

# WEBINAR: VERGESST MONITORING

20. APRIL 2016 - IN KOOPERATION MIT:

SOLAR SOLUTIONS PV GMBH | NEXT ENERGY EWE – FORSCHUNGSZENTRUM  
FÜR ENERGIETECHNOLOGIE | PV MAGAZINE

**AEG**  
perfekt in form und funktion

# EIN BLICK INS SCHRECKENSKABINETT

---





# PV-Ertragsminderung durch Hotspots und PID

NEXT ENERGY

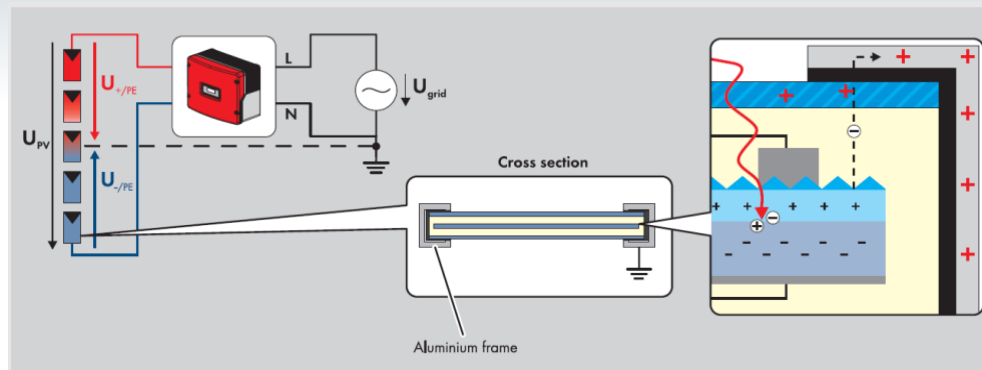
EWE-Forschungszentrum für  
Energietechnologie e.V.



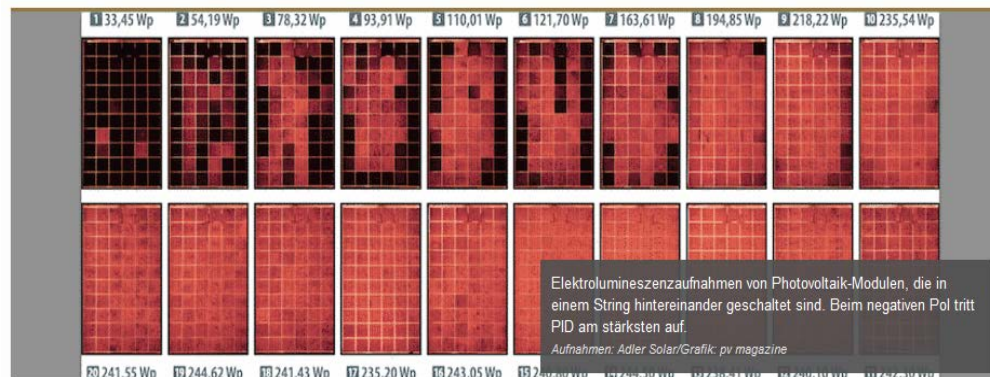
© www.photovoltaikebuero.de



© www.gutachten.streib.de



© SMA Solar Technology AG



Elektrolumineszenzaufnahmen von Photovoltaik-Modulen, die in einem String hintereinander geschaltet sind. Beim negativen Pol tritt PID am stärksten auf.

Aufnahmen: Adler Solar/Gratlik: pv magazine

© ADLER Solar Services GmbH / pv magazine

# Hotspots

## I Hotspots können durch Teilverschattung des PV-Generators entstehen

- » Hotspot gefährdet sind **Solarzellen** in Modulen, die **teilweise** oder **vollständig verschattet** sind.
- » Der **Strom** einer **Solarzelle sinkt** hierbei **proportional** zum **verschatteten Anteil** der **Zellfläche**.
- » Reaktion MPP-Tracking PV-Wechselrichter
  - Zellspannung wird reduziert, um Zellstrom zu erhöhen.
  - Ab bestimmten Verschattungsgrad kann Zellspannung dadurch sogar **negativ** werden.
  - Solarzelle wird dann vom elektr. Erzeuger zum **elektrischen Verbraucher**.
  - Folge der Aufnahme elektrischer Leistung ist eine **starke Zellerhitzung** ⇒ **Hotspot**



© www.photovoltaikbuero.de



© www.photovoltaikbuero.de

# Hotspots

## Folgen von Hotspots können sein

- » Zell- und Modulzerstörung
- » Brände und Zerstörung der ges. PV-Anlage

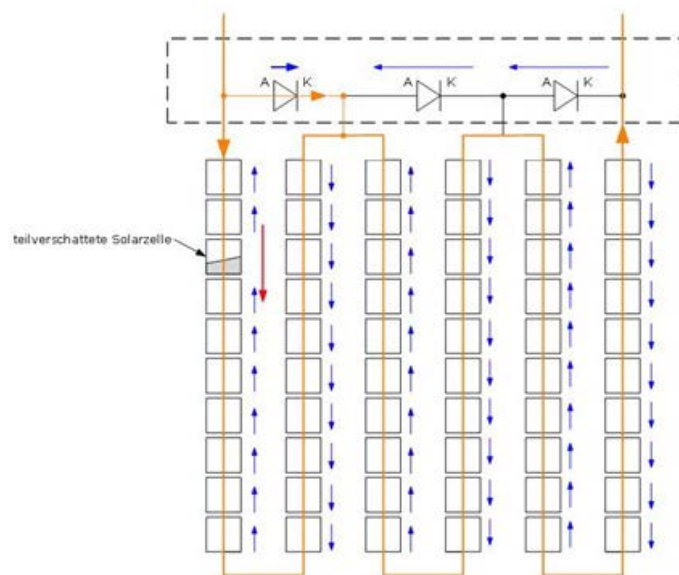


© www.gutachten.streib.de



© www.solargutachter-prinz.de

## Schutz durch Einbau von Bypass-Dioden



© www.photovoltaikebuero.de



© www.photovoltaikeforum.com



© www.photovoltaikeforum.com

## I Defektmöglichkeiten bei Bypass-Dioden



### » Bypass-Diode kurzgeschlossen

- Modulleistung dauerhaft um 33 % reduziert.
- Deutliche Ertragsverluste wenn Diodenausfall nicht umgehend detektiert wird!



### » Bypass-Diode leitet überhaupt nicht mehr

- Solarzellen des betroffenen Zellstrings sind nicht mehr vor Hotspots geschützt.
- Modulzerstörung droht oder sogar ein Brand wenn Diodenausfall nicht umgehend detektiert wird!



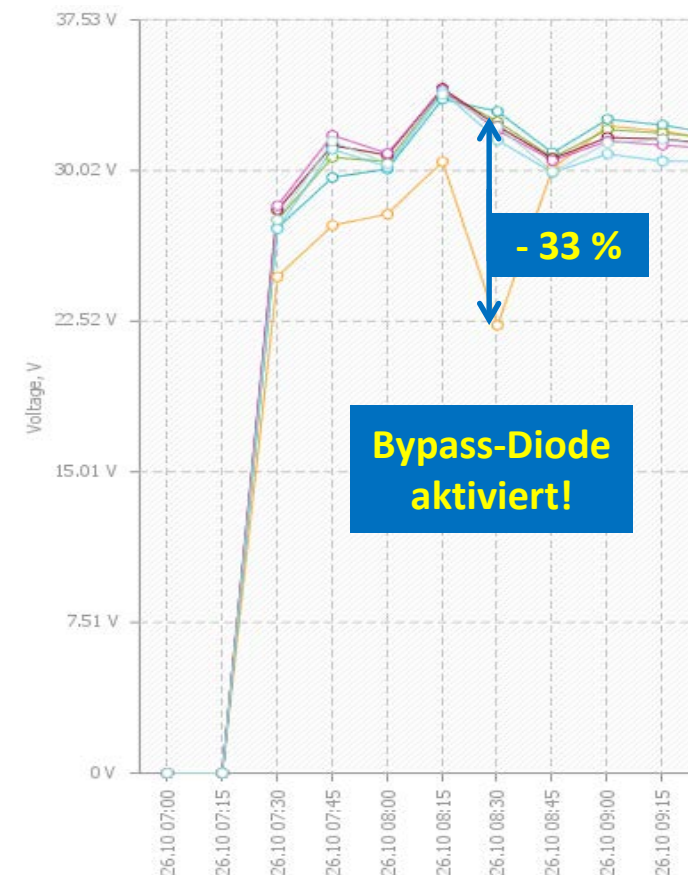
## Detektionsmöglichkeit durch Modulspannungs-Signatur

### » Bypass-Diode kurzgeschlossen

- Modulspannung des betroffenen Moduls ist dauerhaft deutlich reduziert
  - um **33 %** ⇒ 1 Bypass-Diode kurzgeschlossen
  - um **66 %** ⇒ 2 Bypass-Dioden
  - um **100 %** ⇒ alle 3 Bypass-Dioden

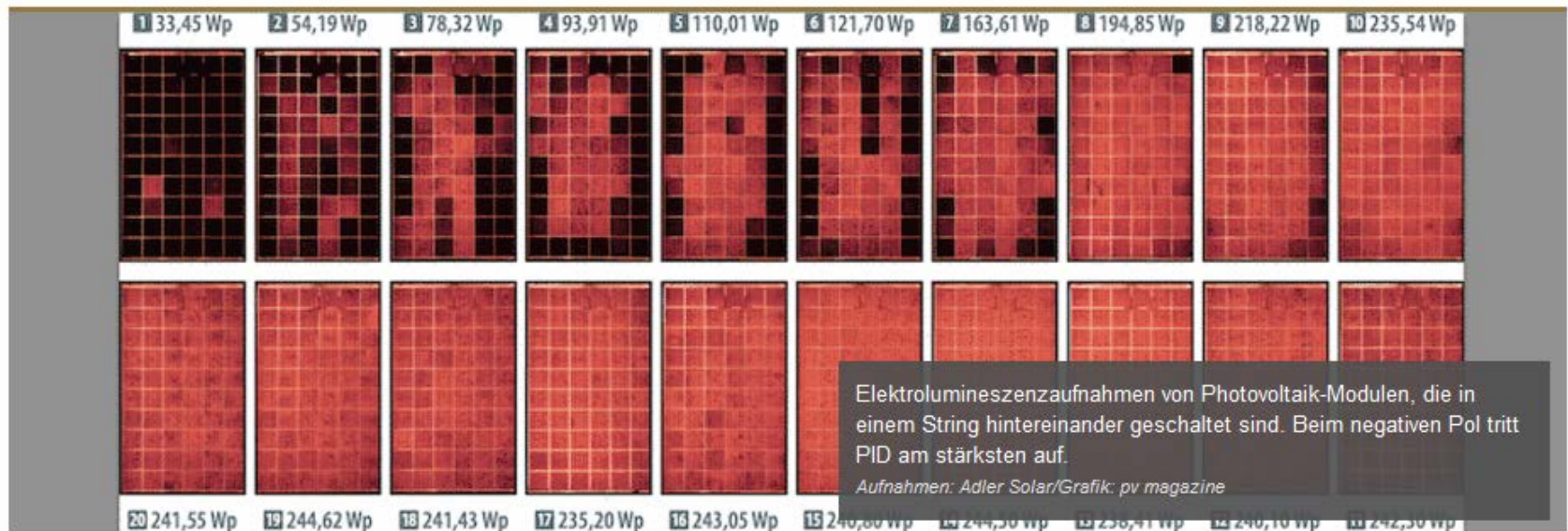
### » Bypass-Diode überhaupt nicht mehr leitend

- Temporär verschattete Solarmodule lassen in Modulspannungs-Signatur regelmäßig wiederkehrende Tagesabschnitte erkennen, in denen Bypass-Dioden aktiviert sind.
  - ⇒ z.B. **33 % Spannungsreduktion** gegenüber nicht verschatteten Solarmodulen
- Plötzliche Änderung dieser Modulspannungs-Signatur signalisiert Diodenausfall!



# Potenzial induzierte Degradation (PID)

- Beispiel für PID bei einem aus 20 Modulen bestehenden PV-String
  - Module Nr. 10-20:  $P_{STC} = 235-245$  Wp
  - Module Nr. 1-9:  $P_{STC} = 33-218$  Wp
- Einfluss der Modullage im PV-String sehr gut erkennbar



© ADLER Solar Services GmbH / pv magazine



# Potenzial induzierte Degradation (PID)

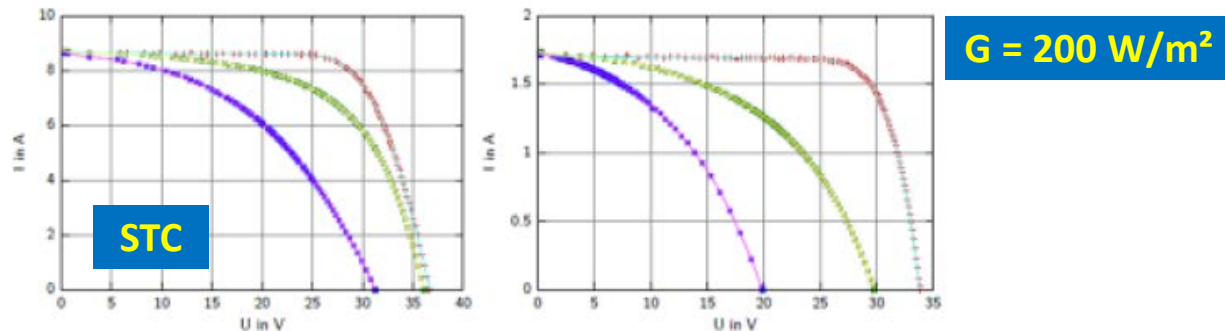
## I Mögliche Signaturen für das PID-Auftreten in einem PV-String

### » Modulleistung

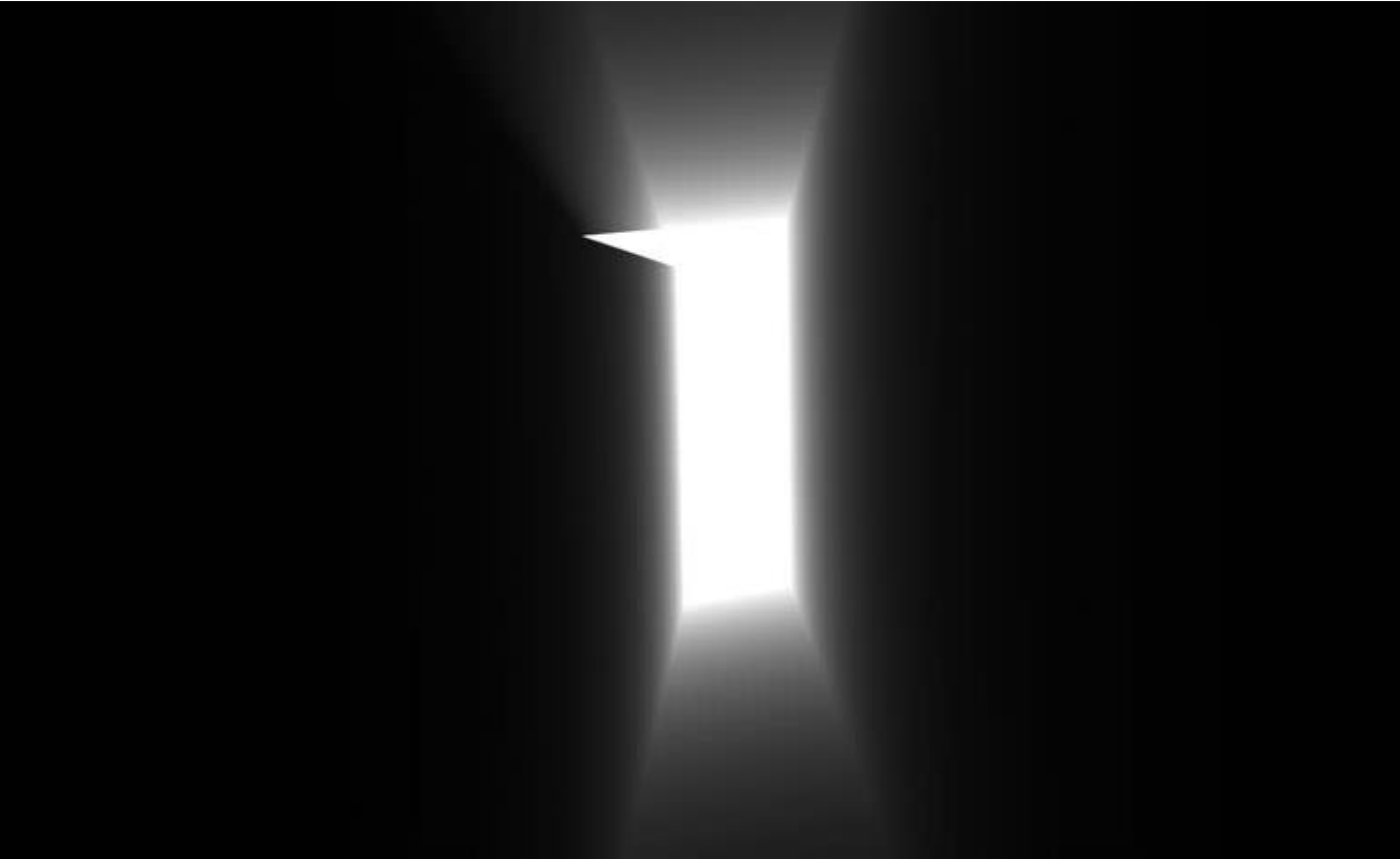
- Deutliche Leistungsreduzierung bei einigen Modulen im Vergleich zu den restlichen Modulen des PV-Strings.
- Die Lage dieser Module ist an einem der beiden Enden des PV-Strings.

### » Modulspannung

- Für die PID-Detektion im frühen Stadium eignet sich insbesondere der Vergleich von Modulspannungen eines PV-Strings unter Schwachlichtbedingungen.



G. Mathiak et al., 27<sup>th</sup> EUPVSEC, Hamburg, Germany (2011), p.3157-3162



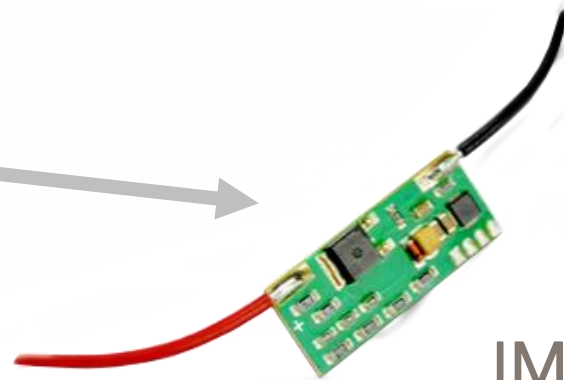
## IMM: Individual Module Monitoring

Monitoring auf Modulebene  
– integriert in der  
Anschlussdose von  
AEG Solarmodulen

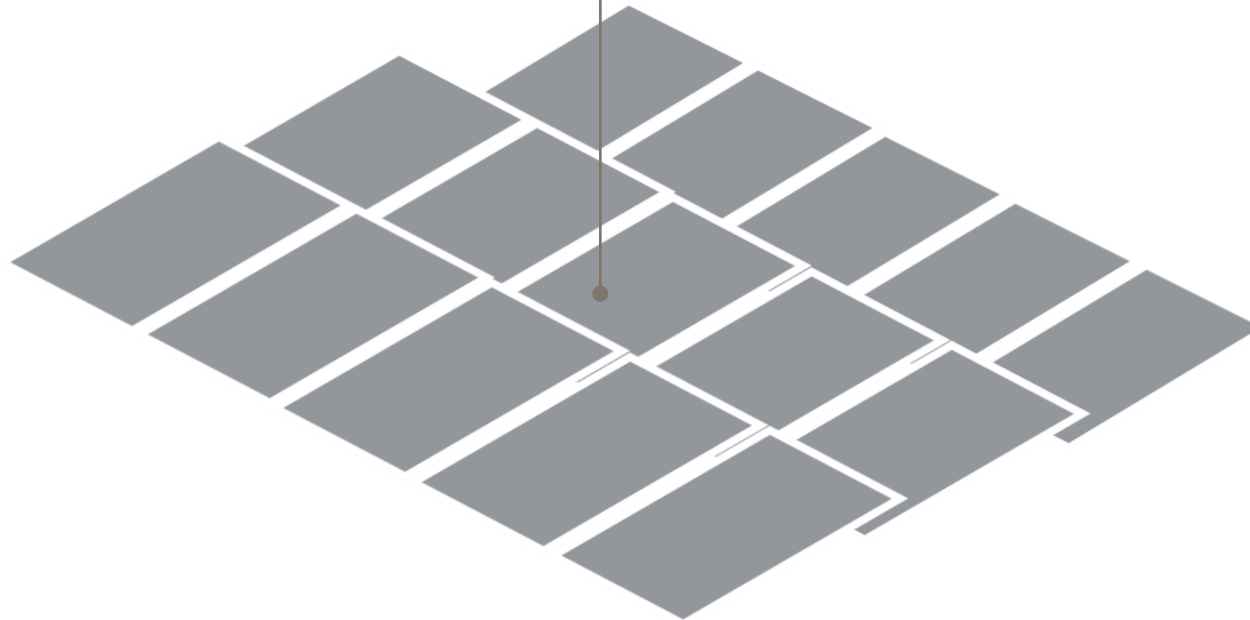




# WIE IMM FUNKTIONIERT



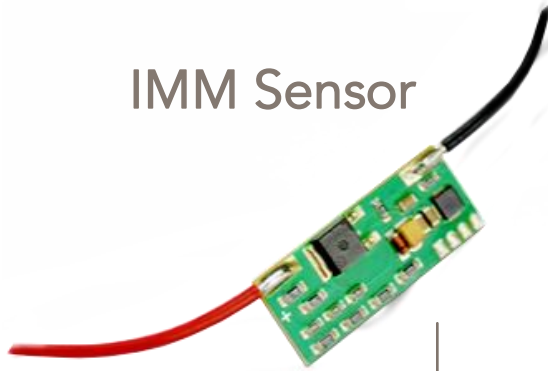
IMM Sensor



# WIE IMM FUNKTIONIERT

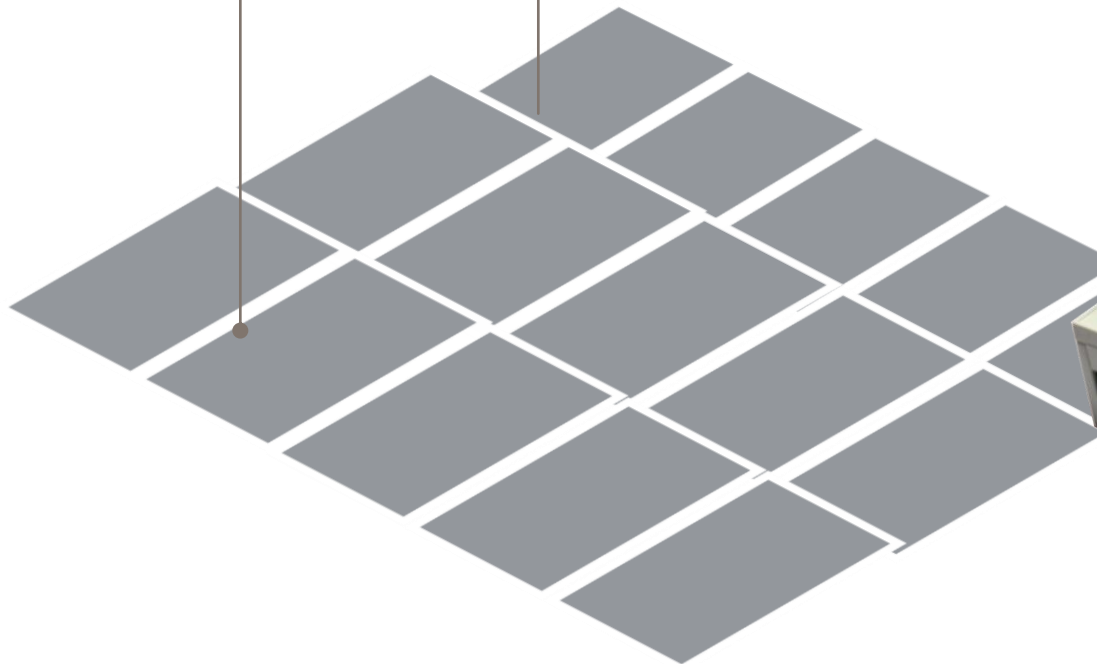


IMM Sensor

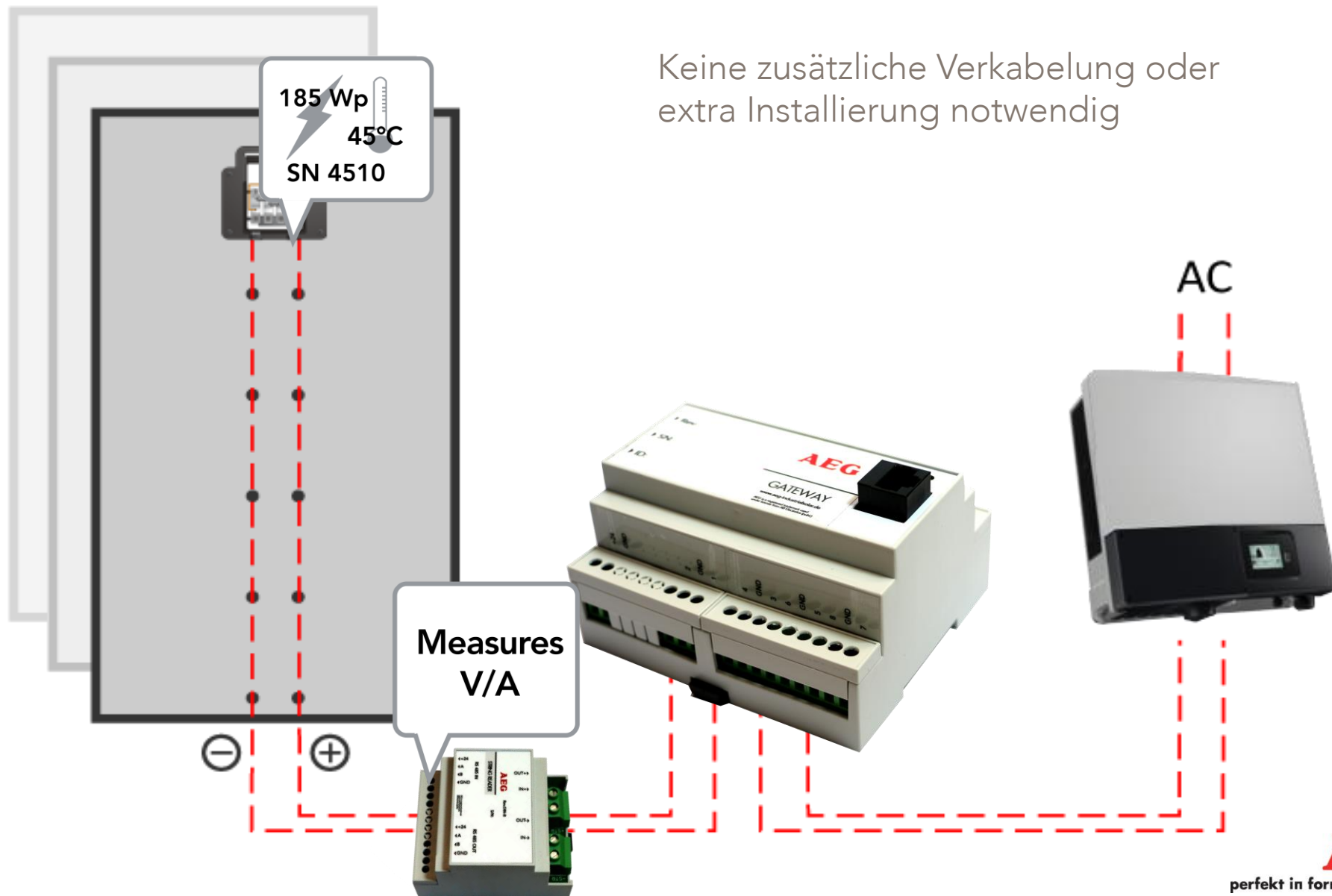


IMM Gateway

IMM String Reader

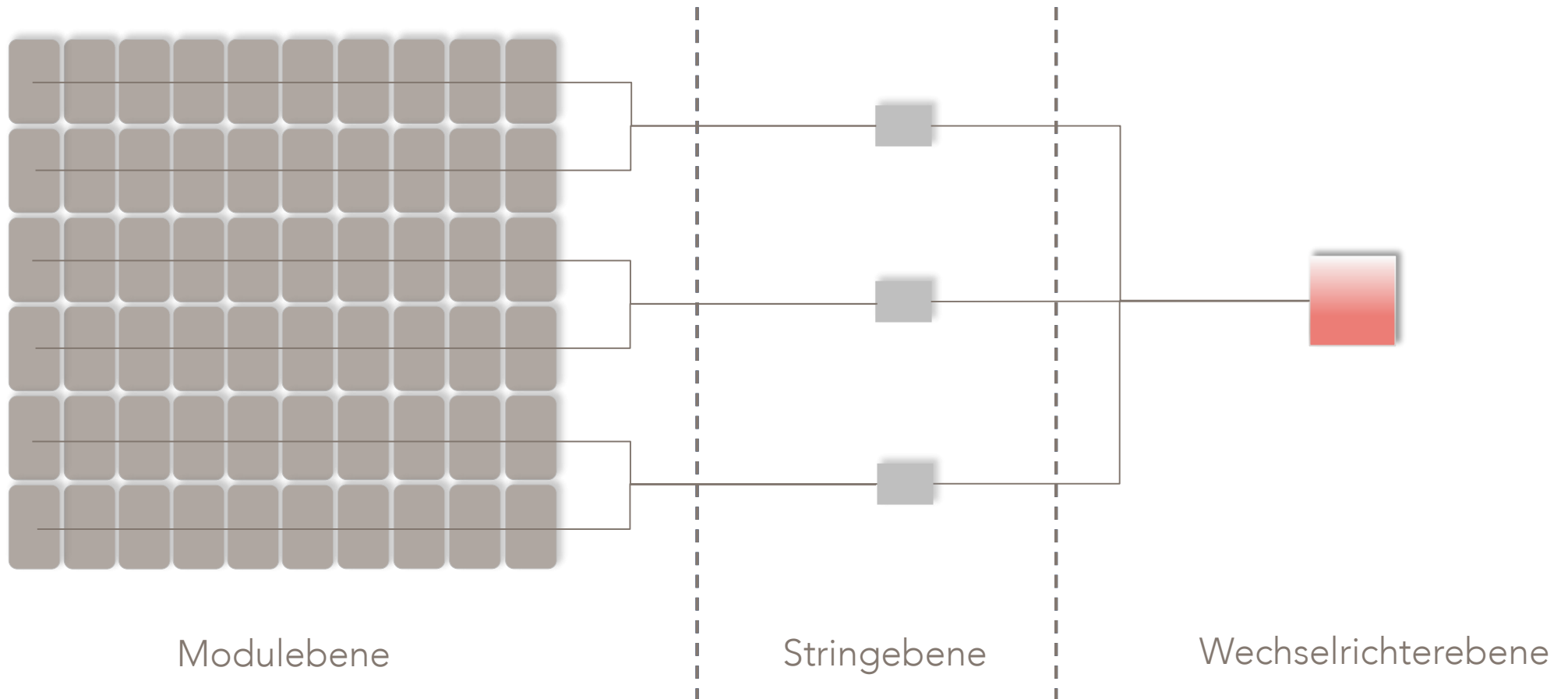


# DATENTRANSFER ÜBER DIE VORHANDENE VERKABELUNG



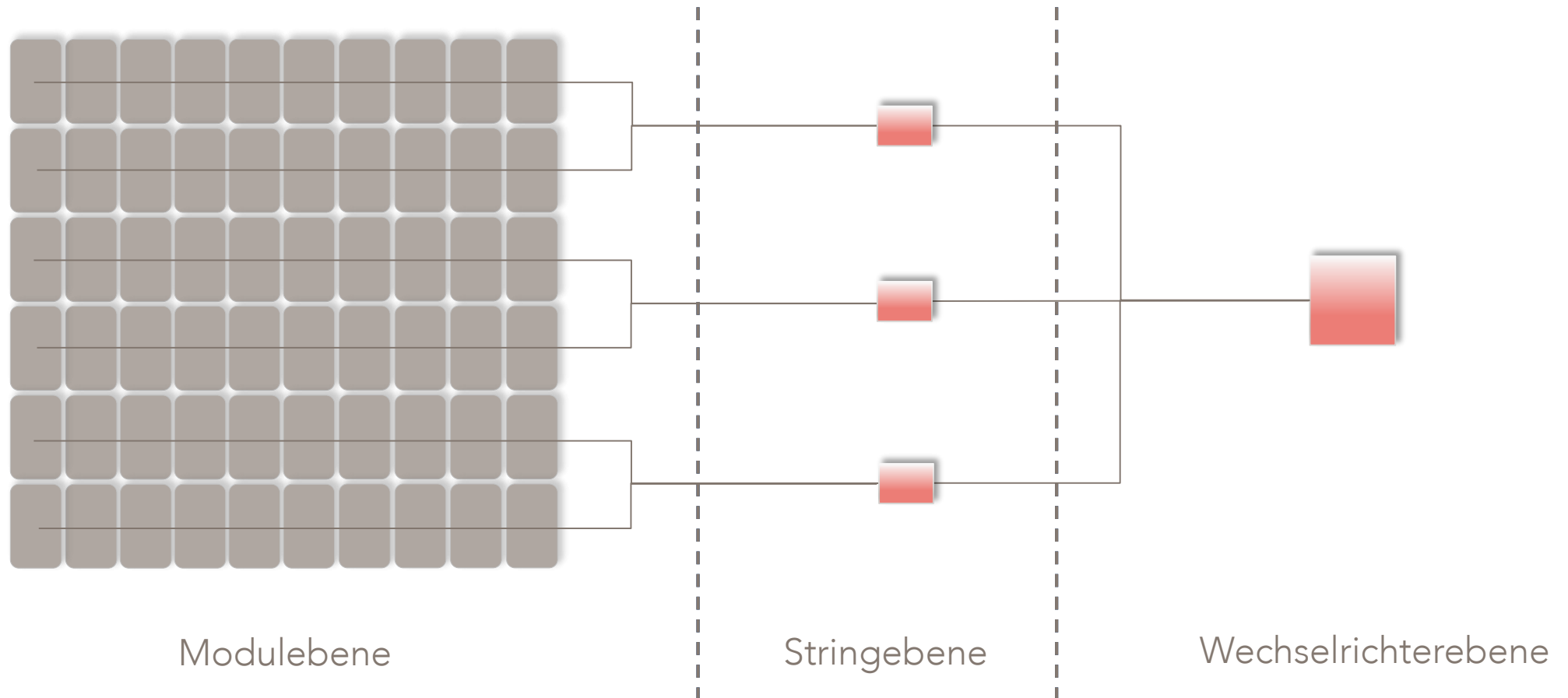


# WECHSELRICHTERDATEN BIETEN NUR WENIG INFORMATIONEN



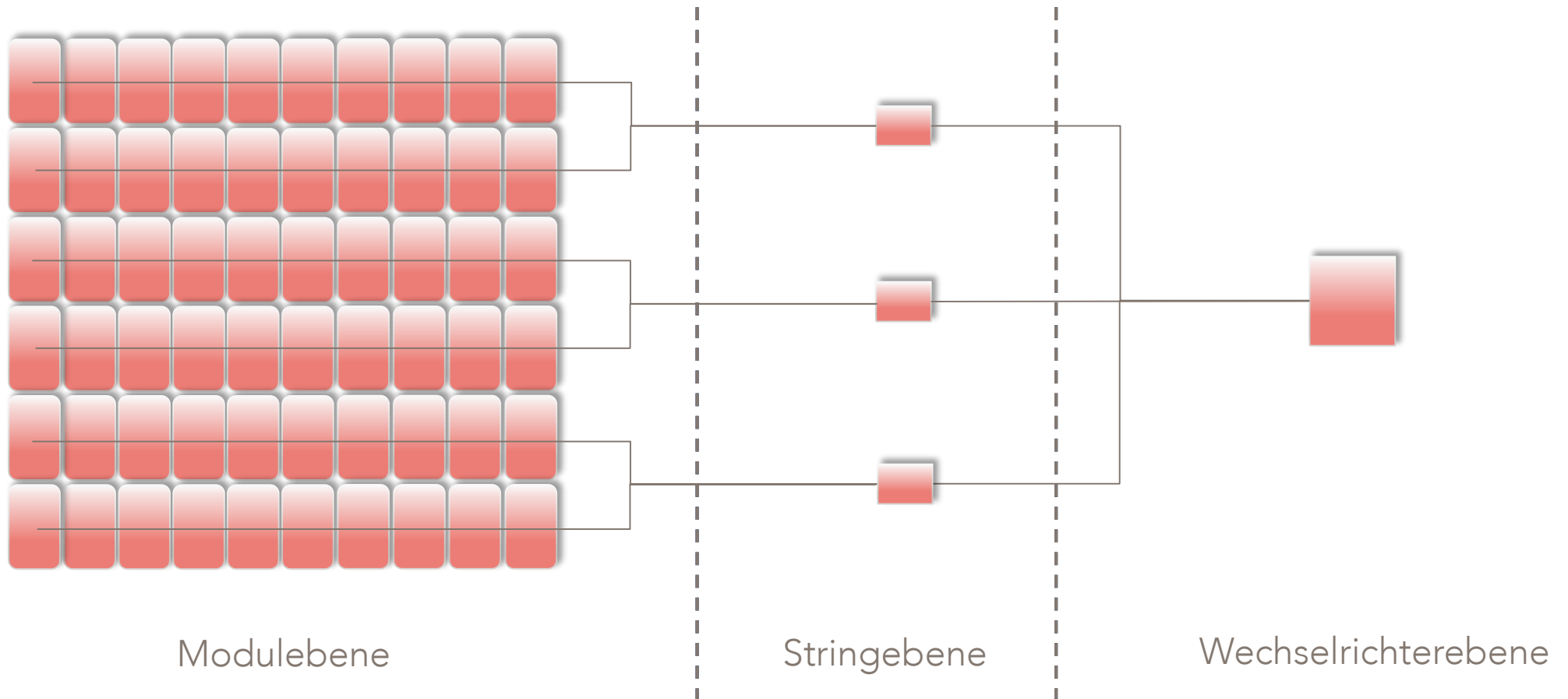
Etwa 90% aller Anlagen werden ausschließlich über den Wechselrichter überwacht.

# STRINGDATEN BIETEN ETWAS MEHR INFORMATIONEN



Lediglich 10% aller Anlagen werden auch auf Stringebene überwacht.

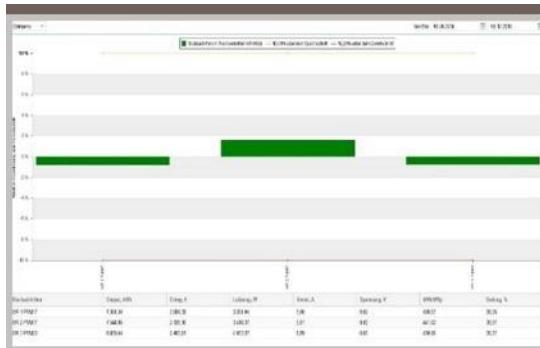
# NUR MODULDATEN BIETEN ALLE INFORMATIONEN EINER PV-ANLAGE



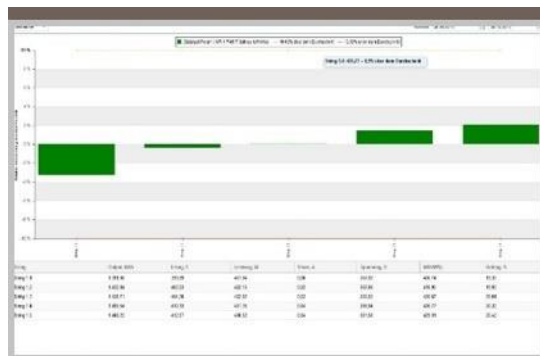
Modulgenaues Monitoring liefert 100%ige Transparenz der Anlage.



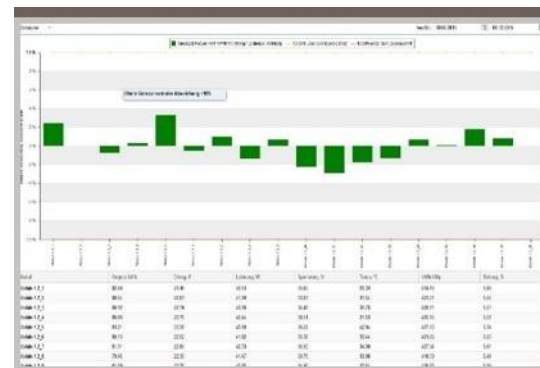
# 1. STUFE: VERGLEICH



Wechselrichter-Vergleich

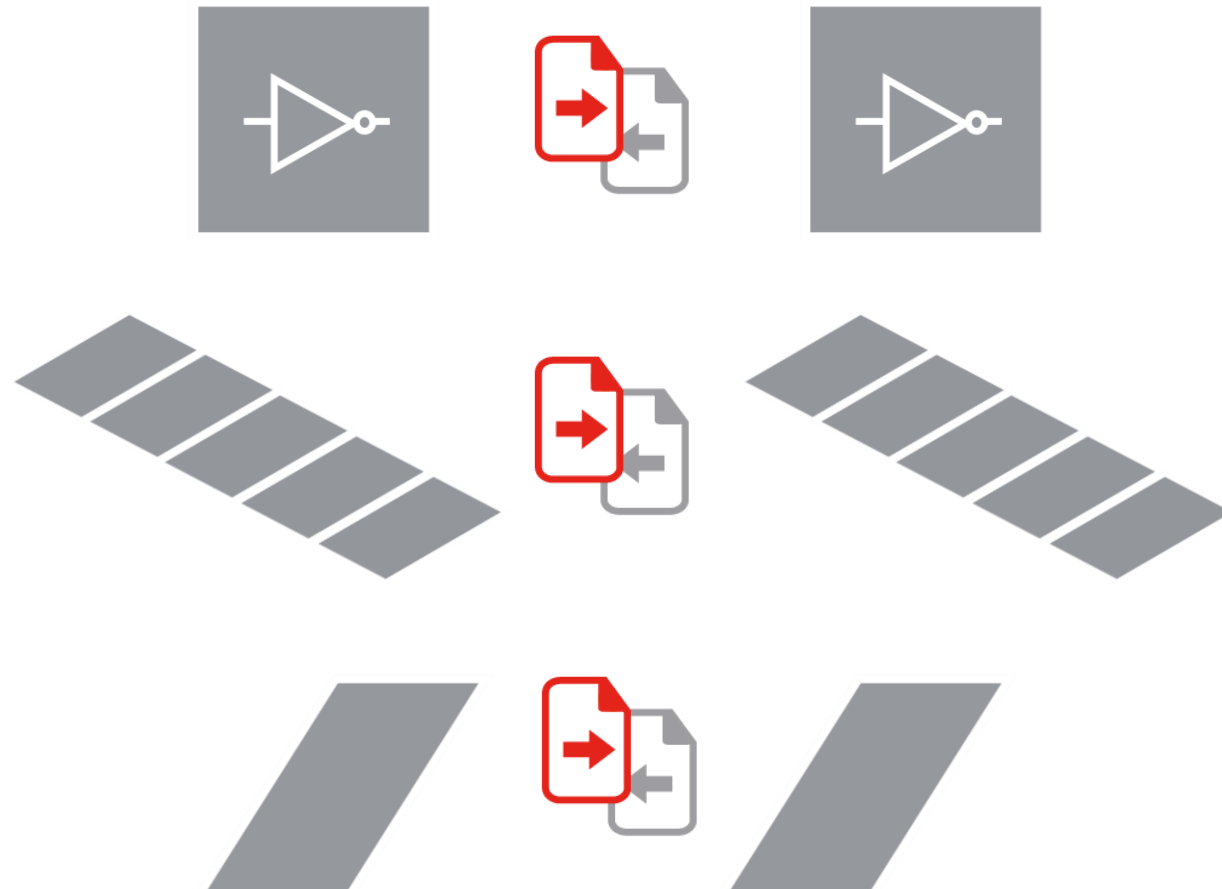


String-Vergleich



Modul-Vergleich

Alle gesammelten Daten werden gegeneinander verglichen: nicht nur Wechselrichter – sondern auch String- und Moduldaten



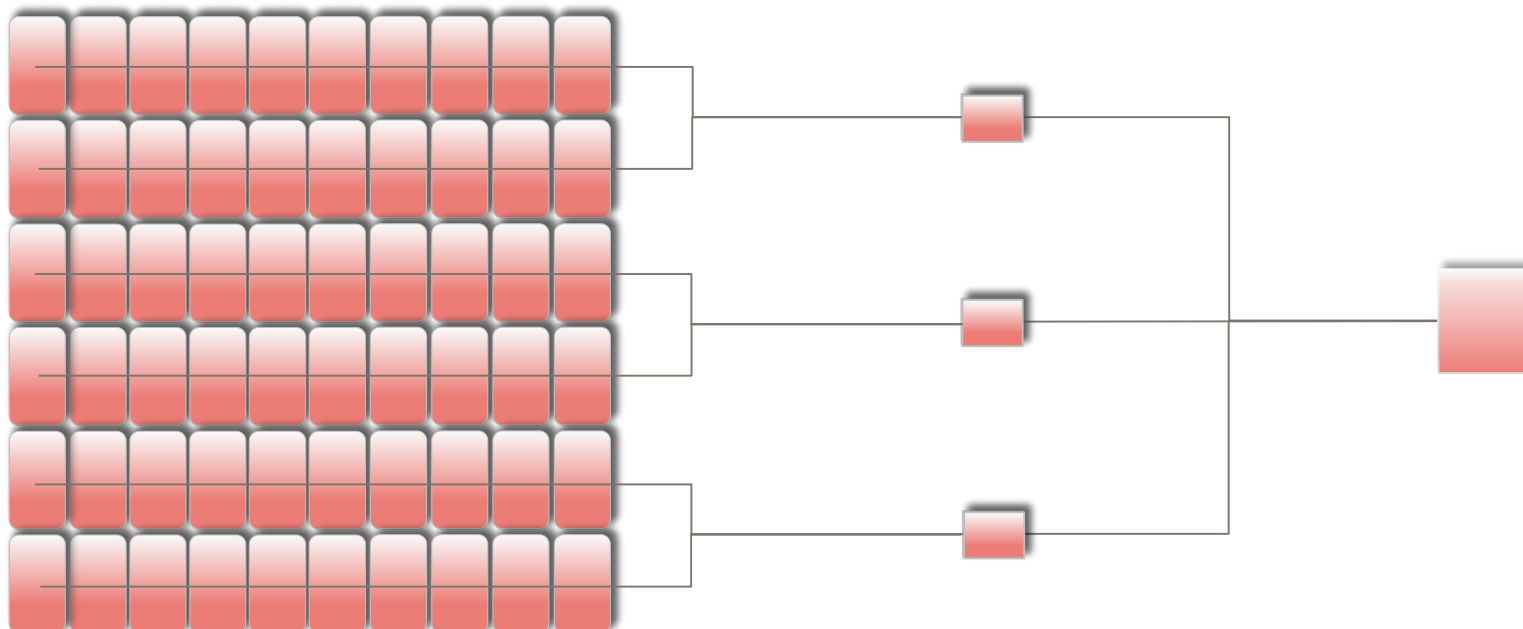
## 2. STUFE: SIMULATION



### Bottom-up-Simulation:

Unsere scientific engine (MATLAB, INSEL) errechnet den Sollertrag der Anlage. So erhalten wir die präzise **Performance Ratio**, und nicht eine von Woche zu Woche schwankende Annäherung wie bei üblichem Monitoring. Denn:

- Wir **messen** die Temperatur jedes Moduls und können so durch die Berücksichtigung von Temperatur-Unterschieden der Module, bedingt durch Wind o.ä, **präzise** die Sollwerte bestimmen.
- Und: wir verwenden als Datenbasis die **individuellen Flasher-Daten jedes Moduls**, statt der standardisierten Daten aus den Datenblättern mit einer Leistungs-Schwankungsbreite von 3%

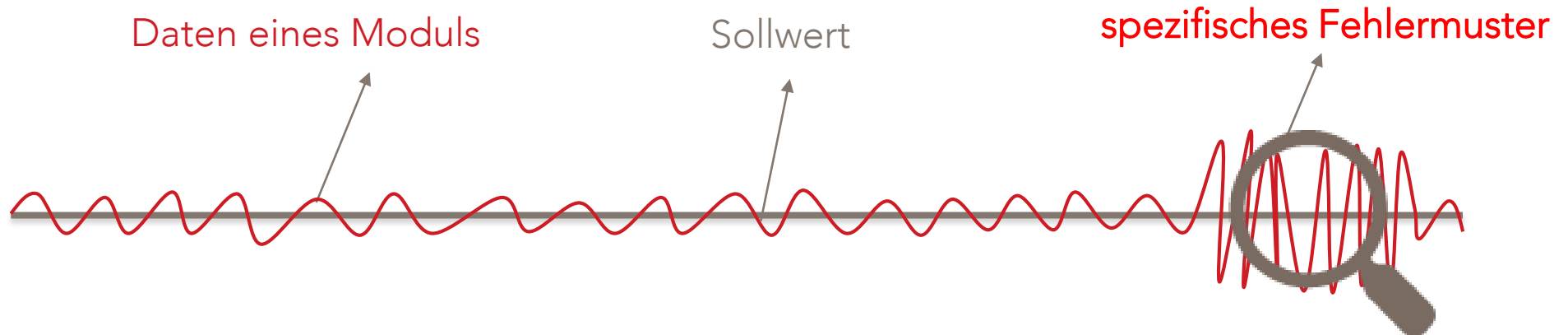


### 3. STUFE: FINGERABDRUCK-ABGLEICH



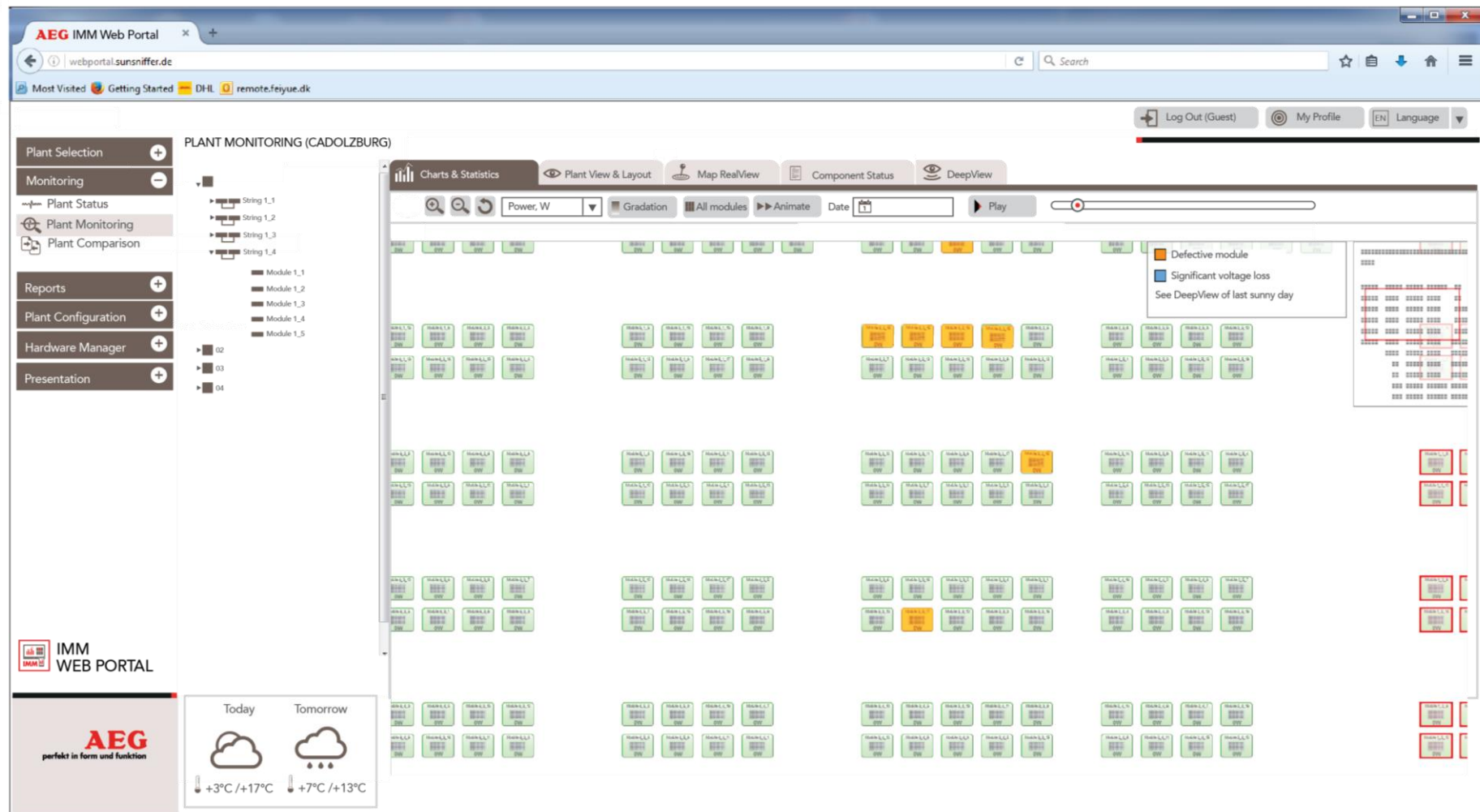
Jeder Fehler hat seine spezifische, einzigartige elektronische Signatur, seinen "Fingerabdruck".

Wir durchsuchen alle Daten nach diesen Fingerabdrücken und neue werden automatisch in unsere "Verbrecher-Kartei" übertragen.





# ERGEBNIS 1: AUF EINEN BLICK VOLL INFORMIERT...

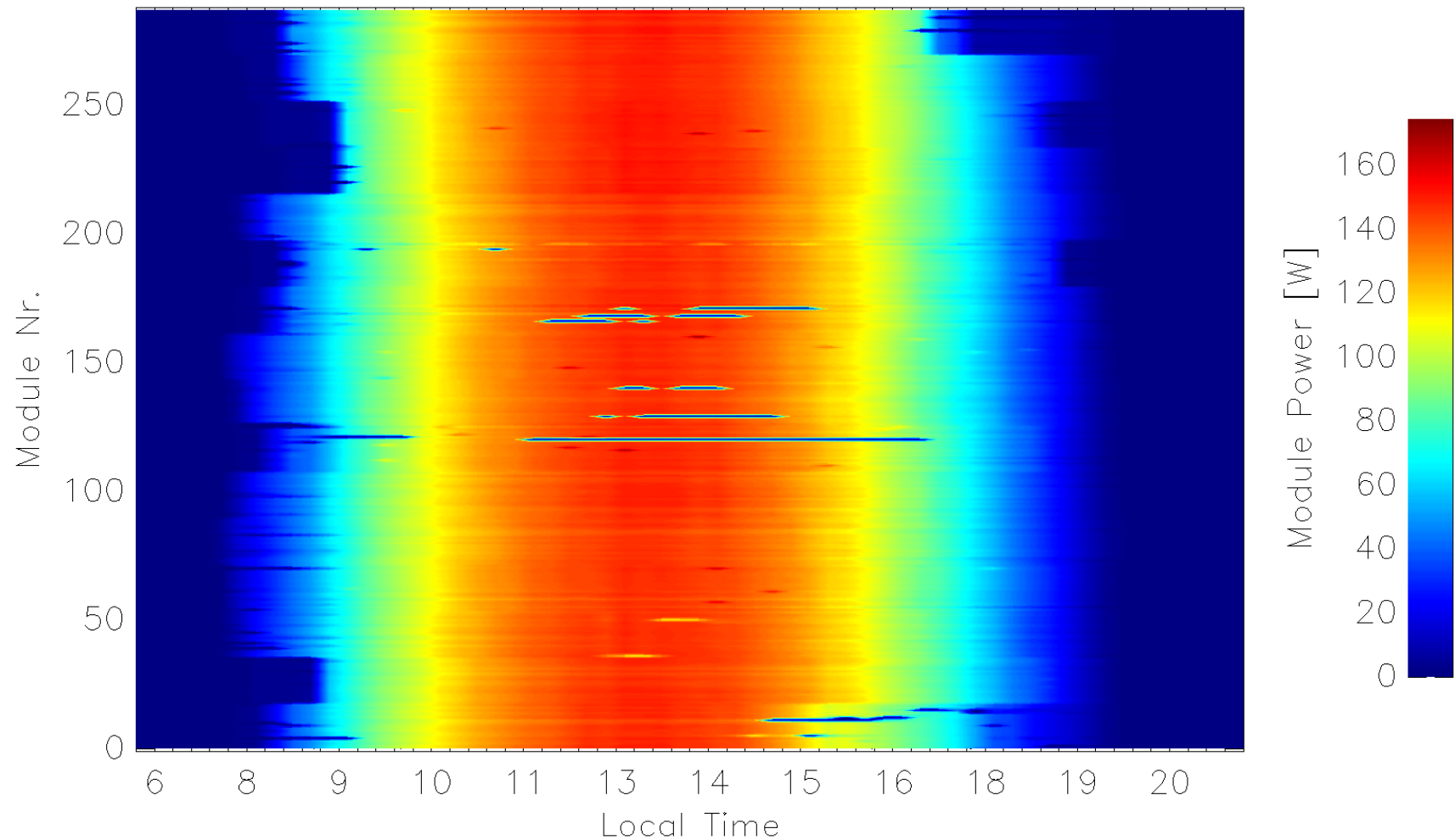


# ERGEBNIS 1: ...UND ÜBER JEDE LEISTUNG IM BILDE



„DeepView“ : die ganze Anlage auf einem Blick, modulgenau.

2013-08-16



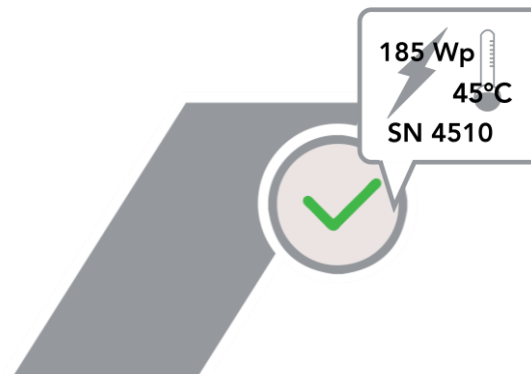
## ERGEBNIS 2: SOGAR KLEINSTE FEHLER WERDEN ERKANNT



Herkömmliche Monitoring-Systeme sind nicht in der Lage, die Temperatur oder Spannung von jedem einzelnen Modul zu messen.

→ Die **exakte Temperatur** von jedem Modul ist wichtig, um die **Performance Ratio (PR)** bestimmen zu können (schon bei  $\Delta$  von  $20^\circ \text{C}$  →  $\Delta$  des Modulertrages liegt bei 8.8%).

→ Die **exakte Spannung** von jedem Modul ist wichtig, um bestimmen zu können, ob das Modul ein Problem hat – und welches.



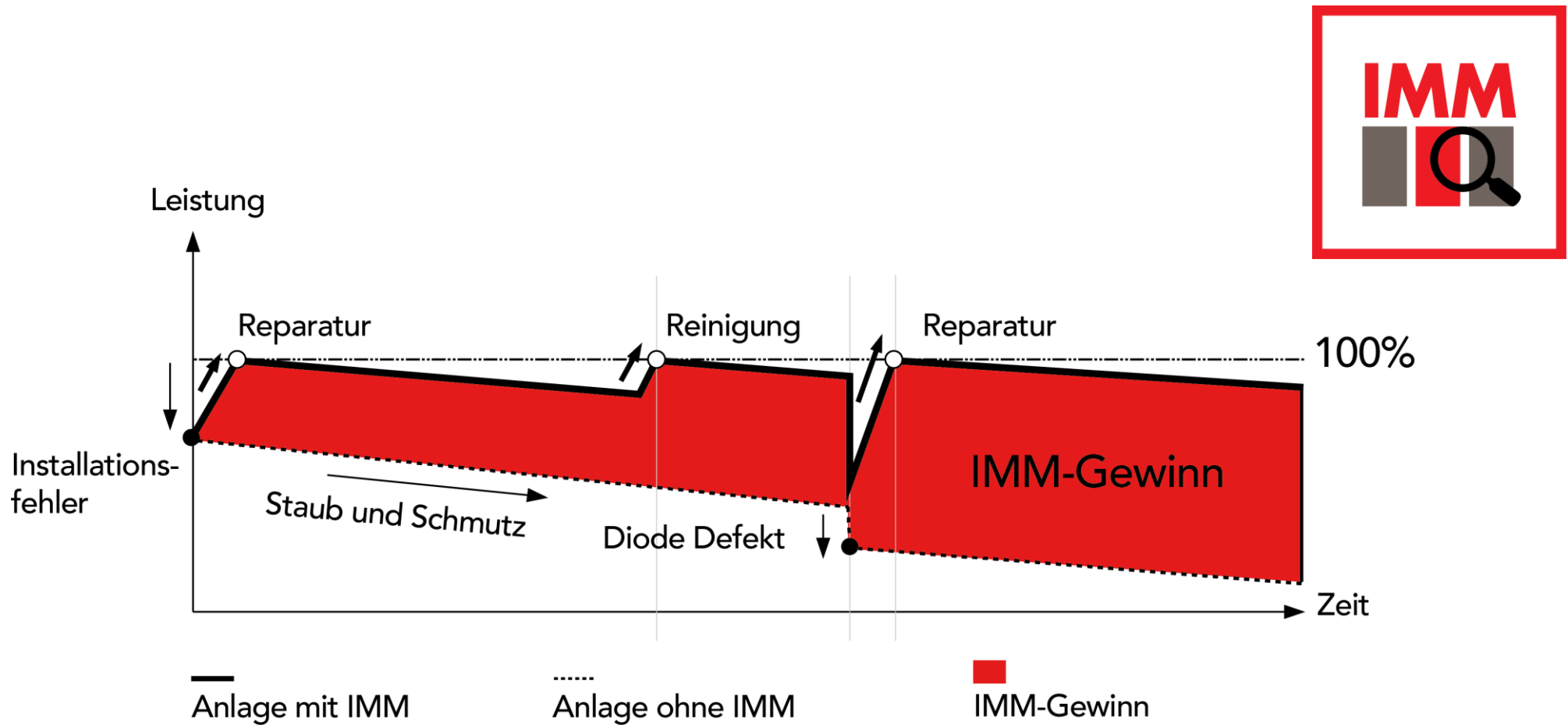
IMM zeigt **präzise die Leistung jedes einzelnen Moduls an**, und selbst die kleinsten Fehler werden entdeckt und identifiziert.

## ERGEBNIS 4: RISIKOANALYSE...





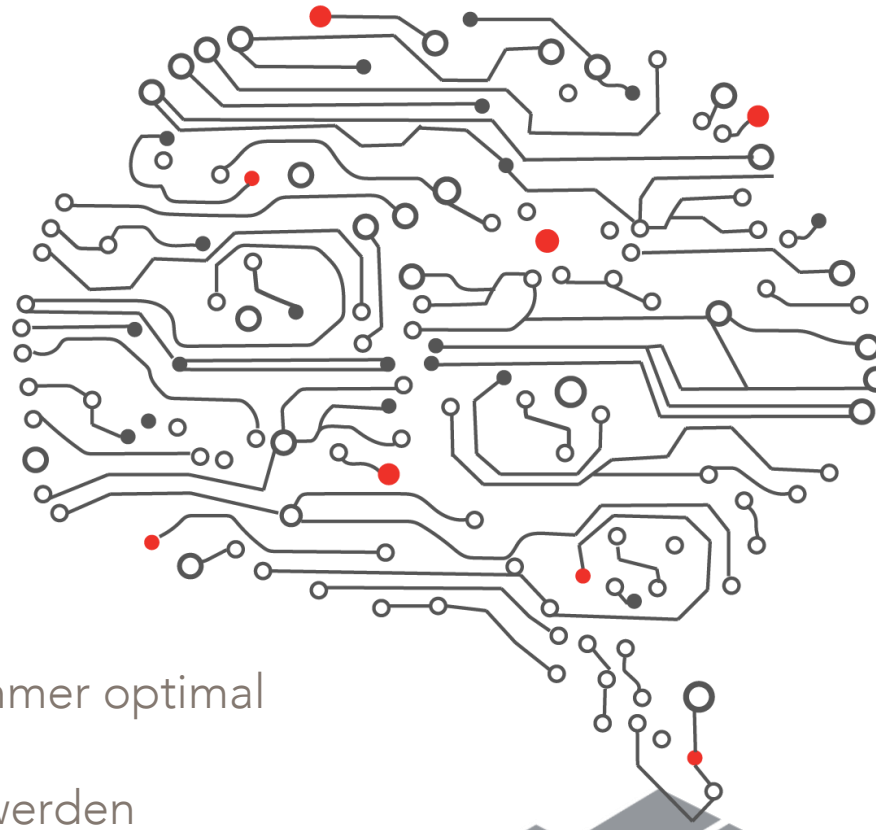
## ERGEBNIS 4: ...ERTRAGSSTEIGERUNG UND O&M KOSTENREDUZIERUNG



# IMM TECHNOLOGY: DIE REVOLUTION IN DER BETRIEBSFÜHRUNG



Betriebsführung mit der IMM-Technologie ist durch **künstliche Intelligenz** gemanagtes PV-Anlage Monitoring



## ERGEBNIS:



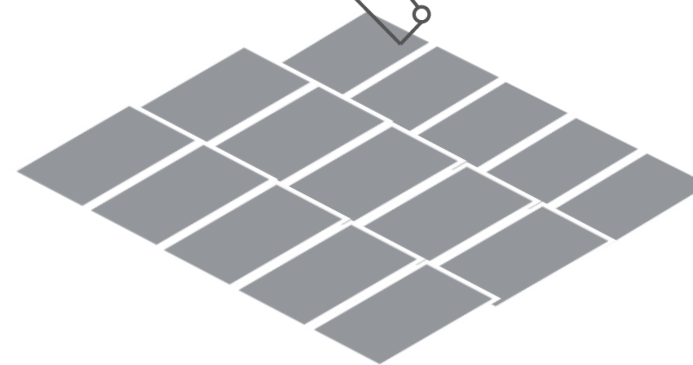
PV-Anlage performt immer optimal



Sogar kleinste Fehler werden erkannt und der Nutzen von Reparaturen kann kalkuliert und abgewogen werden



Der Ertrag wird gesteigert und die Sicherheit erhöht





## **100% TRANSPARENZ**

dank Modulüberwachung  
und künstliche  
Intelligenz

# VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT !

**Ingmar Kruse**

*CTO*

Solar Solutions PV GmbH  
(Offizieller Anbieter AEG-Solarmodule)  
Ludwig-Feuerbach-Str. 69  
90489 Nürnberg

[ik@aeg-industrialsolar.de](mailto:ik@aeg-industrialsolar.de)

[www.aeg-industrialsolar.de](http://www.aeg-industrialsolar.de)

**Dr.-Ing. Thilo Kilper**

*Themenfeldleiter Photovoltaische Systeme*

EWE-Forschungszentrum für Energietechnologie e.V. an  
der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg  
Carl-von-Ossietzky-Str. 15  
26129 Oldenburg

[thilo.kilper@next-energy.de](mailto:thilo.kilper@next-energy.de)

[www.next-energy.de](http://www.next-energy.de)