



Mikrosystemtechnik und Solartechnik-  
zwei Schlüsseltechnologien mit hoher Synergie

Dr. Freitag, *GF CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik und  
Photovoltaik GmbH*

# CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik und Photovoltaik GmbH



## AZM – Anwendungszentrum Mikrosystemtechnik



*„Mit CiS - Forschung und Produktion unter einem Dach“*

- 7.000 m<sup>2</sup> Bruttogeschossfläche:
  - 1.600 m<sup>2</sup> Reinraum
  - 1.450 m<sup>2</sup> klimatisierte Laborfläche
  - 1.550 m<sup>2</sup> Büro

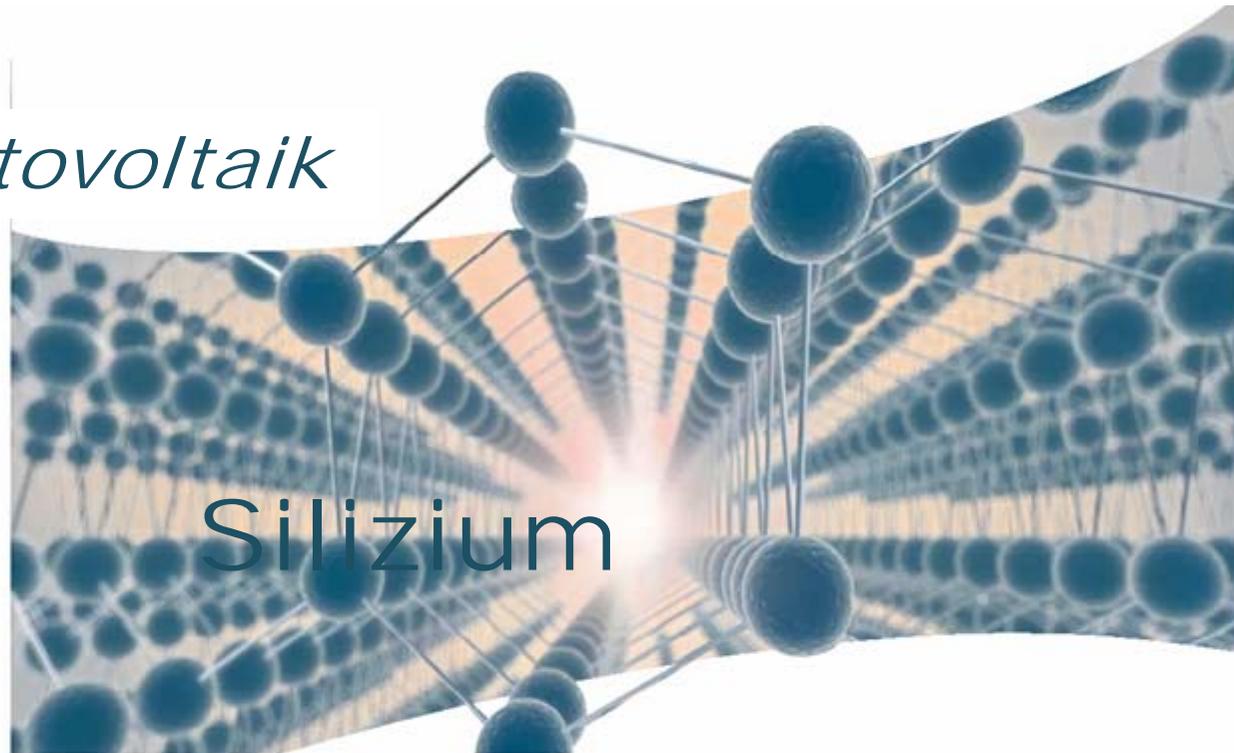




Kompetenz in Silizium für die Zukunftstechnologien Mikrosystemtechnik und Solartechnik

Von der Forschung bis zur Produktion - unter einem Dach aus einer Hand

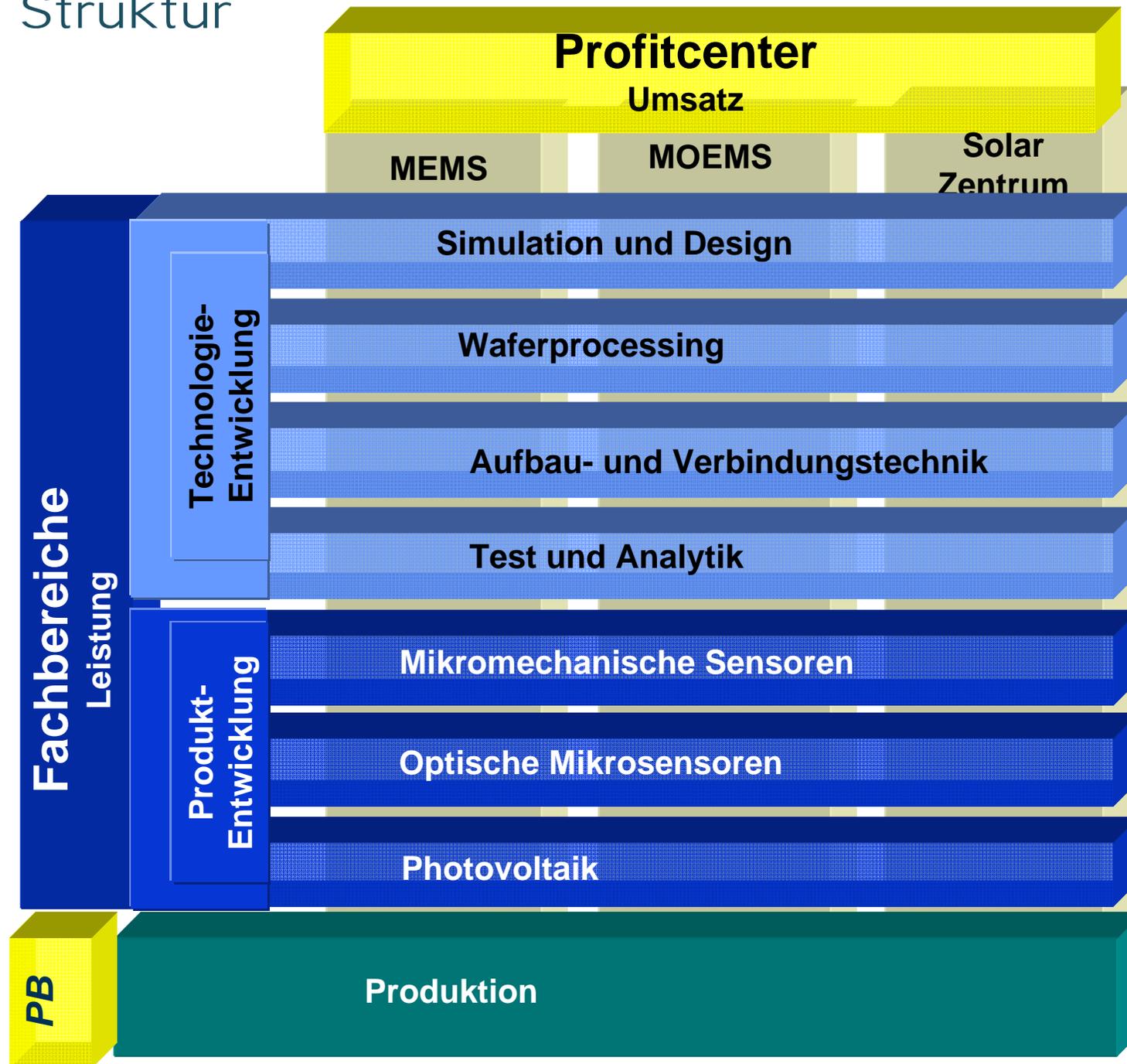
*Photovoltaik*



Silizium

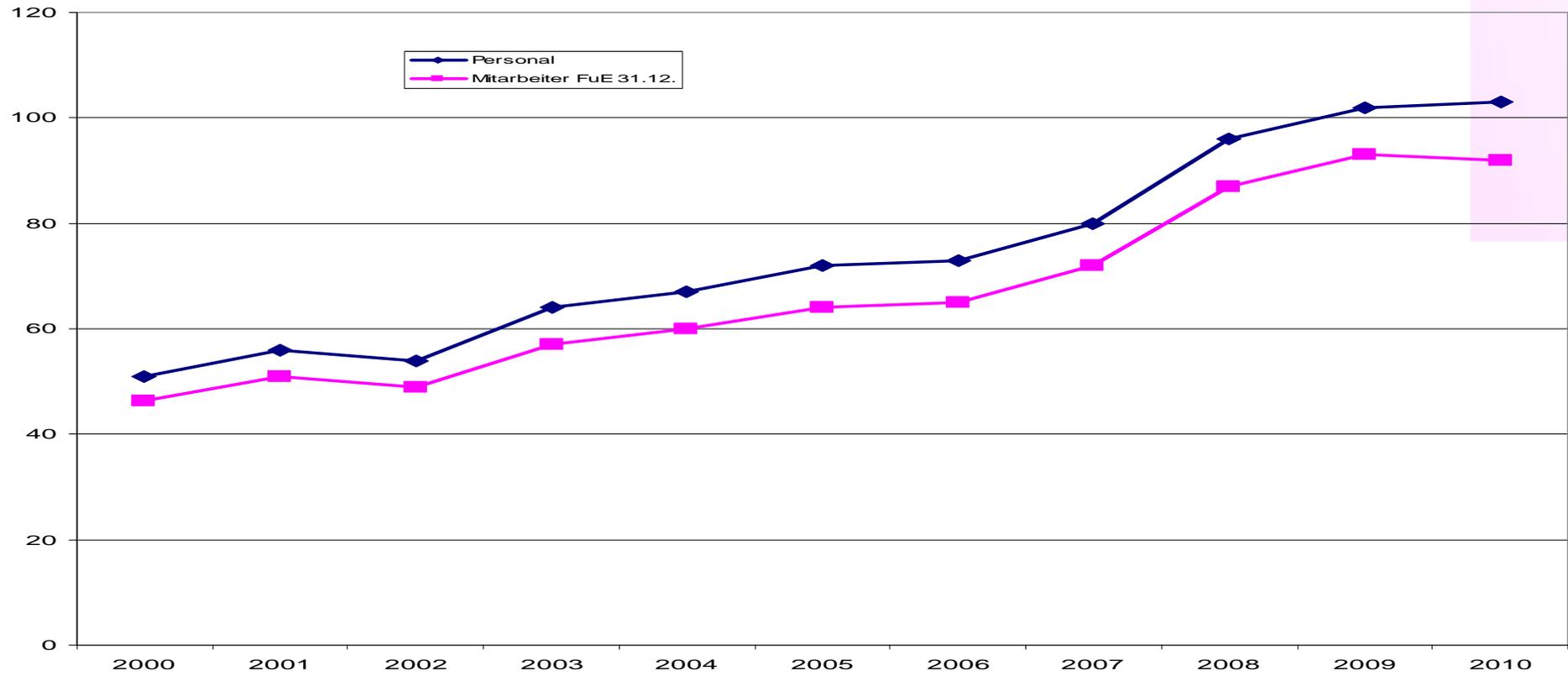
*Mikrosystemtechnik*

# Struktur





## Einnahmeentwicklung

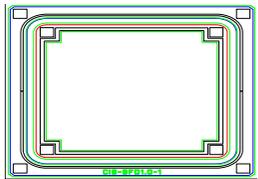


## Personalentwicklung

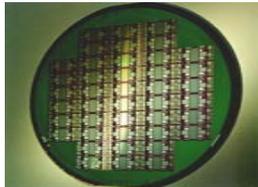
# CiS: Komplettlösungen aus einer Hand



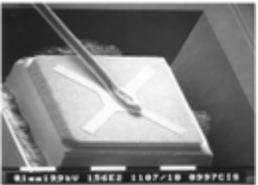
Simulation



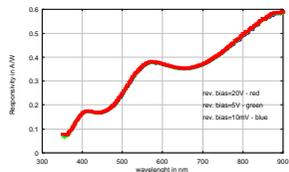
Design



Wafer-/Cell-processing



Aufbau- und Verbindungstechnik



Baugruppen-/Modulcharakterisierung und Kalibrierung

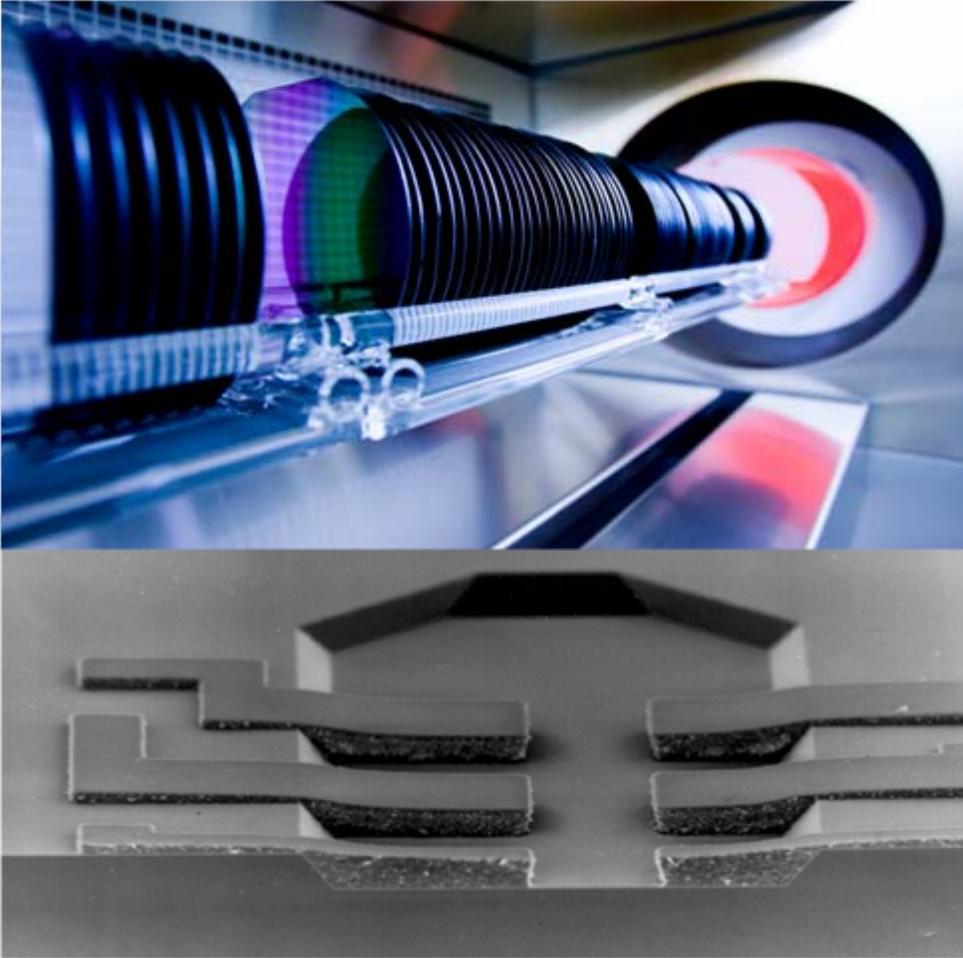


Zertifiziertes QM-System

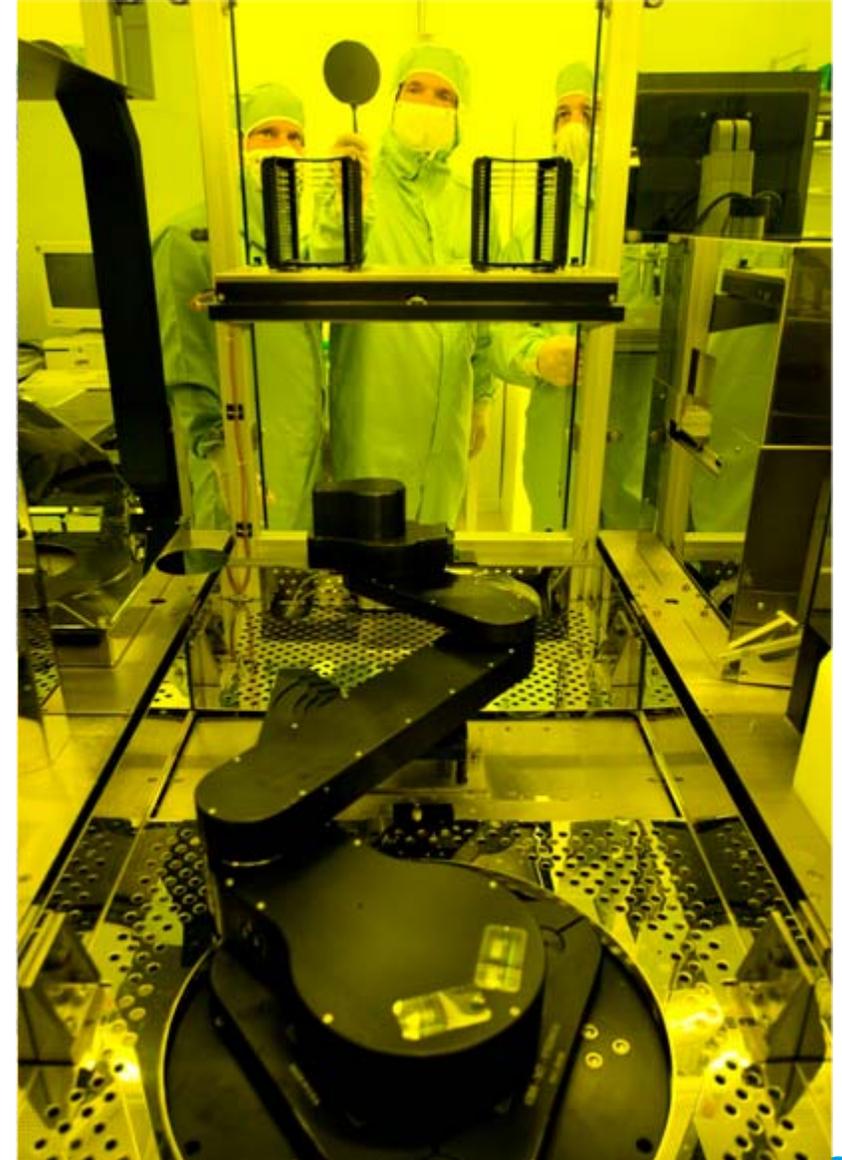
DIN EN ISO 9001



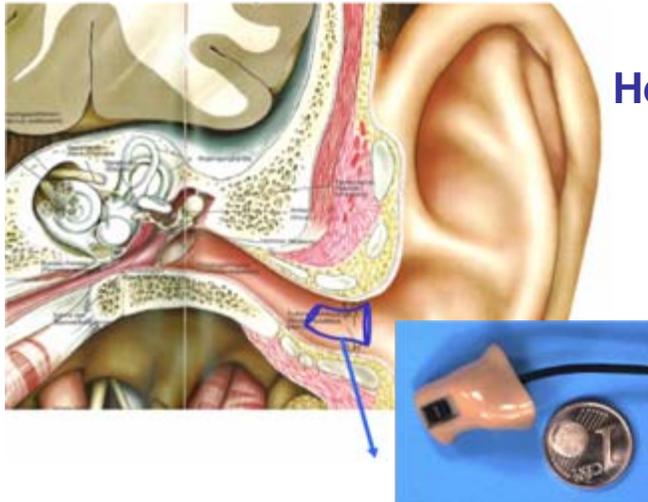
## Waferprocessing und Wafer Foundry mit innovativer Technologie



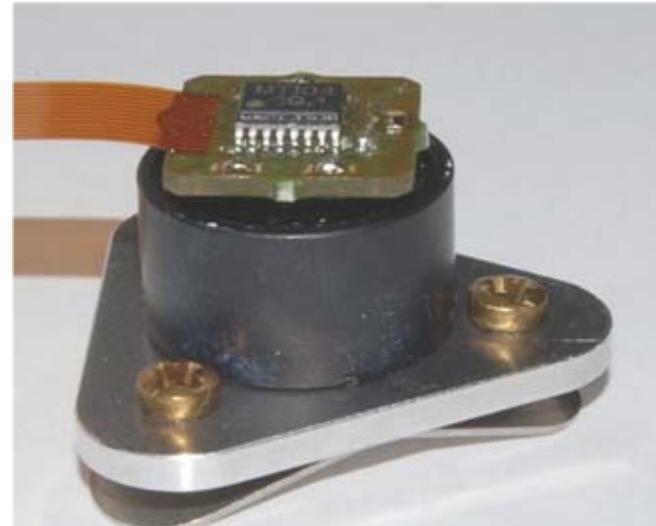
- Tiefenätzen mit Ebenenunterschied bis zu 100  $\mu\text{m}$  bei Verwendung von modifizierten fotoresistiven Technologien;



# Transfer von CiS-Technologien in KMU's

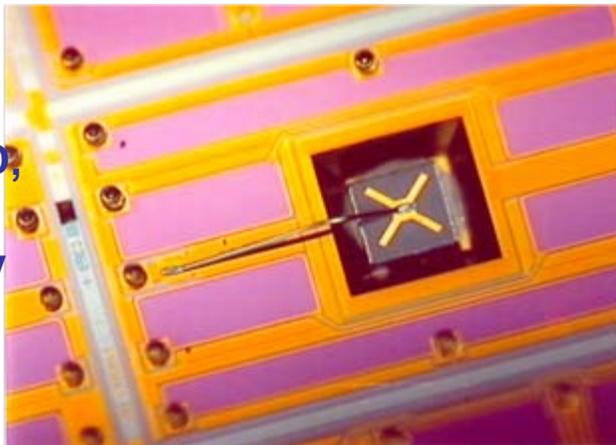


Herz-Kreislauf  
Sensor



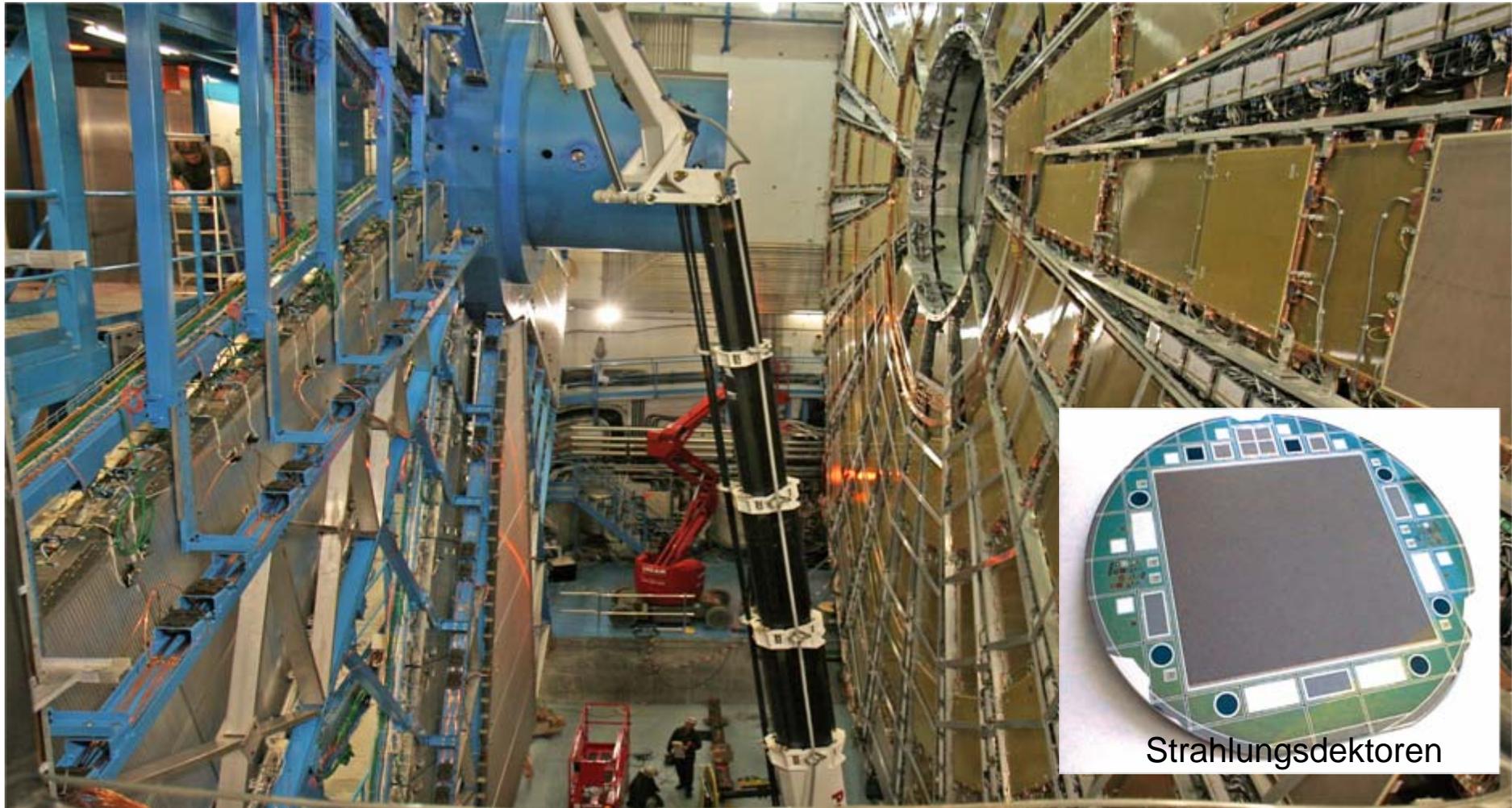
Elektronische Libelle

implantierte LED,  
umgeben vom  
Fotodiodenarray



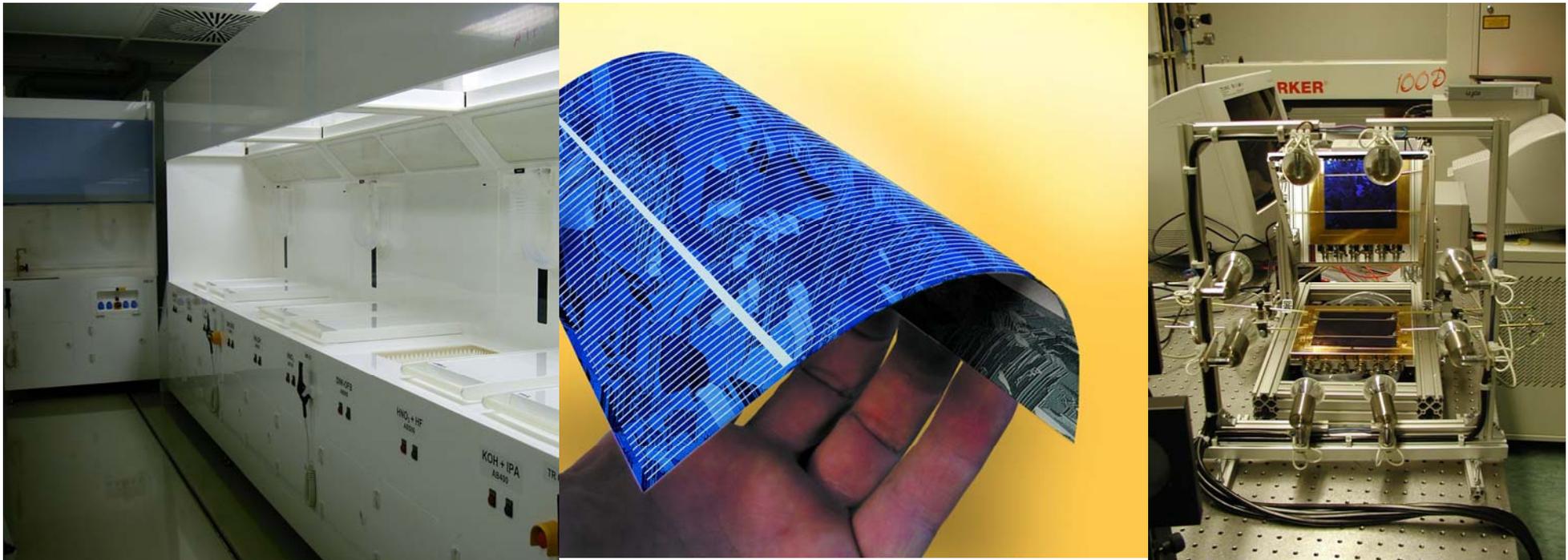
Winkelmessmodul

## Serien-Lieferant von hochempfindlichen Strahlungsdetektoren für Teilchenbeschleuniger CERN



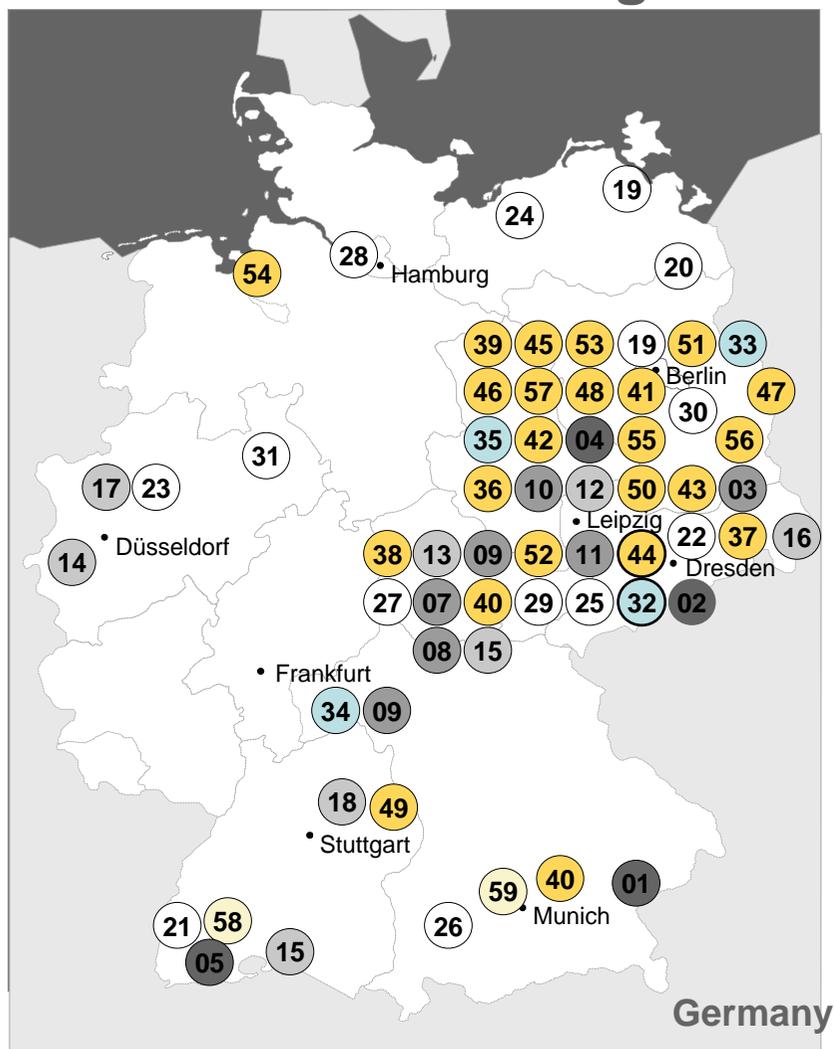
2008 Ausgezeichnet mit dem „Industrial supplier award“ vom CERN  
2009 Ausgezeichnet mit dem „Gold award „ vom Cern

## Solarzentrum als jüngstes Geschäftsfeld im CiS



Mit dem Wachsen der Solarindustrie in Thüringen wurde 2004 das Solarzentrum mit seiner wirtschaftsnahen Forschung für die regionale Industrie im CiS geschaffen

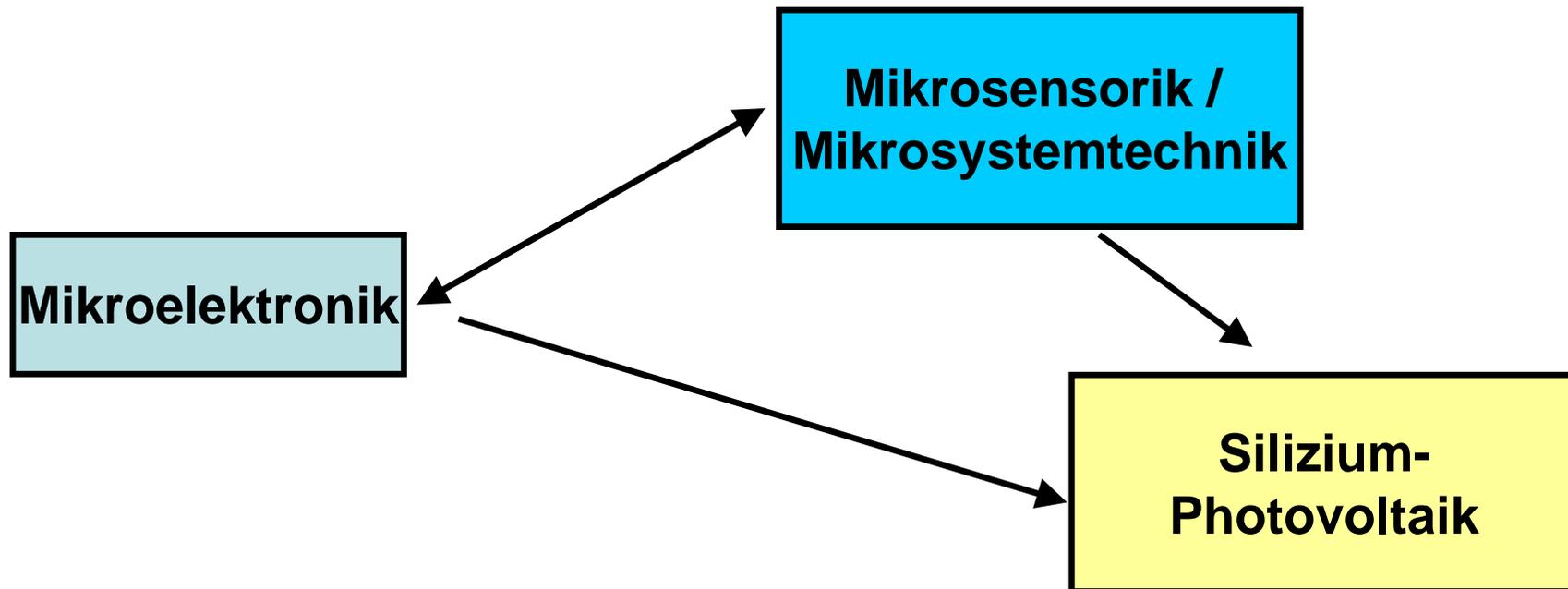
# Mitteldeutschland – weltweit führende Photovoltaikregion



- 65% aller dt. PV-Unternehmen in Mitteldeutschland
- Forschung, Entwicklung, Produktion
- 18% der weltweit produzierten Solarzellen
- 4 Firmen unter den Top 10 weltweit
- 8.500 direkte Beschäftigte in der PV Industrie
- Wachstumsraten der Firmen > 30%

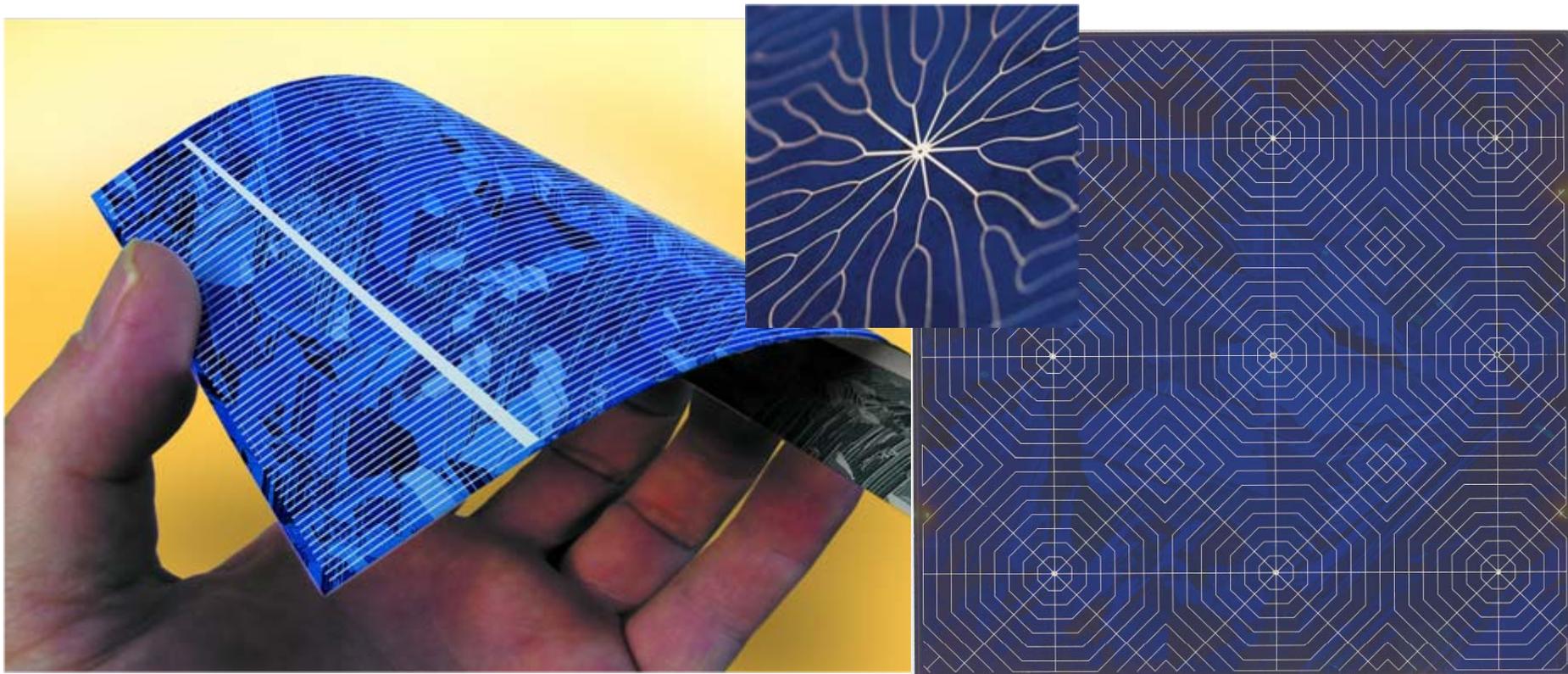


## Technologischer Stammbaum





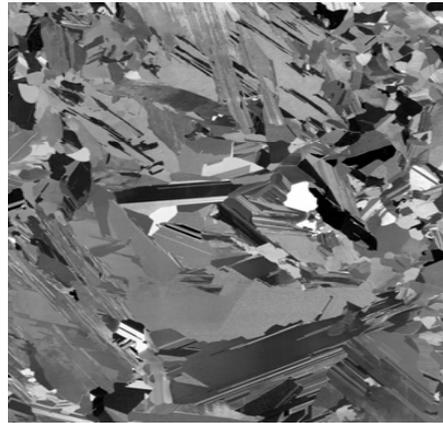
- Analytik und Messtechnik für Silizium-Wafer und -Solarzellen
- Entwicklung von Hocheffizienz-Solarzellen
- Aufbau- und Verbindungstechnologien Zelle-Modul
- Entwicklung von Prüfmethoden
- Zuverlässigkeitsanalysen und Lebensdauertests für Solarmodule



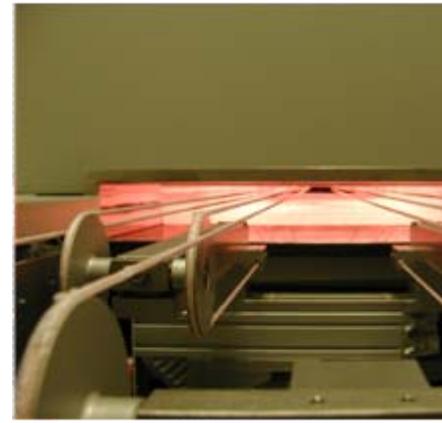
## Durchgängige Prozesslinie vom Wafer bis zur Zelle



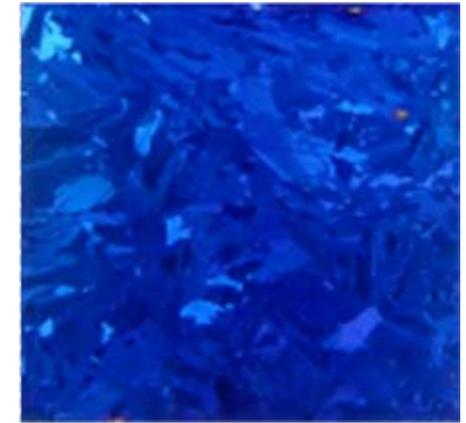
Nassbank



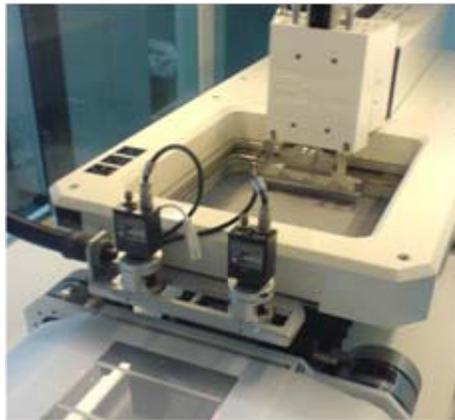
geätzter Wafer



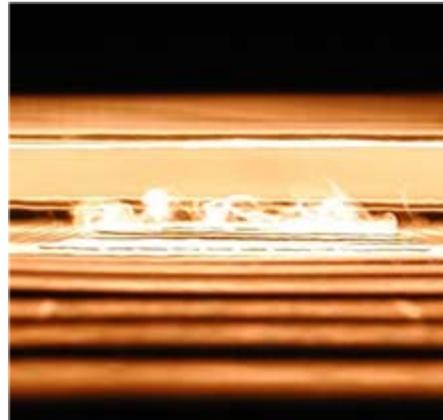
Phosphor-  
diffusion



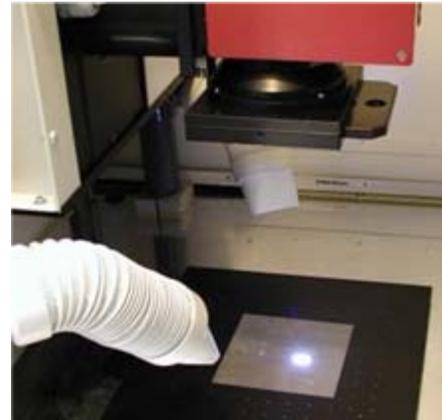
Antireflex-  
beschichtung



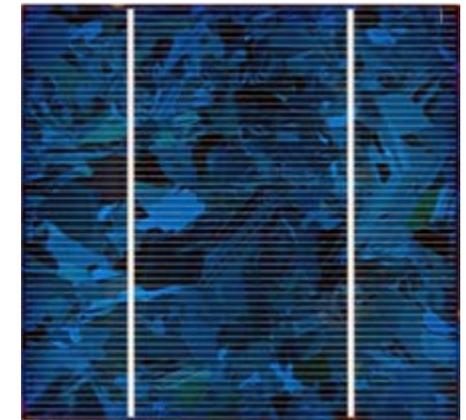
Drucken der  
Metallkontakte



Sintern der  
Kontakte



Kantenisolation



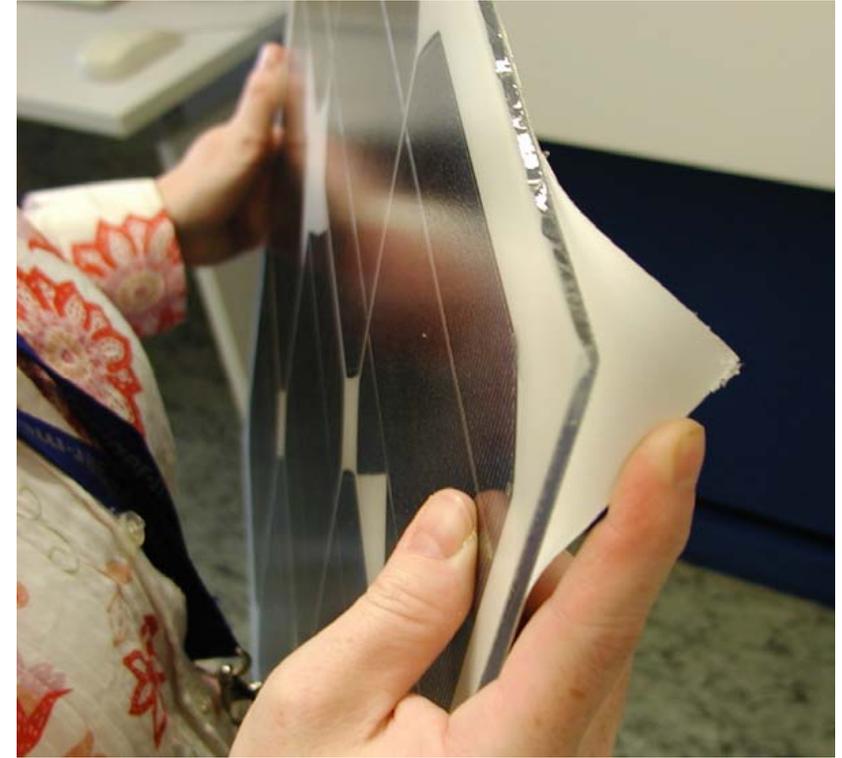
Solarzelle

# *CiS-SolarZentrum: Prüfung von Lebensdauer und Zuverlässigkeit von Modulen*



**Modulzertifizierung nach DIN EN 61215 bzw. 61646**

**Akkreditiertes Modulprüflabor (Joint-venture mit TÜV Thüringen )**



Klimaschränke: ➤ Feuchte-Wärme  
➤ Temperaturwechsel

Outdoor-Prüffeld:  
2.000 m<sup>2</sup>



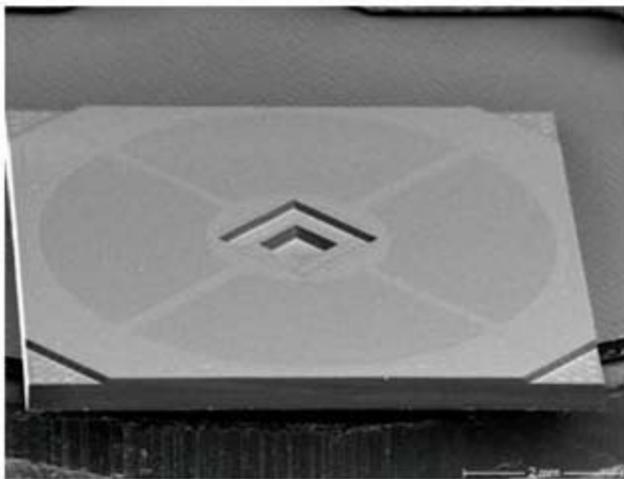


# Ausgangspunkt CiS: Technologie-Komplexe Waferprozessierung

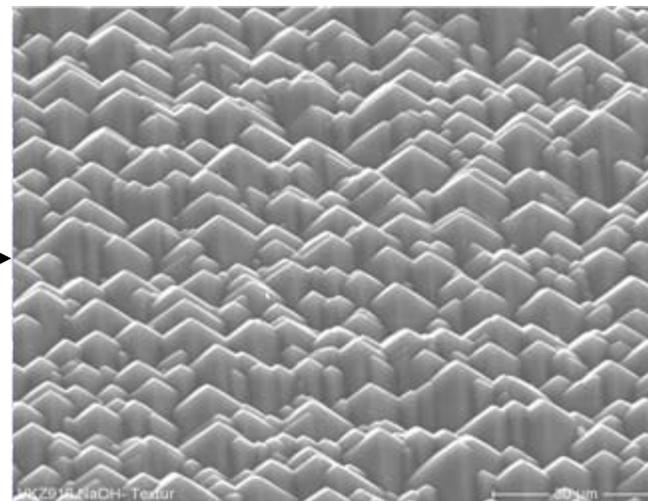
Feinreinigung
Hochtemperaturprozesse (Thermische Oxidation, Temperung, Trägergas-Diffusion). Ionen-Implantation
CVD-Prozesse (Isolation, Passivierung, Funktionsschichten)
PVD-Prozesse (Metallisierung, Funktionsschichten)
Photolithographie (zwei- und dreidimensional; doppelseitig)
Silizium-Tiefenstrukturierung (naßchemisch, isotrop/anisotrop)
Schichtstrukturierung (naßchemisch, RIE)
Waferdirektbonden
Prozeßmeßtechnik

## Beispieltechnologie: Silizium-Strukturierung mit alkalischer Lösung

**MST:** Kavitäten für dreidimensionale optische Bauelemente

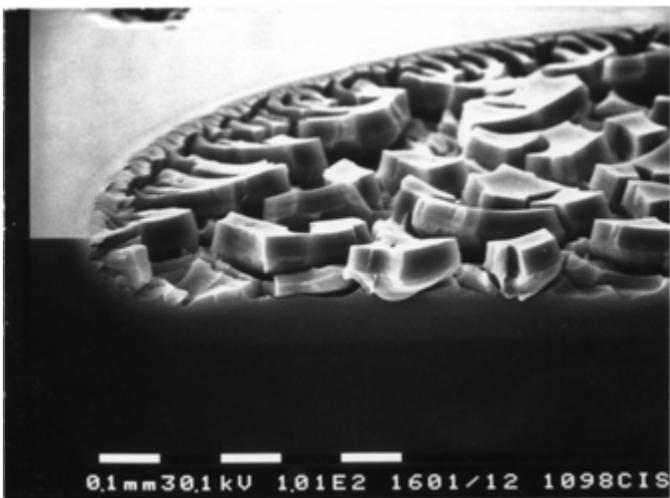


**PV:** Oberflächentexturierung zur Effizienz-Erhöhung

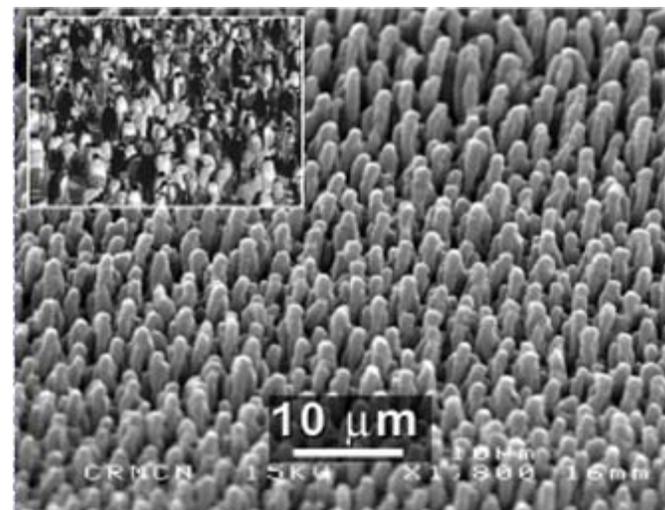


## Beispieltechnologie: Silizium-Strukturierung durch elektrochemisches Ätzen

**MST:** Membranstrukturen für Drucksensoren



**PV:** „Pinguin-Strukturen“ zur Oberflächenmodifizierung



# Komplexe Aufbau- und Verbindungstechnik im CiS

Klassische Aufbau- und Verbindungstechnik der Mikroelektronik für Innovationen im PV-Bereich

Schwerpunkte:

Verbesserte Löttechniken ohne bleihaltige Lote

Klebertechniken mit leitfähigen Klebstoffen

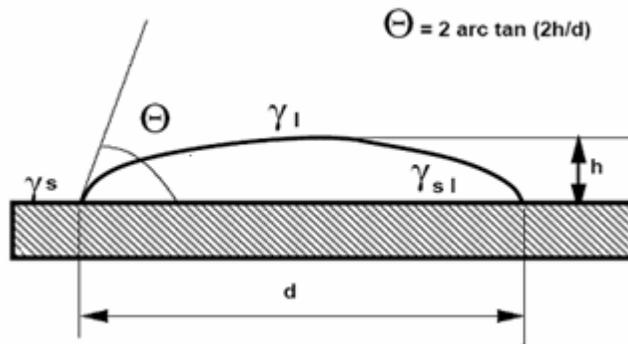
Übertragung klassischer Bondtechniken

Verbesserte Verkapselungs- und Häusungstechniken

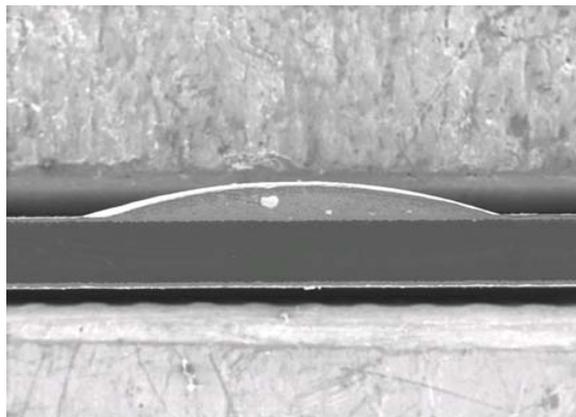
Zuverlässigkeitstests

# Metallkundliche Untersuchungen der Lötbarkeit

➔ Bestimmung des Benetzungswinkels zur Beurteilung der Lötbarkeit

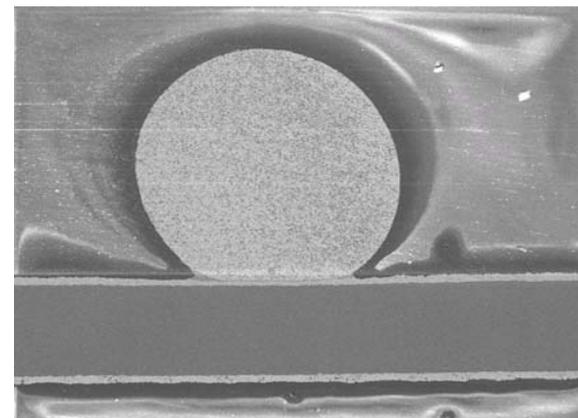


- $\Theta$  unter  $30^\circ$  gute Benetzung
- $\Theta$  zw.  $30-60^\circ$  moderate Benetzung
- $\Theta$  über  $90^\circ$  schlechte Benetzung



Gute Benetzung: Cu/SnAg

MST

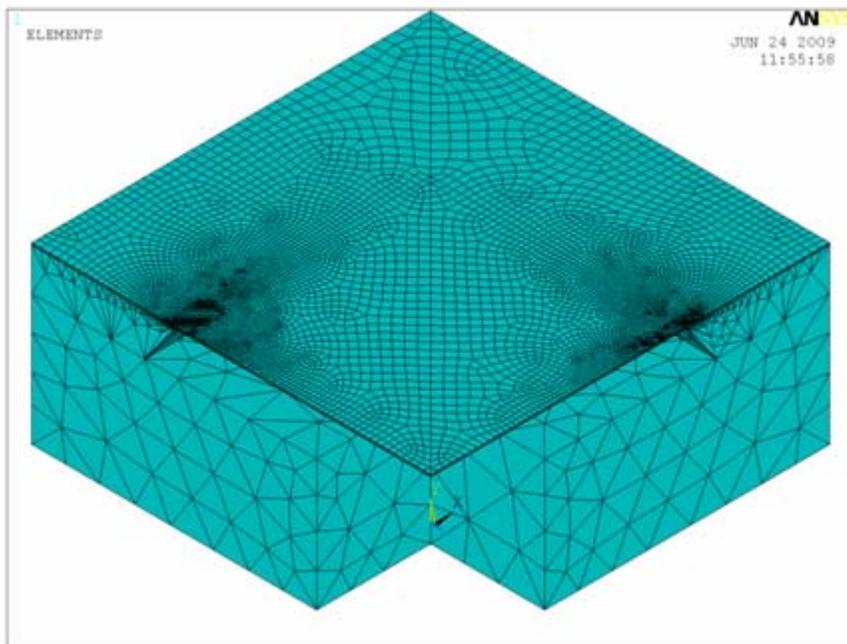


Schlechte Benetzung: Ag-Dickschicht/SnAg

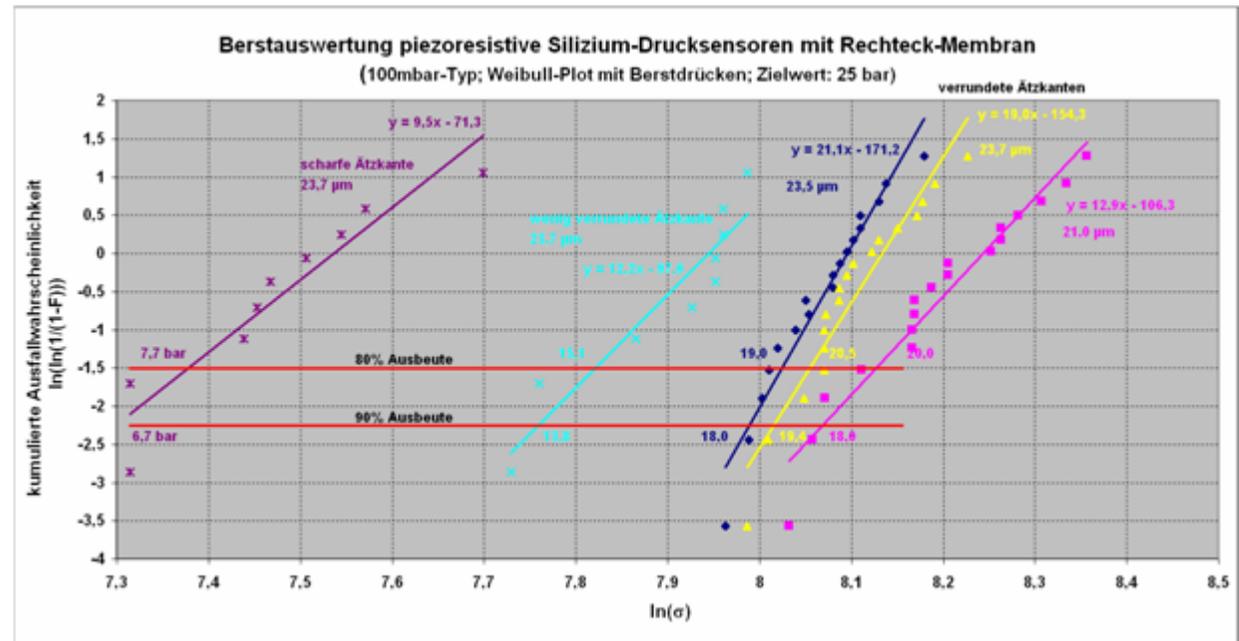
PV

# Modellierung in der Mikrosystemtechnik

## Bersttests für piezoresistive Drucksensoren



- Finite-Elemente-Modell eines Drucksensors**
- 1/4-Modell mit Symmetrien
  - Gegenkörper
  - Ermittlung der mechanischen Spannungen bei Berstdruck

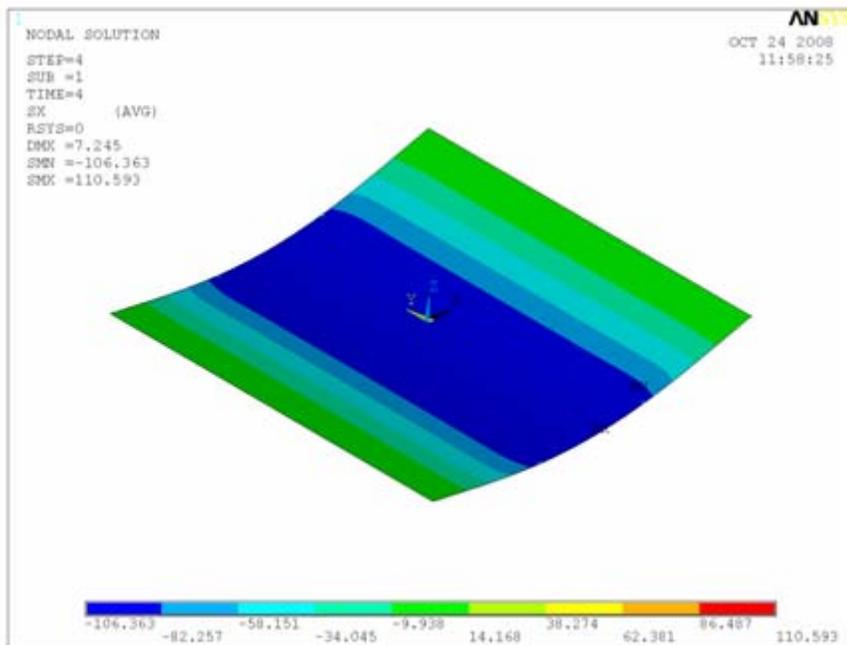


### Weibull-Plot zur Auswertung der Berstversuche

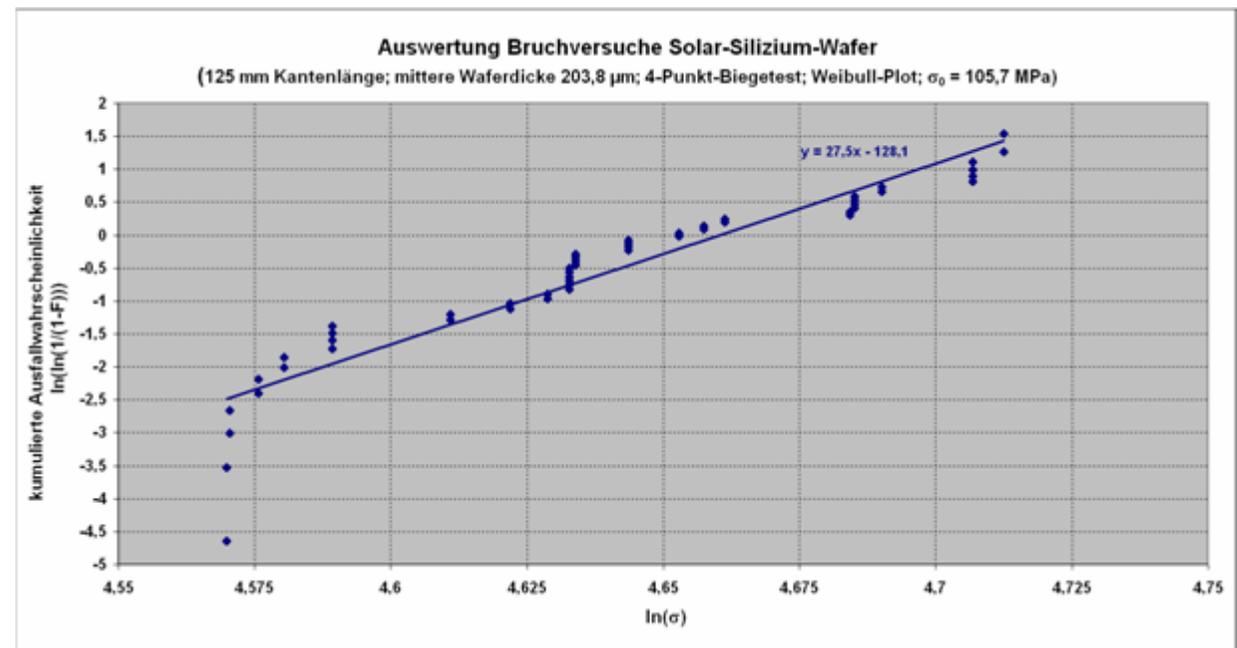
- pro Sensor-Variante ein Weibull-Plot
- Sensoren mit quadratischen Membranen verschiedener Dicken
- Ätzkerbe unterschiedlich verrundet
- mit eingetragenen Berstdrücken für 80 und 90 % Ausbeute

# Modellierung in der Photovoltaik

## 4-Punkt-Biegebruchtest für Solar-Silizium-Wafer



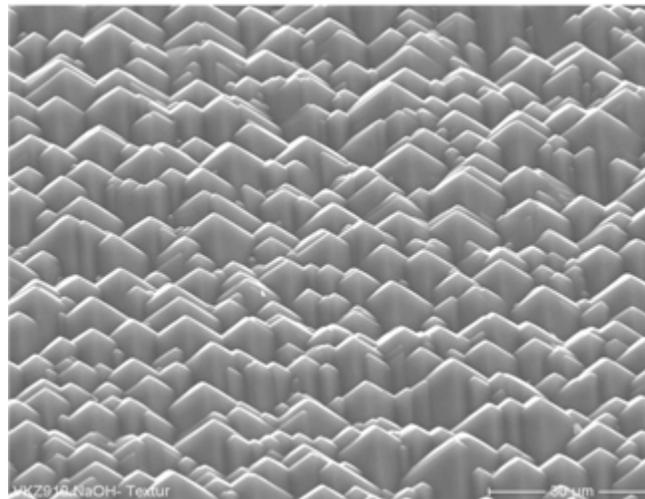
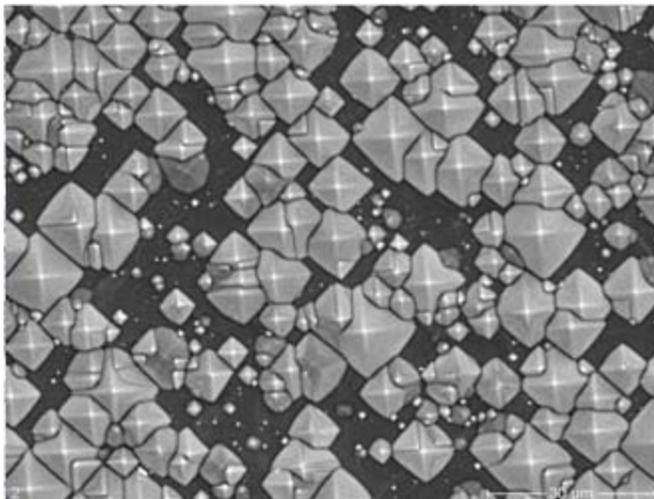
- Finite-Elemente-Modell eines Solar-Si-Wafers**
- 125 mm Kantenlänge
  - 200  $\mu\text{m}$  Dicke
  - 4-Punkt-Biegebruchtest mit ca. 6 mm Verschiebung



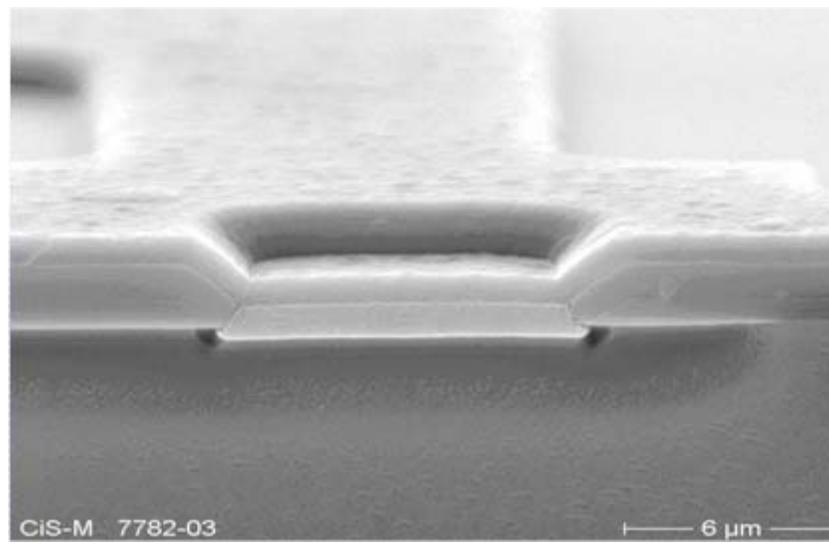
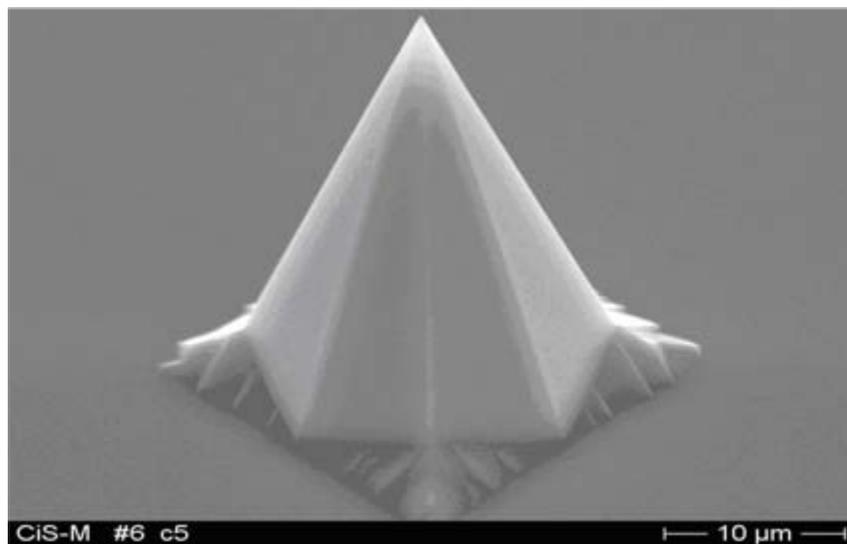
- Weibull-Plot zur Auswertung der Bruchversuche**
- Weibull-Parameter  $m$  (Anstieg der Regressionsgeraden) als Maß für die Verteilung der Bruchspannungen
  - mittlere Bruchspannung  $\sigma_0$  als Vergleichswert für 63 % Ausfall

# Analytik und Test

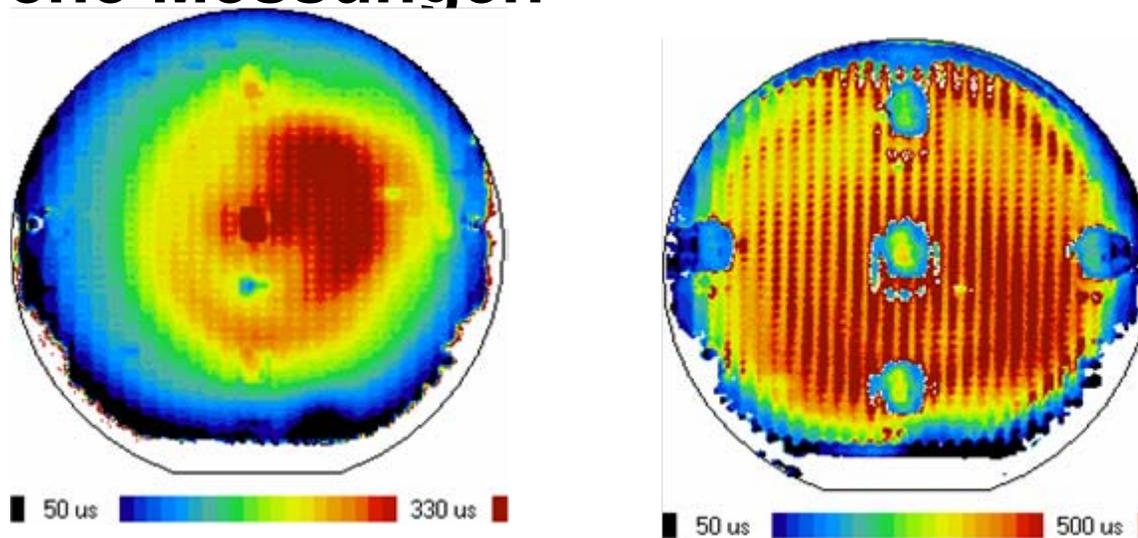
## Charakterisierung von Solar-Textur



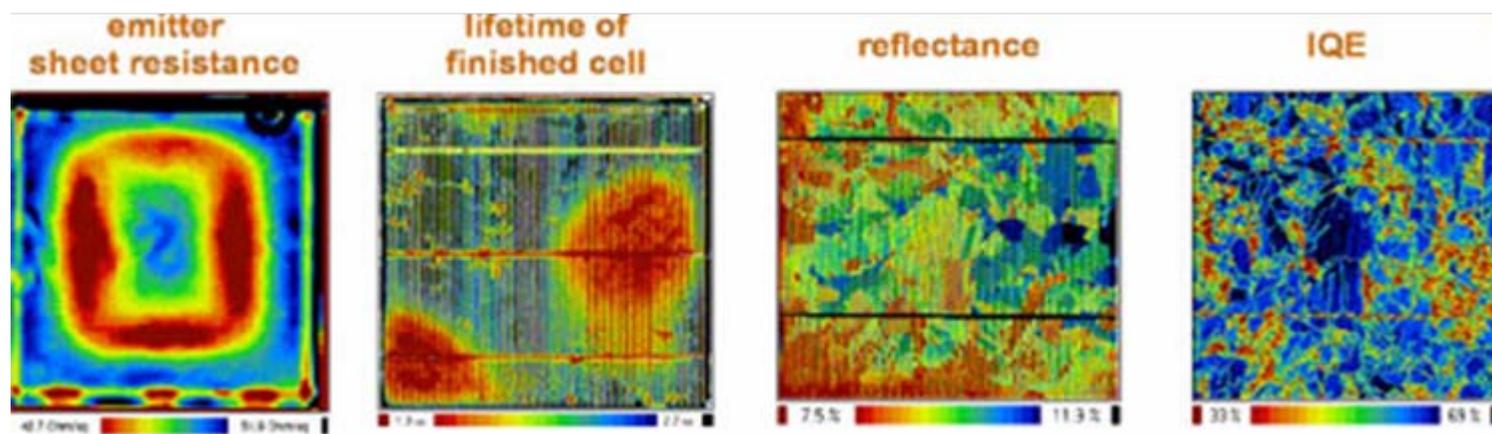
## Analytik von Mikrosensorik-Strukturen



# Elektrische Messungen



Lifetime-Messung an Fotodioden



Lifetime-Messung an Solarzellen



### **CiS eine „Wirtschaftsnahe Forschungseinrichtung“ zur Förderung von Innovationen in der Wirtschaft mit starker nationaler Wahrnehmung**

- Durch **Know-how Transfer** von der Mikroelektronik über die Mikrosystemtechnik zur Photovoltaik besitzt CiS einzigartige Alleinstellungsmerkmale zur Beschleunigung von Innovationen in der Photovoltaik
- **Systemführerschaft für Innovationsprojekte des Mittelstandes** in den Hochtechnologiefeldern Mikrosystemtechnik und Photovoltaik durch geschlossene Entwicklungspfade von der Vorlaufforschung über die industrielle F&E bis zu Produktion und Markteinführung