
WELCHE FAKTOREN BESTIMMEN DIE LEBENSDAUER EINER ANLAGE UND WELCHE PERSPEKTIVEN ERGEBEN SICH DARAUS FÜR SOLARANLAGEN



Michael Koehl

Fraunhofer Institute for Solar Energy
Systems ISE

www.ise.fraunhofer.de

October, 2016

Bestandteile einer Solaranlage

PHOTOVOLTAIK-MODULE:

- Kristalline Siliziumzellen (ca 90% Marktanteil)
- Dünnschichtmodule
 - Cadmiumtellurid
 - CadmiumIndium(gallium)selenid
 - Amorphes silizium (am Aussterben)
 - Mehrschichtsysteme

VERKABELUNG

- Verbindung zwischen Modulen zu sogenannten Strings
- Verbindung zum Wechselrichter

WECHSELRICHTER

- Wandler vom Gleichstrom zu Wechselstrom bei 240V

Aufbau eines PV-Moduls aus kristallinen Silizium Zellen

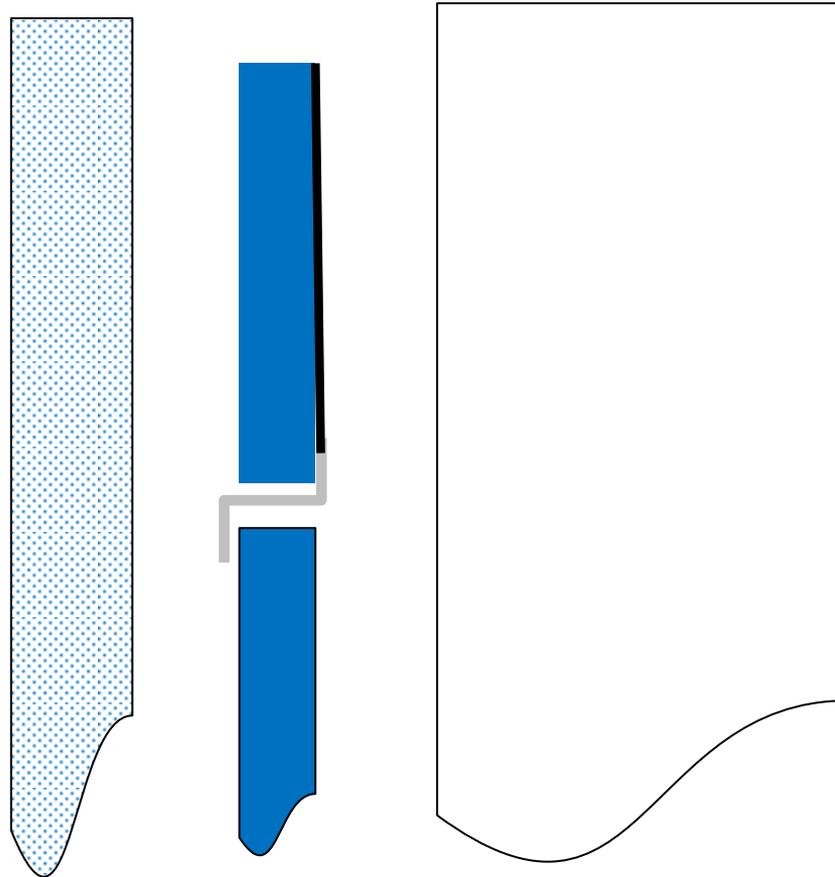
Rückseitenfolie (0,3mm) Einkapselungsmaterial (2*0,3 mm) Verglasung (3,2 mm)

Zelle (0,2mm)



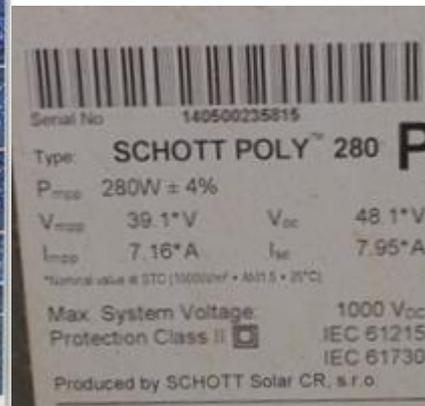
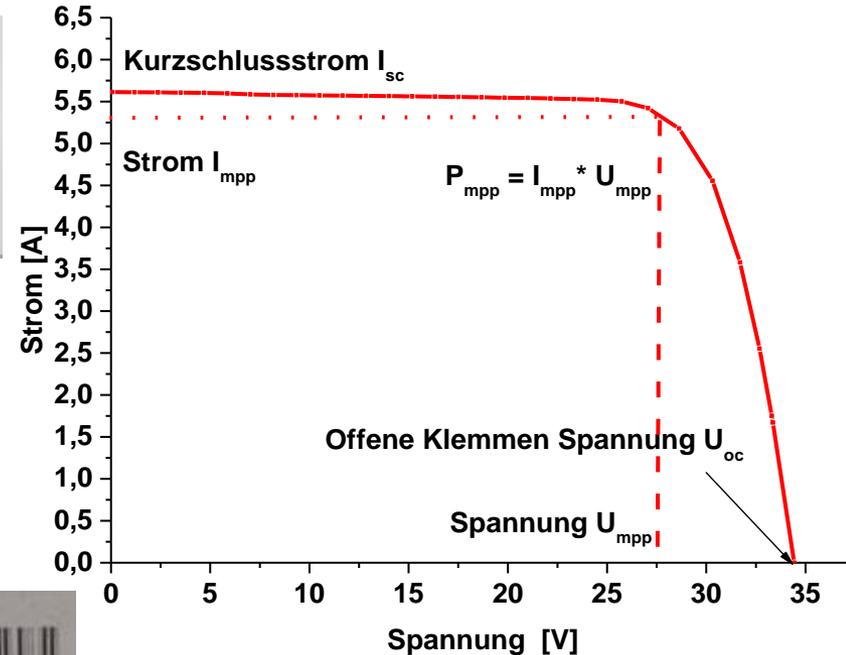
6" = 15,24cm

Anschlussdose mit
Kabeln
Beipassdiode



Aufbau eines PV-Moduls aus kristallinen Silizium Zellen

Reihenschaltung von 30 bis 32 Zellen (Zelle ist Diode in Sperrrichtung)
und Parallelschaltung von 3 Strings => 3 Bypassdioden in der Anschlussdose

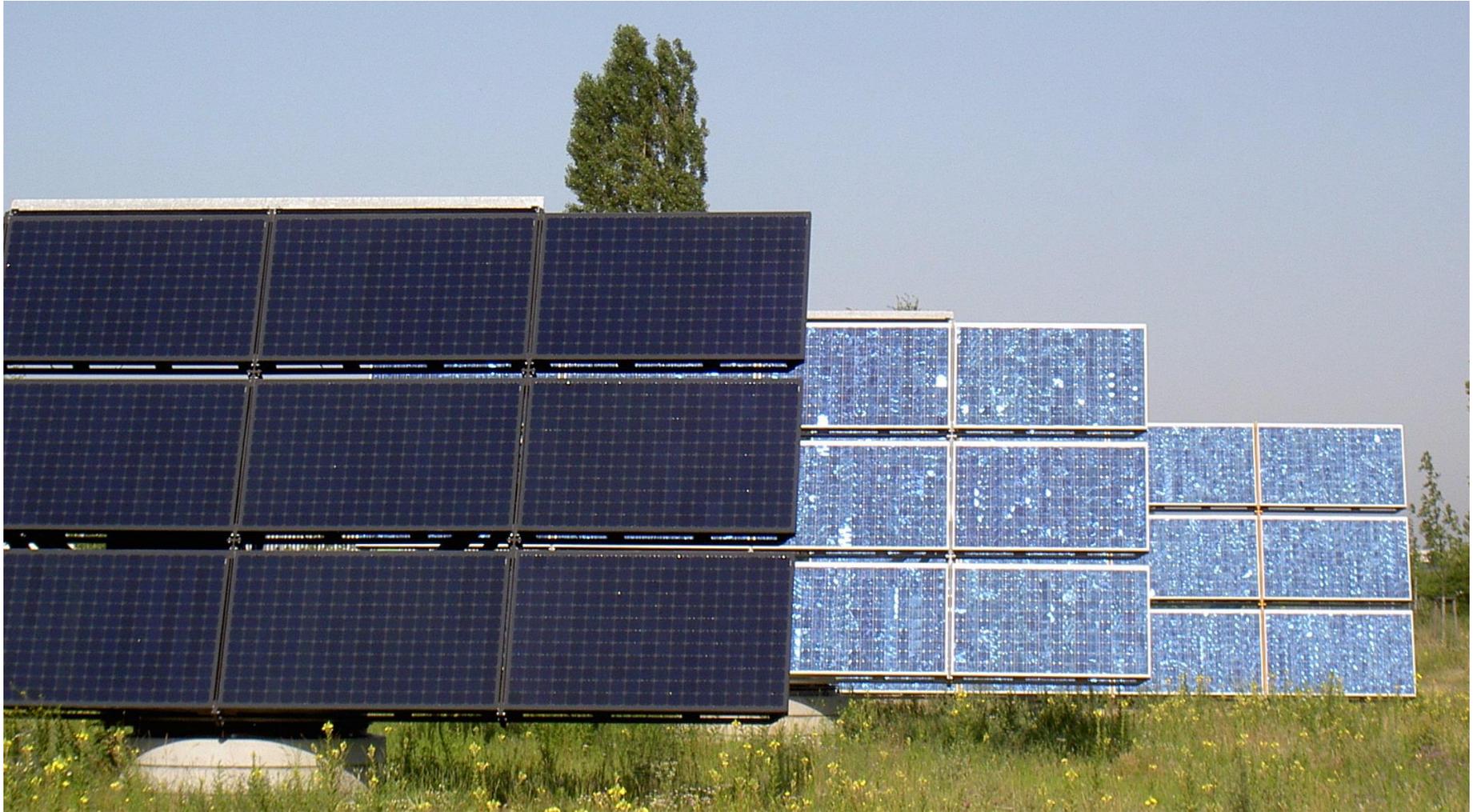


Leistungsmessung durch variable elektronische Last während eines Lichtblitzes

Aufbau eines PV-Moduls aus kristallinen Silizium Zellen

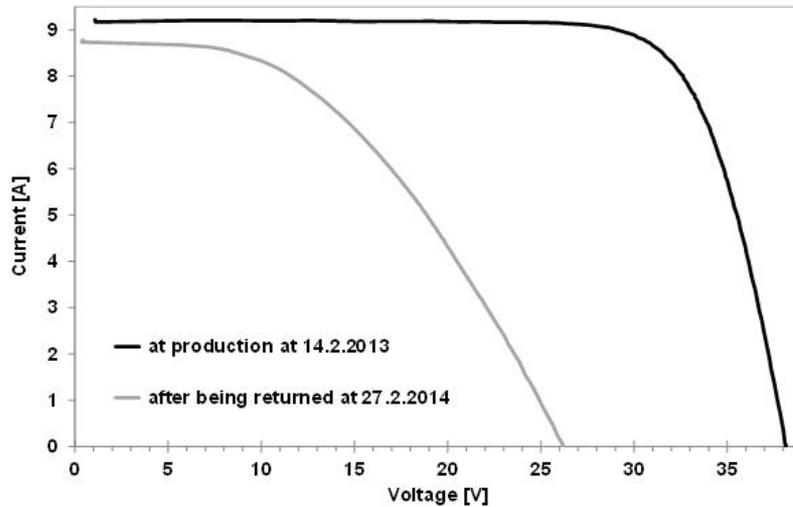
Mono-kristalline

Poly-kristalline

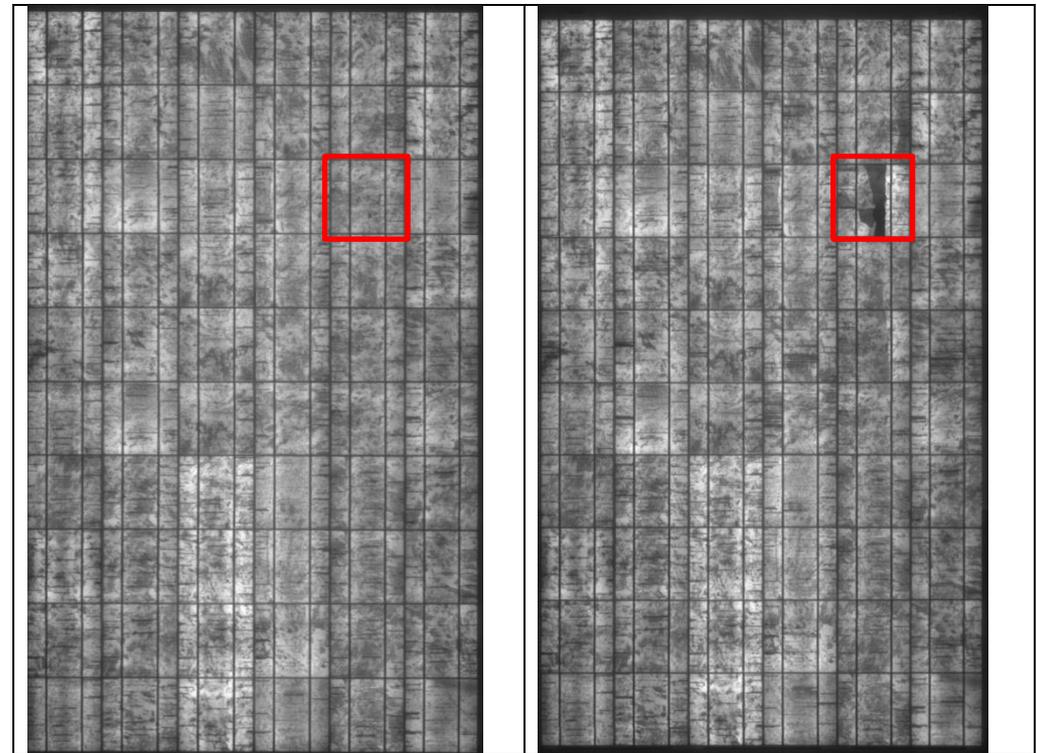


Fehleranalyse eines PV-Moduls aus kristallinen Silizium

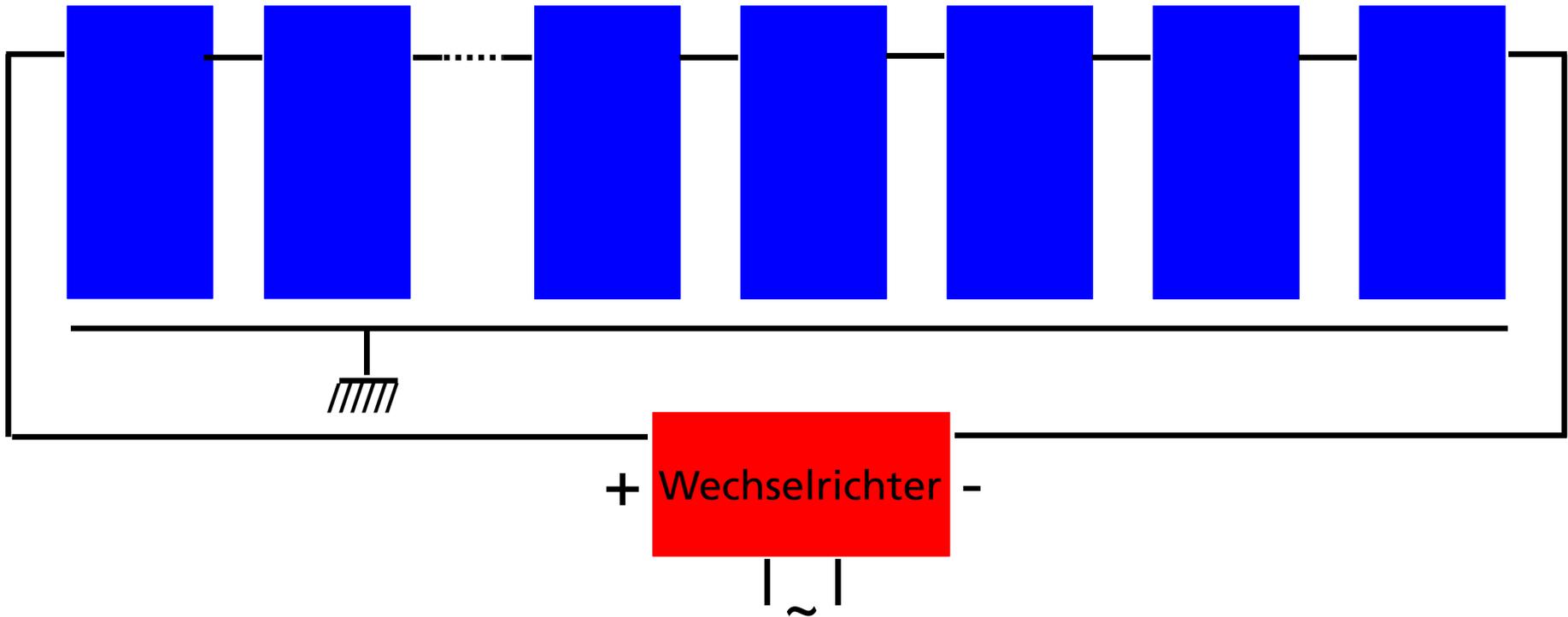
Kennlinien/Leistungsdaten



Elektrolumineszenz



Modulstring durch Reihenschaltung möglich bis zur maximalen Systemspannung (1000V)



PV-Anlagen



Individualanlagen

2kW – 50 kW

Endverbraucher



PV-Anlagen

Kraftwerke

Ca. 50 kW – x MW

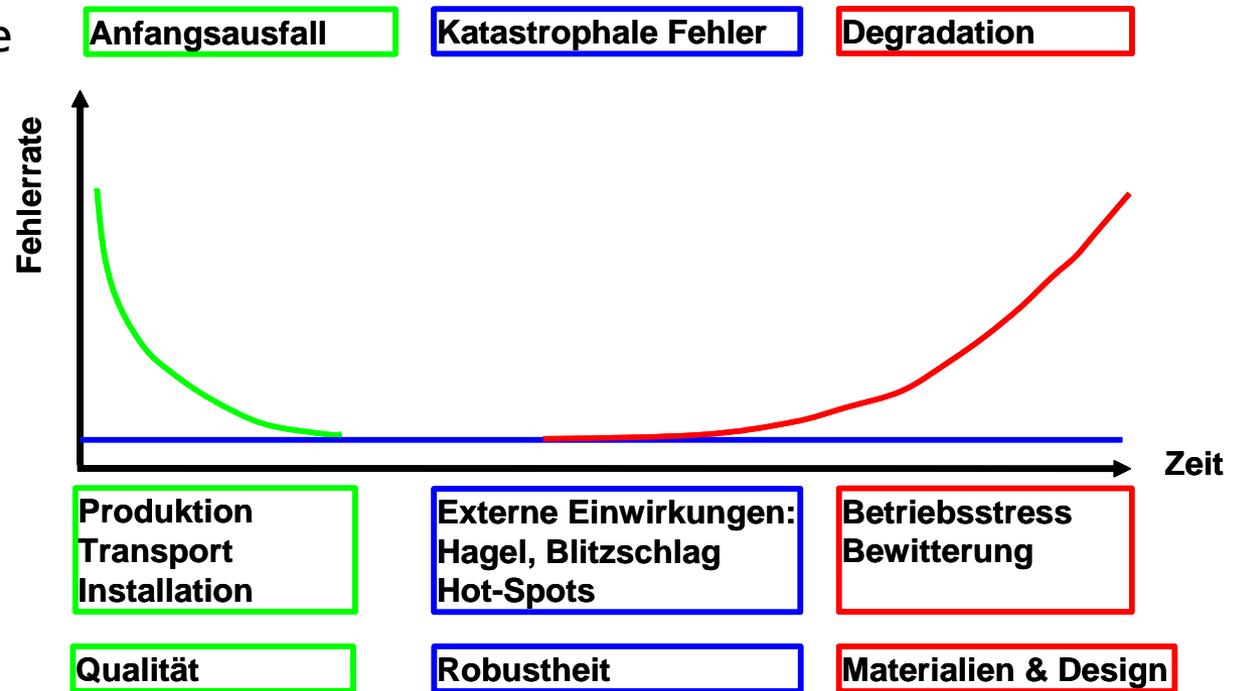
Investoren



Zuverlässigkeit

Qualitätssicherung durch die Typzulassungsprüfungen (IEC 61215 and IEC 61730)

- Wenig frühzeitige Ausfälle
- Allerdings keine Gebrauchsdauerabschätzung



Robustheit zur Vermeidung katastrophaler Fehler ist in der Regel zu teuer

Die Degradation durch Verschleiß führt zu einer kontinuierlichen Verminderung der Leistungsfähigkeit bis zum definierten Gebrauchsdauerende.

1. Phase (0 – 5 Jahre)

- Produktionsfehler
- Transportschäden
- Installationsfehler
- Planungsfehler

Gewährleistung durch Installateur und Hersteller

2. Phase (0 – 25 Jahre)

- Katastrophen (Blitz, Hagel, Sturm etc.)

Versicherung, soweit vorhanden

3. Phase (5 – 25 Jahre)

Verminderung der Leistungsfähigkeit (im Durchschnitt etwa 0,5% pro Jahr) bis zum Gebrauchsdauerende bei 20% nach 25 Jahren.

1. Installations- und Planungsfehler

- Teilverschattung
- Fehlanpassung
- Systembedingte Materialprobleme (Potentialinduzierte Degradation)

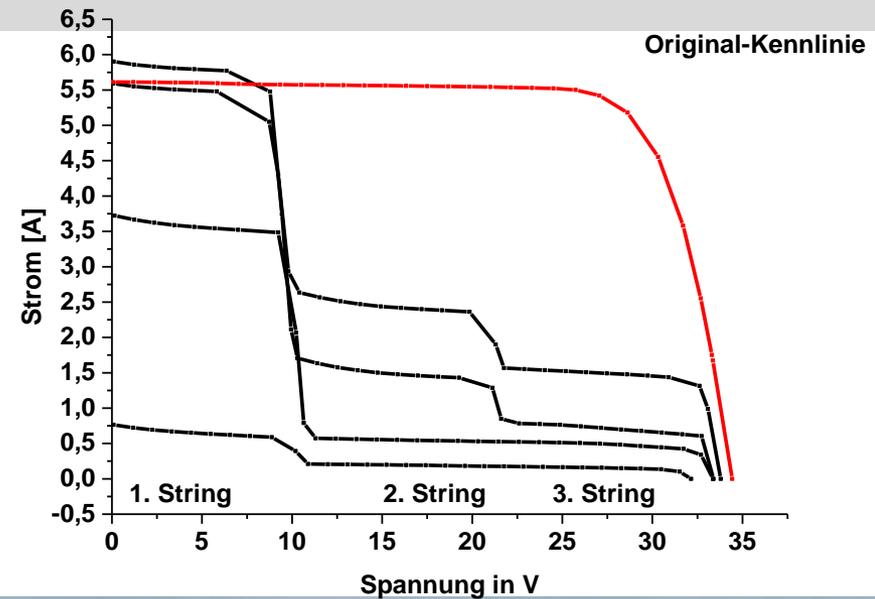
Teil-Verschattung

Bäume, Schnee, Vogel-Hinterlassenschaften

Führen zunächst zu regenerierbaren Ertragsminderungen,

Langfristig zu Hot-Spots oder Zerstörung der Bypass-Dioden

Kennlinien eines Moduls unterschiedlich stark mit Schnee bedeckt



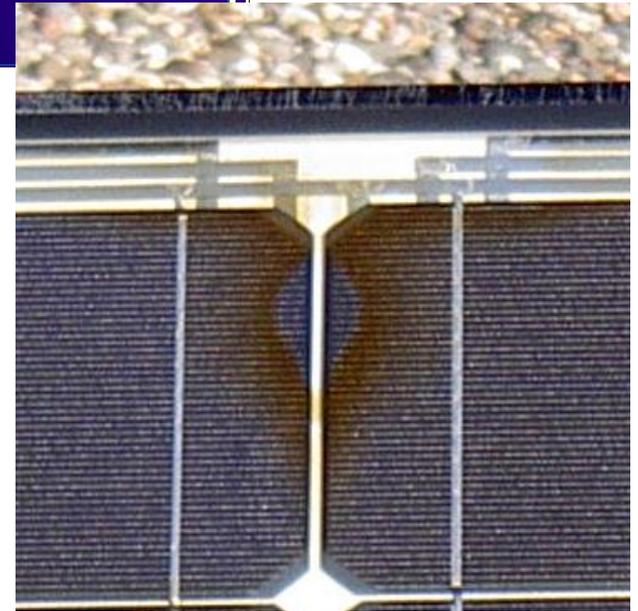
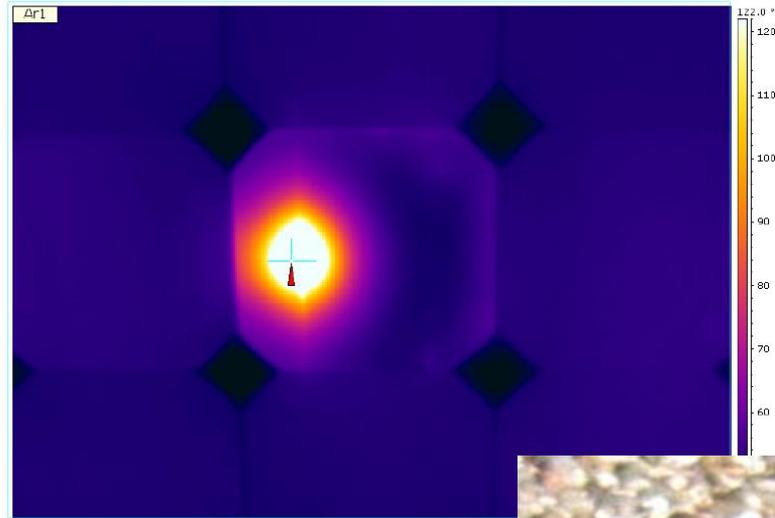
Teil-Verschattung

Bäume, Schnee, Vogel-Hinterlassenschaften

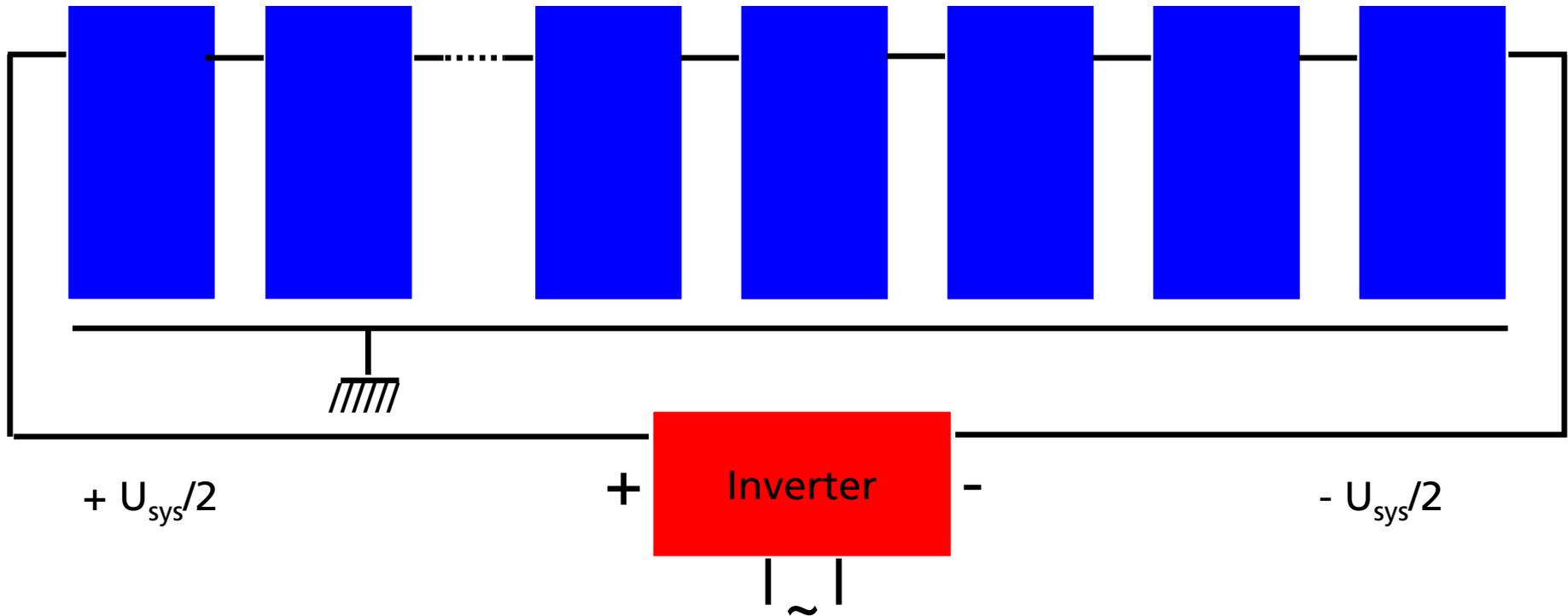


Hot spots

Hot-spots

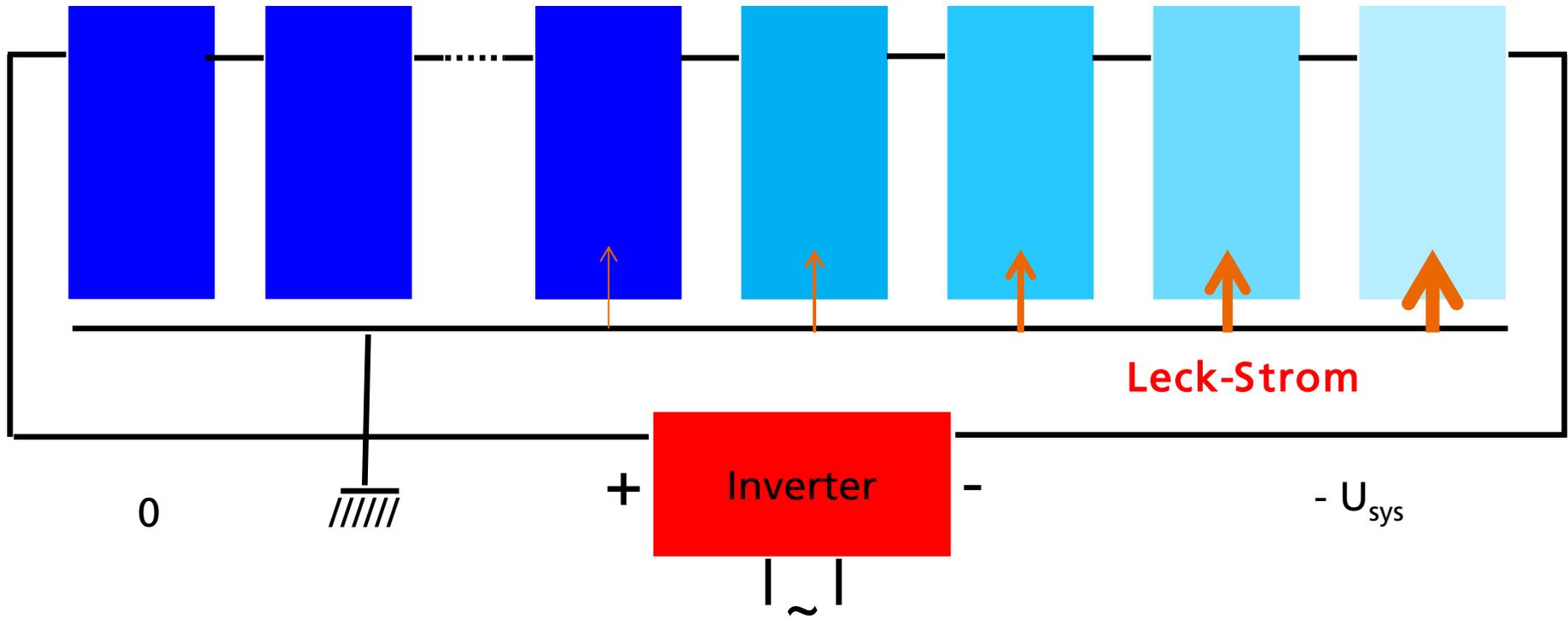


Potenzial-Induzierte Degradation - PID



Transformatorlose Wechselrichter teilt das Potenzial symmetrisch auf

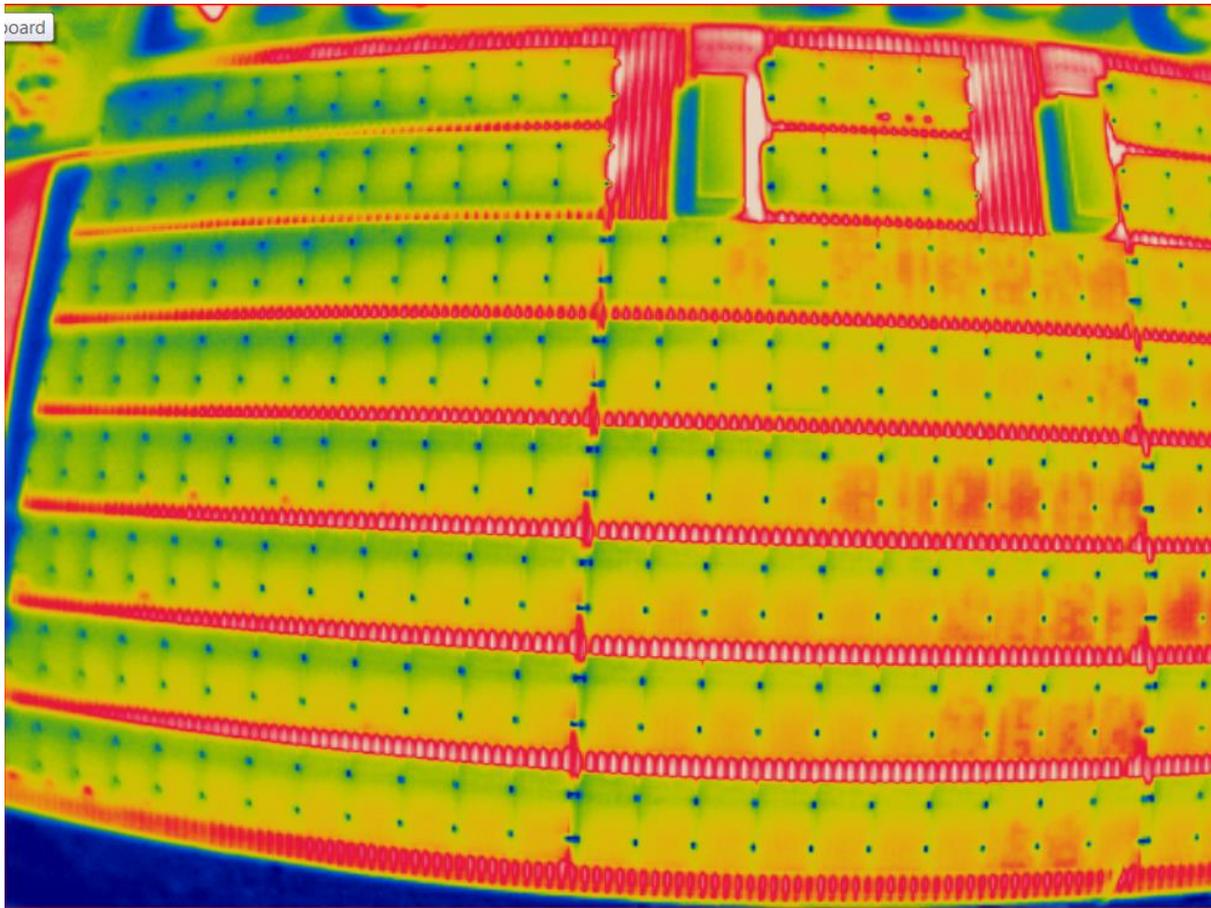
Potenzialinduzierte Degradation



Leck-Strom durch die Migration von Natrium-Ionen aus der Verglasung in die Zelle

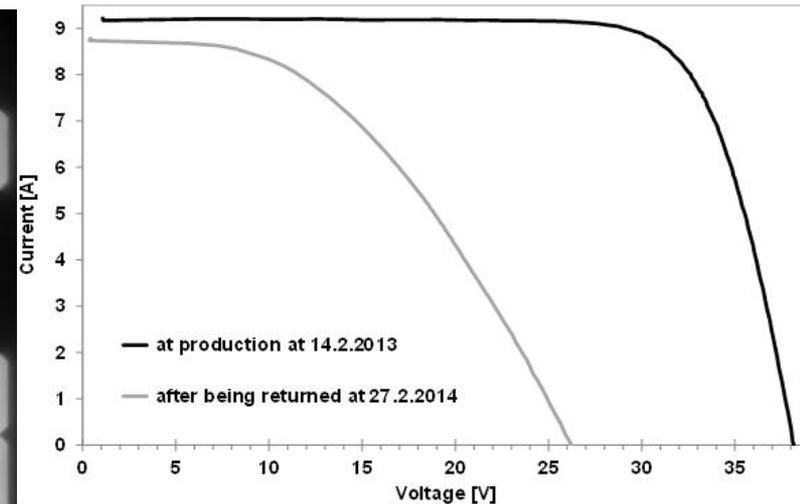
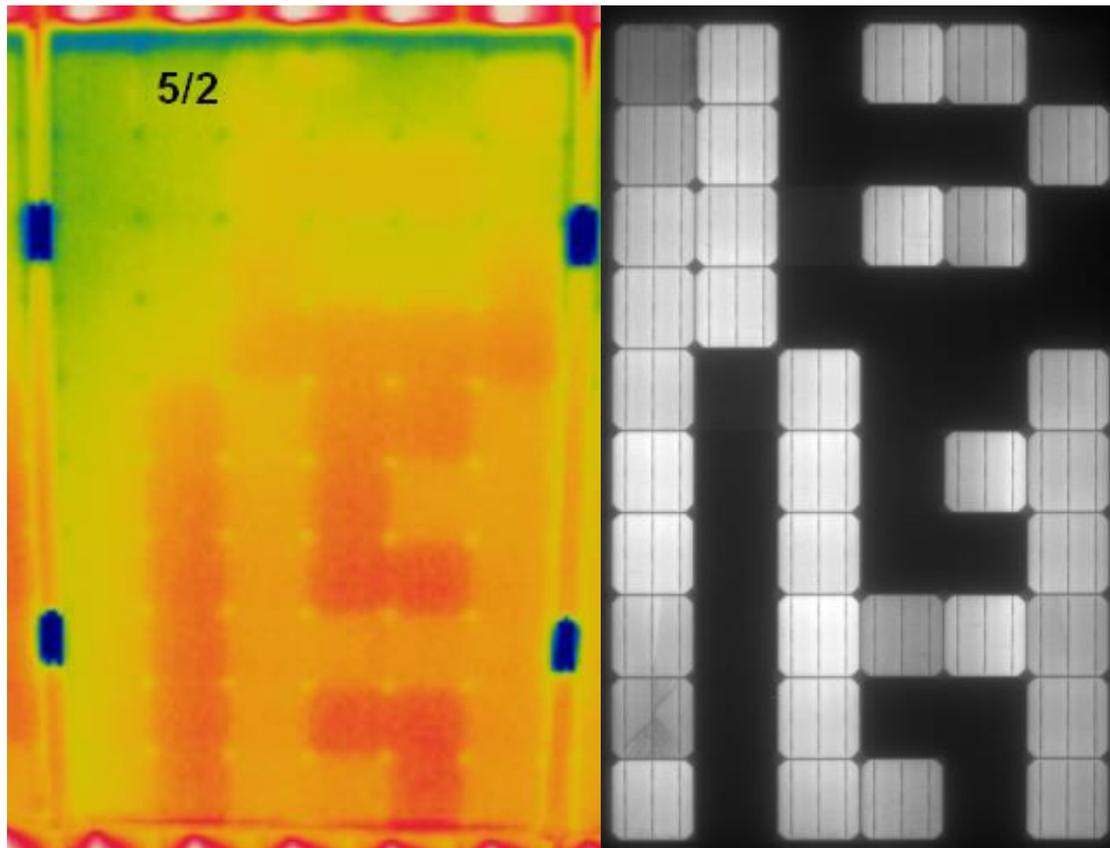
Noch ungünstiger ist die Erdung des Plus-Poles und ein hohes negatives Potenzial

Potenzialinduzierte Degradation



Thermografie einer Anlage von Thomas Kaden, Fraunhofer ISE

Potenzialinduzierte Degradation



Thermografie eines PID-geschädigten Moduls von Thomas Kaden, ISE im Vergleich mit einer Elekrolumineszenz-Aufnahme von Peter Bentz, Solarfabrik

„Schnecken“spuren

Lokale Verfärbungen durch Grid-Korrosion infolge Migration von Wasserdampf und Sauerstoff- durch Zellrisse

Möglichkeit von Leistungseinbussen noch ungeklärt



2. Phase (0 – 25 Jahre)

- Ersatz des Wechselrichters nach 10-12 Jahren und nach 25 Jahren bei Weiterbetrieb
- Katastrophen (Blitz, Hagel, Sturm etc.)

Problem ist Ersatz einzelner defekter Module durch gleiche Bauart/Leistungsklasse zur Vermeidung von Leistungsverlusten und Stress durch Fehlanpassung.

Evtl. überbrücken und mit offenen Klemmen auf dem Dach lassen



3. Phase (5 – 25 Jahre)

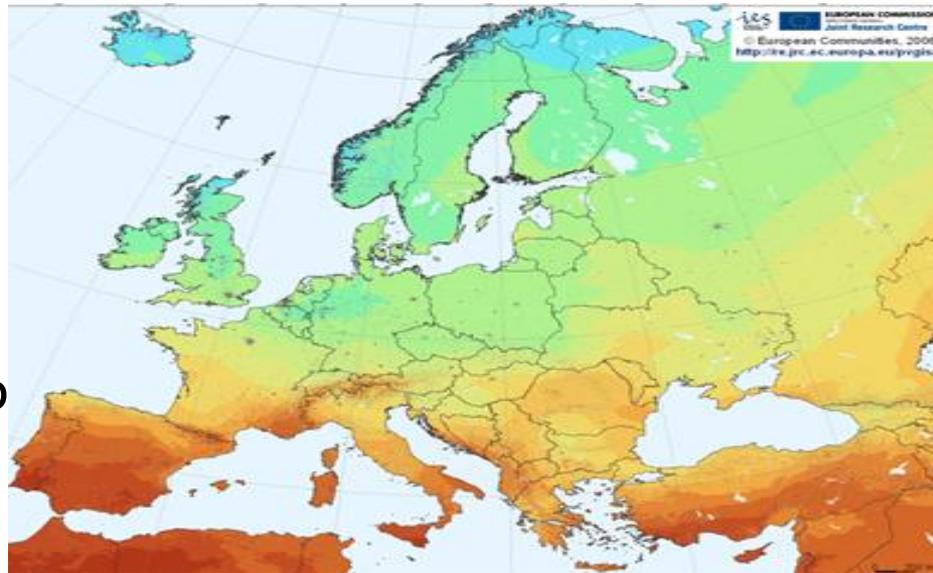
Verminderung der Leistungsfähigkeit (im Durchschnitt etwa 0,5% pro Jahr) bis zum Gebrauchsdauerende bei 20% nach 25 Jahren.

Kriterium: Performance ratio := Tatsächliche Leistung/Nennleistung

Möglichst Vergleich
mit Startbedingungen

Hängt von den lokalen Klimaten ab
(PVGIS zu Rate ziehen:

<http://www.photovoltaik-web.de/photovoltaik/ertragsprognose/pvgis/pvgis.html>)



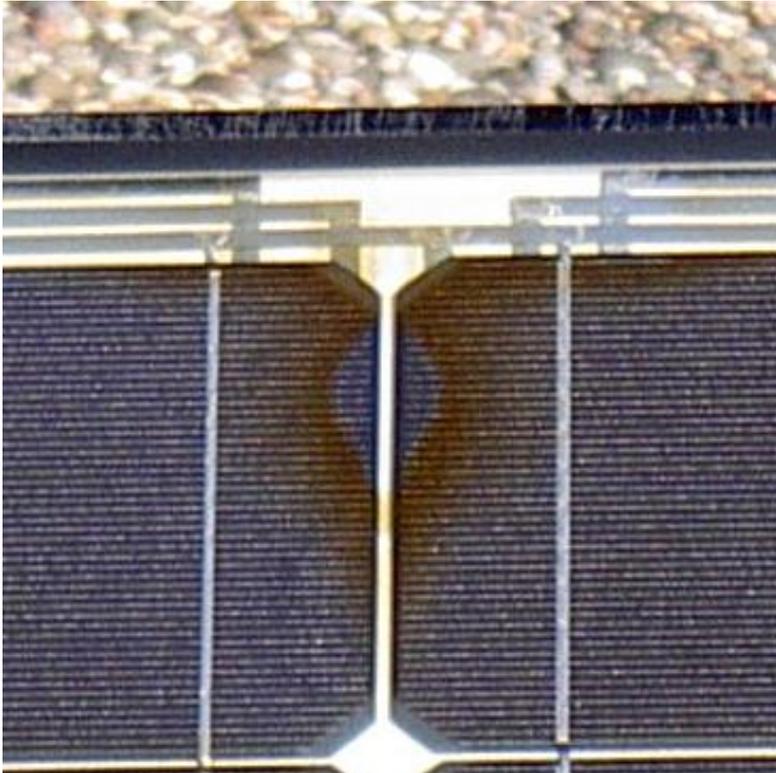
3. Phase (5 – 25 Jahre)

Verminderung der Leistungsfähigkeit (im Durchschnitt etwa 0,5% pro Jahr) bis zum Gebrauchsdauerende bei 20% nach 25 Jahren.

Weiternutzung bei individuellen Kleinanlagen meistens sinnvoll, da noch immer 80% der Modul-Leistung vorhanden ist und sie abgeschrieben sind

Weiternutzung von Kraftwerken im second-hand Markt wenn genügend Restwert vorhanden

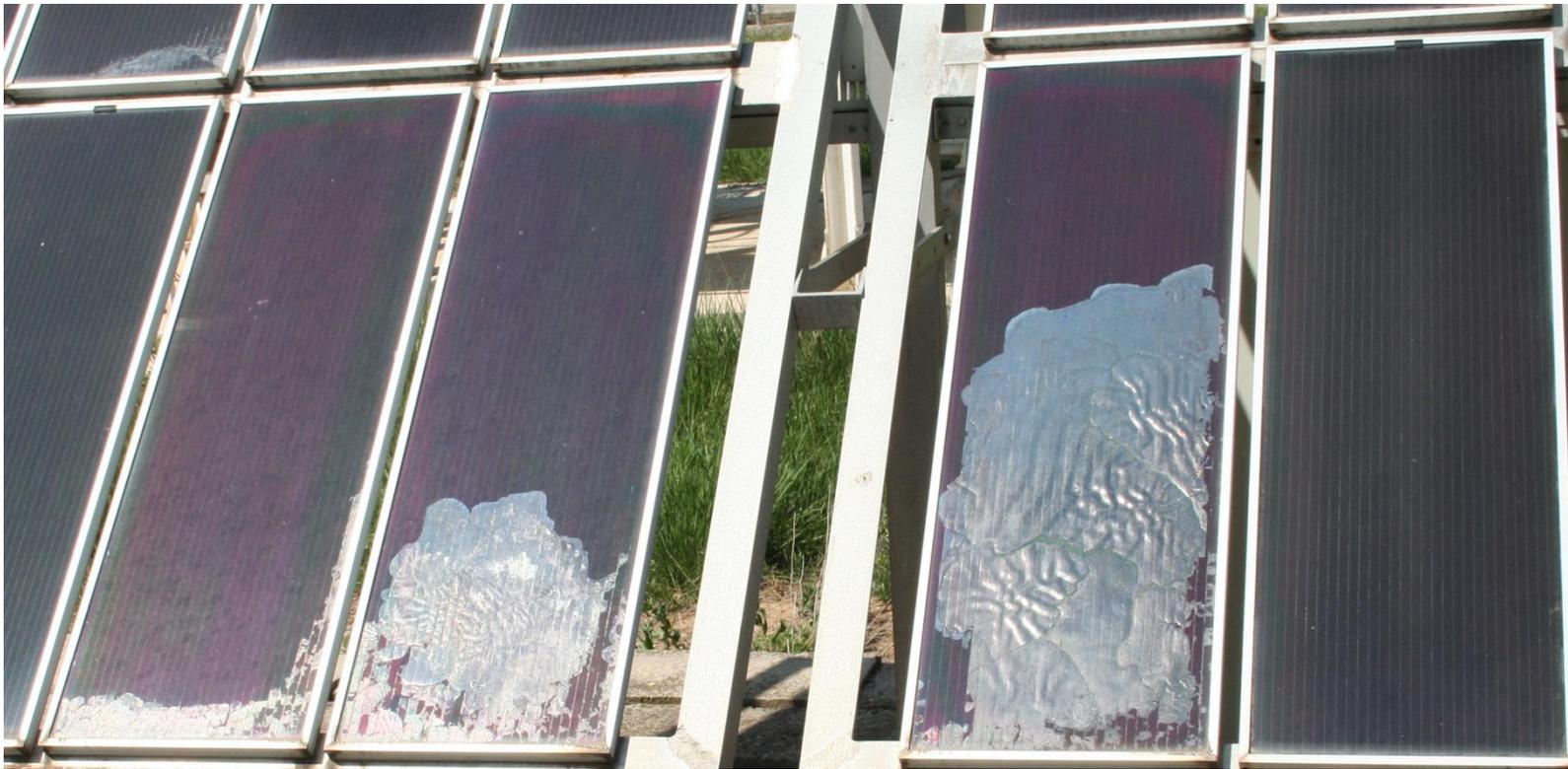
Modulverschleiß durch Betrieb und Bewitterung



Verfärbung durch Überhitzung in der Anschlussdose

Modulverschleiß durch Betrieb und Bewitterung

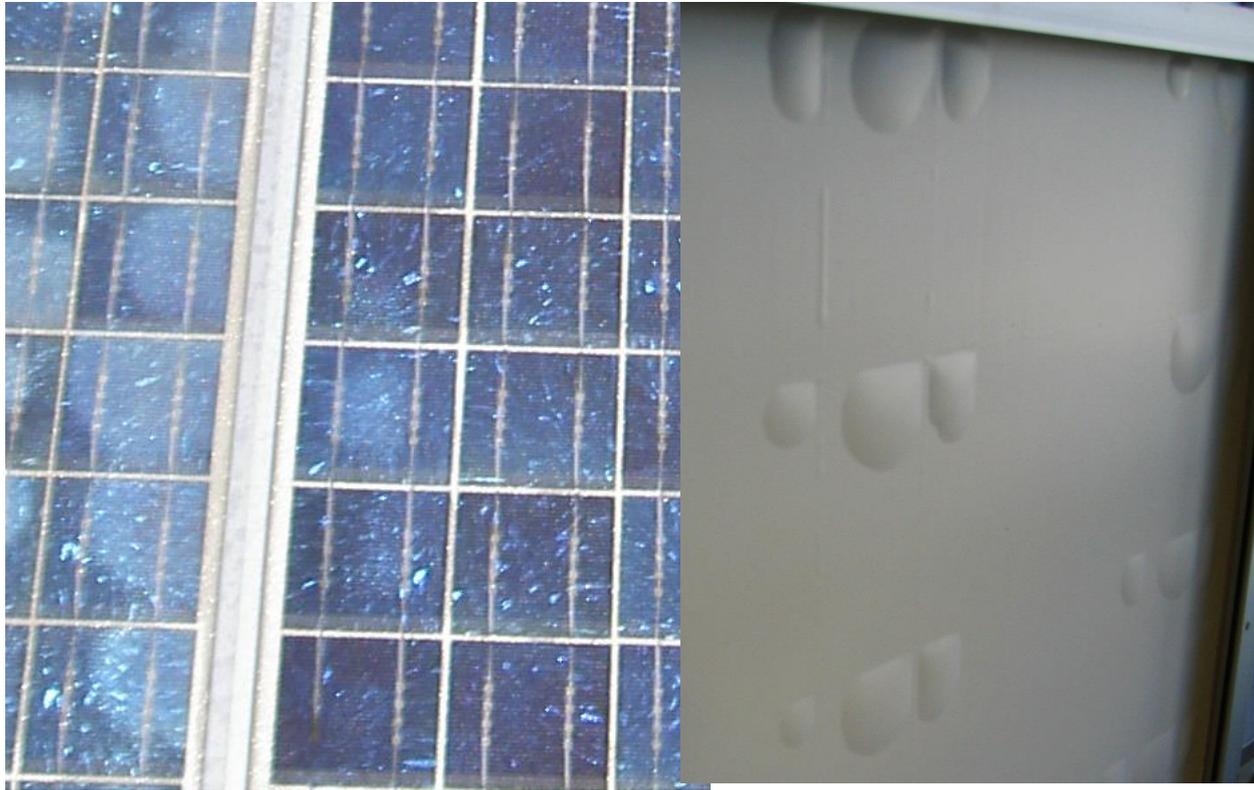
Delamination bei Dünnschichtmodulen



Modulverschleiß durch Betrieb und Bewitterung

Delamination bei c-Si Modulen

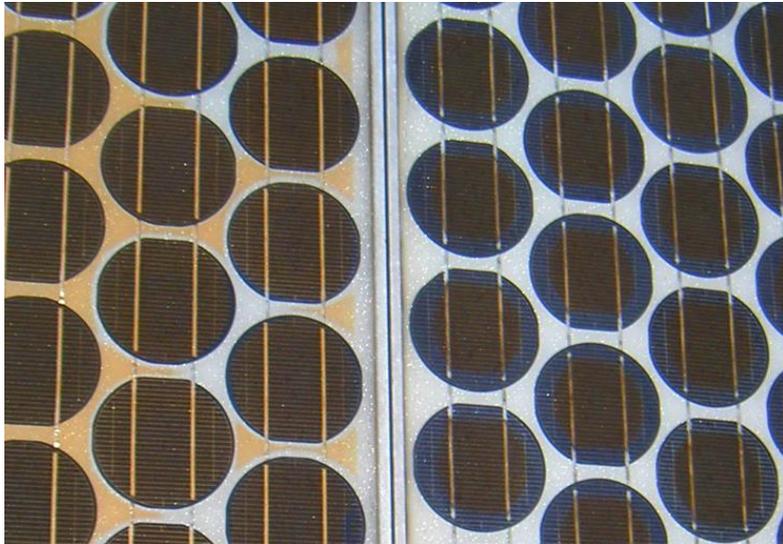
- Geringfügige optische Verluste
- Bedenken für elektrische Sicherheit



Modulverschleiß durch Betrieb und Bewitterung

Verfärbung des Verkapselungsmaterials

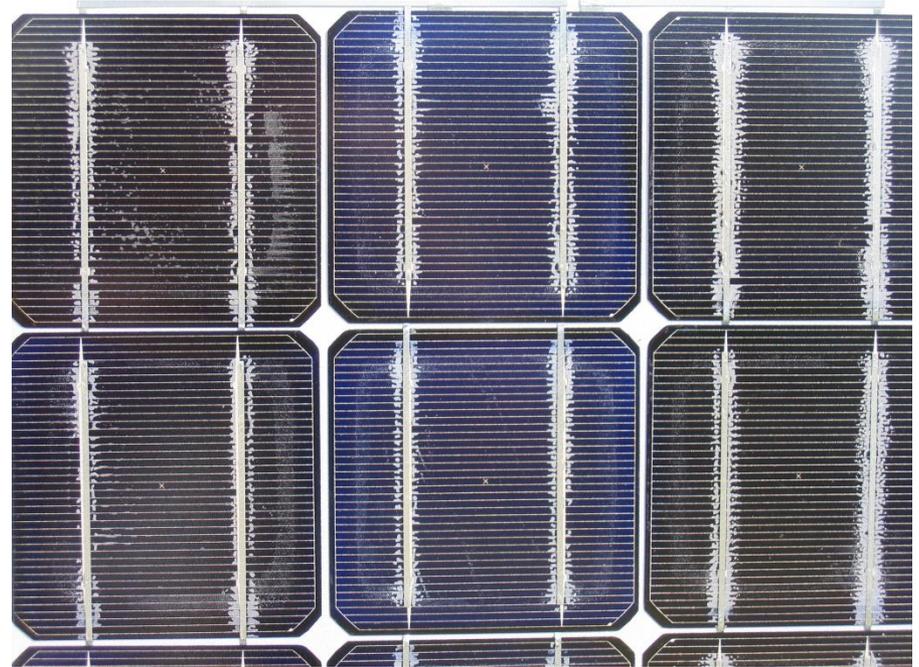
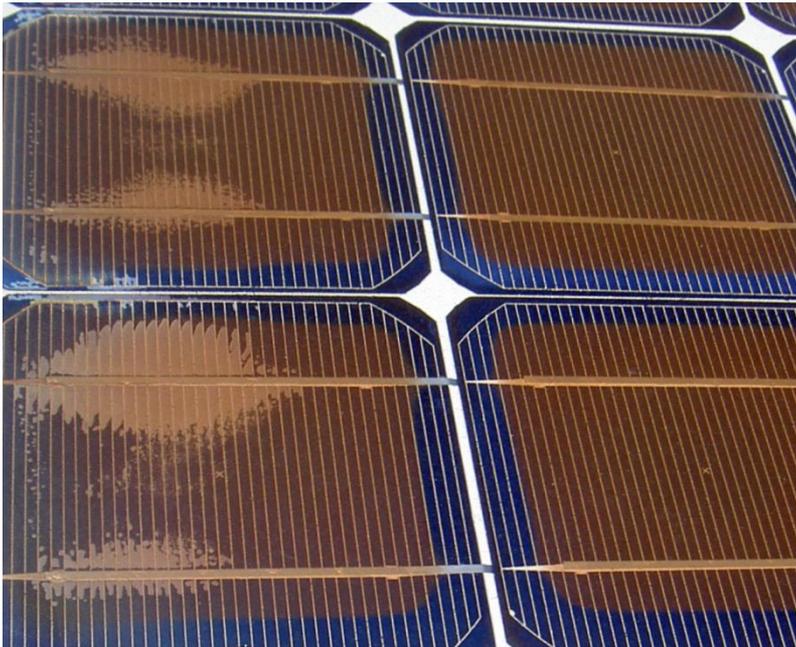
- Geringfügige Leistungseinbussen
- Indikator für Materialdegradation



Modulverschleiß durch Betrieb und Bewitterung

Verfärbung und Delamination des Verkapselungsmaterials

- Geringfügige Leistungseinbussen
- Indikator für Materialdegradation und Verbesserungspotenziale



Leistungseinbussen bei Betrieb und Bewitterung

Verschmutzung und Bio-Kontamination

- Geringfügige Leistungseinbussen, leichte Verschattungseffekte
- Zugänglichkeit, Neigungswinkel



Viele Fehler, die zu Ertragseinbussen führen, sind bereits früh zu sehen

Die Hauptstressfaktoren resultieren aus Installationsfehlern, Materialfehlern dem Betrieb und den Witterungseinflüssen

Viele Anlagen haben am Ende ihrer vorgesehenen Gebrauchsdauer noch ausreichend Leistung für einen wirtschaftlichen Weiterbetrieb

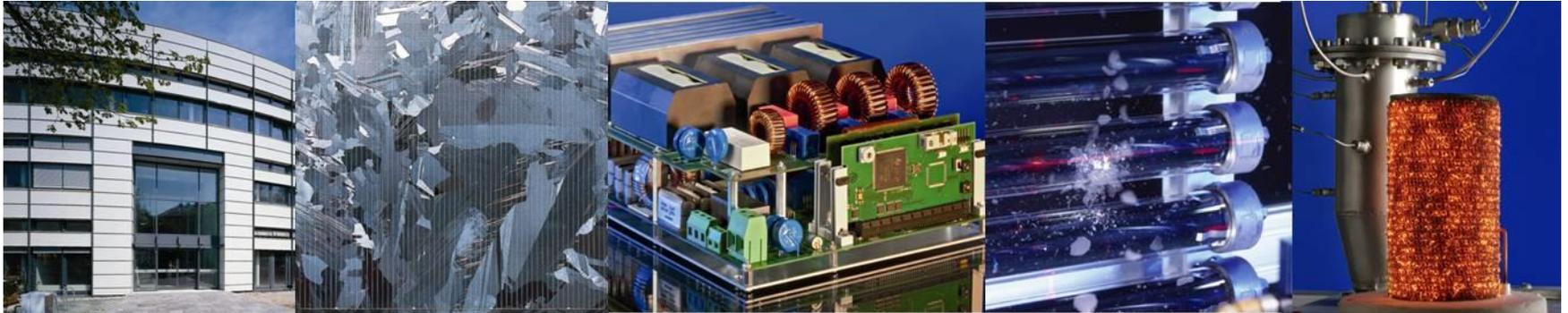
Schwierigkeiten bereitet die Beschaffung von gleichartigen Ersatzmodulen

Mangels geeigneten Gebrauchsdauerprüfverfahren sind Nutzungsdauerprognosen und langfristige Garantien sehr riskant

Perspektive mit langfristiger Zukunft



Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Fraunhofer Institut für Solare Energie Systeme ISE

Michael Köhl

www.ise.fraunhofer.de

michael.koehl@ise.fraunhofer.de