

Statistische Schadensanalyse an deutschen PV Anlagen



Hermann Laukamp, Robin Grab

Fraunhofer-Institut für
Solare Energiesysteme ISE

PV-Brandsicherheit Workshop
Köln, 26.01.2012

© Fraunhofer ISE



Bewertung des Brandrisikos in Photovoltaik-Anlagen und Erstellung von Sicherheitskonzepten zur Risikominimierung

Brandschutz und Lichtbogenrisiko bei PV-Anlagen

Fragebogen zu Schadensereignissen und Auffälligkeiten bei Photovoltaik-Anlagen



- Förderung durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (FKZ 0325259B)

© Fraunhofer ISE



Statistische Schadensanalyse an deutschen PV Anlagen

Inhalt

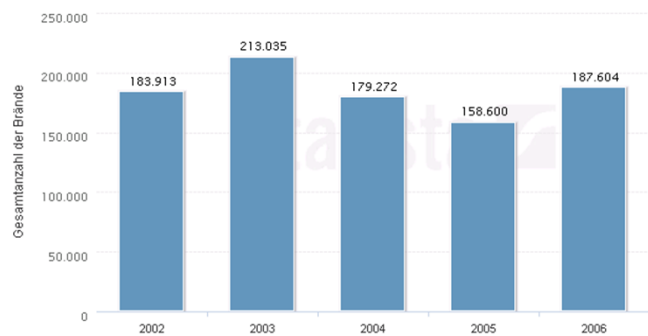
- Orientierung
- Inhalt Fragebogen
- Rückmeldungen
- Antworten Hauptfragen
- Antworten Komponenten
- Komponenten Details
- Bewertung

© Fraunhofer ISE

 **Fraunhofer**
ISE

Auswertung Fragebogen Schadensanalyse Orientierung

Entwicklung der Gesamtanzahl der Brände in Deutschland von 2002 bis 2006



Deutschland; Internationale Vereinigung des
Feuerwehr und Rettungswesens

Quelle: CTIF

© Statista 2012

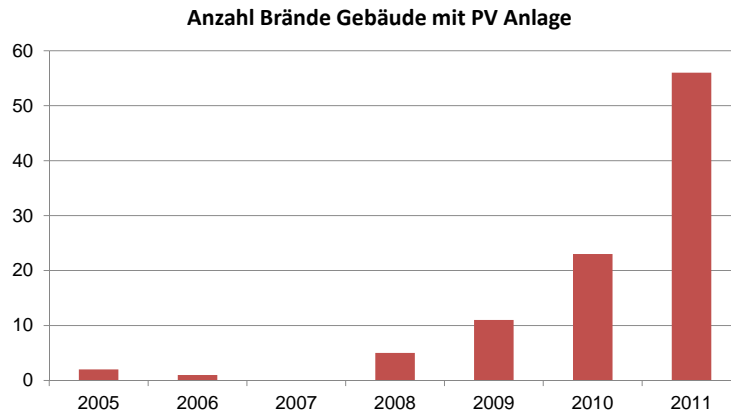
Daten: Internationale Vereinigung des Feuerwehr und Rettungswesens, Die Feuerwehrstatistik der Welt, Nr. 13, 2008

© Fraunhofer ISE

 **Fraunhofer**
ISE

Auswertung Fragebogen Schadensanalyse Orientierung

Gesamtzahl Brände in Deutschland Gebäude mit PV Anlage



Nach Datensammlung Konrad Fischer, <http://www.konrad-fischer-info.de/7temp23.htm>

© Fraunhofer ISE

 **Fraunhofer**
ISE

Inhalt Fragebogen

Fragen zu Brandschutz und Lichtbögen		
Sind Ihnen aus Ihrem Umfeld Fälle bekannt, in denen Installateure, Betreiber von PV-Anlagen oder andere Personen durch einen elektrischen Schlag aus der Anlage zu Schaden gekommen sind?	<input type="checkbox"/> Ja → Bitte auch Beiblatt 1 ausfüllen!	<input type="checkbox"/> Nein
Sind Ihnen aus Ihrem eigenen Umfeld Fälle bekannt, in denen Feuerwehrleute beim Löschen eines Brandes oder bei einer technischen Hilfeleistung wegen einer PV-Anlage zu Schaden gekommen sind?	<input type="checkbox"/> Ja → Bitte auch Beiblatt 1 ausfüllen!	<input type="checkbox"/> Nein
Sind Ihnen aus Ihrem Umfeld Fälle bekannt, in denen die Feuerwehr wegen einer PV-Anlage einen Brand nicht oder nur verzögert bekämpft hat oder mit erheblichen Schwierigkeiten konfrontiert wurde?	<input type="checkbox"/> Ja → Bitte auch Beiblatt 1 ausfüllen!	<input type="checkbox"/> Nein
Sind Ihnen aus Ihrem Umfeld Fälle bekannt, in denen die PV-Anlage selber Ursache für einen Brand war?	<input type="checkbox"/> Ja → Bitte auch Beiblatt 2 ausfüllen!	<input type="checkbox"/> Nein
Sind Ihnen aus Ihrem Umfeld Fälle bekannt, dass in PV-Anlagen Lichtbögen oder Anzeichen von lokaler Überhitzung aufgetreten sind, z.B. im Modul, an Steckkontakten, Bypassdioden oder Sicherungen?	<input type="checkbox"/> Ja → Bitte auch Beiblatt 2 ausfüllen!	<input type="checkbox"/> Nein
Sind Ihnen aus Ihrem Umfeld Fälle bekannt, bei denen es brandschutzrelevante Fehler wie bauliche Mängel oder Installationsmängel gab, z.B. Überbauung von Brandabschnitten oder unsachgemäße Leitungsverlegung?	<input type="checkbox"/> Ja → Bitte auch Beiblatt 2 ausfüllen!	<input type="checkbox"/> Nein

© Fraunhofer ISE

 **Fraunhofer**
ISE

Inhalt Fragebogen

Welche Komponenten sind von Fehlern betroffen?

- Modul
- Modul-Stecker
- (Strang-)Leitungen
- Generatoranschlusskasten
- Wechselrichter
- Installation
- Überspannung, Rückstrom ..

© Fraunhofer ISE

 **Fraunhofer**
ISE

Auswertung Fragebogen

Brandschutz und Lichtbogenrisiko bei PV-Anlagen

Fragebogen zu Schadensereignissen und Auffälligkeiten bei Photovoltaik-Anlagen

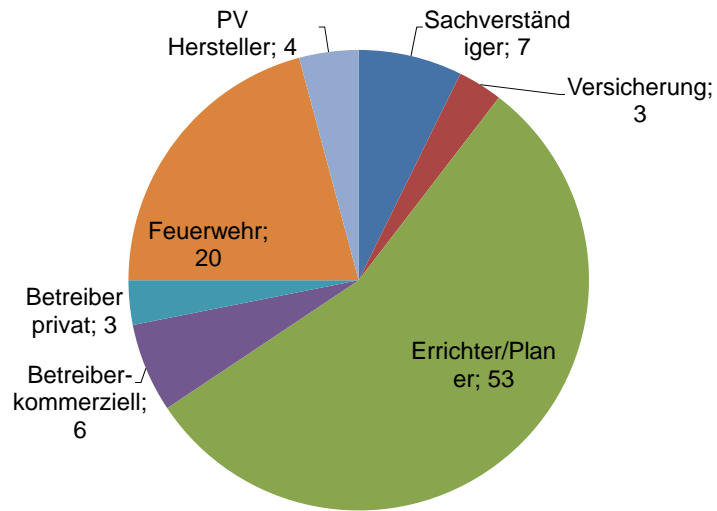


- Freischaltung September 2011
- Stand der Auswertung: 12.1.2012
- Anzahl Einträge: ca. 250
- Ausgewertete Einträge: ca. 110

© Fraunhofer ISE

 **Fraunhofer**
ISE

Wer füllt den Fragebogen aus?



© Fraunhofer ISE



Bewertung – Probleme bei der Auswertung

LRJ	LRH	LRV	LRW	LRX	LRY	LRZ	LR1	LR2	LR3	LR4	LR5	LR6	LR7	LR8	LR9	LR10	LR11	LR12
1	vT5 - Wech	vT4 - Inakt	vT5 - Sonstige	check vT6 - Unbek	vT7 - Beschreibung des Vor	vT8 - Hersteller / vT9 - Modul-Ser	vS0 - Zellverbinder	vS1 - Sammelbr	vS2 - Anschlussdose	vS3 - Anschlussdose	vS4 - Rippe	vS5 - Ki						
2	WRI	Installation	Sonstiges	Beschreibung	Sonstige	Unbekannt	Beschreibung	Vorfall	Modul	Hersteller	System-nr	Zellverbinder	Sammelbr	Anschlussdose	Zell	Anschlussdose	Leit	Kritisch
3	0	0	0	NULL		0	Multiple Modulareinheiten	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
4	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
5	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
6	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
7	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
8	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
9	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
10	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
11	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
12	0	0		Leitungsführung		0	sehr Beschreibung	unvoll	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
13	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
14	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
15	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
16	0	0		Klemmenkästen		0	Quasi die Verwendung	Taber	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
17	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
18	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
19	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
20	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
21	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
22	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
23	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
24	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
25	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
26	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
27	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
28	0	0	0	NULL		0	Speicher durchgeschwen	Fe	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
29	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
30	0	0	0	NULL		0	immer wieder	Ausfall	der	mit	Schalt	z.B	NULL	0	0	0	0	1
31	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
32	0	0	0	NULL		0	Es wurde ein	Ab	gel	auf	er	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
33	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
34	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
35	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
36	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

© Fraunhofer ISE



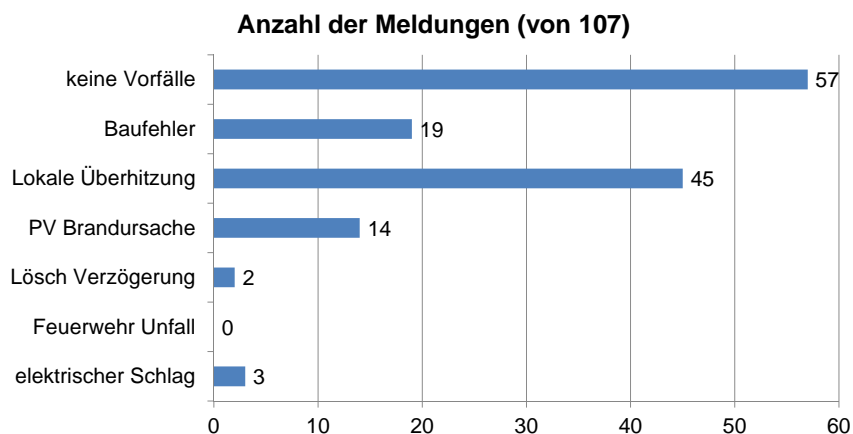
Auswertung Übersichtsfragen

Fragen zu Brandschutz und Lichtbögen		
Sind Ihnen aus Ihrem Umfeld Fälle bekannt, in denen Installateure, Betreiber von PV-Anlagen oder andere Personen durch einen elektrischen Schlag aus der Anlage zu Schaden gekommen sind?	<input type="checkbox"/> Ja → Bitte auch Beiblatt 1 ausfüllen!	<input type="checkbox"/> Nein
Sind Ihnen aus Ihrem eigenen Umfeld Fälle bekannt, in denen Feuerwehrleute beim Löschen eines Brandes oder bei einer technischen Hilfeleistung wegen einer PV-Anlage zu Schaden gekommen sind?	<input type="checkbox"/> Ja → Bitte auch Beiblatt 1 ausfüllen!	<input type="checkbox"/> Nein
Sind Ihnen aus Ihrem Umfeld Fälle bekannt, in denen die Feuerwehr wegen einer PV-Anlage einen Brand nicht oder nur verzögert bekämpft hat oder mit erheblichen Schwierigkeiten konfrontiert wurde?	<input type="checkbox"/> Ja → Bitte auch Beiblatt 1 ausfüllen!	<input type="checkbox"/> Nein
Sind Ihnen aus Ihrem Umfeld Fälle bekannt, in denen die PV-Anlage selber Ursache für einen Brand war?	<input type="checkbox"/> Ja → Bitte auch Beiblatt 2 ausfüllen!	<input type="checkbox"/> Nein
Sind Ihnen aus Ihrem Umfeld Fälle bekannt, dass in PV-Anlagen Lichtbögen oder Anzeichen von lokaler Überhitzung aufgetreten sind, z.B. im Modul, an Steckkontakten, Bypassdioden oder Sicherungen?	<input type="checkbox"/> Ja → Bitte auch Beiblatt 2 ausfüllen!	<input type="checkbox"/> Nein
Sind Ihnen aus Ihrem Umfeld Fälle bekannt, bei denen es brandschutzrelevante Fehler wie bauliche Mängel oder Installationsmängel gab, z.B. Überbauung von Brandabschnitten oder unsachgemäße Leitungsverlegung?	<input type="checkbox"/> Ja → Bitte auch Beiblatt 2 ausfüllen!	<input type="checkbox"/> Nein

© Fraunhofer ISE



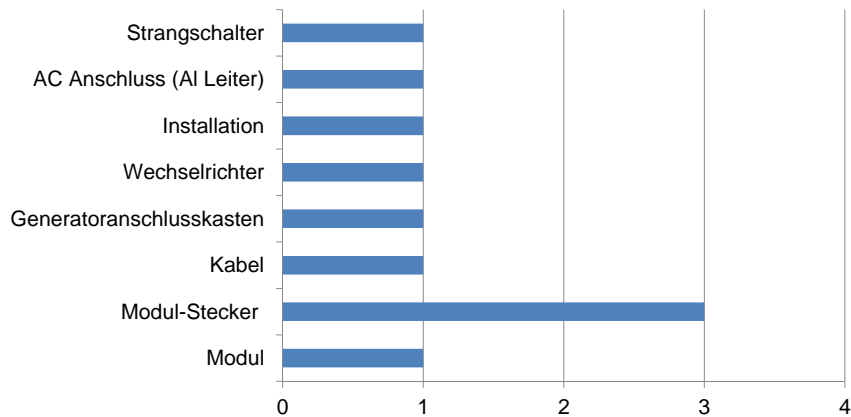
Auswertung Überblick



© Fraunhofer ISE



Brandursache PV (15 Fälle) Fehlerort



Kontakte sind kritisch

- Strangschalter, AL Kabel, WR, Generatoranschlusskasten, Modulstecker ..
Vermutlich alles Kontaktprobleme

© Fraunhofer ISE

 Fraunhofer
ISE

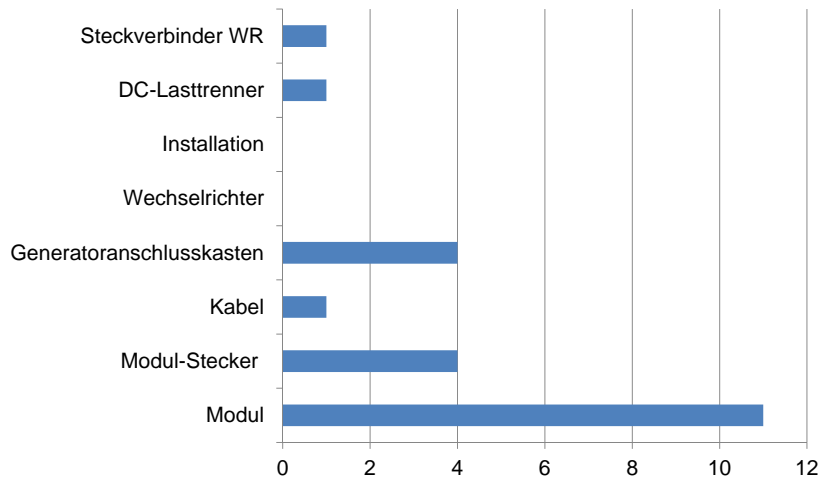
Brandschutzrelevante Fehler in PV-Anlagen Installations-/Planungsfehler

- „Jede Klemme, jede Verbindung stellt ein Fehlerrisiko dar. Deshalb: Im Rahmen des Möglichen auf Klemmenkästen und unnötige Apparate verzichten, besonders im Hinblick auf übertriebene Platzierung von Überspannungsableitern und Schaltern (Anlageschalter, zusätzlicher FI-Schalter, Feuerwehrscharter)“

© Fraunhofer ISE

 Fraunhofer
ISE

Hitze Spuren PV (34 Fälle) Fehlerort



© Fraunhofer ISE

Brandschutzrelevante Fehler in PV-Anlagen Installations-/Planungsfehler

- „Verwendung von Aluminiumkabeln mit falscher Anschluss Technik auf AC-Seite“
- Kabelverlegung: „ein Bündel von DC-Leitungen wurde ohne Schott gemeinsam (Plus und Minus) durch das Dach nach unten geführt. Kurzschluss und folgend ein Lichtbogen“
- „Aufgrund einer fehlerhaften Installation ist in der Nacht der Wechselrichter in Brand geraten
Höchstwahrscheinlich fehlerhafte AC-Anschlußinstallation des WR sowie Montage des WR auf brennbarem Material“

© Fraunhofer ISE

Brandschutzrelevante Fehler in PV-Anlagen Installations-/Planungsfehler

- „Zu wenig angezogene Klemme“
- „Evtl. Steckverbindung nicht sicher hergestellt“
- „Stringstecker angebrochen, -> Oxidation am Kontakt, -> hohen Übergangswiderstand -> alle Stecker kontrolliert und ein paar weitere schadhafte Stecker gefunden und repariert“
- „Bei einer Begehung ..., dass die auf Dach gebaute Anlage zum einen nur freiliegende Leitungen hat, zum anderen sind die Kabel durch überdach gezogene Brandwände oder drüber verlegt und unabgeschottet in alte Lüftungsschächte zum Wechselrichter geführt worden. Eine Abnahme durch die Feuerwehr ist mir nicht bekannt, kann man sie denn fordern??“

© Fraunhofer ISE



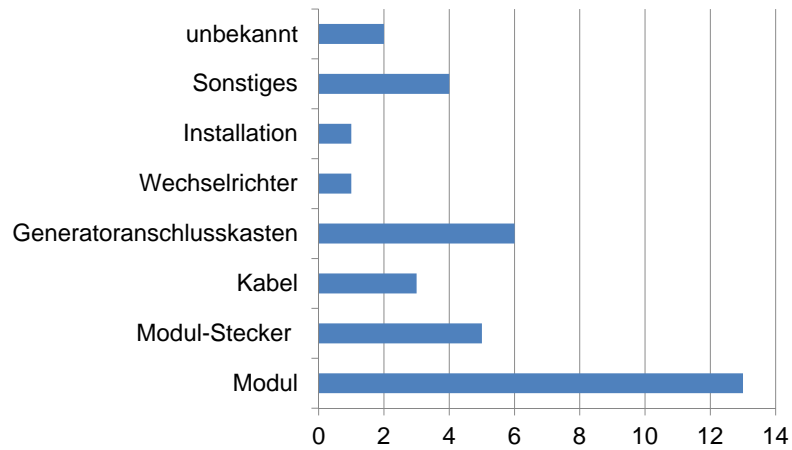
Brandschutzrelevante Fehler in PV-Anlagen

Details

© Fraunhofer ISE

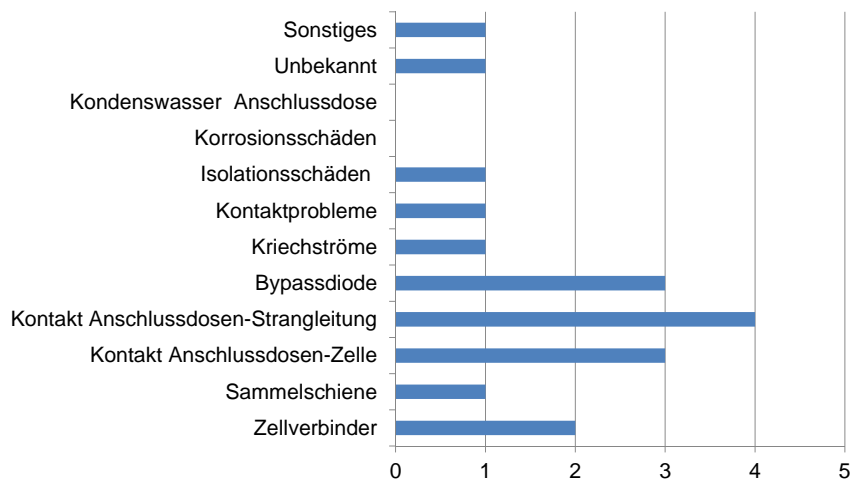


Brandschutzrelevante Fehler in PV-Anlagen alle Meldungen



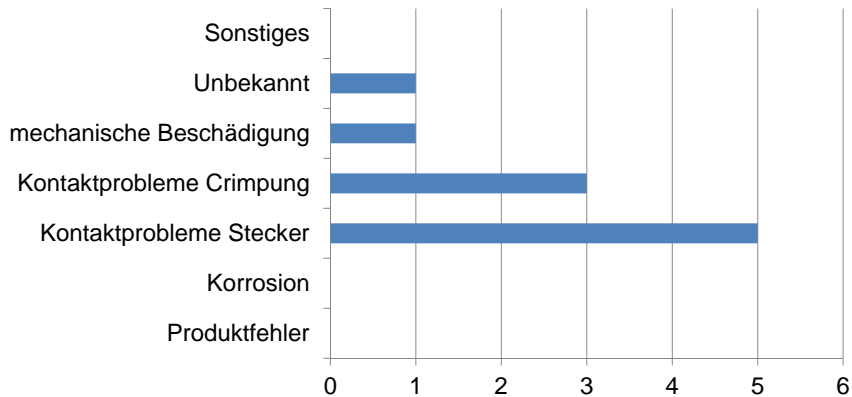
© Fraunhofer ISE

Brandschutzrelevante Fehler in PV-Anlagen Module, Details



© Fraunhofer ISE

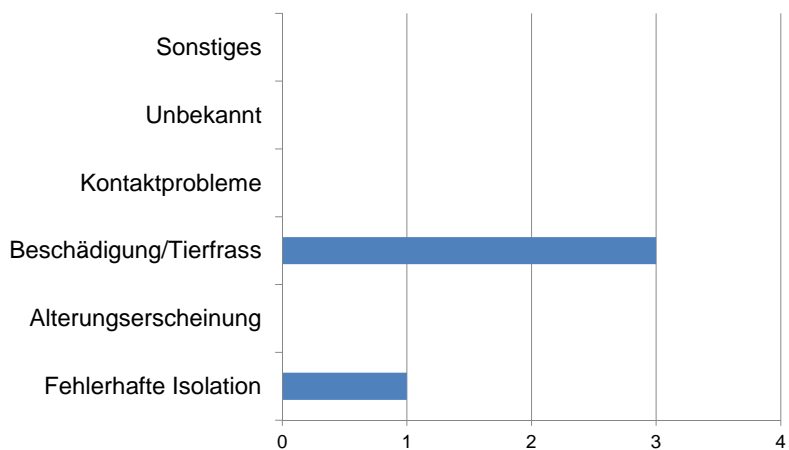
Brandschutzrelevante Fehler in PV-Anlagen Modulstecker



© Fraunhofer ISE



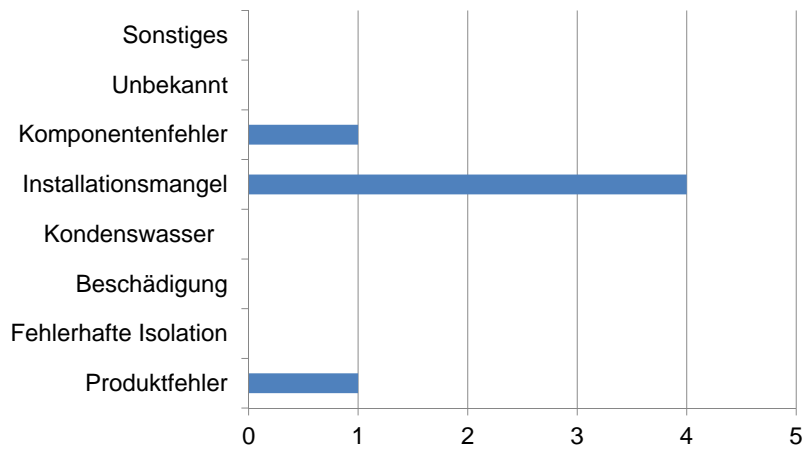
Brandschutzrelevante Fehler in PV-Anlagen Kabel



© Fraunhofer ISE

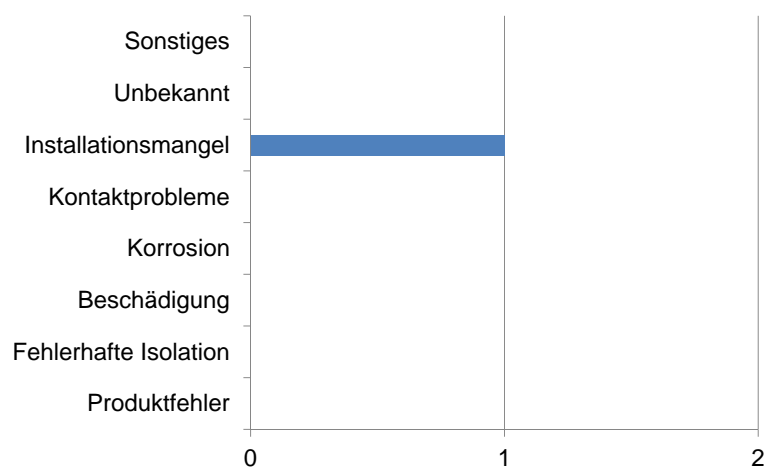


Brandschutzrelevante Fehler in PV-Anlagen Generatoranschlusskasten/Verteilerkasten



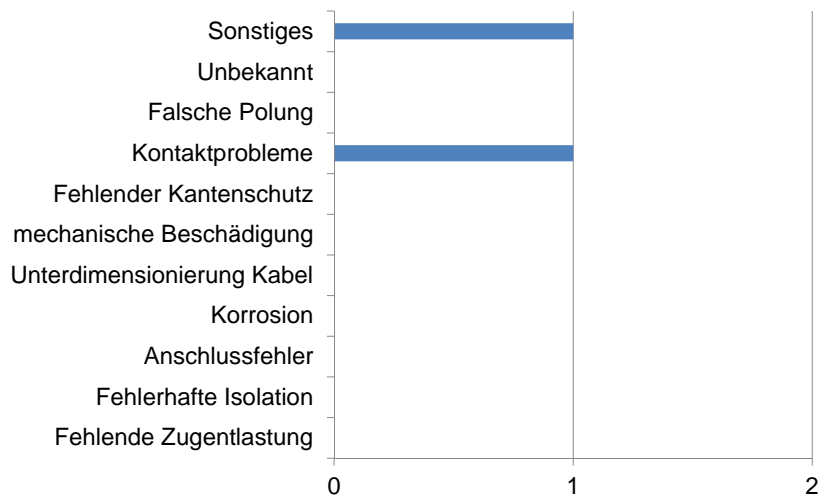
© Fraunhofer ISE

Brandschutzrelevante Fehler in PV-Anlagen Wechselrichter



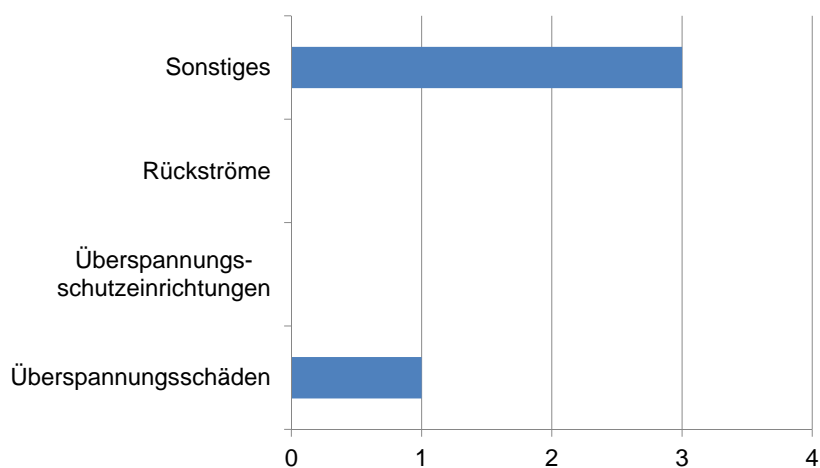
© Fraunhofer ISE

Brandschutzrelevante Fehler in PV-Anlagen Installation



© Fraunhofer ISE

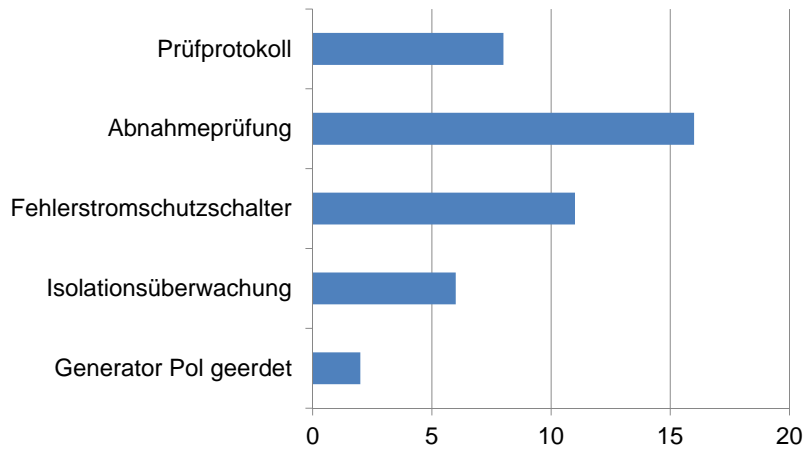
Brandschutzrelevante Fehler in PV-Anlagen Sonstiges



© Fraunhofer ISE

Auswertung Überblick

Qualitätsmerkmale (ca. 100 Anlagen)



© Fraunhofer ISE

Fraunhofer
ISE

Bewertung der Auswertung

- Häufig unvollständiges Ausfüllen des Fragebogens
- Sehr viele Antwortmöglichkeiten → viel Einzelfallbetrachtung nötig
- Eher unübersichtliche Ausgabe-Datei
- Wenig Fälle für echte statistische Auswertungen → Einzelfallbetrachtungen

© Fraunhofer ISE

Fraunhofer
ISE

Bewertung Ergebnis

- Wenig Rückmeldungen mit breit verteilten Fehlermeldungen
- Fehlerschwerpunkte Modul und Kontakte (Stecker, (Schraub)-Klemmen)
- Kontakte scheinen die bedeutendste Fehlerquelle zu sein
 - Nicht zuletzt aufgrund „menschlichen Versagens“
- Vereinzelt kündigten sich Schäden durch Ertragsminderung an
- Kaum Meldungen aus Großanlagen -> Hinweis auf gute Qualität?
- Kaum Meldungen zu ÜS Schäden, Kaum Meldungen zu BPD –Defekten ...
- Sind Ausfälle selten? Oder unentdeckt?
- Keine Berichte zu Rückströmen

© Fraunhofer ISE



Zusammenfassung

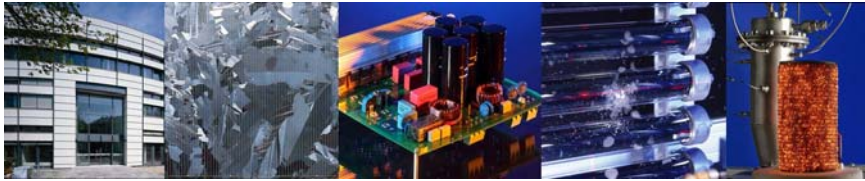
- Kein verletzter Feuerwehrmann
- Zwei Fälle von verzögertem Löschen
 - FW hat PV erkannt und Situation abgeklärt und Strangleitungen gekappt, um spannungsfrei arbeiten zu können
 - -> Schulungen und Aufklärung scheinen zu wirken
- Drei Arbeitsunfälle mit Körperdurchströmung
- 14 Brandfälle mit Beschädigung der Umgebung gemeldet
- Ca. 100 Schäden/Mängel gemeldet
- Bei ca. 1 000 000 Anlagen
- Das ist nicht viel --- dennoch:
- neben einzelnen Komponenten kann noch die Qualität der handwerklichen Ausführung verbessert werden

© Fraunhofer ISE



Dank,

**Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit!
den AusfüllerInnen des Fragebogens für
ihre Zeit!**



Projektinfos: <http://www.pv-brandsicherheit.de>

© Fraunhofer ISE

 **Fraunhofer**
ISE

REserve

© Fraunhofer ISE

 **Fraunhofer**
ISE