

Zuverlässigkeit von Photovoltaik-Modulen

SGS Solar Testhouse

Dr. Peter Reinig, Laborleiter Solar Test House

Gerald Dallmann, Division Manager Microelectronics & Photovoltaics

**INSTITUT
FRESENIUS**

München, 15.07.2010

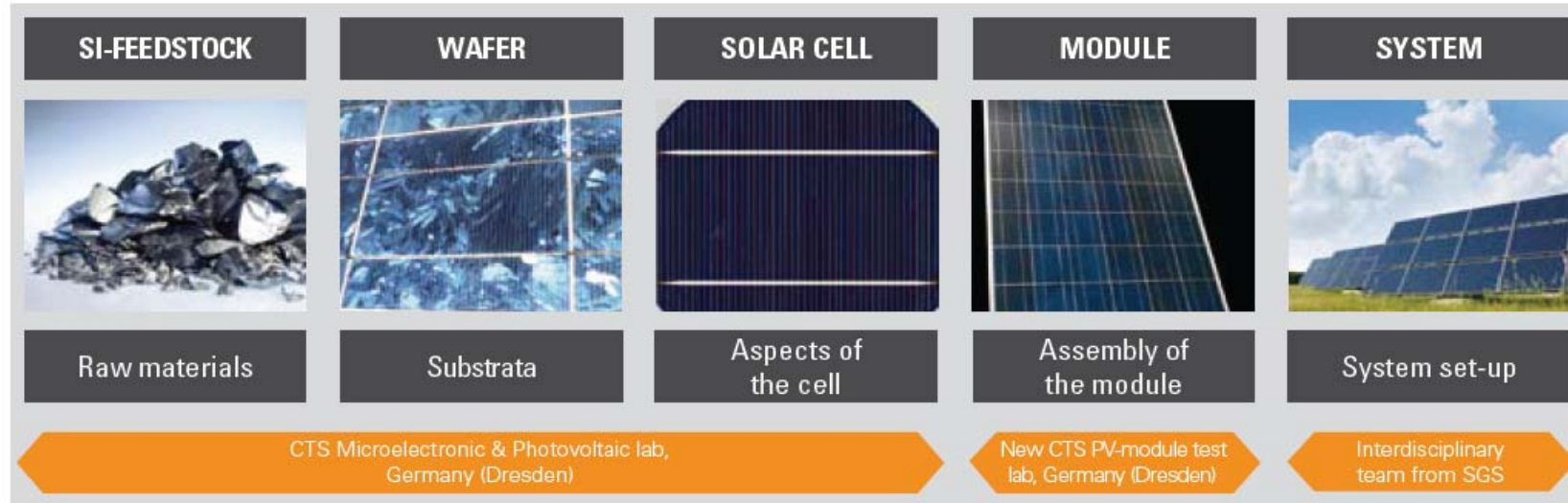
Symposium

"Zuverlässigkeit elektronischer Produkte"

SGS

- **Photovoltaik (PV)-Dienstleistungen der SGS-Gruppe Deutschland**
- **Überblick aktueller PV-Technologien**
- **Zuverlässigkeitsprüfungen im PV-Bereich**

- **Photovoltaik (PV)-Dienstleistungen der SGS-Gruppe Deutschland**
- **Überblick aktueller PV-Technologien**
- **Zuverlässigkeitsprüfungen im PV-Bereich**



- Impurities, elemental analysis (N,C,O, metals)
- Dopants (B and P)
- Contaminations, resistivity, carrier lifetime
- Worldwide pre-shipment inspection
- Particle sizes

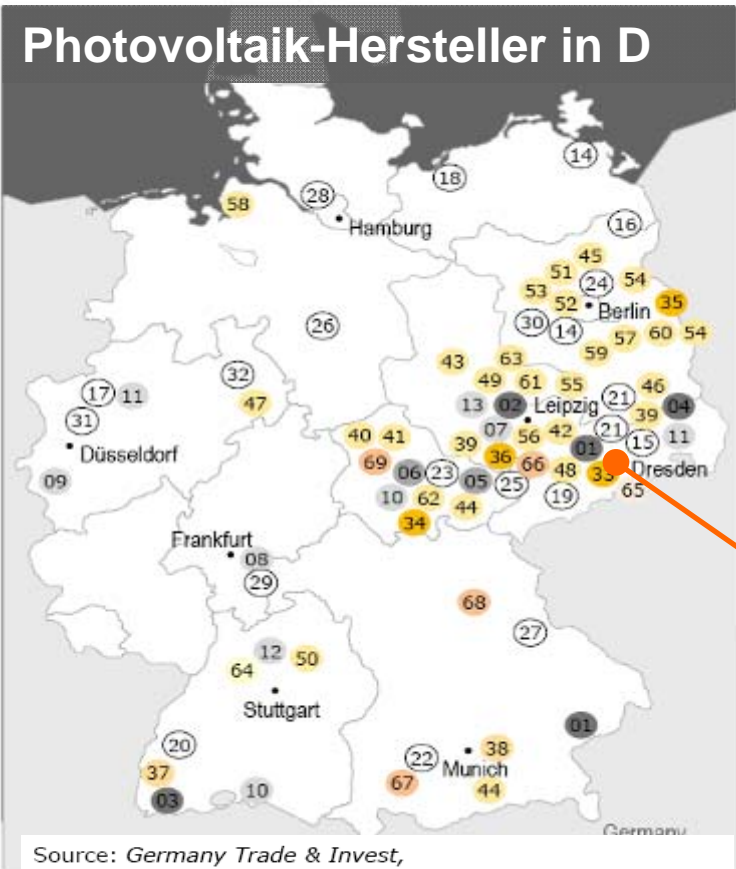
- Failure analysis (XRD, XPS, FTIR)
- Doping errors (SIMS)
- Bulk concentration and defects (O,C,N)
- Thickness, anti-reflective coatings (SEM)
- Physical and chemical characterisation of (multi-) layer thin films (CIGS, CdTe, a-Si, μ -Si)

- Characterisation
- Spectral response
- Carrier lifetime
- I-V curves
- Electro-luminescence (micro cracks)
- Solder, stringer, surface control

- Accredited laboratory test of PV modules
- Product development (R&D)
- Certification
- Retests
- Prequalifications
- Failure & damage clarification

- PV testing (PV modules, controllers, inverters, batteries)
- Technical due diligence
- Project certification
- PV installation spot check
- PV field

Solar Testhouse bei Dresden



Source: *Germany Trade & Invest*,
Information provided by the respective company,
February 2010





Solar Testhouse



Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH

Beliehene gemäß § 8 Absatz 1 AkkStelleG i.V.m. § 1 Absatz 1 AkkStelleGBV
Unterzeichnerin der Multilateralen Abkommen
von EA, ILAC und IAF zur gegenseitigen Anerkennung

Akkreditierung



Die Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH bestätigt hiermit, dass das Prüflaboratorium

SGS Germany GmbH
Zeisigweg 13
01737 Kurort Hartha

die Kompetenz nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 besitzt, Prüfungen in folgenden Bereichen durchzuführen:

Mechanische und elektrische Untersuchungen von Photovoltaik-Modulen



Testing scope (DIN ISO 17025 accreditation) – PV-Module

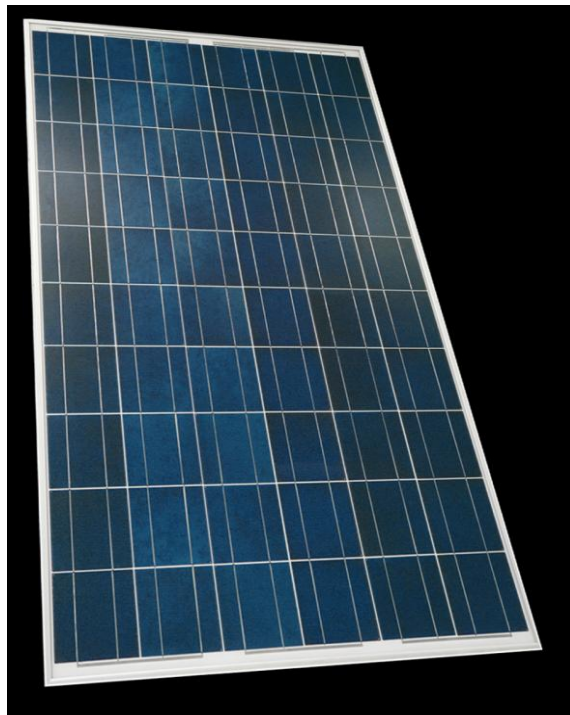
- IEC 61215:2005 - Crystalline silicon PV modules – Design qualif. and type approval
- IEC 61646:2008 -Thin-film PV modules – Design qualification and type approval
- IEC 61730-1:2004 - PV module safety qualification – Construction
- IEC 61730-2:2004 - PV module safety qualification – Testing

- IEC 61701 salt mist test for PV modules
- Performance test ammonia
- Customized test programmes (heavy load, double cycles)
- Prequalification tests (materials, parts of IEC cycle)
- Performance certification („power controlled“)
- R&D programmes (CTS Microelectronics)
- Outdoor testing programme in 4 extreme climate zones

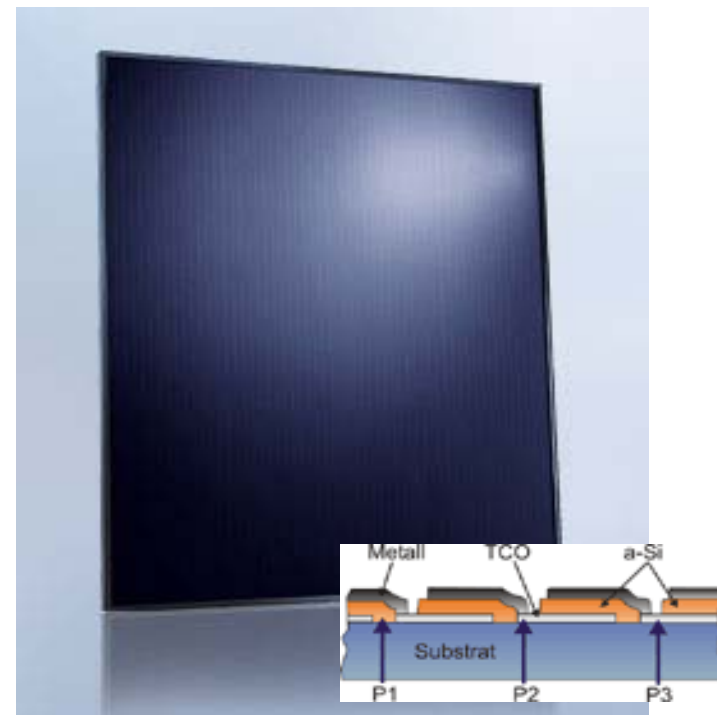


- **Photovoltaik (PV)-Dienstleistungen der SGS-Gruppe Deutschland**
- **Überblick aktueller PV-Technologien**
- **Zuverlässigkeitsprüfungen im PV-Bereich**

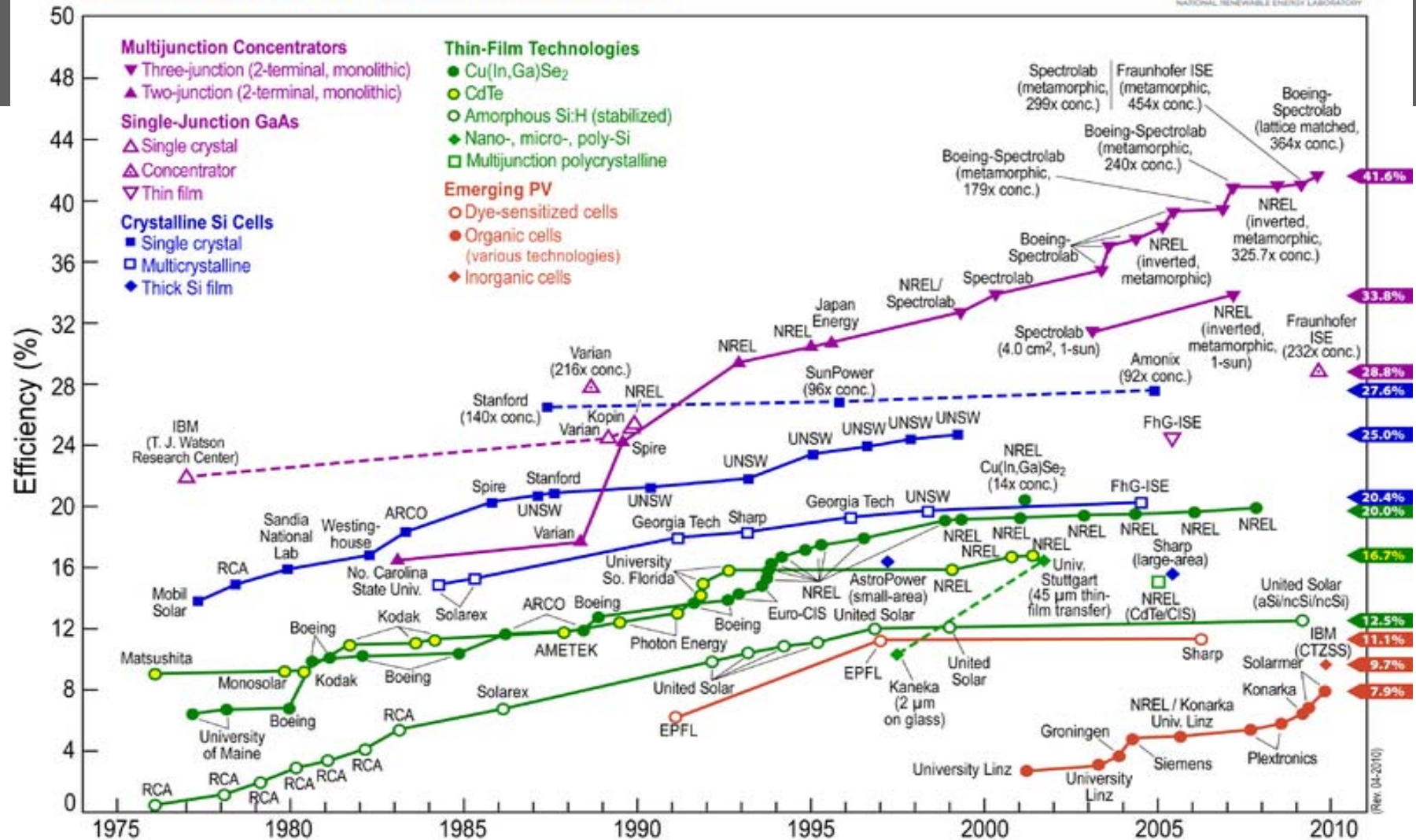
**Kristallines Si-Modul
DIN EN 61215**



**Dünnschicht-Modul
DIN EN 61646**

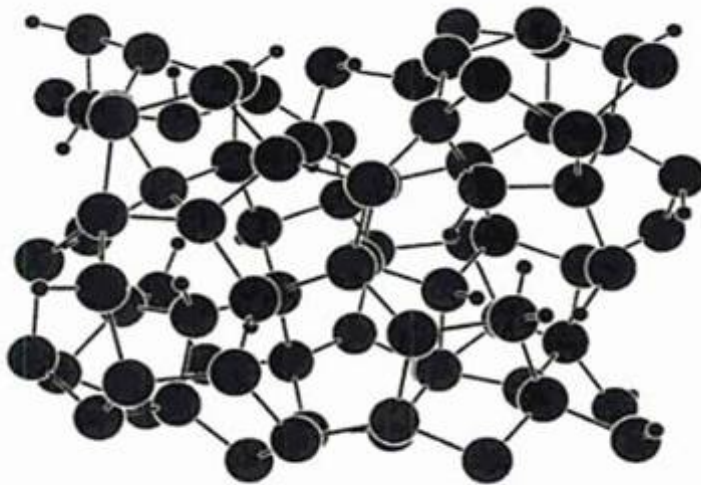


Best Research-Cell Efficiencies



Dünnschicht-Photovoltaik-Module

Bsp. Amorphe Silizium-Dünnschichten



R.A. Street, *Technology and applications of amorphous silicon*, Springer, 2000

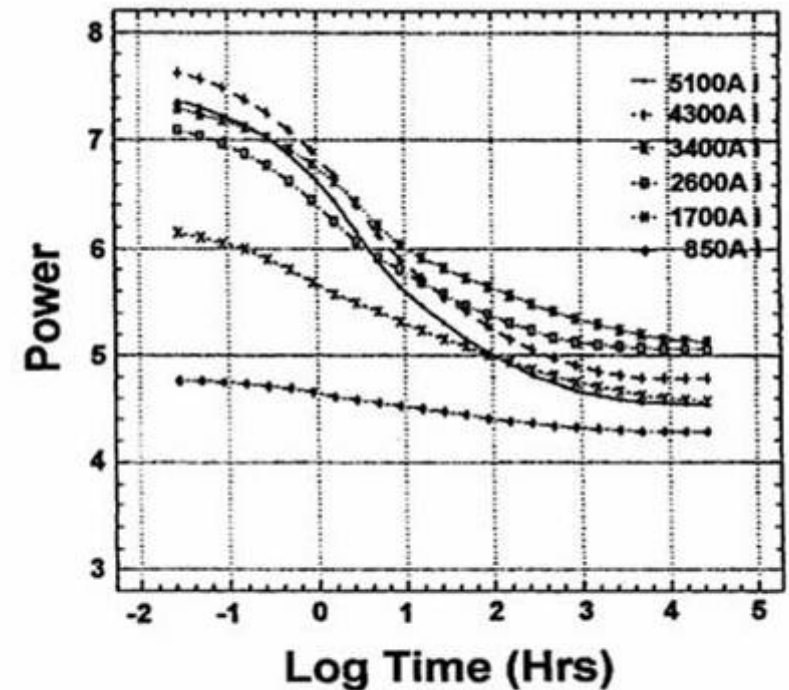
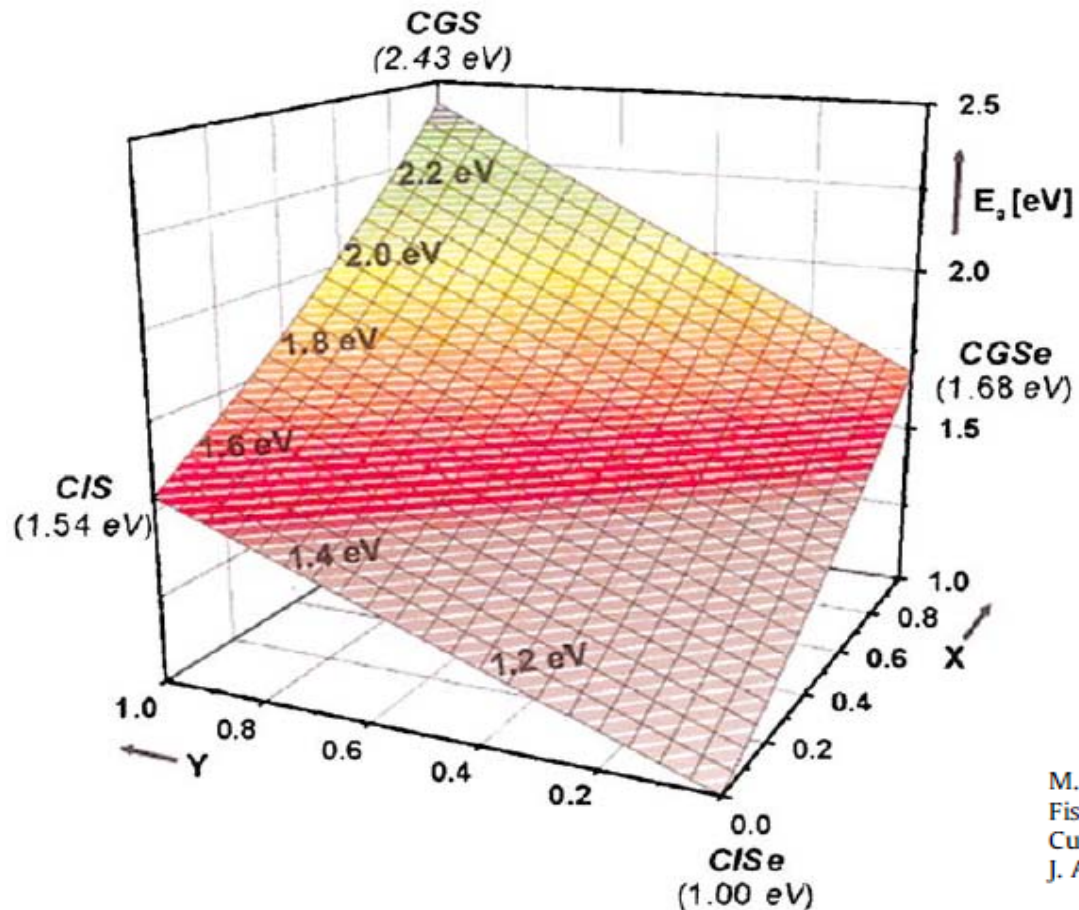


Fig. 6.10. Light-induced degradation in single-junction cells dep steel. Power is measured in mW/cm^2

Etablierte Technologie
Licht-induzierte Degradation (LID)

Dünnschicht-Photovoltaik-Module

Bsp. Kupfer-Chalkopyrit-Dünnschichten

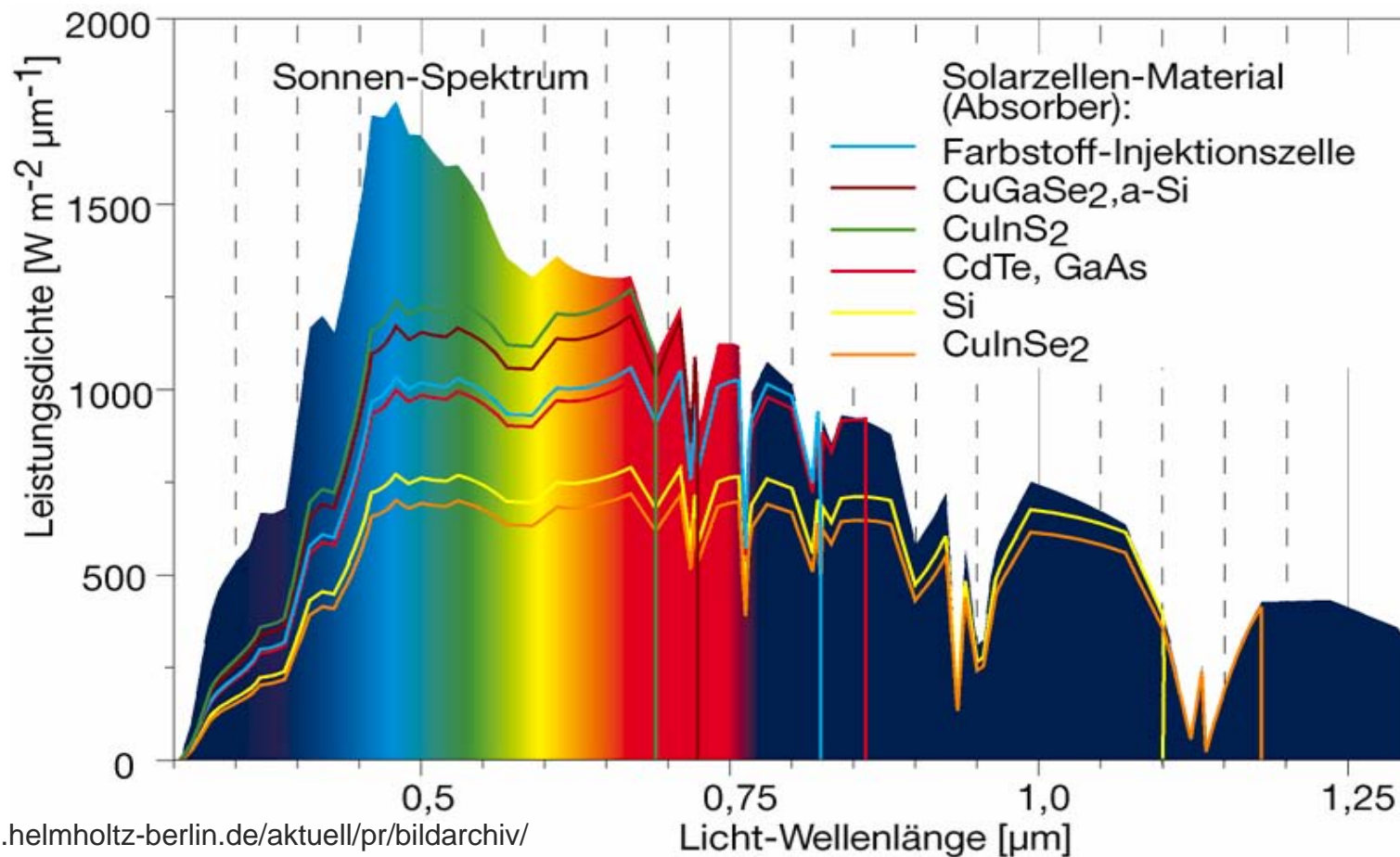


CI(G)S, CI(G)Se

Große Flexibilität in den
opto-elektronischen
Eigenschaften

M. Bär, W. Bohne, J. Röhrich, E. Strub, S. Lindner, M.C. Lux-Steiner, Ch.-H. Fischer, Determination of the band gap depth profile of the pentenary $\text{Cu}(\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x)(\text{S}_y\text{Se}_{1-y})_2$ chalcopyrite from its compositional gradient, *J. Appl. Phys.* 96 (2004) 3857–3860.

PV-Module Spektrale Empfindlichkeit und Band-Lücke



<http://www.helmholtz-berlin.de/aktuell/pr/bildarchiv/>

- **Photovoltaik (PV)-Dienstleistungen der SGS-Gruppe Deutschland**
- **Überblick aktueller PV-Technologien**
- **Zuverlässigkeitsprüfungen im PV-Bereich**

Zuverlässigkeit von PV-Modulen

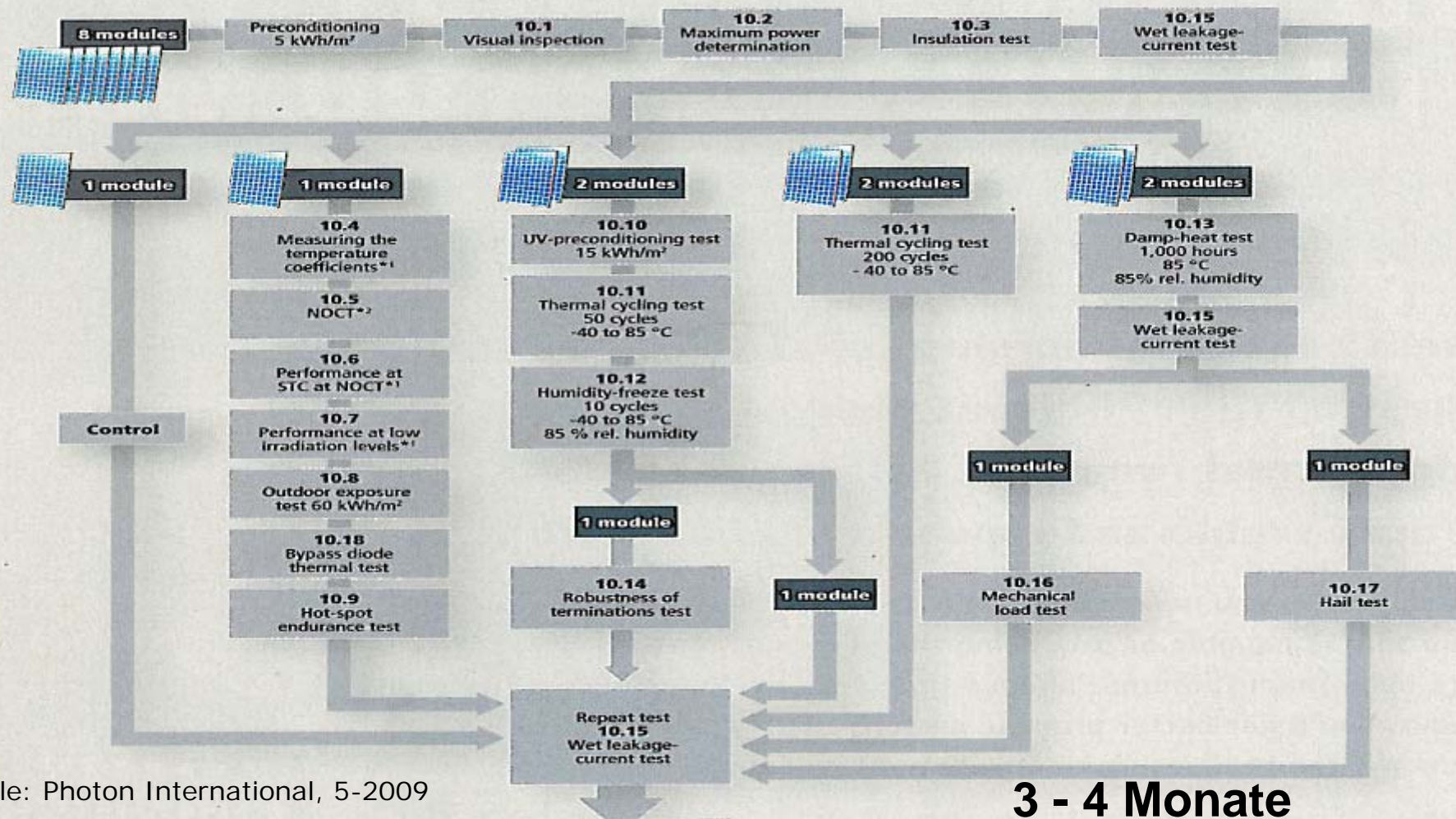


Langzeitbetrieb in verschiedensten Klimaten

- Materialkorrosion (v.a. Metalle)
- Delamination von Verkapslungsmaterialien
- Eindringen von Wasserdampf
- Schädigung durch Wind, Hagel, Montage, ...
- Schädigung durch thermische Ausdehnung
- Schädigung durch UV-Strahlung



Prüfablauf zur Bauartzulassung nach DIN EN 61215



Quelle: Photon International, 5-2009

3 - 4 Monate

Grundlegende Tests zur PV-Modul-Zertifizierung

- Visuelle Inspektion
- Klimatests
(damp heat, humidity-freeze, temperature cycling)
- Elektrische Isolationstests
(dry, wet, high-voltage surge)
- Leistungsmessung
(flasher, steady-state sun simulator)

Sonnensimulatoren



Flasher (Pasan IIIb)
Class A/A/A, 3.00m x 3.00m
→ Leistungsbestimmung



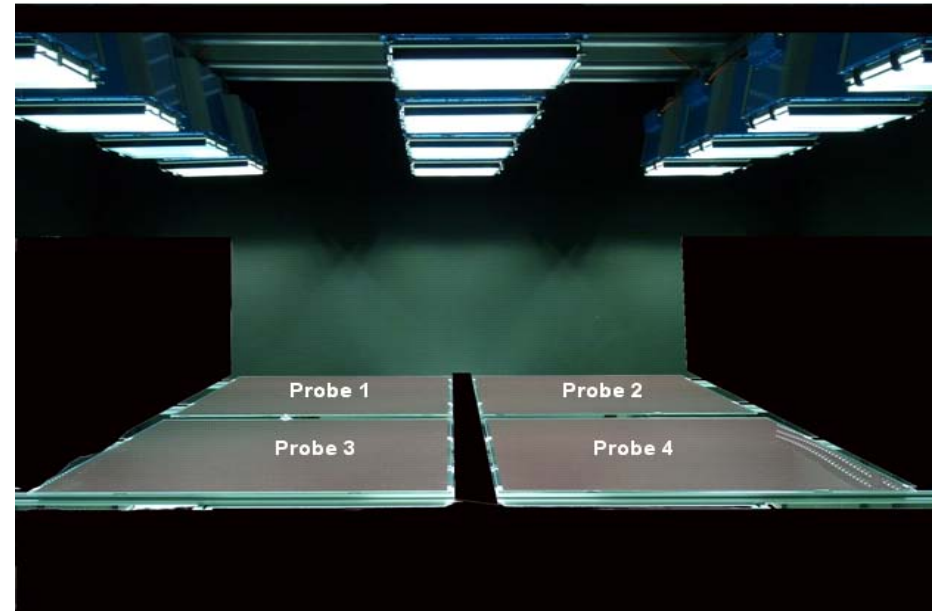
UV chamber
2.40m x 2.80m
→ UV-Schädigung

Sonnensimulatoren



**Dauerlicht-Sonnensimulator
Class B/B/A, 3.00m x 3.00m**

→ *Hot-Spot, T-Koeff.,
Schwachlicht,...*



**Light soaking
C/C/A, 3.00m x 3.00m**

Class

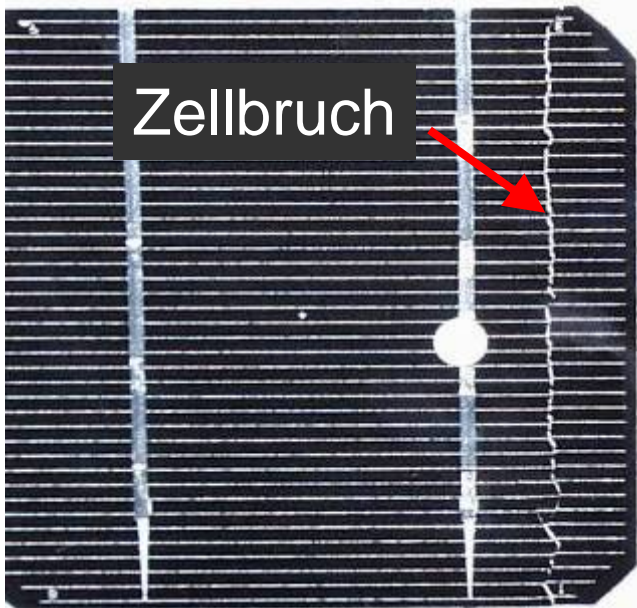
→ *Voralterung von
Dünnschichtmodulen*

Visuelle Inspektion

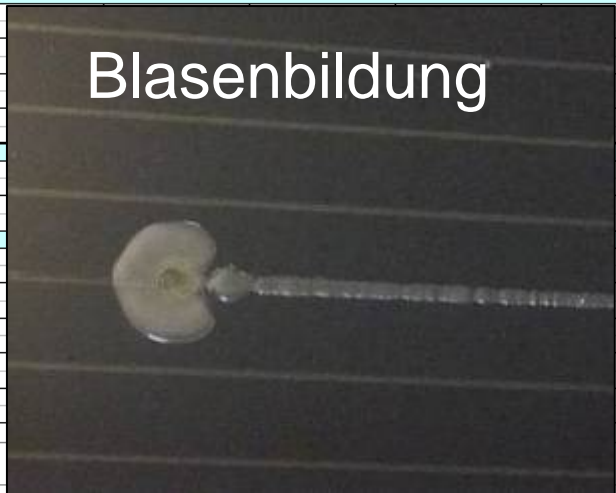
Prüfprotokoll für Solarmodule – Test Protocol for Solar Modules							
SAP-Nr.:							
Kontrollpunkte – Points of Inspection							
Verpackung	<input type="checkbox"/> n.Fertigung	<input type="checkbox"/> n.Fertigung	<input type="checkbox"/> n.Fertigung	<input type="checkbox"/> n.Fertigung	<input type="checkbox"/> n.Fertigung	<input type="checkbox"/> n.Fertigung	<input type="checkbox"/> n.Fertigung
Packung							
Optik allgemein							
General Optics							
Dokumente vorhanden							
Documents attached							
Verpackungsdatei							
Data Packing Label							
Modul – Vorderseite				Module Front			
Optik / Sauberkeit allgemein							
General Optics / Cleanliness							



**Kanten-
ausbruch**



Zellbruch

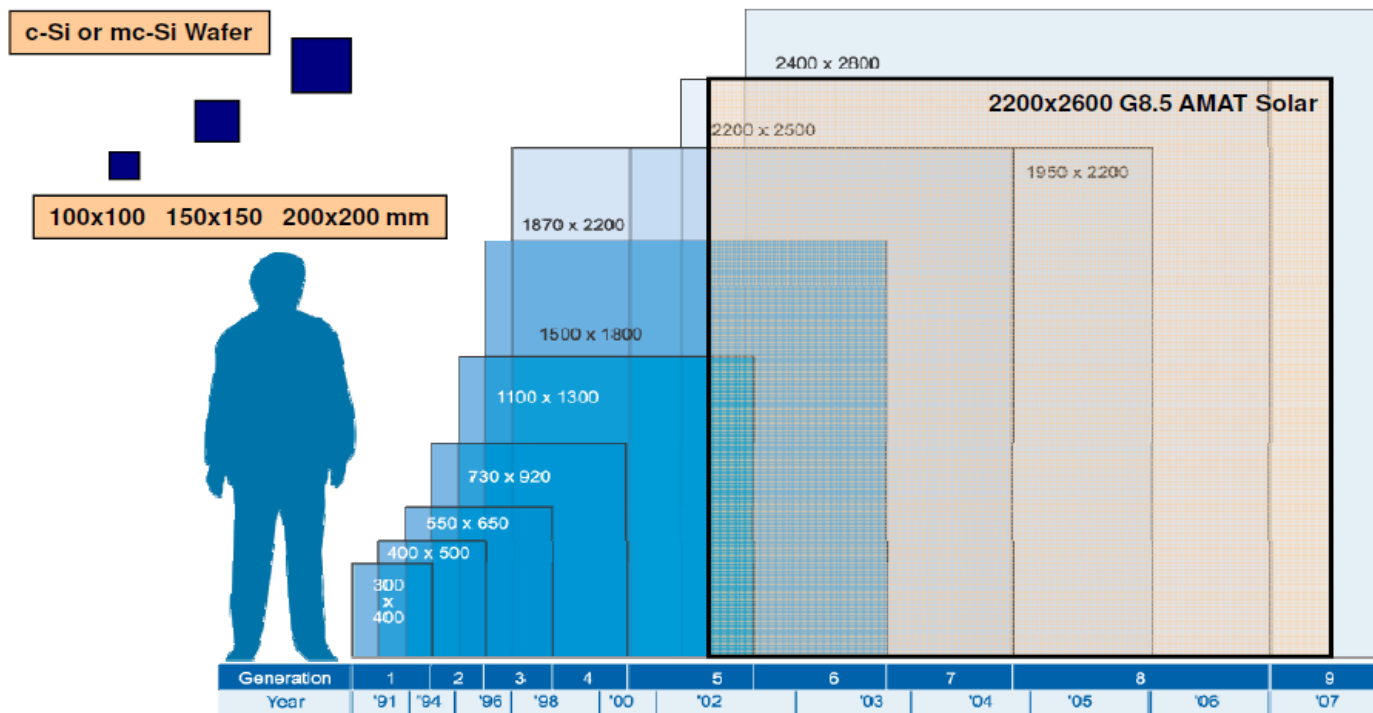


Blasenbildung

Seite: 1 von 4
Page of

PV-Modulgrößen

Si Wafer versus Glass Size (Generation 1 to 9 Flat Panel Industry)



Source: Basler AG 07/2007

graph: signet solar

K.-H. Stegemann

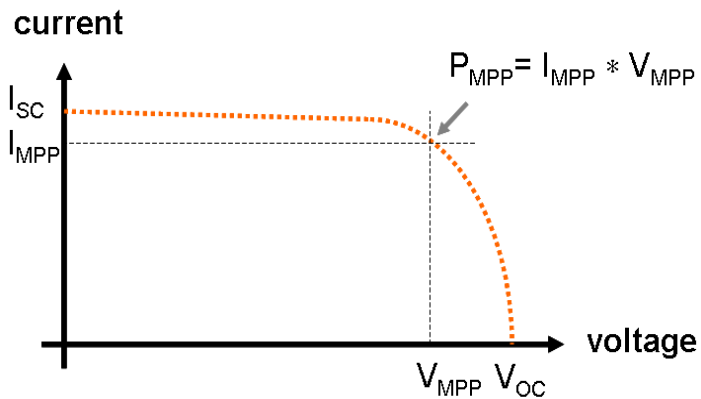
9

signet solar

Leistungsmessung an PV-Modulen



Leistungsmessung im gepulsten Sonnensimulator (Flasher)



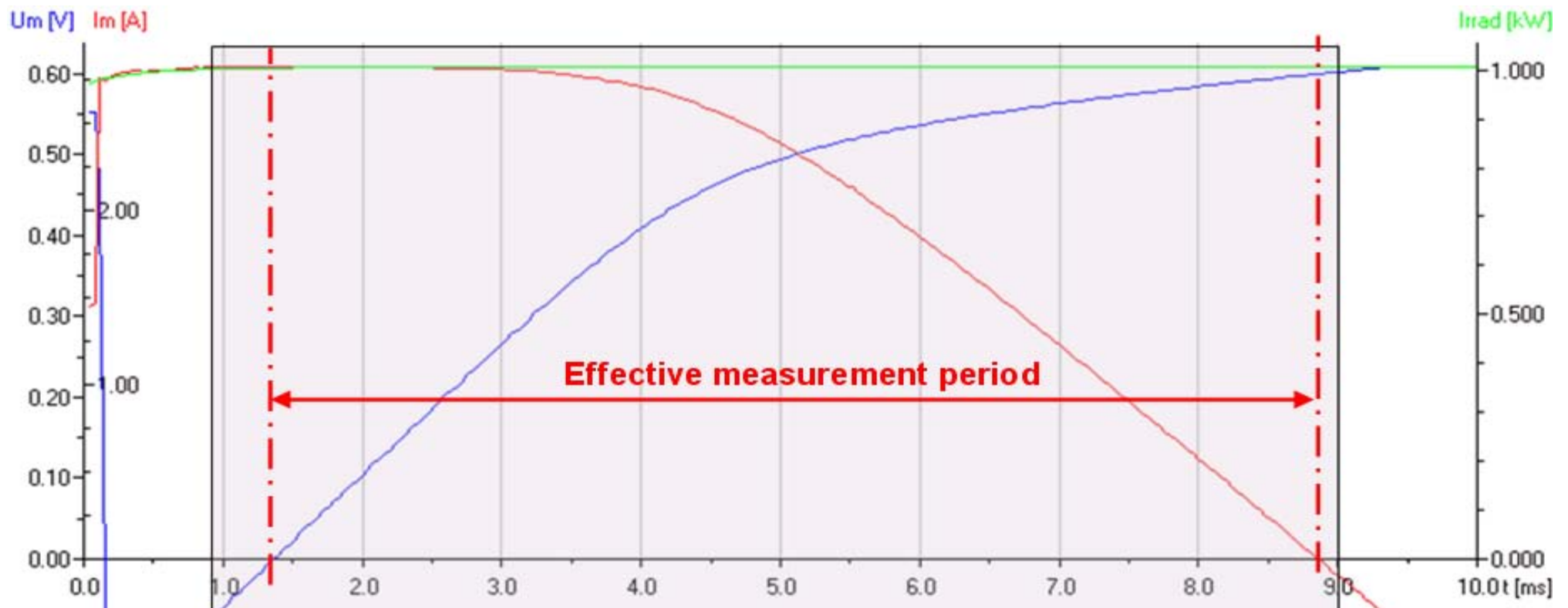
PASAN SA · Rue Jaquet-Droz 8 · CH-2000 Neuchâtel · Switzerland
 phone +41 (0)32 391 1600 · fax +41 (0)32 391 1699 · info@pasan.ch
www.pasan.ch



Sun Simulator III specifications	
Flash generator	
Max. capacitors voltage	800 V
Cycle time	30 s
Dimensions:	<ul style="list-style-type: none"> Width: 880 mm Depth (incl. connection): 1106 mm Height: 1980 mm
Weight	300 kg
Flasher	
Light source type	Xenon
Illuminated area	3 x 3 m
Applicable standard	IEC 60904-9
Overall class	Twice better than class A - A - A
Spectral match at 1 kW/m ²	< ±12.5%
Light uniformity	< 1,0 % at 8 m and an area of 3 x 3 m
Light pulse stability	< 1,0 %
Pulse duration	10 ms
Min. light intensity	0.7 kW/m ² at 8 m and AM 1.5
Max. light intensity	1.2 kW/m ² at 8 m and AM 1.5
Max. light incidence angle	< ± 15° on the 3 x 3 m area

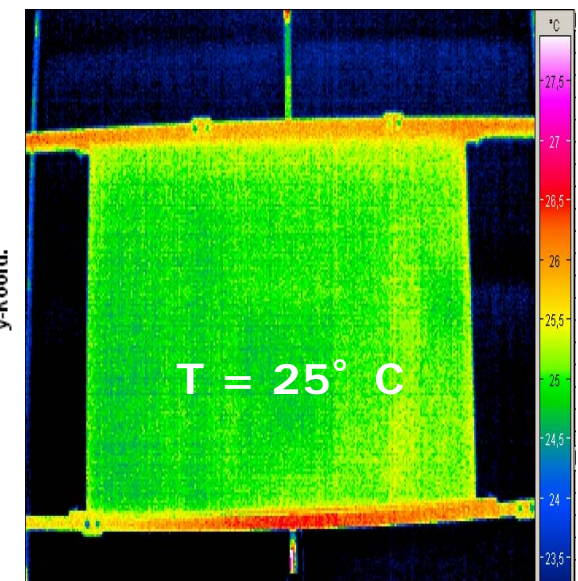
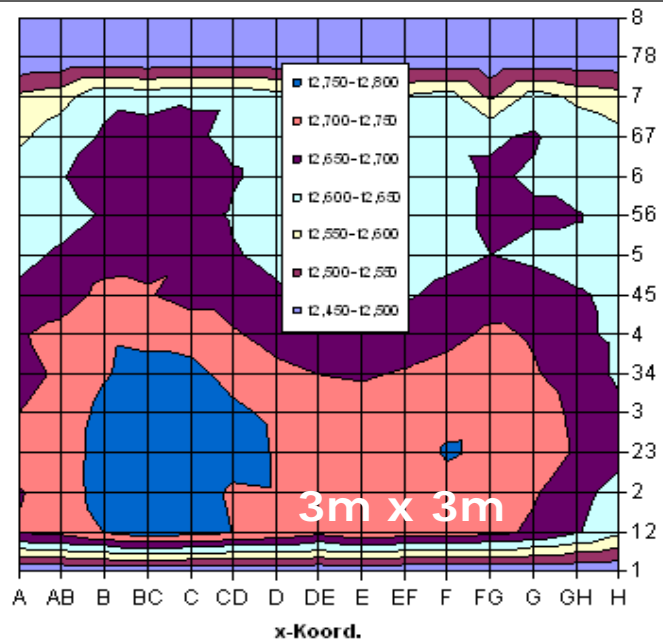
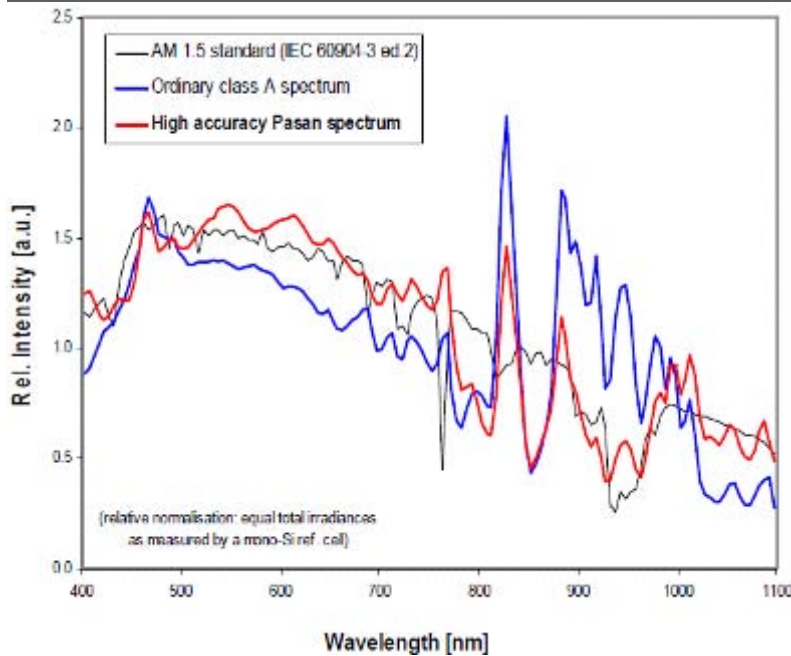


Leistungsmessung im gepulsten Sonnensimulator (Flasher)



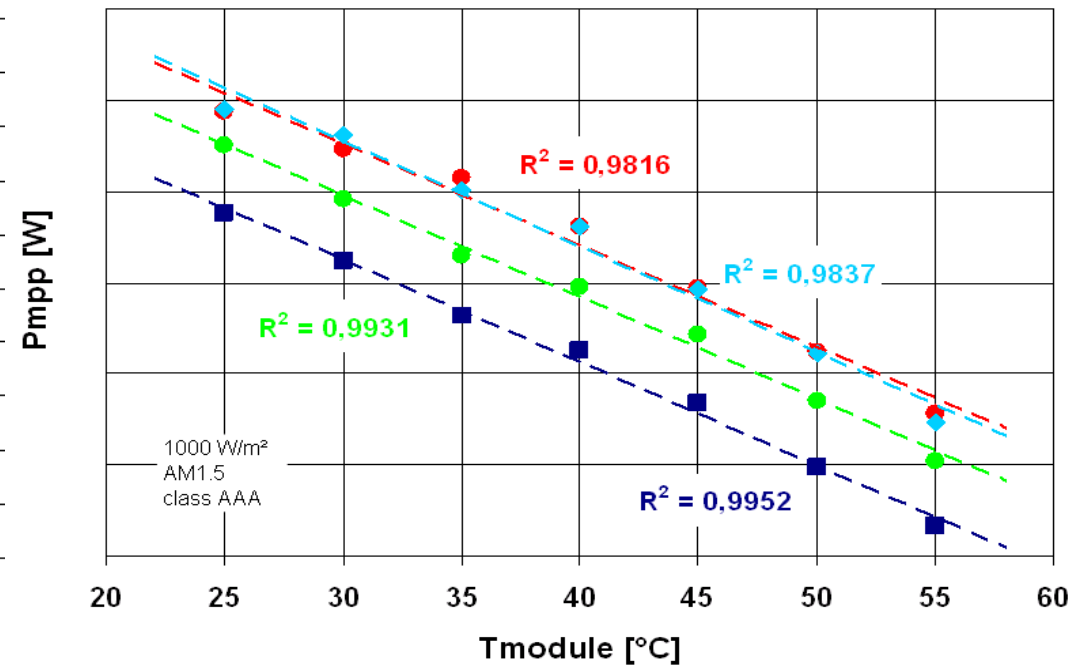
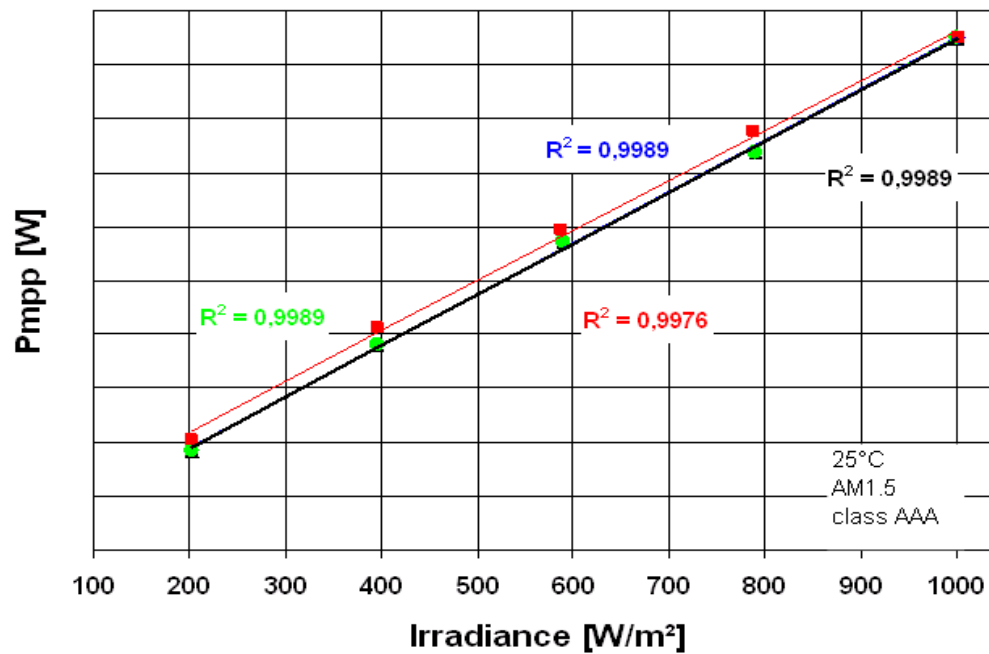
- Blitzdauer : typisch 10ms, aber auch Multi-Blitzbetrieb möglich

Spektrum / Bestrahlungshomogenität / Temperatur



- Spektrale Anpassung zu AM 1.5 → Klasse A (IEC 60904-9)
- Bestrahlungshomogenität <1% → Klasse A (IEC 60904-9)
- Standardtestbedingungen (STC): AM1.5, 1000W/m², 25°C

Flasher: Schwachlicht- und Temperaturverhalten

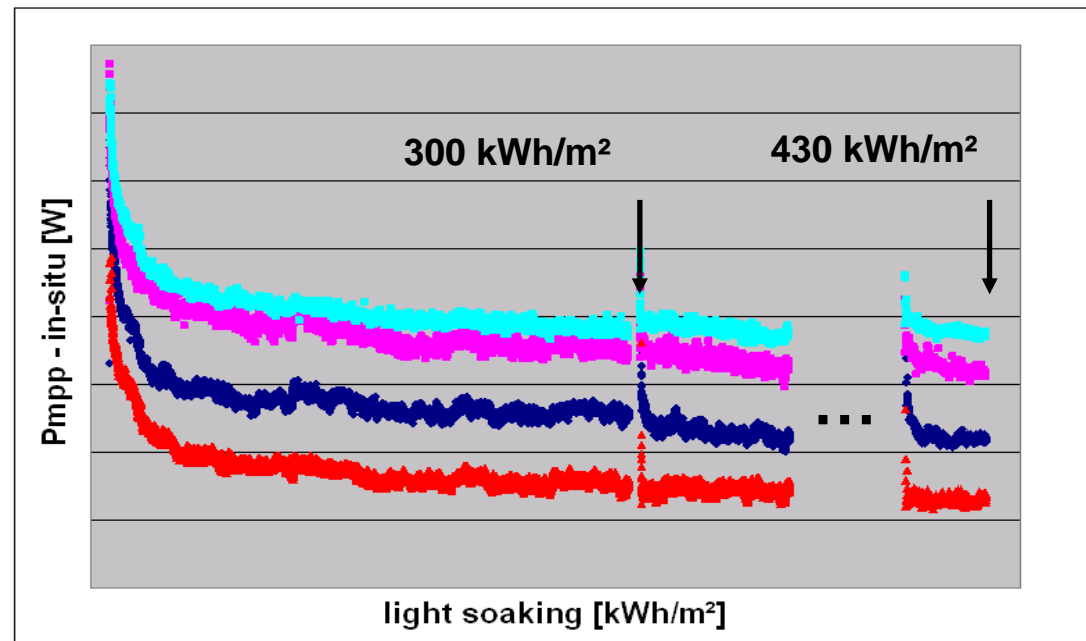
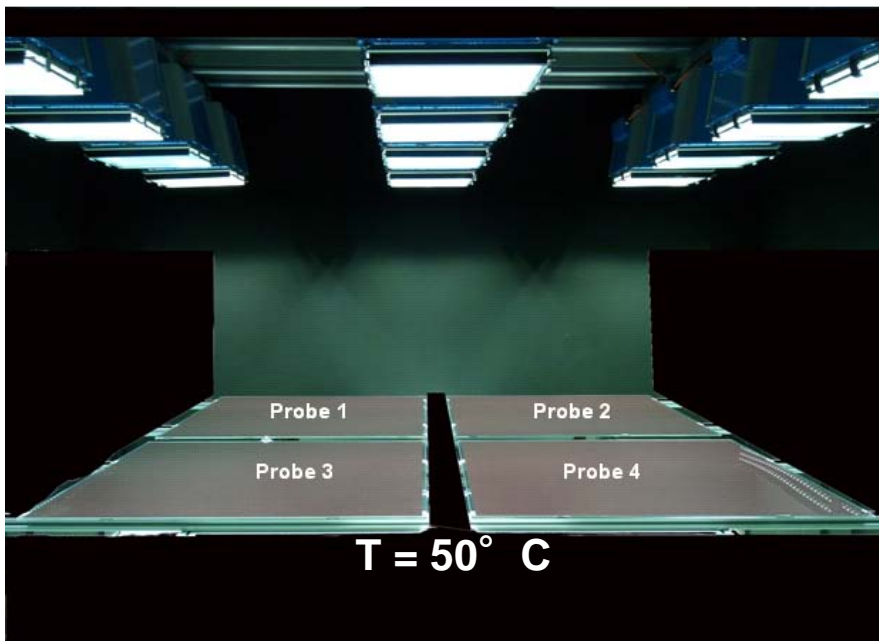


- Bestimmung des Schwachlichtverhaltens
- Bestimmung der Temperaturkoeffizienten α (I), β (U) und δ (P)

Performance measurement

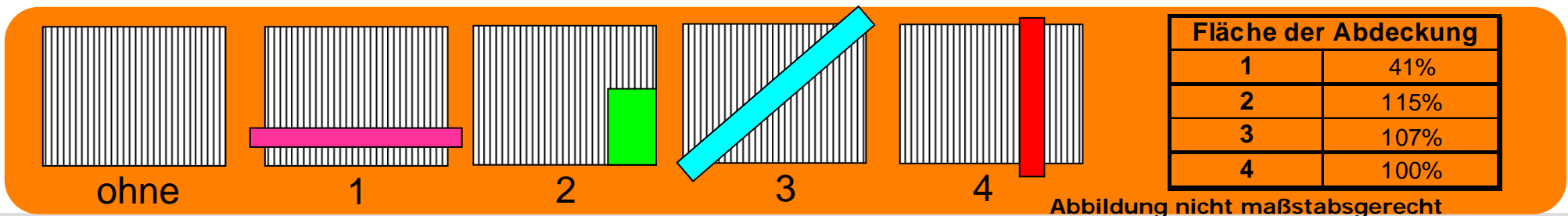
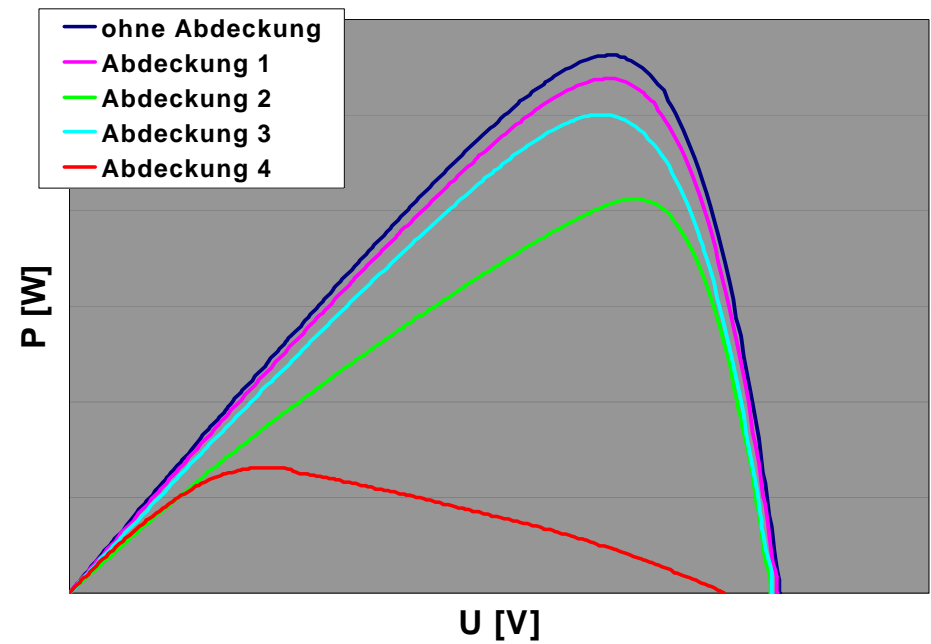
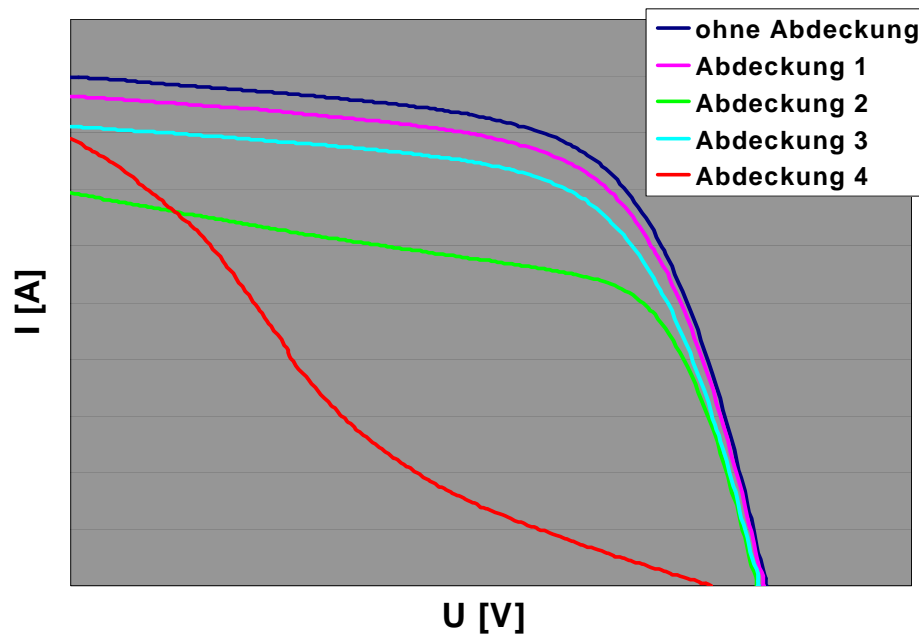
- Participation in round-robin tests for various thin-film technologies
- First-class measurement setup
- Measurement of reference cells

Lichtalterung im Dauerlicht-Sonnensimulator



- Bestimmung der Lichtalterung durch Dauerbestrahlung
- Typische Werte für a-Si-Module 14%-17%

Einfluss von Abschattung auf Modul-Kennlinie

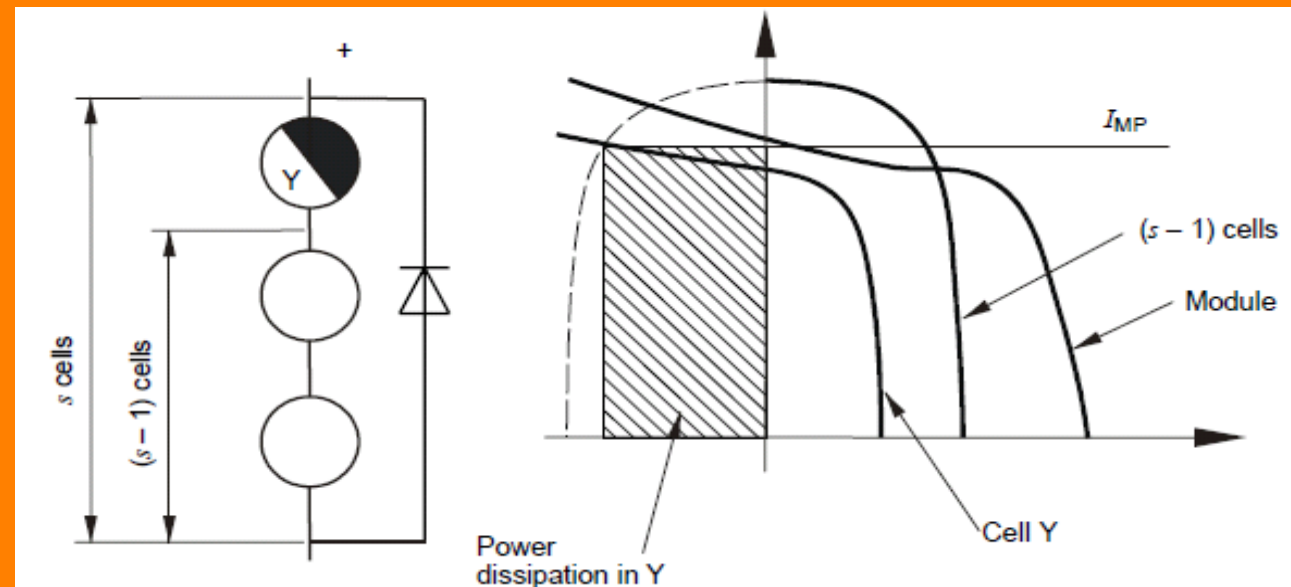


Hot-Spot-Effekt

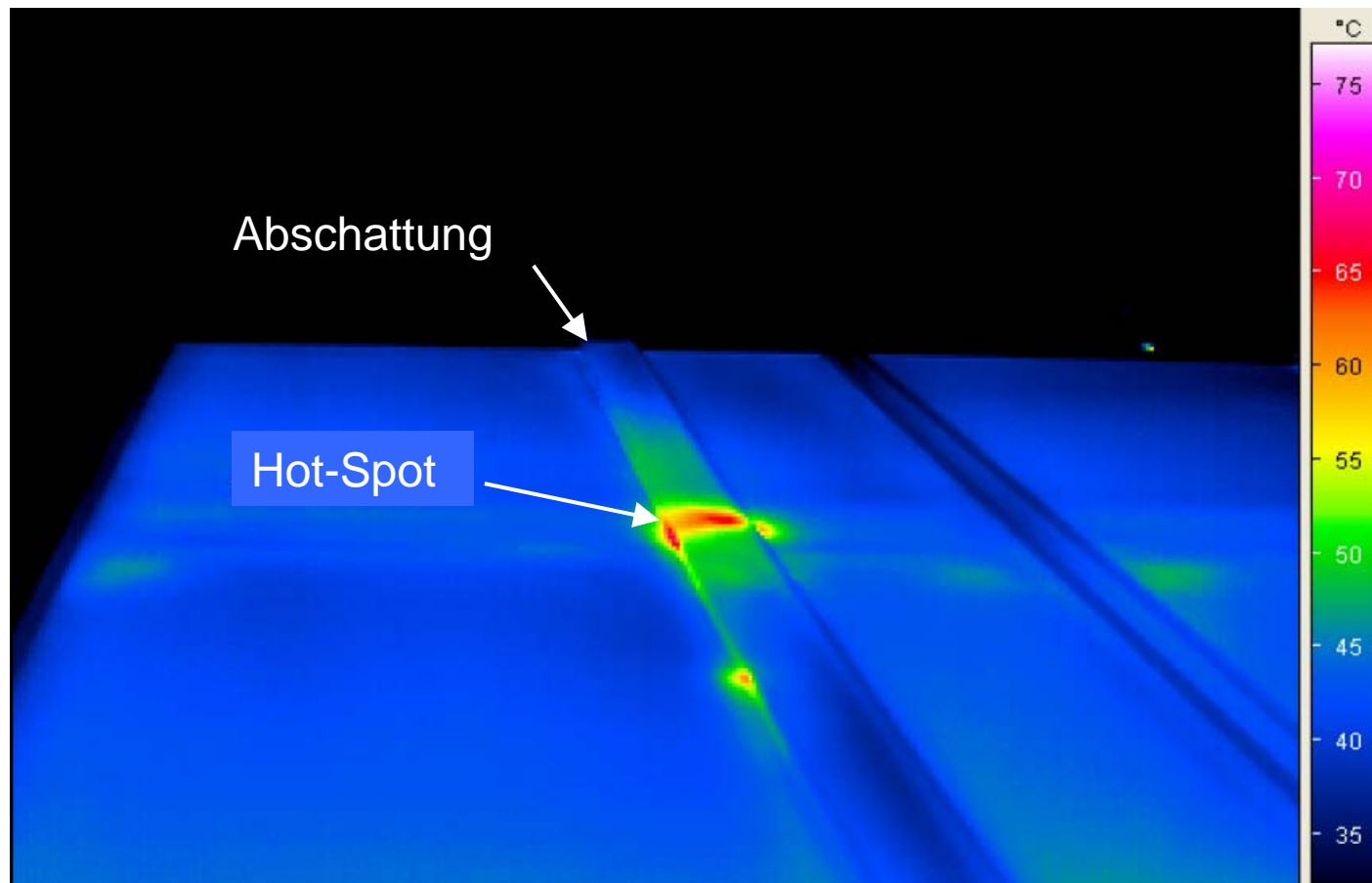
- starke lokale Erwärmung
→ „Hot-Spot“

Mögliche Folgen:

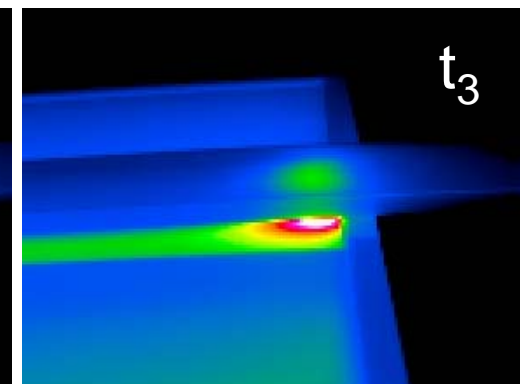
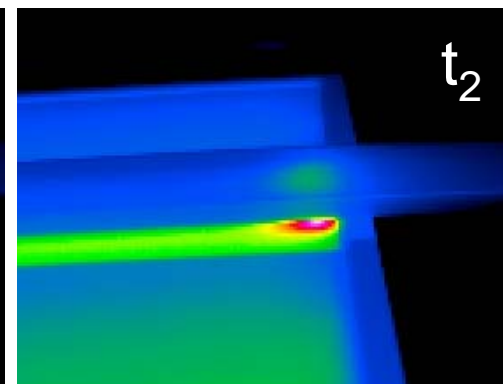
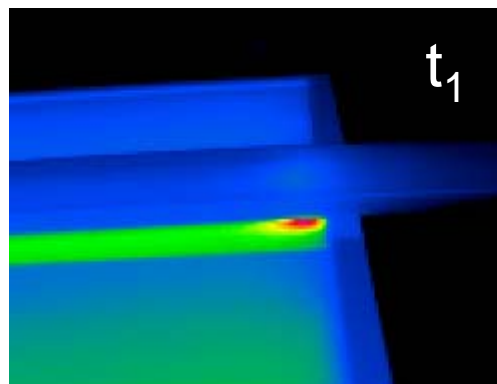
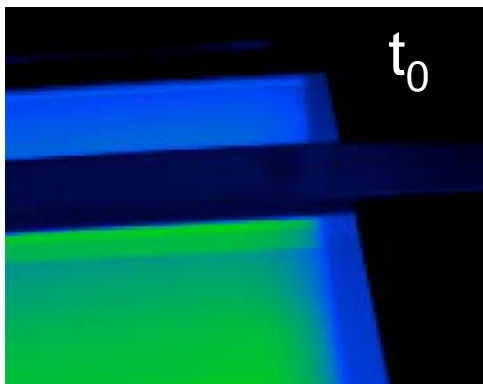
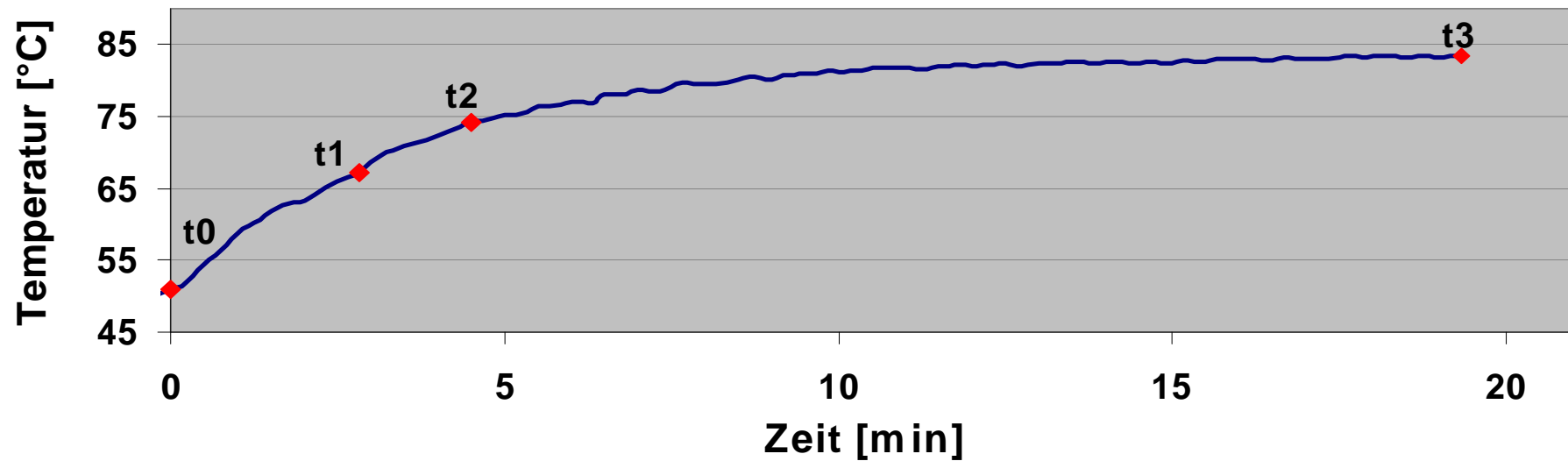
- Glasbruch
- Erweichen von Laminaten → Verschlechterung der Isolation
- Elektrischer Durchbruch der abgedeckten Zellen
→ Einbruch in der Modul-Leistung



Hot-Spot Detektion mit IR-Thermographie



Hot-Spot Detektion mit IR-Thermographie



Klimatests

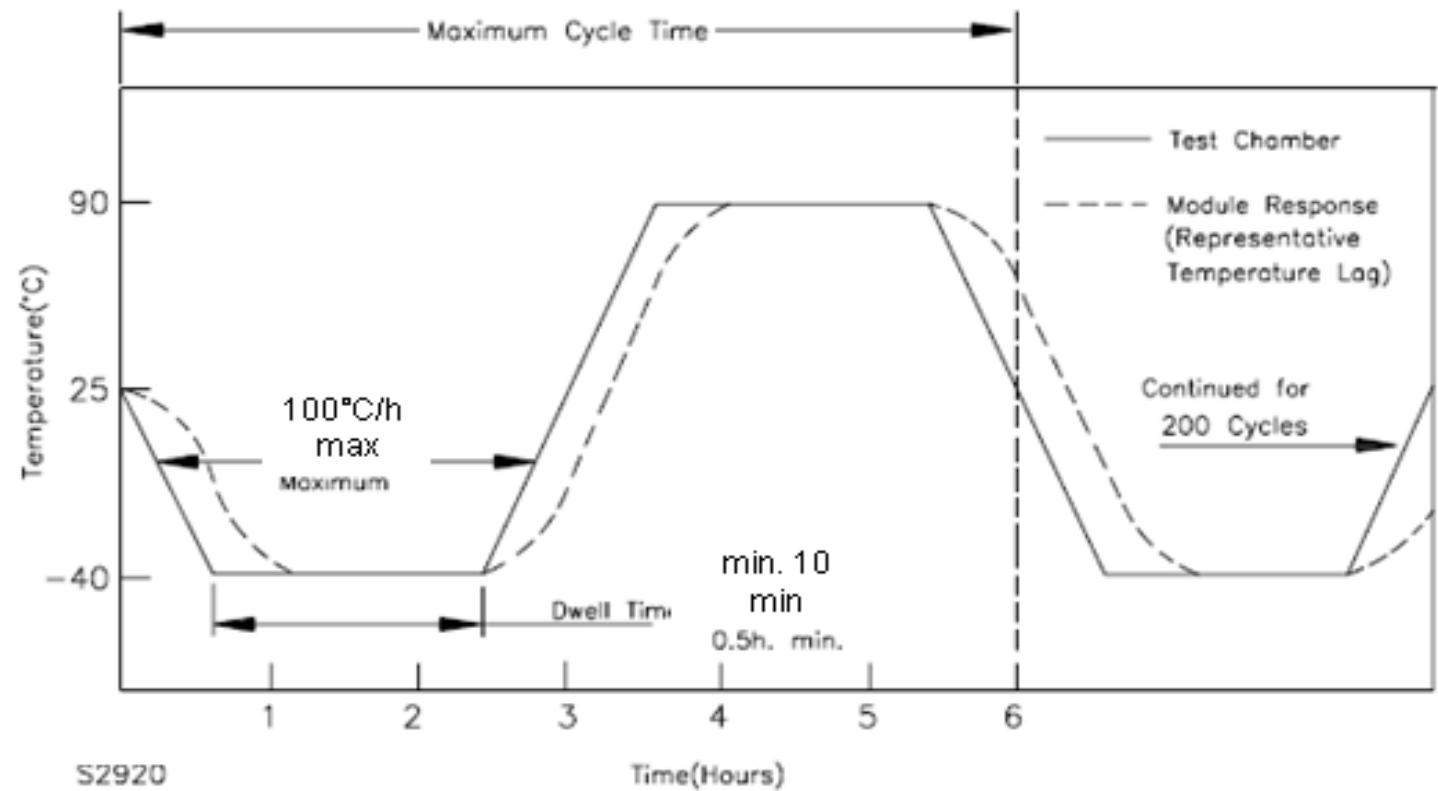


3 chambers (DH, TC, HF)

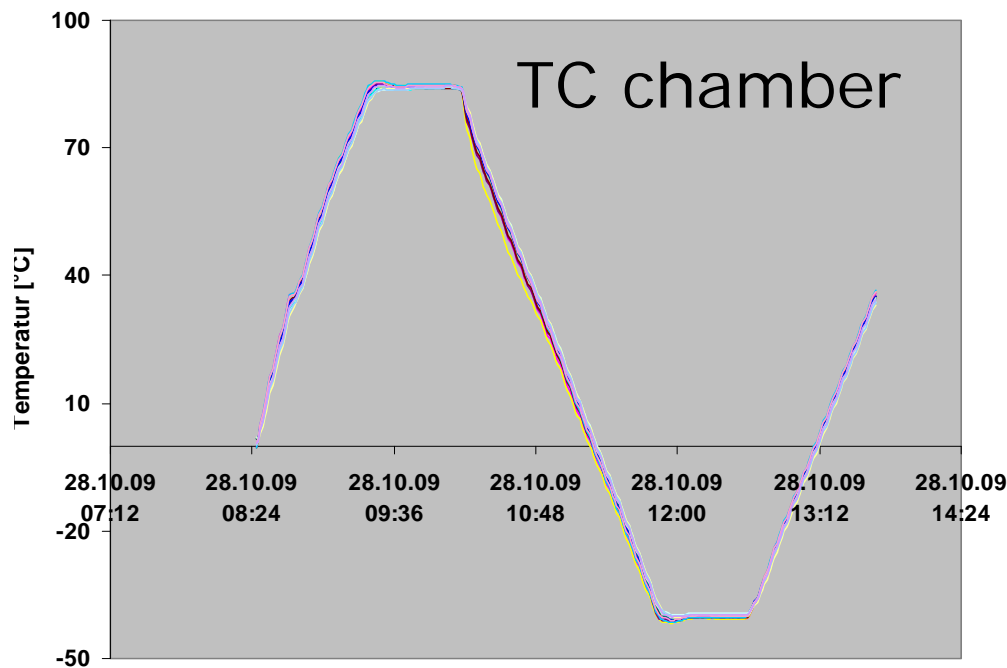
- Sizes: 2x16m³, 1x20m³
- Defined limits within test programs
- Independent chamber monitoring with Almemo+Vötsch/Simpat
- Online-monitoring incl. e-mail notification

Temperatur-Wechsel (Temperature Cycling)

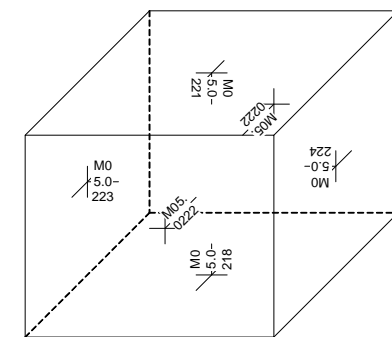
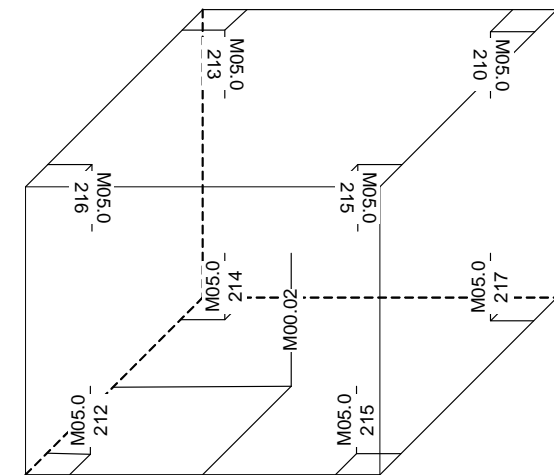
- Background: Verification of material properties related to thermal mismatches
- Cycles: 50 or 200
- Cycle time: ≤ 6 hrs



Temperatur-Wechsel (Temperature Cycling)

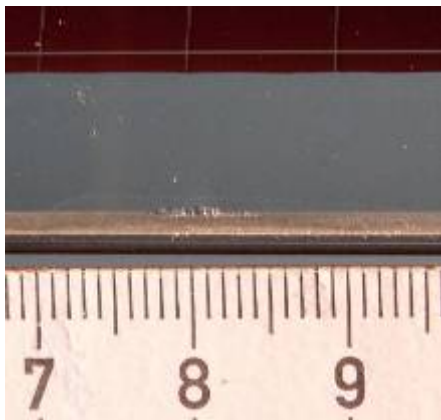


- M05.0210
- M05.0211
- M05.0212
- M05.0213
- M05.0214
- M05.0215
- M05.0216
- M05.0217
- M05.0218
- M05.0220
- M05.0221
- M05.0222
- M05.0223
- M05.0224
- M00.02



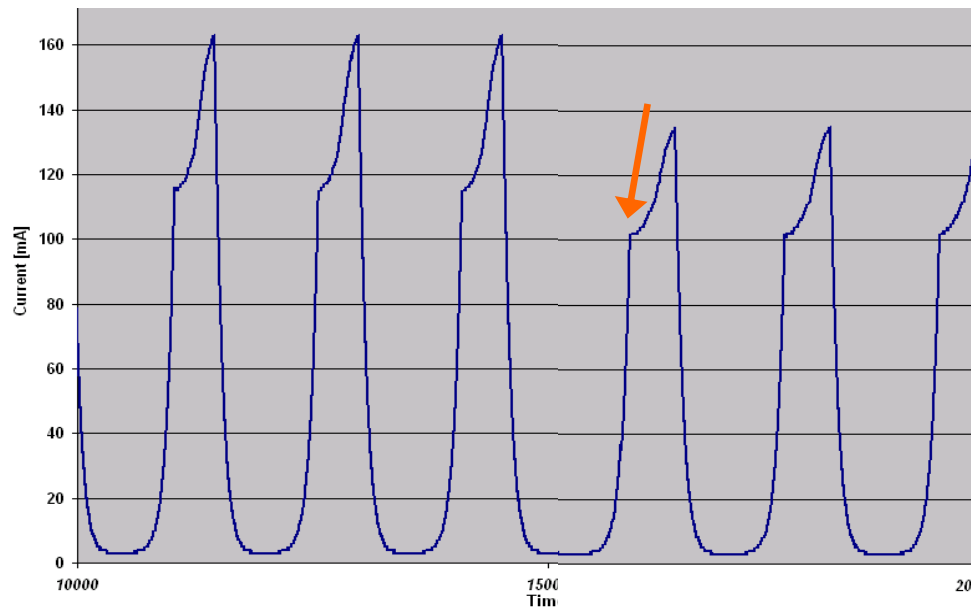
Temperature calibration at 15 sites according to DIN EN 60068-3-(5-7)

In-situ monitoring



Initial visual inspection

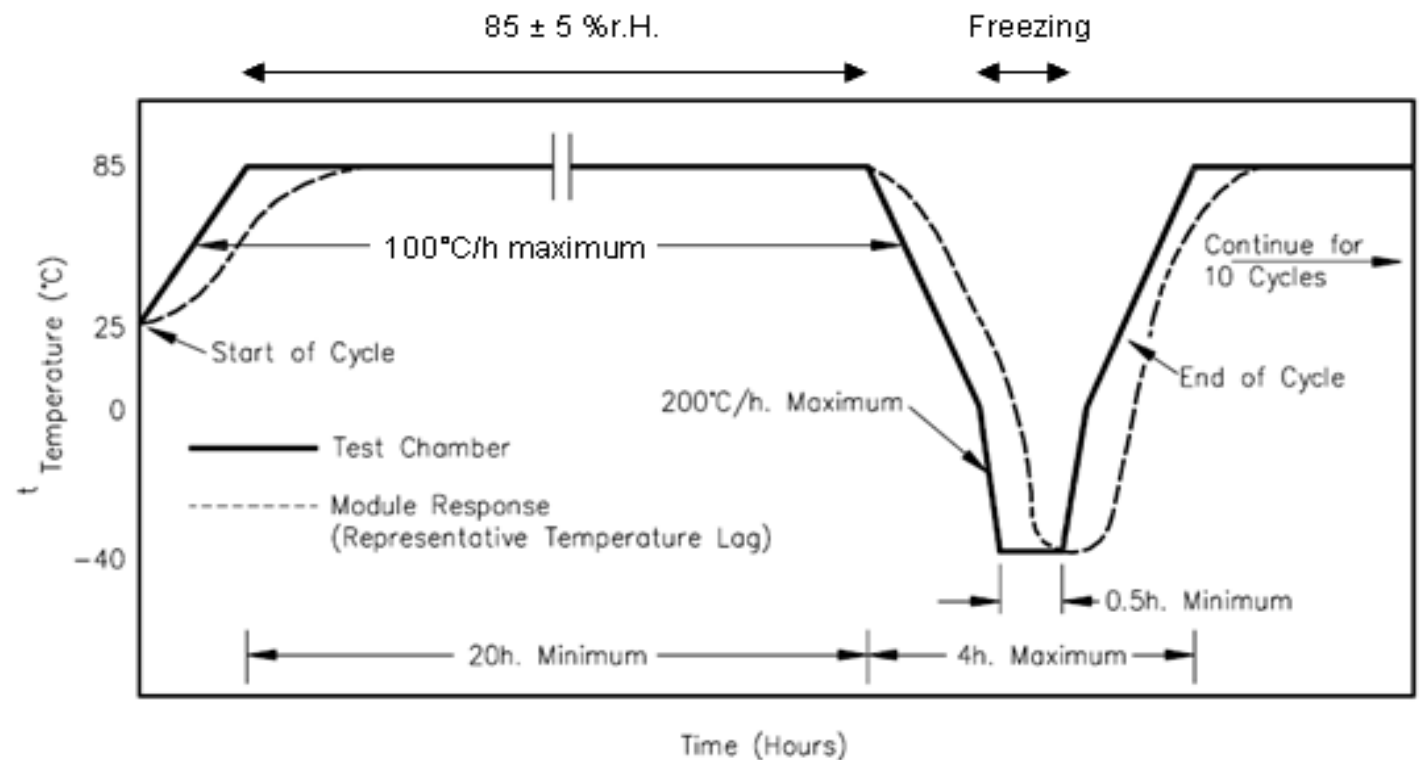
module current during TC-test



State-of-the-art climatic testing combined with expert knowledge of semiconductor industry

Feuchte-Kälte (Humidity Freeze)

- Background: Verification of material properties under extreme temperature and humidity conditions
- Cycles: 10
- Cycle time: ≥ 24 hrs



Feuchte-Wärme (Damp-Heat)

- Background: Verification of material properties under extreme temperature, humidity conditions and exposure time
- Condition: $85 \pm 5 \text{ °C}$ / $85 \pm 5 \text{ \% r.H.}$
- Test time: 1000 hrs

Zusammenfassung

- PV-Modul-Zuverlässigkeit → Prüfungen zur Bauartzulassung und Sicherheitsqualifikation
- Sonnensimulatoren zur Bestimmung von Leistungsdaten (Flasher) und Langzeitverhalten (UV, VIS)
- Klimatests zur beschleunigten Alterung
- IR-Thermographie zur Detektion von Hot-Spots

Zusammenfassung

- Kundenspezifische Prüf- und Testsequenzen entlang der PV-Wertschöpfungskette
- SGS Solar Testhouse bietet weitere vielfältige Möglichkeiten für PV-Modultests und physikalische Ursachenanalyse
- PV-Prüfungen kombiniert mit umfangreicher Expertise aus dem Bereich der Mikroelektronik
- SGS ist der Marktführer und Partner für praktisch alle Aufgaben im Bereich Prüfen, Testen, Zertifizieren

→ *SGS Solar Testhouse : ONE-STOP SHOP*

You are invited to contact us

**SGS Germany GmbH
Solar Testhouse
Zeisigweg 13
D – 01737 Kurort Hartha**

**tel: +49 (0) 35203 390-922
fax: +49 (0) 35203 390-940
peter.reinig@sgs.com
www.sgs.com/solar**



**INSTITUT
FRESENIUS**

SGS