

Innovative Messtechniken zur Fehlersuche in Photovoltaikanlagen

Prof. Konrad Mertens

Labor für Optoelektronik und Sensorik, Photovoltaik-Prüflabor

Fachbereich Elektrotechnik und Informatik

Fachhochschule Münster

Gliederung

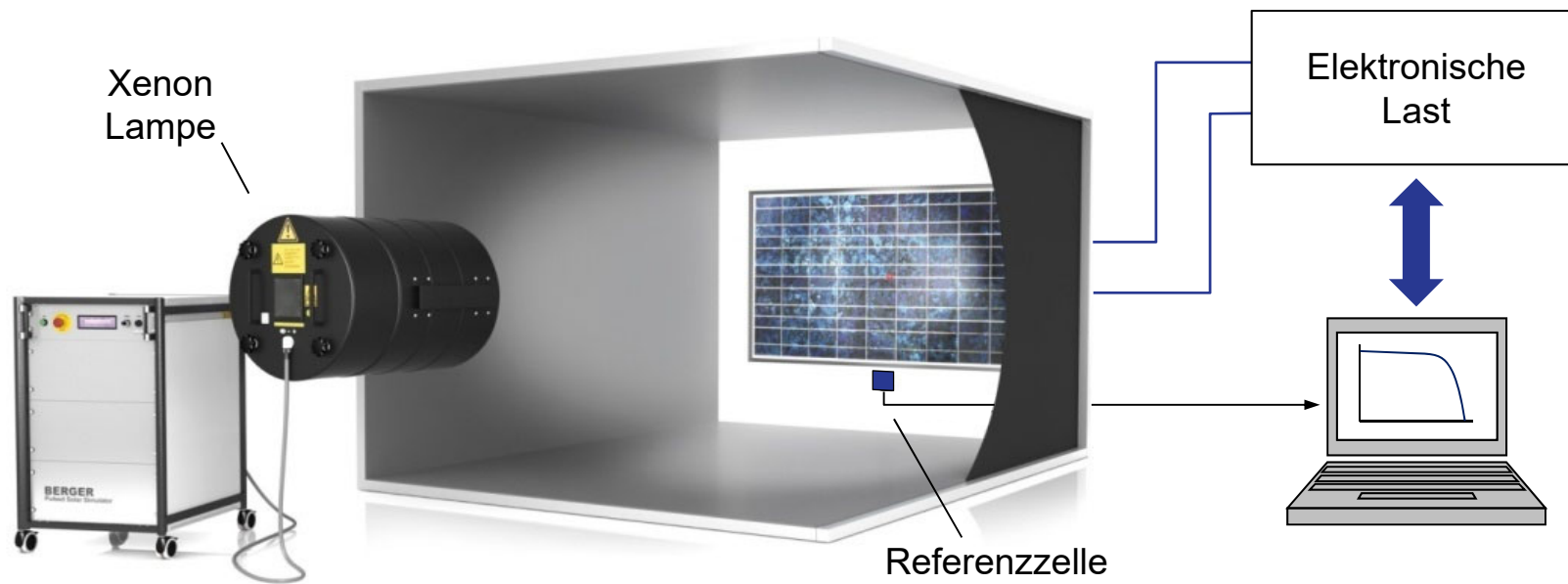
- › Welche Standard-Messmethoden gibt es?
- › Motivation für LowCost-Outdoor-EL
- › Umbau von Spiegelreflexkameras
- › Optimierung der Technik für Outdoor-EL
- › Wie werden die Messungen durchgeführt?
- › Konkrete EL-Messbeispiele
- › Fazit



Welche Standard-Messmethoden gibt es?

1. Leistungsmessung im Flasher

› Prinzipieller Aufbau



1. Leistungsmessung im Flasher

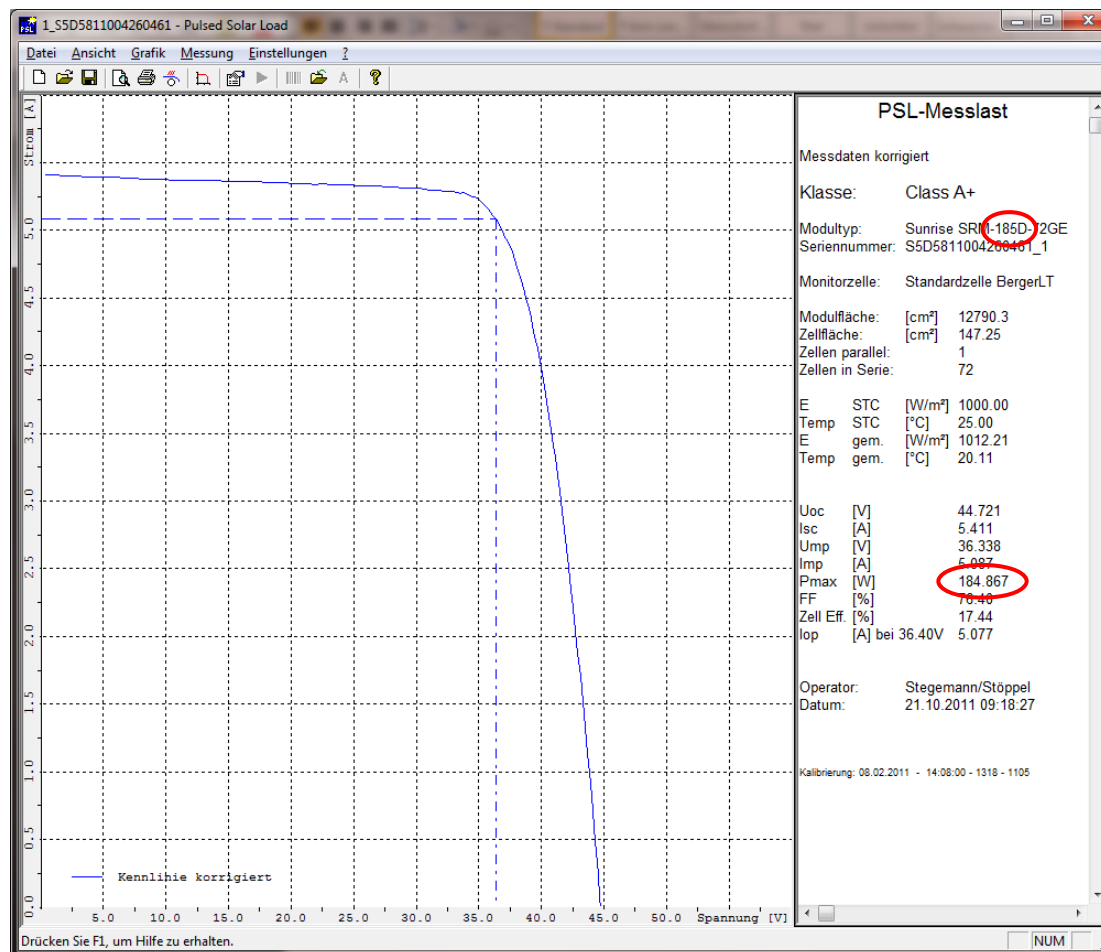
› Messdurchführung



- Reihenuntersuchungen für Hersteller und Importierer
- Erstellung von Gutachten in Gerichtsverfahren (Garantie etc.)

1. Leistungsmessung im Flasher

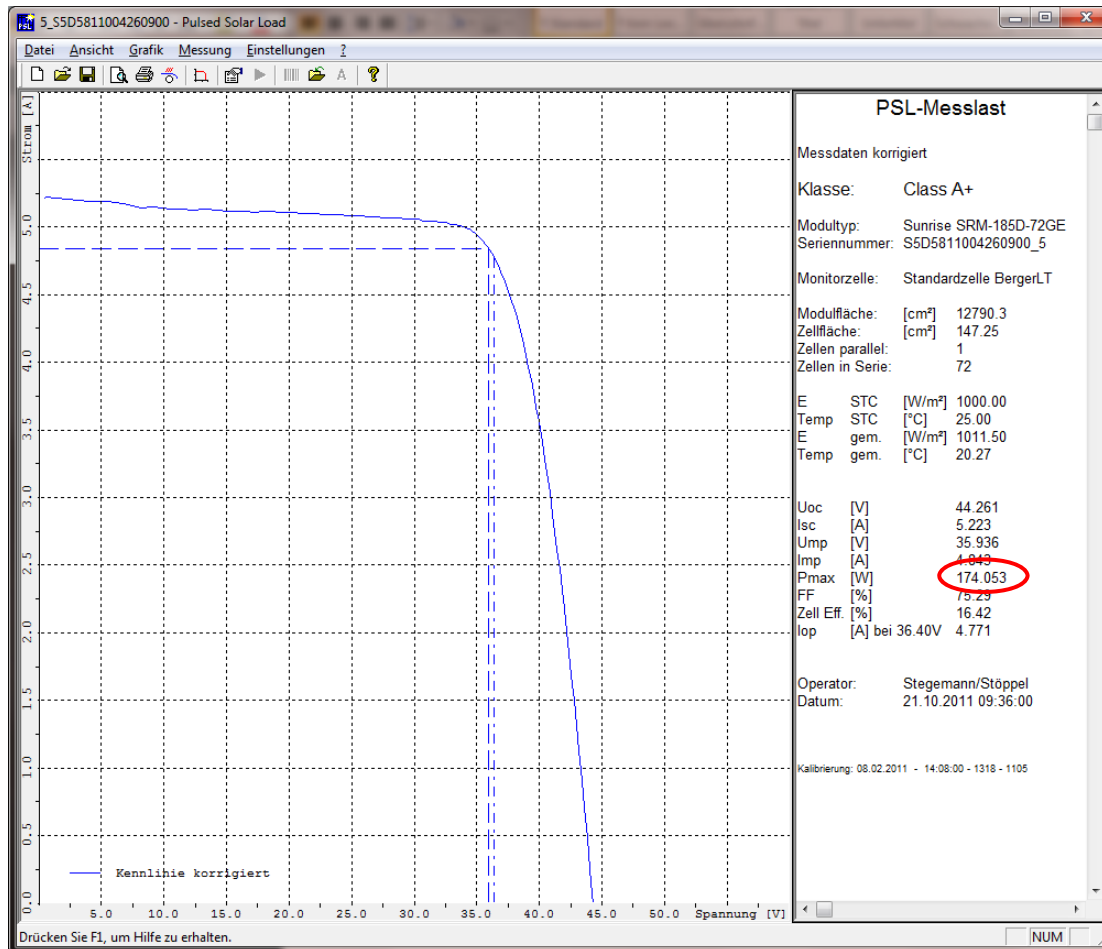
› Beispielmessung: Modul ok



Geringe Messtoleranz: +/- 3 %

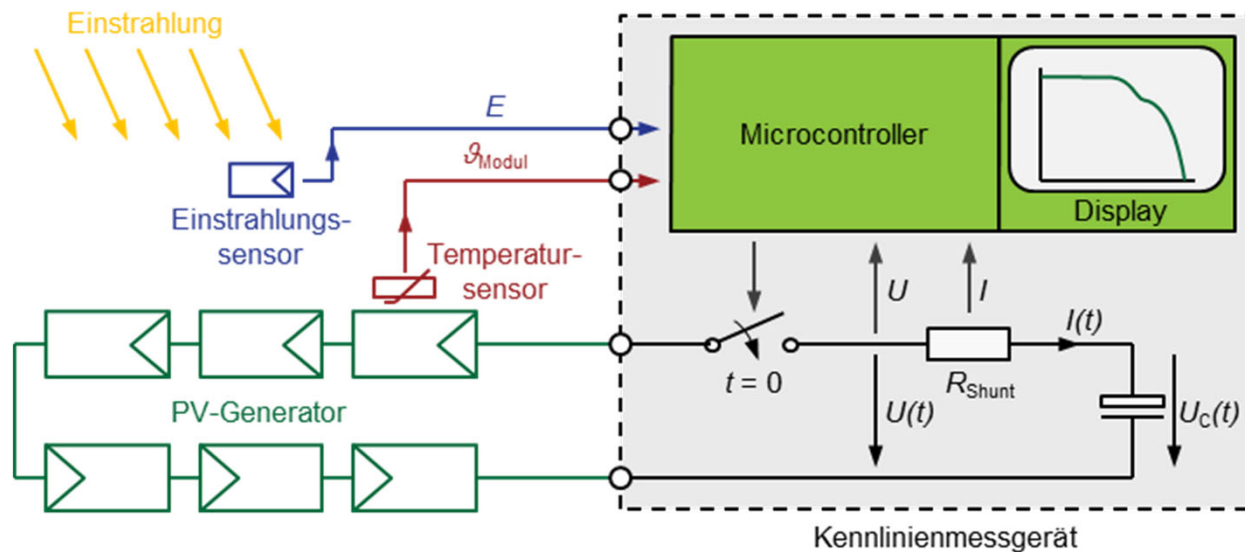
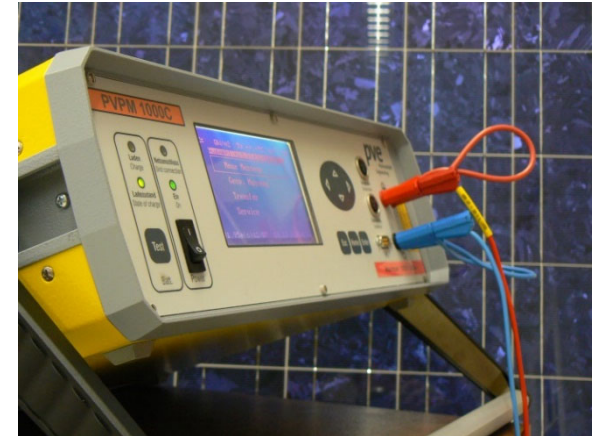
1. Leistungsmessung im Flasher

› Beispielmessung: unterschiedlich gute Zellen



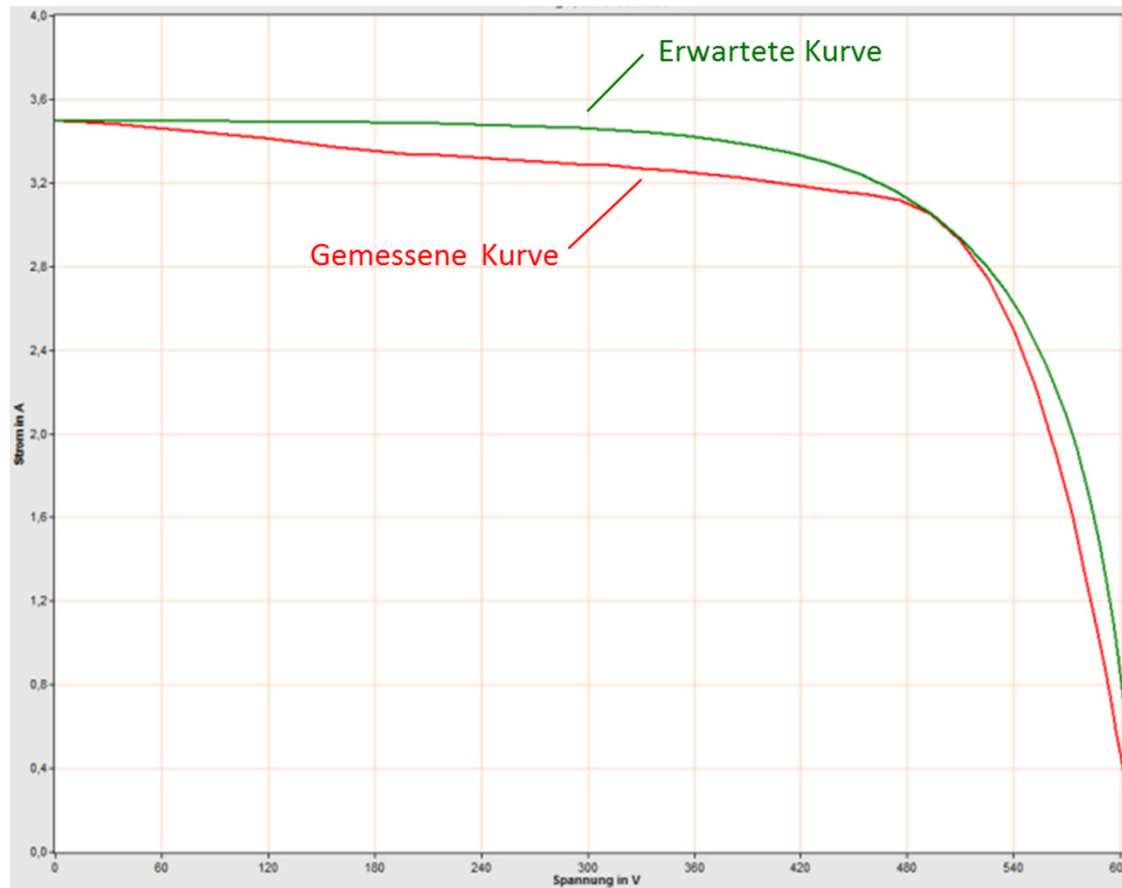
2. Peakleistungsbestimmung vor Ort

- Kennlinienmessung mit Aufnahme von Einstrahlung und Temperatur
- Gesamter String wird gemessen
- Kein Abbau der Module notwendig



2. Peakleistungsbestimmung vor Ort

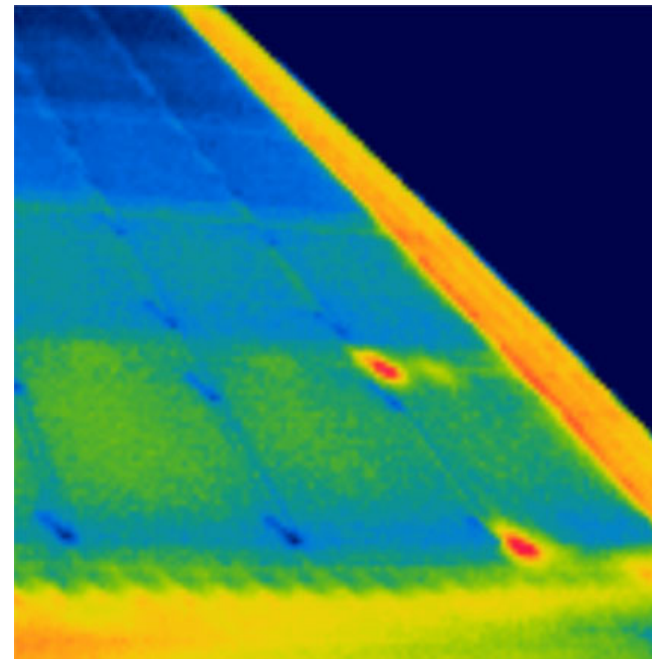
› Beispielmessung: unterschiedlich gute Module



Messtoleranz: +/- (5 % bis 10 %)

3. Thermographie

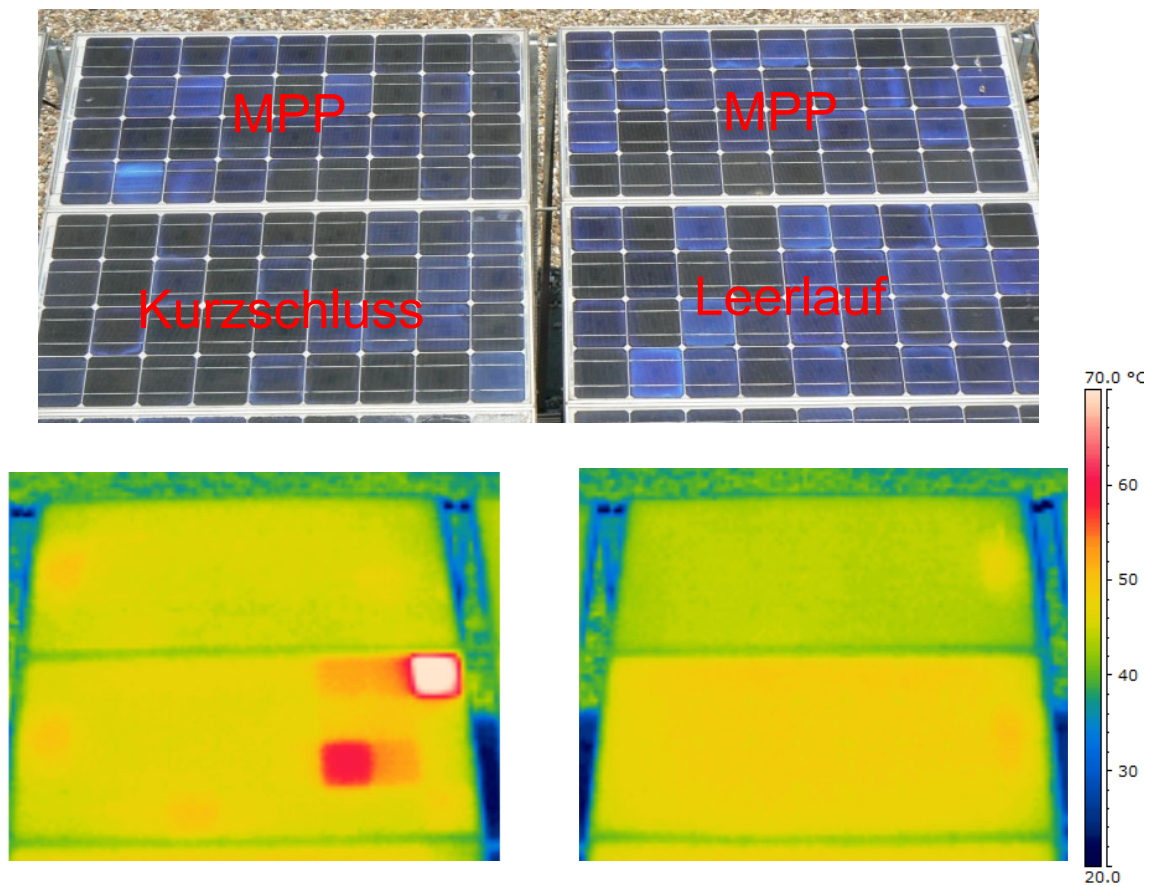
› Beispiel: einzelne Zellen defekt



⇒ Deutlich erkennbare Fehler

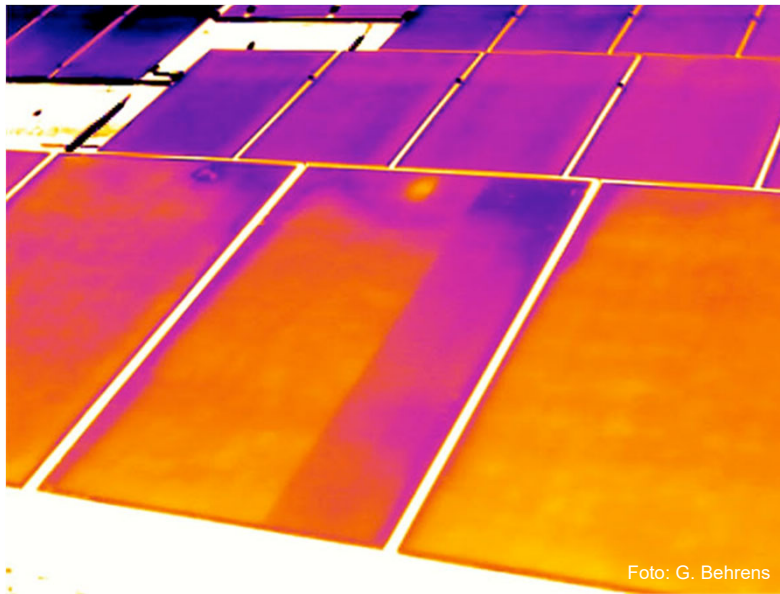
3. Thermographie

› Beispiel: unterschiedliche Lastzustände

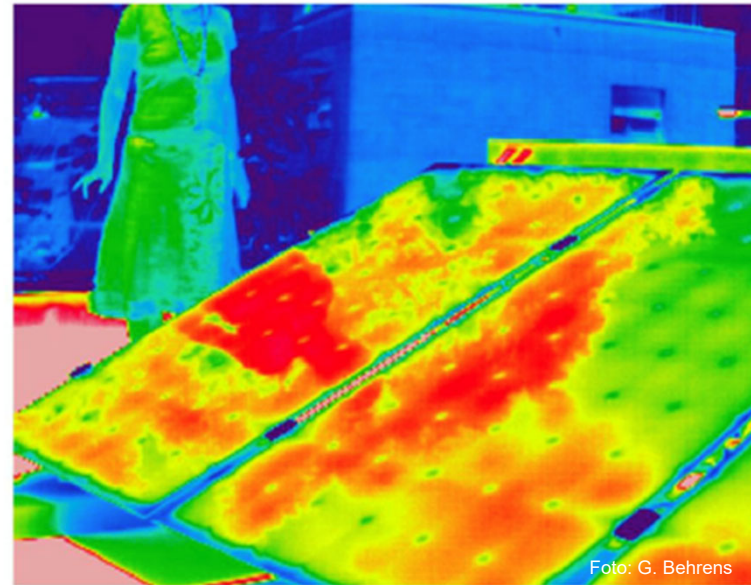


3. Thermographie

› Probleme



- unklares Fehlerbild

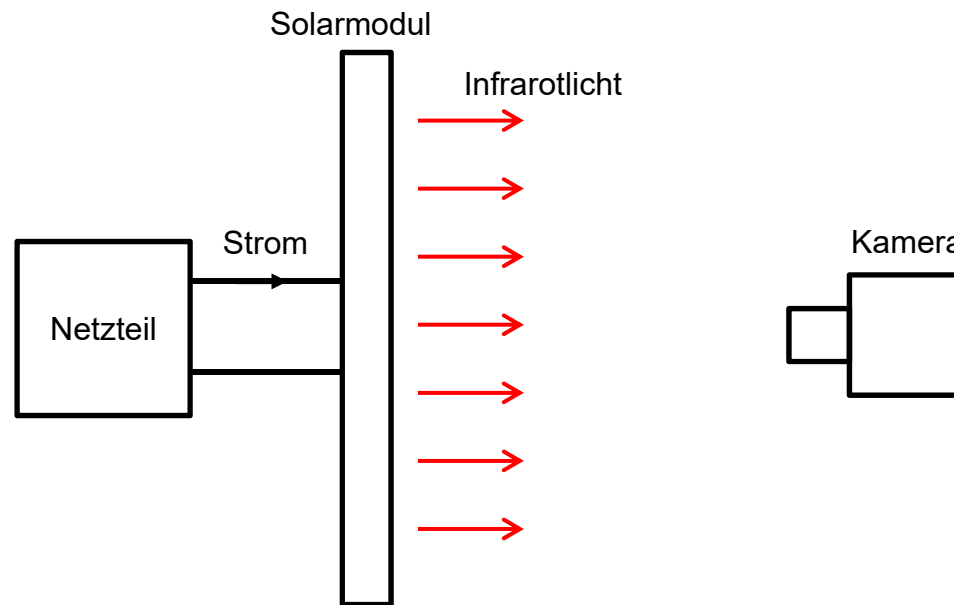


- Reflexionen

- gutes Wetter notwendig

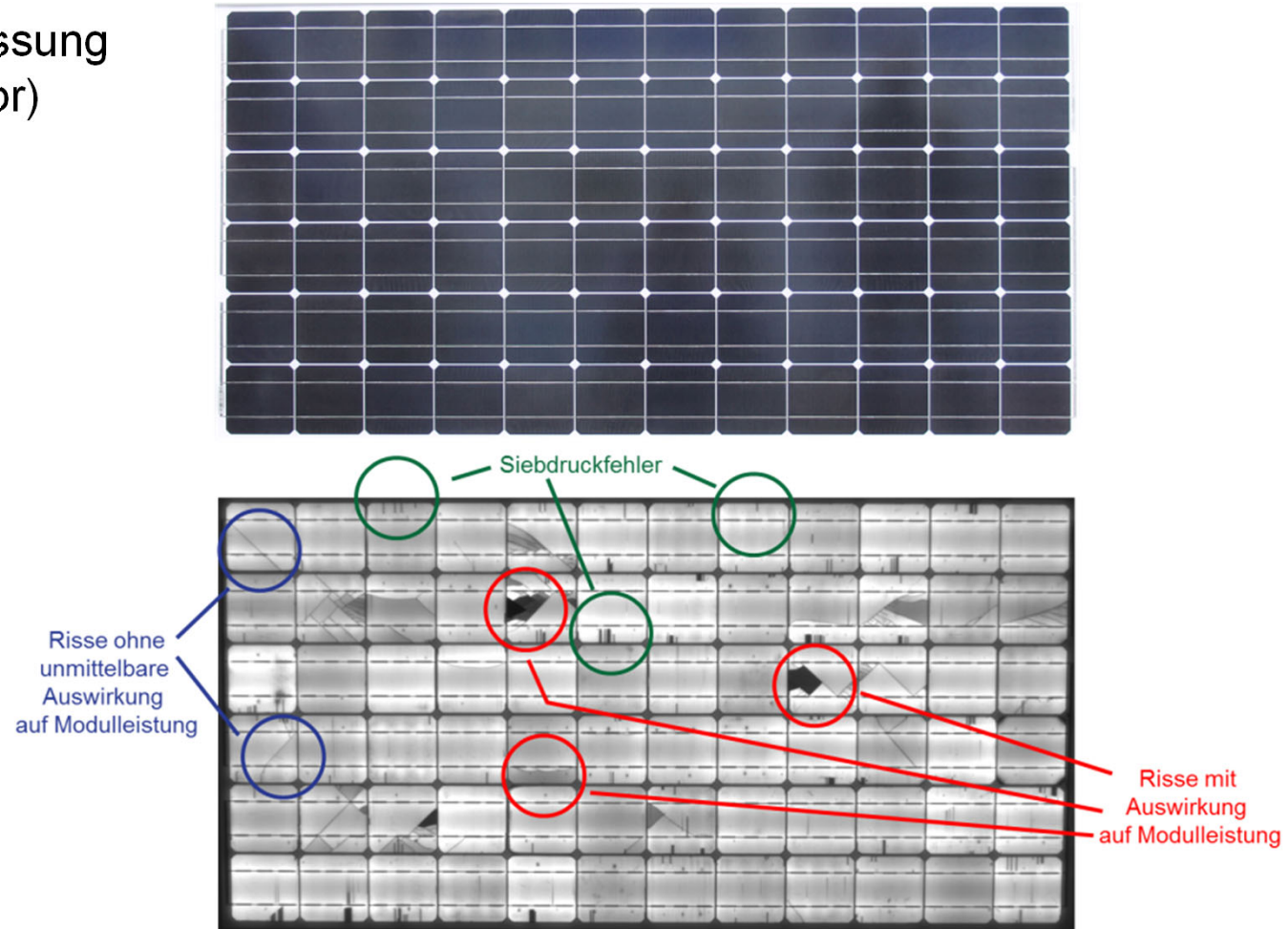
4. Elektrolumineszenz

- › Prinzip: Modul wird bestromt und leuchtet im Infrarotbereich



4. Elektrolumineszenz

› Beispielmessung (im Labor)



Motivation für LowCost-Outdoor-EL

Motivation 1

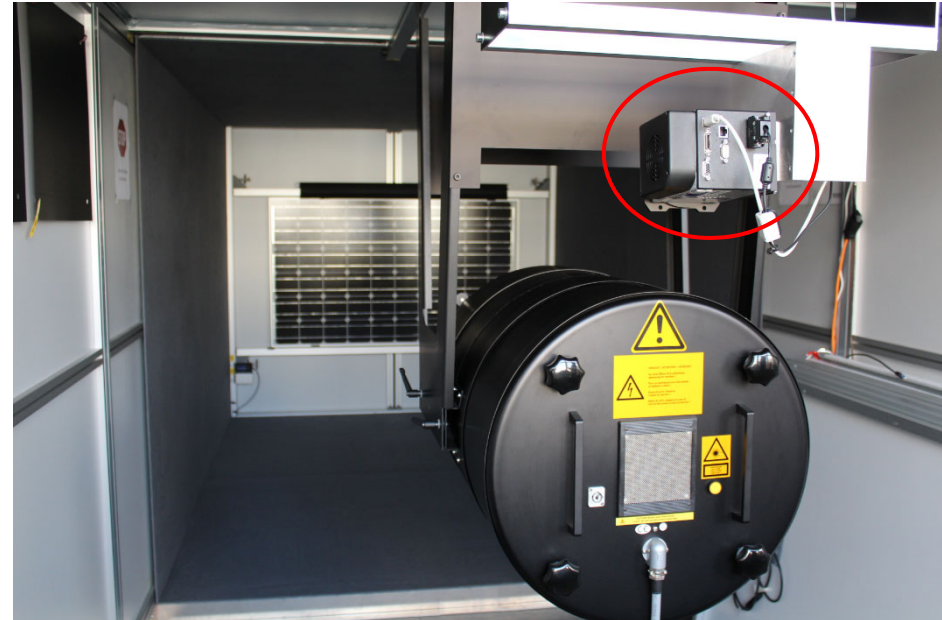
› Normalerweise: EL-Messung im Labor

Vorteile:

- + Kein Umgebungslicht
- + Stabile Messbedingungen
- + Man wird nicht nass...☺

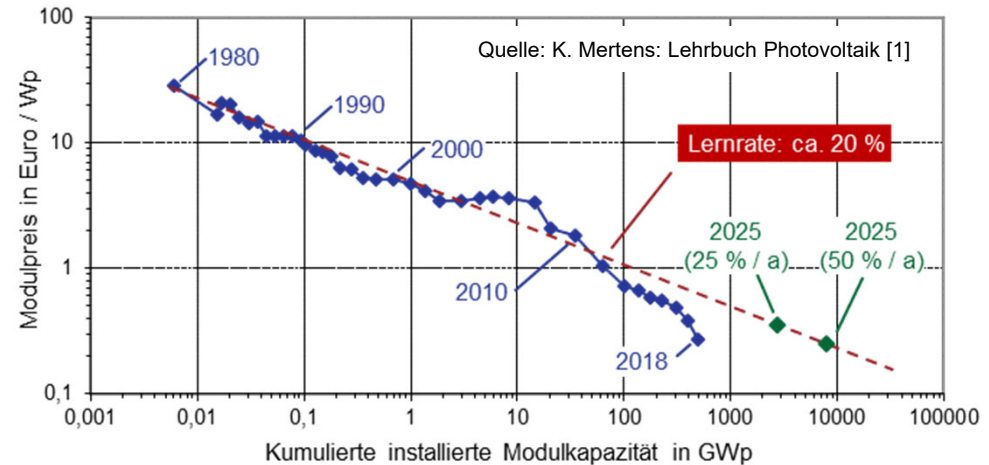
Nachteile:

- Demontage, Transport, Messung im Labor, Transport, Neumontage
⇒ Riesenaufwand
- Ggf. zusätzliche Schäden (Mikrorisse etc.) durch Demontage und Transport
- Es werden immer nur einzelne Module vermessen



Motivation 2

› Modulpreise gehen zurück



z.B.:

- 2010:
- Modul kostete 400 – 500 Euro
 - Flasher- u. EL-Messung kostete zusammen 250 Euro
 - Zusätzlich Demontage und Transport
- 2021:
- Modul kostet 100 - 200 Euro
 - Demontage- und Transportkosten sind gleich geblieben
 - Flasher- u. EL-Messung kostet zusammen ??? Euro

Motivation 3

› Günstige EL-Kameras möglich



Veröffentlichung 2012:

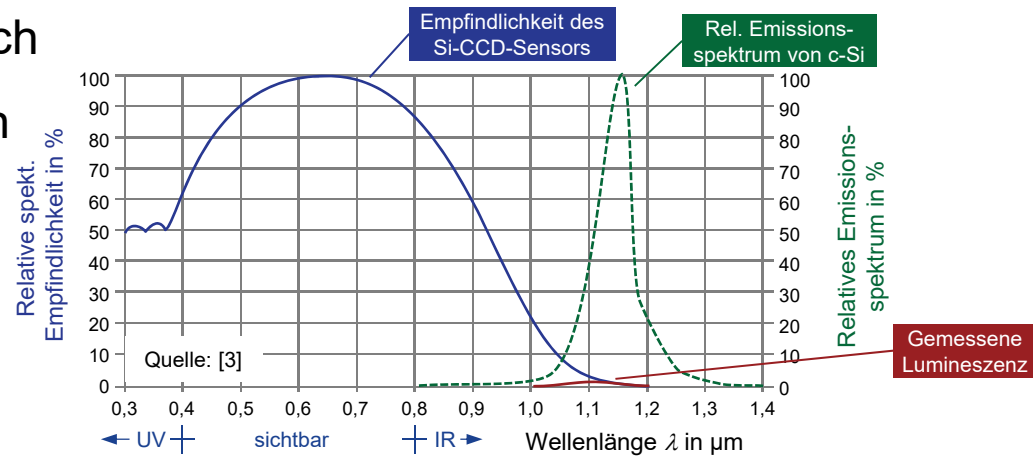
- Normale Spiegelreflexkamera (300 €) einfach umbaubar für EL-Messungen
- Zusammen mit IR-Objektiv und Kleinteilen: ca. 900 €

⇒ Raus aufs Dach damit!

Umbau von Spiegelreflexkameras

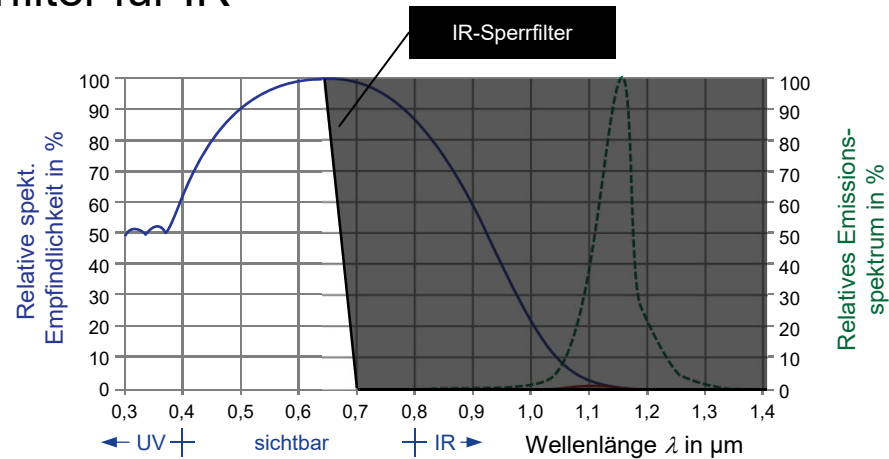
Umbau von Spiegelreflex-Kameras

- › EL-Spektrum liegt im Infrarotbereich
 - › CCD-Sensor ist dort unempfindlich
- ⇒ Nur schwaches EL-Signal!

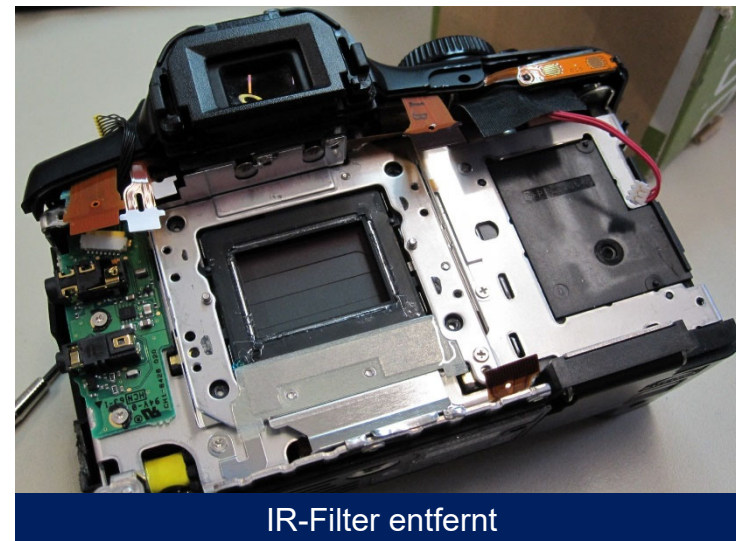
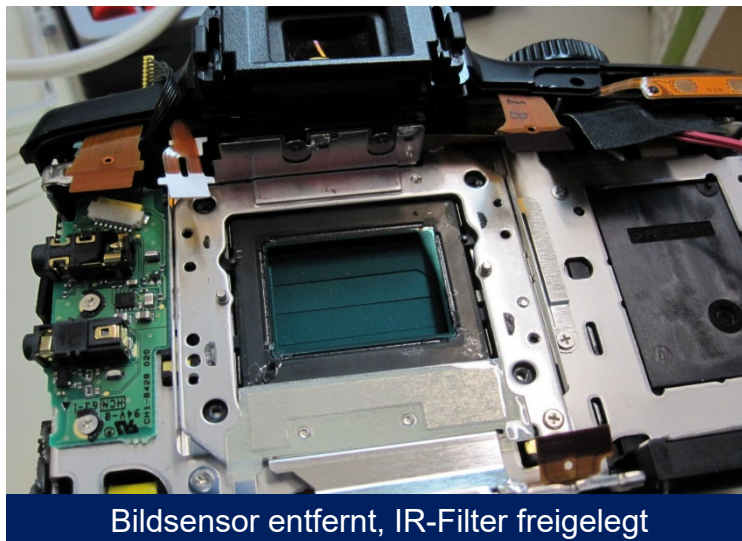
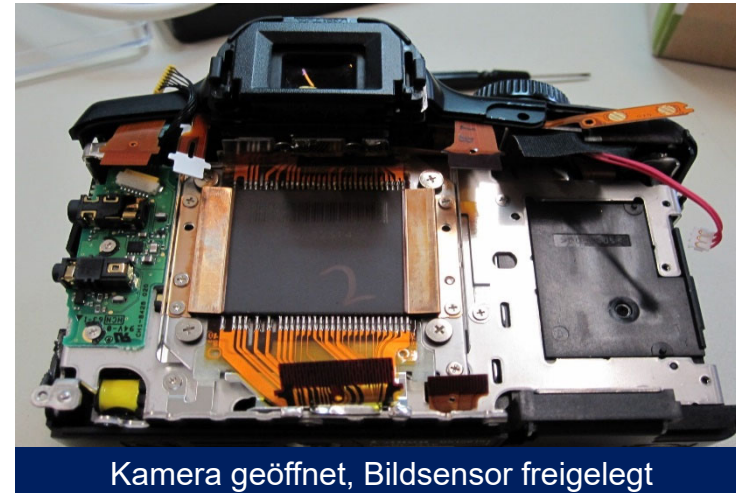


- › Normale Fotokamera enthält Sperrfilter für IR

⇒ muss ausgebaut werden!

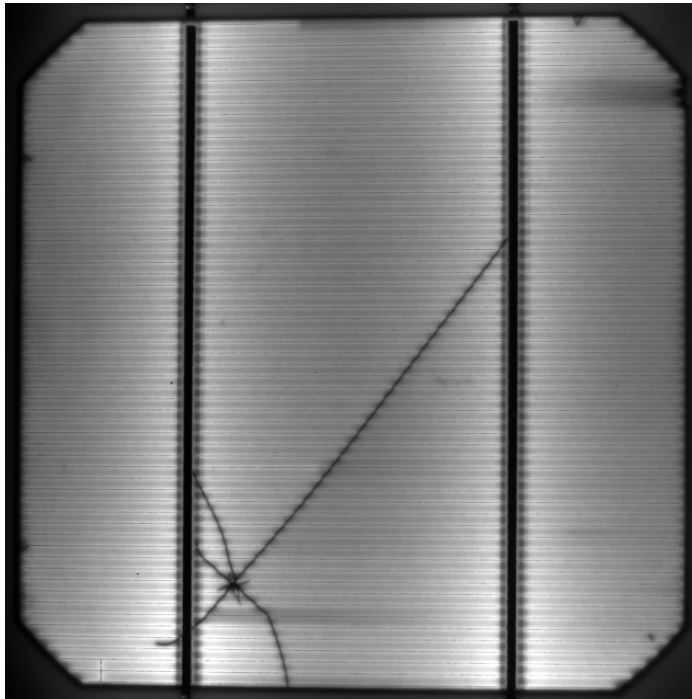


Umbau von Spiegelreflex-Kameras

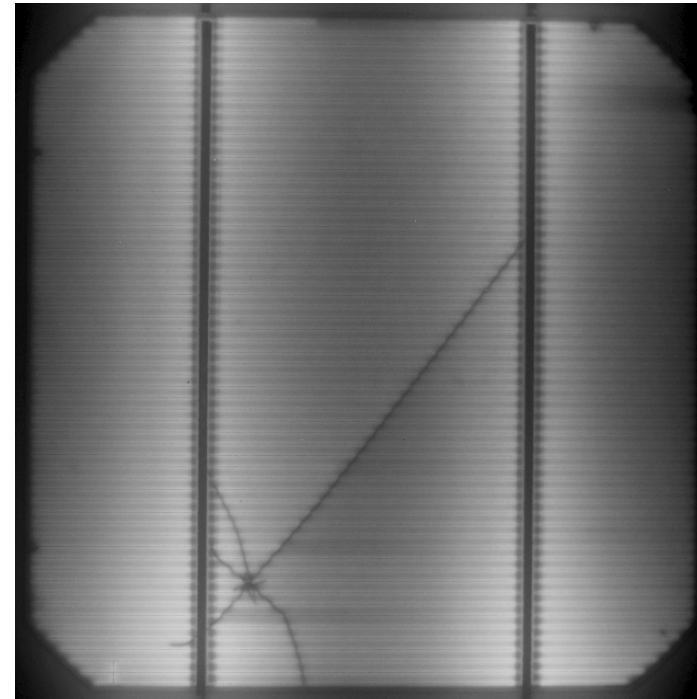


Umbau von Spiegelreflex-Kameras

› Qualitätsvergleich



Spezialkamera (> 12.000 €)



Canon EOS 1100D (300 €)

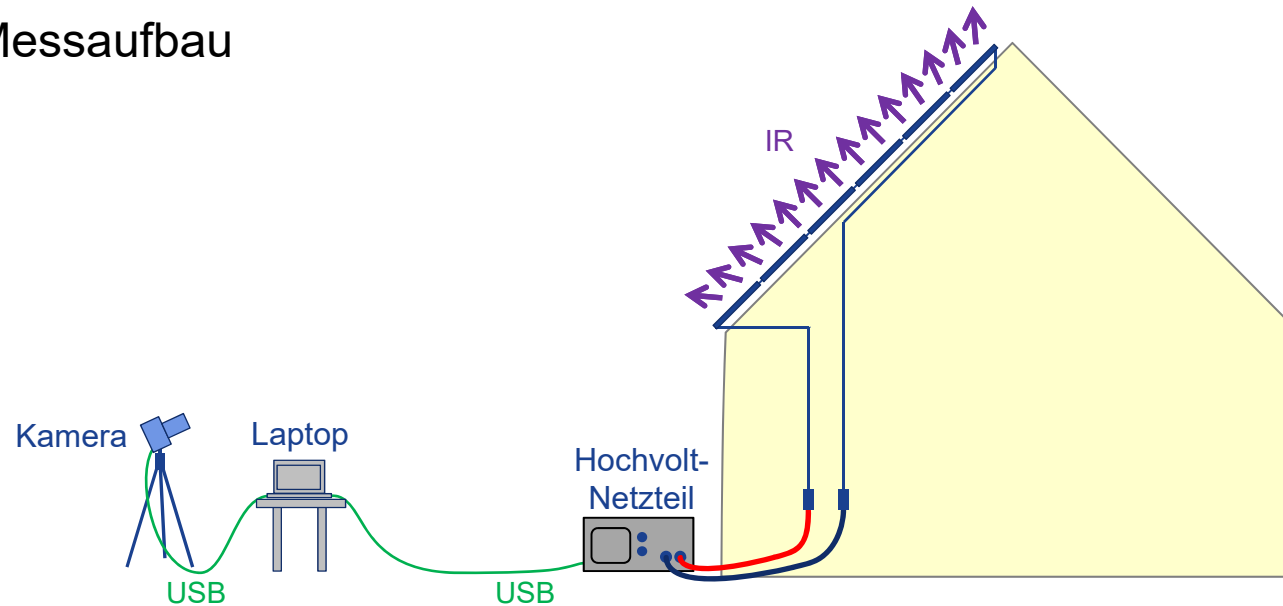
⇒ Absolut ausreichend für die Erkennung von Fehlern

⇒ Auch Videos möglich

Wie werden die Messungen durchgeführt?

Wie werden die Messungen durchgeführt?

› Typischer Messaufbau



- Stringbestromung über Netzteil (z.B. halber Kurzschlussstrom)
- Belichtungszeiten zwischen 0,5 und 5 sek
- Ggf. Differenzbildaufnahme (bestromt, unbestromt)

Wie werden die Messungen durchgeführt?

› Verwendetes Netzteil



„pvServe“:

- $U = 0 - 1000 \text{ V}$, $I = 0 - 5 \text{ A}$, $P_{\text{Max}} = 3,3 \text{ kW}$
- Betreibbar an 230 V - Steckdose
- Fernsteuerbar über USB-Bus

Konkrete EL-Mess-Beispiele

Konkrete EL-Messbeispiele

› Wie sind die Strings verkabelt?

String 1:



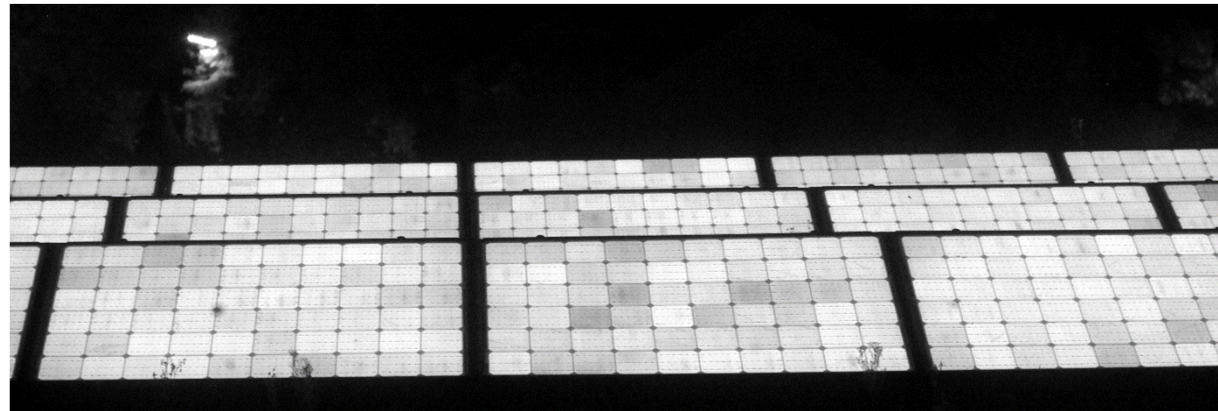
String 2:



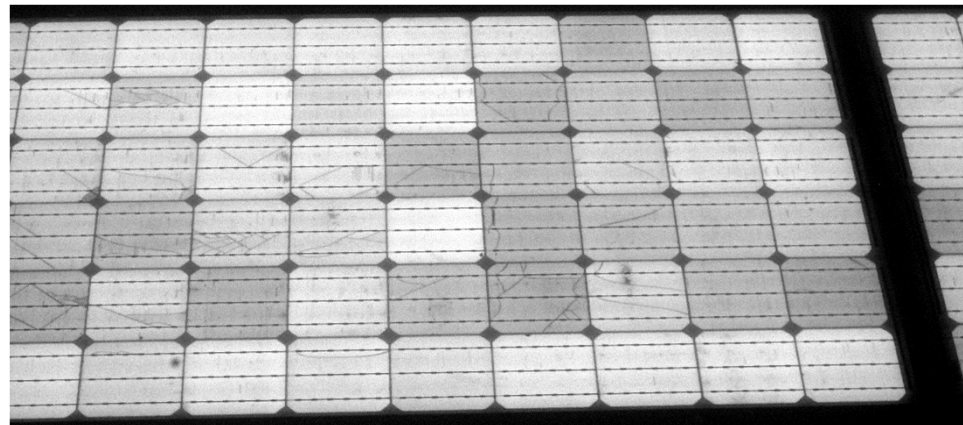
Konkrete EL-Messbeispiele

› Aufnahme Flachdachanlage

Gesamtansicht:



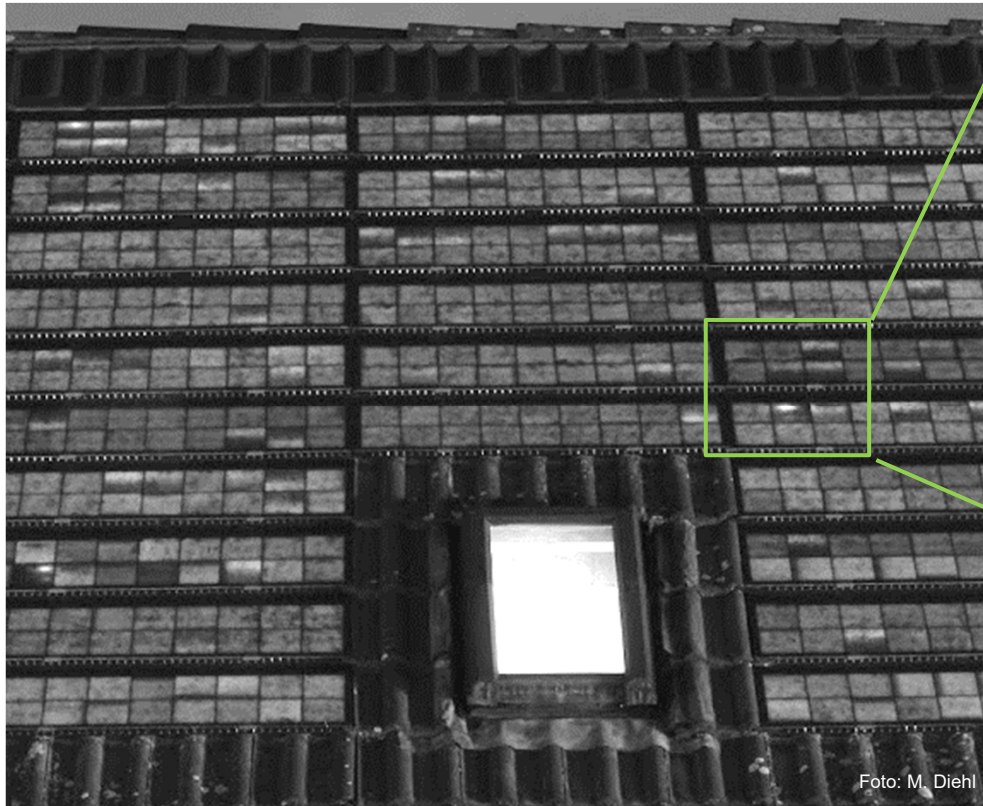
Detailansicht:



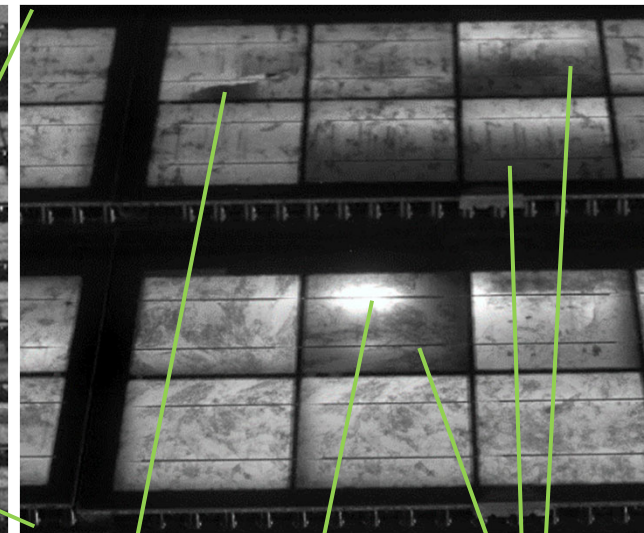
Konkrete EL-Messbeispiele

› Aufnahme Schrägdachanlage

Gesamtaufnahme:



Detailaufnahme:



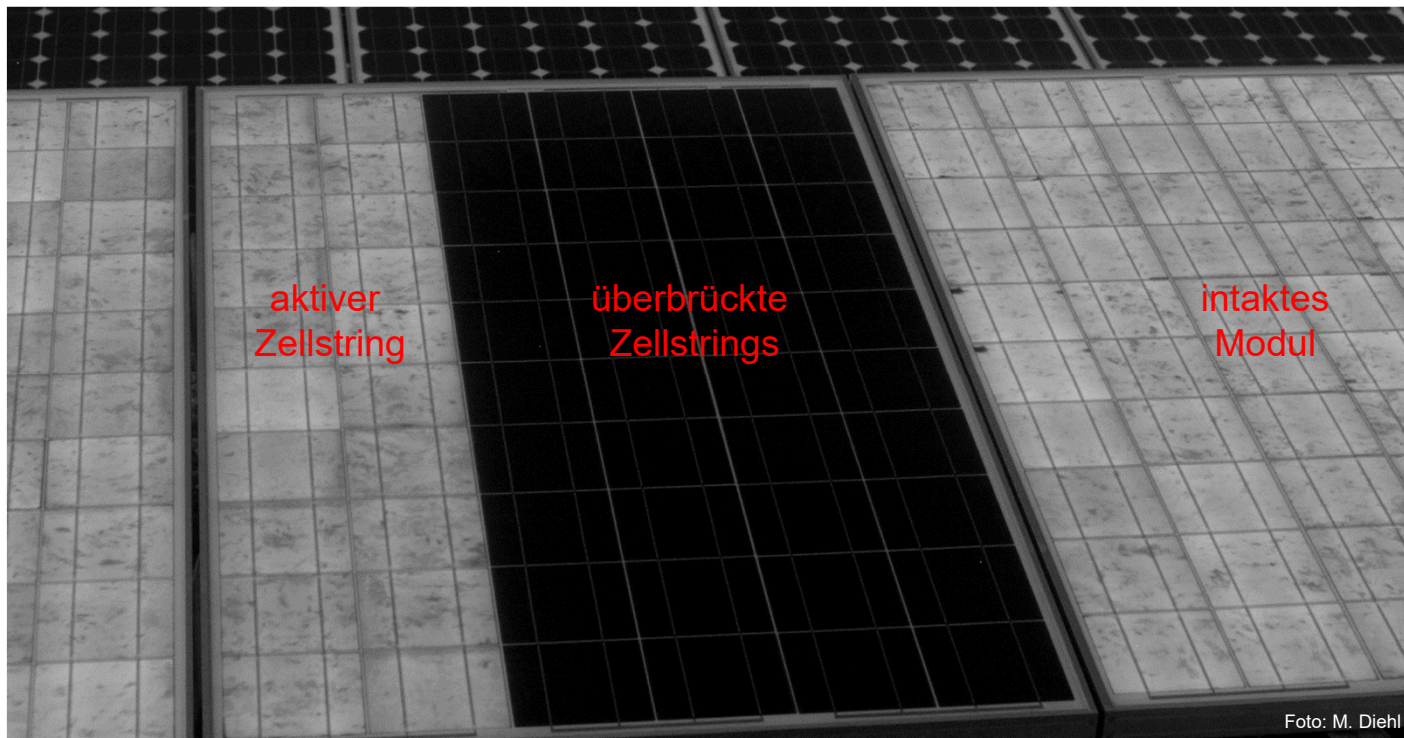
Mikroriss

Hotspot

Inaktive
Zellverbinder

Konkrete EL-Messbeispiele

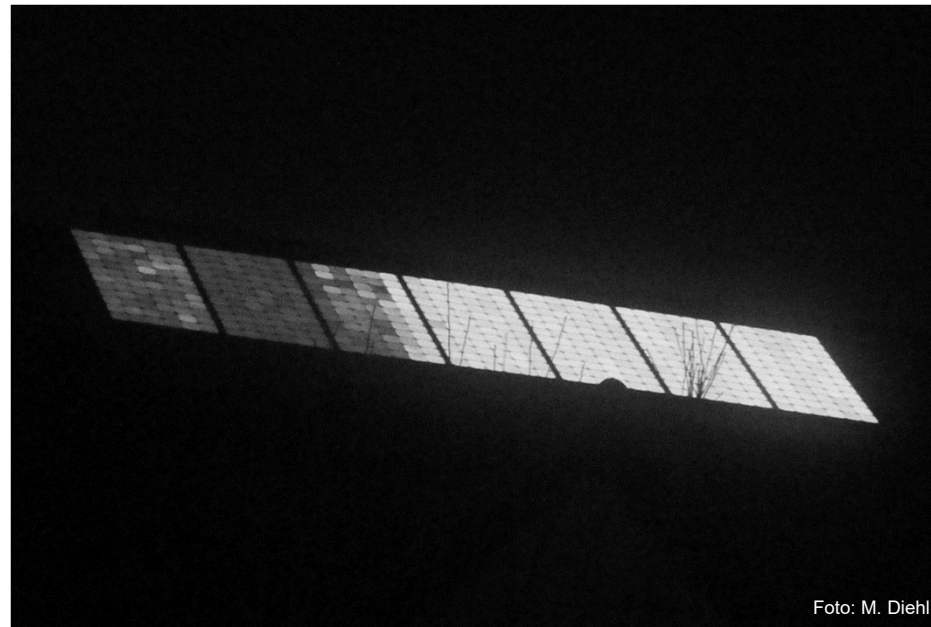
› Was ist hier los?



→ Zwei kurzgeschlossene Bypassdioden...

Konkrete EL-Messbeispiele

› Was ist hier los?



⇒ Potentialinduzierte Degradation von Solarmodulen (PID)

⇒ Effekt ist Vorort eindeutiger zu ermitteln als am Einzelmodul im Labor!

Dunkelkennlinien-Technik

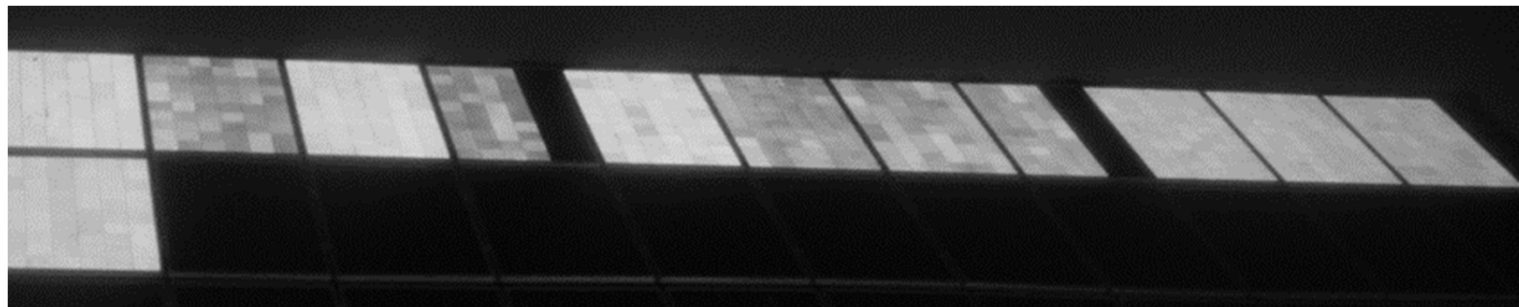
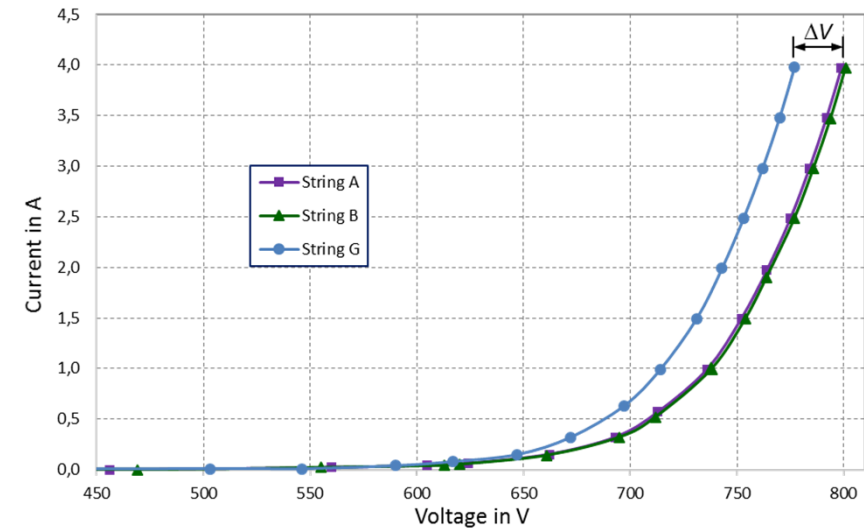
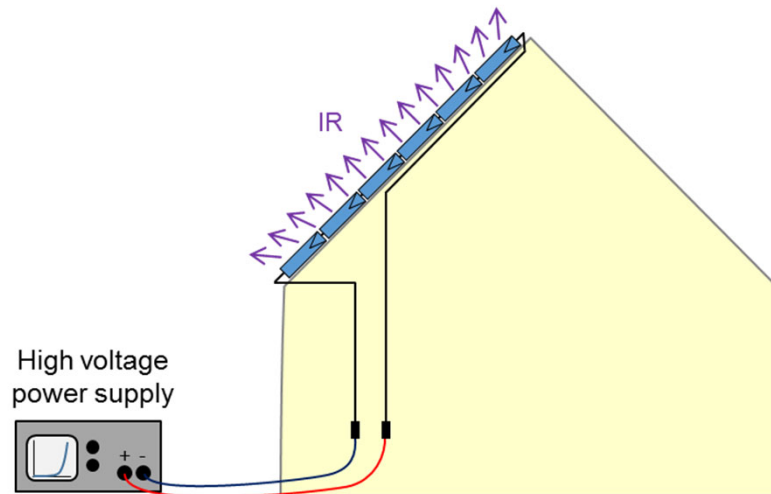
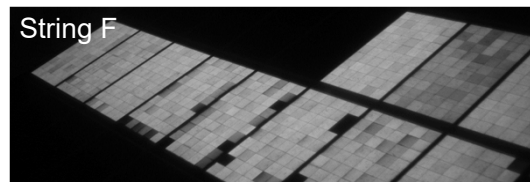
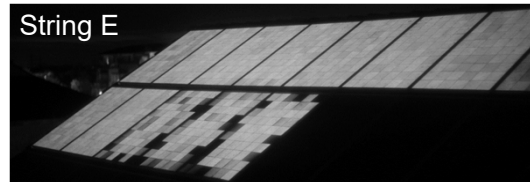
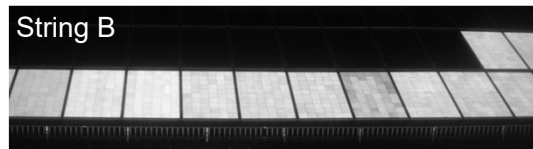
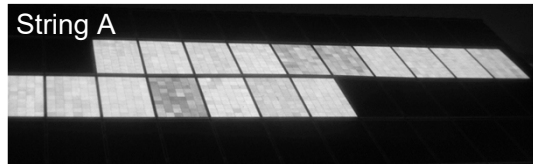
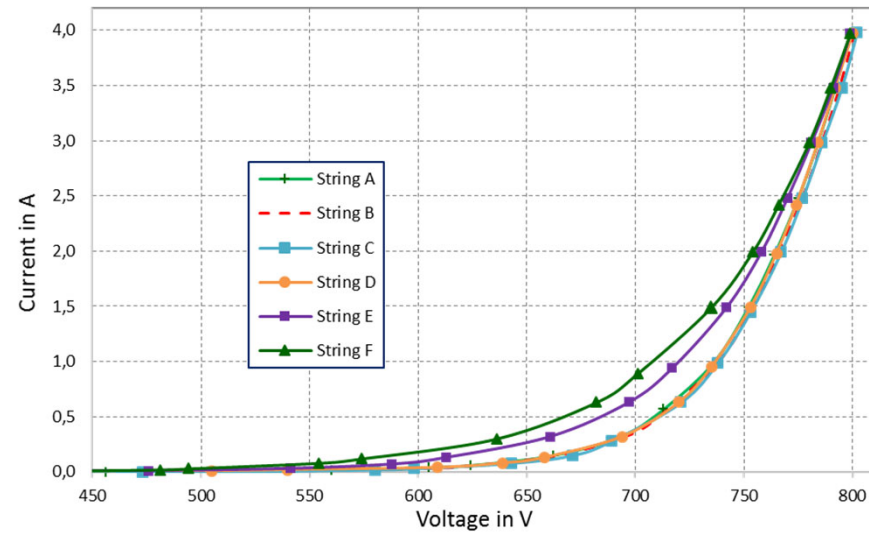


Foto: M. Diehl

→ Zwei kurzgeschlossene Bypassdioden...

Dunkelkennlinien-Technik

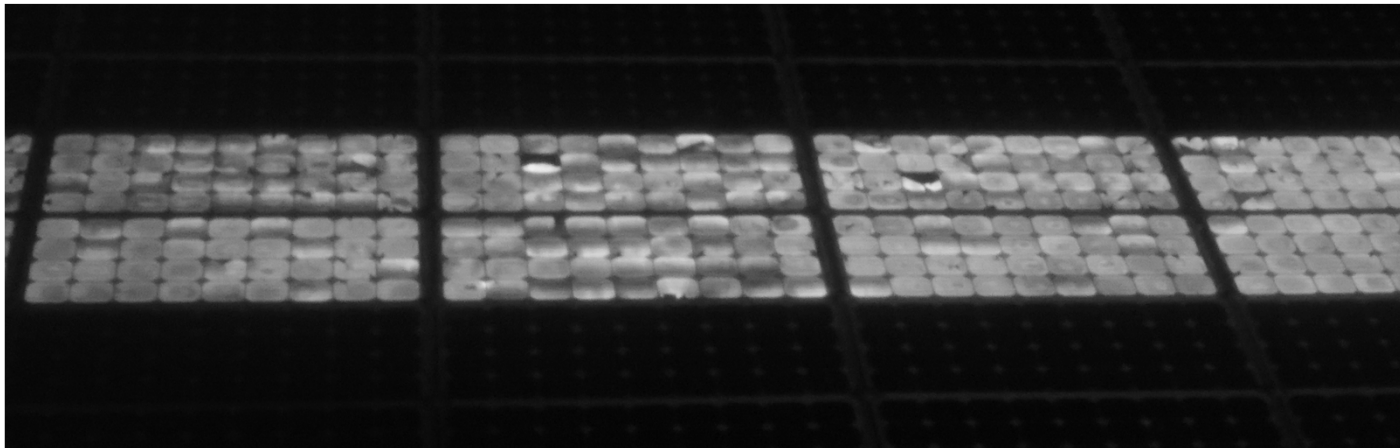
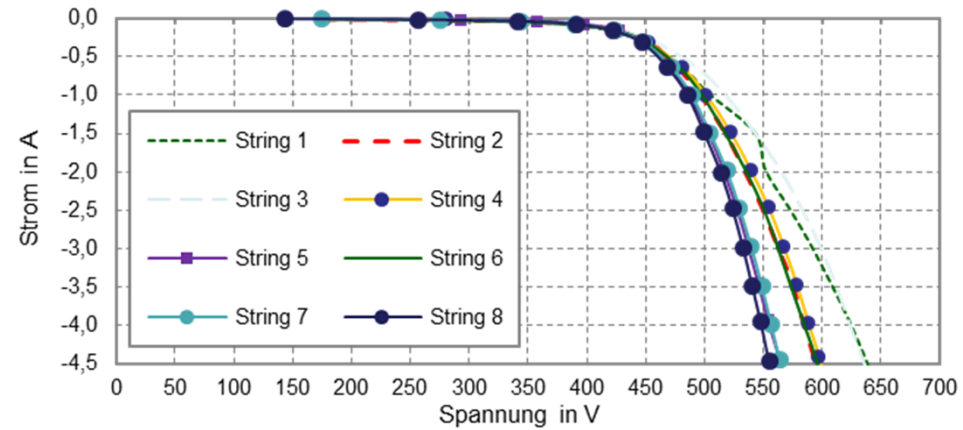


→ PID...

Foto: M. Diehl

Konkrete EL-Messbeispiele

» Was ist hier los?



⇒ Defekte Zellverbinder

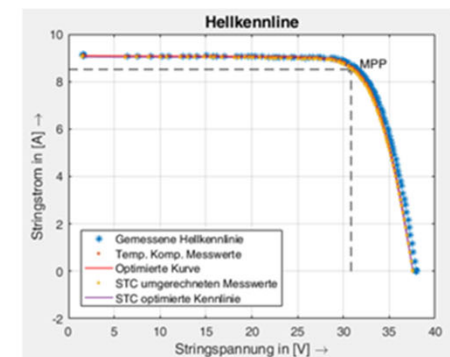
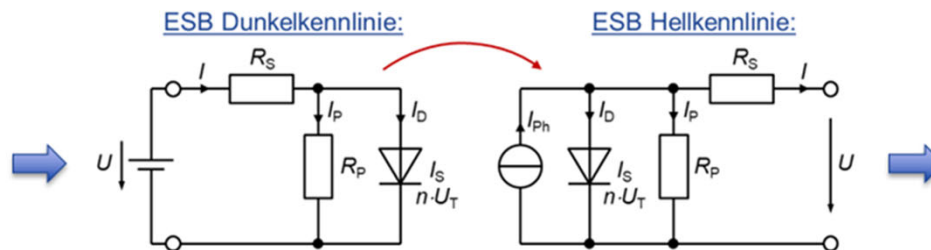
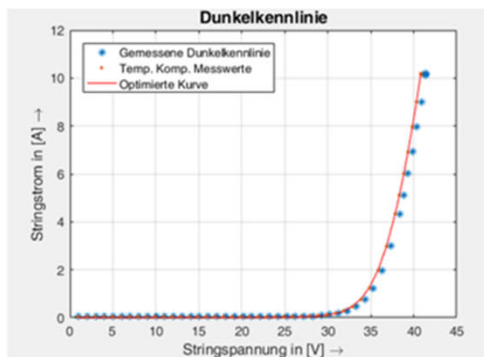
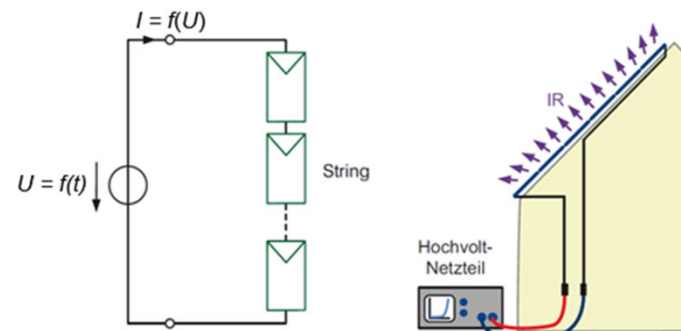
Forschungsprojekt Dunkelkennlinien

K. Mertens, L. Gercken, M. Diehl*), G. Behrens**)

Fortschritte bei der Anlagenevaluation mittels String-Dunkelkennlinienteknik: *Dark2Bright-Methode*

Idee: Prognose der Leistung einer PV-Anlage aus der Dunkelkennlinie

1. Messen der Dunkelkennlinie bei Nacht
(sehr stabile, wiederholbare Bedingungen)
2. Ermittlung der ESB-Elemente der Dunkelkennlinie
3. Übernehmen der Werte in das Hellkennlinien-ESB
4. Prognose der MPP-Leistung



Was kann man damit (mit dem Netzteil) sonst noch anfangen?

Was kann man damit sonst noch anfangen?

- › Schnee abtauen... 😊



Was kann man damit sonst noch anfangen?

- › Schnee abtauen... 😊



Was kann man damit sonst noch anfangen?

- › Schnee abtauen... 😊



Fazit

Fazit

- › Vorort-Modul-Messungen bringen viele Vorteile
- › Umgebaute Spiegelreflex-Kameras zeigen hohe EL-Qualität
- › Outdoor-EL spürt Vielzahl von Fehlerarten eindeutig auf
- › Hochvolt-Netzteil erlaubt weitere Analysen der Anlage
- › Dunkelkennlinientechnik vereinfacht und beschleunigt die Analyse von Photovoltaikanlagen enorm!

Danke für die Aufmerksamkeit!

Quellen:

- [1] Mertens, K.: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Theorie und Praxis, 5. Auflage, Hanser Verlag, 2020
- [2] Mertens, K., Stegemann, Th., Stöppel, T.: LowCost EL: Erstellung von Elektrolumineszenzbildern mit einer modifizierten Standard-Spiegelreflexkamera, 27. Symposium Photovoltaische Solarenergie, S. 214-219, Staffelstein, 2012
- [3] Köntges, M. et al.: Elektrolumineszenzmessung an PV-Modulen, ep Photovoltaik aktuell, Heft 7–8/2008, S. 36–40