



Grenzen neu stecken

Wir finden, Rekorde sind dazu da,
um sie zu brechen.

Agenda

- Ergebnisse der NREL Degradationsstudie
- Modul Degradation, Ursprung und Symptome
- SunPower Busbar-freier Ansatz und Qualitätskonzept
 - Vorbeugung der Degradation mit Maxeon Technologie (rückkontaktierte Zellen)
 - Vorbeugung der Degradation mit Performance Technologie (geschindelte Zellen)



Ergebnisse der NREL Degradationsstudie

NREL Studie über Moduldegradation-Rechenmethode

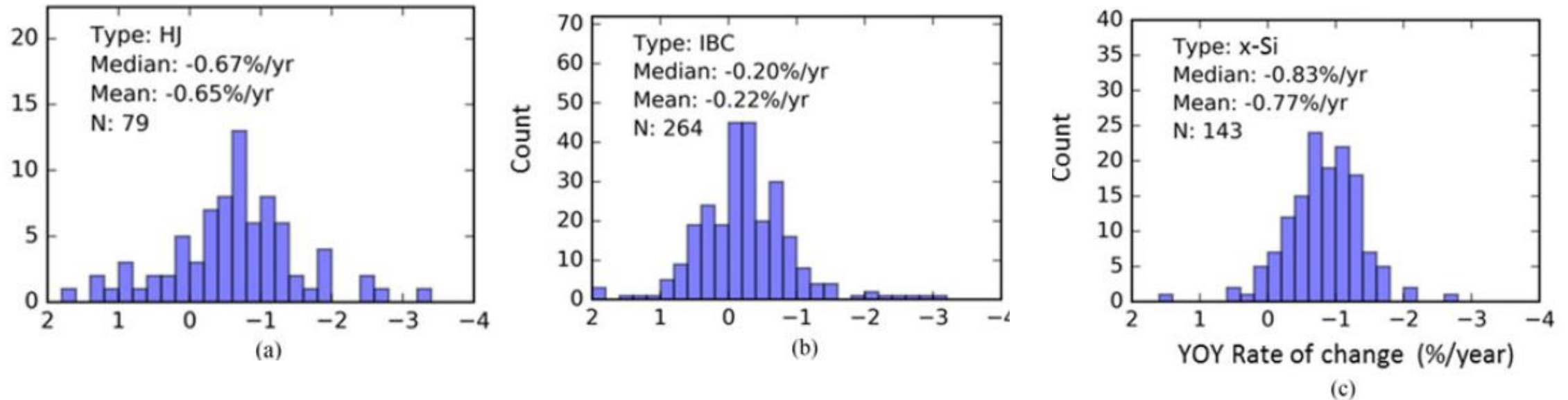


Fig. 11. Aggregated degradation rates derived from the PR_{CS} YOY method for a fleet of systems partitioned by technology, (a) heterojunction, (b) interdigitated backcontact, (c) and all other x-Si.

Source: 2018 - Jordan et al. Robust PV Degradation Methodology. JPV vol 8 no 2

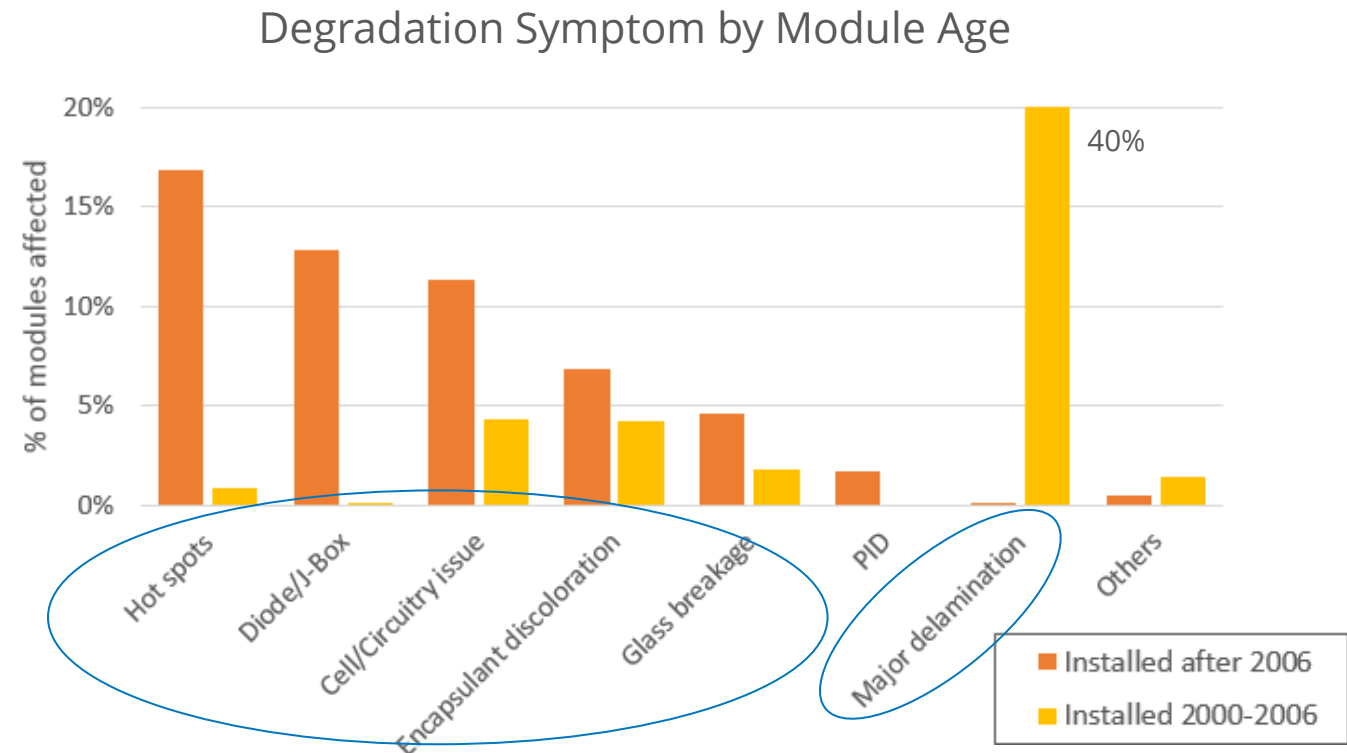
Moduldegradation Ursprünge und Symptome

NREL-Studie zur Degradation in der Praxis

- NREL überprüfte und stellte umfangreiche Daten aus der Literatur zusammen, um die Degradationsmodi zu verstehen, die Module in der Praxis betreffen

"Die größten Bedenken der in den letzten 10 Jahren installierten Systeme scheinen Hotspots zu sein, gefolgt von Verfärbungen der internen Schaltkreise."

- Die jüngste Gruppe von Modulen, die in einer Zeit starken Kostendrucks gebaut wurden, zeigt:
 - Erhöhte Hotspots
 - Erhöhte Probleme mit Dioden und J-Boxen
 - Erhöhte Probleme mit der Zellschaltung
 - Erhöhte Einkapselungsprobleme
 - Erhöhte PID
- ~40% der neueren Panels zeigen Symptome im Zusammenhang mit Zellrissen und Busbar-Rissen..**



Verbunden mit
Zellenbrüche und Busbar-
Rissen

Verbunden mit Material
Löst Korrosion aus

Jordan, et. al. "Photovoltaic Failure and Degradation Modes." PiP, 2017.

Über Busbars...

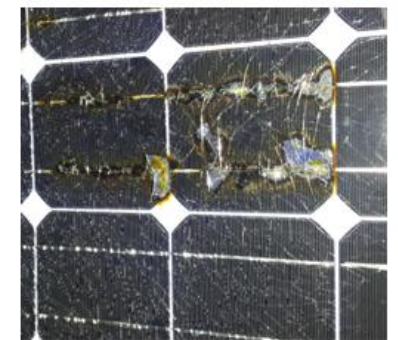
- In einem herkömmlichen Modul bestehen Bänder und Zellen aus verschiedenen Materialien, die sich unterschiedlich schnell ausdehnen und zusammenziehen, was zu einer hohen Spannungskonzentration führt.
- Temperaturzyklen belasten die Verbindung von Zellen zu Busbars und verursachen schließlich Ausfälle.
- Kato¹ hat einen 3-stufigen Prozess dokumentiert:
 1. Zellrisse oder Lötverbindungsrisse, trennen ein Teil des Bandes.
 2. Ein erhöhter Strom ermüdet die verbleibende Bandverbindung bis die Diode aktiviert wird, und die Modulleistung um 33% sinkt.
 3. Stetige Dioden Aktivierung führt zu Dioden-Ausfällen. Der Strom wird durch defekte Zellen gezwungen, was Hotspots und Leistungsverluste des Strings auslöst bis das Modul ausgetauscht wird.



1 Solder bond failure of one cell interconnect



2 Solder bond failure of both cell interconnects



3 Bypass diode wear out and panel failure

¹ Kato. (2012). PV module failures observed in the field: solder bond and bypass diode failures. In Characterizing and Classifying Failures of PV Modules.



SunPower Busbar-freier Ansatz und Qualitätskonzept

Grundlegend anders und besser.

Höchster Wirkungsgrad¹
auf dem Markt – mehr Energie pro m²



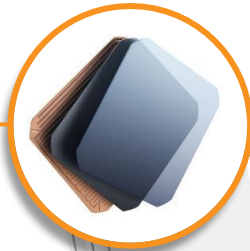
Niedrigste Degradationsrate
in der Photovoltaikindustrie²



Höchste Lebensdauer und Widerstandskraft²
mit einer Nutzungsdauer von 40 Jahren³



Ultrareines Silizium
auf patentiertem
Kupferfundament



Wir machen das Herkömmliche außergewöhnlich.

+2

+2 PRODUZIERTE GIGAWATT

und somit das meist eingesetzte Schindelzellenmodul der Welt



Top-Performer 2018⁴

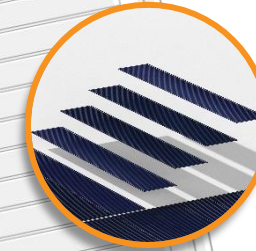
in der „PV Module Reliability Scorecard“ von DNV GL



Über 30 Jahre Fertigungserfahrung

gewährleisten bewährte Zuverlässigkeit ohne hohe Einstiegskosten

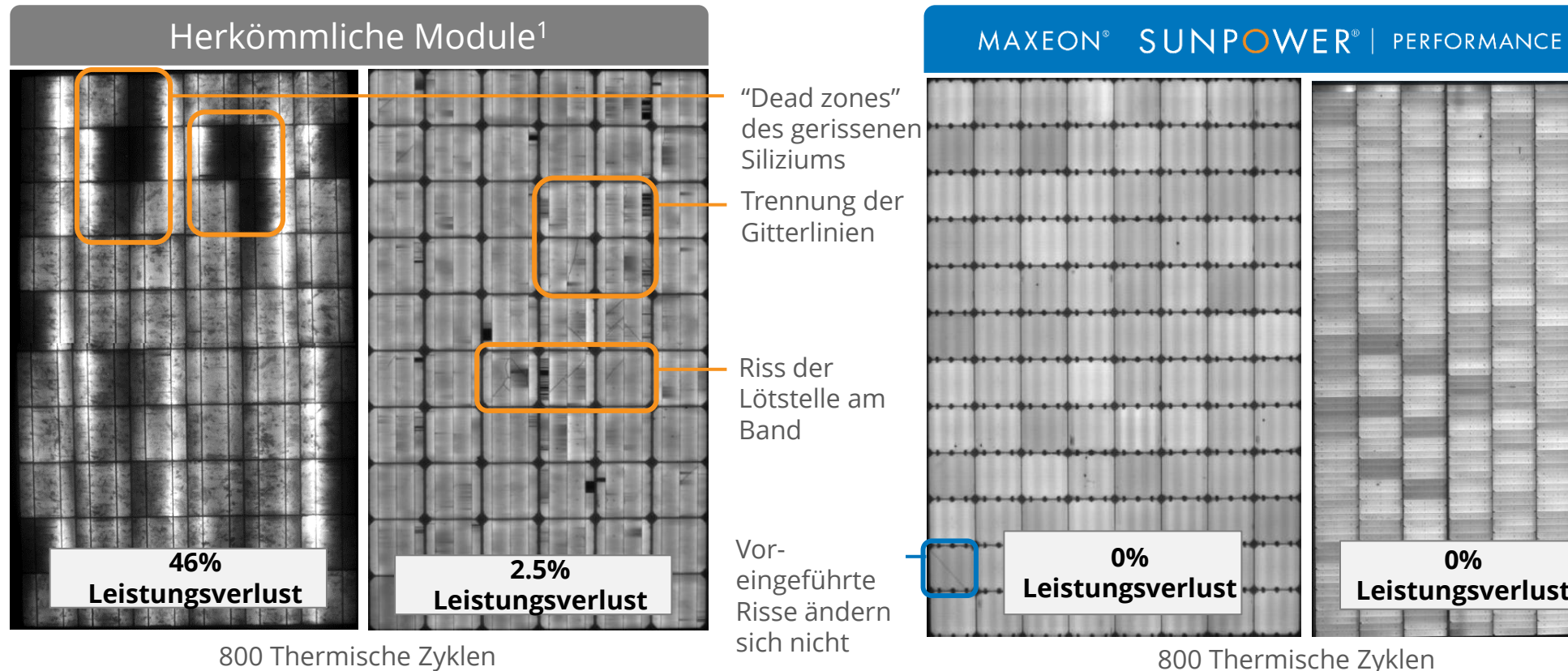
Einzigartiges Mono-PERC-
Schindelzellendesign



¹ Basierend auf den Angaben in Datenblättern auf den Websites der führenden 20 Hersteller gemäß IHS (Stand: Januar 2019)
² Jordan, et al, „Robust PV Degradation Methodology Application“, PVSC 2018, und „Compendium of Photovoltaic Degradation Rates“, PIP 2016. ³ SunPower Performance Module haben eine erwartete Nutzungsdauer von 35 Jahren. Quelle: „SunPower P-Series Technology Technical Review“, Leidos Independent Engineer Report. 2016. SunPower Maxeon Module haben eine erwartete Nutzungsdauer von 40 Jahren. Quelle: „SunPower Module 40-Year Useful Life“. Nutzung ist gegeben, wenn bei 99 von 100 Modulen noch 70 % der Nennleistung abgerufen werden können. ⁴ PV Module Reliability Scorecard von DNV GL: <https://www.dnvgl.com/publications/2018-pv-modulereleability-scorecard-117982>.

Beschleunigung des Zell- und Bandrisses im Labor

- Tägliche Temperaturzyklen belasten Zellen mechanisch sowie elektrische Verbindungen an und zwischen Zellen. Im Labor wurden Thermal Cycling Tests durchgeführt, um diese Effekte zu simulieren [-40 ° C bis 85 ° C].
- Unabhängige Tests zeigen, dass selbst herkömmliche Top-Tier Module mit einem Leistungsverlust von 2,5% anfällig sind. Im Bedienfeld der SunPower® Performance Line wird keine Änderung festgestellt



¹ Herrmann. "How temperature cycling degrades photovoltaic-module performance." SPIE 2010 and DNV report R6-71H-1, 2014.
² PVEL reports R10051033J-2, R671F1 and R671H1. SunPower showed a power increase

Bessere Module dank besserer Zellen

- Höchster Wirkungsgrad bei der Umwandlung von Sonnenlicht in Energie¹
- Erzeugt bis zu 35 % mehr Energie in den ersten 25 Jahren bei gleichem Platzbedarf²
- Einzigartige Oberfläche, hochgradig korrosionsbeständig
- Erzeugt Energie, selbst bei Rissen in der Zelle

¹ Basierend auf den Angaben in Datenblättern auf den Websites der führenden 20 Hersteller gemäß IHS (Stand: Januar 2019)

² SunPower 400 W, 22.6% Wirkungsgrad, im Vergleich zu einem herkömmlichen Modul auf gleich großen Modulfeldern (310 W mono PERC, 19% Wirkungsgrad, ca 1.64 m²), 4 % mehr Energie pro Watt (basierend auf PVSIm-Läufen für durchschnittliches US-Klima), 0,5 %/Jahr langsamere Degradationsrate (Jordan, et. al. „Robust PV Degradation Methodology and Application“. PVSC 2019).

SunPower® Maxeon® Solarzellen



Bis zu 45 % mehr Energie im ersten Jahr als herkömmliche Zellen.²



Kupferunterlage für höhere Belastbarkeit und Korrosionsbeständigkeit.

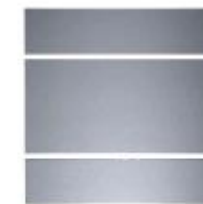


Dicke, robuste Anschlüsse, biegsam bei Temperaturanstieg und -rückgang.

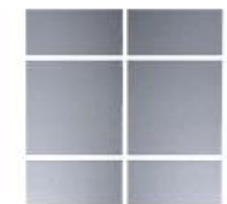
Herkömmliche Solarzellen



Verbindungen aus Metallpaste sind lichtundurchlässig und korrodieren im Laufe der Zeit.



Metallpaste ist empfindlich und bildet leicht Risse.



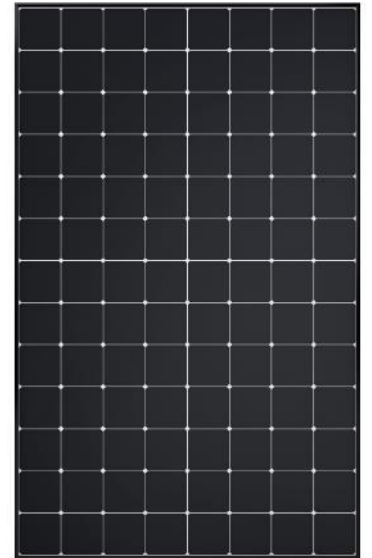
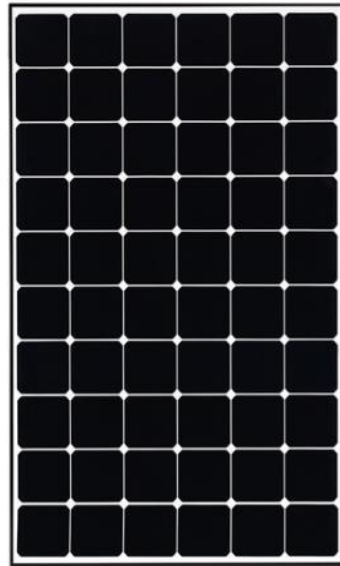
Eine Zelle ist schon bei minimal unterbrochener Verbindung wirkungslos.

Vorsicht vor Nachahmungen

Bandbasierter Rückkontakt

SUNPOWER®

SUNPOWER® | MAXEON®



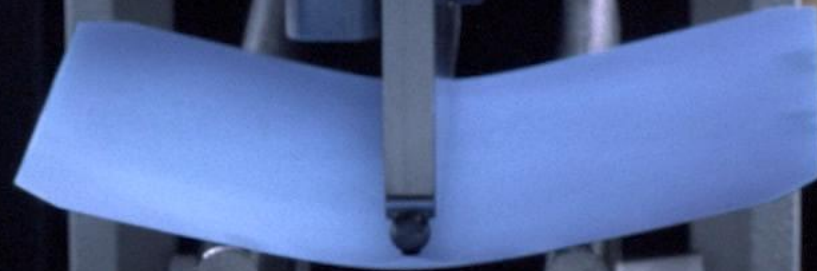
Was macht den Unterschied?

Bandbasierter Rückkontakt

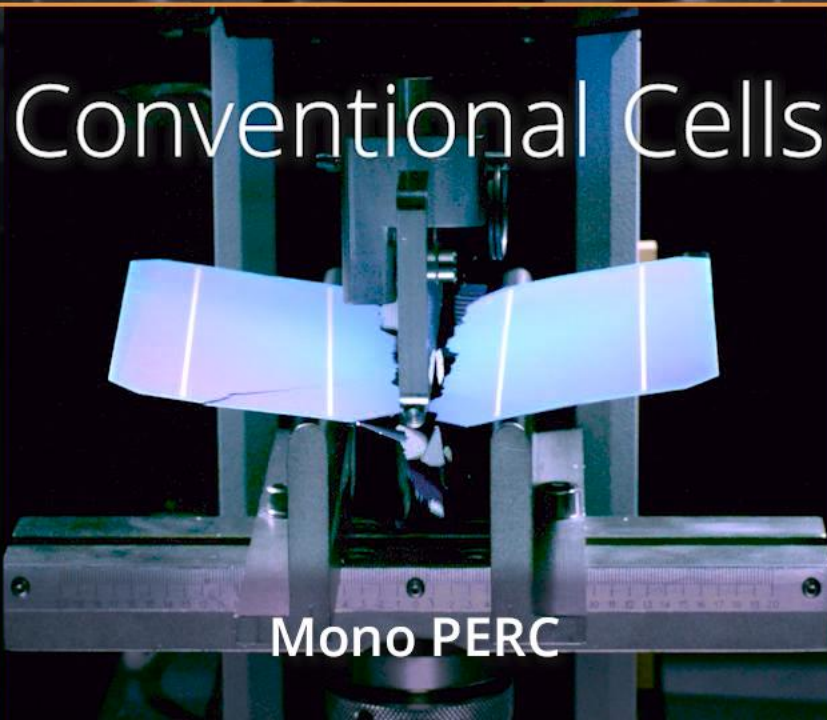
SUNPOWER®



SUNPOWER® | MAXEON®



Ribbon-based Back Contact



Conventional Cells

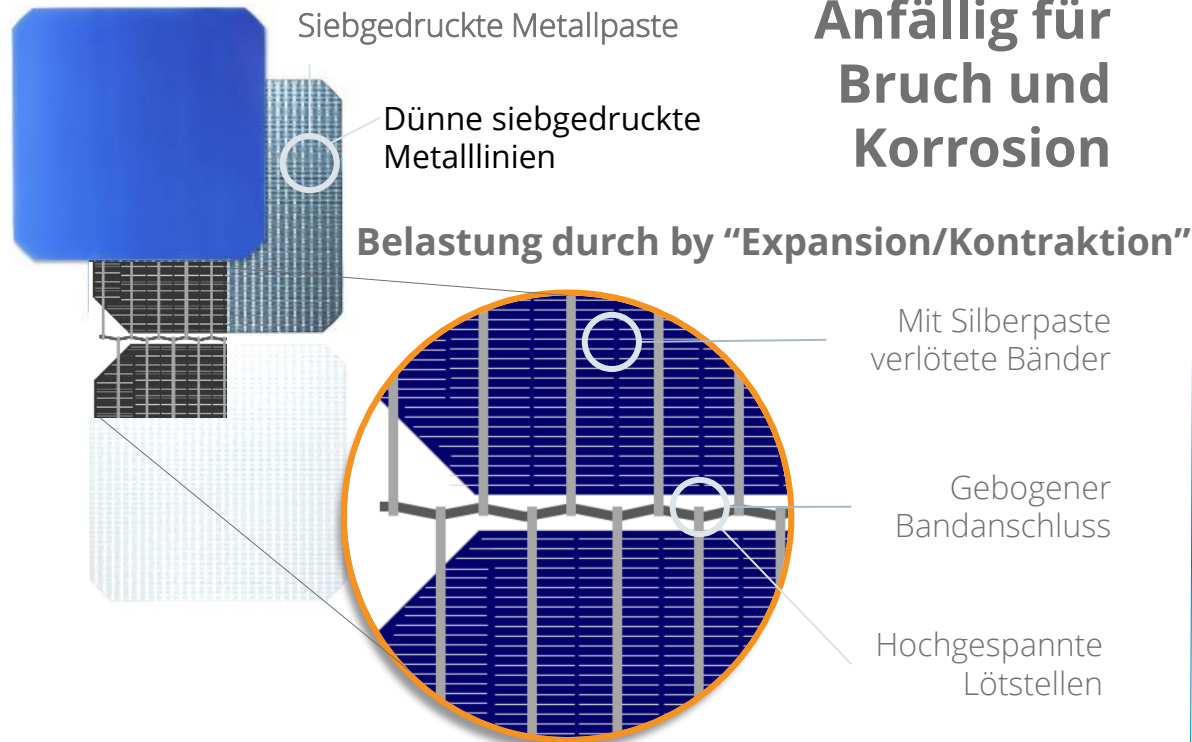
Mono PERC



Multicrystalline

Grundlegend anders und besser

Bandbasierter Rückkontakt



SUNPOWER®

Vorteil: LANGLEBIGKEIT

Schutzfundament aus Metall

Kupferbeschichtetes Fundament beugt Brüchen vor

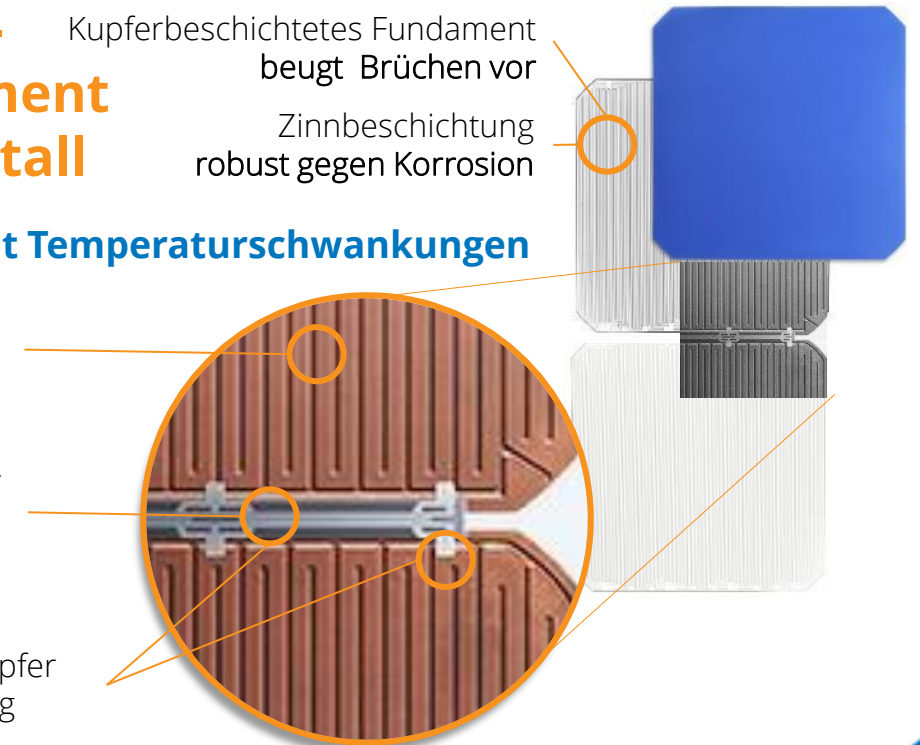
Zinnbeschichtung robust gegen Korrosion

Widersteht Temperaturschwankungen

Keine Lötung der Zellenbasis

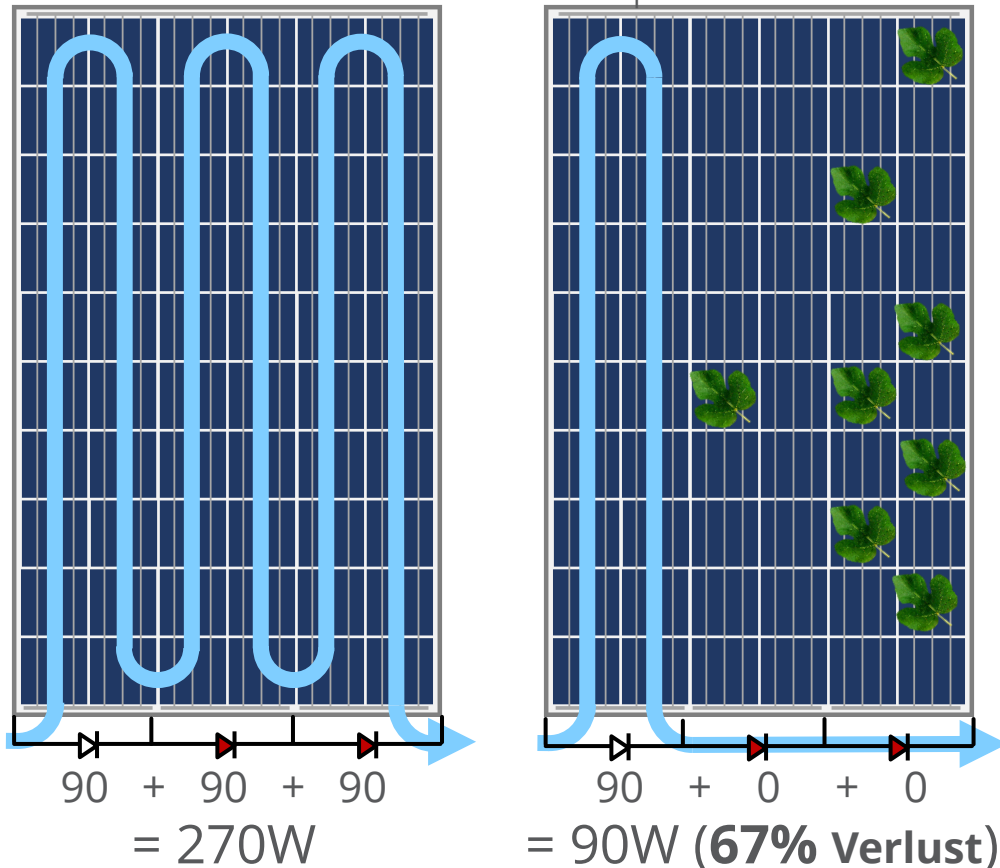
Verbindungsbar aus Metall

Kupfer-zu-Kupfer Zugentlastung

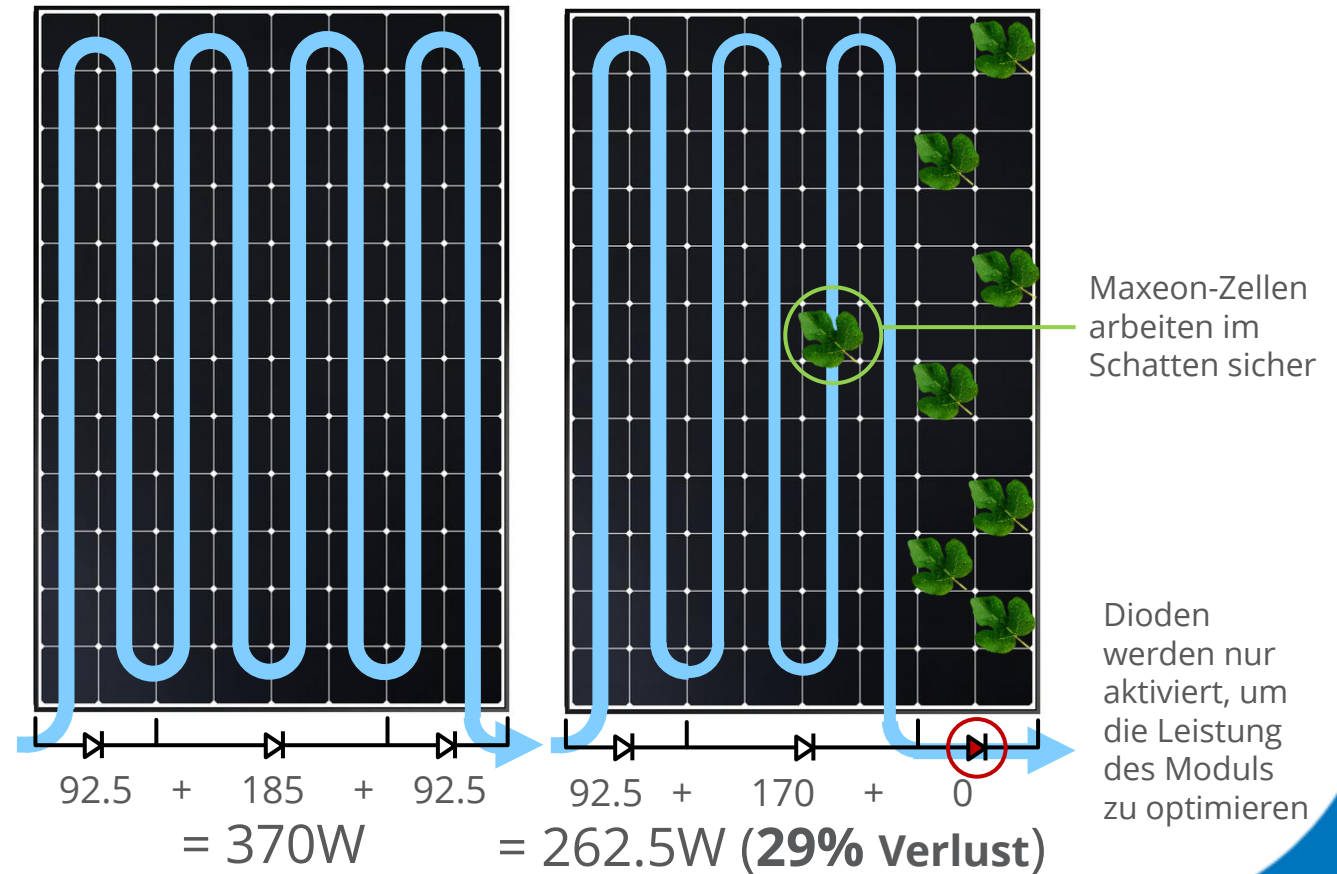


Mehr Leistung bei Teilverschattung

Herkömmliche Zellen: Dioden müssen aktiviert werden, wenn die Zellen verschattet oder ausreichend geknackt sind. Andernfalls können sich schädliche Hotspots bilden



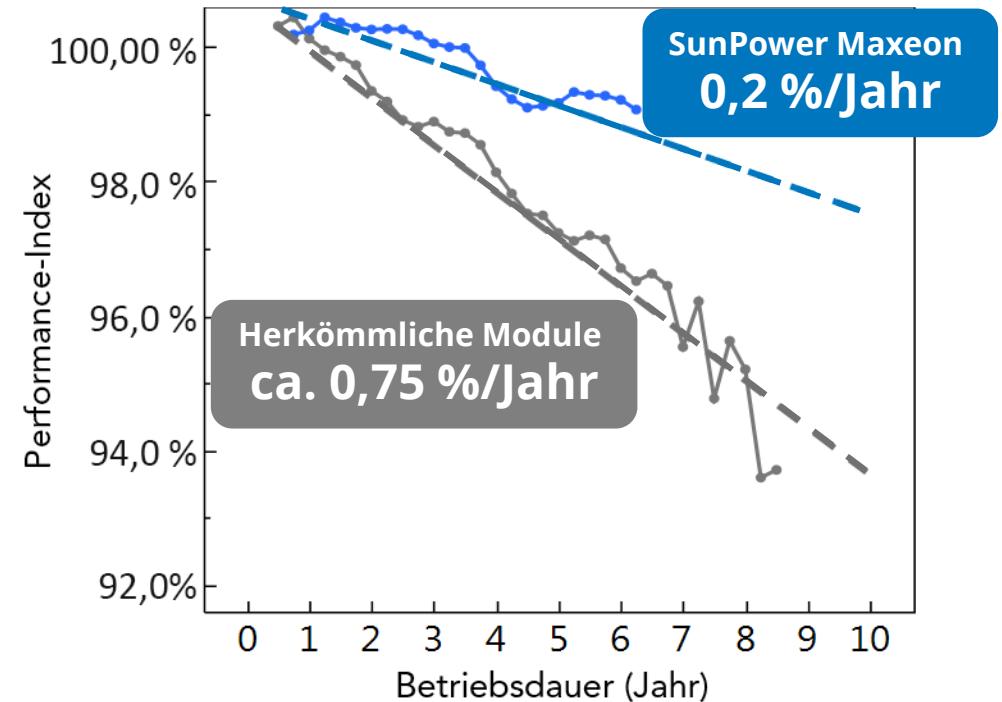
Maxeon® Zellen: Passiv gegen Hotspots geschützt, so dass Dioden nur aktiviert werden, um den Stromverlust durch Schatten zu verringern



Unübertroffene Zuverlässigkeit¹

- Mehr Energie auf lange Sicht bedeutet höhere Einsparungen.
- SunPower® Maxeon® Module weisen die niedrigsten Degradationsraten der Solarindustrie auf.¹
- SunPower® Maxeon® Module haben fast 4-mal höhere Zuverlässigkeit als herkömmliche Module.
- Über einen Zeitraum von 8 Jahren anhand von 800.000 Modulen an 264 Standorten gesammelte Daten.

Jährliche Degradationsraten



¹ Dirk Jordan et al, Robust PV Degradation Methodology and Application, März 2018
<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=8233204> In Partnerschaft mit dem National Renewable Energy Laboratory (NREL), dem primären nationalen Labor des US-Energieministeriums für Forschung und Entwicklung in den Bereichen erneuerbare Energie und Energieeffizienz, hat SunPower ein verlässliches Verfahren zur Berechnung der Degradation von Solarmodulen entwickelt, einem Prozess, dem alle Solarmodule mit unterschiedlichen Raten unterliegen. Die Anwendung dieses Verfahrens auf die über 8 Jahre gesammelten EnergielLeistungsdaten von 264 SunPower PV-Anlagen an verschiedenen Standorten weltweit belegte eine mittlere jährliche Degradationsrate der SunPower-Module von 0,2 %: 70 % weniger als die jährliche Degradationsrate herkömmlicher Module.

25 Jahre umfangreiche Qualitätsgarantie

SunPower ist der Ansicht: Eine bessere Garantie beginnt mit einem besseren Produkt.

Beste Garantie auf Leistung, Produkt und Service der Solarindustrie¹



LEISTUNG

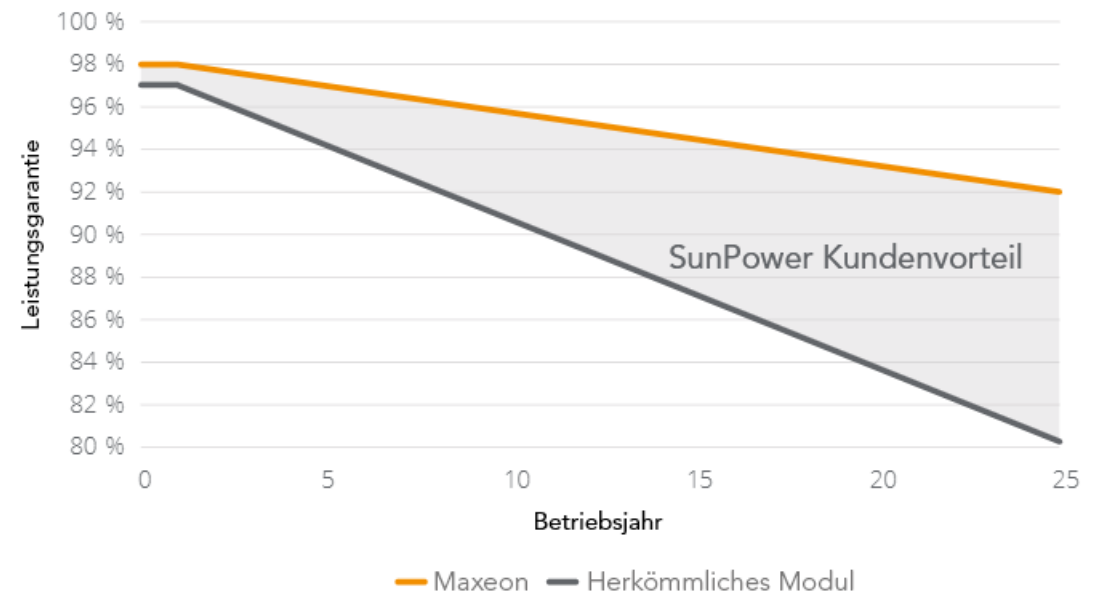


SERVICE²



PRODUKT

Höchste Leistungsgarantie der Solarindustrie¹



¹ Die Informationen zur Gewährleistung von Mitbewerbern stammen aus der neuesten Garantiedokumentation verschiedener Modulhersteller auf ihren Websites (Stand: Dezember 2018).

² Reparatur, Austausch oder Erstattung liegt im Ermessen von SunPower. Nur für PV-Module, die ursprünglich in Belgien, Frankreich, Deutschland, Italien, den Niederlanden oder dem Vereinigten Königreich installiert wurden. Gemäß den Bedingungen seiner beschränkten Garantie übernimmt SunPower die Kosten für die angemessene, notwendige und tatsächliche Deinstallation und Neuinstallation reparierter oder ersetzter PV-Module.

Über Busbars...

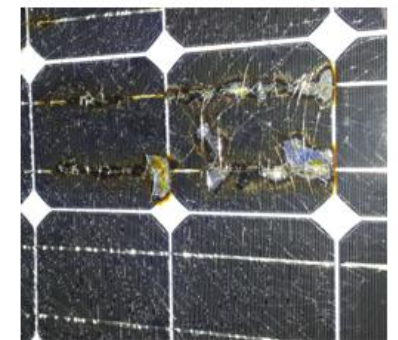
- In einem herkömmlichen Modul bestehen Bänder und Zellen aus verschiedenen Materialien, die sich unterschiedlich schnell ausdehnen und zusammenziehen, was zu einer hohen Spannungskonzentration führt.
- Temperaturzyklen belasten die Verbindung von Zellen zu Busbars und verursachen schließlich Ausfälle.
- Kato¹ hat einen 3-stufigen Prozess dokumentiert:
 1. Zellrisse oder Lötverbindungsrisse, trennen einen Teil des Bandes.
 2. Ein erhöhter Strom ermüdet die verbleibende Bandverbindung bis die Diode aktiviert wird, und die Modulleistung um 33% sinkt.
 3. Stetige Dioden Aktivierungen führen zu Dioden-Ausfällen. Der Strom wird durch defekte Zellen gezwungen was Hotspots und Leistungsverluste des Strings auslöst bis das Modul ausgetauscht wird.



1 Solder bond failure of one cell interconnect



2 Solder bond failure of both cell interconnects



3 Bypass diode wear out and panel failure

¹ Kato. (2012). PV module failures observed in the field: solder bond and bypass diode failures. In Characterizing and Classifying Failures of PV Modules.

Wir machen das Herkömmliche außergewöhnlich.

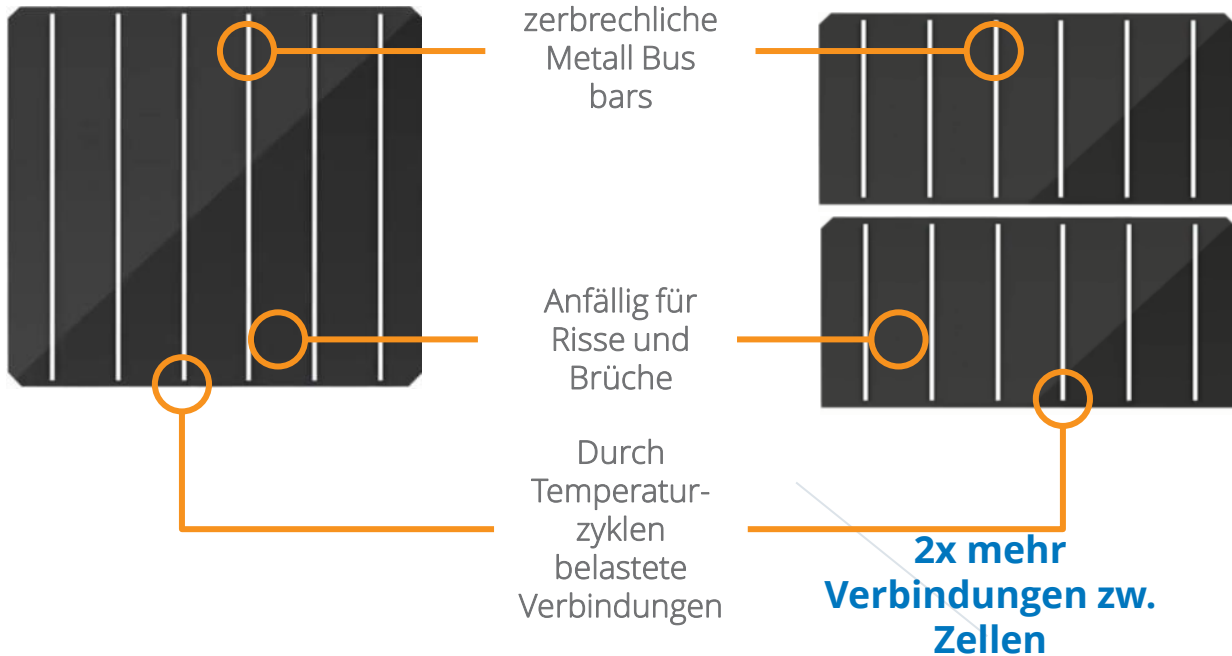
Halbzellen

Anfällig für Bruch und Korrosion

VS.

SUNPOWER

Vorteil: **HALTBARKEIT**



SUNPOWER | PERFORMANCE

Kleinere Zellen verlängern die Lebensdauer des Moduls, indem sie die Zellen im teilweisen Schatten kühler halten¹

Verkürzte Wege für Elektronen erzeugen mehr Energie aus jedem Modul

Ein proprietäres Einkapselungsmittel minimiert die Degradation durch Umwelteinflüsse

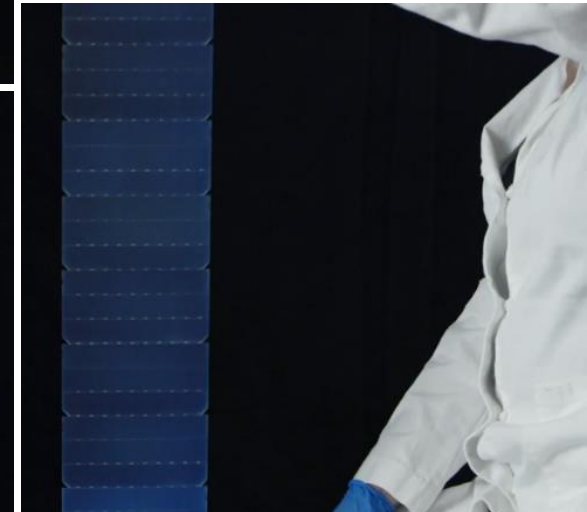
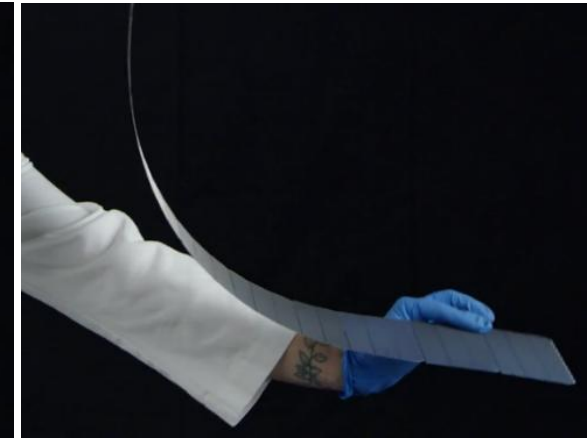
Die für die Luft- und Raumfahrt entwickelte ECA bietet eine hervorragende Haltbarkeit gegen tägliche Temperaturschwankungen

Redundante Zellverbindungen schaffen flexible Wege für einen kontinuierlichen Stromfluss

¹ SunPower Performance Series – Thermal Performance, Z. Campeau 2016.

Hyperzellen für Performance Module

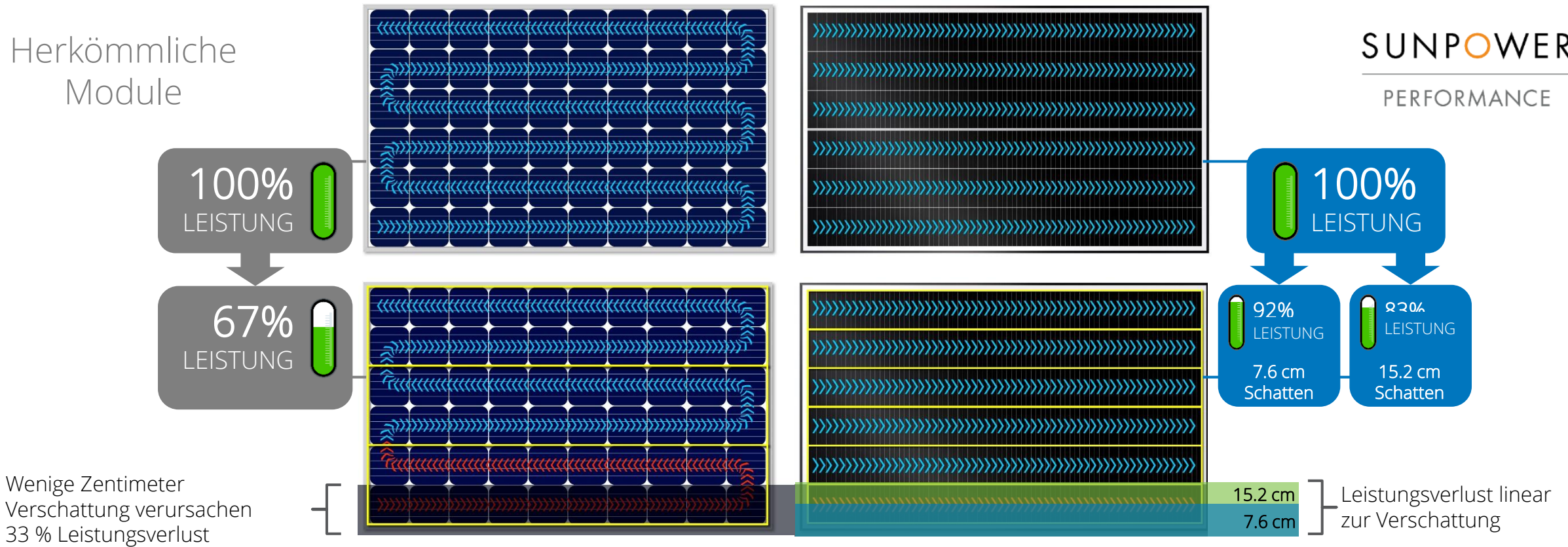
Das innovative Grundgerüst, das die Haltbarkeit der Performance Module ausmacht



- Biagsam, anstatt wie andere zu brechen
- Kontinuierlicher Energiefluss
- Verbesserte Energieleistung
- Längere Modul-Lebensdauer

Kompromisslose Zuverlässigkeit

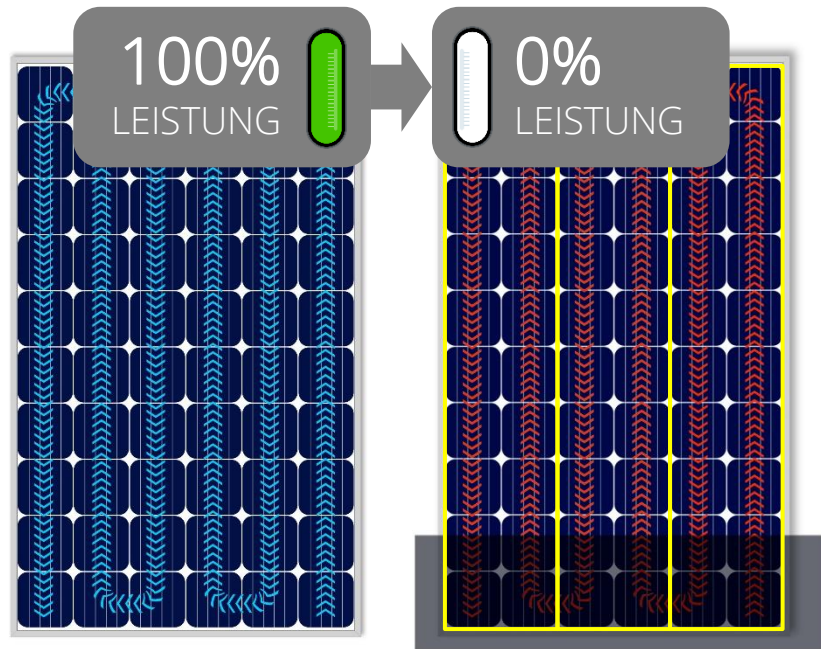
Performance-Module haben Design-Vorteile in schattigen Umgebungen.



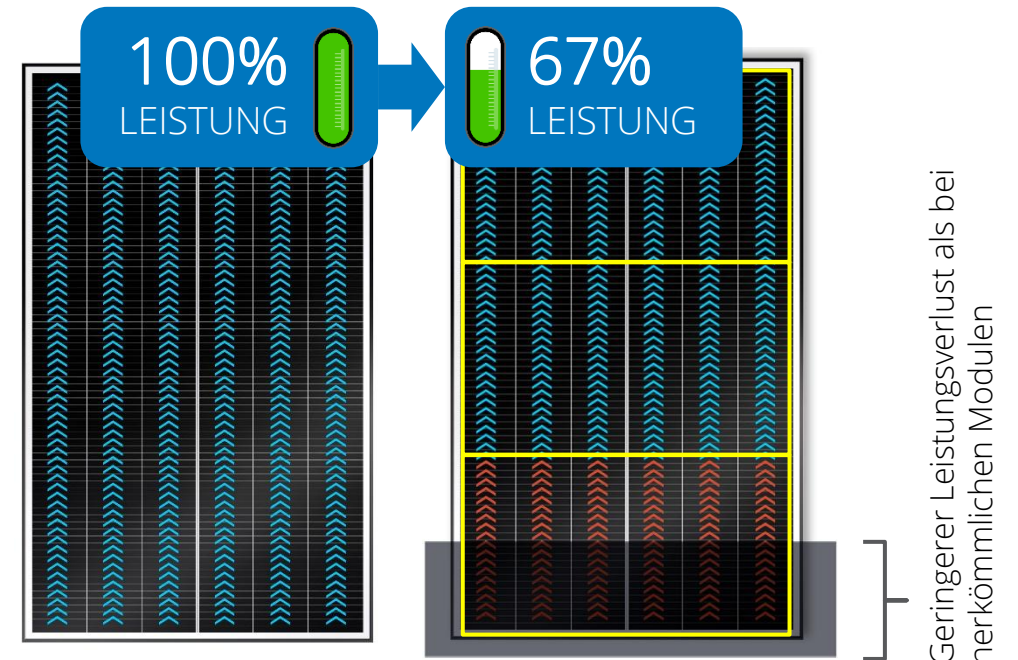
Kompromisslose Zuverlässigkeit

Performance-Module haben Design-Vorteile in schattigen Umgebungen.

Herkömmliche Module



SUNPOWER® | PERFORMANCE

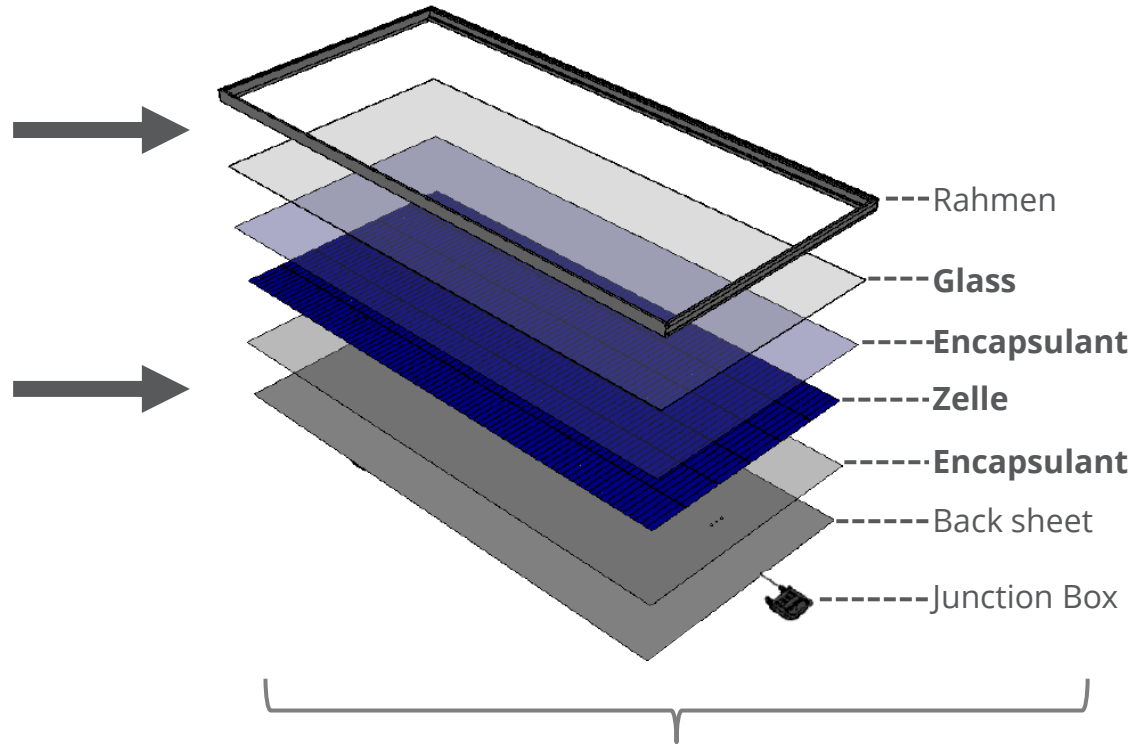


SunPower® Module Package

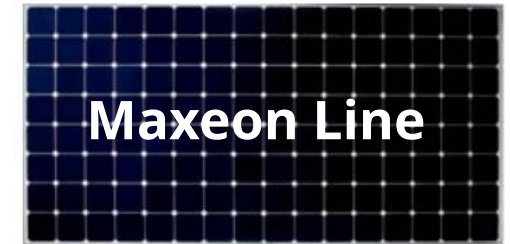
Maxeon® Zelle



Performance Zelle



SUNPOWER® | MAXEON®



SUNPOWER® | PERFORMANCE

Bewährter Aufbau, in mehr als 4 GW umgesetzt

25 Jahre umfangreiche Qualitätsgarantie auf die Module

Eine bessere Garantie beginnt mit einem besseren Produkt

SUNPOWER® | PERFORMANCE 3

Beste Garantie auf Leistung, Produkt und Service in der Solarindustrie¹

Herausragende Leistungsgarantie in der Solarindustrie¹



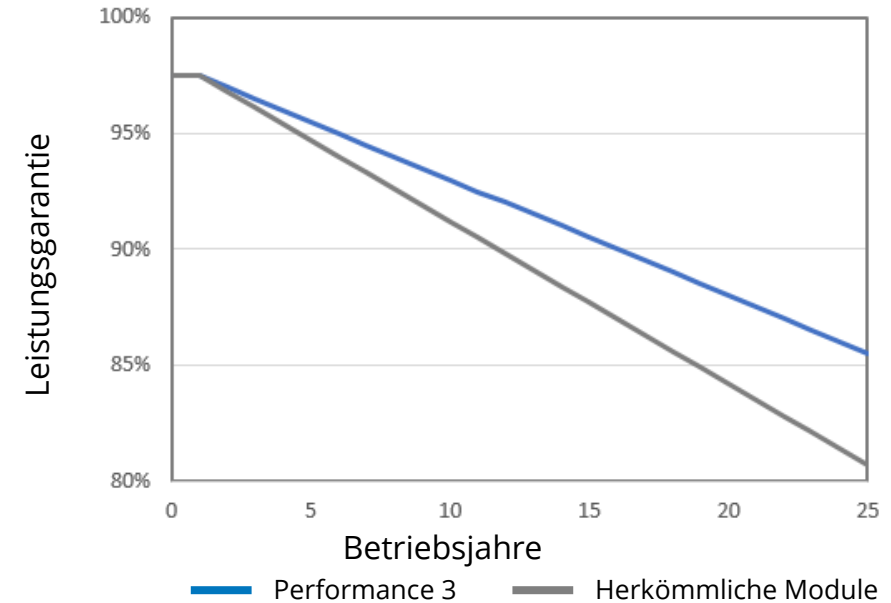
LEISTUNG



SERVICE²



PRODUKT



¹ Die Garantieinformationen von Mitbewerbern stammen aus den aktuellen Garantiebestimmungen auf deren Websites (Stand: Oktober 2019). ²Austausch, Reparatur oder Erstattung liegt im Ermessen von SunPower. Die Verfügbarkeit von Garantieleistungen kann von Land zu Land variieren. Erkundigen Sie sich beim Kauf bei Ihrem Installateur nach den umfassenden Informationen zur Garantie oder prüfen Sie unsere Website sunpower.de.

IHR WOHNHAUS

▶ **Mission:** Sicherheit
und Einsparungen

sunpower.de



25 Jahre Qualitätsgarantie

SUNPOWER®

Thank You

Let's change the way our world is powered.