



Landeshauptstadt  
München  
**Kreisverwaltungsreferat**

Hauptabteilung IV, Branddirektion  
Einsatzvorbereitung



# Photovoltaik

Informationen für Einsatzkräfte von  
Feuerwehren und Hilfeleistungsorganisationen

Horst Thiem  
Brandamtsrat  
BF München

Erstellt von

Dipl.-Ing. Josef Huber  
Brandrat.  
SFS Geretsried

# Übersicht

---



- Allgemeines und Aufbau der Anlagen
- Gefahren für Einsatzkräfte
- Einsatzdurchführung
- Beschäumungsversuch der BF München
- Beispiele und Quellen

# Sonnenergie - Nutzungsformen



- **Solarthermie:**  
**Wärme von der Sonne**
- **PV-Anlage:**  
**Strom von der Sonne**
- netzgekoppelte PV-Anlagen  
(Einspeisung des erzeugten Stromes in die Netze der Stromversorger)
- netzferne PV-Anlagen  
(Inselbetrieb). Sie arbeiten mit Akkumulatoren.  
(Häufigkeit: < 1%)

# Entwicklung der letzten Jahre

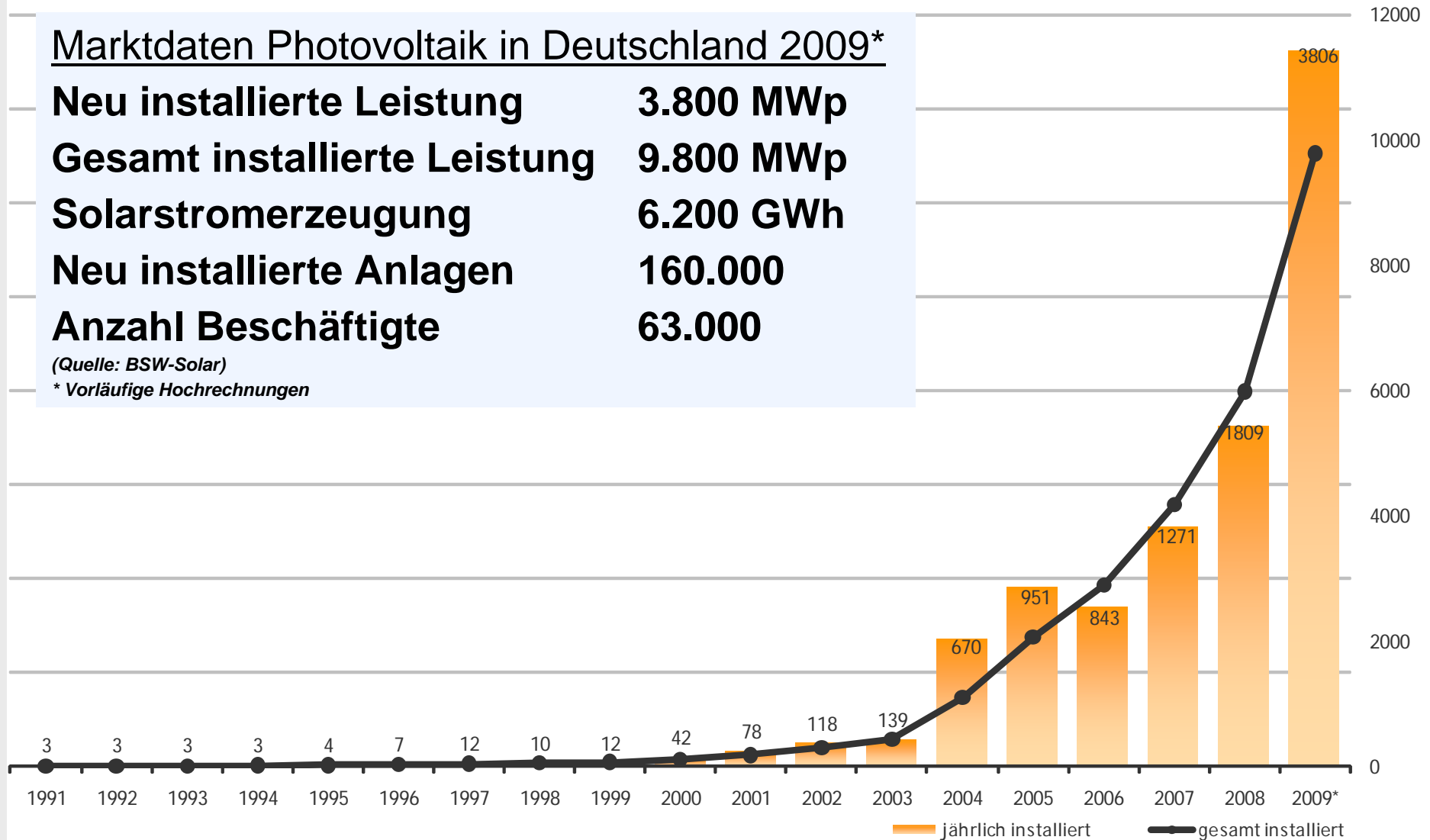


## Marktdaten Photovoltaik in Deutschland 2009\*

<b>Neu installierte Leistung</b>	<b>3.800 MWp</b>
<b>Gesamt installierte Leistung</b>	<b>9.800 MWp</b>
<b>Solarstromerzeugung</b>	<b>6.200 GWh</b>
<b>Neu installierte Anlagen</b>	<b>160.000</b>
<b>Anzahl Beschäftigte</b>	<b>63.000</b>

(Quelle: BSW-Solar)

\* Vorläufige Hochrechnungen



# Elektronfälle

---



Im Falle von Schäden an PV-Anlagen sind für das Vorgehen folgende Regeln anzuwenden:

*DIN VDE 0132*

*„Brandbekämpfung an elektrischen Anlagen“*

*GUV-I 8677*

*„Elektrischen Gefahren an der Einsatzstelle“*

# Inselanlagen



# Elemente einer PV-Anlage

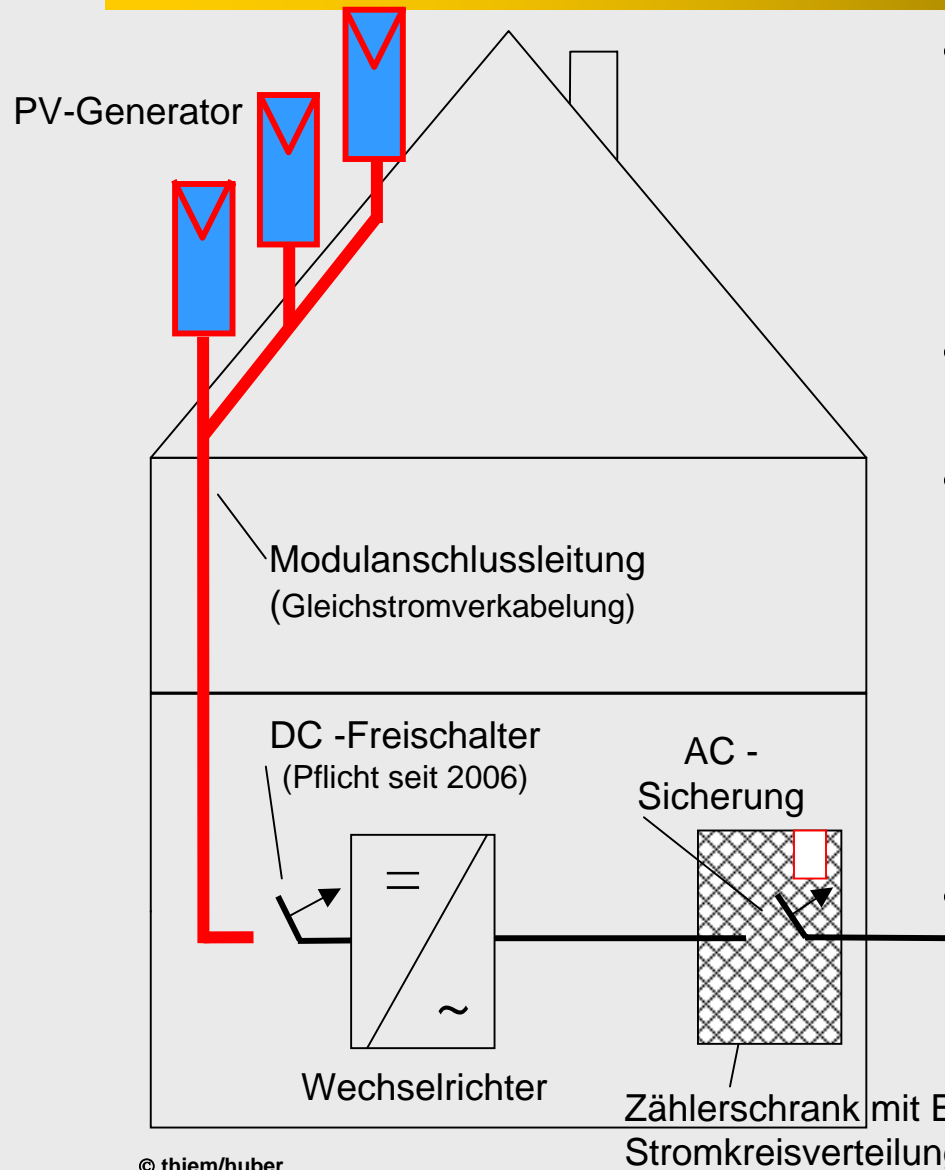
---



- Module
- Gleichstromleitungen
- Generatoranschlusskästen
- DC-Freischalter
- Wechselrichter
- Einspeisezähler

Begriffserklärung: AC = Wechselspannung, DC = Gleichspannung

# Aufbau einer PV-Anlage/Netzanschluss



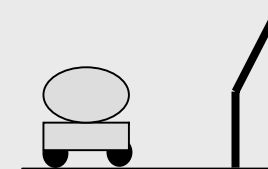
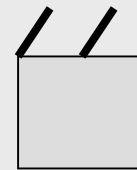
© thiem/huber

- Spannung auf der DC Seite:  
derzeit bis **1000 Volt**;  
Systemspannungen bis 1500V  
sind geplant
- Strom: mehrere Ampere
- Leistung:  
im Kilowattbereich (kW)  
EFH bis 10 kW,  
Gewerbe mehrere 100 kW  
oder Megawattbereich (MW)  
Kraftwerke (= Freiflächenanlage)
- Nach VDE 0100 Teil 410 ist die  
Berührungsspannung bei  
Gleichspannung mit mehr als  
**120 V lebensgefährlich**

# Montagearten



- Aufdachanlagen
- Dachintegrierte Anlagen
- Flachdachanlagen
- Fassadenanlagen
- Freilandanlagen  
(Kraftwerksbau)
- Lärmschutzwände



# Aufbau der Module

---



- Bestandteile der PV-Module:
  - Glas (Front-, evtl. Rückseite), Silizium (Zellen), Schwermetalle (Zellen, Lötstellen), Kunststoffe Isolierfolien, Einbettung, Vergussmassen, teilweise mit Metallrahmen zur Stabilität und zum Schutz der Glaskanten
- Aktueller Wirkungsgrad:
  - Ertrag: 11-18% des eingestrahlten Sonnenlichts
- Klassifizierung nach DIN 4102, DIN EN 13501 :
  - einige Module sind in Baustoffklasse B2 eingeteilt
  - teilweise als harte Bedachung eingestuft

# Aufgaben eines Wechselrichters

---



- Umwandlung der entstandenen Gleichspannung (DC) in Wechselspannung (AC)
- Übergabe AC-Stromes über den Einspeisezähler in das öffentliche Stromnetz (Netzeinspeisung)
- Steuerung (selbsttätiges Ein- und Ausschalten) und Ermittlung des optimalen Arbeitspunktes der PV-Module
- Überwachung bei Störungen (z. B. Ausfall des öffentlichen Stromnetzes und sekundenschnelle Abschaltung)

# Gefahrenschema Feuerwehr



## Welche Gefahren sind erkannt?

Gefahren	durch								
	Atemgifte	Angstreaktion	Ausbreitung	Atomare Strahlung	Chemische Stoffe	Erkrankung/ Verletzung	Explosion	Elektrizität	Einsturz
für	A	A	A	A	C	E	E	E	E

## Welche Gefahren müssen bekämpft werden?

Menschen	X		X					X	X
Tiere	X		X					X	X
Umwelt	X		X						
Sachwerte			X						

## Vor welchen Gefahren müssen sich Einsatzkräfte schützen?

Mannschaft	X							X	X
Gerät									X

# Gefahren für die Feuerwehreinsatzkräfte



## Beim Brandeinsatz:

- Gefahr durch toxische Gase
- Gefahr durch herabfallende Teile
- Gefahr der Ausbreitung

## Beim Brandeinsatz und Wasserschaden:

- Gefahr durch elektrischen Schlag

# Gefahren durch toxische Gase

---



- Gefahren durch toxische Gase:
  - größtenteils Verbrennungsprodukte, wie bei einem Zimmerbrand/Gebäudebrand
  - Gefährdungspotenzial wie bei Gebäudebränden
  - Ausbreitung über Lüftungsanlagen
  
- Schutzmaßnahmen
  - Umluftunabhängigen Atemschutz einsetzen
  - Lüftungsanlagen abschalten
  - Personenrettung / Betroffene Bereiche räumen

# Gefahr durch herabfallende Teile



- Gefahren:
  - derzeit i.d.R. keine Definition über Baustoffklassen und daraus resultierend keine Ableitung über die mögliche Gefährdung
  - Herabfallen von Teilen wie bei einem Gebäudebrand
  - Verbundglas kann durch Erhitzen und / oder durch auftreffendes Löschwasser bersten und in Teilen herumfliegen
  - Erfahrungen zeigen, dass Teile der Anlagen nach Abbrand der darunter liegenden Dachkonstruktion durch den Brand beschädigt werden und nach innen fallen;  
die Tragkonstruktionen bleiben sehr lange bestehen
- Schutzmaßnahmen
  - Beim Innenangriff erhöhte Dachlast beachten
  - Trümmerschatten berücksichtigen
  - Gefahrenbereich absperren

# Gefahr der Ausbreitung



- Gefahren:
  - Kamineffekt bei Aufdach- und Fassadenanlagen
  - Weitgehend geschlossene Modulflächen können zur Behinderung der Arbeiten führen
    - falls das Dach betreten werden muss
    - die Öffnung der Dachhaut erforderlich sein sollte
  - Ausbreitungsgefahr, falls Brandabschnitte vorschriftswidrig durch brennbare Modulteile überbrückt werden
  - Brandgefahr durch Lichtbogen bei beschädigten Anlagen
- Schutzmaßnahmen:
  - Bauvorschriften beachten, Flucht- und Rettungswege freihalten
  - Mögliche Brandausbreitung beobachten z.B. Wärmebildkamera
  - Bereiche um einen möglichen Lichtbogen sichern und Fachkraft hinzuziehen

# Geschlossene Dachfläche



# Bauliche Lösung



# Gefahr durch elektrischen Schlag



- Gefahren:
  - Die maximale Berührungsspannung von 120 V DC ist bei PV-Anlagen i.d.R. weit überschritten
  - Die Leitungen vom Modul zum Wechselrichter lassen sich derzeit nicht komplett spannungsfrei schalten
  - Unsachgemäßes Trennen von Leitungen und Steckverbindern, Isolationsschäden oder Leitungsunterbrechungen können zu einem Lichtbogen führen  
(Brandentstehung , -ausbreitung, Sekundärunfälle)

# Gefahr durch elektrischen Schlag



- Schutzmaßnahmen:
  - Verhalten gemäß DIN VDE 0132 und GUV-8677
  - 1 m Abstand zu spannungsführenden Teilen einhalten, auch zu benachbarten metallischen Konstruktionen, sofern diese mit unter Spannung stehenden Anlagenteilen in Berührung stehen; sichern durch absperren!
  - Module nicht zerstören; Gefahr frei liegender elektrische Leiter mit unbekannter Spannung!
  - Trennung der Module und Leitungen nur durch Elektrofachpersonal! Bei unsachgemäßen Handlungen besteht **Lichtbogengefahr!**
  - Modulflächen nicht betreten
  - Gefahren durch Wasser an beschädigten Anlagen beachten
  - Regeln für die Anwendung von Löschmitteln gemäß DIN VDE 0132 einhalten

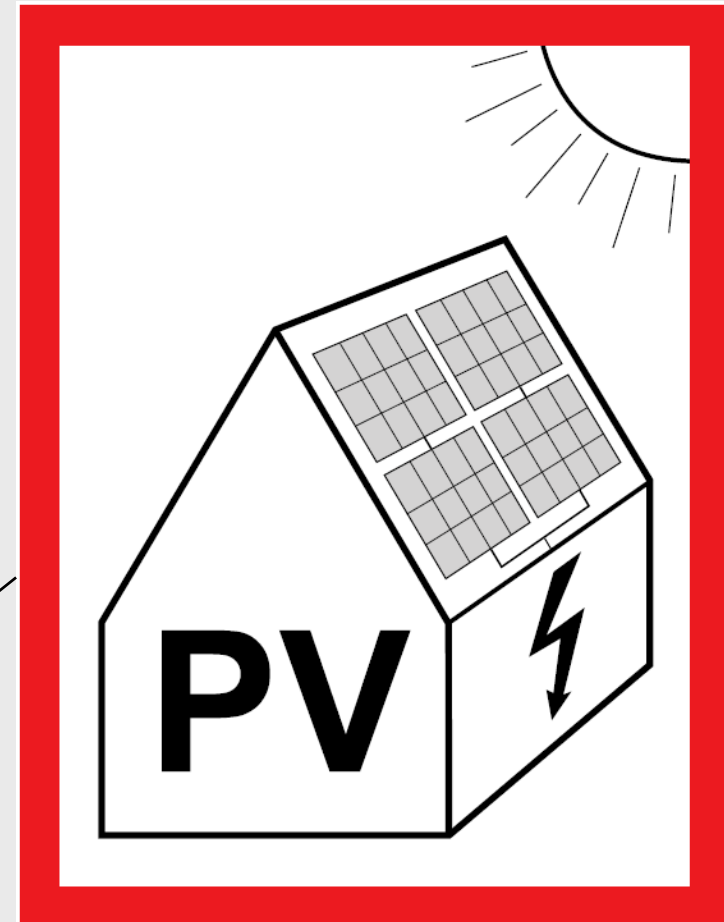
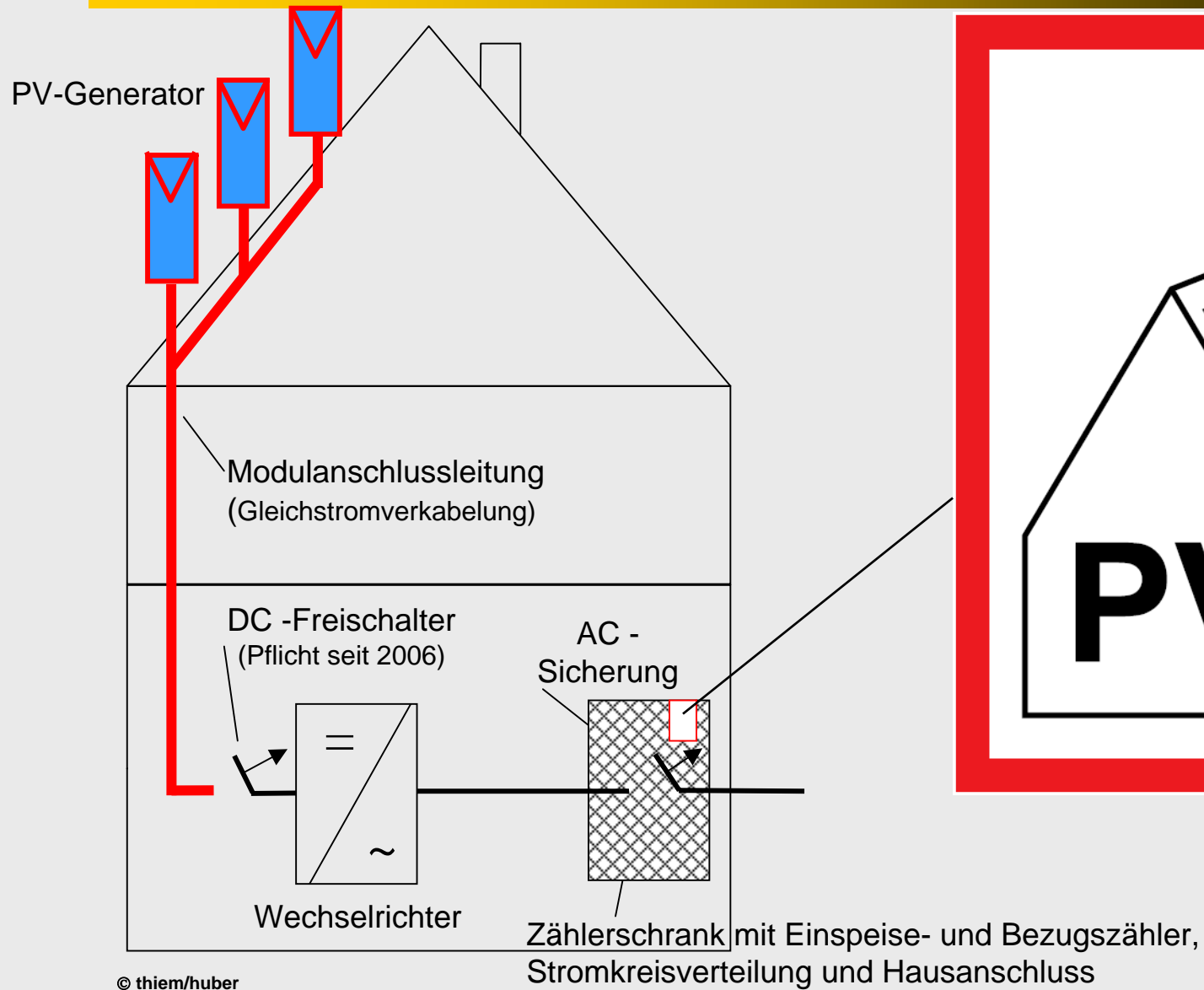
# Strahlrohrabstand (DIN 14365-CM)



Strahlrohr	Niederspannung(N)	Hochspannung (H)
DIN 14365-CM	$\leq$ AC 1,0 kV $\leq$ DC 1,5 kV	$>$ AC 1,0 kV $>$ DC 1,5 kV
Sprühstrahl	1 m	5 m
Vollstrahl	5 m	10 m
Kurzzeichen	N-1-5	H-5-10

Quelle: DIN VDE 0132 Brandbekämpfung an elektrischen Anlagen

# Hinweisschild



# Schalthandlungen, wer darf was?



## Wer darf Schalthandlungen durchführen?

	Schaltvorgänge an hausinstallations-typischen Geräten	Sonstige Schalthandlungen	Öffnen von Steckverbindungen	Spannungsfreiheit feststellen	PV-Anlage in sicheren Zustand bringen
Elektrofachkraft	X	X	X	X	X
Elektrotechnisch unterwiesene Person (DIN VDE 0105-100)	X			X	
Feuerwehreinsatzkraft	X				

# Einsatzvorbereitung 1

---



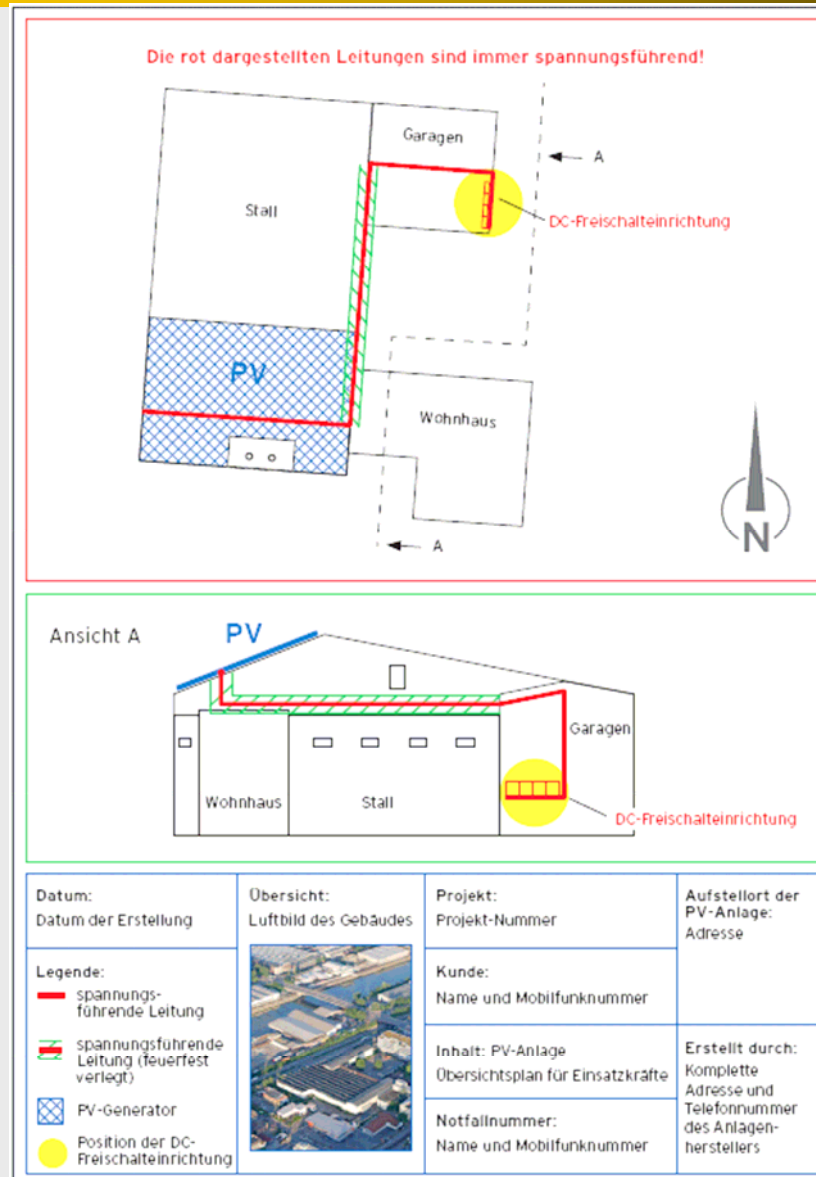
- Kenntnis über Vorhandensein von PV-Anlagen
  - aktuelle Datenversorgung zu bestehenden Anlagen für den Ausrückebereich im Einsatzleitrechner und Alarmschreiben
  - Hinweis „**Achtung PV-Anlage**“ (Tabellen der Netzbetreiber nützen)
- vorhandene Feuerwehrpläne überarbeiten/anpassen
- Übersichtspläne für Feuerwehr (Muster) und Anlagenpläne für Fachkräfte vor Ort vorhalten
- Informationsgewinnung durch Kontakt mit Errichtern und Betreibern; Rufnummernverzeichnis
- Gibt es geeignetes Elektrofachpersonal in den eigenen Reihen?

# Einsatzvorbereitung 2



- Schulung der Einsatzkräfte (Anlagenbesichtigung)
- Welche Ausrüstung für Einsätze an elektrischen Anlagen ist vorhanden?  
Ist diese für zu erwartende Aufgaben geeignet, z.B. Spannungsprüfer bis 1000 V DC? (Ggf. Überprüfung des vorhandenen Materials)
- Wie erkennt man PV-Anlagen?  
(Erkundung, Alarmschreiben, Hinweisschild)
- Kennzeichnungen beachten, sofern vorhanden
- Anschlusskabel an Versorgungsnetze sind Privateigentum  
(d.h. sie fallen nicht in die Zuständigkeit der Energieversorger)

# Übersichtsplan für die Feuerwehr



# Einsatzdurchführung



- Überblick über die Anlage verschaffen:
  - Ist die Anlage oder sind Teile der Anlage betroffen?
    - Welche Komponenten sind beschädigt?
    - Welche Schäden liegen vor? Lage der Komponenten?
    - Wo befinden sich die Module/Wechselrichter?
    - Wo erfolgt die Trennung vom Netz?
    - Wo sind die AC Sicherungen bzw. die DC Trennstelle?
    - Wie verlaufen die DC-Leitungen?
- Einsatzkräfte auf die erkannten Gefahren hinweisen
  - wechselseitige Kommunikation zwischen Führung - Mannschaft
- Gefährdungsbereiche absperren
  - DC Trennstelle betätigen; je nach Lage und Vorhandensein, spannungsführende Teile beachten; Abstand, ...
  - Einsatz von Löschmitteln gemäß DIN VDE 0132

# Beendigung des Einsatzes

---



- Die Einsatzstelle darf nur im gesicherten Zustand verlassen werden
- Bei Bedarf vor Verlassen die Spannungsfreiheit durch Fachfirma herstellen lassen
- Die Einsatzstelle an die zuständige Person (Betreiber oder beauftragte Person) übergeben
- PV-Anlagenteile sind auf Grund eines Brandereignisses wie Brandschutt zu behandeln;
- Recycling von beschädigten PV-Modulen können über das Rücknahmesystem PV-Cycle ([www.pvcycle.org](http://www.pvcycle.org)) erfragt werden

# Versuche zum Spannungsfreischalten im Einsatzfall

---



- Versuche der BF Hamburg  
Abdecken mit Folien  
Fazit:  
Ein Abdecken oder Abdunkeln der Module auf Dächern ist in der Regel nicht praktikabel bzw. zielführend, aber u.U. bei Freilandanlagen sinnvoll und möglich
- Versuche der BF München  
Abdecken mit Schaum

# Versuchsaufbau



- ein PV-Modul mit Markierungen
- Voltmeter
- Vorrichtung zum Einstellen verschiedener Anstellwinkel (5°, 30°, 60°)



# Versuchsverlauf

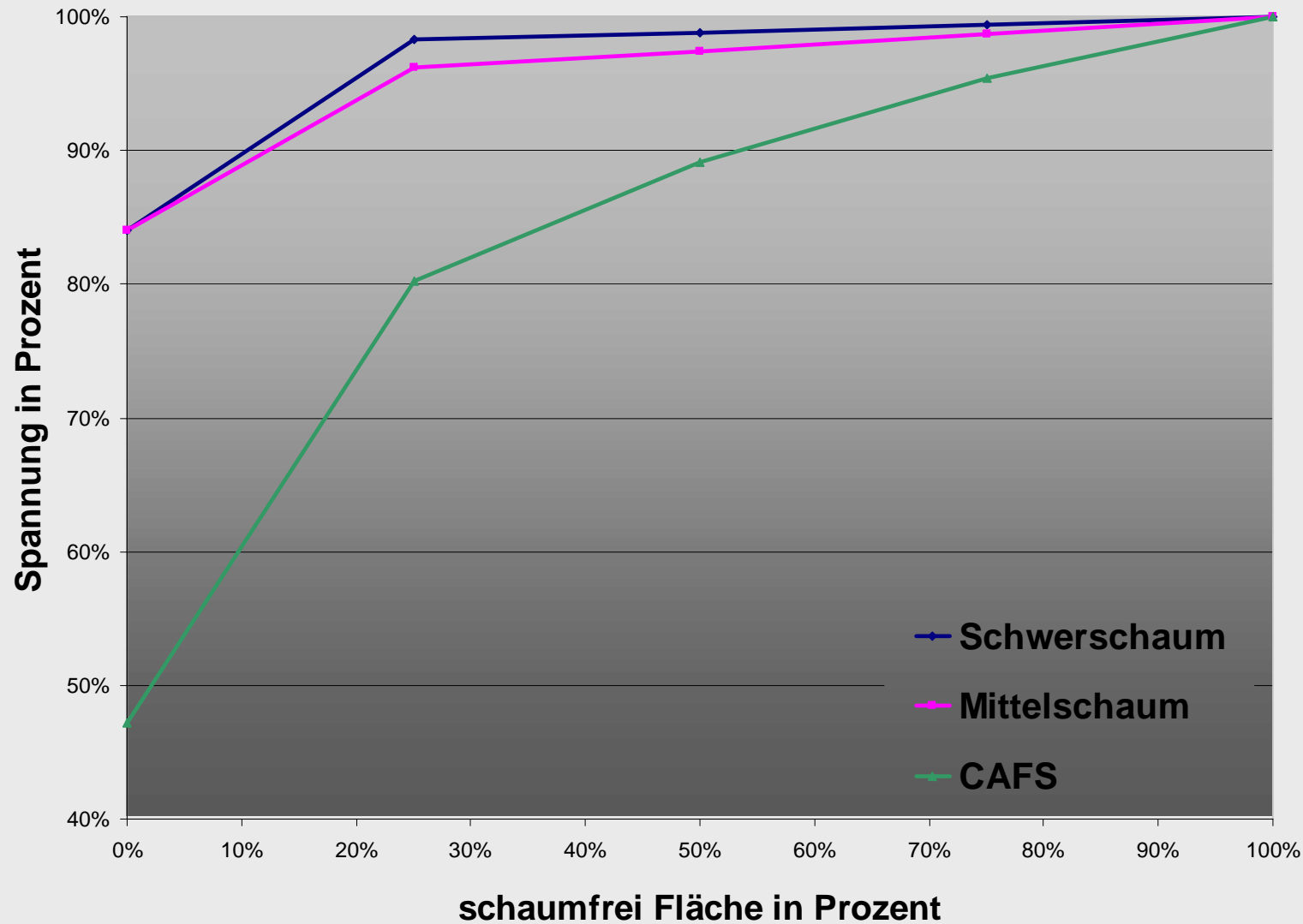
---



- Einschäumen der PV-Module mit
  - Schwerschaum (Mehrbereichschaum)
  - Mittelschaum (Mehrbereichschaum)
  - CAFS (Class A-Foam)
- Messen des Spannungsabfalls und der Dicke des Schaumteppichs

# Ergebnisse bei 60° Neigung

prozentuale Spannung über offener Fläche



# Zusammenfassung

---

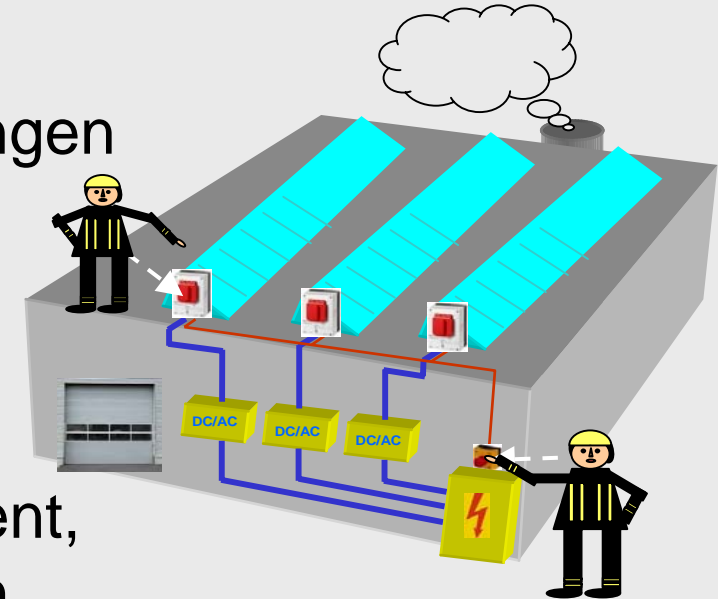


- Bestes Ergebnis:  
CAFS bei 60° Neigung
  - **Spannungsreduktion auf 47%**
- maximale Zeitdauer bis Spannung wieder 100% erreicht:
  - **max. 5 Minuten**
- Fazit:
  - als Möglichkeit zur „Freischaltung“ von PV-Anlagen **nicht geeignet**

# Sicherheit für Einsatzkräfte



- **Schutzziel:**  
Vermeidung von Berührungsspannungen größer 120 V DC im Einsatzfall
- **Lösungsmöglichkeiten:**  
Feuerwehrscharter, Sicherheitselement, Intelligente Module / Anschlussdosen, Sprühgel, sichere Leitungsverlegung
- Die Lösungen sind sich teilweise noch in der Entwicklung, Normung bzw. Markteinführung
- Wo wird welche Technik notwendig sein?



# Taschenkarte für die Feuerwehren



## Checkliste

## Handlungsempfehlungen Photovoltaikanlagen

Vorgehensweise im Schadensfall  
für stromerzeugende Solaranlagen

Unabhängig von den hier gegebenen Empfehlungen sind die üblichen Einsatzgrundsätze sowie die Gefahrenmatrix weiterhin maßgebend.

```

    graph TD
      Q1{PV-Anlage vorhanden?} -- Ja --> Q2{Anlagenbauteile unversehrt?}
      Q1 -- Nein --> Q2
      Q2 -- Ja --> A1[Keine Gefahr durch PV-Anlage]
      Q2 -- Nein --> Q3{Wechselstrom-Sicherungen ausschalten}
      Q3 --> Q4{Gleichstrom-Freischaltstelle vorhanden?}
      Q4 -- Ja --> Q5{Gleichstrom-Freischaltstelle zugänglich?}
      Q4 -- Nein --> A2[Leitungen und Bauteile der PV-Anlage führen bis zum Wechselrichter bei Lichteinfall ständig elektrische Spannung.]
      Q5 -- Ja --> Q6{Gleichstrom-Freischaltstelle ausschalten}
      Q5 -- Nein --> A3[Leitungen und Bauteile der PV-Anlage führen bis zum Wechselrichter bei Lichteinfall ständig elektrische Spannung.]
      Q6 --> A1
      
```

Keine Gefahr durch PV-Anlage

✔

Hinweis: Leitungen und Bauteile der PV-Anlage führen bei Lichteinfall ständig elektrische Spannung

Leitungen und Bauteile der PV-Anlage führen bis zur Gleichstrom-Freischaltstelle bei Lichteinfall ständig elektrische Spannung.

Besondere Vorsicht erforderlich: Sicherheitsabstand von 1m zu elektrischen Anlagenteilen einhalten und Löschabstände beachten.

Überflutete Bereiche: Abstand einhalten

Leitungen und Bauteile der PV-Anlage führen bis zum Wechselrichter bei Lichteinfall ständig elektrische Spannung.

Besondere Vorsicht erforderlich: Sicherheitsabstand von 1m zu elektrischen Anlagenteilen einhalten und Löschabstände beachten

Überflutete Bereiche: Abstand einhalten und PV-Anlage freischalten

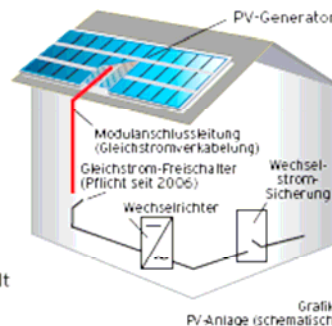


# Taschenkarte für die Feuerwehren

## Technische Hinweise

1. Erkundung der Einsatzstelle – Photovoltaik (PV)-Anlage vorhanden?  
Überblick verschaffen:
- Lage der Komponenten?
  - Anlagenbauteile unversehrt?
  - Einsatzkräfte auf erkannte Gefahren hinweisen, ggf. Bereiche absperren.

Grundsätzliche Annahme:  
Anlage führt bis zu 1.000 Volt Gleichspannung!  
Vorgehensweise analog wie bei 230/400 Volt Wechselspannungsanlagen.



Grafik: PV-Anlage (schematisch)

2. Einsatz - nach VDE 0132 vorgehen
- Abstand zu spannungsführenden Teilen: 1m.
  - Schalthandlungen nur am Gleichstrom-Freischalter und an Wechselstrom-Sicherungen durchführen, sonst besteht Lichtbogengefahr im Gleichstrom-Bereich (Bereich von Modulen bis Gleichstromfreischalter, siehe Grafik „PV-Anlage“).
  - Mindestabstände beim Löschangriff: 1 bzw. 5m (siehe Tabelle).
  - Elektrofachkraft hinzuziehen.
  - Überflutete Bereiche: Abstand einhalten und Elektrofachkraft hinzuziehen.

Mindestabstände beim Mehrzweckstrahlrohr

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

- Die farblich hinterlegten Strahlrohrabstände für den Niederspannungsbereich gelten für PV-Anlagen. Hinweis: Für andere Löschmittel als Wasser gelten andere Abstände (siehe DIN VDE 0132); Schauminsatz nur in spannungsfreien Anlagen!

3. Beendigung des Einsatzes
- Mögliche Gefahrenbereiche absperren.
  - PV-Anlage durch PV-Fachfirma in sicheren Zustand setzen und gegen Wiedereinschalten sichern, bzw. Beauftragten des Betreibers darauf hinweisen, dies zu tun.
  - Einsatzstelle an Betreiber übergeben.

4. Sonstige Gefahren
- **Toxische Gase:** Gefährdung wie bei anderen Hausbränden, Atemschutz einsetzen, Lüftungsanlagen ggf. abschalten, betroffene Bereiche räumen.
  - **Herabfallende Teile:** Trümmerschatten berücksichtigen, Gefahrenbereich absperren, erhöhte Dachlast beachten.
  - **Ausbreitung:** Brandgefahr durch Lichtbogen im Gleichstrom-Bereich – Bereich um Lichtbogen sichern; Kamineffekt bei Aufdachanlagen – mögliche Ausbreitung beobachten.

5. Wichtige Hinweise
- Sichere Spannungsfreiheit ist nur durch Freischalten des Gleichspannungskreises möglich.
  - Spannungsfreiheit muss messtechnisch festgestellt werden.
  - Abdecken oder Beschäumen der Module als Maßnahme zur Spannungsfreischaltung ist ungeeignet.
  - Module dürfen grundsätzlich nicht betreten werden.
  - Module und Leitungen nicht zerstören.
  - zerstörte Module als Brandschutz behandeln.

Wer darf welche Schalthandlungen durchführen?	Schaltvorgänge an hausinstallations-typischen Geräten	sonstige Schaltvorgänge	Öffnen von Steckverbindungen	Spannungsfreiheit feststellen	PV-Anlage in sicheren Zustand setzen
Elektrofachkraft	✓	✓	✓	✓	✓
Elektrisch unterwiesene Person nach DIN VDE 0105-100	✓			✓	
Feuerwehreinsetzungskraft	✓				

Diese Hinweise wurden 2010 von der Expertenkommission „Brandbekämpfung und technische Hilfeleistung“ im Rahmen des Projektes „PV Brandvorbeugung und -bekämpfung“ mit größter Sorgfalt erstellt. Eine Haftung für die inhaltliche Richtigkeit und Eignung der Hinweise im Einzelfall besteht gleichwohl nicht. Eine eigene sorgfältige Prüfung der im Falle eines konkreten Einsatzes zu beachtenden Umstände und Regelungen bleibt daher unverzichtbar.

# Information für die Feuerwehren

The cover of a brochure titled 'Einsatz an Photovoltaikanlagen'. The top section is red with the title in white. Below the title is a photograph of solar panels on a red-tiled roof. A yellow banner across the middle contains the text 'Informationen für Einsatzkräfte von Feuerwehren und technischen Hilfsdiensten'. The bottom section is white and contains several logos: BSW (Berufsbildungswerk), DGUV (Deutscher Gewerkschaftsbund), Landesfeuerwehrverband Niedersachsen, GDV (Gewerkschaft der Druck- und Medienberufe), and the logo of the Berufsfeuerwehr München.

**Einsatz an Photovoltaikanlagen**

Informationen für Einsatzkräfte von Feuerwehren und technischen Hilfsdiensten

DEUTSCHER FEUERWEHR VERBAND

BSW  
Berufsbildungswerk

DGUV

Landesfeuerwehrverband  
Niedersachsen

GDV  
Gewerkschaft der Druck- und Medienberufe

BERUFSFEUERWEHR MÜNCHEN

# Informationen



Präsentation: „Photovoltaikanlagen“  
Informationsschrift: „Einsatz an Photovoltaikanlagen“  
Taschenkarte: „Handlungsempfehlungen PV-Anlagen“

unter [www.feuerwehr.muenchen.de](http://www.feuerwehr.muenchen.de)  
im Bereich **Ausbildung / Download**

oder auf der Homepage: des Deutschen Feuerwehrverbandes,  
des Bundesverbandes Solarwirtschaft  
(beim BSW sind auch Druckversionen erhältlich)

sonstige Quellen:

DIN VDE 0132: zu beziehen beim Beuth Verlag Berlin

GUV-I 8677: [http://regelwerk.unfallkassen.de/regelwerk/data/regelwerk/inform/I\\_8677.pdf](http://regelwerk.unfallkassen.de/regelwerk/data/regelwerk/inform/I_8677.pdf)

Hinweis: Die Autoren übernehmen keine Haftung für die inhaltliche Richtigkeit der der Präsentation. Die dargestellten Erkenntnisse müssen vor einer Anwendung im Einsatzfall individuell überprüft werden.