



Baustoffklassifizierung und Entflammbarkeitsuntersuchungen an PV-Modulen

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

Dank an Kooperationspartner und Förderer

- **TÜV Rheinland LGA Products GmbH**

Alexandra Schulz, Guido Volberg,
Andreas Berghaus



- **Currenta GmbH und Co. OHG**

Analytik Brandtechnologie
Michael Halfmann, Frank Volkenborn



- **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (seit 02/2011)**

Innerhalb des aktuellen Forschungsprojektes
„Bewertung des Brandrisikos in PV-Anlagen
und Erstellung von Sicherheitskonzepten zur
Risikominimierung“ FKZ 0325259A

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

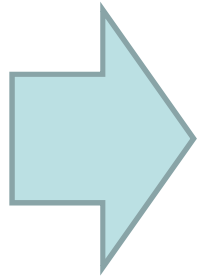
Inhalt

- **Einführung**
- **Ursache und Wirkung**
- **Herleitung der Anforderungen an Komponenten**
- **Entflammbarkeitsprüfungen nach IEC**
 - Anforderungen aus der IEC 61730-1
 - Erweiterte Untersuchungen
- **Baustoffklassifizierung**
 - Baustoffklasse normalentflammbar
 - Prüfaufbau und –anforderungen
 - Durchführung der Prüfung mit DIN EN ISO 11925-2

Einführung (1/2)

- **AP1:** Risikoanalyse der potentiellen Schwachstellen in PV-Anlagen und deren Komponenten
 - **AP1.4** Beschreibung des generellen Brandrisikos durch eingesetzte Materialien in PV-Anlagen
 - **AP1.5** Bestimmung von Baustoffklassen Beurteilung der Gefahr der Entstehung und Ausbreitung eines Brandes im Lichtbogenfall

Einführung (2/2)



- Welche Aufgaben haben die Komponenten beim Brand/Lichtbogen?
- Welche Brandeigenschaften haben die Komponenten?
- Wie kann man sie messen und einstufen?
- Wie werden umliegende Gebäudematerialien beeinflusst?

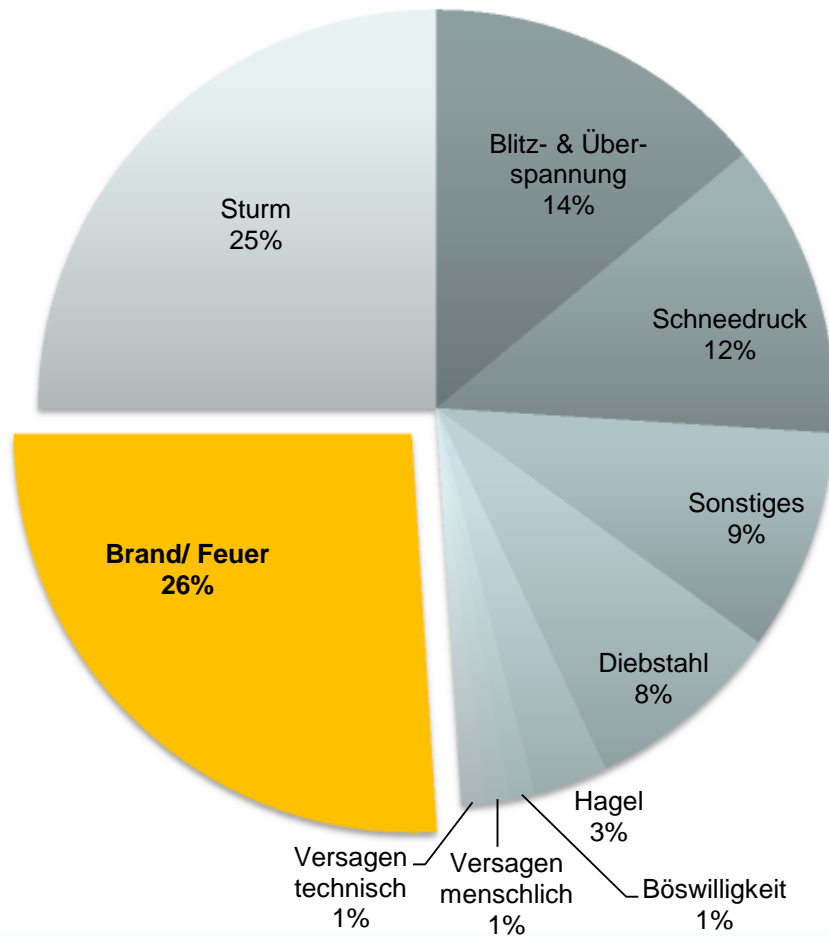


Wie beeinflussen PV-Komponenten und –Materialien das Risiko der Ereignisse **Brandauslösung und Brandweiterleitung**?

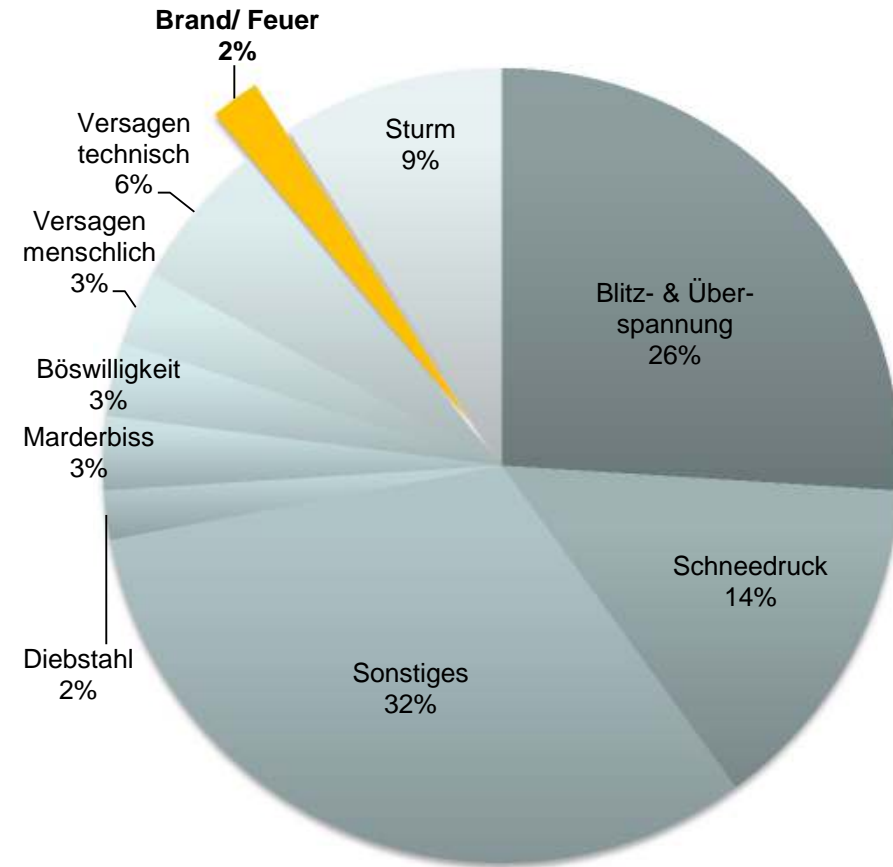
Müssen Materialanforderungen **ergänzt oder angepasst** werden?

Ursache und Wirkung (1/3)

Schadenursachen PV (Aufwand)



Schadenursachen PV (Stückzahl)



Quelle: Photovoltaik – Auf die Qualität kommt es an! – Rainer Kohlenberg, Mannheimer Versicherung, 2010 – Dehn- und Söhne Fachforum Photovoltaik 2010

Ursache und Wirkung (2/3)

- Generelle Unterscheidung der Ursachen bei Bränden beeinflusst unterschiedlich die Bewertung und Anforderungen an Materialeigenschaften:

1) Auslöser eines Brandes/Feuers **durch die PV-Anlage** infolge von Lichtbögen an defekten Kontaktstellen im Modul:

- Zellverbinder
- Strangverbindungen
- Anschlusskabel
- Bypassdiode
- Steckverbinder



Einfluss der Materialien bei:

- Lichtbogenzündung
- Brandweiterleitung während des Lichtbogens
- Brandweiterleitung nach Verlöschen des Lichtbogens

Ursache und Wirkung (3/3)

2) **Externe Ursachen** erzeugen einen Brand im oder am Gebäude. PV-Anlage ist als Bestandteil des Gebäudes vom Brand „betroffen“. Entwicklung des Brandes also auch in Abhängigkeit der Materialeigenschaften der PV-Anlage.

- Flugfeuer
- Strahlende Wärme
- Durchbrand
- Flammüberschlag



Aspekte für Materialien bei der Brandweiterleitung:

- Brandschutzlage (Verhinderung der Weiterleitung)
- Brennendes Abtropfen/Abfallen
- Glimmen/Nachglimmen
- Schwelen
- Freisetzung von Pyrolysegasen

Herleitung der Anforderungen an Komponenten (1/3)

Aufbau PV-Modul und -System – polymere Materialien



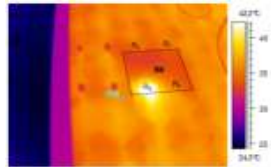
- Steckverbinder am Kabel
- Anschlusskabel
- Einkapselung
- Rück- / Frontseitenfolie
- Montagerahmen
- Anschlussdose
- Randversiegelung/Dichtstoffe
- Klebverbindungen
- Potting-Material

Zusätzlich im System bei BIPV:

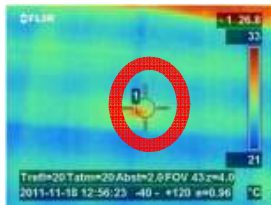
- Dichtungsmaterial zur Bedachung und Unterkonstruktion

Herleitung der Anforderungen an Komponenten (2/3)

Gegenseitige Beeinflussung an defekten Kontaktstellen



Erhöhter Übergangswiderstand/
Erwärmung der Kontaktstelle



Verminderung von Luft- und Kriechstrecken



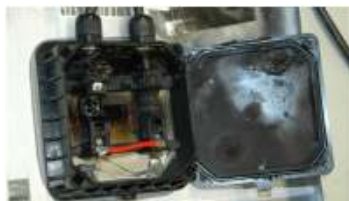
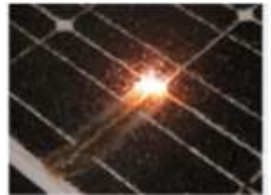
Erwärmung und Erweichung des umliegenden Isolierstoffs

Aufbrechen von Kontaktstellen



Schmoren, Aufblitzen oder Lichtbogen

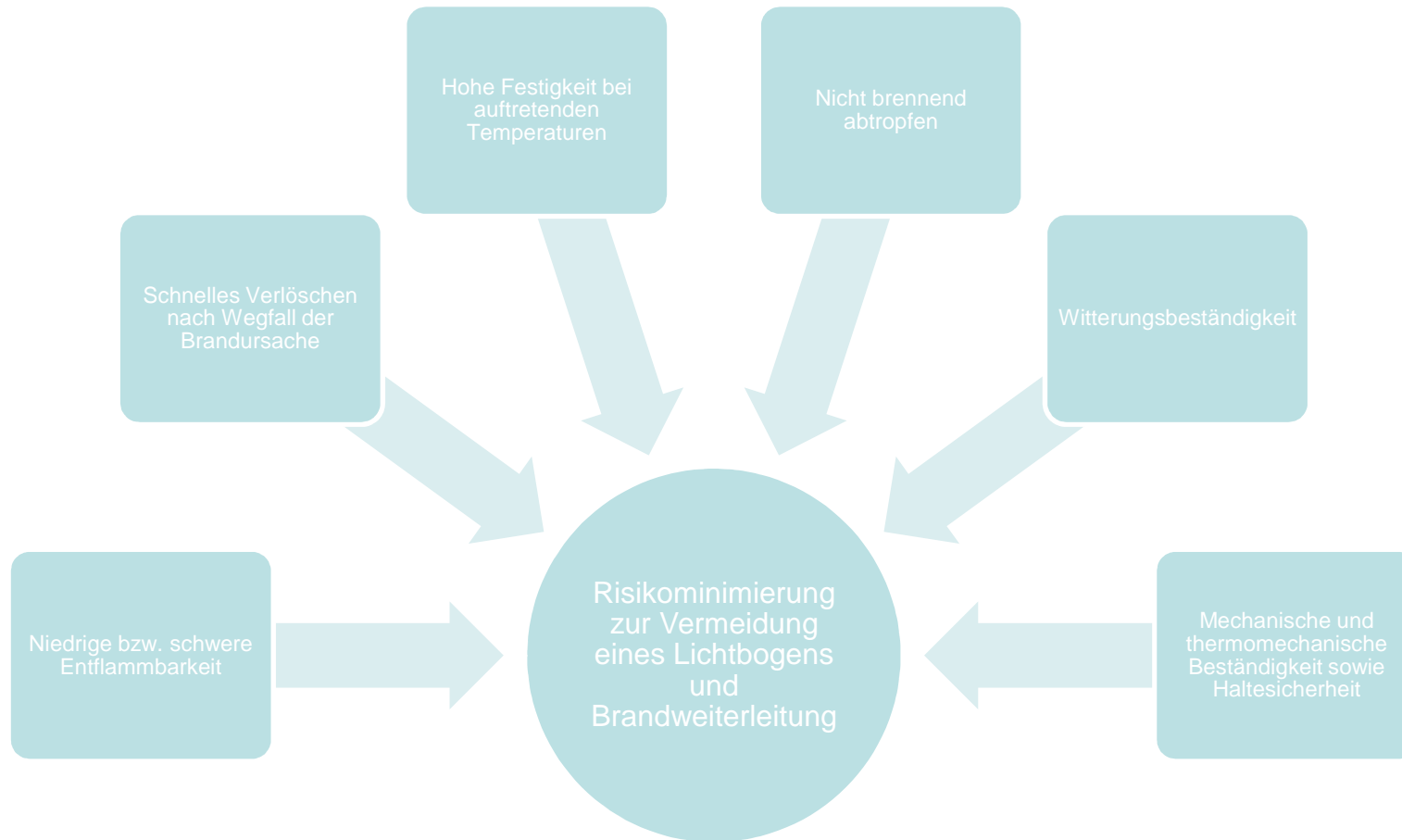
Entzündung der umliegenden Materialien



Möglicherweise Flammerhalt nach Verlöschen des Lichtbogens am umliegenden Material

Herleitung der Anforderungen an Komponenten (3/3)

Hohe Anforderungen an die Materialien zur Verhinderung eines Lichtbogens und Vermeidung der Brandweiterleitung:



Entflammbarkeitsprüfungen nach IEC

Anforderungen aus der IEC 61730-1

▪ IEC 61730-1 (Anforderungen für Komponenten):

- Polymere Materialien müssen mindestens den Anforderungen nach **HB** mit IEC 60695-11-10 entsprechen. **HB** charakterisiert ein langsames Brennen bei einer horizontal eingespannten Probe.
- Polymere Gehäuse für den elektrischen Anschluss müssen den Anforderungen an IEC 60695-11-20, Klasse **5V** entsprechen -> Anschlussdosen, Stecker, Kabel. Kein Abtropfen zulässig.
- Polymere Materialien für äußere Flächen oder Rahmen, welche eine Fläche $>1\text{m}^2$ oder eine Ausdehnung $>2\text{m}$ haben, dürfen bei der Prüfung nach ASTM E 162 einen max. Flammausbreitungsindex von **(FSI) 100** aus weisen -> Front- und Rückseitenfolien



Entflammbarkeitsprüfungen nach IEC

Erweiterte Untersuchungen/ Vorhaben im FuE-Projekt

- Die komponentenspezifischen Prüfnormen (für Stecker, Kabel, Folien und Anschlussdosen) erfordern ferner Glühdraht- und/oder Gasflammenprüfungen mit vorgelagerter künstlicher Alterung.
Langzeitalterung an Komponenten
- Brandprüfungen beziehen sich auf einzelne Materialien, die Normen beziehen beispielsweise keine Klebstoffe mit ein. *Prüfung der Materialien im Verbund und an ganzen Modulen.*

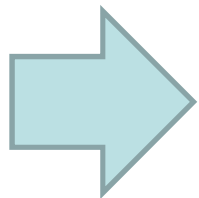
Ziel bis Ende 2012:

- *Risikobestimmung der verwendeten Materialien*
- *Ableitung von Designvorgaben und*
- *Empfehlung von angepassten Entflammbarkeitsprüfungen auf Komponenten- und Modulebene*

Baustoffklassifizierung

Einführung

- Die für Komponenten und Module benannten Prüfverfahren zur Bestimmung der Entflammbarkeit basieren auf internationalen und auch teils amerikanischen Prüfnormen.
- Vergleich zu nationalen Brandanforderungen an Produkte ist nicht 1:1 zu übertragen. Einschätzung der Vergleichbarkeit zu bspw. deutschen Entflammbarkeitsklassen fällt da schwer.
- Einschätzung der Entflammbarkeit fällt Projektierern, Installateuren, Feuerwehren, Baubehörden und Anwendern mit Baustoffklassen leichter.
- Bei Einführung des PV-Moduls in das Gebäude werden teilweise Funktionen der Außenhaut übernommen: Einhaltung der ursprünglichen Brandeigenschaften.



Welche Entflammbarkeit haben nun also PV-Module aus Sicht einer Baustoffklassifizierung?

Baustoffklassifizierung

Baustoffklasse *normalentflammbar*

- **Bauaufsichtliche Grundanforderungen an das Brandverhalten von Baustoffen, Musterbauordnung (MBO) §26 (Wände, Decken, Dächer) –**

(1) Baustoffe werden nach den Anforderungen an ihr Brandverhalten unterschieden in

1. Nichtbrennbare
2. Schwerentflammbare,
3. Normalentflammbare.

Und leichtentflammbar (Versagen bei der Kleinbrennerprüfung.)

- Klassifizierung der *normalentflammbaren Baustoffe* mit der DIN 4102-1 zu **B2** oder EN 13501-1 mit **E** (mit Prüfmethode: DIN EN ISO 11925-2).

Bei der DIN 4102-1 sind die Berichtigungen von 1998 zu beachten!

Baustoffklassifizierung

Prüfaufbau und –anforderungen (1/3)

DIN 4102-1 für B2: Die Prüfung stellt die Beanspruchung eine kleine, definierte Flamme (Streichholzflamme) dar.

DIN 4102-1

- Kanten- und Flächenbeflammung (15s)
- Flamme hat eine Länge von 20mm Länge unter einem Winkel von 45°
- Messmarken bei:
 - Kantenbeflammung 150mm
 - Flächenbeflammung 40 und 190mm
- *Flammenspitze darf vor Beendigung der 20. Sekunde die o.g. Messmarken nicht erreichen (<150mm).*
- Brennendes Abtropfen und Entzünden von Filterpapier ist nicht erlaubt

EN 13501-1 (mit DIN EN ISO 11925-2)

- Kanten- und Flächenbeflammung (15s)
- Flamme hat eine Länge von 20mm Länge unter einem Winkel von 45°
- Messmarken bei:
 - Kantenbeflammung 150mm
 - Flächenbeflammung 40 und 190mm
- *Flammenspitze darf 20 Sekunden nach Beginn der Beflammung die Messmarke nicht überschreiten (<=150mm).*
- Brennendes Abtropfen und Entzünden von Filterpapier ist nicht erlaubt

Baustoffklassifizierung

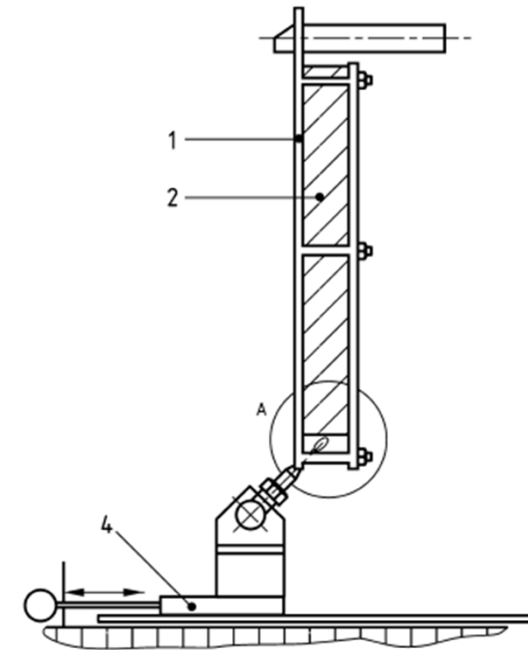
Prüfaufbau und –anforderungen (2/3)

DIN 4102-1

- Probemaße für:
 - Kantenbeflammung 90mm (b) x 190mm (l)
 - Flächenbeflammung 90mm (b) x 230mm (l)
- Je 5 Probekörper.

EN 13501-1 (mit DIN EN 11925-2)

- Probemaße für:
 - Kantenbeflammung 90mm (b) x 250mm (l)
 - Flächenbeflammung 90mm (b) x 250mm (l)
- Je 3 Probekörper.



Prinzipielle Prüfanordnung nach DIN EN ISO 11925-2

Baustoffklassifizierung

Durchführung der Prüfung mit DIN EN ISO 11925-2



- Anwendung an einem kompletten Modul (Flächenbeflammung) auf der Front- (Glas) Rückseite (Tedlarfolie)

- Anwendung an einem Modulausschnitt eines flexiblen Moduls (Flächenbeflammung) auf der Front- und Rückseite (beidseitig Polymere)




Entflammbarkeitsprüfungen nach IEC

Erweiterte Untersuchungen/ Vorhaben im FuE-Projekt

- Die sog. *Kleinbrennerprüfung* schränkt die Prüfmaße stark ein. Herstellung von gleichwertigen Minimodulen (Glas, Randversiegelung, Folien und Einkapselung) für geforderte Prüfgrößen sind oft nicht realisierbar. *Umsetzung am finalen Produkt lässt tiefere Aussage zu.*
- Durchführung an Gläsern und Metallen für Kanten- bzw. Flächenbeflammung macht hier keinen Sinn. Nach den Anforderungen aus DIN 4102-1 ist keine Entzündung zu erwarten. *Anpassung der Beflammungsorte.*

Ziel bis Ende 2012:

- *Eingabe der Erkenntnisse zur Diskussion in Normungs- und Arbeitsgremien (bei der DKE, IEC und CENELEC) zur Anwendung einer angepassten Prüfvorgabe der Baustoffklassifizierung an PV-Modulen nach EN 13501-1.*



**Vielen Dank für
ihre Aufmerksamkeit**