



Landeshauptstadt
München
Kreisverwaltungsreferat

Hauptabteilung IV, Branddirektion
Einsatzvorbereitung



Photovoltaik

Informationen für Einsatzkräfte

Horst Thiem
Brandamtsrat
BF München

Erstellt von

Dipl.-Ing. Josef Huber
Brandrat
SFS Geretsried

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

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

DIN VDE 0132

„Brandbekämpfung und technische Hilfeleistung an elektrischen Anlagen“

GUV-I 8677

„Elektrische Gefahren an der Einsatzstelle“

Begriffserklärung: AC = Wechselspannung, DC = Gleichspannung

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%)

Inselanlagen



Sind nicht mit dem öffentlichen Stromnetz verbunden !

Entwicklung der letzten Jahre

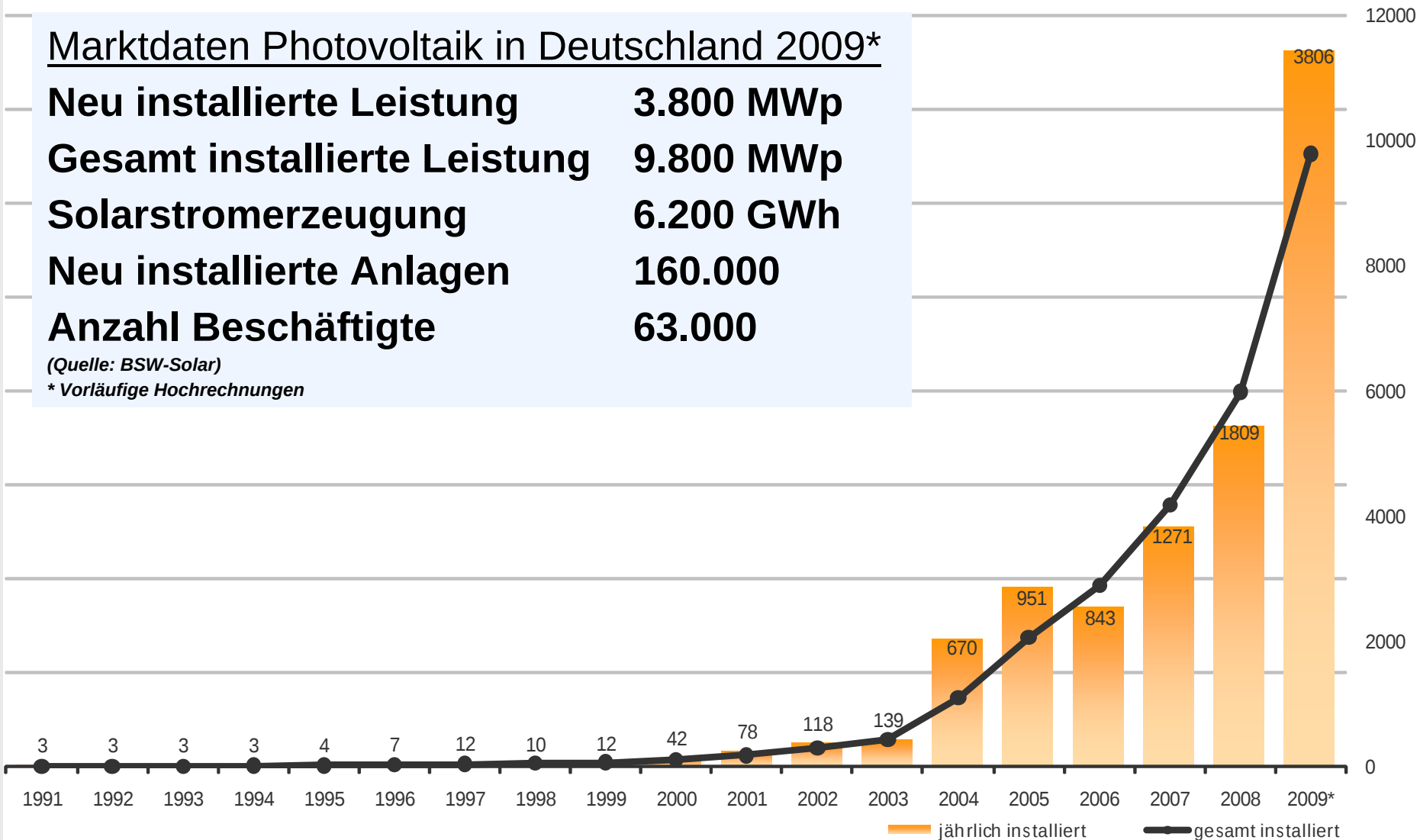


Marktdaten Photovoltaik in Deutschland 2009*

Neu installierte Leistung	3.800 MWp
Gesamt installierte Leistung	9.800 MWp
Solarstromerzeugung	6.200 GWh
Neu installierte Anlagen	160.000
Anzahl Beschäftigte	63.000

(Quelle: BSW-Solar)

* Vorläufige Hochrechnungen



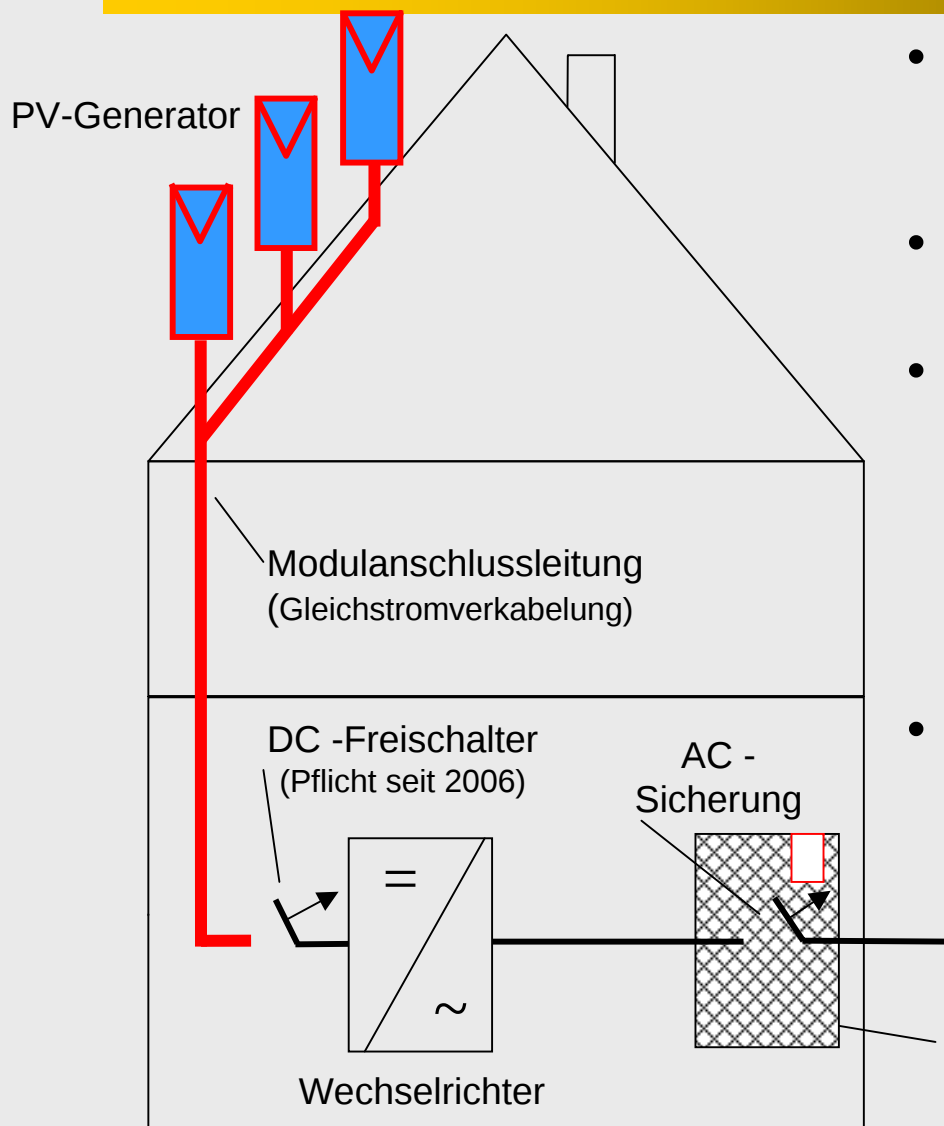
Elemente einer PV-Anlage

- Module
 - Energieerzeugung durch einfallendes Licht
- Gleichstromleitungen
 - einadrig, doppelt isoliert (rt, sw, bl)
- Generatoranschlusskästen
 - zusammenführen mehrerer Leitungen
- Wechselrichter mit DC-Freischalter
 - Steuerung und Überwachung der Anlage
 - Einspeisung der elektrischen Energie über den Einspeisezähler in das Stromnetz

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
- Wirkungsgrad:
 - ca. 11-18% des eingestrahlten Sonnenlichts
- Klassifizierung nach DIN 4102, DIN EN 13501 :
 - einige Module sind in Baustoffklasse B2 eingeteilt
 - teilweise als harte Bedachung eingestuft

Aufbau einer PV-Anlage/Netzanschluss

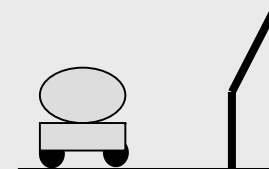
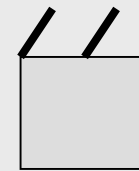
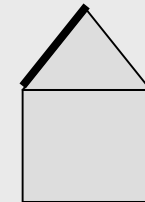
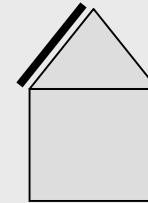


- Spannung auf der DC Seite:
derzeit bis **1000 Volt**;
 - Strom: mehrere Ampere
 - Leistung:
im Kilowattbereich EFH bis 10 kW,
Gewerbe mehrere 100 kW
oder Megawattbereich (MW)
Kraftwerke (= Freiflächenanlage)
 - Nach VDE 0100 Teil 410 ist die
Berührungsspannung bei
Gleichspannung mit mehr als **120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

Montagearten



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



Gefahrenschema Feuerwehr



Welche Gefahren sind erkannt?

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

Welche Gefahren müssen bekämpft werden?

Menschen	X		X					X	X

Gefahren für die Feuerwehreinsatzkräfte



Beim Brandeinsatz:

- Gefahr durch Atemgifte
- Gefahr durch herabfallende Teile
- Gefahr der Ausbreitung

Beim Brandeinsatz und Wasserschaden:

- Gefahr durch elektrischen Schlag

Gefahren durch Atemgifte



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

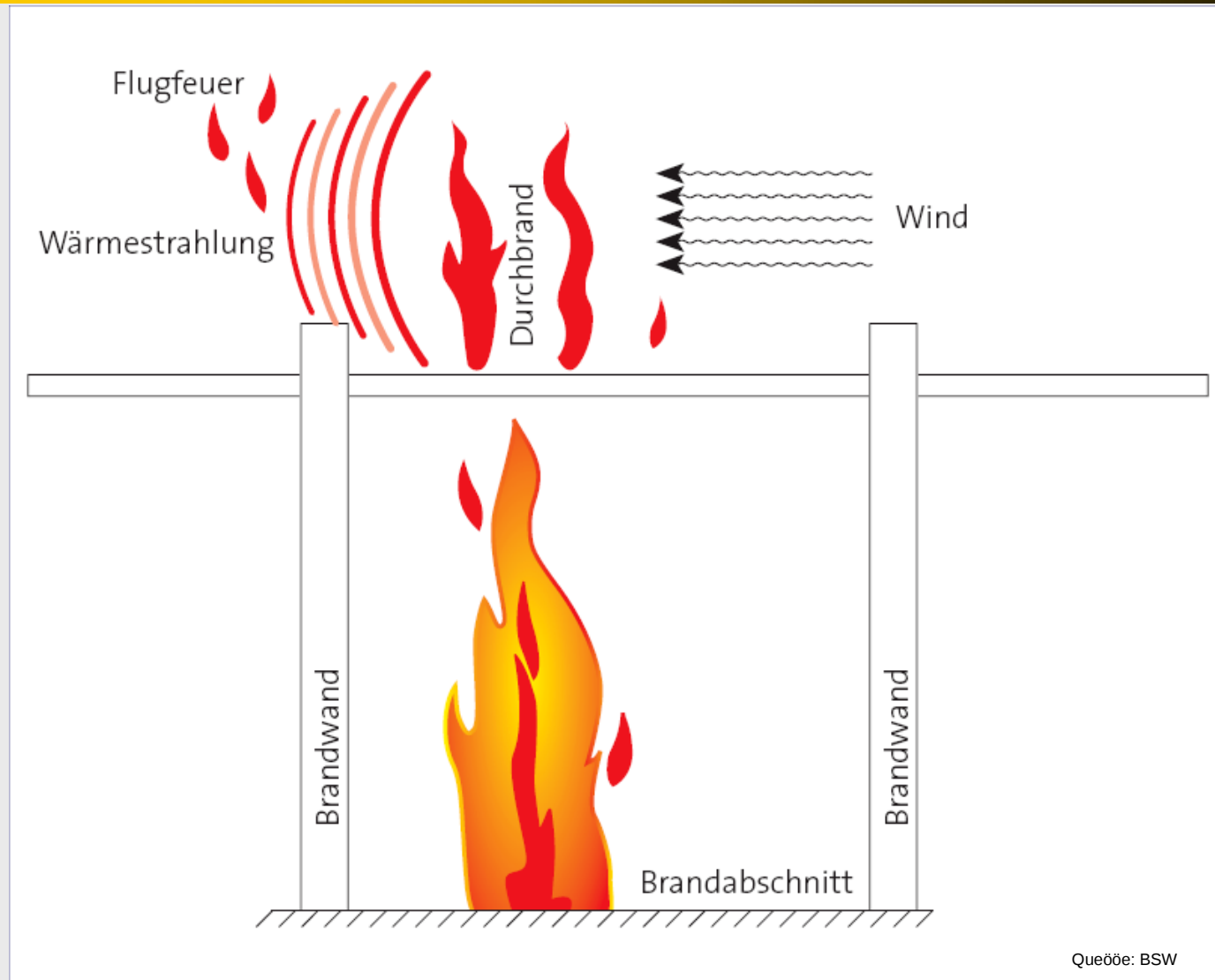
Gefahr durch herabfallende Teile

- Gefahren:
 - Herabfallen von Teilen wie bei einem Gebäudebrand
 - Verbundglas kann durch Erhitzen und / oder durch auftreffendes Löschwasser bersten und in Teilen herumfliegen
 - Erfahrungen und Versuche zeigen, dass Teile der Module 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

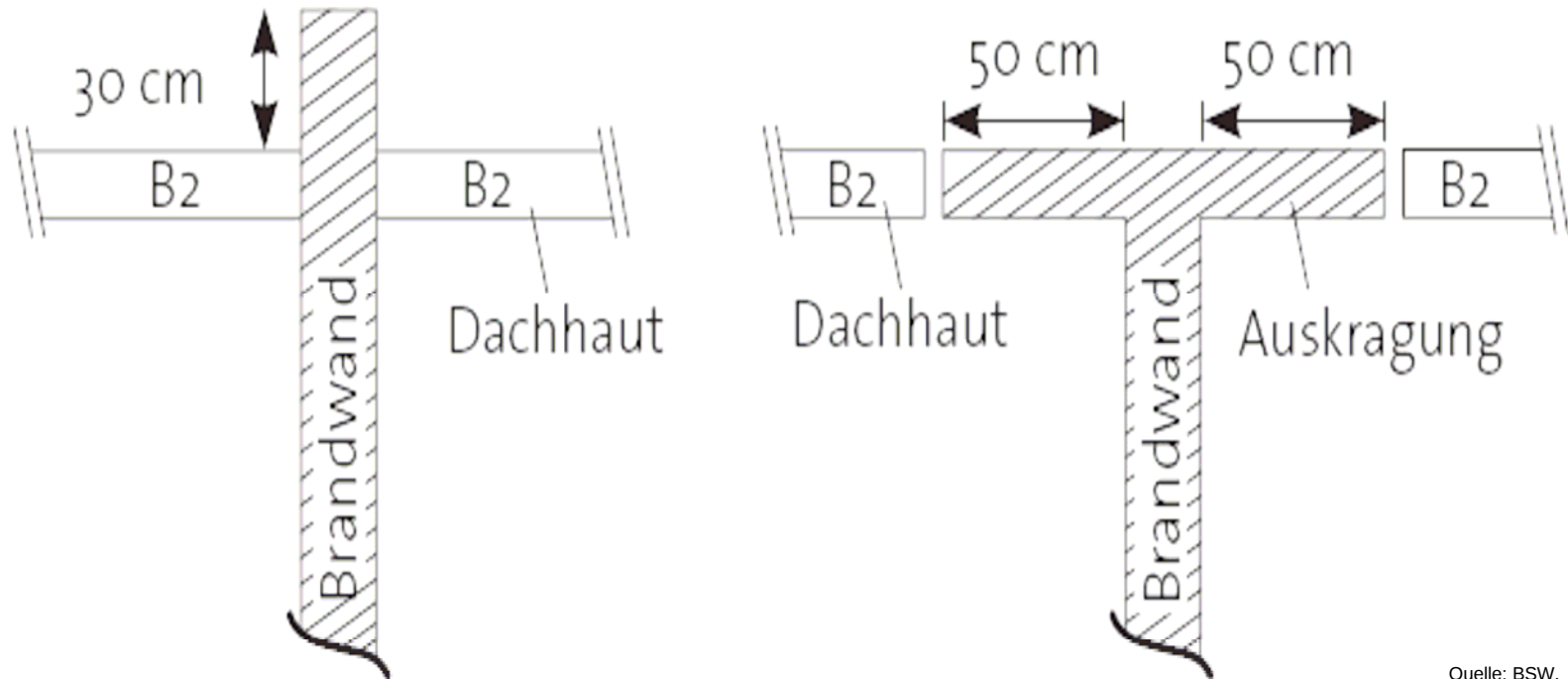
Gefahr der Ausbreitung

- 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 überbaut werden
 - Brandgefahr durch Lichtbogen bei beschädigten Anlagen
- Schutzmaßnahmen:
 - Bauvorschriften beachten; Brandabschnitte; Flucht- und Rettungswege freihalten
 - Mögliche Brandausbreitung beobachten z.B. Wärmebildkamera
 - Möglichen Lichtbogen sichern und Fachkraft hinzuziehen

Aufgabe der Brandwand



Ausführung einer Brandwand



Quelle: BSW.

Geschlossene Dachfläche



Bauliche Lösung



Gefahr durch elektrischen Schlag

- 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)
- Mond- und Kunstlicht stellen nach Stand der Untersuchungen keine Gefahr gefährlicher Spannungen/Ströme dar
*Quelle: Untersuchung der „Berner Fachhochschule (BFH), in Burgdorf (www.pvtest.ch), dort zu finden unter „Publikationen“ lfd. Nr.147 und 149.
Untersuchung der „transenergie“ (www.transenergie.fr)*

Schutz gegen elektrischen Schlag

- Verhalten gemäß DIN VDE 0132 und GUV-I 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 elektrischer Leiter mit unbekannter Spannung!
- Trennung der Module und Leitungen nur durch **Elektrofachpersonal!** Es besteht **Lichtbogengefahr!**
- Modulflächen nicht betreten
- Gefahren durch Wasser an beschädigten Anlagen beachten
- Anwendung von Löschmitteln gemäß DIN VDE 0132

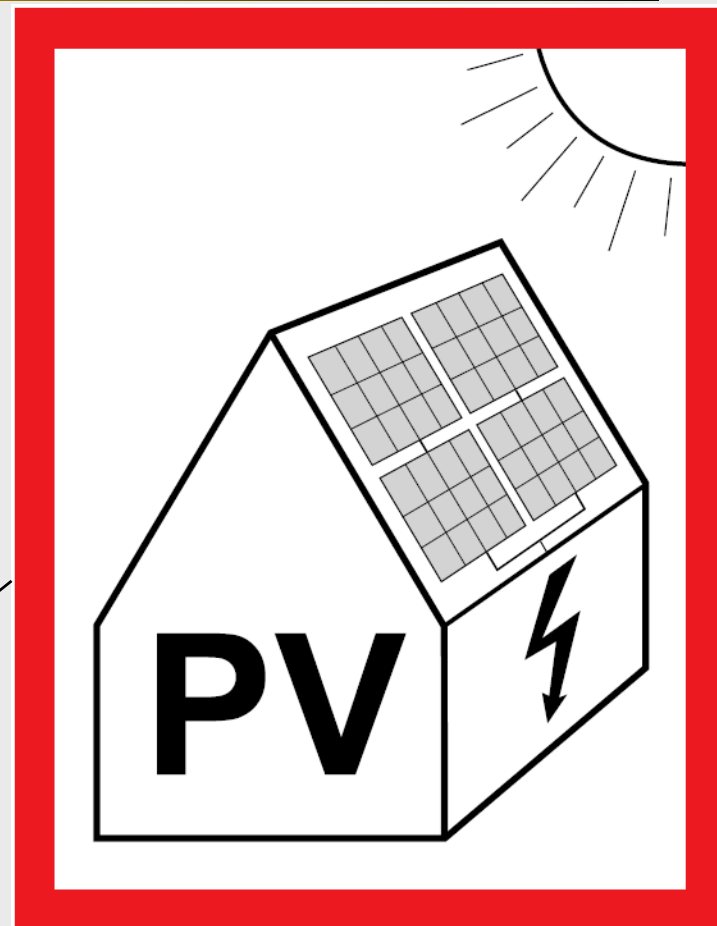
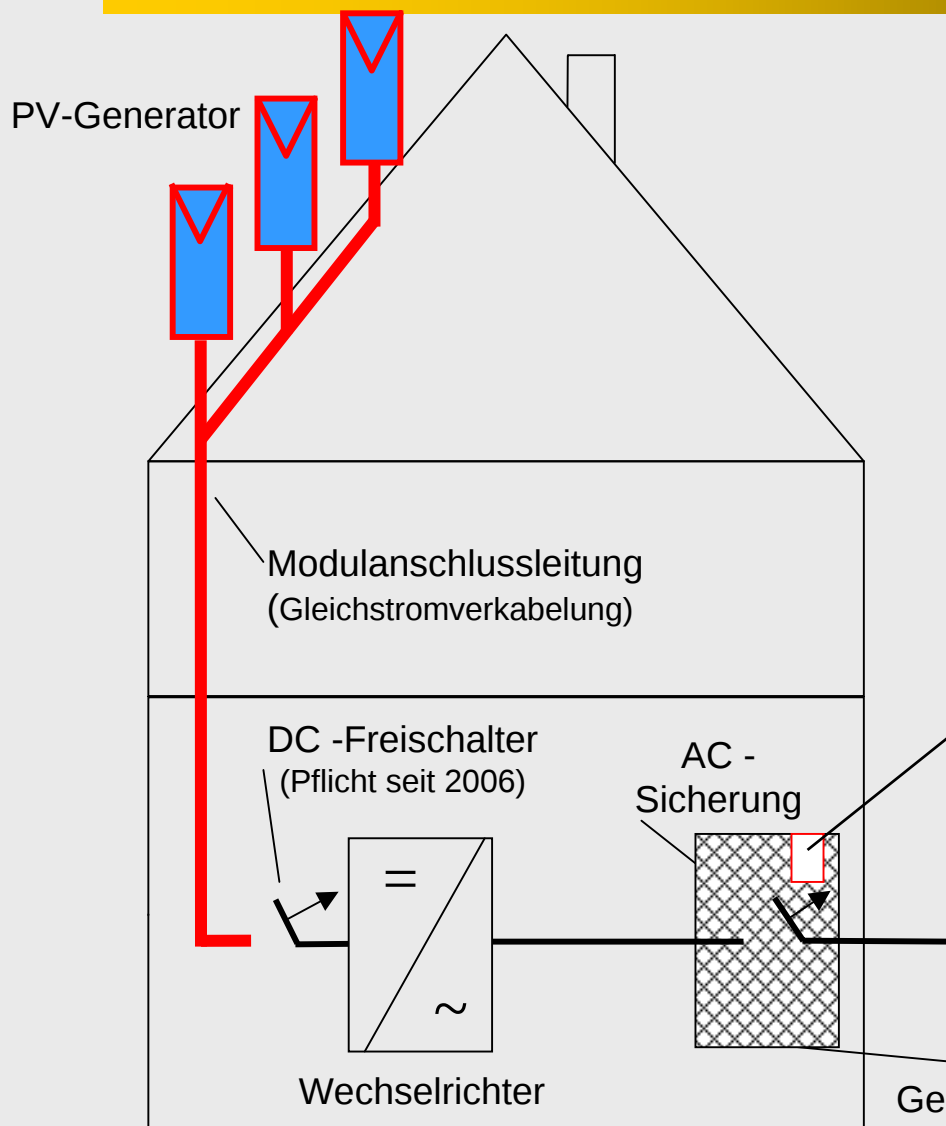
Strahlrohrabstand (DIN 14365-CM)



Strahlrohr	Niederspannung(N)	Hochspannung (H)
DIN 14365-CM	$\leq AC 1,0 kV$	$> AC 1,0 kV$
	$\leq DC 1,5 kV$	$> DC 1,5 kV$
Sprühstrahl	1m	5m
Vollstrahl	5m	10m
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					
Elektrotechnisch unterwiesene Person (DIN VDE 0105-100)					
Feuerwehreinsatzkraft	X				

Einsatzvorbereitung 1



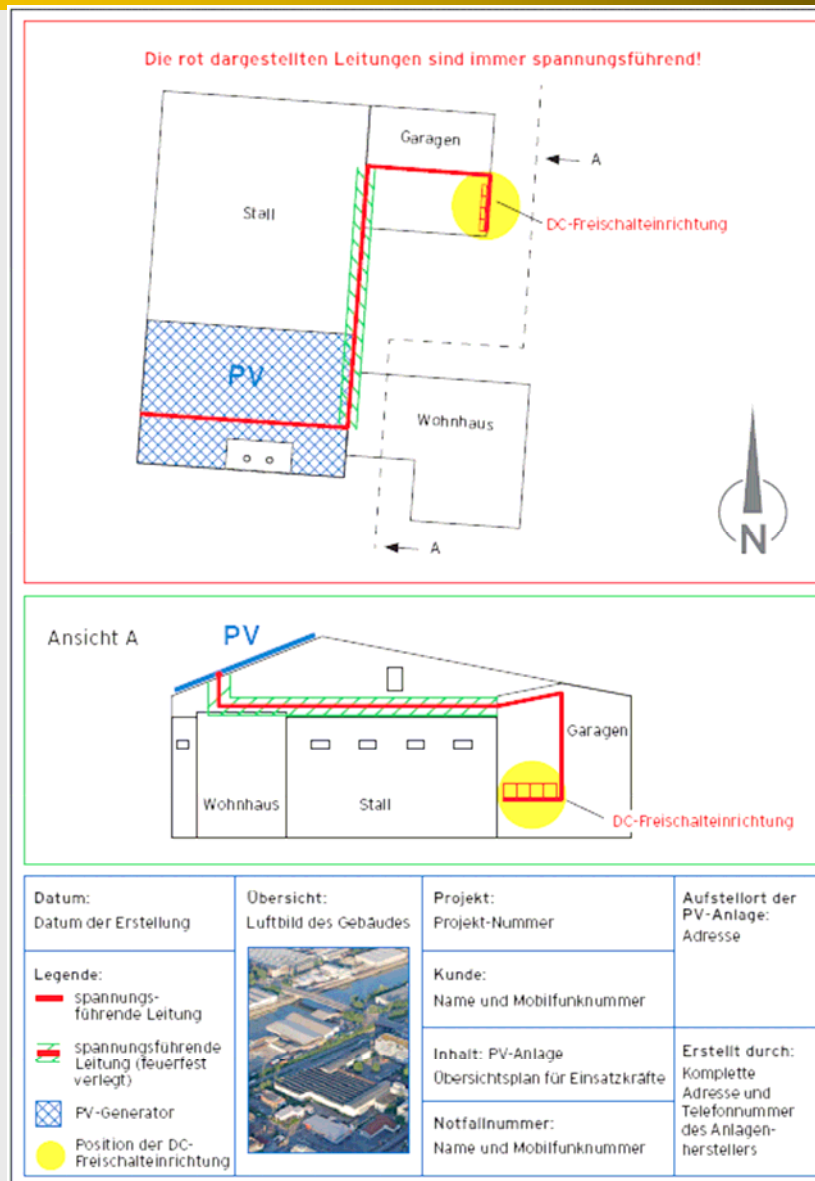
- Kenntnis über Vorhandensein von PV-Anlagen
 - aktuelle Datenversorgung zu bestehenden Anlagen für den Ausrückebereich im Einsatzleitrechner und Alarmschreiben
 - Hinweis „**Achtung PV-Anlage**“ (Tabellen der Netzbetreiber nützen)
- Wie erkennt man PV-Anlagen?
(Alarmschreiben, Erkundung vor Ort, Kennzeichnungen beachten)
- Kontakt mit Errichtern und Betreibern; Rufnummern
- Schulung der Einsatzkräfte (z. B. Anlagenbesichtigung)
Gibt es Elektrofachpersonal in den eigenen Reihen?

Einsatzvorbereitung 2



- Welche Ausrüstung für Einsätze an elektrischen Anlagen ist vorhanden?
Ist diese für zu erwartende Aufgaben geeignet?
- Anschlusskabel an Versorgungsnetze sind Privateigentum (d.h. sie fallen nicht in die Zuständigkeit der Energieversorger)
- vorhandene Feuerwehrpläne überarbeiten/anpassen
- Übersichtspläne helfen der Feuerwehr (Muster) und Anlagenpläne den Fachkräften

Übersichtsplan für die Feuerwehr



- Überblick über die Anlage verschaffen:
 - Ist die Anlage oder sind Teile der Anlage betroffen?
Welche Komponenten sind beschädigt - Schäden liegen vor?
Wo befinden sich die Module/Leitungen/Wechselrichter?
Wo sind die AC Sicherungen bzw. ist die DC Trennstelle?
- 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, ...
 - Anwendung von Löschmitteln gemäß DIN VDE 0132

Beendigung des Einsatzes

- Die Einsatzstelle nur im gesicherten Zustand verlassen
- 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) erfragt werden

Versuche zum Spannungsfreischalten im Einsatzfall



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

- Versuchsaufbau:
 - ein PV-Modul mit Markierungen
 - Voltmeter
 - Vorrichtung zum Einstellen verschiedener Winkel



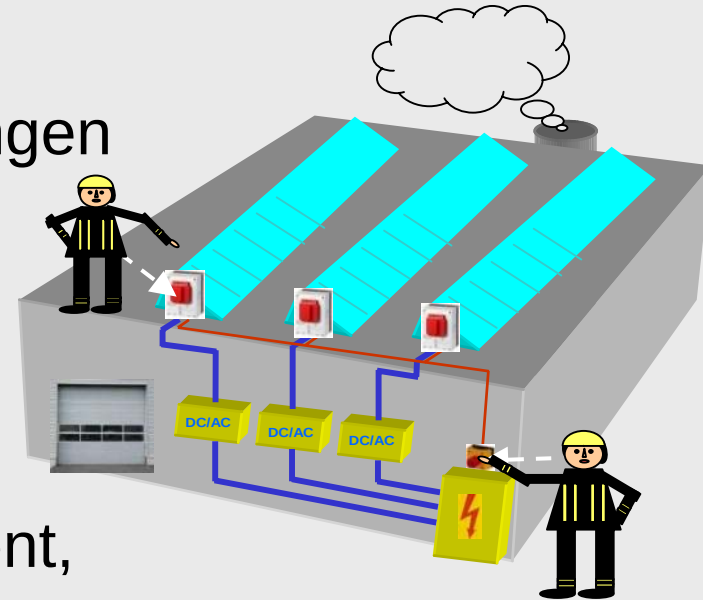
Beschäumung und Zusammenfassung

- Einschäumen der PV-Module mit
 - Schwerschaum, Mittelschaum, CAFS
- Messen des Spannungsverlaufs
- Bestes Ergebnis mit CAFS:
 - **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:**
sichere Leitungsverlegung, Sprühgel, Feuerwehrscharter, Sicherheitselement, Intelligente Module / Anschlussdosen
- **Realisierung:**
Die Lösungen sind teilweise noch in der Entwicklung, Normung bzw. Markteinführung
Wo wird welche Technik notwendig sein?



Forschungsprojekt

„Bewertung des Brandrisikos und Erstellung von Sicherheitskonzepten zur Risikominimierung“

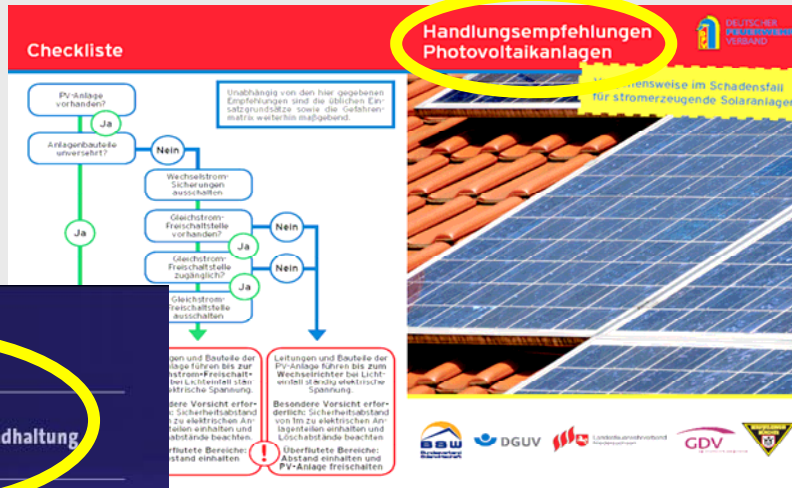
- Projektziel:
Optimierung der Sicherheit in Bezug auf das Lichtbogenrisiko und allgemeine Brandgefahren
- Homepage:
Hier haben Sie die Möglichkeit das Forschungsprojekt durch Ihre Mitarbeit zu unterstützen und Schadenfälle per Onlinefragebogen in die Datenbank einzugeben.

www.pv-brandsicherheit.de



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

Taschenkarte und Informationen



Handlungsempfehlungen Photovoltaikanlagen



Einsatz an Photovoltaikanlagen

Informationen für Einsatzkräfte von Feuerwehren und technischen Hilfsdiensten

3. Beendigung des Einsatzes

- Mögliche Gefahrenbereiche absperren.
- PV-Anlage durch PV-Fachfirma in sicheren Zustand setzen. Wiederinbetriebnahme sichern, bzw. Bauarbeiten des Betreibers, dies zu tun.
- Einsatzkräfte an Betreiber übergeben.

4. Sonstige Gefahren

- Toxische Gase: Gefährdung wie bei anderen Hausbränden. Atemschutz einsetzen, Lüftungsanlagen ggf. abschalten, betroffene Bereiche räumen.
- Herabfallende Teile: Trimmer schneiden, berücksichtigen, Gefahrenbereich absperren, erhöhte Dachlast beachten.
- Ausbreitung: Brandgefahr durch Lichtbogen im Gleichstrom-Bereich = Bereich um Lichtbogen sichern, Herabfall = mögliche Ausbreitung beachten.

5. Wichtige Hinweise

- Sichere Spannungsfreiheit ist nur durch Freischalten Gleichspannungskreis möglich.
- Spannungsfreiheit muss zweifelsfrei festgestellt werden.
- Abdecken oder Beschützen der Module als Maßnahme.
- Spannungsfreiheit ist ungewiss.
- Module dürfen grundsätzlich nicht betreten werden.
- Module und Leitungen nicht zerstören.
- zerstörte Module als Brandschutz behandeln.

Wer darf welche Schalt-Handlungen durchführen?

	Stromerzeugung	Stromverteilung	Stromverbrauch	Stromerzeugung
Elektronenkraft	✓	✓	✓	✓
Elektrisch unterwiesene Person nach DIN VDE 0105-100	✓	✓	✓	✓
Feuerwehrkraft	✓	✓	✓	✓

Diese Hinweise wurden 2011 von der Expertenkommission „Brandbekämpfung und PV-Anlagen“ der Berufsfeuerwehren und des Deutschen Feuerwehrverbandes erarbeitet. Sie ersetzen nicht die Ausbildung der Einsatzkräfte. Die Verantwortung für die Sicherheit der Einsatzkräfte liegt bei der Einsatzleitung.

Einsatz an Photovoltaikanlagen

Informationen für Einsatzkräfte von Feuerwehren und technischen Hilfsdiensten



Brandschutzgerechte Planung, Errichtung und Instandhaltung von PV-Anlagen



1. Erkundung der Einsatzstelle - Photovoltaik (PV)-Anlage vorhanden?

Überblick verschaffen:

- Lage der Komponenten?
- Anlagenbauteile unversehrt?
- Einsatzkräfte auf erkennbare Gefahren hinweisen, ggf. Bereiche absperren.

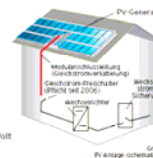
2. Einsatz - nach VDE 0132 vorgehen

- Abstand zu spannungsföhrenden Teilen: Im Bereich der Komponenten, sonst besteht Lichtbogengefahr im Gleichstrom-Bereich von Modulen bis Gleichstromfreischalter, siehe Grafik „PV-Anlage“.
- Mindestabstände beim Lichtbogen: 1 bzw. 5m (siehe Tabelle).
- Elektronenkraft hinzuziehen.
- Überföhrte Bereiche: Abstand einhalten und Elektrofachkraft hinzuziehen.

Mindestabstände beim Mehrzweckstrahlrohr

	Niederspannung (N) Wechselspannung bis 1kV oder Gleichspannung bis 15kV (z.B. AC 1kV oder s. DC 15 kV)	Hochspannung (H) Wechselspannung über 1kV oder Gleichspannung über 15 kV (z.B. AC 1kV oder s. DC 15 kV)
Strahlrohr DIN 14365-CM	5m	5m
Sprührohr	5m	5m
Vorstrahl	5m	10m

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



Informationen



Präsentation: „Photovoltaikanlagen“
Informationsschrift: „Einsatz an Photovoltaikanlagen“
„Planung, Errichtung, Instandhaltung ...“
Taschenkarte: „Handlungsempfehlungen PV-Anlagen“

unter **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

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.