \text{ A}$ .

Die von dem String erzeugte Gesamtleistung ist jetzt  $9 \times 200 \text{ W} + 40 \text{ W} = 1840 \text{ W}$ . Da die Eingangsspannung des Wechselrichters weiterhin 400 V beträgt, ist der Eingangsstrom des Wechselrichters jetzt  $1840 \text{ W} / 400 \text{ V} = 4,6 \text{ A}$ . Daher muss der DC-Bus-Strom 4,6 A betragen. Somit ist die Ausgangsspannung der PowerBox-Geräte für die neun nicht abgeschatteten Module  $200 \text{ W} / 4,6 \text{ A} = 43,5 \text{ V}$ .

Die Ausgangsspannung der PowerBox für das abgeschattete Modul beträgt hingegen

$40 \text{ W} / 4,6 \text{ A} = 8,7 \text{ V}$ . Die Eingangsspannung des Wechselrichters lässt sich berechnen, indem die Ausgangsspannung von 43,5 V der neun Module und die Ausgangsspannung von 8,7 V des einen Moduls addiert werden:  $9 \times 43,5 \text{ V} + 8,7 \text{ V} = 400 \text{ V}$ .

In diesem Fall fungieren die neun PowerBox-Geräte, die jeweils 200 W erzeugen, als Aufwärtswandler, die 32 V Eingangsspannung in 43,5 V Ausgangsspannung wandeln, während die zehnte Powerbox (von Modul 9) als Abwärtswandler fungiert, der 28 V Eingangsspannung in 8,7 V Ausgangsspannung wandelt.

In Abbildung 4 werden die verschiedenen Ströme und Spannungen im System veranschaulicht.

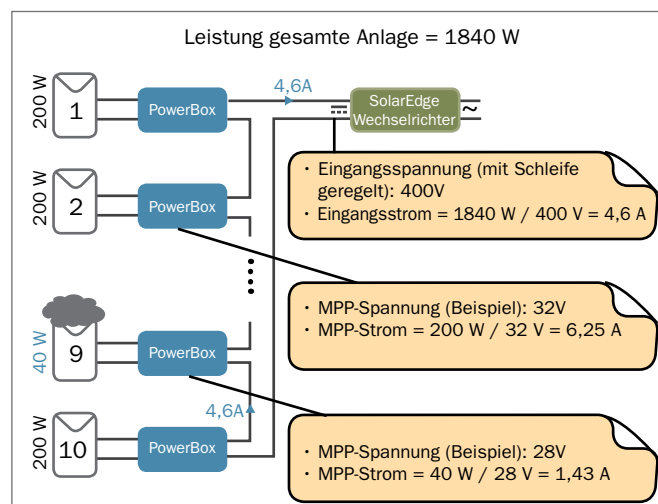


Abbildung 4 Betrieb mit Teilabschattung

Wie das Beispiel veranschaulicht, arbeitet jedes Modul unabhängig von den Betriebsbedingungen mit seinem Maximum Power Point.

In Abbildung 5 werden der Betrieb der Anlage im optimalen Fall und bei Abschattung verglichen.

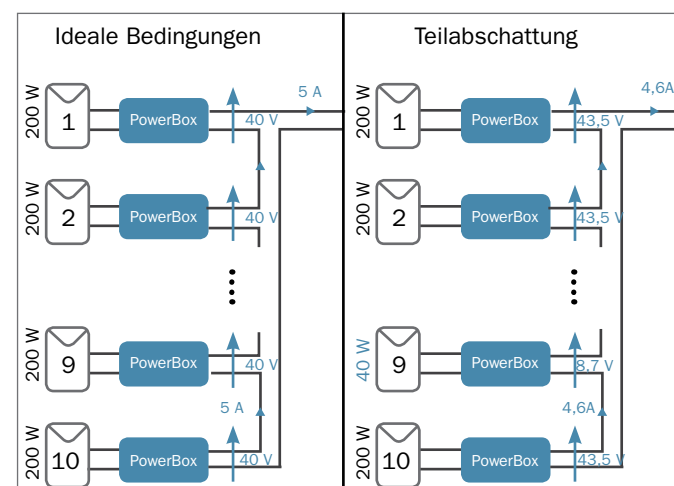


Abbildung 5 Vergleich der beiden Bedingungen



Die Aufwärts- und Abwärts-DC/DC-Wandlung erfolgt automatisch, abhängig von den Umgebungsbedingungen.

### **Vorteile des Systems**

SolarEdge-Energiegewinnungssysteme bieten allen Beteiligten in der Wertschöpfungskette – Modulherstellern, Systemintegratoren, Installateuren und Anlagenbesitzern – beträchtliche Vorteile.

**Mehr Leistung** – Optimiertes MPPT pro Modul liefert dank höherer Abschattungstoleranz und Kompensation von Fertigungstoleranz bis zu 25 % mehr Leistung.

**Einfache Systemauslegung und vollständige Dachnutzung** – Komplizierte Berechnungen von Stringlängen sind nicht mehr erforderlich. Jetzt können Strings unterschiedlicher Länge (in einer einphasigen Anlage zwischen 6 und 25 Module) installiert werden, um die Nutzung der Dachfläche zu optimieren. Auch können jetzt Strings unterschiedlicher Länge in Parallelschaltung an den gleichen Wechselrichter angeschlossen werden. Außerdem unterstützt SolarEdge unterschiedliche Modulausrichtungen, sodass nach Süden ausgerichtete Module mit nach Westen ausgerichteten Modulen verbunden werden können, ohne dass ein zusätzlicher Wechselrichter benötigt wird. Alle diese Merkmale beschleunigen Entwurf und Implementierung.

**Weniger Kabel und sonstige BoS-Komponenten** – Mit SolarEdge lassen sich längere Strings mit weniger Wechselrichtern, weniger Kabeln, weniger Combiner Boxes und anderen Elementen installieren. Die PowerBox erhöht die Sicherungswerte und ermöglicht damit die Verwendung von weniger Sicherungen. Es ist auch nicht mehr erforderlich, in jedem String Verpolungsschutzdioden zu installieren.

**Skalierbare Anlage** – vorhandenen Anlagen lassen sich problemlos und unkompliziert Module hinzufügen; daher können Anlagen nach Bedarf erweitert werden. SolarEdge ermöglicht zudem die gemeinsame Verwendung unterschiedlicher Modulmodelle. Beispielsweise können jetzt 180-W-Module mit 220-W-Modulen verbunden werden. So können Installationen schneller erfolgen, da Installateure ihren Bestand besser nutzen können.

### **Bessere Bestandsverwaltung**

Auch Modulhersteller profitieren von der neuen Technologie. Weil SolarEdge-Systeme Module unterschiedlicher Leistung enthalten können, können Hersteller Komplettsysteme mit Modulen unterschiedlicher Leistung liefern. Es ist auch nicht mehr erforderlich, Module für Jahrzehnte zu bevorraten, um Bestellungen von zusätzlichen Modulen oder Garantieansprüche zu erfüllen.

**Überwachung und Wartung** – SolarEdge unterstützt die Überwachung auf Modulebene und die Datenübertragung über die vorhandenen Stromkabel, ohne zusätzliche Leitungen. Dies ermöglicht die kontinuierliche Verfolgung der Leistung für die einzelnen Module sowie die bequeme Fehlerbehandlung während der Installation und der laufenden Instandhaltung.

**Kürzere Installationsdauer** – aufgrund der einfacheren Planung und Fehlerbehandlung können Installationen beschleunigt werden, sodass die Arbeitskosten um 15 bis 25 % verringert werden. Dies erhöht für Installateure die Rentabilität und Produktivität.

**Höhere Sicherheit** – Die PowerBox-Elektronik gewährleistet eine sichere DC-Spannung von allen Modulen, bis sie ordnungsgemäß mit einem funktionsfähigen Wechselrichter verbunden sind. Hiervon profitieren die Installateure, die sicher und ohne Furcht vor einem Stromschlag arbeiten können. Dies ist auch für Feuerwehrleute von Bedeutung, da sie sich jetzt darauf verlassen können, dass die PV-Anlage keine hohen Spannungen mehr aufweist, sobald der SolarEdge-Wechselrichter deaktiviert oder die AC-Spannungsversorgung des Hauses ausgeschaltet ist.

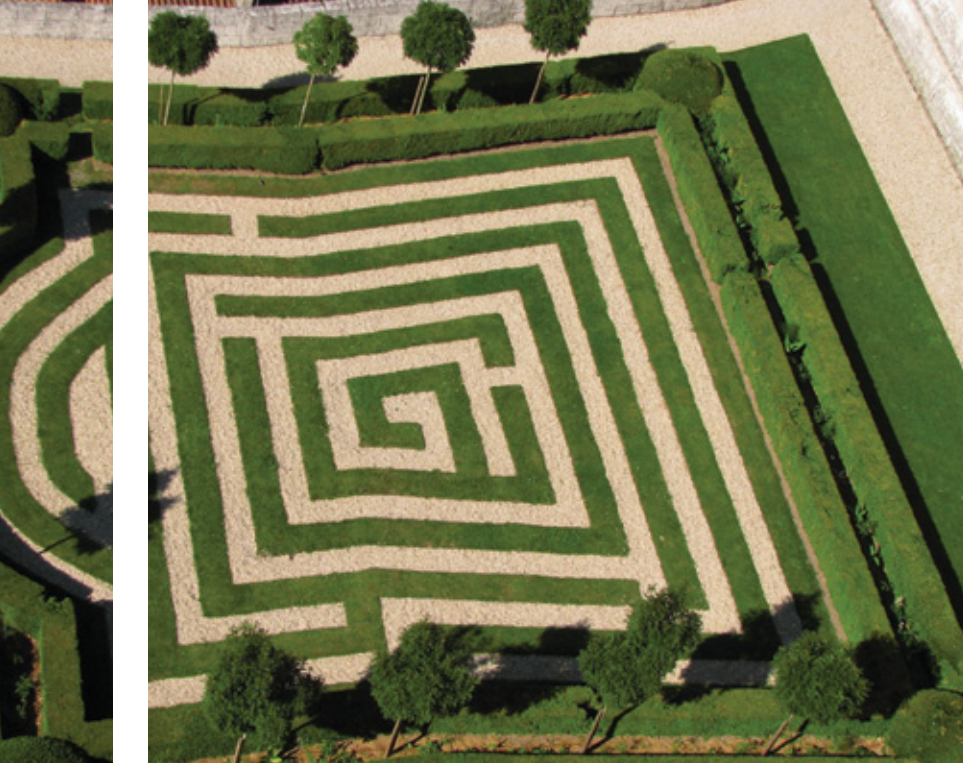
**Diebstahlschutz** – Die SolarEdge PowerBox verfügt über einzigartige Funktionen für die Erkennung von Diebstahlversuchen, und sie stellen sicher, dass gestohlene Module nicht genutzt werden können.

**Verbesserung der Produktlinie von Modulen** – Der aktuelle Trend bei PV-Anlagen sind höhere Stromstärken. Hierzu werden Kabel mit der höchstmöglichen Strombelastbarkeit verwendet. Mit SolarEdge-Systemen können Modulhersteller höhere Stromstärken mit vorhandenen Modulen erzielen, statt in neue Produktlinien mit größeren Zellen zu investieren.



## **Fazit**

Das verteilte Energiegewinnungssystem von SolarEdge (Patent angemeldet) bietet für alle Akteure in der Solarbranche vielfältige Vorteile. Obwohl es auch andere Lösungen für die Optimierung verschiedener Aspekte von Photovoltaikanlagen gibt, sind wir davon überzeugt, dass es sich bei dem SolarEdge-System um die zuverlässigste, kostengünstigste und umfassendste Lösung auf dem Markt handelt. Solaranlagen mit SolarEdge-Technologie können bis zu 25 % mehr Energie erzeugen und bieten dabei eine bessere Sicherheit, Zuverlässigkeit und Überwachung zu einem geringeren Preis als die Systeme von Wettbewerbern.



## Über SolarEdge

SolarEdge ist ein Anbieter innovativer elektronischer Komponenten für die Energieumwandlung, die alle bekannten technischen Begrenzungen im Bereich der Photovoltaik beseitigen. Unsere Smart DC-Technologie ermöglicht die effizientere Gewinnung sauberer, sofort nutzbarer Energie zu einem Preis pro Watt, der von keinem Wettbewerber unterboten wird.

Die Technologie von SolarEdge vereint herkömmliche Prozesse und Installationsmethoden der Photovoltaikbranche mit einer wegweisenden ganzheitlichen Sichtweise. Diese unauffällige Revolution verursacht einen radikalen Wechsel, da die neuen Methoden der Gewinnung, Anwendung, Bewirtschaftung und Lieferung von Energie immense Vorteile bieten, und sie stellt gleichzeitig eine Ergänzung der herkömmlichen PV-Energiegewinnung dar, da sie sich in diese integrieren lässt.

SolarEdge ist der Auffassung, dass der Energiegewinnungsprozess nur so stark ist wie sein schwächstes Glied. Durch eine systemorientierte Sichtweise, mit der die entscheidende Schwachstelle auf jeder Stufe des Prozesses identifiziert und beseitigt wird, ermöglichen wir die Lieferung von Solarenergie ohne Einschränkungen.

**Germany** Königstr. 5, 01097 Dresden, Germany

**USA** 2225 East Bayshore Rd., Suite 200, Palo Alto CA 94303, USA

**Israel** 6 HaHarash St. P.O.Box 7349, Neve Neeman, Hod Hasharon 45240, Israel

**Japan** B-9 Ariake Frontier Building, 3-7-26 Ariake, Koto-Ku, Tokyo 135-0063, Japan

**[www.solaredge.de](http://www.solaredge.de)**

© Copyright SolarEdge. 2009. Alle Rechte vorbehalten. SolarEdge, das SolarEdge Logo, PowerBox und architects of energy sind Marken oder eingetragene Marken von SolarEdge, Ltd. Alle anderen in diesem Dokument genannten Marken sind Marken ihrer jeweiligen Inhaber.  
Datum: 03/2010