



Landeshauptstadt  
München  
**Kreisverwaltungsreferat**

Hauptabteilung IV

Branddirektion

Abteilung Aus- und Fortbildung



# Gefahr durch die Sonne?

Photovoltaikanlagen und  
deren Gefahren für Einsatzkräfte

Horst Thiem  
Brandamtsrat  
BF München

Erstellt von

Dipl.-Ing. Josef Huber  
Brandrat.  
BF München

# Übersicht

---



- Geschichte und Allgemeines zu Photovoltaikanlagen
- Komponenten und Aufbau der Anlagen
- Probleme und Gefahren für Einsatzkräfte
- Informationen für Einsatzkräfte und Kennzeichnung von Anlagen
- Beschäumungsversuch der BF München
- Ziele und Wünsche für die Sicherheit der Feuerwehr
- Vorgehensweise beim Einsatz (Info-Blatt)

# Geschichte der Photovoltaik

---

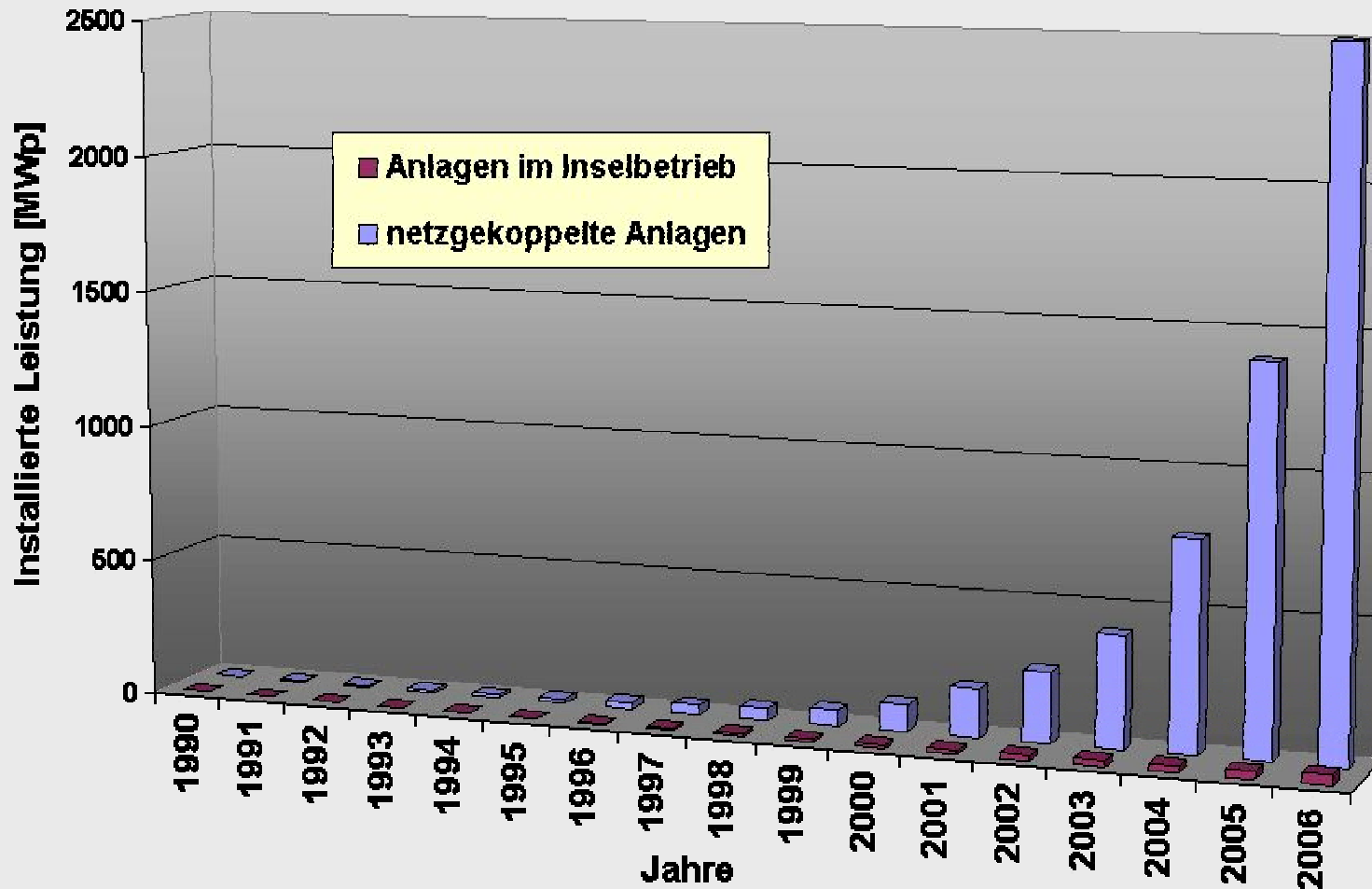


- Photovoltaik ist die direkte Umwandlung von **Strahlungsenergie** (kurzwelligem Licht) in **elektrische Energie** und ist seit 1958, zunächst in Satelliten, im Einsatz
- Der **photoelektrische Effekt** wurde bereits **1839** von Alexandre Becquerel entdeckt
- Beginn der Entwicklung durch Nachfragen aus der **Raumfahrt** in den 60er und 70er Jahren
- Nachweis durch **Einstein 1905**, wofür er den **Nobelpreis 1921** erhielt

# Entwicklung der letzten Jahre



## PV-Anlagen in Deutschland



# Unterschied PV- und Solaranlage



- **Solaranlage:**  
**Warmwassergewinnung**

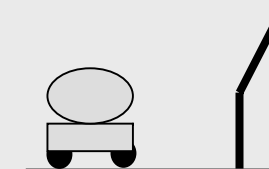
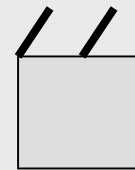
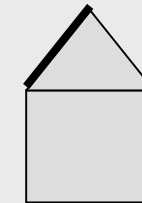
- **PV-Anlage:**  
**Erzeugung von  
elektrischer Energie**

- netzgekoppelte PV-Anlagen  
(direkte Einspeisung des  
erzeugten Stromes in die  
Netze der Stromversorger)
- netzferne PV-Anlagen  
(Inselbetrieb). Sie arbeiten  
mit Akkumulatoren und  
werden in abgelegenen  
Gebieten eingesetzt

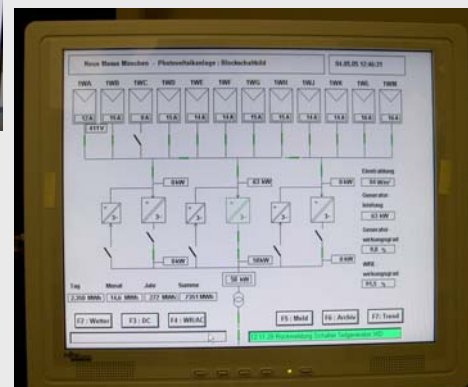
# Montagearten



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



# Komponenten einer PV-Anlage



- Module
- Wechselrichter
- Netzanschluss
- Betriebsüberwachung

# Aufbau der Module



- Bestandteile der PV-Module:
  - Glas, Silizium, Kupfer-Indium-Diselenid (CIS), Cadmium-Tellurid (Cd-Te), Metalle, Gießharz, Ethylen, Vinyl Acetat, Silikon, versch. Kunststoffe, Folienverbünde, Metallrahmen zur Stabilität und zum Schutz der Glaskanten
- Wirkungsgrad:
  - Ertrag: 11-18% des eingestrahnten Sonnenlichts
- Klassifizierung nach DIN 4102, DIN EN 13501 :
  - ältere Modelle nicht geprüft; neuere Module sind in Baustoffklasse B2 eingeteilt (z.B. Shell Powermax, ...)
  - teilweise als harte Bedachung eingestuft



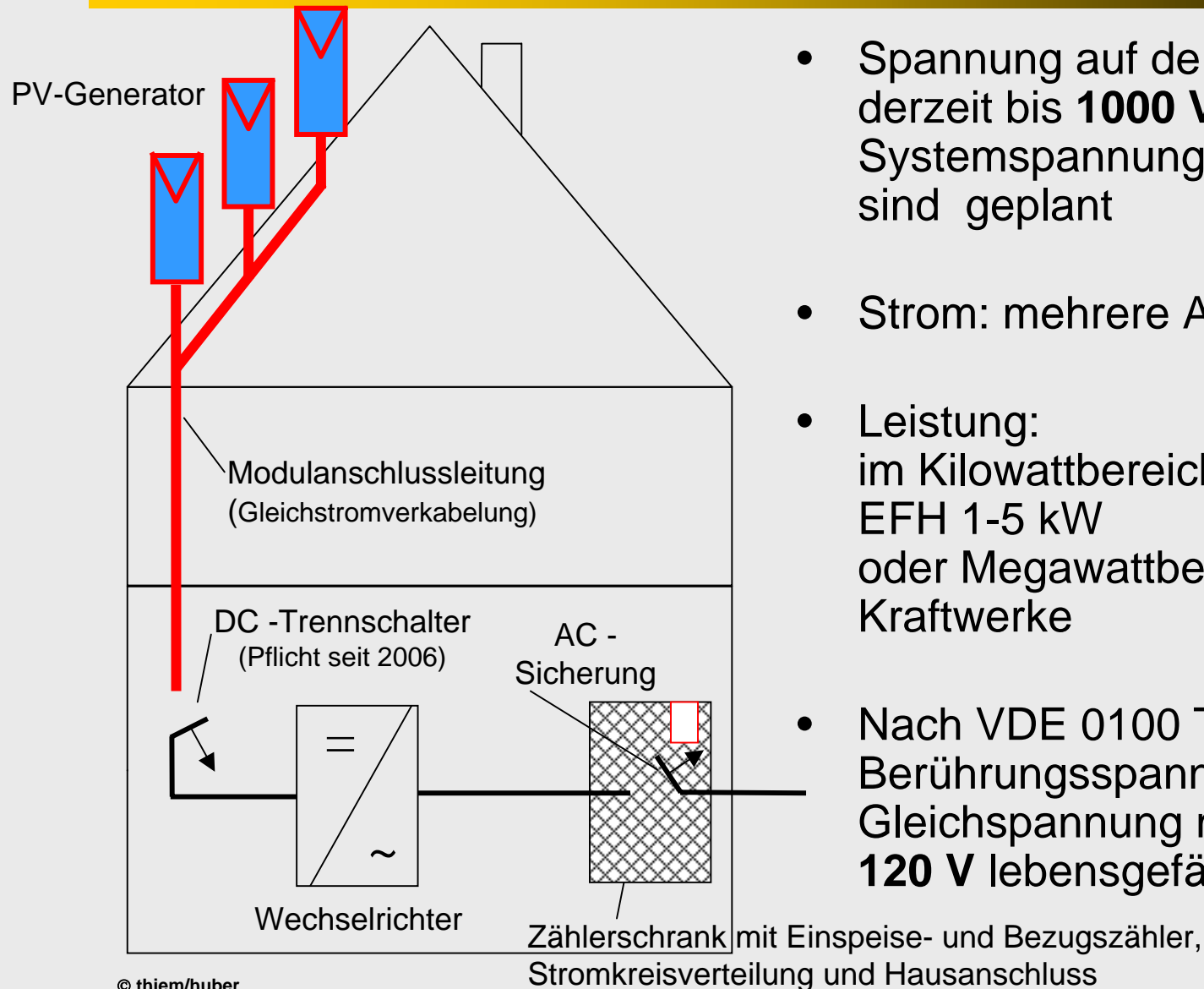
# Aufgaben eines Wechselrichters

---



- 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)

# 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 1-5 kW  
oder Megawattbereich (MW)  
Kraftwerke
- Nach VDE 0100 Teil 410 ist die  
Berührungsspannung bei (DC)  
Gleichspannung mit mehr als  
**120 V** lebensgefährlich

# Gefahren für die Feuerwehreinsatzkräfte



## Beim Brandeinsatz:

- Gefahr durch toxische Gase
- Gefahr durch herabfallende Teile
- Brandausbreitung unterhalb der PV-Anlage

## Beim Brandeinsatz und Wasserschaden:

- Gefahr durch elektrischen Schlag

# Gefahren durch toxische Gase

---



- Gefahren durch toxische Gase:
  - größtenteils Verbrennungsprodukte, wie bei einem Zimmerbrand
  - Gefährdungspotenzial wie bei Hausbränden
  - Ausbreitung über Lüftungsanlagen
- Maßnahmen
  - Umluftunabhängigen Atemschutz einsetzen
  - Lüftungsanlagen abschalten
  - Betroffene Bereiche räumen

# Gefahr durch herabfallende Teile

---



- Gefahren:
  - keine Angaben über die Feuerwiderstandsdauer
  - keine Aussage über die daraus resultierende Gefährdung
  - Verbundglas kann durch Erhitzen bersten und Splitter meterweit fliegen
  - bisher kein Absturz ganzer Modulflächen, jedoch Abrutschen von geklemmten Modulen möglich
  - ansonsten, wie bei einem Gebäudebrand
- Maßnahmen
  - erhöhte Dachlast beachten
  - Trümmerschatten berücksichtigen
  - Gefahrenbereich absperren

# Brandausbreitung unter der PV-Anlage

---



- Brandweiterleitung unterhalb der PV-Anlage
  - Brandausbreitung durch brennbare Materialien in den Modulen
- Unzugänglichkeit zur Brandstelle
  - Die Brandstelle ist durch den Überbau von Modulen nicht zugänglich
  - Kaminwirkung unter der Modulfläche
  - Dachintegrierte Systeme
  - Fassadensysteme

# Gefahr durch elektrischen Schlag



- Gefahren:
  - Leitungen vom Modul zum Wechselrichter lassen sich nie komplett stromlos schalten
  - durch hohe Gleichspannung Gefahr eines Lichtbogens (Brandausbreitung, -entstehung)
  - Gefährdung durch herabhängende, unisolierte Kabel (Spannungen >120 V)
  - Neuanlagen mit Erdpotential
- Maßnahmen:
  - Die Zerstörung des PV-Moduls beseitigt die Gefahr nicht; frei liegende elektrische Leiter mit unbekannter Spannung!
  - Anlage „Lastfrei“ schalten (DC-Trennschalter, AC-Sicherungen)
  - Trennung der Module nur durch Elektrofachpersonal !!  
**Keine Anschlusskästen öffnen !! Lichtbogengefahr !!**
  - Sicherheitsabstände beim Löschangriff nach VDE 0132 einhalten (Niederspannung: 1m / 5m; Hochspannung: 5m / 10m)

# 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: VDE 0132 Brandbekämpfung an elektrischen Anlagen

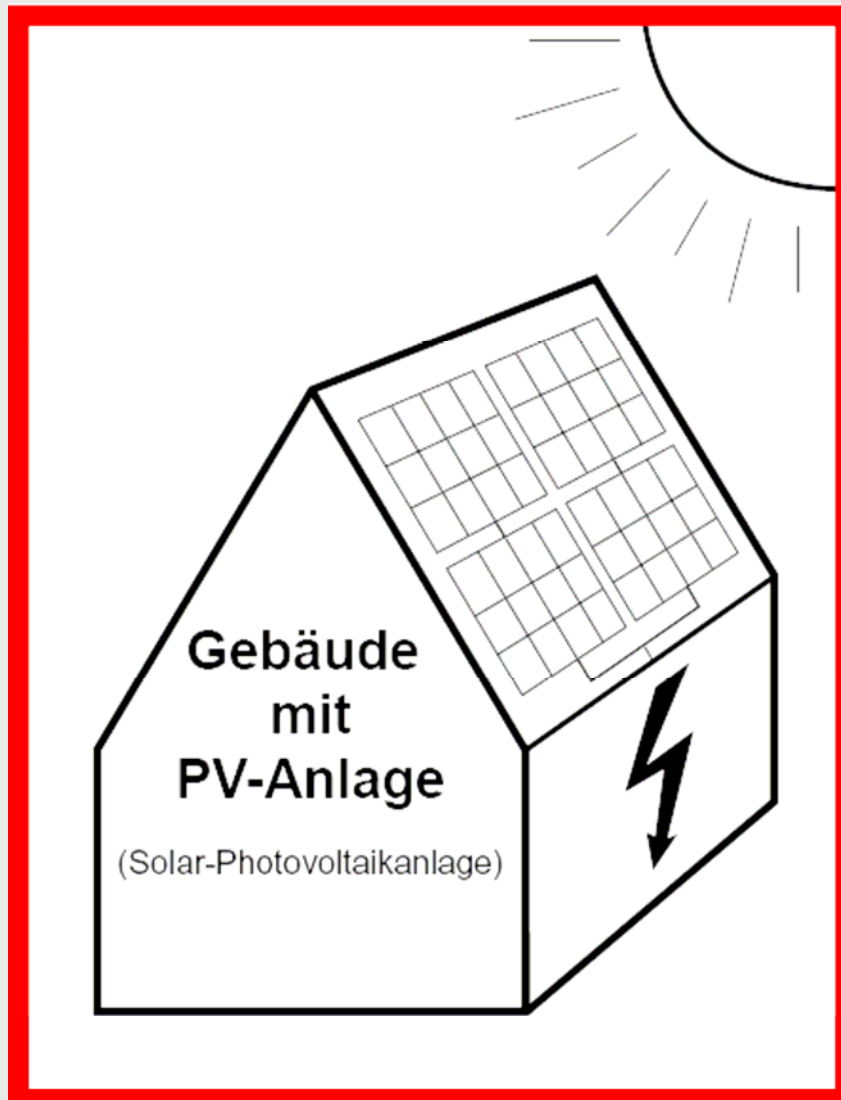


# Informationen für die Einsatzkräfte



- Kenntnis über Vorhandensein von PV-Anlagen; Hinweise in Alarmschreiben und Feuerwehrpläne einfügen: „**Achtung PV-Anlage**“ (Tabellen der Netzbetreiber verwenden)
- Kenntnisse über Aufbau und der Anlagentechnik (Trennschalter, Wechselrichter, Übergabestation, ...)
- Feuerwehrpläne für große Anlagen / Ansprechpartner
- Anschlusskabel an Versorgungsnetze sind Privateigentum (d.h. sie fallen nicht in die Zuständigkeit der Energieversorger)
- Kennzeichnungen beachten, sofern vorhanden
- Grundsätzliche Annahme: „**Anlage führt Spannung!**“

# Beschilderung

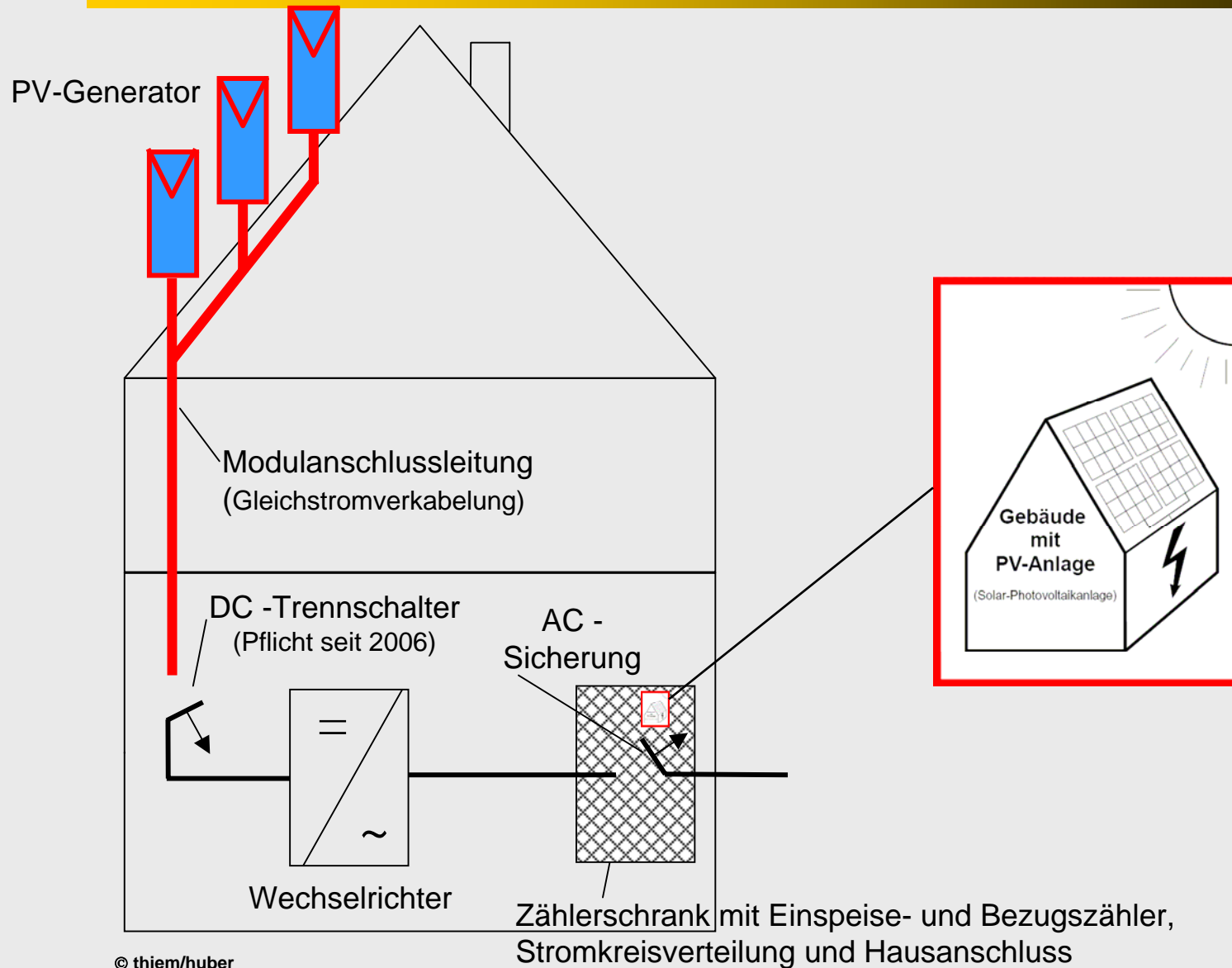


Dieses Hinweisschild wurde vom Arbeitskreis 221.1.4 der Deutschen Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, der sich mit der Thematik Photovoltaikanlagen befasst, zur Kennzeichnung von PV-Anlagen beschlossen.

Empfohlen, zur Anbringung an Stromkreisverteilern und/oder Schalt- oder Zählerschränken.

In Bayern wird die Umsetzung mit freundlicher Unterstützung der Versicherungskammer Bayern und eines Energieversorgers bereits durchgeführt.

# Anbringen des Hinweisschildes



# Versuche zum Spannungsfreischalten im Einsatzfall

---



- Versuche der BF Hamburg  
Abdecken mit Folien  
Fazit:  
Ein Abdecken mit Folien oder Einschäumen 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

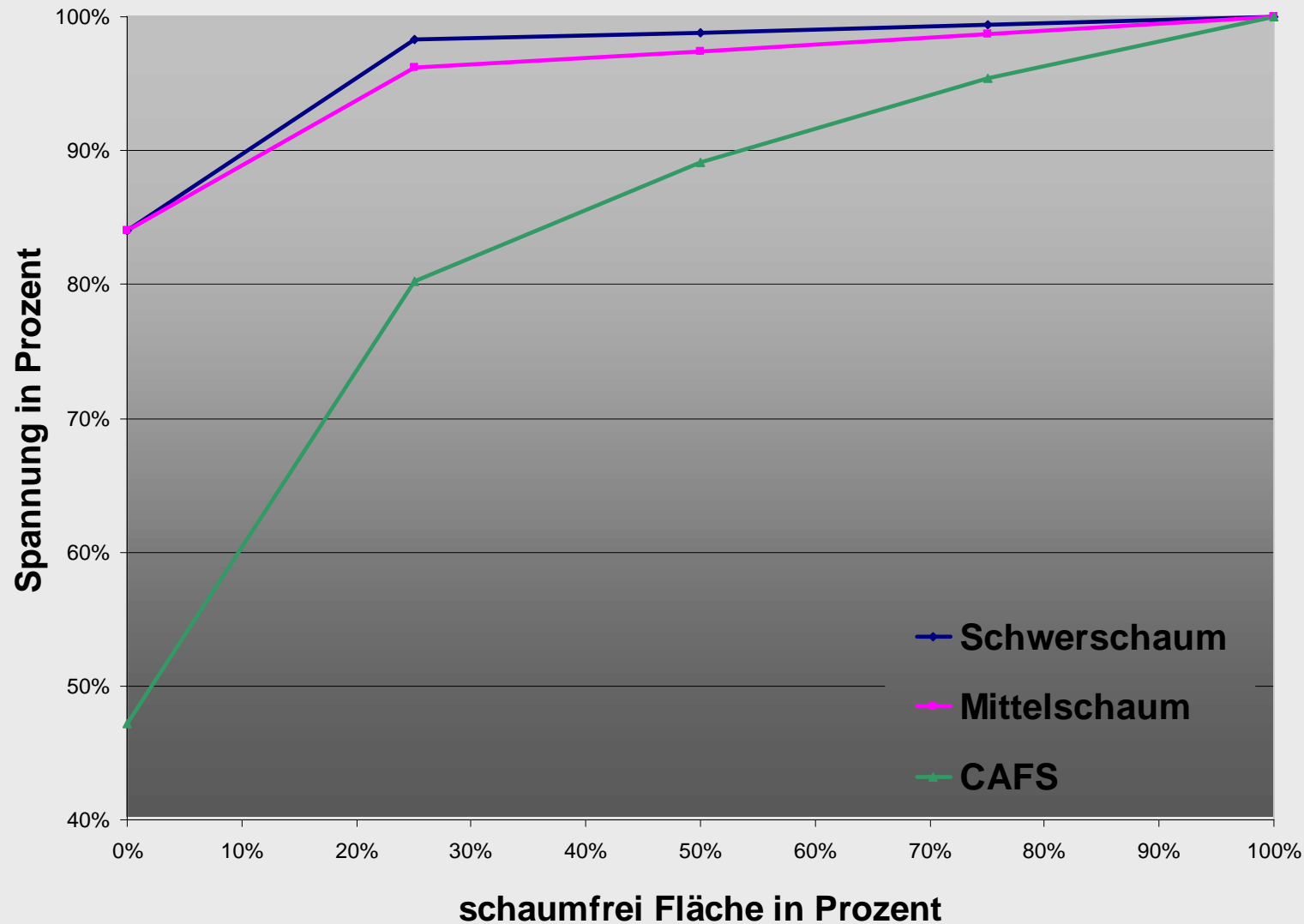
---



- 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**



# Geschlossene Dachfläche



# Bauliche Lösung



# Ziele und Wünsche

---



- Kennzeichnung von Anlagen und Leitungswegen
- Abschaltmöglichkeiten schaffen - Intelligente Module  
Koppelung mit Brandmeldeanlagen?
- Bauordnung, VdS -Richtlinien, ... Beachten  
„Über Brandwände dürfen keine brennbaren Stoffe  
hinweggeführt werden“ (Quelle: Bayerische Bauordnung)
- Anlagenflächen auf Dächern unterteilen,  
dabei Brandabschnitte beachten (s.o. „Brandwände“)

# Ziele und Wünsche

---



- Auf dem Dach „Flächen“ für die Einsatzkräfte der Feuerwehr schaffen, um Arbeiten zu ermöglichen
- Einwandfreie Ausführung der Anlagen  
(Klemmen fest anziehen, Wechselrichter auf nichtbrennbaren Baustoffen montieren, Öffnungen in Brandwänden vorschriftsmäßig verschließen, ...)
- Blitzschutz nach den gültigen Normen

# Sicherheitselement 1



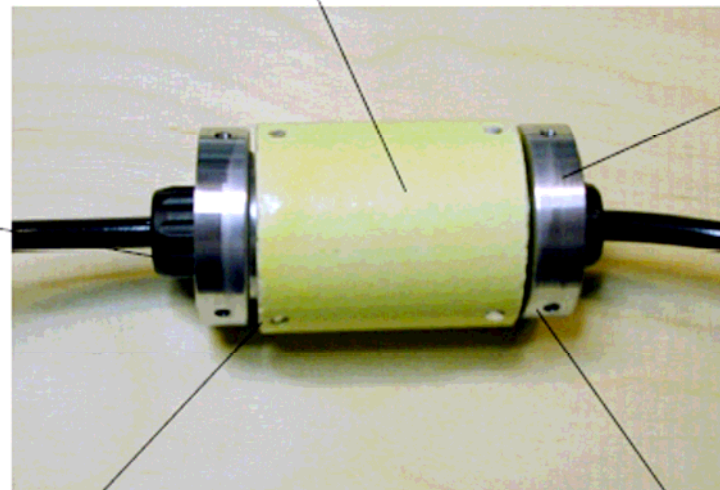
## Das Produkt:

Beliebige Standard-Solar- Steckverbindung mit Kabel, Stecker und Kupplung sind frei trennbar gestaltet

Keramikzylinder mit innenliegender Feder



Klemmring für Solar-Stecker und -kupplung



Bohrungen mit Schmelzsicherungsstift

3 x Klemmschrauben

# Sicherheitselement 2

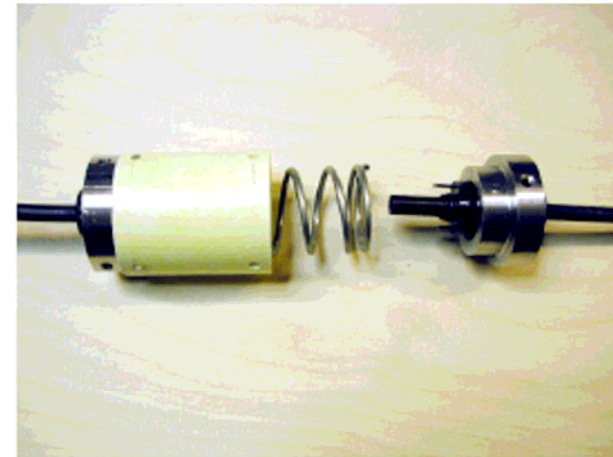


## Die Funktion:

Durch extreme Hitze im Brandfall (ab ca. 250°C, flexibel gestaltbar) schmelzen die Sicherungsstifte, und die sich entspannende Feder trennt die Solar-Steckverbindung ruckartig auf, sodass kaum ein Lichtbogen entsteht.

Alternativ:

Durch mechanische Einwirkung (Schlag mit Axt oder Hammer) wird das Keramikrohr zerstört, die Federkraft trennt schnell und sicher die Steckverbindung auf.



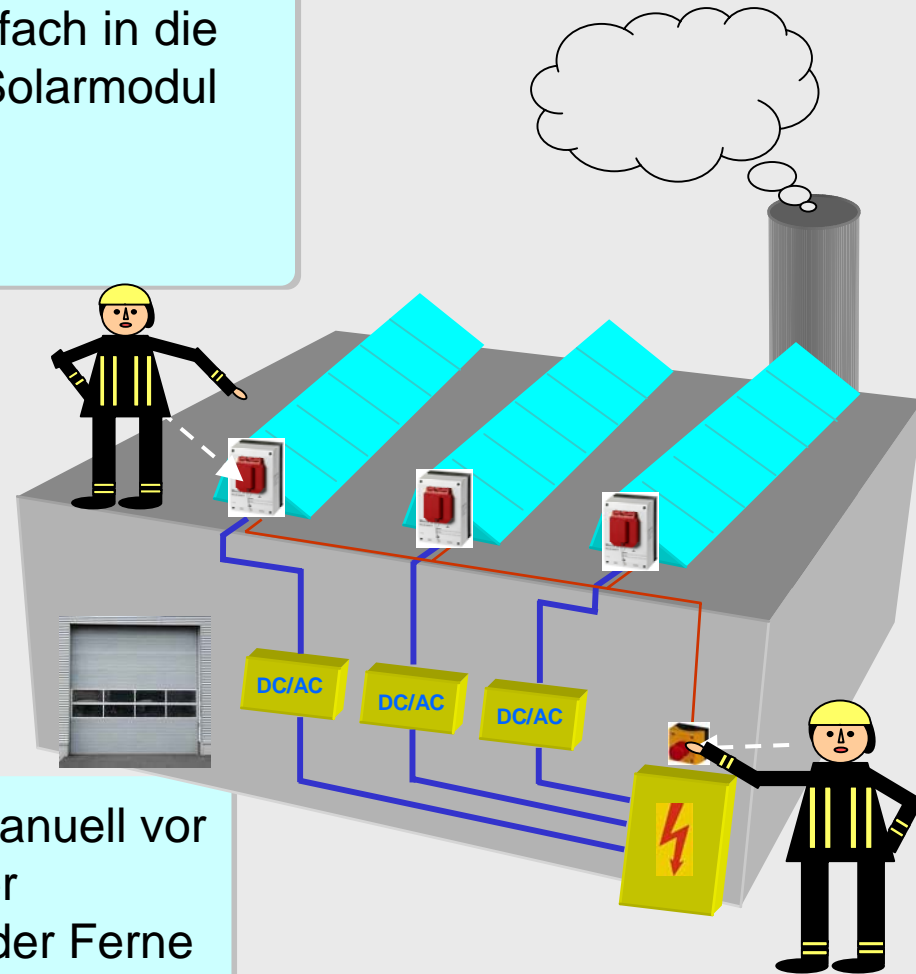
# Feuerwehrscharter für PV-Anlagen



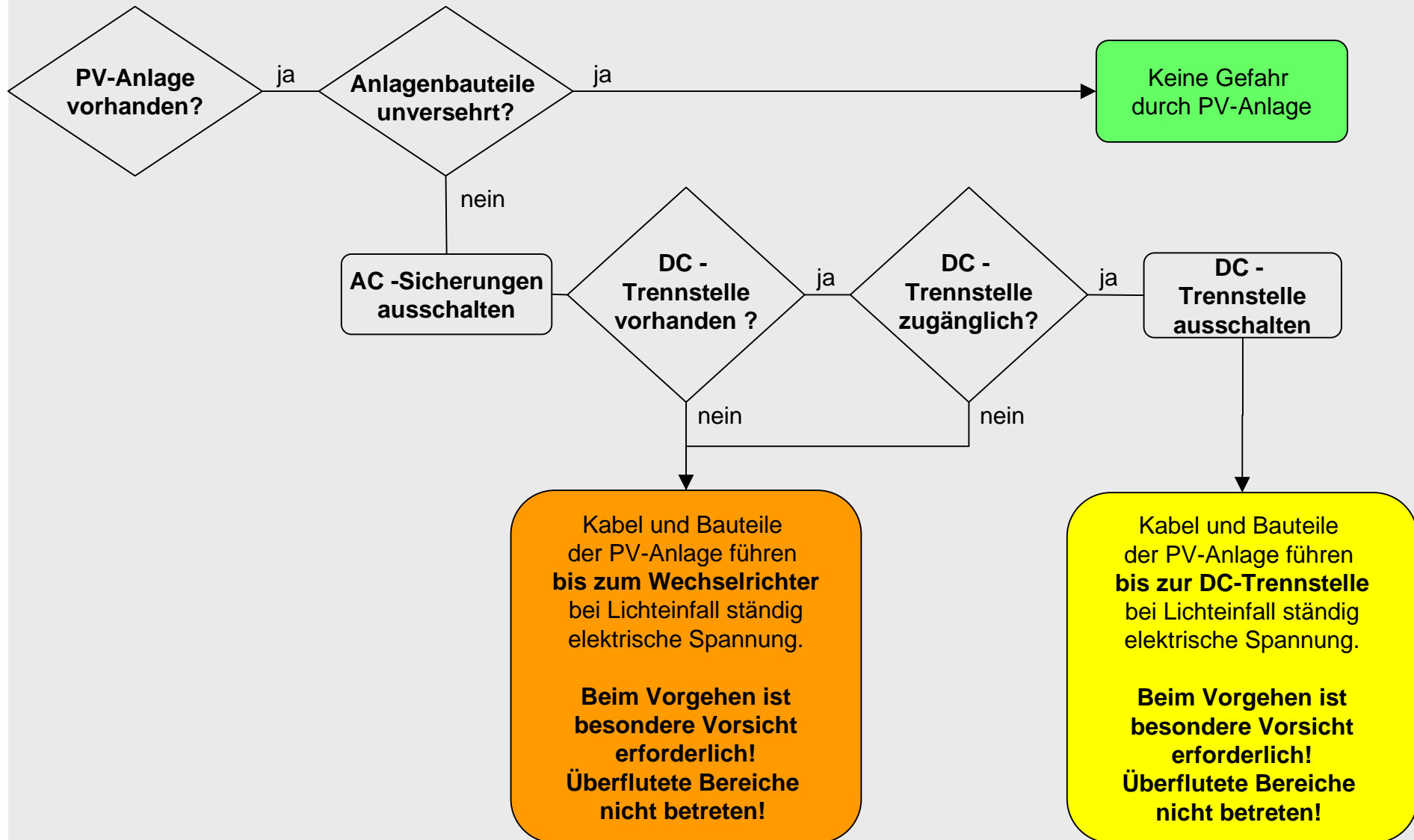
Der Feuerwehrscharter wird einfach in die Gleichstromleitung zwischen Solarmodul und Wechselrichter eingefügt

Anbringung in unmittelbarer Modulnähe

Feuerwehrscharter werden z.B. manuell vor Ort oder mittels Arbeitsstrom- oder Unterspannungsauslöser, ... aus der Ferne betätigt



# Vorgehen im Einsatzfall





# Informationsbroschüre



Präsentation und Infolyer

## Photovoltaik

### „Gefahr im Feuerwehreinsatz“

unter

[www.feuerwehr.muenchen.de](http://www.feuerwehr.muenchen.de)

im Bereich

Ausbildung / Download

und

## Merkblatt für die Feuerwehren Bayerns 5.07

### „Fotovoltaikanlagen“

Staatliche Feuerweherschule Würzburg

weitere Veröffentlichungen:

brandwacht 5/04 und 2/05;

brandwacht Winterschulung 2004/20005

brandschutz 2/06