

**SUPSI**

## Fehlerkenntnis und Prävention

### Schweizer Netzwerk zur Qualitätssicherung von PV Anlagen

University of Applied Sciences and Arts  
of Southern Switzerland

**SUPSI**

SWISSOLAR 

  
electro  
suisse

*Finanziert von:*

  
**energie schweiz**  
Unser Engagement: unsere Zukunft.

“Wir lernen aus Fehlern, nicht aus Erfolgen” (Bram Stoker)



# Massnahmen zur Fehlerbehebung

1. Fehlerdatenbank (Wissensdatenbank)

*Fehlervorkommen beobachten/sammeln*

2. Fehlersheets (Beschreibung, Beispiele, Risikoeinschätzung)

*Fehler erklären und Prävention fördern*

3. Merkblätter (Detailinformationen und normative Grundlagen)

*Richtlinien geben*

# Fehlerdatenbank (Wissensdatenbank)

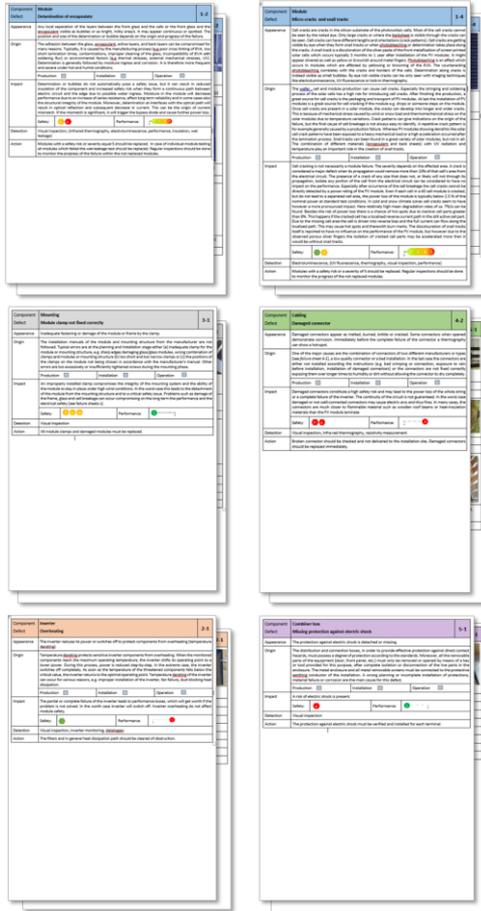
## Aktivitäten

- Zusammenarbeit mit Schweizer PV Gutachter Netzwerk
- Definition einer Datenbankstruktur (DB)
- Testlauf mit ersten Daten (>50 Anlagen.
- Integration in internationale Datenbank
- Austausch innerhalb der internationalen Expertenplattform IEA PVPS Task 13



**Task13: Performance,  
Operation and Reliability  
of Photovoltaic Systems**

# Fehlersheets - Klassifizierung



## 20 Fehlersheets wurden vorbereitet (Schwerpunkt Module)

- Hot spots
- Delamination of encapsulate and/or active cell layer
- Delamination of back sheet
- Microcracks with snail tracks
- Yellowing/Browning
- Burn marks
- Glass breakage
- Back sheet damage
- Back sheet chalking
- Cell interconnect failure
- PID
- Junction box inter-connection failure
- Inactive sub-string or module
- Bypassdiode failure
- Power warranties
- Connectors different manufacturers
- Connector degradation
- Bad clamping
- Inverter overheating
- Missing protection against electrical shock

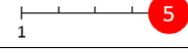
.... weitere sind in Bearbeitung

Quelle: Variante der Failure sheets Solar Bankability Projekts <http://www.solarbankability.org>

→ voraussichtliche Publikation in 2020 innerhalb der IEA PVPS Plattform und der SUPSI PVlab Homepage

## Fehlersheets - Struktur

- Fehlerdiagnose (internationale Klassifizierung)
- Betroffene Komponente (Modul, Wechselrichter, GAK, ...)
- Aussehen (visuell oder instrumentell)
- Ursache (Produktion, Installation, Betrieb)
- Auswirkung/Risiko (Leistung und Sicherheit)
- Detektion (Inspektionsmethoden)
- Massnahmen (je nach Risikobewertung)
- **+ Beispiele mit individueller Risikobewertung**

Performance category	Description
	The defect has no direct effect on performance or reliability
	The defect has a minor impact on performance and/or reliability
	The defect has a moderate impact on performance and/or reliability
	The defect has a high impact on performance and/or reliability
	The defect has a catastrophic impact on performance and/or reliability

Safety category	Description
	Failure has no effect on safety.
	Failure may cause a fire (f), electrical shock (e) or a physical danger (m) if a follow-up failure and/or a second failure occurs.
	Failure can directly cause a fire (f), electrical shock (e) or a physical danger (m).

Quelle: Variante des IEA Task 13 und Sinclair ‚Silicon solar module visual inspection guide‘

# Technical White Papers

University of Applied Sciences and Arts  
of Southern Switzerland  
**SUPSI**

White paper

## Potential Induced Degradation (PID): symptoms, effects, countermeasures.

### 1 Introduction

Potential Induced Degradation (PID) is a phenomenon affecting several type of photovoltaic module technologies in different ways. Products suffering of PID show increasing power losses which can reduce dramatically the energy production of the system. In the following paragraphs we will analyse the main factors contributing to this problem, the test procedures to detect it in laboratory, the methods to detect it on the field and possible means to reduce the impact at module and system level.

### 2 History

The PID effect was reported for the first time by the Jet Propulsion Laboratory (JPL) in 1985 for both crystalline silicon (c-Si) modules and amorphous silicon (a-Si) thin-film modules.

After some years, in 2005, Sunpower observed in its back contact silicon solar cells a similar problem, even though with different mechanism.

In view of the considerable pressure for production of PV modules in 2007-2012 due to Feed in Tariffs in Europe (Spain, Italy and Germany) a shortage of polysilicon occurred, with increase of prices and delay on deliveries: the installation of many PV plants was performed in that period in short times, without significant quality controls: some years later several of these PV plants started to exhibit PID problems.

The research on PID phenomenon on the conventional p-type c-Si PV modules, increased since 2010, when Pingel et al. used for the first time the term Potential Induced Degradation.

### 3 Series connection and potential to ground

In a PV system the modules are typically connected in series, to reach voltages up to 1000V. For floating transformerless inverters, the connection to ground of the aluminium frames sets an increasing voltage between the inner, active part of the module and ground, so that half of it a positive polarization, half of it a negative one. Maximum values are typically around 1000V, the maximum system voltage of PV modules until some years ago, even though several new modules are now certified up to 1500 V. For inverters with transformer, not frequent on the market for cost reason and lower efficiencies, the possibility to ground one pole, allows to define properly the type of polarization, positive or negative.

Figure 1: shortage of polysilicon/ increase of prices

Figure 2: inverter topologies and string potential to ground

SUPSI ISAAC  
Campus Trevano  
CH-6952 Canobbio

Tel. +41 58 666 6351  
isaac@supsi.ch  
<http://www.supsi.ch/isaac/serveizi/SUPSI-PVLab.html>

## Potential induzierte Degradation

- PID ist immer noch ein Problem (z. B. PERC Bifi-Solarzellen !).
- Die Hauptfaktoren, die PID beeinflussen, sind:
  - Feuchtigkeit
  - Temperatur
  - Stromspannung
  - Verschmutzung
- PID kann im Labor (gemäß Norm IEC TS 62804-1) und auf dem Feld (IR / EL) festgestellt werden.
- Im Falle einer Früherkennung können PID-Boxen den Effekt verringern, aber oft wird es zu spät entdeckt.

# Technical White Papers

University of Applied Sciences and Arts  
of Southern Switzerland

## SUPSI

White paper

### Nominal power of PV modules and warranty: a review.

#### 1 Introduction

With the increasing industrial production of photovoltaic modules and the installations of PV plants reaching the impressive amount of 500 GW of total installed capacity in 2019, the PV market has changed dramatically in the last ten years: technical improvements, price reduction and an increasingly competitive environment have significantly affected both the power class determination for family of products and the warranty conditions.

Through the years the situation has shifted from a status where the PV module classes were determined with tolerance ranges between - 10% / +10 % (20% total width), with guaranteed lifetime of 20 years at 80% of the nominal power, to present datasheets, where high efficiency modules of 300 W are now classified in bins of total width of only 1% (-0/+3W), an accuracy that even the best calibration laboratories can't reach, with lifetimes extended to 30 years at 85% nominal power.

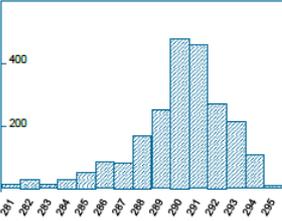


Figure 1: Typical Gaussian distribution for production

#### 2 Label: normative definition

##### 2.1 IEC 61730- part 1 and 2 and CE marking

The requirements for the marking of a photovoltaic module are included in the IEC 61730-1 norm "Photovoltaic (PV) module safety qualification – Part 1: Requirements for construction". This norm, together with the IEC 61730-2 "Photovoltaic (PV) module safety qualification – Part 2: Requirements for testing", is the base for the mandatory European mark CE, for compliance of the electrical products to the **Low Voltage directive 2014/35/EU**, valid for electrical equipment with rated voltages between 50 V and 1000 V AC, respectively 75 V and 1500 V DC. Both norms are in fact included as harmonised standards in the **Official Journal of the European Union** for the "making available on the market of electrical equipment designed for use within certain voltage limits".

In other words, parts which are produced according to one or multiple harmonised standards, published in the EU Official Journal, are considered to meet the basic safety and health requirements set by the standard(s) itself.

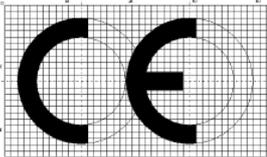


Figure 2: CE mark

Even though the CE marking is not mandatory in Switzerland, it is accepted, and the Art.5 of Ordinance on electrical low-voltage equipment (**NEV**; **SR**

SUPSI ISAAC  
Campus Trevano  
CH-6952 Canobbio

Tel. +41 58 666 6351  
isaac@supsi.ch  
<http://www.supsi.ch/isaac/servizi/SUPSI-PVLab.html>

## Nennleistung und Garantie

- IEC- und EN-Normen definieren die Mindestinformationen auf dem Etikett des PV-Moduls.
- Letzte Ausgabe von IEC 61215, 61730 und EN 50380 definiert die Nennleistung als stabilisiert (nach Belichtung).

aber

- Die in den IEC-Normen enthaltenen Empfehlungen können durch den Kaufvertrag überwunden werden.
- Erkundigen Sie sich bei Ihrem Lieferanten über die garantierte Mindestleistung und die Art und Weise der Überprüfung (einschließlich Unsicherheit!).

# Technical White Papers

## Merkblatt

### Merkblatt zum korrekten Einsatz von PV-DC - Steckverbinder

#### 1 Ausgangslage

Aktuell sind rund 2 GW Leistung an PV-Anlagen in der Schweiz installiert. Aufgrund der Vorgaben der Energiestrategie 2050, der weiterhin guten Förderbedingungen und der Akzeptanz in der Bevölkerung ist von einem weiteren, starken Ausbau auszugehen. Für den zügigen Ausbau der Photovoltaik ist es wichtig, dass neben dem wirtschaftlichen Betrieb vor allem die Qualität und die Sicherheit der Anlagen gewährleistet werden kann.

#### 2 Sicherheit

PV-Anlagen müssen gemäss den allgemein anerkannten Regeln der Technik installiert werden. Die korrekte Installation ist ausschlaggebend für den sicheren Betrieb der Anlage. PV-DC-Stecker wie sie als typische Verbindung von Modul zu Modul und vom Modulfeld zum Wechselrichter eingesetzt werden, bilden wichtige Elemente einer PV-Anlage und müssen über die gesamte Nutzungsdauer zuverlässig die einwandfreie Verbindung gewährleisten. Es ist darum wichtig, dass nur kompatible und zertifizierte Stecker vom gleichen Hersteller verbunden werden (d.h. kein Kreuzverbau!). Modulstecker stellen eine dichte Verbindung dar und bieten unter anderem Schutz gegen Eindringen von Wasser und Schmutz, wodurch Korrosion verhindert und eine effiziente Stromübertragung ohne Verluste gewährleistet werden kann. Weil bei Installationen vorgängig leider oft nicht bekannt ist, wer der Hersteller des Modulsteckers ist, ist es für die Installateure vor Ort schwierig, diese Forderung einzuhalten.

Bei vielen Installationen wird insbesondere bei den Kosten für die Modulstecker gespart, obwohl gerade bei dieser Anlagenkomponente eine qualitativ hochwertige Verbindung entscheidend für den sicheren Betrieb ist (siehe Kapitel 5, Stand der

Forschung). Störfälle aufgrund von Kreuzverbau können zu hohen wirtschaftlichen Schäden führen. Neben Ertragsausfällen kann es teilweise erforderlich sein, die gesamte Anlage neu zu verkabeln. Im schlimmsten Fall kann es zu Bränden an der PV-Anlage kommen. Erschwerend hinzukommt, dass die Umgebungsbedingungen bei der Nutzungsdauer einer PV-Anlage von 20-30 Jahren teilweise erst spät Folgen zeigen. Nur qualitativ hochwertige Produkte können Umwelteinflüsse wie grosse Temperaturunterschiede (Sommer/ Winter), Regen, Sturm und UV-Strahlung über die lange Nutzungsdauer schadlos überstehen.

#### 3 Normen / Vorschriften

Es gibt seitens der Normengremien bereits Empfehlungen bezüglich der Verwendung von Modulsteckern. Aktuell wird in der IEC 62548:2016 der internationalen Installationsnorm für PV-Systeme unter Punkt 9.3.9 „Plugs, sockets and connectors“ folgendes gefordert:

*„Plugs and socket connectors mated together in a PV system shall be of the same type from the same manufacturer. I.e. a plug from one manufacturer and a socket from another manufacturer or vice versa shall not be used to make a connection.“*

Installateure, Hersteller von Modulen sowie Stecker- und Kabelhersteller sind aufgefordert, möglichst bald den Empfehlungen der Normengremien zu folgen, um das Problem mit dem Kreuzverbau in den Griff zu bekommen. Die Forderung der International Electrotechnical Commission (IEC) ist bisher noch nicht in die Niederspannungs-Installationsnorm (NIN) 2015 der Schweiz überführt worden, sie wird aber in der NIN 2020 enthalten sein. Das heisst der Kreuzverbau von DC PV-Steckverbinder ist in der Zukunft auch in der Schweiz normativ nicht erlaubt.

## PV-DC Steckverbinder

- Die korrekte Installation von PV-Anlagen ist ausschlaggebend für den sicheren Betrieb der Anlage.
- Es ist darum wichtig, dass nur kompatible und zertifizierte Stecker vom gleichen Hersteller zusammen gesteckt werden (d.h. kein Kreuzverbau!).
- Korrekte Installation:
  - Nur mit zugelassenen und gemäss Montageanleitungen zertifizierten Werkzeugen des jeweiligen Herstellers crimpen.
  - Das korrekte Crimpen gemäss Montage-/Herstellieranleitung überprüfen.
  - Bei der Kabelverlegung grosse Zugkräfte, enge Biegeradien, Dauernässe (Kabel hochbinden) sowie scharfe Kanten vermeiden.
  - Auslegung des korrekten Kabels und der verwendbaren Steckverbinder.

## Outlook 2020

- Automatisierung und Erweiterung der Datenerfassung.
- Sammlung von weiteren Fallbeispielen.
- Publikation der Failure sheets, White paper und Ergebnisse.



Für Informationen: [gabi.friesen@supsi.ch](mailto:gabi.friesen@supsi.ch)