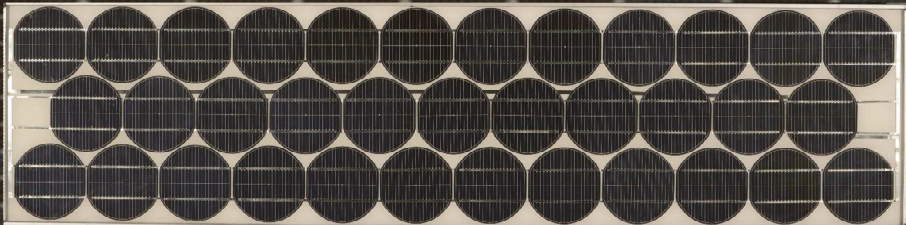






SUPSI DACD / ISAAC / Photovoltaik: für Langlebigkeit gemacht 3

### ARCO SOLAR ASI 16-2300



- 35 Zellen in Serie ~1 Watt / Zelle
- 320  $\mu\text{m}$  Zelldicke
- Einkapselung : PVB
- 3mm Frontglas, Rückseitenfolie Tedlar / Metall / Tedlar
- Modul wurde ohne Kabel und Stecker geliefert, ABER mit Siliziumdioden

01/04/2019

SUPSI DACD / ISAAC / Photovoltaik: für Langlebigkeit gemacht 4

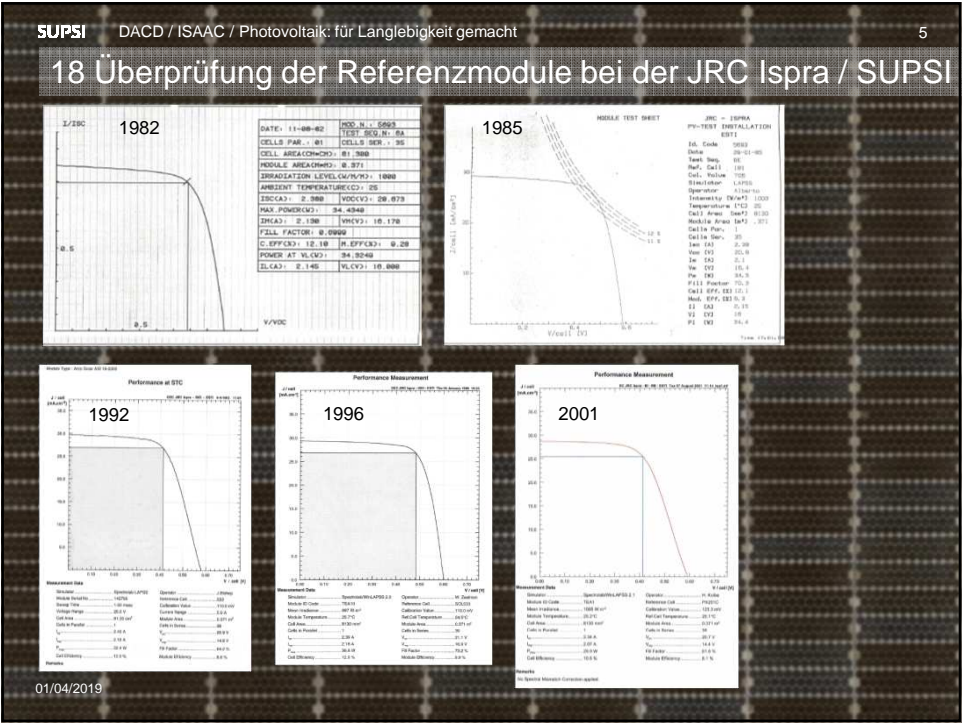
### PV-Anlagenentwicklung in der Zeit...

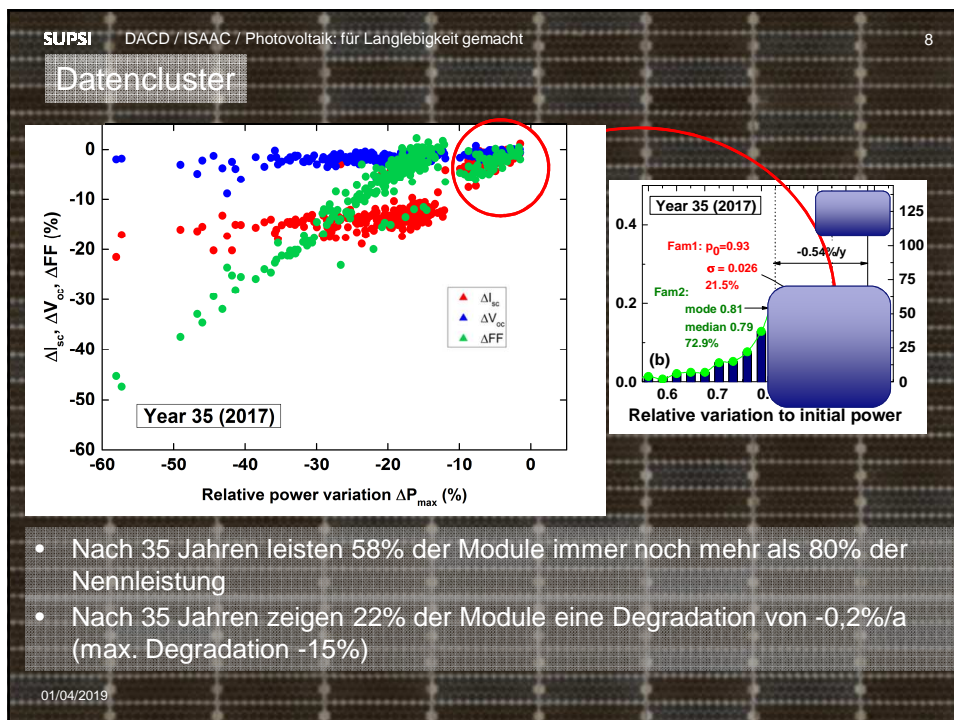
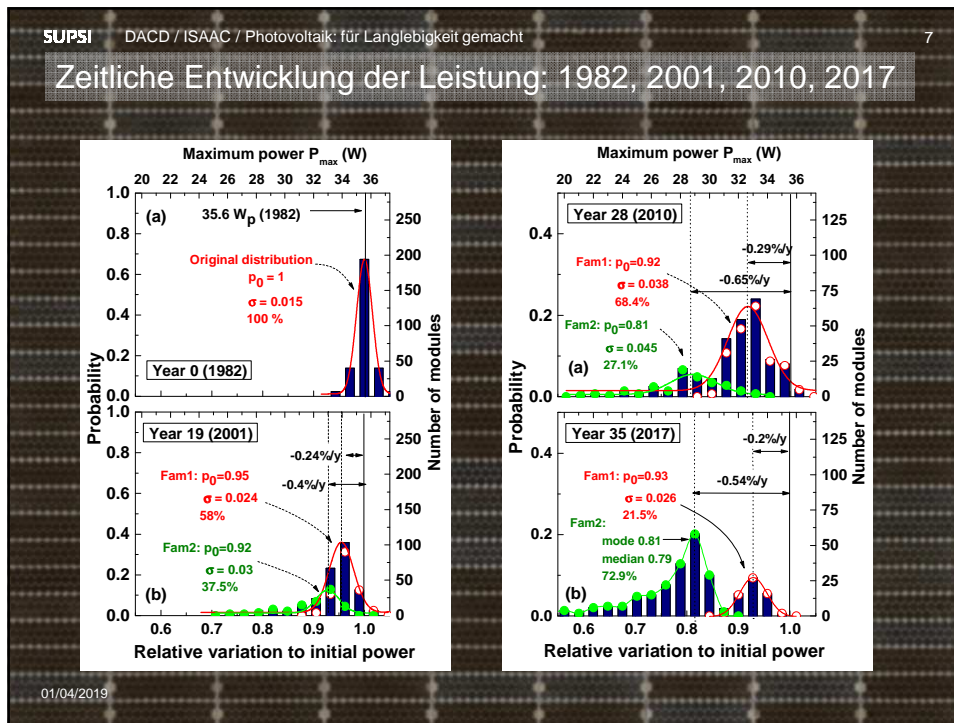


• 1982-1989	65 °	Neigung 24 Strings / 12 Module # 3 Arrays
• 1989-1991	65 °	Neigung 24 Strings / 12 Module # 1 Array
• 1992-2003	55 °	Neigung 12 Strings / 21 Module # 3 Arrays
• 2003-2008	55 °	Neigung 4 Strings / 24 Module # 3 Arrays
• Seit 2010	22 °	Neigung 24 Strings / 12 Module # 6 Arrays

01/04/2019





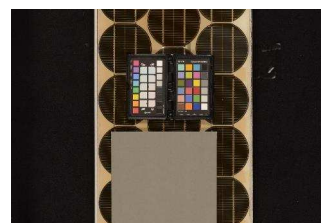
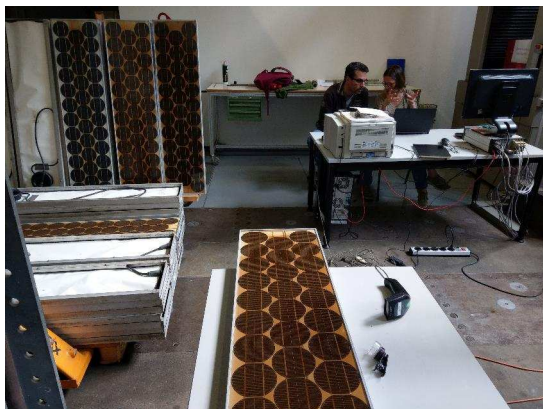




SUPSI DACD / ISAAC / SUPSI PVLab: Beyond 40 years

9

## Failure Analysis: Visual Inspection, High res pictures



01/04/2019

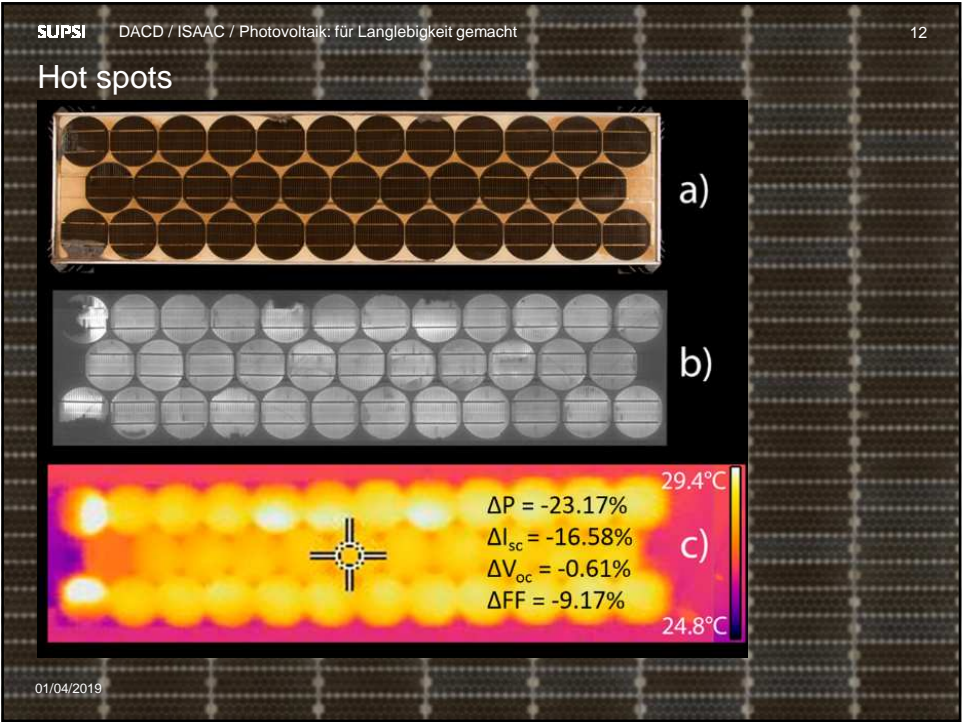
SUPSI DACD / ISAAC / Photovoltaik: für Langlebigkeit gemacht

10

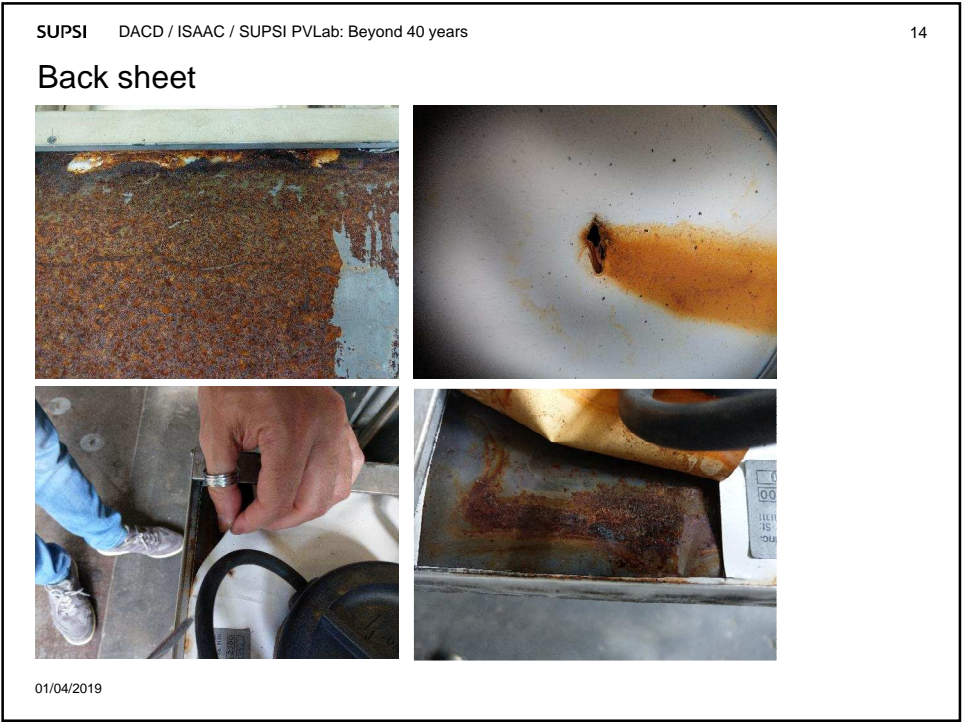
## Visual Inspection: Beispiel



01/04/2019




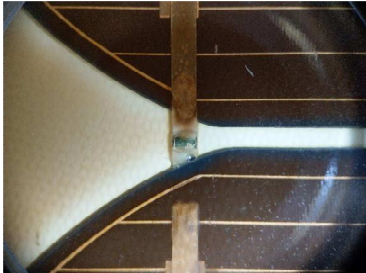






SUPSI    DACD / ISAAC / SUPSI PVLab: Beyond 40 years

15

### Cells, Busbars and ribbons



01/04/2019

SUPSI    DACD / ISAAC / Photovoltaik: für Langlebigkeit gemacht

16

### Sicherheitskontrollen: Datenanalyse

	Diode functionality test	Frame continuity (2017)	Insulation test (*) 35 yrs (2017)	Wet leakage 28 yrs (2010)	Wet leakage 35 yrs (2017)	Hot spots (**)
Mod. tested	288	288	276 *	285	43 ⊗	274
Failed	11.8%	4.6%	8.7	15.6%	4.6% (2 out of 43)	Major 28.5%
Passed	88.2%	95.4%	91.3%	83.3%	95.3% (41 out of 43)	Minor 40.5%

(\*) Insulation test : no IEC 61215, >>> MBJ: High Potential test.

(\*\*) Determined by combined analysis of EL, VI, and IR images.

\* Insulation test could not be performed on the 12 modules out of function (ΔP=100%).

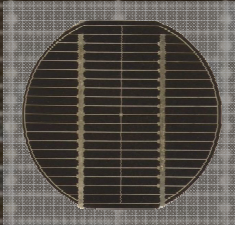
⊗ Wet leakage on all Class A modules and the best performing modules in Class B.

01/04/2019

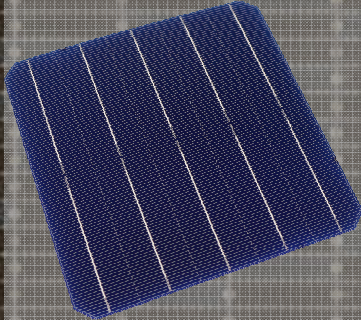


SUPSI DACD / ISAAC / Photovoltaik: für Langlebigkeit gemacht 17

### Lessons learnt: Entwicklung der Technologie



- 102 mm, rund
- 1 W, Eff. 12,5 %
- 300-320  $\mu\text{m}$
- Mono c-Si Al-BSF
- 2 Busbar
- PVB + Tedlar-Metall-Tedlar
- Siliziumdiode



- 156 mm, quadratisch
- 5.3 W, Eff. 21.9%
- 180-200  $\mu\text{m}$
- Mono c-Si PERC
- 5 Busbar
- EVA + Tedlar
- Schottky diode

SUPSI DACD / ISAAC / Photovoltaik: für Langlebigkeit gemacht 18

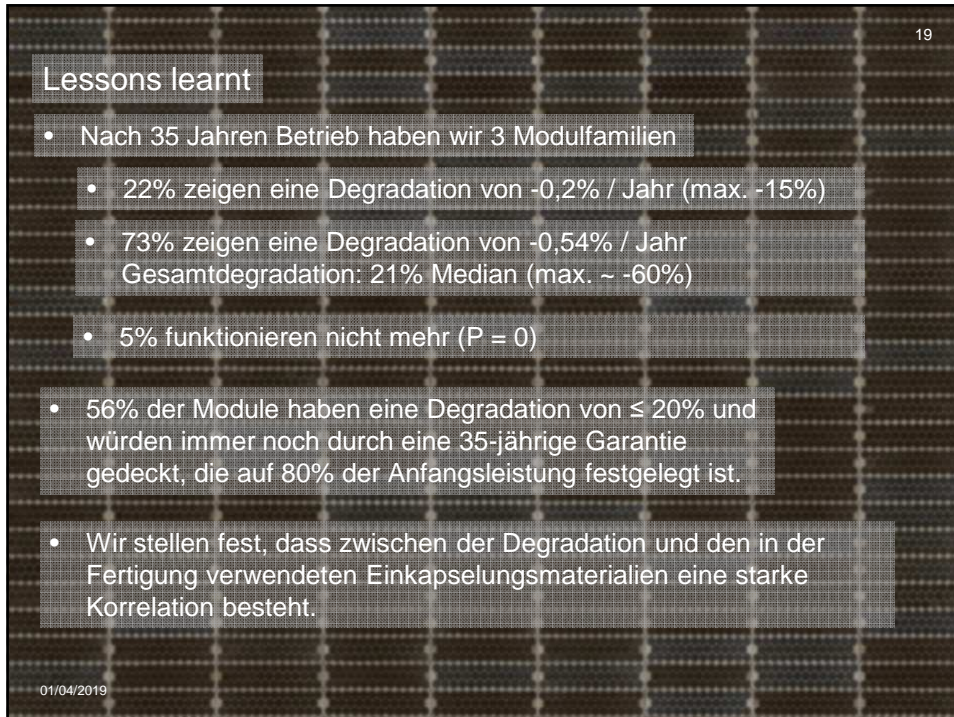
### Lessons learnt

Können die Ergebnisse auf moderne Module übertragen werden?

Was sind die Herausforderungen um 40 Jahre zu überdauern?

01/04/2019



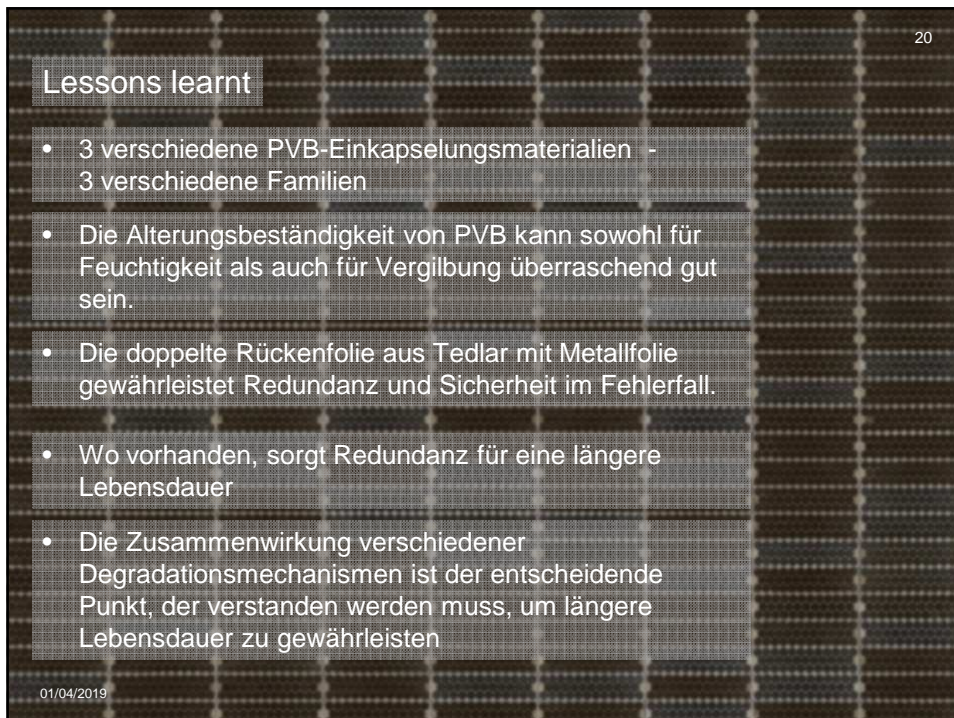


19

### Lessons learnt

- Nach 35 Jahren Betrieb haben wir 3 Modulfamilien
  - 22% zeigen eine Degradation von -0,2% / Jahr (max. -15%)
  - 73% zeigen eine Degradation von -0,54% / Jahr  
Gesamtdegradation: 21% Median (max. ~ -60%)
  - 5% funktionieren nicht mehr ( $P = 0$ )
- 56% der Module haben eine Degradation von  $\leq 20\%$  und würden immer noch durch eine 35-jährige Garantie gedeckt, die auf 80% der Anfangsleistung festgelegt ist.
- Wir stellen fest, dass zwischen der Degradation und den in der Fertigung verwendeten Einkapselungsmaterialien eine starke Korrelation besteht.

01/04/2019



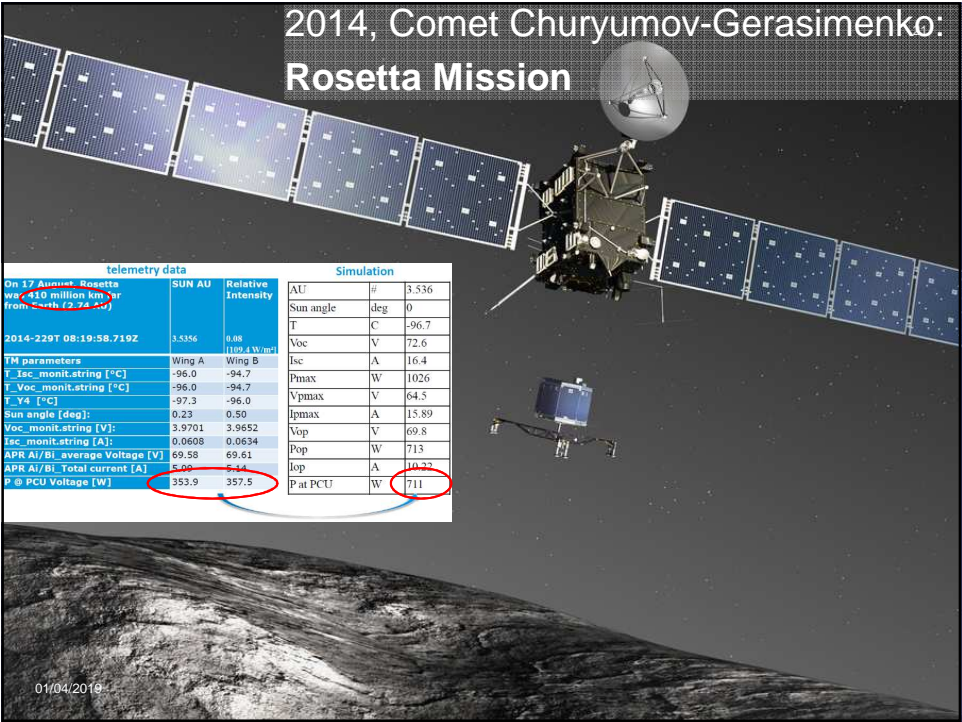
20

### Lessons learnt

- 3 verschiedene PVB-Einkapselungsmaterialien - 3 verschiedene Familien
- Die Alterungsbeständigkeit von PVB kann sowohl für Feuchtigkeit als auch für Vergilbung überraschend gut sein.
- Die doppelte Rückenfolie aus Tedlar mit Metallfolie gewährleistet Redundanz und Sicherheit im Fehlerfall.
- Wo vorhanden, sorgt Redundanz für eine längere Lebensdauer
- Die Zusammenwirkung verschiedener Degradationsmechanismen ist der entscheidende Punkt, der verstanden werden muss, um längere Lebensdauer zu gewährleisten

01/04/2019





SUPSI    DACD / ISAAC / SUPSI PVLab: Beyond 40 years

23

Projekt in Zusammenarbeit mit:

**EPFL**  
ÉCOLE POLYTECHNIQUE  
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Finanziert von

 Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE  
Swiss Federal Office of Energy SFOE

Thanks to the  
pioneers!



01/04/2019