

Normanforderungen für den Brandschutz von PV-Anlagen und Ausblick

Dipl.-Ing. Florian Reil
TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH
Am Grauen Stein, 51105 Köln, Germany
Tel.: 0221/806 2794, Fax 0221/806 1350
E-Mail: florian.reil@de.tuv.com
Internet: www.tuv.com/pv

Inhalt

Normanforderungen

- Brandvorbeugung und –bekämpfung an PV-Anlagen
 - Brand und PV – Unterscheidung der Anforderungsfälle
 - Lichtbogenrisiken
 - Feuer von Außen
 - Aktive Brandbekämpfung

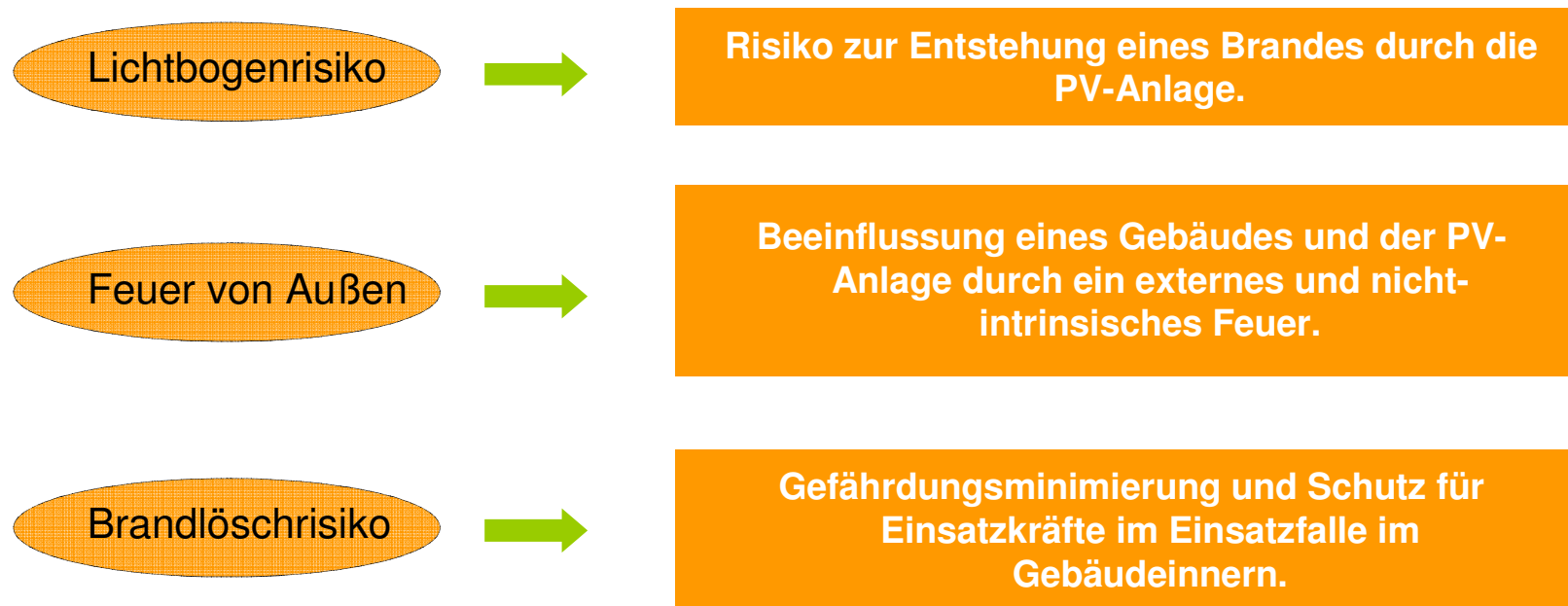
Forschungsaktivität

- Aktuelle Forschungsaktivität
 - Struktur und Inhalte des FuE-Projekts: *Brandrisiken an PV-Anlagen*
 - Aktuelle Arbeitspakete

Brandvorbeugung und –bekämpfung an PV-Anlagen

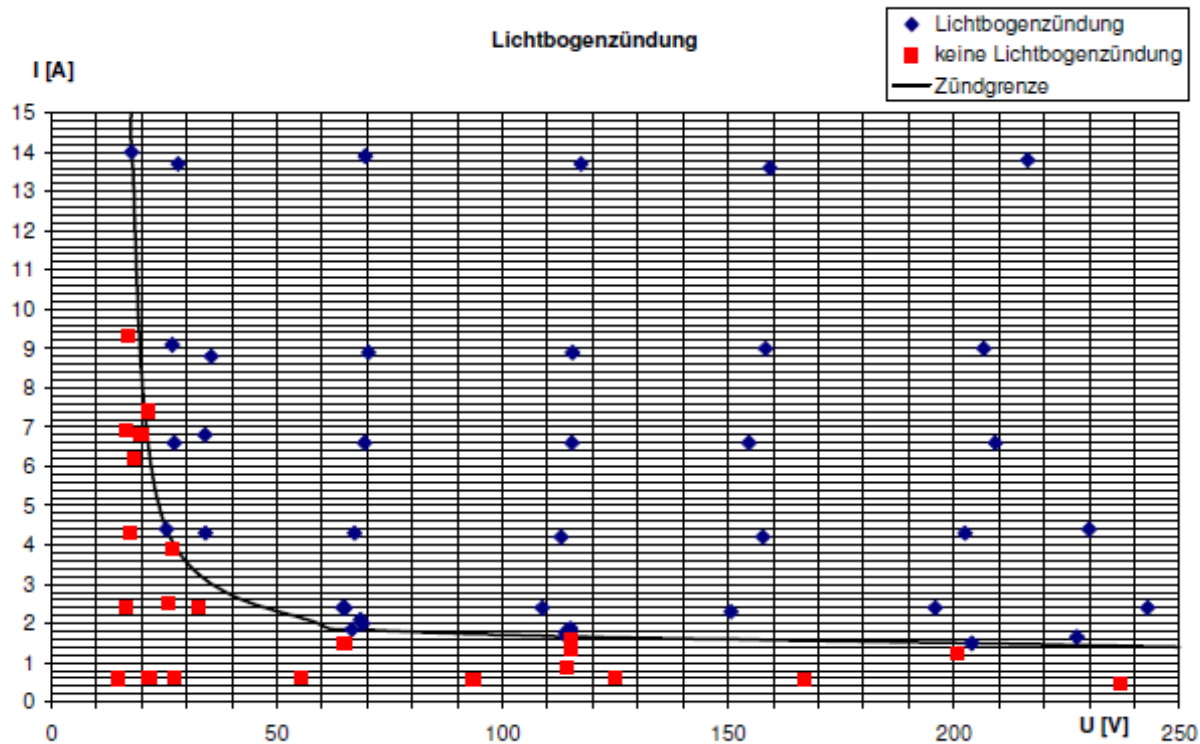
Unterscheidung der Anforderungsfälle

- Zur technischen Differenzierung und ganzheitlichen Betrachtung der Brandschutzsituation an PV-Anlagen ist eine Unterscheidung der Anforderungsfälle notwendig:



Lichtbogenrisiko

Voraussetzung zur Zündung von Lichtbögen



- Oben: Versuche zur bewußten Zündung von Lichtbögen unter verschiedenen Strom-/Spannungskombinationen.
- I.A. wäre eine Zündung bei 25V und 5A realistisch für ein einzelnes Modul.

Lichtbogenrisiko

Voraussetzung zur Zündung von Lichtbögen

- Ableitung aus Versuchen beim TÜV Rheinland – Voraussetzungen zur Zündung von Lichtbögen:
 - Temperatur, Druck, Feuchtigkeit (RH)
 - Dimension/Material der Elektroden (Unterschiede im Leiterquerschnitt, el. Widerstand)
 - Kombination versch. Strom-Spannungs-Werte (LB-Zündung variiert an den verschiedenen Elektroden)
 - Umliegendes Material bestimmt die “Lebensdauer” des Lichtbogens
 - Es muss eine komplette Trennung des Leiters an der betroffenen Verbindungsstelle gegeben sein.
- Generelle Auslöser in der **Realität**: Schlechte Lötverbindungen (Kalte Lötstelle), lockere Verbindungen, Korrosion, Erdungsfehler, fehlerhafte Isolierungen (dies gilt für die gesamte Anlage).

Lichtbogenrisiko

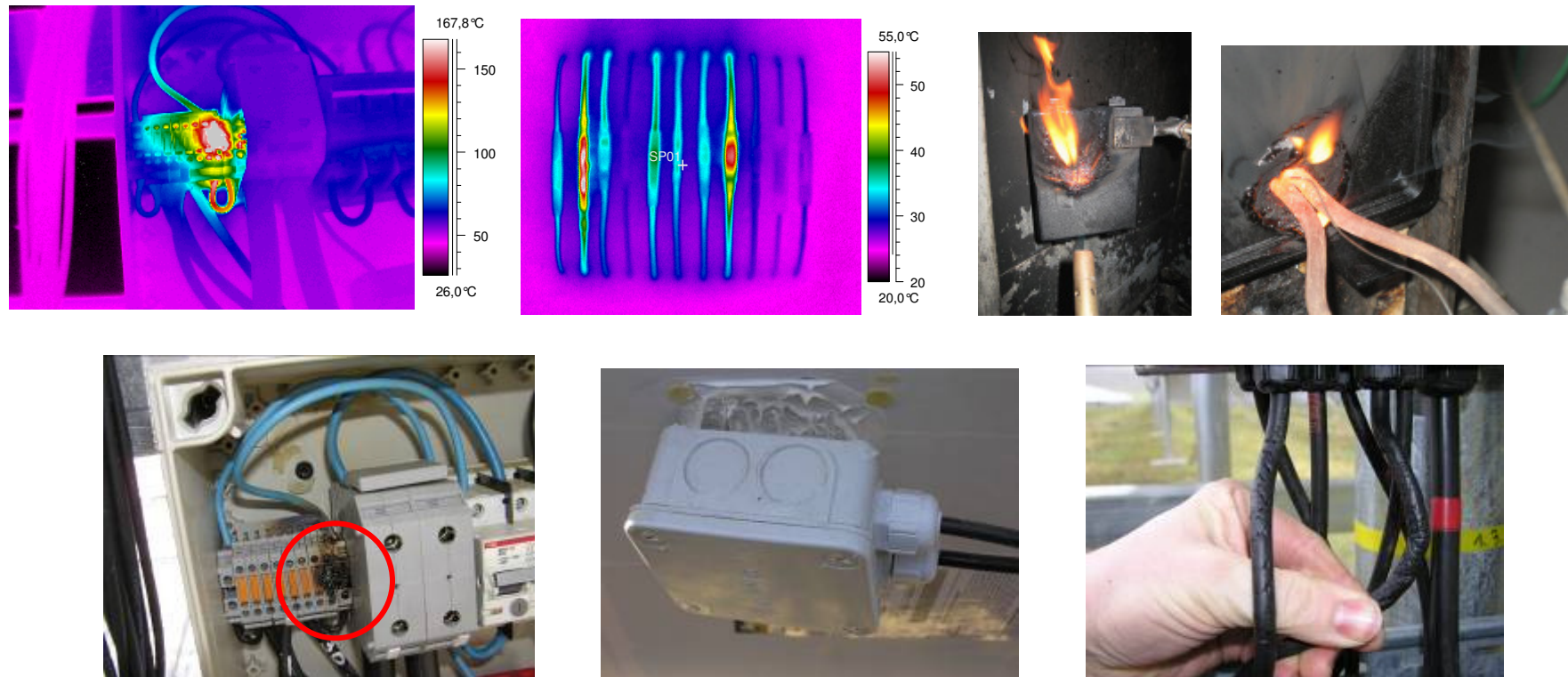
Risikominimierung und Vermeidung

- **Sicherheitsnorm IEC 61730-1:** Entflammbarkeitsbewertung für Kunststoffe (Flammability rating for polymeric materials)
- Prüfmethode, wie reverse-current test, bypass diode test, ground continuity test, wet leakage current test, etc. (nach **IEC 61730-2**)
- **FprEN 50548:2011** Junction boxes for photovoltaic systems
- **EN 50521:2008** Connectors for PV systems, Safety requirements & tests
- TÜV Rheinland internal specification: **2 Pfg 1169/08.2007**, Requirements for cables for use in PV-systems
- **VDE 0100-712** Errichten von Niederspannungsanlagen, Teil 7-712: Anforderungen von Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Solar-Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme
- **DIN EN 62305-3 Beiblatt 3** Blitz- und Überspannungsschutz für PV-Stromversorgungssysteme

Lichtbogenrisiko

Risikominimierung und Vermeidung

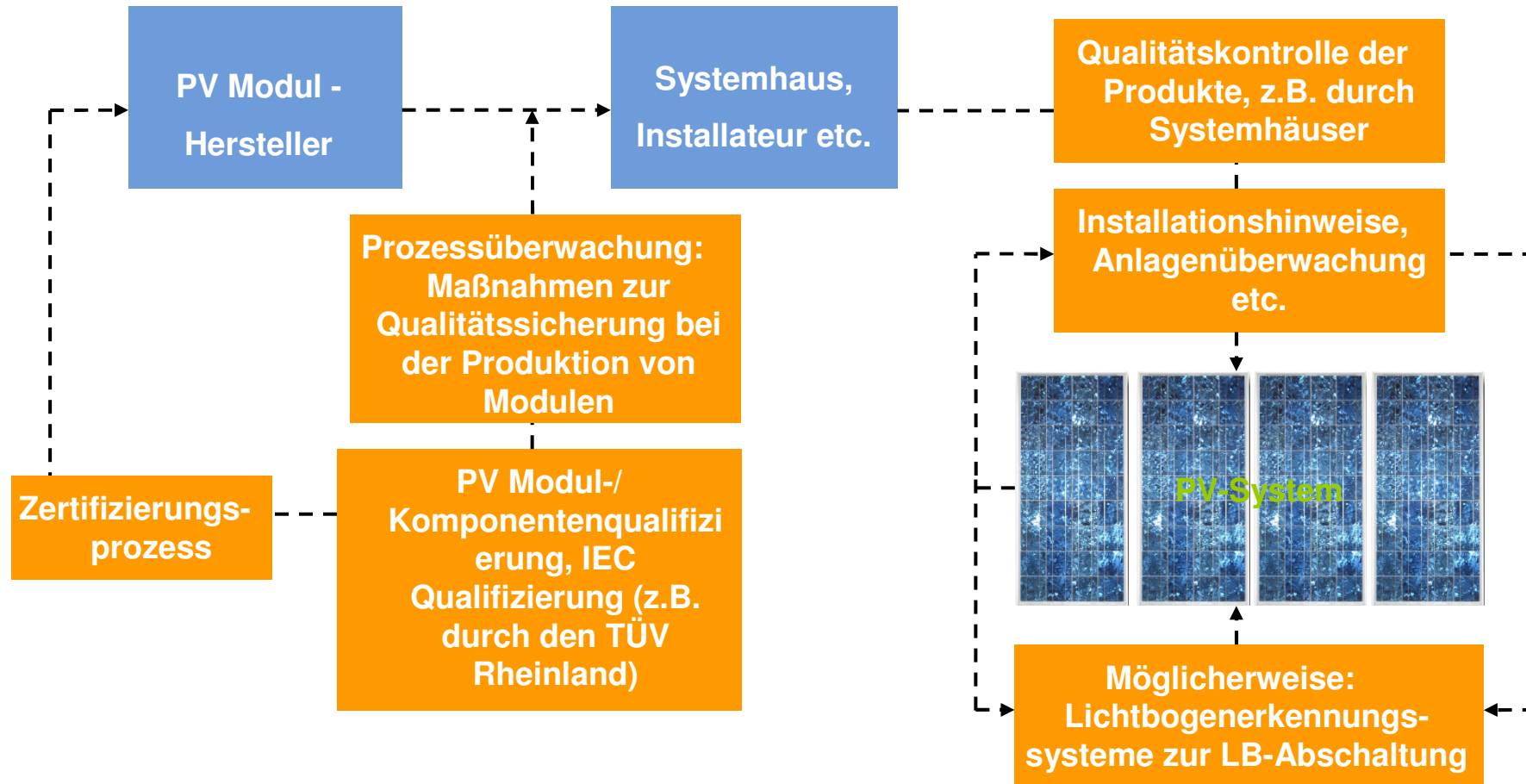
- Der vorbeugende Brandschutz beginnt bei der Herstellung der Materialien und endet mit fachmännisch und korrekter Installation der Anlage am Einsatzort. Ein dauerhaft sicheres und risikoreduziertes PV-System ist abhängig von diesen Voraussetzungen.



Lichtbogenrisiko

Risikominimierung und Vermeidung

Risikominimierung als Geflecht mehrerer Mechanismen



Lichtbogenrisiko

- Können Schwachstellen in einer PV-Anlage mit potenziellem Risiko zur Zündung eines Lichtbogens identifiziert werden?

Ja. Diese Fehlerquellen sind durch hohe Qualität der Produkte und fachmännischer Installation bereits vermeidbar.

- Welche Voraussetzungen sind zur Zündung eines Lichtbogens notwendig?

Fehlerhafte Kontakt- und Verbindungsstellen im System, sowie elektrische und materialspezifische Voraussetzungen an der betroffenen Stelle.

- Welche Maßnahmen müssen zur Risikominimierung und Vermeidung getroffen werden?

I.A. ein globales Bewusstsein gegenüber der spezifischen Fehlerquellen.

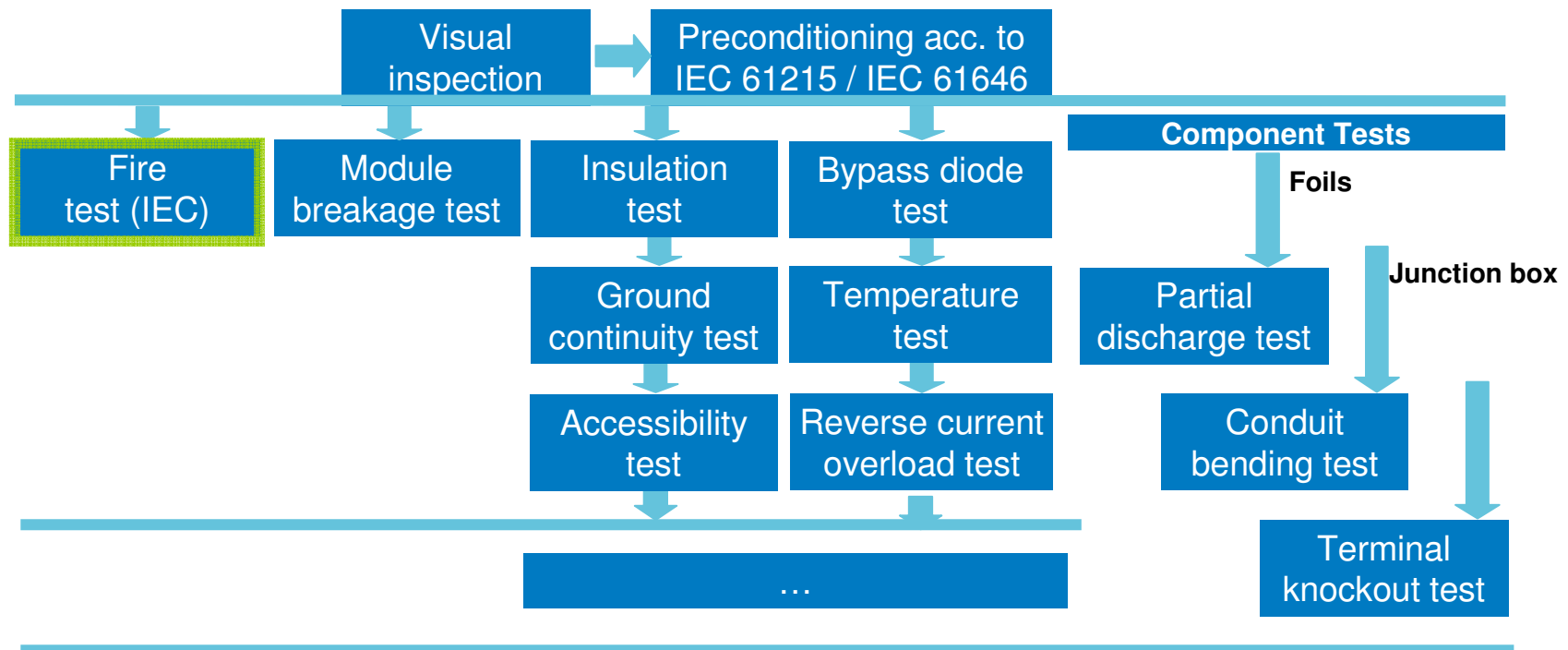
Im Speziellen, qualitativ hochwertige Produkte, die in der Lage sind elektrischen, thermischen und thermo-mechanischen Einflüssen während ihres Lebenszyklus (>25Jahre) Stand zu halten. **Komponenten**

Eine fachgerechte Installation und Vermeidung von Sekundärfehlern beim Bau der PV-Anlage. **Installation**

Modulspezifische Brandprüfungen – Feuer von Außen

IEC 61730-2 und ANSI/UL 1703 mit UL 790

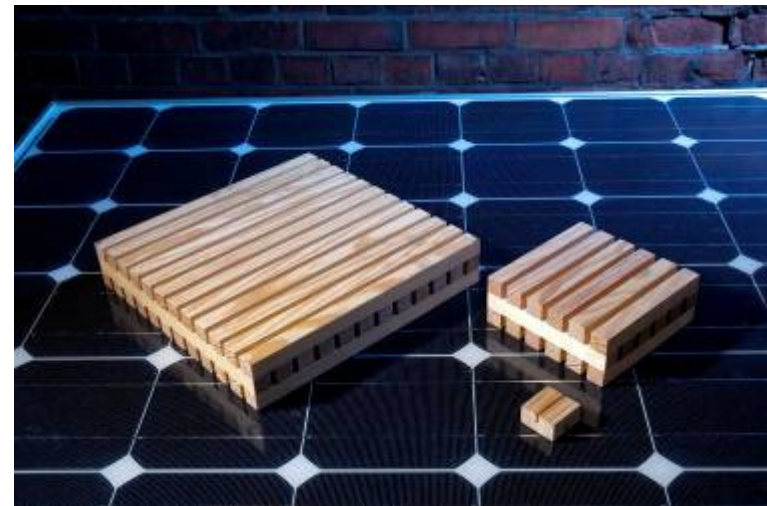
- Angewandte Prüfmethode zur Untersuchung der Widerstandsfähigkeit der PV-Module und –komponenten gegen Einwirkung durch Feuer von Außen:
 - IEC 61730-2 und ANSI/UL 1703 mit UL 790 (Spread of Flame und Burning Brand)



Modulspezifische Brandprüfungen – Feuer von Außen

IEC 61730-2 und ANSI/UL 1703 mit UL 790

- Spread of Flame (Gasflamme) und Burning Brand (Holzkrippen).
- Prüfmethode kommt aus dem UL790 Standard. Brandbelastungsprüfung für Dächer.
- Es können drei verschiedene Klassen geprüft werden:
 - **Klasse A/B:**
Brennerleistung 369-387 kW
Beflammungsdauer 10 min
Krippe A: 2000g, B: 500g
 - **Klasse C:**
Brennerleistung 316-334 kW
Beflammungsdauer 4 min
Krippe C: 10g



Modulspezifische Brandprüfungen – Feuer von Außen

IEC 61730-2 und ANSI/UL 1703 mit UL 790



Spread of Flame test:
Beflammung der Oberseite der Module



Burning Brand test:
Minimumanforderung für PV-Module Klasse C

- Kein Teil der PV-Module darf glühend oder brennend vom Teststand fallen
- die Flammenausbreitung darf folgende Werte nicht überschreiten :
 - Klasse A - 1,82 m
 - Klasse B - 2,40 m
 - Klasse C - 3,90 m
- die seitliche ist Flammenausbreitung begrenzt

Zusätzlich In der ANSI/UL 1703:

- Kein Durchbrand mit Lochbildung an den PV-Modulen
- Kein andauerndes Mitbrennen der PV-Module beim *Burning Brand Test*.

Modulspezifische Brandprüfungen – Feuer von Außen

IEC 61730-2 und ANSI/UL 1703 mit UL 790



Modulschäden durch Hitzeinwirkung

Modulspezifische Brandprüfungen – Feuer von Außen

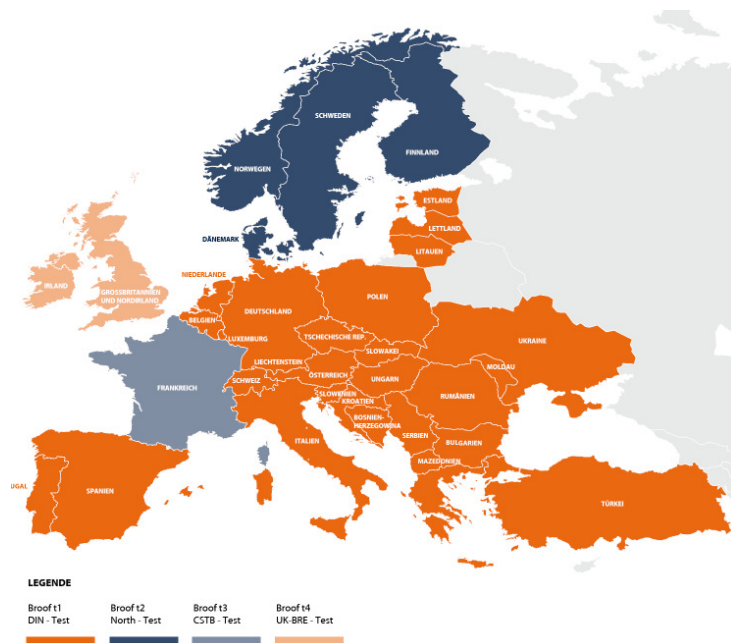
EN 13501-5 und ENV 1187

- Erweiterte Prüfmethode aus dem Gebäudebereich mit Anforderungen für Dächer:
 - Klassifizierung mit EN 13501-5 & ENV 1187 als europäische Prüfnorm für Dächer
 - ENV 1187: *Test methods for external fire exposure to roofs*
 - Im Bereich der Brandprüfungen für Dächer (ENV 1187) gibt es in Europa **keine einheitliche Norm**, die in jedem EU-Land allgemein anwendbar ist.
 - Gliederung der ENV 1187 in -1...-4 in vier Teile, mit adäquater Klassifizierung nach EN 13501-5 mit $B_{ROOF}(t1...t4)$.
 - ENV 1187-1, vergleichbar mit DIN 4102-7: *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen*. Ermittlung der Widerstandsfähigkeit gegen Flugfeuer und strahlende Wärme. Nach den deutschen Landesbauordnungen wird zusätzlich mit der Baustoffklasse E (normalentflammbar) nach EN 13501-1 und DIN 4102-7 für Dächer die *harte Bedachung* gefordert.

Modulspezifische Brandprüfungen – Feuer von Außen

EN 13501-5 und ENV 1187

- Die Prüfungen unterscheiden sich: versch. Brandsätze, Dachneigungen und genrelle Durchführungsarten (Prüfdauer, zusätzliche Strahlungsquellen, Windströmung).
- Die Brandsätze werden bei Dächern auch auf Materialstöße gelegt. Bei PV-Modulen sind dies insbesondere Fügestellen, Dichtungen, Trauf- und Firstabschlüsse.



Brandsätze der ENV 1187-Prüfungen

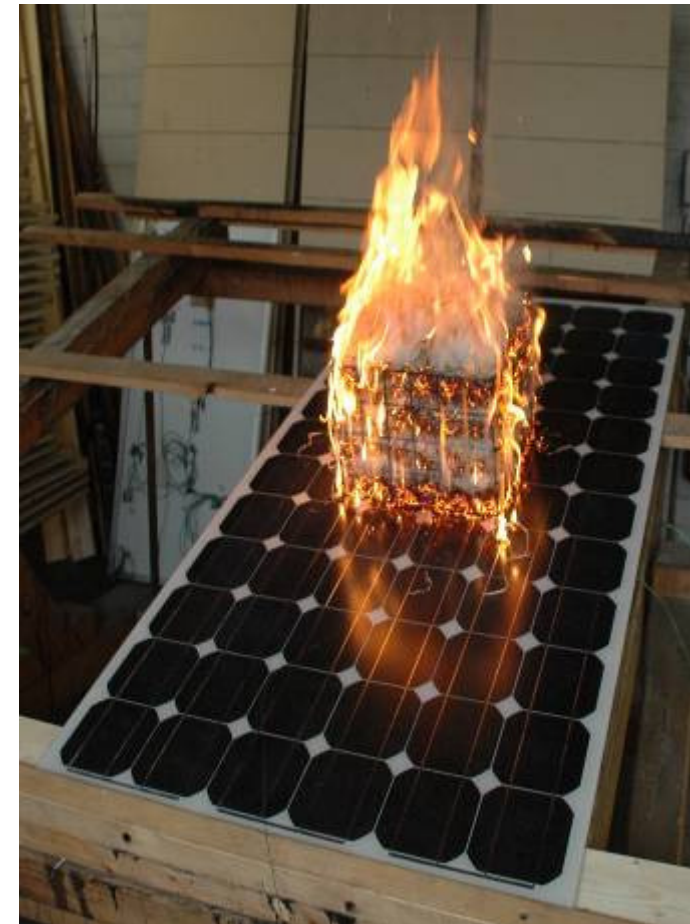
Anwendungen der ENV 1187-Prüfungen in Europa,

Quelle: In Plastics magazine , 2nd release, 2007

Modulspezifische Brandprüfungen – Feuer von Außen

EN 13501-5 und ENV 1187

- Klassifizierungskriterien für ENV 1187-1, u.a.:
 - Externe und interne Flammausbreitung nach oben <0,7m, nach unten <0,6m
 - Maximal zulässige Brandspur extern und intern <0,8m
 - Kein herabfallenden brennenden Teil von der Oberfläche
 - Keine brennenden /glühenden Teile, die die Dachkonstruktion beeinflussen
 - Keine Öffnung nach Brand >25mm²
 - ...



Aktive Brandbekämpfung

Darstellung der Situation in den Medien

- Seit 2009 mehren sich Artikel und Fernsehbeiträge, auch in den Fachmedien, zum Thema Photovoltaik und Feuer bzw. Brand, u.a.:
 - „...Feuerwehr lässt Häuser mit Solardach abbrennen ...“ – Welt Online 08/2010
 - „...Dächer mit PV-Anlagen bergen auch Gefahren...“ – Badische Zeitung 08/2010
 - „Feuerwehr ist gut gerüstet, wenn das Solardach brennt...“ - Badische Zeitung 09/2010
 - „...Löschen mit Risiko...“ – Photon 01/2011
 - „Harmlos oder brandgefährlich?...“ – Sonne, Wind und Wärme 2010
 - „Earth, Fire, Water and Solar...“ – PV magazine 04/2009
 - „...Photovoltaik-Anlage erschwerte den Einsatz erheblich...“ lokale Zeitung 10/2010
 - „Ein sehr heißes Eisen“ – Regenerative Energien 03/2011

- Die Kernaussagen bewegen sich um das Risiko durch elektrischen Schlag gegenüber Einsatzkräften, ausgehend von defekten PV-Anlagen während der Brandbekämpfung.

Aktive Brandbekämpfung

Darstellung der Situation

- **Feuerwehren löschen!** Nach der VDE 0132 – Brandbekämpfung und technische Hilfeleistung im Bereich elektrischer Anlagen – sind Sicherheitsvorschriften für die Brandbekämpfung an elektrischen Anlagen definiert. Diese gelten auch bei PV-Anlagen.
- Das Löschen von elektrischen Anlagen gehört für die Feuerwehr zur Routine.
- Feuerwehren müssen jedoch wissen, dass es eine zweite Energie- bzw. Stromquelle am Gebäude gibt.
- Verbände, die PV-Industrie und Normungsgremien beschäftigen sich mit der Thematik und sie adressiert die gesamte Industrie vom Hersteller, Lieferanten, Händler, Installateur etc.

Brandlöchsicherheit

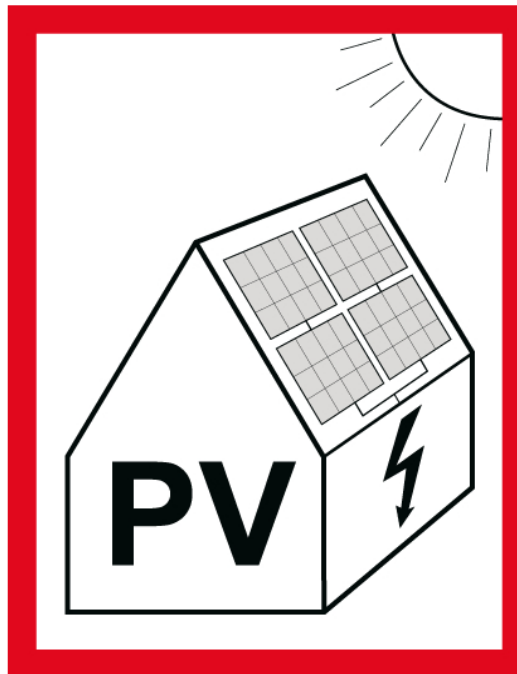
Ableitung übergeordneter Maßnahmen

- Das Ziel der PV-Industrie muss es sein, die Sicherheit für Mensch und Umwelt während des Einsatzes einer PV-Anlage zu gewährleisten. Einsatzkräften gegenüber darf die PV keine zusätzliche und unkalkulierbare Risikoquelle darstellen → Dies ist eine klare Aufgabe.
- Generell: Größtmögliche Risikominimierung zum Schutz vor elektrischem Schlag (nicht nur für Einsatzkräfte) unter Einbeziehung der verfügbaren technischen, baulichen und organisatorischen Möglichkeiten.
- Brandschutzsichere Verlegung der DC-Leitungen wählen.
- Erhalt des hohen Qualitätsstandards bei Produkt und Installation nach gültigen Normen zur Vermeidung von Bränden durch eine PV-Anlage.
- Stetige Verbesserung der Qualität, sowie Entwicklung und Anpassung der Produkte und Maßnahmen an technische und organisatorische Anforderungen.

Brandlöschsicherheit

Installationsseitige Maßnahmen

- Erarbeitet durch den den **AK 221.1.4** der DKE: Feuerwehr-Hinweisschild. Zum Download und Bestellung von Aufklebern: Homepage des Bundesverbands Solarwirtschaft (BSW).
- Feuerwehren müssen in Kenntnis gesetzt sein, dass es eine PV-Anlage auf dem Dach gibt.



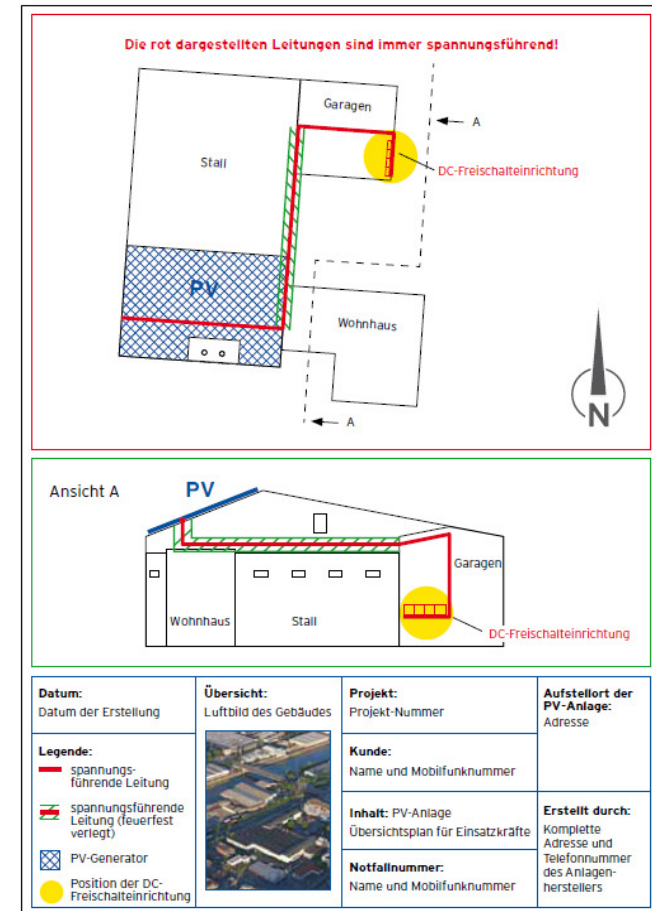
Copyright: BSW-Bundesverband Solarwirtschaft

Brandlöschsicherheit

Installationsseitige Maßnahmen

Empfehlung der BSW-Expertenkommission:

- Ein Übersichtsplan hilft den Einsatzkräften. Leichte Erkennbarkeit, wo sich im betroffenen Objekt spannungsführende Teile befinden.
- Übersichtsplan für Einsatzkräfte und Anlagenplan sollten in einem wettergeschützten Bereich in der Hauptverteilung bzw. Am Einspeisepunkt aufbewahrt werden.
- Bewußte Informationsverteilung: Kreis-, Bezirks- und Landesfeuerwehrverband, alle Leiter der Berufsfeuerwehren, alle Landesfeuerweherschulen sowie viele Mitarbeiter der Facharbeit im DFV haben je 50 Faltkarten erhalten – Deutscher Feuerwehr Verband



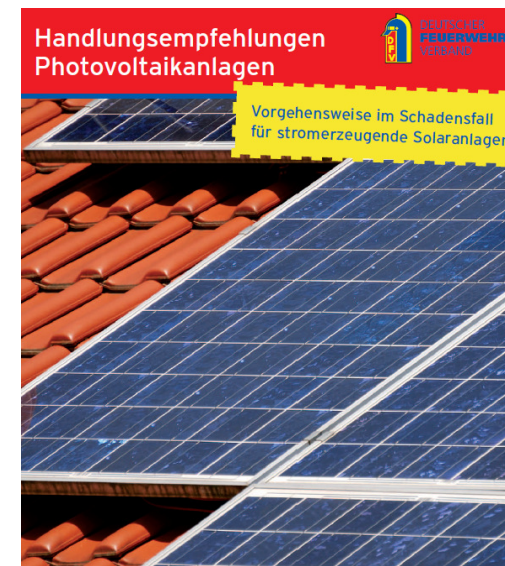
Copyright: BSW-Bundesverband Solarwirtschaft

Brandlöschsicherheit

Installationsseitige Maßnahmen

- Aktuell hat eine Arbeitsgruppe des BSW unter Mitwirkung der Feuerwehren, PV-Industrievertretern, Installateuren, Versicherern und Instituten eine Infobroschüre für den Einsatz von Feuerwehren verabschiedet und veröffentlicht.
- Es werden Handlungsempfehlungen bei der Vorgehensweise im Schadensfall von stromerzeugenden Solaranlagen gegeben.

Strahlrohr DIN 14365- CM	Niederspannung (N) Wechselspannung bis 1 kV oder Gleichspannung bis 1,5 kV (≤ AC 1 kV oder ≤ DC 1,5 kV)	Hochspannung (H) Wechselspannung über 1 kV oder Gleichspannung über 1,5 kV (> AC 1 kV oder > DC 1,5 kV)
Sprühstrahl	1 m	5 m
Vollstrahl	5 m	10 m

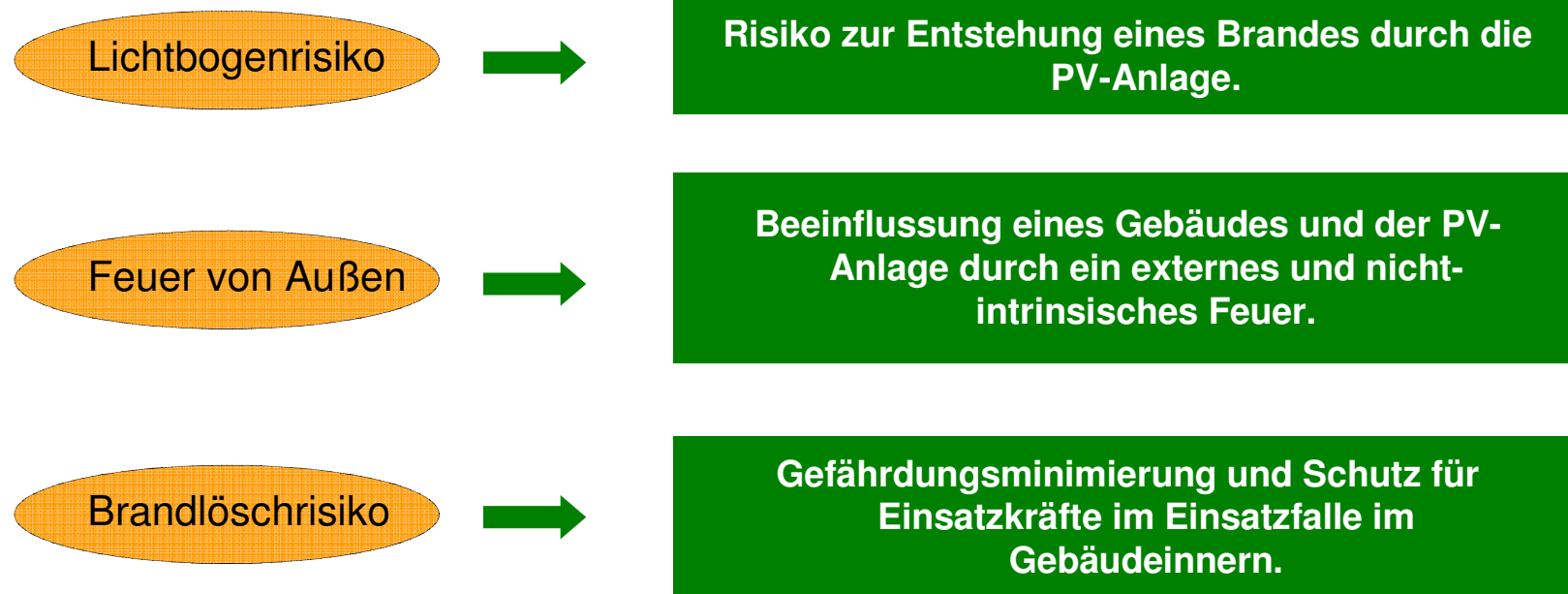


Copyright: BSW-Bundesverband Solarwirtschaft

Brandschutz an PV-Anlagen

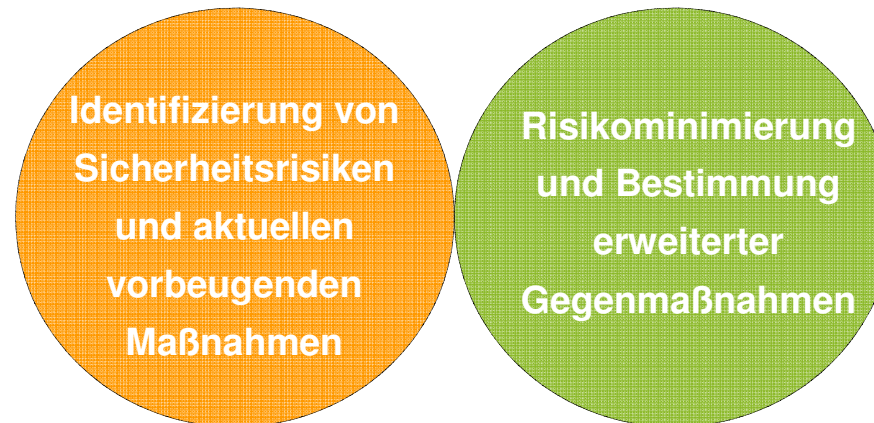
Struktur und Inhalte des FuE-Projektes

- Im Anwendungsfeld der Photovoltaik können im Bereich des Brandschutzes zur technischen Differenzierung u.a. drei Anforderungstypen benannt werden:



Brandschutz an PV-Anlagen

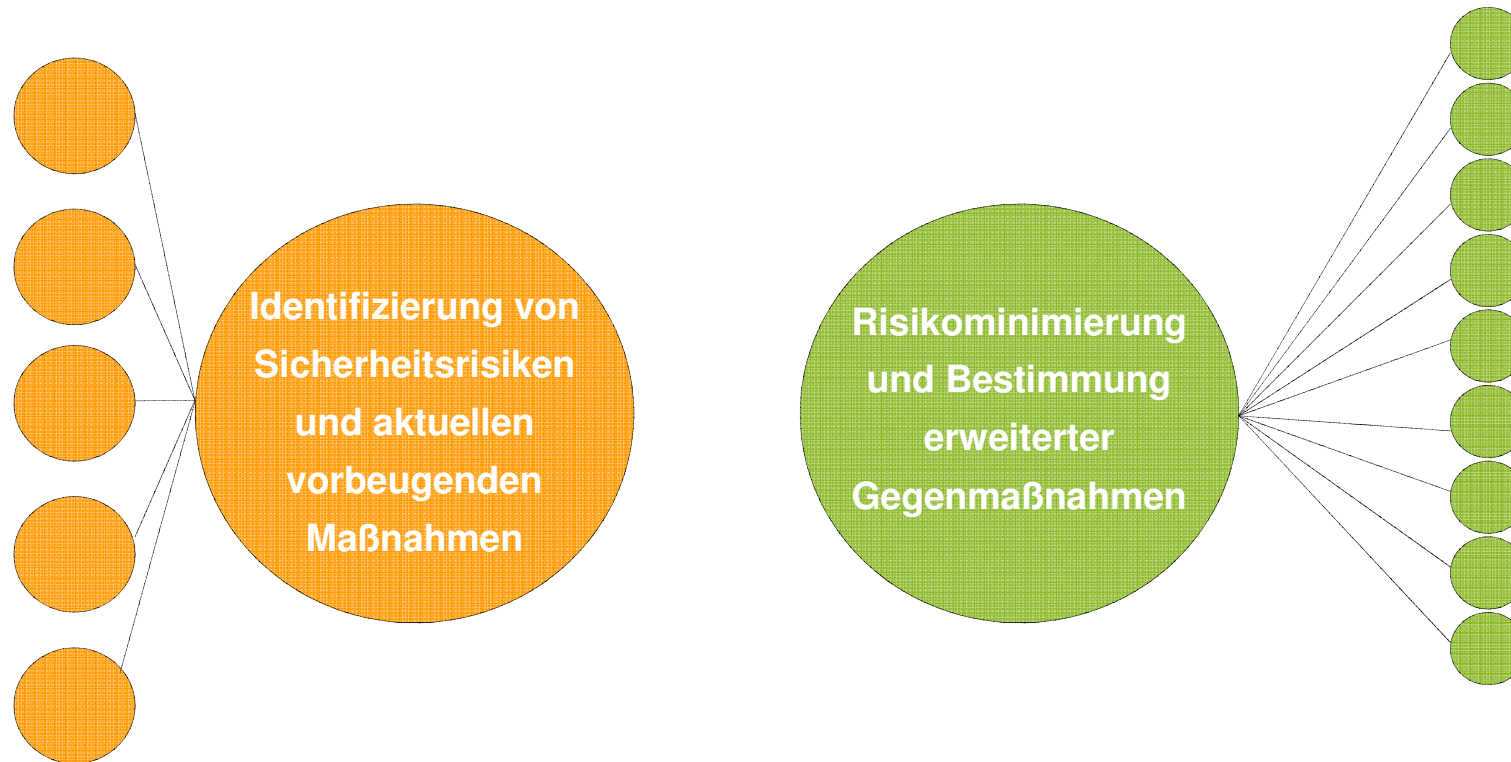
Struktur und Inhalte des FuE-Projektes



Risikominimierung, Prävention von Lichtbögen, Schutzerhöhung der Feuerwehreinsatzkräfte

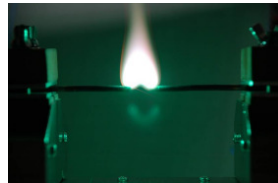
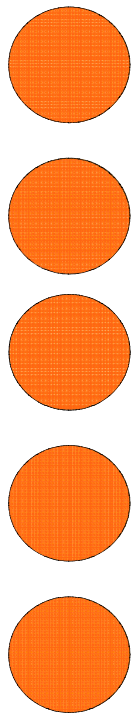
Brandschutz an PV-Anlagen

Struktur und Inhalte des FuE-Projektes



Brandschutz an PV-Anlagen

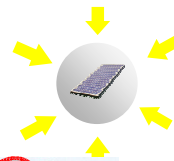
Struktur und Inhalte des FuE-Projektes



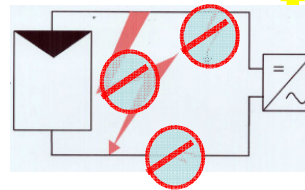
- Physikalische und Datenanalytische Auswertung von Lichtbogenrisiken



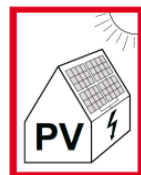
- Untersuchung von Brandrisiken ausgelöst durch Materialien



- Alterung und Bewitterung von elektrischen Verbindungen (Modul...GAK)



- Lichtbogenerkennung und -löschung

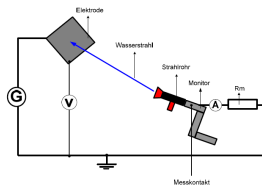
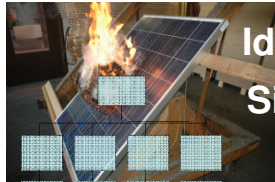
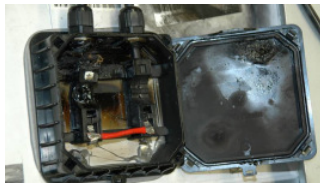
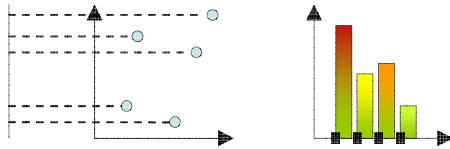


- Bestimmung der Risiken von Feuerwehreinsatzkräften

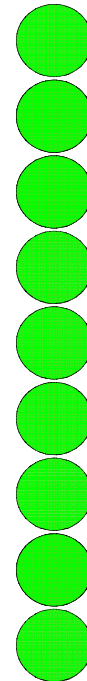
Copyright: BSW

Brandschutz an PV-Anlagen

Struktur und Inhalte des FuE-Projektes



- Risikoanalyse und Kategorisierung von Fehlern in Bezug zur Lichtbogenbildung
- Risikoanalyse von PV-Komponenten in Bezug zur potentiellen Beeinflussung von Lichtbögen
- Erweiterte Richtlinien für die Projektplanung und -installation
- Ableitung von Qualitätsstandards für elektrische Verbindungsstellen
- Ableitung angepasster Prüfverfahren
- Überprüfung von Lichtbogendetektoren
- Volle Unterstützung der Feuerwehr (Informationsverteilung, Löschmittelversuche etc.)
- Anforderungendefinition für organisatorische und technische Lösungen zur Herstellung eines elektrisch sicheren Anlagenzustandes



+++ Aktuelle Arbeitspakete +++

Fragekatalog und Überprüfung von Leitfähigkeiten

▪ Fragekatalog

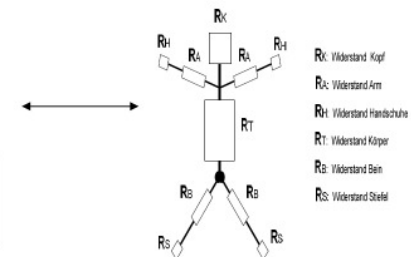
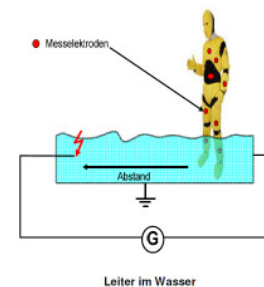
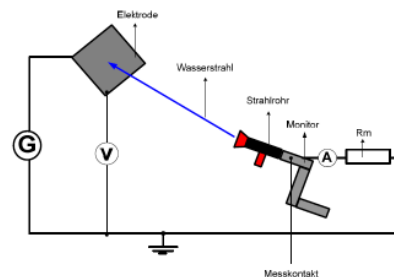
Unter den Aspekten der Lichtbogen- und Feuerlöchsicherheit werden kategorisch Fälle mit Schadens- bzw. Zwischenfällen untersucht. Auswertung und Analyse sollen erweiterte Wege für den vorbeugenden Brandschutz aufweisen.



Verteilen der Kataloge im Juni. Adressaten: Projektierer, Installateure, Sachverständige, Versicherer,...

▪ Überprüfung von Leitfähigkeit von Löschmitteln, Einsatzkleidung, etc.

Spezifischer Nachweis der Einsatzkraftsicherheit bei Einhaltung der Sicherheitsabstände aus der VDE 0132 während des Löschvorgangs. U.a. Untersuchung von Leitfähigkeiten der Löschmittel bei vordefinierten Abständen (bei 1kV).



Teilnehmer des Forschungsprojektes

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Verbundpartner



TÜVRheinland[®]
Genau. Richtig.



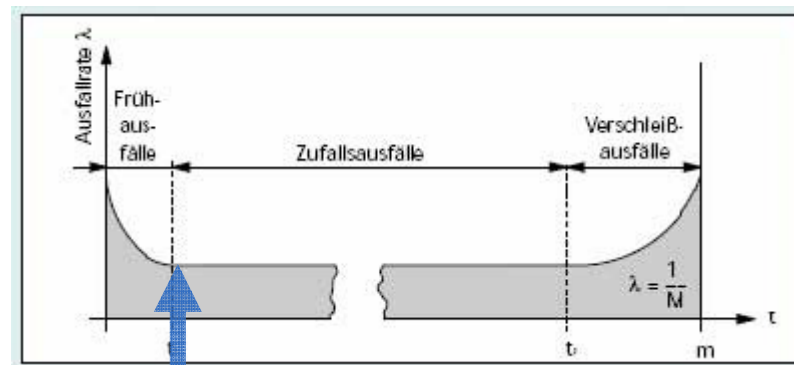
Fraunhofer
ISE

Unterbeauftragte Sachverständige, Prüfer und Berater:

Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V., Energiebau Solarstromsysteme GmbH, Berufsfeuerwehr München, Currenta GmbH und Co, TÜV Rheinland LGA Products GmbH, Prof. Dr. Heinrich Häberlin

Zusammenfassung und Diskussion

- Vorbeugender Brandschutz und Brandbekämpfung sind komplexe Themen.
- Die Vermeidung von Bränden durch eine PV-Anlage kann nur durch hohe Qualität der Materialien und Produkte, sowie einer fachlich korrekten Installation gewährleistet werden.
- Die Sicherheitsnorm IEC 61730 für Module, sowie weitere produktorientierte Normen für Komponenten, können Frühschäden feststellen.



Bauartprüfung für PV-Module

- Verschärfung oder Anpassung von Prüfmethoden im Hinblick auf spezifische Anwendungssituationen als Teil einer weiteren Risikominimierung.

Zusammenfassung und Diskussion

- Volle Unterstützung der Feuerwehreinsatzkräfte und Endanwender zum Schutz gegenüber eines elektrischen Schlages im Einsatzfalle und defekter Systeme.
- Erweiterung des Schutzpotenzials über Schutzeinrichtungen auf Modul-, Strang- oder Feldebene durch Kurzschließer oder Trennschalter muss im Einklang mit adäquaten Produktnormen und -anforderungen stehen.
 - ➔ Adäquat bedeutet angepasst u.a. an die Einsatzsituation, Zugänglichkeit und Erreichbarkeit, Funktionalität, Temperatur- und Witterungsanforderungen, Langzeitbeständigkeit.
 - ➔ Eine entsprechende Produktnorm muss diese Anforderungen berücksichtigen und noch entwickelt werden.

Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit

