

LeTID – Erfahrungen aus dem Feld



- Einführung – Was ist LeTID?
- Erkennung im Feld – Wie erkennt man LeTID?
- Recovery im Feld – Wie können Module im Feld regenerieren?
- Zusammenfassung

- Einführung – Was ist LeTID?
- Erkennung im Feld – Wie erkennt man LeTID?
- Recovery im Feld – Wie können Module im Feld regenerieren?
- Zusammenfassung

LeTID (light elevated and temperature induced degradation)

- Degradationseffekt auf Zellebene [1]
- Tritt verstärkt bei PERC Zellen auf [1]
- Kann auch bei normalen kristallinen Zellen auftreten (BSF cells) [1]
- Hohe Temperatur und Einstrahlung begünstigen Degradation [1]
- Nach anfänglicher Degradation beginnt bei den betroffenen Modulen ein Regenerationsprozess
- Geschwindigkeit von Degradation und Regeneration hängt stark von Zelltemperatur und Minoritätsträgerdichte ab
 - je wärmer desto schneller der Prozess
 - je mehr Minoritätsträger desto schneller der Prozess [2]

[1]: M. Padmanabhan, et al., Phys. Status Solidi - Rapid Res. Lett. 10 (2016) 874–881

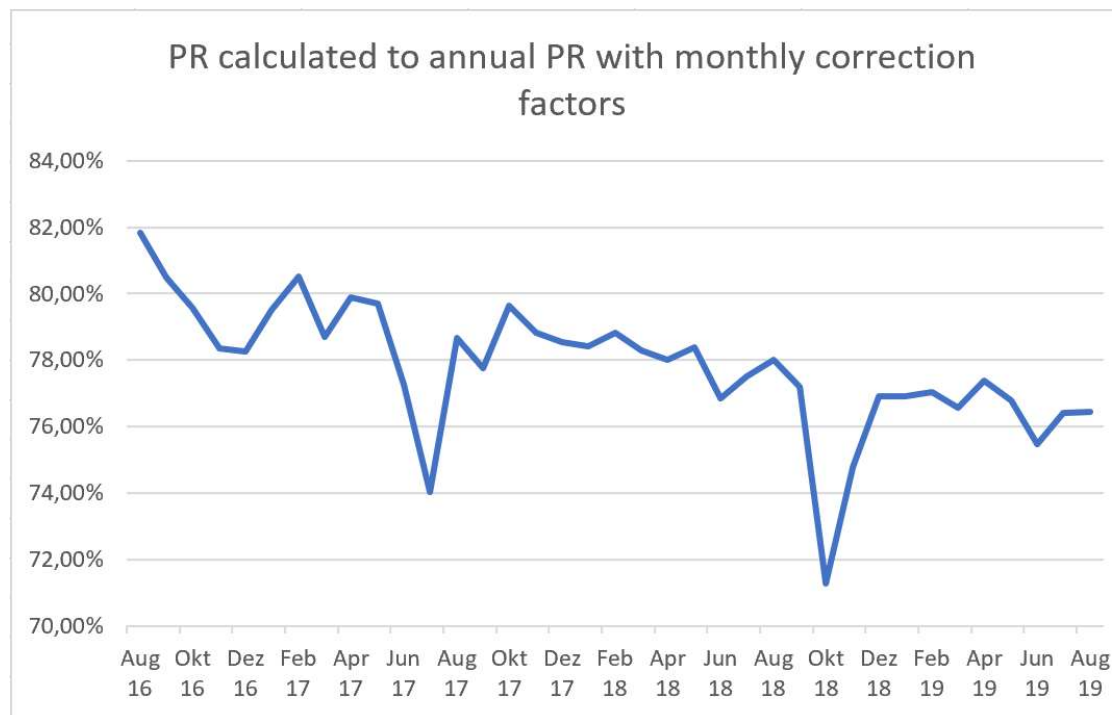
[2]: F. Kersten et al., “A New Light Induced Volume Degradation Effect of mc-Si Solar Cells and Modules,” in Proc. of 31st European Photovoltaic Solar Energy Conference, 2015, vol. 11, no. 2, pp. 1830–1834

- Einführung – Was ist LeTID?
- Erkennung im Feld – Wie erkennt man LeTID?
- Recovery im Feld – Wie können Module im Feld regenerieren?
- Zusammenfassung

LeTID – Erkennung im Feld

case study:

- 80 MWp PV-Freiflächenanlage in Südafrika
- multikristalline 72 Zell Module mit BFS-Zelle
- Kontinuierlich rückläufige Anlagenperformance in den ersten Betriebsjahren



guaranteed PR

1. year: 79.2%

2. year: 79.0%

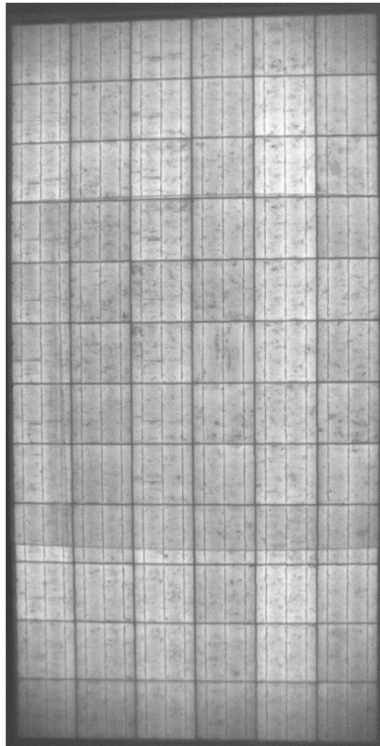
3. year: 78.8%

→ PR Reduktion höher als erwartet

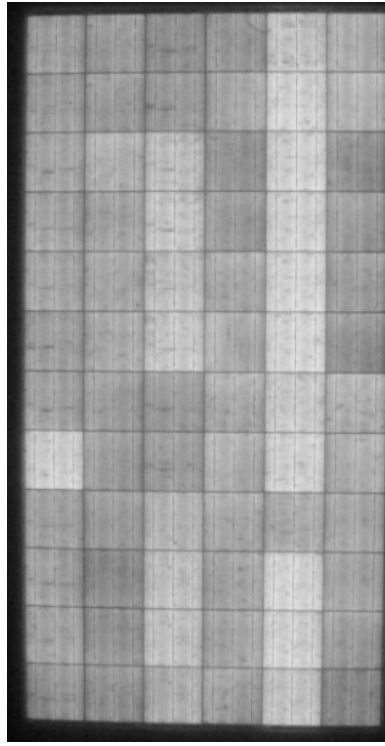
LeTID – Erkennung im Feld

case study:

- 80 MWp PV-Freiflächenanlage in Südafrika
- multikristalline 72 Zell Module mit BFS-Zelle (310 Wp und 315 Wp)
- EL-tests von installierten Modulen:



EL vom Hersteller



EL von installierten Modulen

Bewertung mit ISFH

→ Erstverdacht: **LeTID**

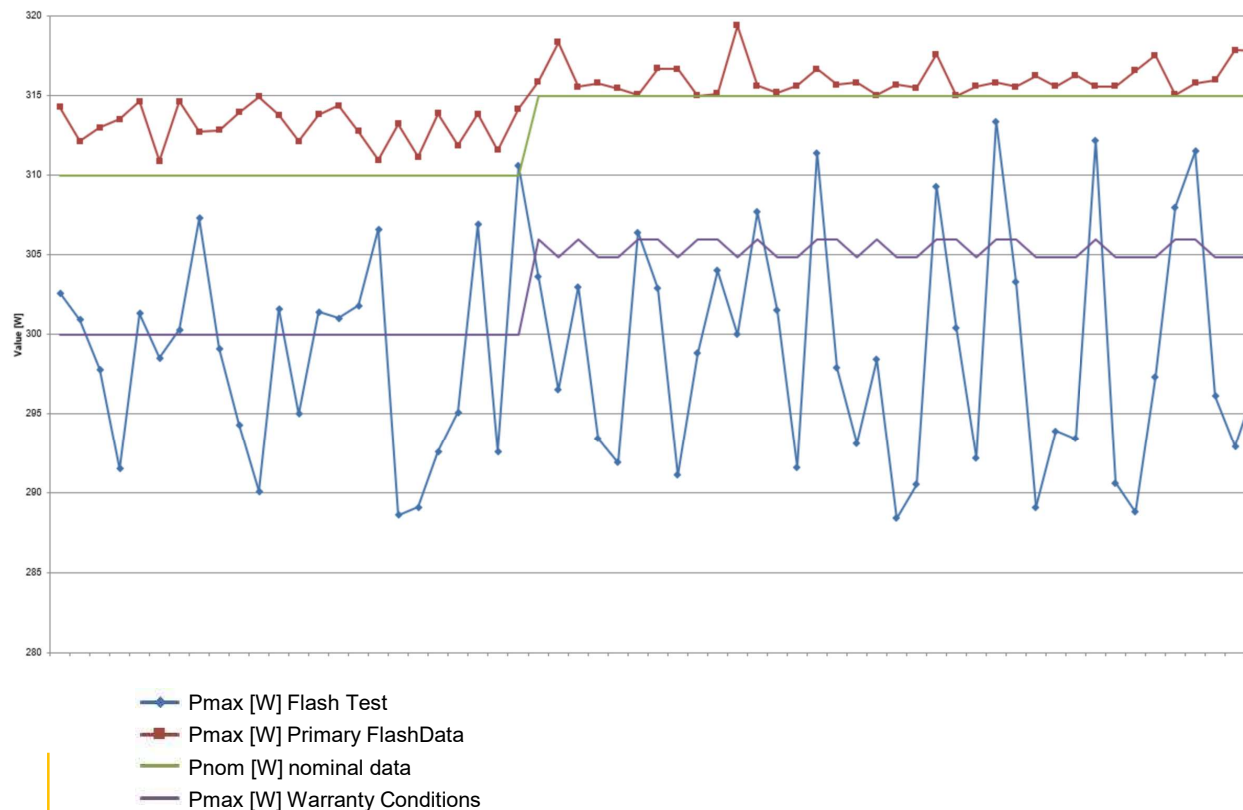
Indizien:

- Schachbrettmuster im EL
 - Degradation von Voc und Isc zu gleichen Anteilen
- Füllfaktor annähernd gleich

LeTID – Erkennung im Feld

case study:

- 80 MWp PV-Freiflächenanlage in Südafrika
- multikristalline 72 Zell Module mit BFS-Zelle (310 Wp und 315 Wp)
- Flash Test von installierten Modulen:



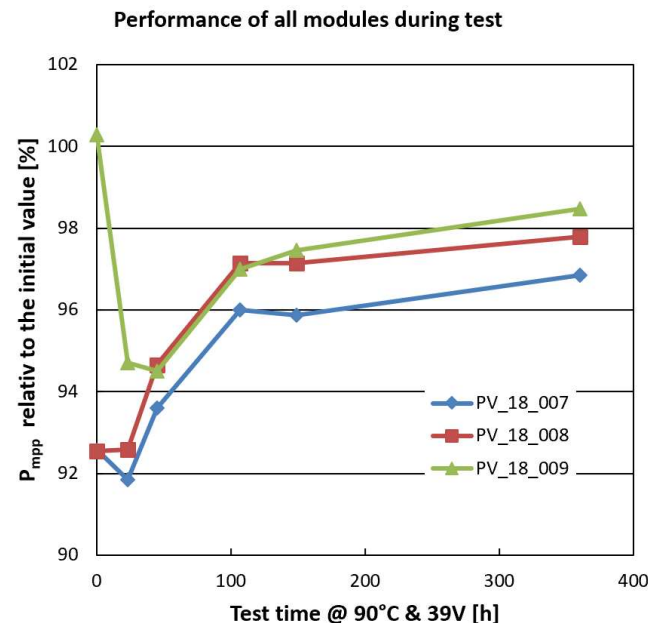
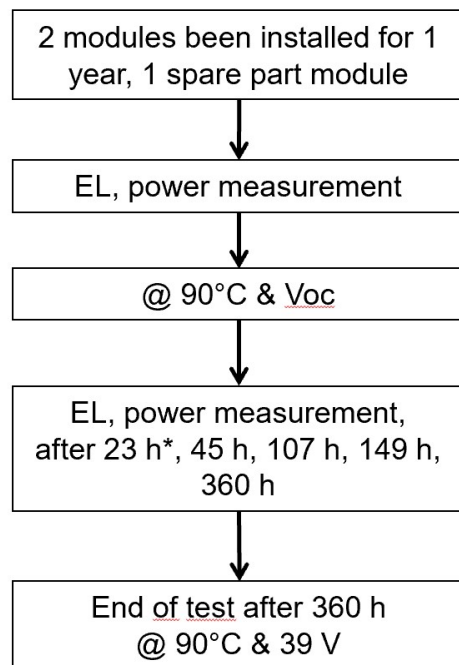
Flash Test Ergebnisse:

- Leistung variiert
310 Wp: 289 – 311 Wp
315 Wp: 288 – 314 Wp
→ große Bandbreite!
→ Degradation: 5 – 7 %
- Degradation mit hoher Bin-class größer als bei kleinerer Bin-class
- kleinere Bin-Class hat mehr Leistungsreserve

LeTID – Erkennung im Feld

case study:

- 80 MWp PV-Freiflächenanlage in Südafrika
- multikristalline 72 Zell Module mit BFS-Zelle (310 Wp und 315 Wp)
- LeTID test (@ISFH):



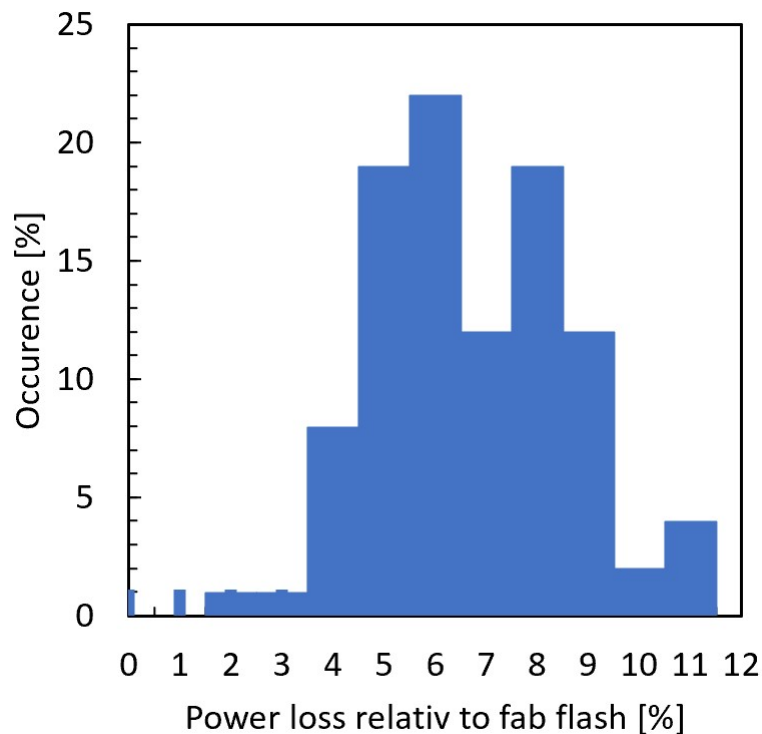
LeTID Testergebnisse:

- Test Module
 - PV_18_007 – weathered
 - PV_18_008 – weathered
 - PV_18_009 – spare part
- installierte Module am Ende ihrer Degradation
- spare part Module degradieren in ersten 23 h
- nach 45 h startet recovery bei installierten Modulen

LeTID – Erkennung im Feld

case study:

- 80 MWp PV-Freiflächenanlage in Südafrika
- multikristalline 72 Zell Module mit BFS-Zelle (310 Wp und 315 Wp)
- Finale Degradation im Feld:



Vergleich:

- Degradation im Feld:

5 – 8 %

(bezogen auf flasch Daten)

- Degradation ISFH Test:

7,5 – 8 %

(bezogen auf Datenblattwerte)

- Fragen?

- Einführung – Was ist LeTID?
- Erkennung im Feld – Wie erkennt man LeTID?
- **Recovery im Feld – Wie können Module im Feld regenerieren?**
- Zusammenfassung

- Nach Degradationzeit startet Regenerationsprozess automatisch
- Geschwindigkeit der Degradation abhängig von Temperatur und Einstrahlungsbedingungen
- Aufgrund der eher geringen Modultemperaturen und der nicht stabilen Einstrahlungsbedingungen dauert Regeneration im Feld sehr lange
- Lösung um Regeneration zu beschleunigen
 - Erhöhung Modultemperatur und Minoritätsträgerdichte
 - Betrieb der Module in Voc

LeTID – Recovery im Feld

case study:

- 80 MWp PV-Freiflächenanlage in Südafrika
- multikristalline 72 Zell Module mit BFS-Zelle (310 Wp und 315 Wp)

Feldtest:

- Betrieb von zwei installierten Strings in Voc um
 - Minoritätsträgerdichte und
 - Modultemperatur (Zelltemperaturerhöhung 5 – 10 K)zu erhöhen.

Bedingungen:

- 176,5 h mit $> 700 \text{ W/qm}$
- 22 Tage in südafrikanischem Sommer mit $> 700 \text{ W/qm}$
→ 43 Tage in Summe benötigt, um 22 Tage mit $> 700 \text{ W/qm}$ zu erhalten

LeTID – Recovery im Feld

case study:

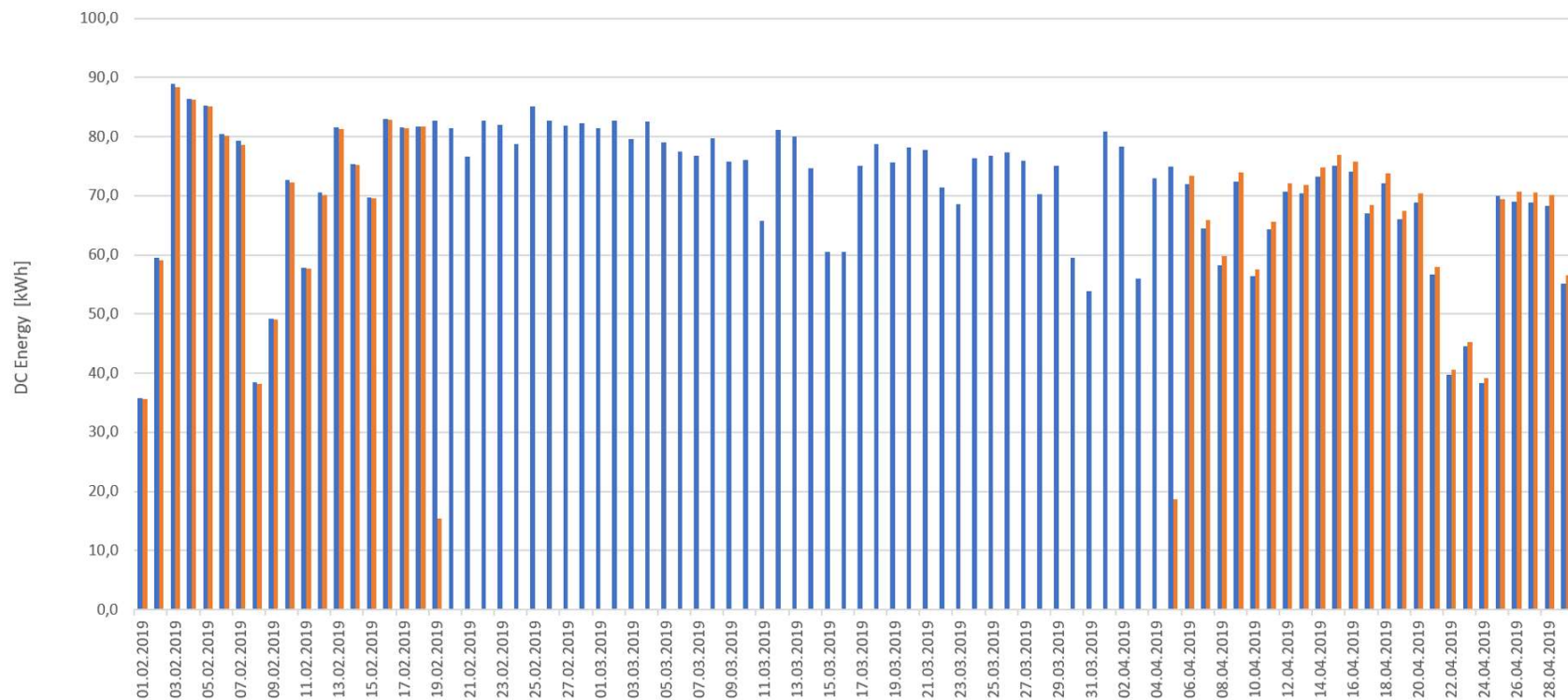
- 80 MWp PV-Freiflächenanlage in Südafrika
- multikristalline 72 Zell Module mit BFS-Zelle (310 Wp und 315 Wp)
- Ergebnis: (DC-Leistung per DC-B Kanal)
 - Power von DC-B Kanal (rot – recovered DC-B Eingang)



LeTID – Recovery im Feld

case study:

- 80 MWp PV-Freiflächenanlage in Südafrika
- multikristalline 72 Zell Module mit BFS-Zelle (310 Wp und 315 Wp)
- Ergebnisse: (DC-Energie im Mittel zu recovered Kanal)
 - DC-Energie von DC-B Eingangs Kanälen (rot – recovered DC-B Eingang)



LeTID – Recovery im Feld

case study:

- 80 MWp PV-Freiflächenanlage in Südafrika
- multikristalline 72 Zell Module mit BFS-Zelle (310 Wp und 315 Wp)

- results:

	315 Wp	Delta 315 W	310 Wp	Delta 310 W
Average P-flash before recovery	291,04 Wp	7,61 %	292,01 Wp	5,80 %
Average P-flash after recovery	300,34 Wp	4,65 %	304,31 Wp	1,83 %
Guaranteed after 3 years	302,53 Wp	3,96 %	297,72 Wp	3,96 %

LeTID – Recovery im Feld

case study:

- 80 MWp PV-Freiflächenanlage in Südafrika
 - multikristalline 72 Zell Module mit BFS-Zelle (310 Wp und 315 Wp)
 - Vergleich Regeneration im Feld zu Regeneration im Labor:
 - **Regeneration im Labor unter ISFH Testbedingungen (Voc & 90°C)**
ca. 4 % in 84 h
(PV_18_007 von Stunde 23 bis Stunde 107)
 - **Regeneration im Feld unter Freifeldbedingungen (Voc & 176,5 h > 700 W/qm)**
ca. 4 % in 43 Tagen im Feld
- 84 Stunden Regeneration im Labor (ISFH Bedingungen) entsprechen
1.032 h (= 43 Tage) Regeneration im Feld (Voc und 176,5 h > 700 W/qm)

LeTID – Recovery im Feld

Flash Test Ergebnisse nach Regeneration:

- Recovery rate zwischen 2 und 4 %
- 310 Wp regenerieren besser als 315 Wp
 - 310 Wp haben mehr “power reserve”
- Kurzgeschlossene Module regenerieren nicht

- Einführung – Was ist LeTID?
- Erkennung im Feld – Wie erkennt man LeTID?
- Recovery im Feld – Wie können Module im Feld regenerieren?
- Zusammenfassung

- LeTID Degradations- und Regenerationsgeschwindigkeit hängen von Einstrahlung und Temperatur ab:
 - je höher Einstrahlung und Temperatur, desto schneller der Prozess
- Regeneration im Feld ist möglich
 - Regeneration kann durch Voc Betrieb beschleunigt werden
- Degradation 5 to 7 %
- Regeneration 2 to 4 %



Dipl.-Ing. Ingo Klute
PV-Experts.co