

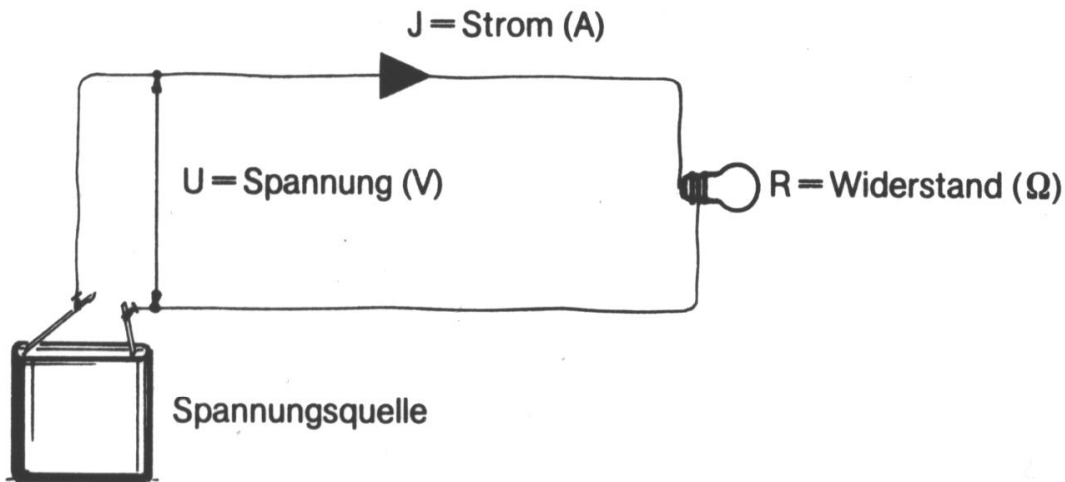
# Gefahren der Einsatzstelle PV-Anlagen



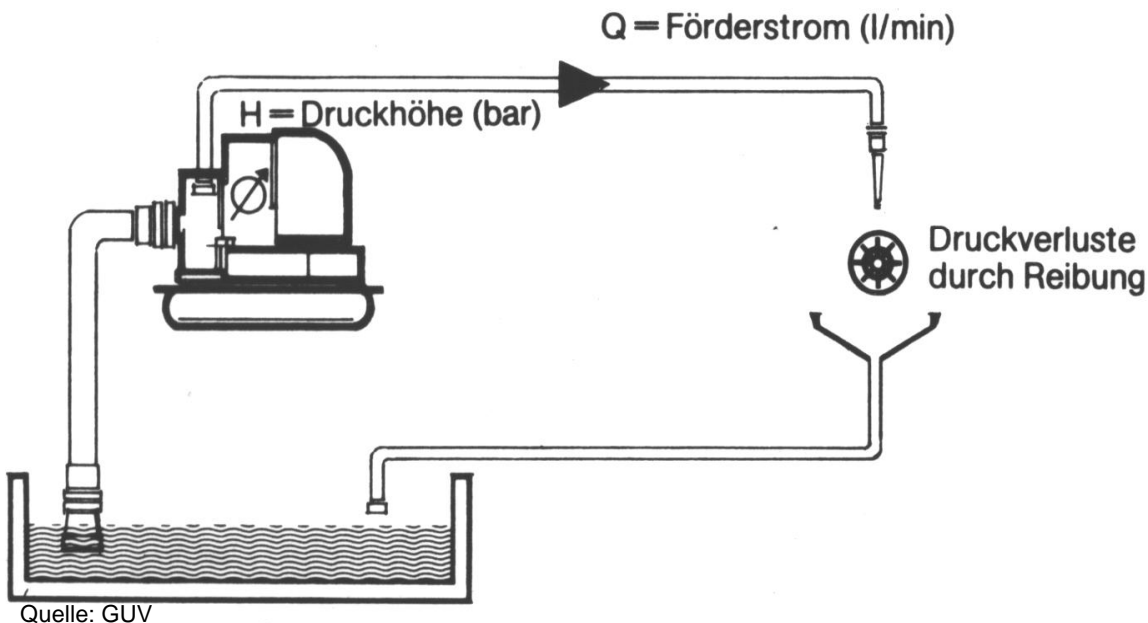
## Inhalt

- Begriffsbestimmungen
- Funktionsweise und Aufbau von PV-Anlagen
- Wirkung von elektrischem Strom auf den Menschen
- Gefahren bei Einsätzen auf/ bei PV-Anlagen
- Einsatzbeispiele
- Vorgehensweise bei Einsätzen gemäß DFV

## Begriffsbestimmung



- **Spannung „U“**  
Maßeinheit: Volt V  
(1000 V = 1 KV)
- **Stromstärke „J“**  
Maßeinheit: Ampere A
- **elektrischer Widerstand „R“**  
Maßeinheit: Ohm  $\Omega$



Das Ohmsche Gesetz, der Zusammenhang zwischen Strom und Spannung

$$I = \frac{U}{R}$$

## Funktionsweise und Aufbau von PV-Anlagen

## Unterschiede zwischen thermischen und photovoltaischen Anlagen



Quelle: H. Thiem

### **Solarthermieanlage:**

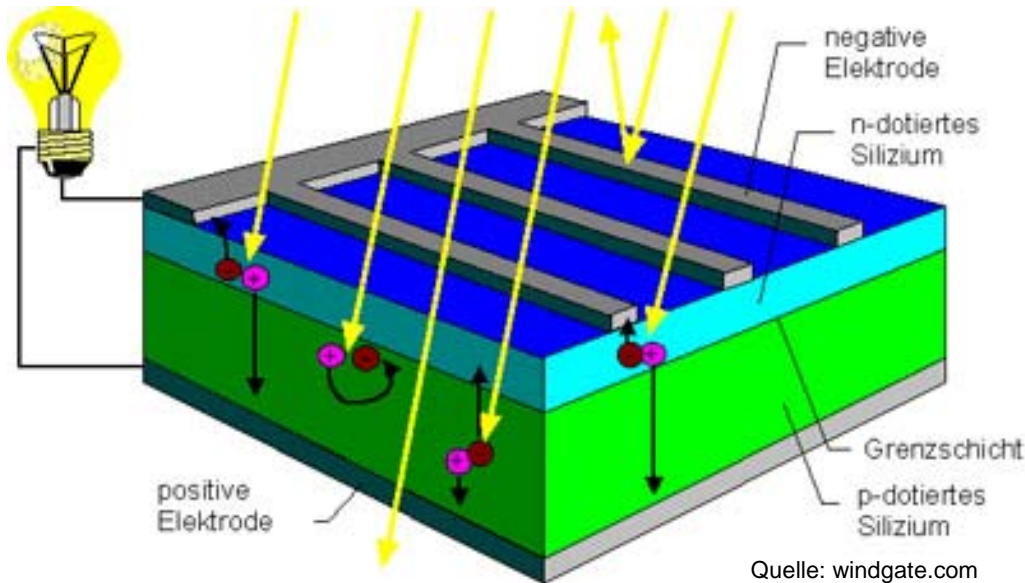
*Warmwassergewinnung*

### **PV-Anlage:**

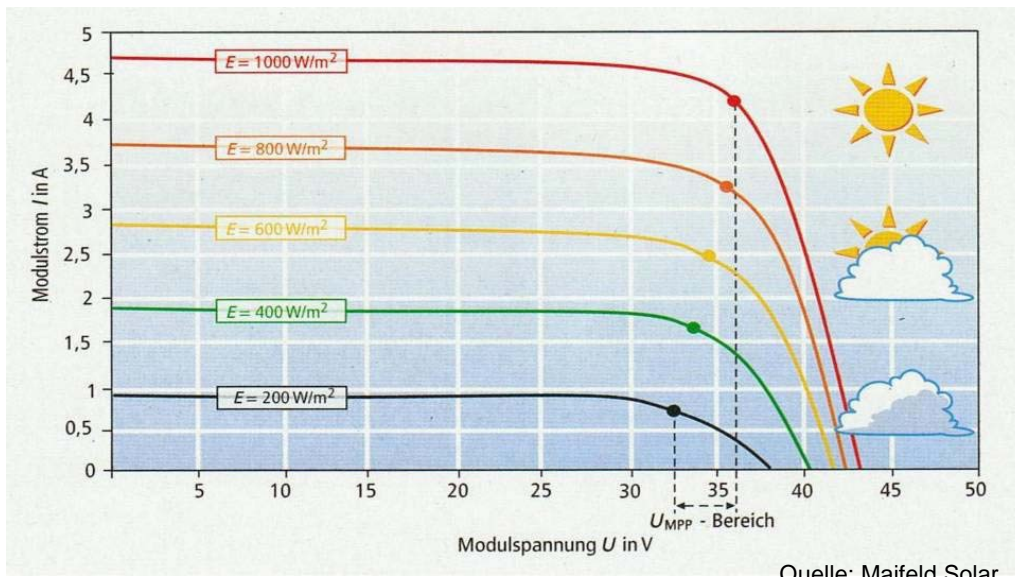
*Erzeugung von elektrischer Energie*

- *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

## Funktionsweise und Aufbau von PV-Anlagen Funktionsweise einer einzelnen PV-Zelle



- Durch Lichteinstrahlung werden in einem Halbleitermaterial Ladungen verschoben („erzeugt“).
- Die Ladungsträger bilden den elektrischen Strom, der über die Anschlüsse abgegriffen wird.
- Die **Höhe** des erzeugten Stroms hängt von der **Beleuchtungsstärke** (Lichteinstrahlung) ab.
- Die **erzeugte Spannung** hängt vom Halbleitermaterial ab und ist **fast unabhängig** von der **Beleuchtungsstärke**.



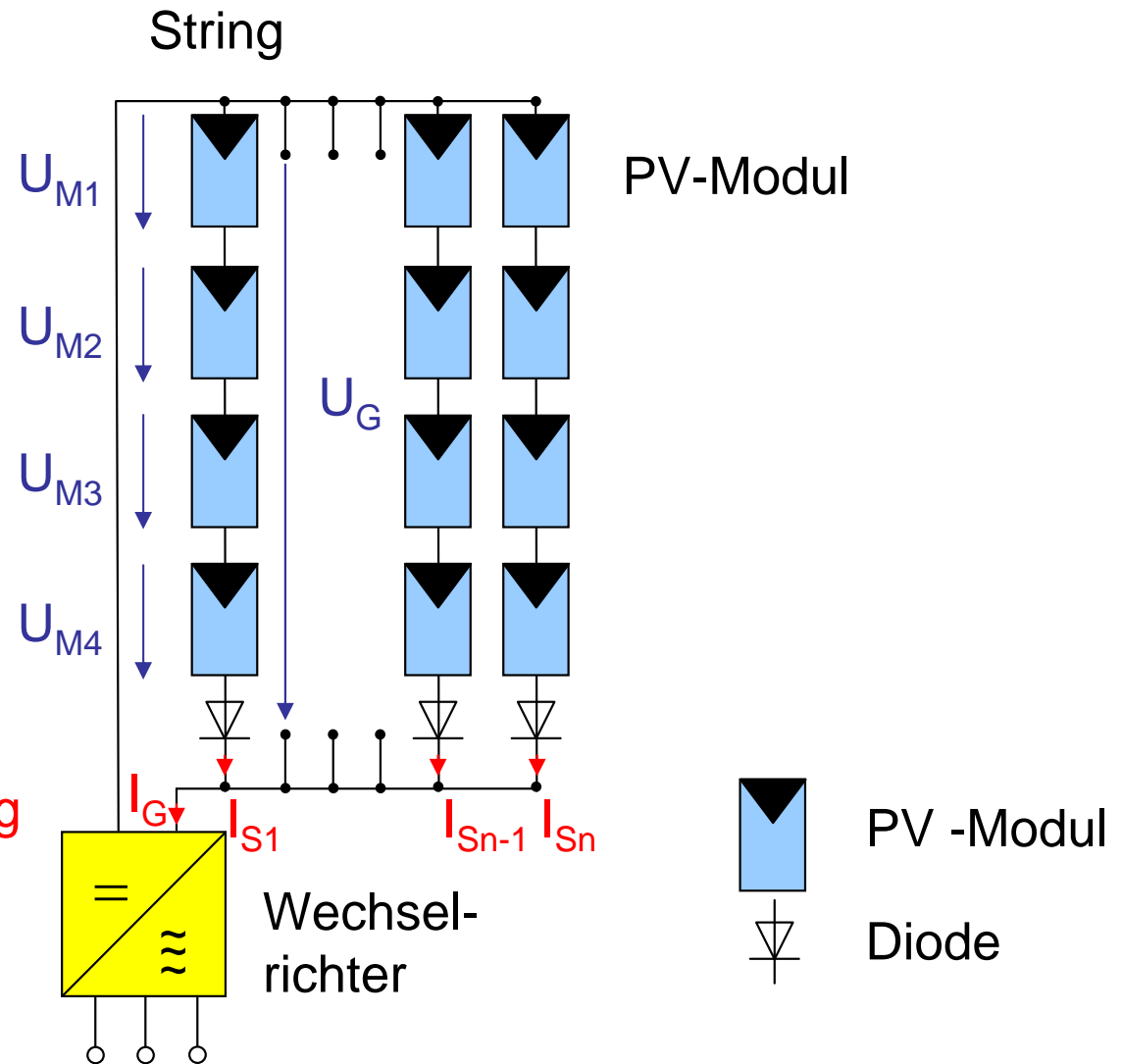
## Funktionsweise und Aufbau von PV-Anlagen Häufigste Verschaltung der Module

Serienschaltung von Modulen  
zur Spannungserhöhung

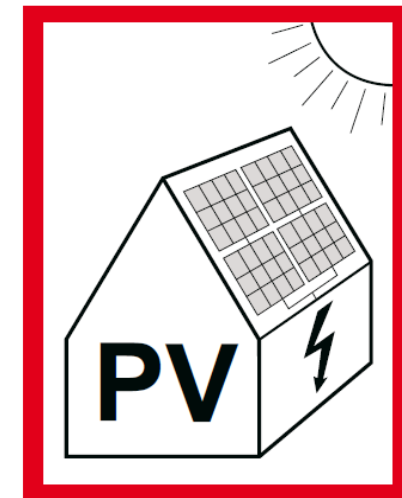
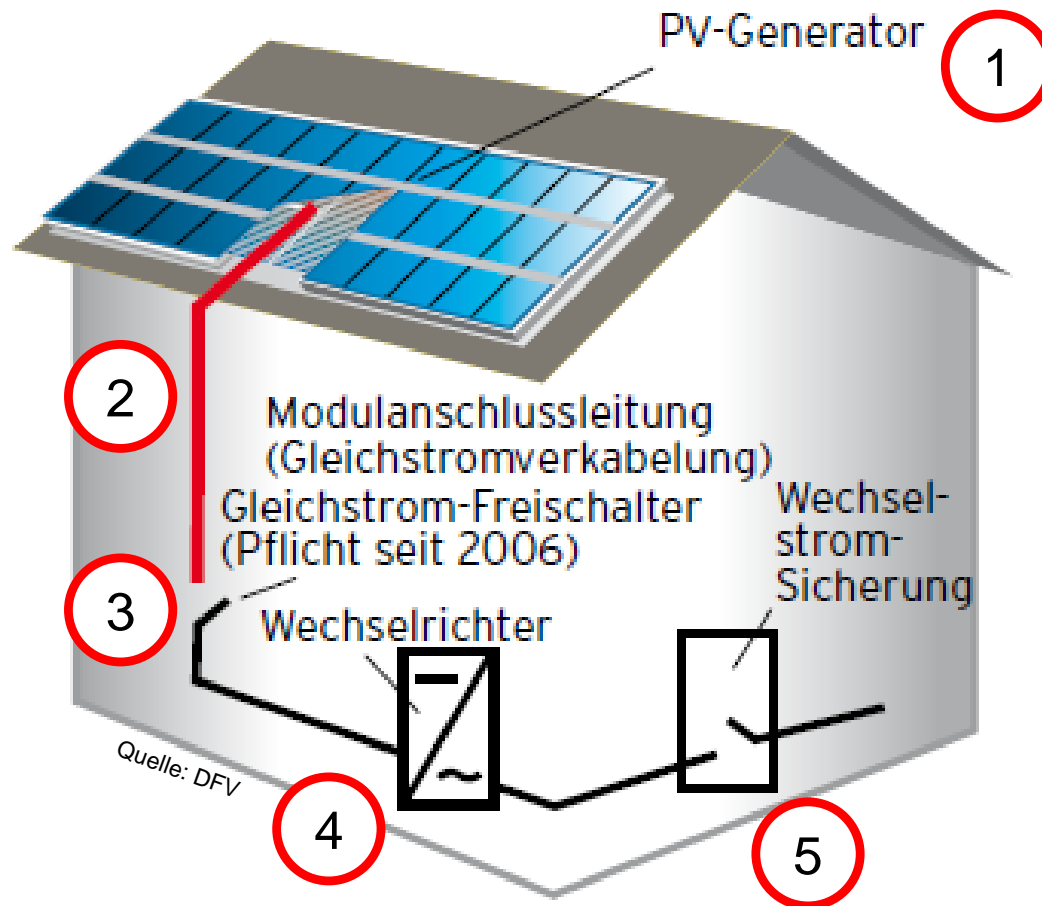
$$U_G = U_{M1} + U_{M2} + \dots + U_{Mm}$$

Parallelschaltung von  
Modulen zur Stromerhöhung

$$I_G = I_{S1} + I_{S2} + \dots + I_{Sn}$$



## Funktionsweise und Aufbau von PV-Anlagen Komponenten einer PV-Anlage



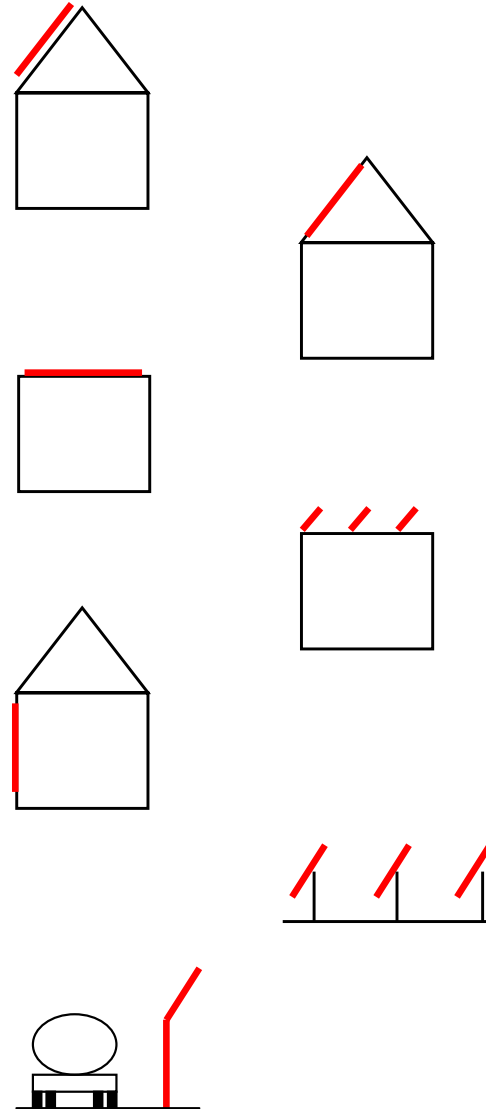
Idee/Entwurf zur Kennzeichnung von PV-Anlagen am Schaltschrank

Schematische Darstellung,  
Lage und Ort der Komponenten variabel

## Funktionsweise und Aufbau von PV-Anlagen

### Komponenten einer PV-Anlage - Montagearten des PV-Generators

- **Aufdachanlagen**
- **Dachintegrierte Anlagen**
- **Flachdachanlagen**
- **Aufgeständerte Flachdachanlagen**
- **Fassadenanlagen/ Fenster**
- **Freilandanlagen**
- **Sonderanlagen (z.B. Lärmschutzwände)**



## Funktionsweise und Aufbau von PV-Anlagen Komponenten einer PV-Anlage – Module 1

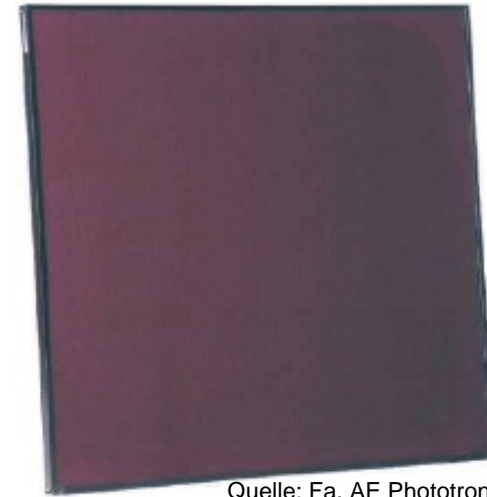


## Funktionsweise und Aufbau von PV-Anlagen Komponenten einer PV-Anlage – Module 2



Quelle: Fa. Alwitra

Evalon-Solarbahnen  
von Alwitra



Quelle: Fa. AE Phototronics

Amorphes Modul  
von AE Phototronics

## Funktionsweise und Aufbau von PV-Anlagen

### Komponenten einer PV-Anlage – Gleichstromverkabelung



Für den Laien nicht von einer „normalen“ Hausinstallation zu unterscheiden.

## Funktionsweise und Aufbau von PV-Anlagen

### Komponenten einer PV-Anlage – Gleichstrom-Freischalter (DC-Trenner)



Quelle: Fa. Moeller

Feuerwehrscharter  
der Firma Moeller



DC-Trennscharter der Firma  
SMA Solar Technology



DC-Trennscharter der Firma  
Kostal Solar Electric

## Funktionsweise und Aufbau von PV-Anlagen

### Komponenten einer PV-Anlage – Wechselrichter



Wechselrichter der Fa. Sunny

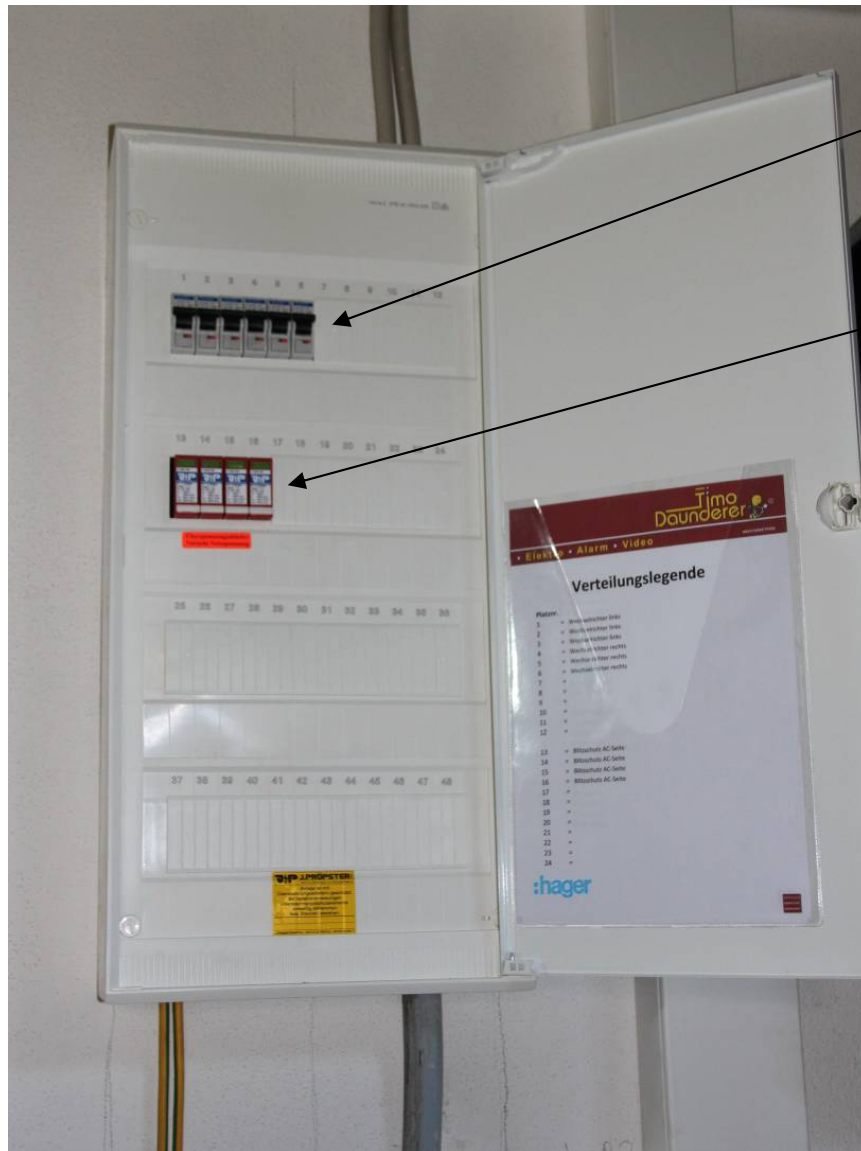


Wechselrichter der Fa. Kostal

**DC-Trenner**

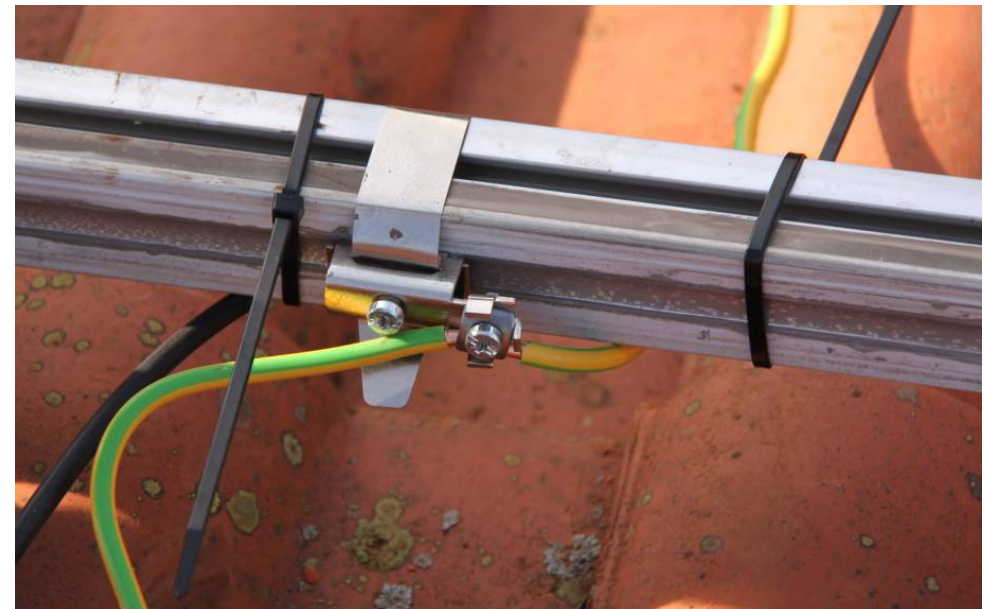
## Funktionsweise und Aufbau von PV-Anlagen

### Komponenten einer PV-Anlage – AC-seitige Schutzeinrichtungen



AC-Sicherungen  
Hier: 2x3 Phasen

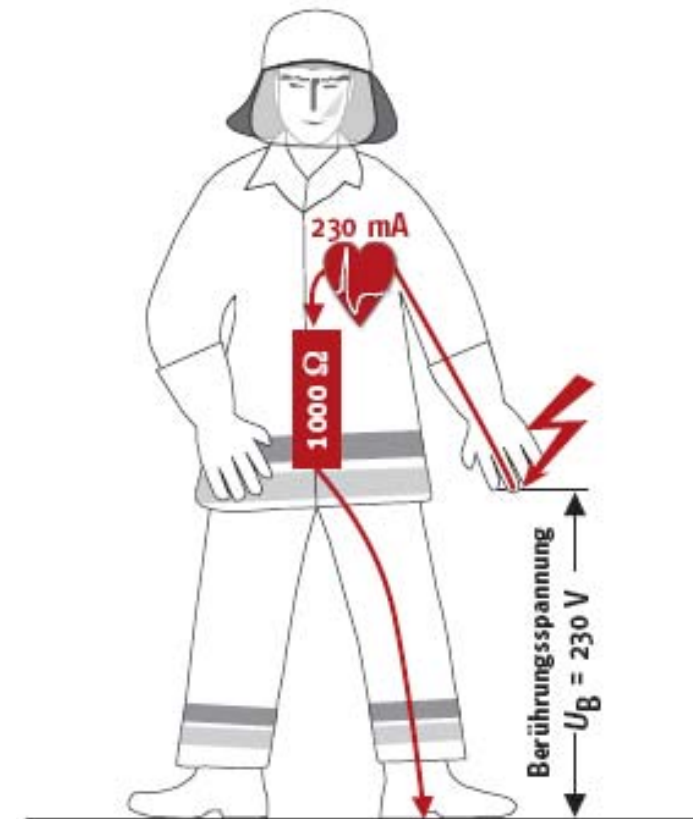
Blitzschutz



## Wirkung von elektrischem Strom auf den Menschen 1

Der menschliche Körper bildet einen elektrischen Widerstand.

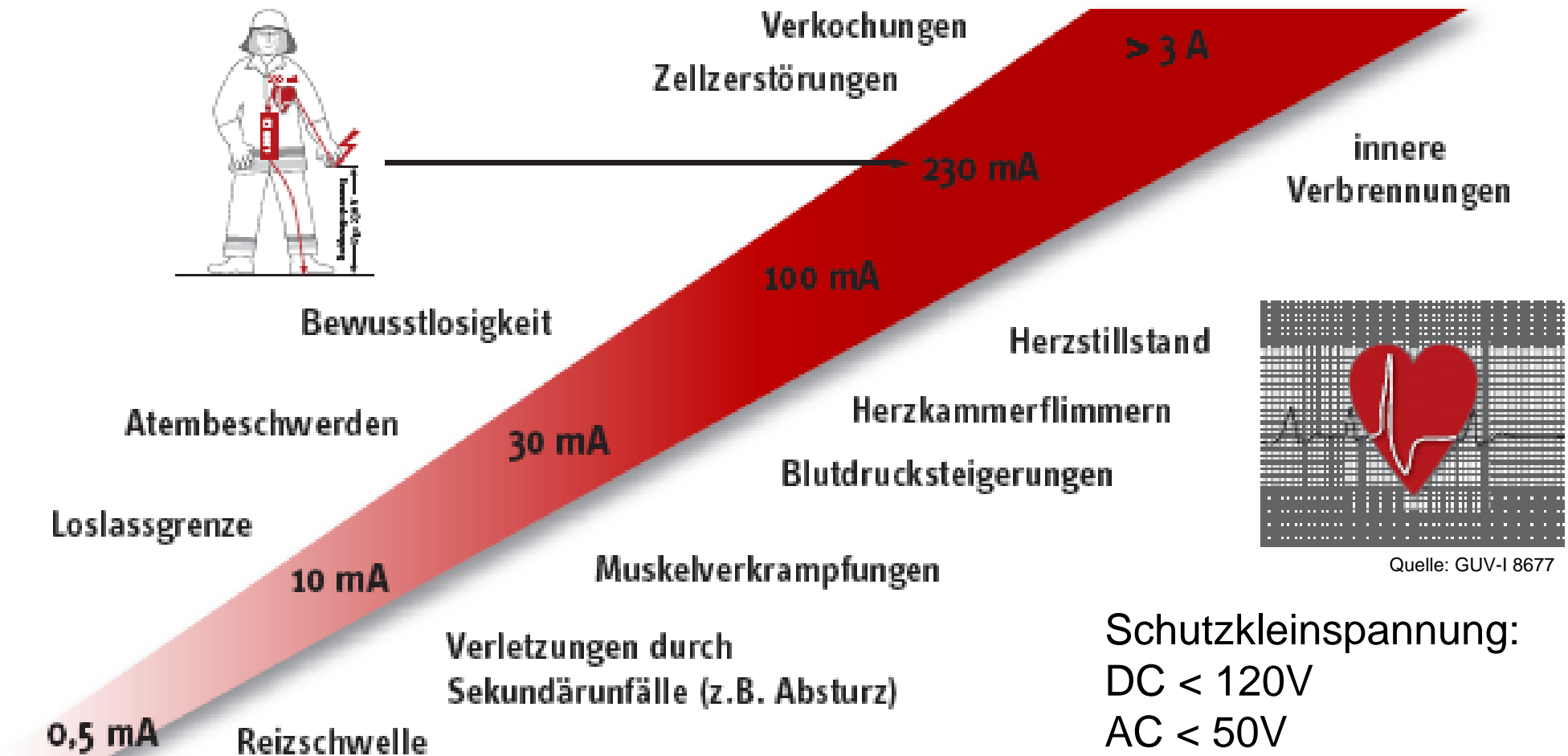
Stromweg	Körperwiderstand
Hand - Hand Hand - Fuß	1000 Ohm
Hand - Füße	750 Ohm
Hände - Füße	500 Ohm
Hand - Rumpf	500 Ohm
Hände - Rumpf	250 Ohm



Quelle: GUV-I 8677

$$I = \frac{U}{R} = \frac{230V}{1000\Omega} = 0,230A = \underline{\underline{230mA}}$$

## Wirkung von elektrischem Strom auf den Menschen 2



Dargestellt ist die Wirkung von Wechselstrom, Gleichstrom wirkt ähnlich

## Gefahren bei Einsätzen auf/ bei PV-Anlagen



## Gefahren bei Einsätzen auf/ bei PV-Anlagen Gefahren gemäß Gefahrenschema

Welche Gefahren sind erkannt?										
Gefahren	für	durch								
		Atemgifte	Angstreaktion	Ausbreitung	Atomare Strahlung	Chemische Stoffe	Erkrankung/ Verletzung	Explosion	Elektrizität	Einsturz
Welche Gefahren müssen wir bekämpfen?										
Menschen		X		X					X	X
Tiere		X		X					X	X
Umwelt		X		X						
Sachwerte				X						
Vor welchen Gefahren müssen wir uns schützen?										
Mannschaft		X							X	X
Gerät										X

## Gefahren bei Einsätzen auf/ bei PV-Anlagen Atemgifte

- **Gefahren**
  - toxische Verbrennungsprodukte ähnlich wie bei Gebäudebränden
- **Maßnahmen:**
  - Umluftunabhängigen Atemschutz tragen
  - vorhandene Lüftungsanlagen abschalten
  - allg. Vorgehensweise wie bei einem Zimmer-/ Gebäudebrand

## Gefahren bei Einsätzen auf/ bei PV-Anlagen Ausbreitung

### • Gefahren:

- Brandweiterleitung unterhalb der PV-Anlage
  - Brandausbreitung durch brennbare Materialien in den Module
  - Erhöhte Temperaturen unterhalb der Module (Wärmestau bereits im Normalbetrieb, besonders aber bei Brand)
- Unzugänglichkeit zur Brandstelle
  - Die Brandstelle ist durch den Überbau von Modulen nicht zugänglich
  - Kaminwirkung unter der Modulfläche (Dach- /Fassadenintegrierte Systeme)
- Brandgefahr durch Lichtbogen

### • Maßnahmen:

- Wasser zur Kühlung verwenden
- Flammen unterhalb der Module von unten her mit Pulver eindämmen (Kamineffekt nutzen)
- Dachteile/ Module partiell öffnen (Elektrofachkraft!)

## Gefahren bei Einsätzen auf/ bei PV-Anlagen Einsturz

- **Gefahren:**

- keine Hersteller-Angaben über die Feuerwiderstandsdauer
- keine Aussage über die daraus resultierende Gefährdung
- Verbundglas kann durch Erhitzen und/oder Löschwasser bersten
- Module fallen nach Abbrand der Dachkonstruktion meist nach innen (bisher kaum Absturz ganzer Modulflächen aufgetaucht)
- Abrutschen von geklemmten Modulen möglich

- **Maßnahmen:**

- erhöhte Dachlast beachten, vor allem bei Schnee und/ oder Wind
- Trümmerschatten berücksichtigen
- Gefahrenbereich absperren

**Gerätesatz Absturzsicherung zur Sicherung gegen Absturz verwenden!**

## Gefahren bei Einsätzen auf/ bei PV-Anlagen Elektrizität

- **Gefahren:**

- Leitungen vom Modul zum Wechselrichter lassen sich nie komplett spannungsfrei schalten
  - daher immer davon ausgehen, dass Spannung anliegt.
- durch Gleichspannung Gefahr eines Lichtbogens
  - Brandausbreitung, -entstehung
- Gefährdung durch herabhängende, unisolierte Kabel (Spannungen bis 1000 V)
- Montagegestelle und Modulrahmen sind nicht immer geerdet
  - Bastlerlösungen: Do it yourself!
- Module werden durch einen Kurzschluss nicht zerstört, sind kurzschlussfest

## Gefahren bei Einsätzen auf/ bei PV-Anlagen Elektrizität


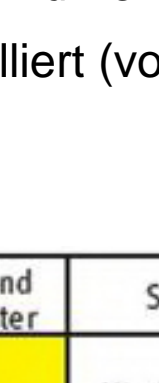

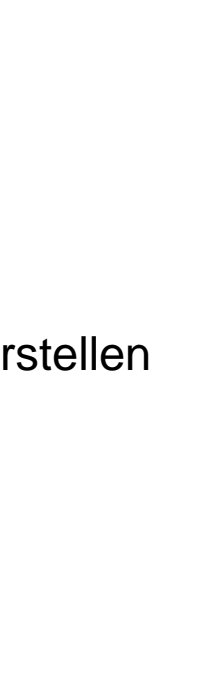

- **Maßnahmen:**

- Überblick verschaffen
- Das Abdecken der Module mit Schaum oder Planen ist nicht praktikabel.
  - Die Modulspannung entsteht schon bei Scheinwerferlicht!
  - Derzeit starten Firmen mit der Vermarktung von Abdeckgels, praktikabel?
- Die Zerstörung des PV-Moduls beseitigt die Gefahr nicht.
  - Es entstehen freiliegende elektrische Leiter mit unbekannter Spannung.
- Anlage „lastfrei“ schalten
  - AC-Sicherungen („haushaltsübliche Schaltgeräte“) können von Einsatzkräften geschaltet werden
  - DC-Trennschalter und Wechselrichter **nur** durch Elektrofachkraft ausschalten lassen (Lichtbogengefahr!)
- Keine Anschlusskästen öffnen, Lichtbogengefahr!

## Gefahren bei Einsätzen auf/ bei PV-Anlagen Elektrizität

### • Maßnahmen (Fortsetzung)

- Arbeiten mit einem Meter Sicherheitsabstand beginnen
- Trennung der Module nur durch Elektrofachkräfte
  - Nur Elektrofachkräfte dürfen Leitungstrennungen durchführen!
  - Nicht jeder Elektriker hat bereits eine PV-Anlage installiert (vorab Liste erstellen und an FEZ melden)
- Sicherheitsabstände beim Löschangriff einhalten

	10 m	5 m	1 m	Abstand in Meter	Spannung
Sprühstrahl				1	Niederspannung bis 1000 V
Vollstrahl				5	N
Sprühstrahl				5	Hochspannung über 1000 V
Vollstrahl				10	H 

## Gefahren bei Einsätzen auf/ bei PV-Anlagen Elektrizität

- **Maßnahmen bei Einsatzende**

- die Einsatzstelle darf nur im gesicherten Zustand verlassen werden.
- Bei Bedarf ist vor dem Verlassen der Einsatzstelle die Spannungsfreiheit durch eine PV-Fachfirma herzustellen
- die Einsatzstelle an die zuständige Person (Anlagenbetreiber, eine von ihm beauftragte Person, Hauseigentümer, ggf. Elektrizitätswerk oder Polizei) mit den nötigen Sicherheitshinweisen zu übergeben.

## Gefahren bei Einsätzen auf/ bei PV-Anlagen Einsatzbeispiel Brand



Quelle: Bodo Wolter

## Gefahren bei Einsätzen auf/ bei PV-Anlagen Einsatzbeispiele - Einsturz



Quelle: THW Greven

## Gefahren bei Einsätzen auf/ bei PV-Anlagen Einsatzbeispiel Dächer von Schneelast befreien



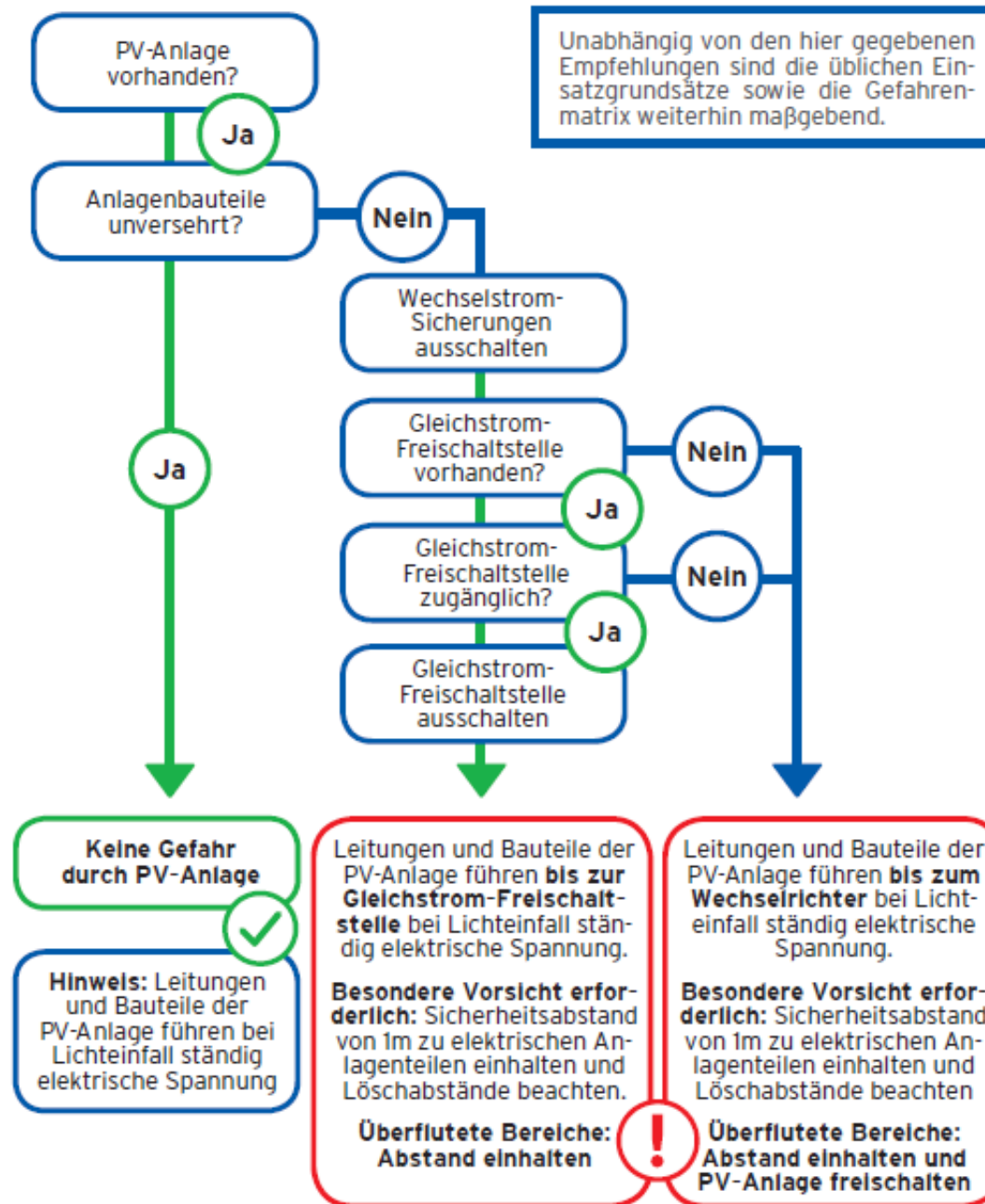
Modulflächen nicht betreten - Erhöhte Rutschgefahr.

## Gefahren bei Einsätzen auf/ bei PV-Anlagen Einsatzbeispiel Sturmschaden



Quelle: Baulinks

## Vorgehensweise bei Einsätzen auf/ bei PV-Anlagen gemäß DFV



## Quellen und weiterführende Literatur:

- Dipl.-Ing. Josef Huber, Horst Thiem, BF München: Gefahr durch die Sonne? Photovoltaikanlagen und deren Gefahren für Einsatzkräfte, November 2010
- GUV-Information, Elektrische Gefahren an der Einsatzstelle, GUV-I 8677 März 2010
- Vfdb, Referat 5 – Brandschutz – des Technisch-Wissenschaftlichen Beirats der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V.: Merkblatt Einsätze an Photovoltaik-Anlagen, September 2010
- Deutscher Feuerwehrverband: Handbuch und Einsatzkarte Photovoltaik-Anlagen, <http://www.feuerwehrverband.de/photovoltaik.html>
- Peter Haider GmbH, Haustechnik, Sofienstr. 39 a, 85540 Haar, Gronsdorf
- Bilder ohne Nennung der Quelle: L. Hardi und Dr. M. Hardi, FF Neubiberg

Alle Infos demnächst zum Download unter:

[www.kfv-muenchen.de](http://www.kfv-muenchen.de)

# Fragen?