

SCHATTEN IN DER PV - MODULSTRESS



Rosmarie Neukomm, Renersolv Neukomm, Yverdon-les-Bains

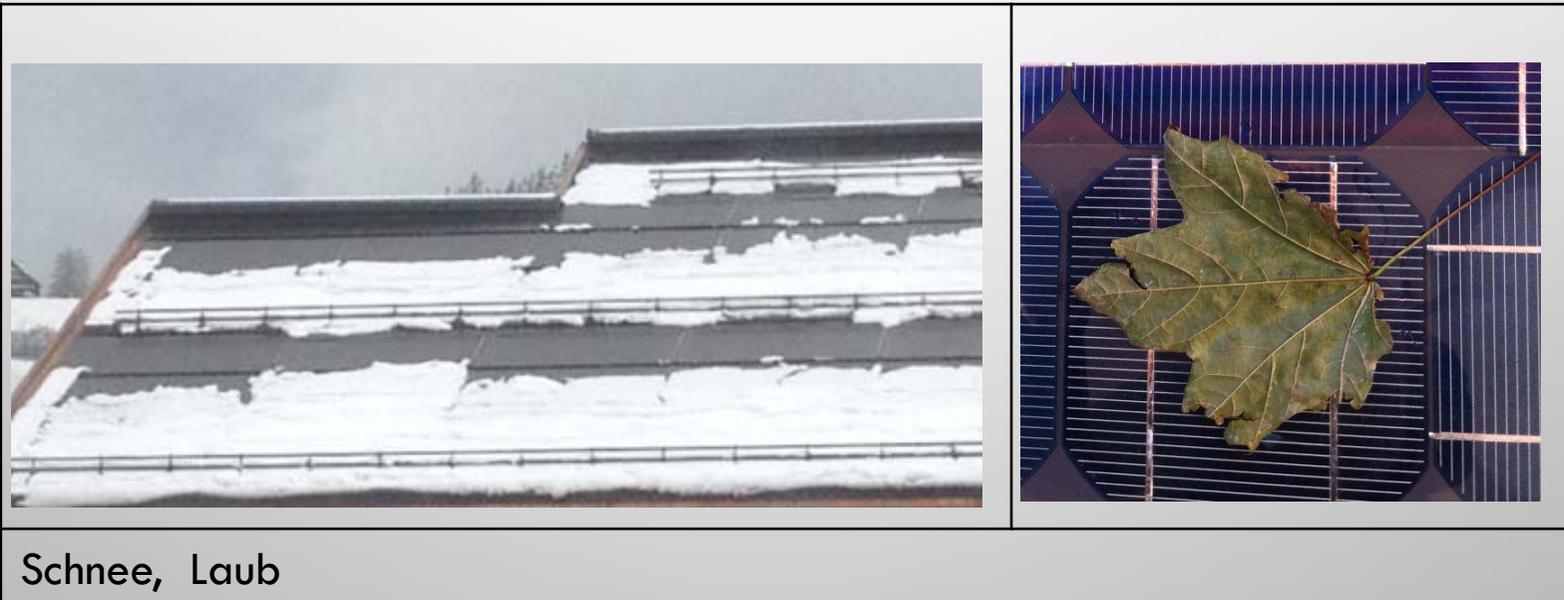
Erfa Swissolar 23.Sept.2019

SCHATTENWURF VON OBJEKTEN

- Dauer und Schattenverlauf Tages- und jahreszeitlich variierend
- Nachbargebäude, Bäume, Modulreihen, Dunstrohre, etc.
- Belastung periodisch während ganzer Lebensdauer

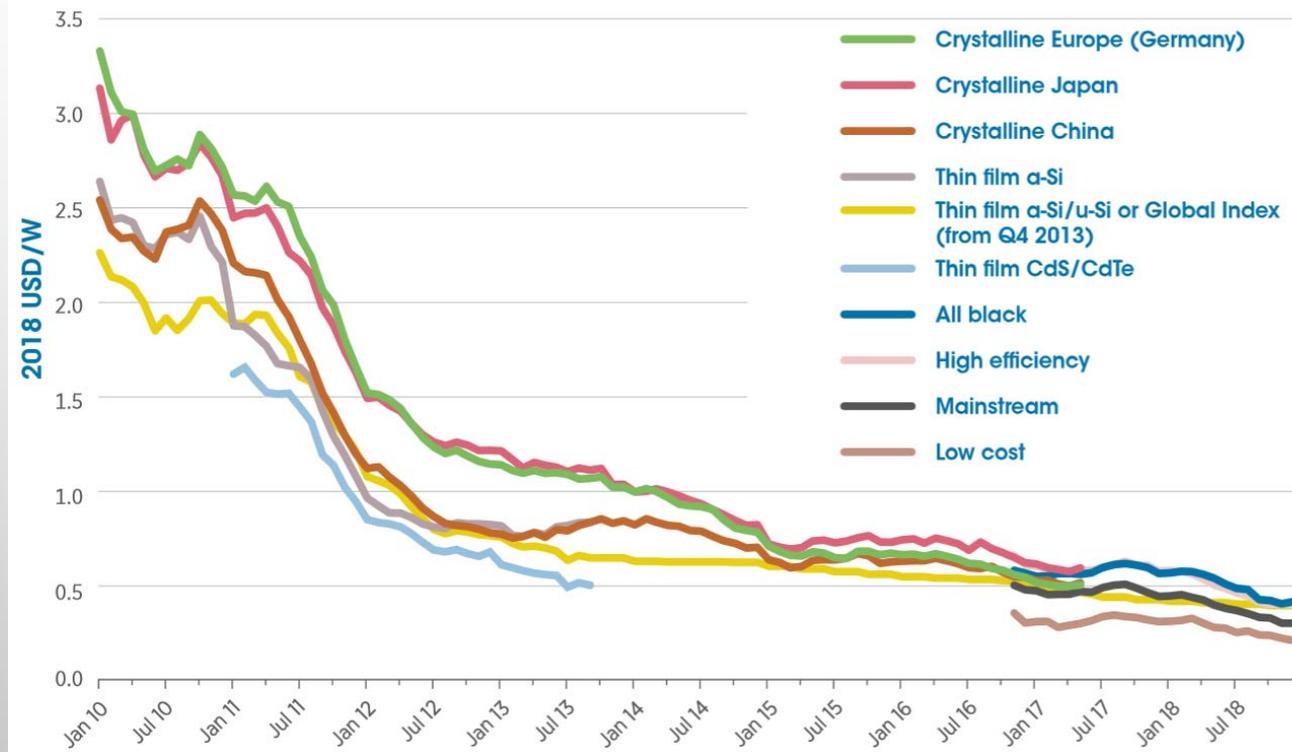
BESCHATTUNG: ABDECKUNG DER ZELLEN

- Direkt aufliegend, opak, oft temporär: Verschmutzung, Staub, Ablagerungen in den Modulrahmen , Vogelkot z.T. selbstreinigend
→ **Reinigung**



MODULE GÜNSTIGER → PV STROM GÜNSTIGER

Preisentwicklung PV-Module 2010-2018: Preise um ca. 90% gefallen seit Ende 2009



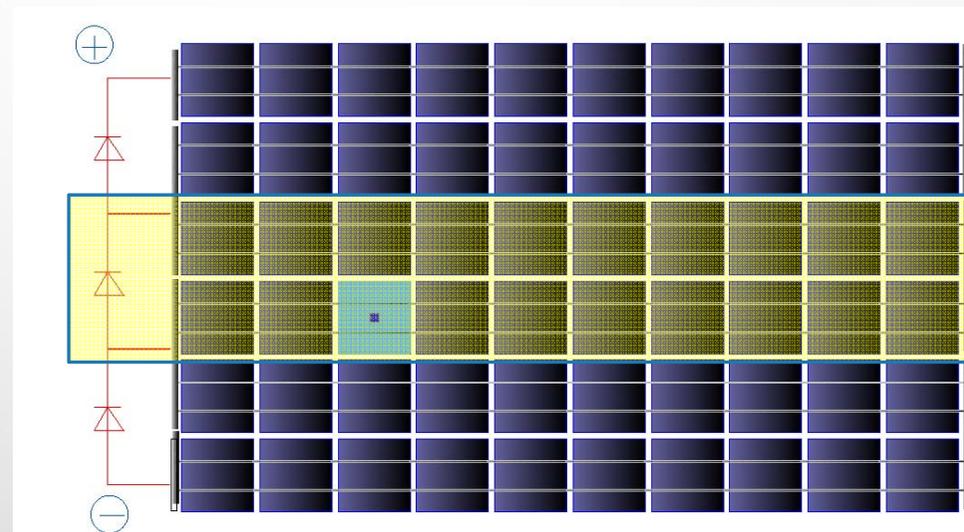
IRENA (2019), *Renewable Power Generation Costs in 2018*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

→ Werden Module vermehrt in den Schatten gebaut ?

BESCHATTUNG: ÜBERPROPORTIONALER ERTRAGSAUSFALL UND MODULSTRESS

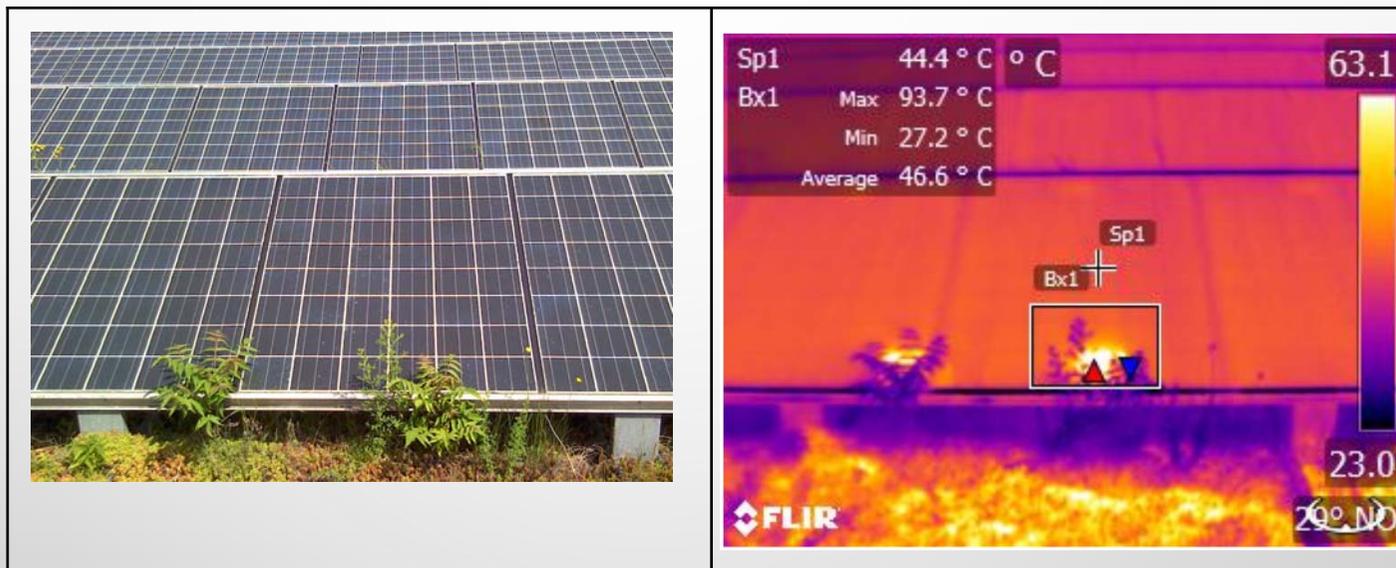
- Konventionelles c-Si Modul, Serieschaltung 60 od. 72 Zellen
- Falls Zellen beschattet, und $I_{mp} \text{ Modul} > I_{sc} \text{ beschattete Zellen}$
-- \rightarrow Zellen werden im Sperrbereich betrieben, fallen in Last

Modul mit 3 Bypass
Dioden
1 Zelle beschattet



- Maximal fällt die Summe der Spannungen der unbeschatteten Zellen des Diodenabschnitts ab \rightarrow Bypass-Diode (BPD) wird leitend: 1 BPD pro ca. 20 Zellen
 \rightarrow Stress begrenzt

STRESS-SCHATTENWURF IN DER PRAXIS



Schatten durch Pflanzen

Quelle, L. Schwärzler

→ Teilbereich einer Zelle kann sich stark erhitzen



Beschattete Zelle: Temperatur ca. 50°C höher als Modultemperatur

STRESS-SCHATTENWURF LÜFTUNG



Schatten durch Lüftungsrohr

→ Zelle kann sich stark erhitzen

Quelle, H. Simmler

Energie
Netzwerk

Der unbeschattete Teil einer teilbeschatteten Zelle
kann sehr heiss werden (warm...hot...)

BESCHATTUNG: MODULSTRESS C-SI MODULE

THERMISCHER IMPAKT BESCHATTUNG

- Beschattete Zellen: Sperrbetrieb → ca. 100 W thermisch in ungünstigem Fall
- Dose: Schottky-Diode Spannungsabfall ca. 0.5V → ca 5 W/ BPD, oft 3 BPD in Dose
- Modul – Teilbereich mit erhöhter Temperatur, Temperaturdifferenz im Modul → potentiell schnellere Alterung (mehr und höhere Temperaturzyklen)

BYPASS DIODEN (BPD)

- wichtig für sicheren Betrieb von c-Si PV-Modulen
- BPD defekt und Schatten → kann Hot Spots mit hohen Temperaturen ergeben, insbesondere bei vorhandenem Zell-IV-Mismatch, Zelldefekten (Bruch, lokal Shunts)
- BPD-Ausfall
 - Überspannungseignisse (Blitz direkt oder nahe)
 - Lebensdauer BPD hängt von Diodendimensionierung, Dosen-Dioden-Design, Operations- und Integrationsbedingungen der Module ab (←→thermischer Stress; Worst case: thermisches Wegdriften «Thermal Runaway» der BPD)

INSTALLATIONS- UND GARANTIEBEDINGUNGEN

<p>en.longigroup.com</p> <p>LONGI</p> <p>Installationsanleitung für LONGI PV Solarmodule</p>	
<p>Module sollen das ganze Jahr über an schattenfreien Orten installiert werden. Stellen Sie sicher, dass sich an den Installationsorten keine lichtblockierenden Hindernisse befinden.</p> <p>Stellen Sie sicher, dass die Klemme keinen Schatteneffekt erzeugt.</p> <p>Während des Betriebs der Module darf es keine Umweltfaktoren geben, die Schatten projizieren und teilweise oder das gesamte Modul abdecken. Zu diesen Umweltfaktoren zählen andere Module, Modulsystemhalter, Vögel, Staub, Boden oder Pflanzen. Diese können die Ausgangsleistung erheblich reduzieren.</p>	
<p>Garantiebedingungen für MegaSlate II-Module der</p>	<p>3S Solar Plus AG</p>
<p>E. Ausschlüsse der Garantieansprüche</p> <ul style="list-style-type: none"> - dauerhafte Verschattung eines Teilbereiches oder des gesamten Modules, - Beeinträchtigung durch äußere Einflüsse (Schmutz, Rauch, Salz, Chemikalien, Gase und andere Verschmutzungen), 	
<p>Ertext Solartechnik (AU), Spezialmodulhersteller</p>	
<p>Die Beschattungsfreiheit der Module muß Bauseits sichergestellt sein.</p>	

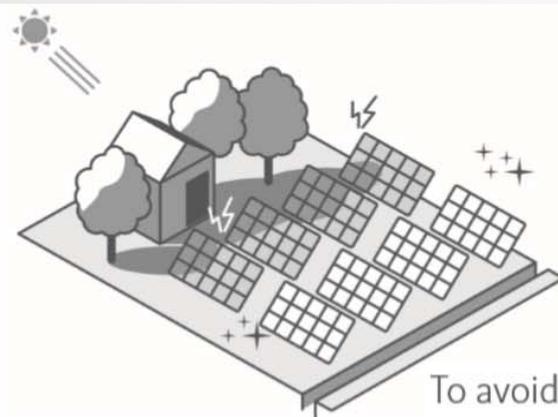
INSTALLATIONSANLEITUNG MODULHERSTELLER

Sharp: General Safety

- Avoid uneven shade on the PV module surface. Shaded cells may become hot ("hot spot" phenomenon) which may result in permanent damage to the module (e.g., solder joints may peel off).

Ungleichmässigen Schatten vermeiden: Hot Spots und dauerhafte Schädigung möglich

S-energy: Installation guide, S.3 (2017)



ENVIRONMENTAL CONSIDERATIONS

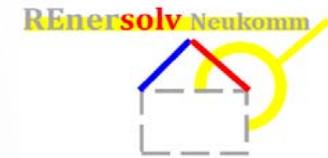
- The shading of the front surface is the main cause of hot spot or performance reduction of power generation.
- The ground should have well drained soil.

To avoid shade by the vegetation environment, regular weeding is needed.

The shading of the front surface of the module can cause the module degradation by fire or reduce its lifecycle.

Mögliche Moduldegradation, Brandgefahr, und Auswirkungen auf Lebensdauer Module

Überproportionaler Ertragsausfall und Modulstress lassen sich teilweise reduzieren



GEEIGNETE ANLAGENKONZEPTE, SMARTE MODULE

Zentral/Strang Wechselrichter
Modul WR
Modul Optimierer DC/DC add-on mit Spezial-WR
Konventioneller WR nur Teilausstattung mit Modul Optimisierern
Moduldosen mit Optimisierern „smart“

Eagle MX (JK07B)
260-280 Watt

Smart-Modul

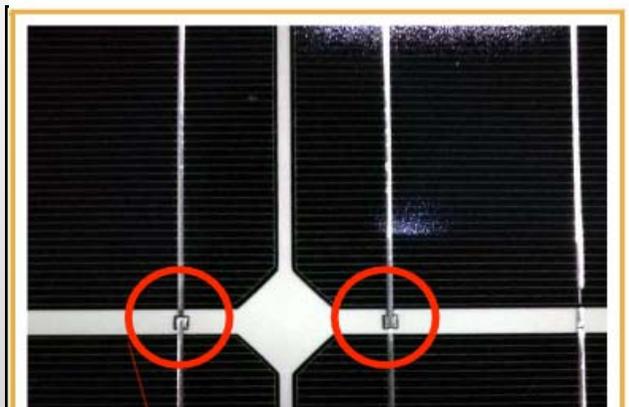
 Eliminierung von Hot Spots für eine geringere Degradation der Module.

 Ein integrierter intelligenter Schaltkreis zur Zelloptimierung verhindert Beeinträchtigungen durch beliebige Diskrepanzen innerhalb eines Moduls (z. B. durch Schatten, Verschmutzung, Alterung, ungünstige Gebäudeausrichtung) und sorgt für maximale Ausgangsleistung.

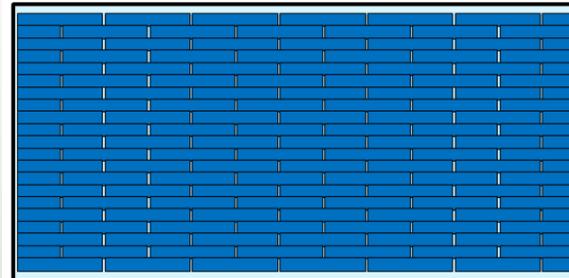
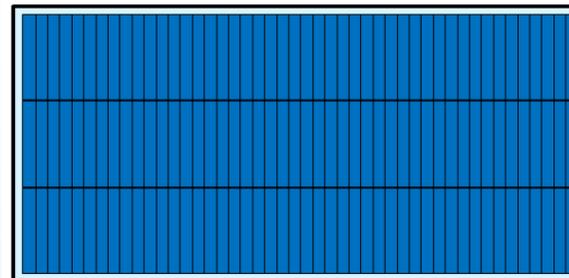
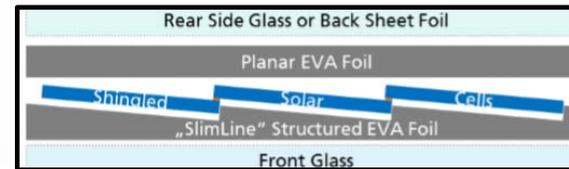
SCHATTENTOLERANTERE MODULKONZEPTE

Spezielle Modulverschaltung

- Halbzellen
- Parallele Zellstränge im Modul
- Parallel-Schindeln + Matrix
- 1 Zelle /BPD



1 Zelle/BPD



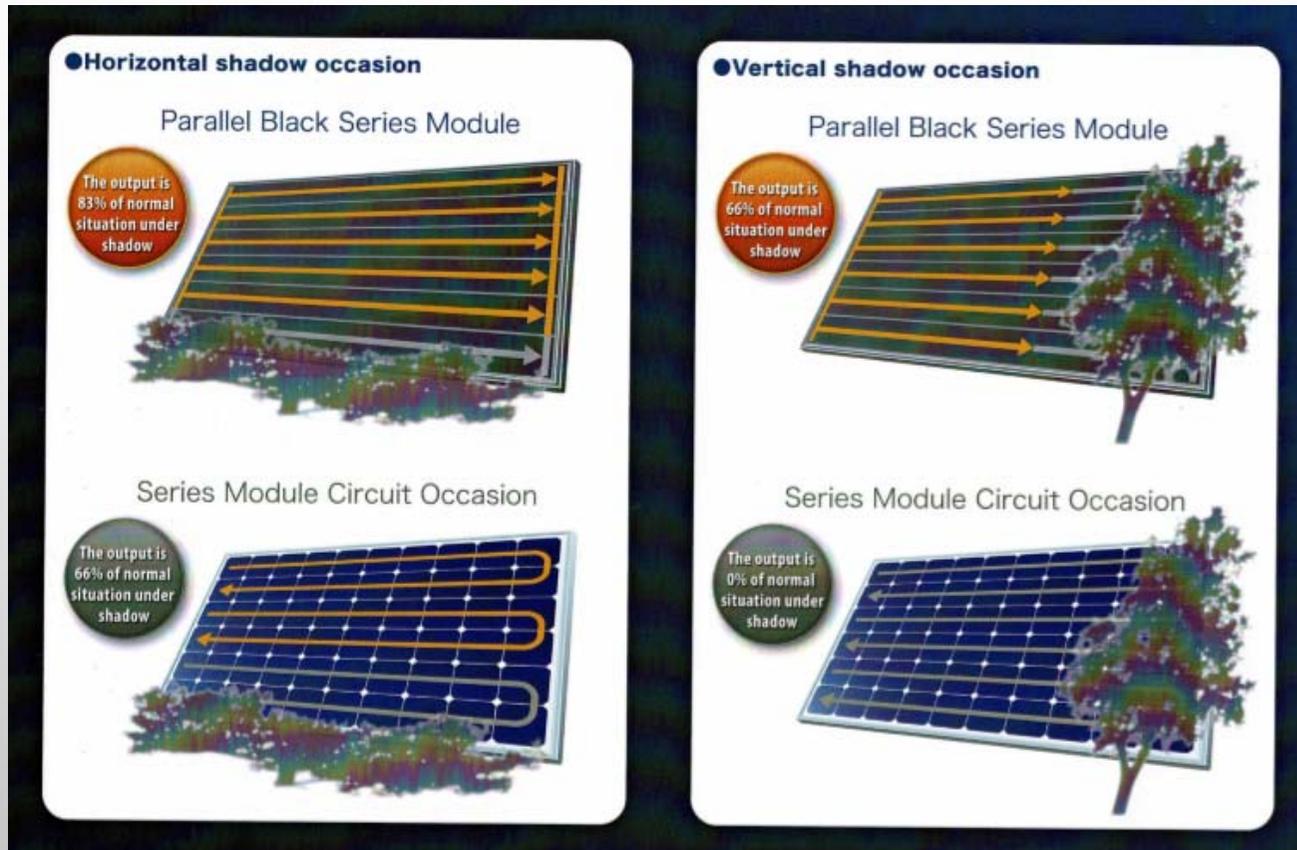
Parallele Schindel- und Matrix Module

COMPARISON OF LAYOUTS FOR SHINGLED BIFACIAL PV MODULES IN TERMS OF POWER OUTPUT, CELL-TO-MODULE RATIO AND BIFACIALITY

Andrew Mondon, Nils Klasen, Esther Fokuhl, Max Mittag, Martin Heinrich, Harry Wirth
 Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (ISE), Heidenhofstraße 2, 79110 Freiburg, Germany
 andrew.mondon@ise.fraunhofer.de

EFFEKT BEI BESCHATTUNG (3BPD)

Prinzip parallele Stränge versus serielle Stränge Modul Design



Parallel Design
Mit 3 BPD

Zusammen mit
Optimizer oder
Modul WR...

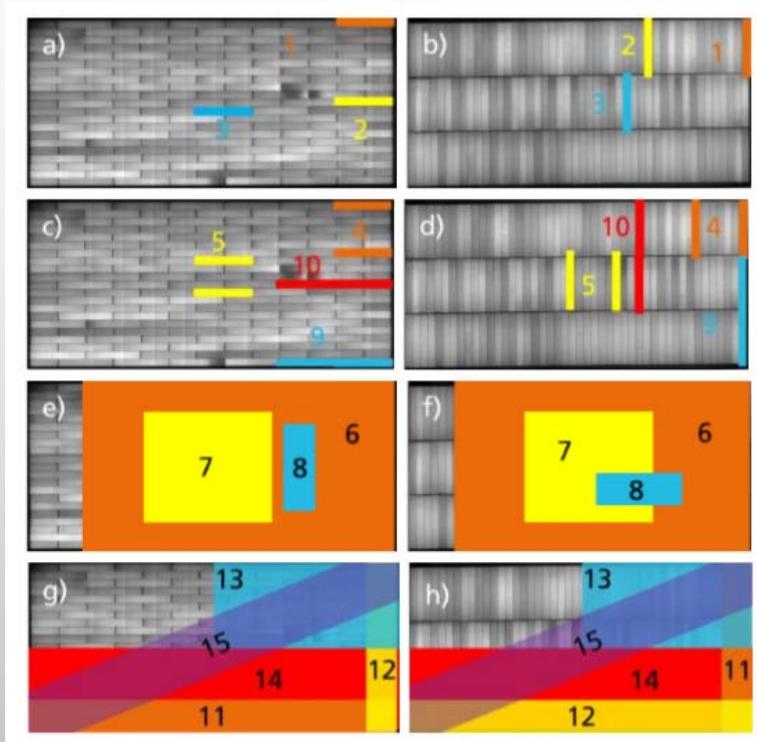
Aus: Prospekt Greenway Solar-Tech (2019)



Vgl parallel String und Matrix Schindel Module

(Quelle: Modon, ISE, s. Folie 12)

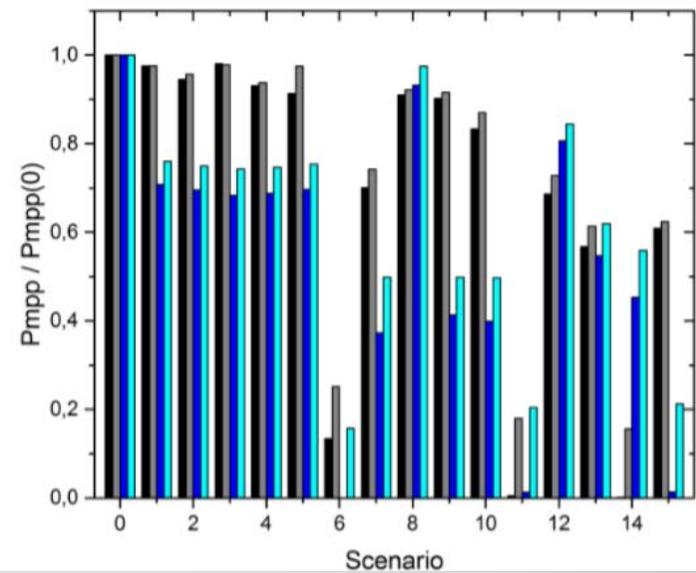
BESCHATTUNGSFÄLLE



RELATIVE LEISTUNG (@STC)

Matrix Modul
Parallel String Modul

Matrix Bifacial Modul
Parallel Bifacial Modul



→ Matrix Design meist besser im mono-facilalen und bi-facialen Fall

SCHLUSSFOLGERUNG

Schatten in der PV ist nicht unproblematisch

- Idealerweise kein Schatten auf Modulen
- Montage – und Garantiebedingungen der Hersteller beachten

Auswirkungen von Schatten kann teilweise abgefangen werden

- Intelligente Konzepte, Anlagen und Module
jedoch: Mehrkosten, zusätzliche Komponenten und Komplexität,
Langzeiterfahrung fehlt, aber wird kommen
- Konventionelle Anlagen mit Schatten häufiger kontrollieren auf Hot Spots und defekte Bypass-Dioden: Thermographie ist sehr effizient
- In allen Fällen: Anlagenüberwachung,
Reinigung und evtl. jäten (auch vor IR-Thermographie
oder IV Messung)