

# Photovoltaikanlagen

## Technischer Leitfaden



**Kurzreferat**

Der Leitfaden gibt Hinweise entsprechend der Erfahrungen von Versicherern zur Auswahl, Planung, Errichtung und Betrieb von netzgekoppelten Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) und zielt auf das Vermeiden bzw. Minimieren von Betriebsunterbrechungen und Sachschäden ab.

Thematisch werden in diesem Leitfaden brandschutztechnische, mechanische, elektrotechnische und sicherungstechnische Aspekte sowie der Einsatz von Feuerwehren in Verbindung mit Photovoltaikanlagen behandelt.

Dieser Leitfaden wurde gemeinsam erarbeitet vom

**VDE Prüf-und Zertifizierungsinstitut GmbH**

und dem

**Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV).**

Die vorliegende Publikation ist unverbindlich. Die Versicherer können im Einzelfall auch andere Sicherheitsvorkehrungen oder Installateur- oder Wartungsunternehmen zu nach eigenem Ermessen festgelegten Konditionen akzeptieren, die diesen technischen Spezifikationen oder Richtlinien nicht entsprechen.

# Photovoltaikanlagen

## Technischer Leitfaden

### Inhalt

<b>1</b>	<b>Anwendungsbereich .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Begriffe.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>5</b>
3.1	Gefahren .....	5
3.2	Schutzkonzept .....	5
<b>4</b>	<b>Auswahl, Planung, Errichtung und Betrieb .....</b>	<b>6</b>
4.1	Wahl des geeigneten Montageortes .....	6
4.2	PV-Module .....	7
4.3	Montagesysteme .....	9
4.4	Elektrische Komponenten .....	10
4.5	Diebstahlschutz.....	17
4.6	Inbetriebnahme .....	18
4.7	Betrieb .....	18
4.8	Einsatz von Feuerwehren (Brandbekämpfung) .....	19
<b>Anhang Literatur .....</b>	<b>20</b>	
GDV-Publikationen .....	20	
Normen .....	20	

## 1 Anwendungsbereich

Diese Publikation behandelt netzgekoppelte Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen). Sie richtet sich hauptsächlich an Planer, Errichter, Prüfer elektrischer Anlagen, Betreiber sowie Vermieter von Gebäudeflächen und gibt Hinweise zur Schadenverhütung nach den Erfahrungen der Versicherer.

## 2 Begriffe

**Netzgekoppelte Photovoltaikanlage:** Im Folgenden kurz als PV-Anlage bezeichnet, wandelt Sonnenlicht in elektrischen Strom um, der in das öffentliche Versorgungsnetz eingespeist oder selbst genutzt wird. Im Gegensatz dazu wandeln Solarthermieanlagen Sonnenlicht in Wärme um. PV-Anlagen bestehen im Wesentlichen aus folgenden Komponenten:

**(1) PV-Generator,**

kann aus einem oder mehreren zusammen geschalteten PV-Modulen bestehen.

**(2) Generatoranschlusskasten (optional),**

wird benötigt, um einzelne Stränge zusammenzuführen, kann Schutztechnik enthalten, z. B. Überspannungsschutzgeräte, Strangsicherungen

**(3) Verkabelung auf der Gleichstromseite,**

**(4) Lasttrennschalter,**

nach DIN VDE 0100-712 für Wartungsarbeiten am Wechselrichter vorgeschrieben, ist häufig im Wechselrichter integriert,

**(5) Wechselrichter,**

formt Gleichstrom (DC) und Gleichspannung in netzkonformen Wechselstrom (AC) und Wechselspannung um,

**(6) Verkabelung auf der Wechselstromseite**

**(7) Unterverteilung Wechselrichter**

**(8) Einspeisezähler und/oder Zähler für den Eigenverbrauch**

**Trenneinrichtungen für Wechselrichter:** Einrichtungen zur Trennung des Wechselrichters von der DC-Seite und der AC-Seite, um diesen spannungsfrei warten oder austauschen zu können. Auf der DC-Seite ist dafür nach DIN VDE 0100-712 ein Lasttrennschalter vorzusehen (siehe Bild 1 Pkt. 4).

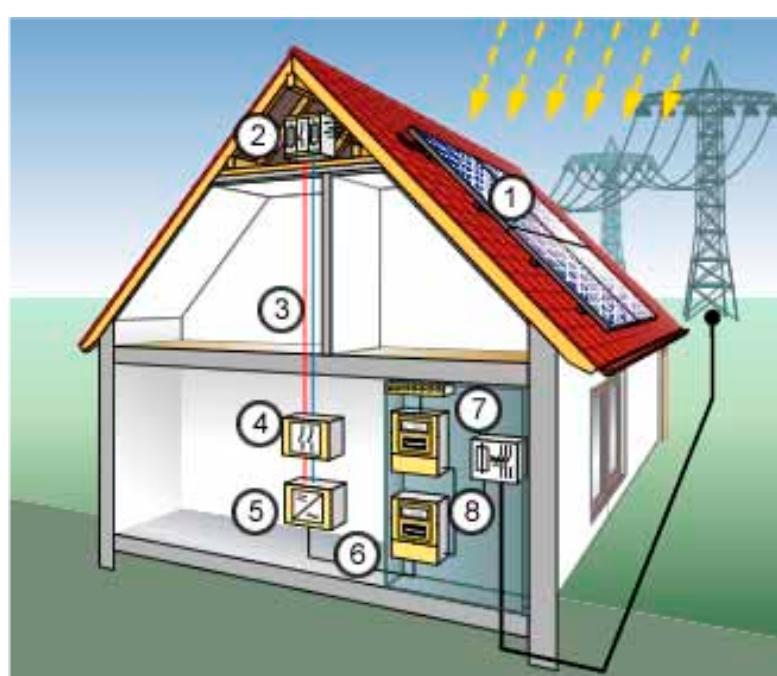
**Freischaltungen für DC-Leitungen (alternativ):**

- Trenneinrichtung, die die DC-Leitungen innerhalb des Gebäudes spannungsfrei schaltet, um Gefährdungen durch elektrischen Schlag, z. B. bei Bränden oder Hochwasser zu minimieren,
- Freischalteinrichtung in oder an der Modulan schlussdose, zum Trennen oder Kurzschließen der Stromquelle. Dadurch wird größtmögliche Spannungsfreiheit und somit auch ein maximaler Schutz vor einem elektrischen Schlag erreicht.

**Bypassdioden:** Sie werden parallel zu den Solarzellen geschaltet. Bei Verschattungen, durch z.

B. Schmutz, Laub, Bäume, Blitzschutz-Fangstangen, sollen sie die Spannungsumkehr und somit die Überhitzung der Zellen (Hot-Spot) und evtl. Zerstörung verhindern (siehe Bild 2). Bypassdioden sind in der Modulan schlussdose installiert. In Kombination von häufiger Verschattung, ungenügender Wärmeabführung in der Anschlussdose, durch Blitzüber spannungen und Verpolung des Moduls kann es zu Ausfällen von Bypassdioden kommen.

**Hot-Spot:** Überhitzung und Beschädigung von Zellen eines PV-Moduls, z. B. durch Verschattungen oder Kontaktproblemen.



**Bild 1:** prinzipieller Aufbau einer PV-Anlage (Quelle: DGS)

**Montagesystem:** Als Teil des PV-Generators hat es die Aufgabe, die PV-Module mit dem Untergrund, z. B. der Dachkonstruktion, dauerhaft mechanisch stabil zu verbinden.

**Harte Bedachung:** Gegen Flugfeuer und strahlende Wärme widerstandsfähige Bedachungen, die eine Ausbreitung von Feuer auf dem Dach und eine Brandübertragung vom Dach auf das Innere des Gebäudes gemäß DIN 4102-7 verhindert. Als Bedachungen gelten Dacheindeckungen und Dachabdichtungen einschließlich etwaiger Dämmschichten sowie Lichtkuppeln oder andere Abschlüsse für Dachöffnungen. Typische Ausführungen der harten Bedachung sind Dachsteine aus Beton und Ziegel.

**Überdachführung:** Verlängerung einer Brandwand bzw. Komplextrennwand jeweils um mindestens 30 cm bzw. 50 cm über die Oberkante der angrenzenden Dachkonstruktion hinaus.

**Gebäudeintegrierte PV-Anlagen (GiPV):** PV-Anlagen, bei denen die PV-Module Bestandteil der Gebäudehülle sind. Sie sind z. B. im Dach oder in der Fassade integriert und erfüllen außer der Funktion der Stromerzeugung noch mindestens eine weitere Funktion, z. B. Wetterschutz, Wärmeschutz, elektromagnetische Abschirmung.

**Additive PV-Anlagen (AdPV):** PV-Anlagen, bei denen die PV-Module zusätzlich an oder auf der Gebäudehülle, z. B. Dach oder Fassade angebracht wurden. Ihre einzige Funktion ist die Stromerzeugung.

Weitere Begriffe sind in der folgenden Literatur enthalten:

- DIN VDE 0100-200 - Errichten von Niederspannungsanlagen - Begriffe
- DIN EN ISO 13943 - Brandschutz-Vokabular
- DIN EN 50521 (VDE 0126-3) Steckverbinder für Photovoltaik-Systeme - Sicherheitsanforderungen und Prüfungen

### 3 Einleitung

#### 3.1 Gefahren

Wie von jeder komplexen technischen Anlage, können von einer PV-Anlage Gefahren ausgehen, z. B. durch Planungs- und Ausführungsfehler.

Darüber hinaus sind sie auf Grund ihres Aufbaus und ihrer Funktion einer Anzahl von äußeren Gefahren ausgesetzt, z. B.

- Wind
- Schnee, Eis
- Hagel
- Blitz und Überspannung
- Überschwemmung
- Feuer
- Diebstahl
- Vandalismus
- Erdbeben

#### 3.2 Schutzkonzept

Schutzmaßnahmen für PV-Anlagen, die im vorliegenden Leitfaden eingehend beschrieben sind, sollen die bestehenden Regeln der Technik ergänzen und zielen insbesondere darauf ab, Betriebsunterbrechungs- und Sachschäden zu vermeiden bzw. zu minimieren. Dies soll durch Maßnahmen zur Begrenzung von Gefahren und durch Maßnahmen zur Qualitätssicherung bei der Planung, Installation, Inbetriebnahme und beim Betrieb von PV-Anlagen erreicht werden. Hierdurch soll auch die höchste Verfügbarkeit der PV-Anlagen sicher gestellt werden.

Schutzmaßnahmen müssen in ein Schutzkonzept integriert werden, um durch ihr Zusammenwirken die objektspezifischen Gefahren zu beherrschen und die jeweils relevanten Schutzziele zu erreichen, z. B. zum Personen-, Umwelt- und Sachschutz. Die nachfolgenden Ausführungen sollen eine Anleitung zur Festlegung von geeigneten Maßnahmen im Rahmen eines objektspezifischen Schutzkonzeptes geben.

Der erforderliche Schutzmfang von PV-Anlagen kann entsprechend dem Ergebnis einer objektspezifischen Bewertung variieren. Ein unzureichender Schutzmfang kann auch die Versicherbarkeit in Frage stellen.

Zur Sicherstellung einer optimalen Umsetzung erforderlicher Schutzmaßnahmen ist es erfahrungsgemäß sinnvoll, das Schutzkonzept in Abstimmung mit allen Beteiligten, insbesondere mit dem Versicherer, zu erstellen.

## 4 Auswahl, Planung, Errichtung und Betrieb

Bei der Beauftragung der Planung und Errichtung sollte der Betreiber überprüfen,

- ob die Planer über die erforderliche Sachkunde und Erfahrung verfügen. Andernfalls sind geeignete Fachkräfte heranzuziehen, z. B. Statiker, Elektrosachverständiger, Dachdecker,
- ob die ausführenden Fachunternehmen ausreichend qualifiziert sind (z. B. Unternehmen mit RAL-Solar-Gütesiegel).

Eine gute Koordination aller beteiligten Gewerke ist bei Planung und Ausführung stets erforderlich.

Eine erhöhte Rechtssicherheit in Bezug auf die Qualität der Anlage kann erreicht werden, wenn Lieferung und Montage gemäß RAL GZ 966 erfolgen.

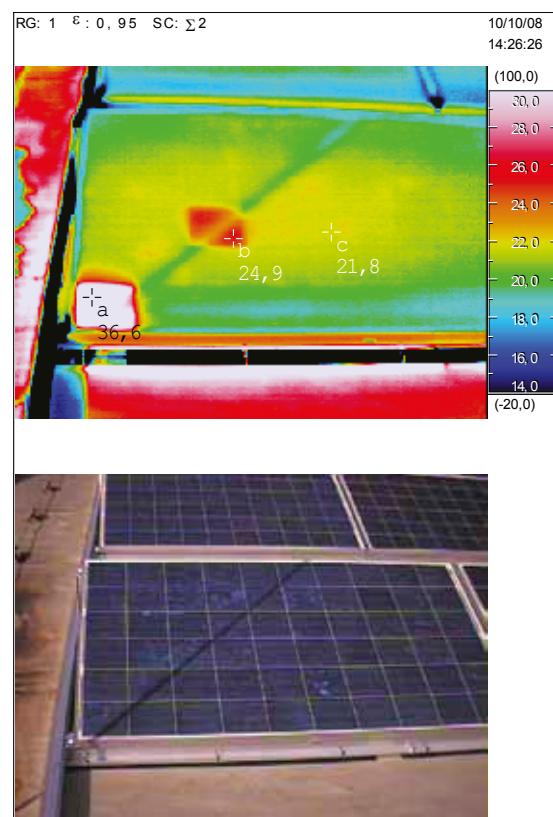
### 4.1 Wahl des geeigneten Montageortes

Unabhängig von den Überlegungen zur Ertragssicherheit sind folgende Fragen im Vorfeld zu klären:

- Welche Gefährdungen sind aus der Umgebung zu erwarten? Z. B.:
  - Blitzschlag, Überspannung
  - Diebstahl, Vandalismus
  - Wald- und Wiesenbrände (Freiflächenanlage)
  - Erdbeben
  - Erdrutsch
  - Bodensenkung
  - Hochwasser
  - Schneedruck
  - Lawine
  - Hagel
  - Sturm
  - punktuelle Verschmutzung, z. B. Vogelkot, Laub
  - Nagetierfraß
  - aggressive Stoffe, z. B. Dämpfe, Stäube
  - Verschattung, z. B. Bäume, Fangstangen (siehe Bild 2)
  - Untergrundbeschaffenheit bei Freiflächenanlagen.
- Welche zusätzliche Beanspruchung entsteht durch die Montage für das Gebäude (z. B. statische Belastungen der Dach- oder Fassadenkonstruktion durch Eigengewicht, Wind- und Schneelast)?

- Kann die Dichtigkeit des Daches durch die Montage beeinträchtigt werden?
- Welche Wechselwirkungen können für die vorhandene technische Gebäudeausrüstung entstehen, z. B. Blitzschutzanlage, Abluftanlage?
- Sind die Änderungen an der vorhandenen Baukonstruktion, die mit der Installation und Befestigung von PV-Modulen einher gehen, zulässig, und sind Gewährleistungen gefährdet, z. B. Dichtigkeit von Flachdächern?
- Gibt es für den Montageort geeignete PV-Module?
- Gibt es geeignete Montagesysteme und sind Herstellerempfehlungen vorhanden?
- Sind Maßnahmen erforderlich, um ursprüngliche Funktionen der Baukonstruktion wieder herzustellen bzw. aufrecht zu erhalten, z. B. Dichtigkeit, Wärmedämmung und Brandschutz?
- Besteht ein erhöhtes Risiko durch die Gebäudenutzung, z. B. erhöhte Brandgefahren durch landwirtschaftliche Nutzung, Holzverarbeitung (siehe feuergefährdete Betriebsstätten, VdS 2033)?
- Muss ein evtl. vorhandenes Brandschutzkonzept aktualisiert werden?

Aus dieser Betrachtung kann abgeleitet werden, ob die geplante Installation der PV-Anlage z. B. bei der vorhandenen Dach- oder Fassadenkonstruktion, möglich und sinnvoll ist.



**Bild 2:** Hot-Spots in Folge einer Verschattung durch eine Blitzschutfangstange (Quelle VGH)

## 4.2 PV-Module

Solarmodule für PV-Anlagen können gemäß der VDI 6012-1.4 entweder additiv, z. B. an der Fassade oder auf dem Dach, oder gebäudeintegriert, z. B. in der Fassade oder im Dach angeordnet werden.

Additive Solarmodule können mittels Montagesystem sowohl parallel als auch mit geändertem Winkel zum angrenzenden Bauteil, z. B. aufgeständert auf dem Dach, befestigt werden.

### 4.2.1 Planung

Damit die PV-Module den unter Abschnitt 3.1 genannten Witterungsverhältnissen standhalten können, wird empfohlen, nur von anerkannten Prüfinstituten (akkreditiert nach EN 17025) zertifizierte PV-Module einzusetzen.

PV-Module werden nach folgenden Normen zertifiziert:

- Bauartzulassung von kristallinen PV-Modulen  
DIN EN 61215 VDE 0126-31
- Bauartzulassung von Dünnenschicht PV-Modulen  
DIN EN 61646 VDE 0126-32
- Bauartzulassung von Konzentrator PV-Modulen und -anordnungen  
DIN EN 62108 VDE 0126-33

jeweils zusammen mit

- Sicherheitsqualifikation von PV-Modulen  
DIN EN 61730-1 VDE 0126-30-1  
DIN EN 61730-2 VDE 0126-30-2.

Die o.g. Normen berücksichtigen auch erhöhte Schnee- und Windlasten (erweiterter Test für Prüflast: 5400 Pa), die bei der statischen Auslegung zu berücksichtigen sind. Weiterhin werden zertifizierte PV-Module einer Hagelprüfung unterzogen (Normwerte: Eiskugel mit einem Durchmesser von 25 mm und einer Geschwindigkeit von 23 m/s auf 11 Aufschlagstellen gerichtet).

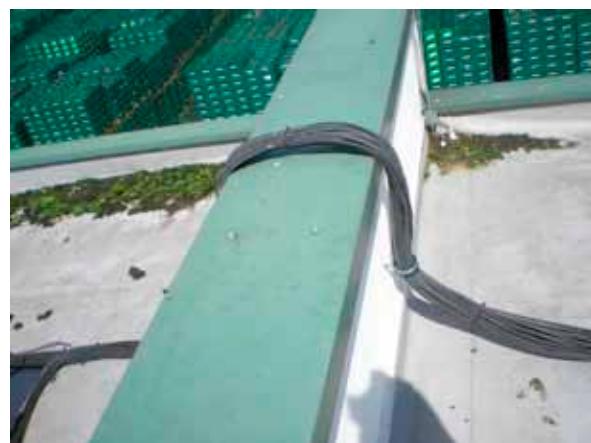
Bei den PV-Modulen ist auf eine Austauschbarkeit der Bypassdioden in der Anschlussdose zu achten.

Das Austauschen von Bypassdioden sollte nur durch eine Elektrofachkraft durchgeführt werden.

#### 4.2.1.1 PV-Module auf dem Dach

Um eine Brandfortleitung zu verhindern dürfen PV-Module und **ungeschützte** Leitungen (siehe

VdS 2025) in Anlehnung an die Landesbauordnungen nicht über eine Brandwand hinweggeführt werden (siehe Bild 3). Lässt sich die Verlegung von Leitungen über oder durch eine Brandwand im Ausnahmefall nicht vermeiden, sind die Leitungen geschützt zu verlegen, z. B. mittels Leitungsschott oder Brandschutzumhüllungen (siehe Bild 4). Vorzugsweise sind Leitungsschotts zu verwenden. Um die Schutzfunktion aufrecht zu erhalten, müssen die verwendeten Baustoffe nachweislich für die Außenanwendung geeignet und dementsprechend UV- und witterungsbeständig sein. Bei der Verwendung von Brandschutzbeschichtungen oder Brandschutzumhüllungen ist die Genehmigung der örtlichen Bauaufsichtsbehörde einzuholen.



**Bild 3:** Nicht erlaubte Verlegung von Leitungen über eine Brandwand (Quelle VGH)



**Bild 4:** Verlegung von Leitungen mit Brandschutzumhüllung über eine Brandwand (Quelle OBO Bettermann)

Ragen die PV-Module über die Überdachführung der Brandwand hinaus, muss gemäß Musterbauordnung (MBO) ein Mindestabstand von 2,5 m zu Brandwänden eingehalten werden. Andernfalls ist ein Mindestabstand von 0,5 m zu Brandwänden einzuhalten. Dieser Mindestabstand gilt auch, wenn ein gesonderter Nachweis für die Begrenzung der Brandgefahren von PV-Modulen vorliegt.

Modulflächen sollten durch modulfreie Streifen aufgeteilt werden, so dass eine wirksame Brandbekämpfung möglich ist.

Damit ist im Brandfall

- das wirksame Löschen eines Feuers bei einzelnen PV-Modulen innerhalb dieser Fläche,
- das Öffnen des Dachs an diesen Stellen durch die Feuerwehr und damit ein kombinierter Innen- und Außenangriff zum Löschen eines Feuers,
- eine Begrenzung des Schadenausmaßes

möglich.

Weitere Unterbrechungen einer zusammenhängenden Modulfläche bringen zusätzliche Vorteile für die Wartung, Reinigung und Reparatur.

PV-Anlagen dürfen Rauch- und Wärmeabzugsanlagen (RWA) nicht beeinträchtigen. Der Arbeitsraum für die Wartung der RWA ist zu berücksichtigen. Planungshinweise für RWA und NRA (natürliche Rauchabzugsanlagen) gibt es vom Fachverband Tageslicht und Rauchschutz e.V. (siehe [http://www.fvlr.de/nra\\_infoeinbau.htm](http://www.fvlr.de/nra_infoeinbau.htm)).

#### 4.2.1.2 PV-Module im Dach bzw. in oder als Fassade

PV-Module als Bestandteil der Gebäudehülle (GIPV), z. B. im Dach oder in der Fassade, die auch die Schutzfunktionen des Dachs bzw. der Fassade, z. B. Regenschutz, übernehmen. Sie müssen u. a. mindestens als normalentflammbarer Baustoff (B2) gemäß der DIN 4102 bzw. Klassen D oder E gemäß der DIN EN 13501-1 klassifiziert sein.

Zur Vermeidung eines Feuerüberschlags vom Geschoss zum darüber liegenden Geschoss müssen PV-Module einer Fassadenanlage aus nichtbrennabaren Baustoffen (A) bestehen. Diese Anforderung gilt für die folgenden Gebäudearten:

- bei Industriebauten mit einer Grundfläche von mehr als 2000 m<sup>2</sup> gemäß der Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (Muster-Industriebaurichtlinie – MIndBauRL, Fassung März 2000) und
- bei Hochhäusern gemäß der Muster-Richtlinie über den Bau und Betrieb von Hochhäusern (Muster-Hochhaus-Richtlinie – MHHR, Fassung April 2008)

Bei ergeschossigen Industriebauten ohne selbsttätige Feuerlöschanlagen und bei mehrgeschossigen Industriebauten mit selbsttätigen

Feuerlöschanlagen müssen PV-Module einer Fassadenanlage gemäß der MIndBauRL mindestens aus schwerentflammablen Baustoffen (B1) bestehen.

PV-Module, die in die Dachfläche eingebaut sind, müssen gemäß den Landesbauordnungen die Anforderungen an eine „harte Bedachung“ (nach DIN 4102-7) erfüllen.

Bei Industrie- und Zweckbauten, sind zusätzliche Anforderungen, z. B. Nachweis der Begrenzung der Brandausbreitung im Dach bei einer Einwirkung eines Entstehungsbrands von unten gemäß DIN 18234, zu beachten.

Der Nachweis über Brandschutzeigenschaften erfolgt über einen Verwendbarkeitsnachweis, z. B. eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für schwerentflammable Baustoffe, ein allgemein bauaufsichtliches Prüfzeugnis für die harte Bedachung, der auf der Baustelle bereitgestellt und dem Auftraggeber/Bauherrn ausgehändigt werden sollte.

Bei aneinander gereihten oder ausgedehnten Gebäuden, die voneinander durch Brandwände zu trennen bzw. zu unterteilen sind, ist darauf zu achten, dass die PV-Module im Fassadenbereich einen ausreichenden Abstand zur Brandwand besitzen. Ferner sind gegebenenfalls auch besondere brandschutztechnische Anforderungen für hinterlüftete Fassaden zu beachten.

PV-Module, die Bestandteile aus Glas besitzen und zugleich die Funktion einer Überkopfverglasung übernehmen, müssen nach DIBt-Richtlinien (TRLV, TRPV, TRAV) den Anforderungen aus der Normenreihe „Glas im Bauwesen“ (DIN 18008) und der Norm für Verbundglas und Verbund-Sicherheitsglas (DIN 14449) entsprechen.

#### 4.2.1.3 PV-Module in der Landwirtschaft

PV-Module, die auf Ställen oder in deren Nähe montiert werden, sollten beständig gegen aggressive Dämpfe und Stäube, z. B. Ammoniak sein, weil die Module ansonsten vorzeitig altern können.

*Hinweis: von der DLG (Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft), TÜV Rheinland und vom VDE werden PV-Module hinsichtlich ihrer Ammoniakbeständigkeit geprüft bzw. zertifiziert (siehe Bild 5).*



**Bild 5:** Schadenbild rechts nach dem DLG-Ammoniak-test (Quelle VDE / DLG)

#### 4.2.1.4 Entsorgung von PV-Modulen

PV-Module sind gegebenenfalls aufgrund toxischer Inhaltsstoffe, z. B. Schwermetalle, gesondert zu entsorgen. Hauptsächlich nach einem Brand sind erhöhte Entsorgungskosten nicht auszuschließen.

Für PV-Module gibt es ein flächendeckendes Sammelsystem, um diese fachgerecht zu entsorgen. Unter [www.pvcycle.org](http://www.pvcycle.org) gibt es hierzu weitere Informationen.

#### 4.2.2 Montage

Bei der Montage der Solarmodule dürfen die angrenzenden Bauteile (Dach, Fassade) in ihren Funktionen nicht beeinträchtigt werden. Hierfür sind die besonderen Gegebenheiten bezüglich Temperaturoausdehnung, Kontaktkorrosion usw. zu berücksichtigen.

Die Installations- und Befestigungshinweise der Modulhersteller sind zu beachten. Zu beachten ist ferner, z. B. der erforderliche Arbeitsraum für die Instandhaltung von angrenzenden Bauteilen (siehe z. B. das Merkblatt „Solartechnik für Dach und Wand“ vom Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks - Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik e.V.)

#### 4.3 Montagesysteme

Das Montagesystem kann aus folgenden Elementen bestehen:

- Befestigung an tragenden Baukonstruktionen (Dach/Außenwand), z. B. Dachhaken, Klemmen, Schellen, Aufstellung auf Flächen mit

Beschweren durch Lasten oder Verankerung im Boden,

- Unterkonstruktion, z. B. Schienentragsystem, Gestell zur Aufständerung auf dem Dach bzw. Aufstellung auf Freiflächen (Holz-/Metall),
- Systemspezifische Modulbefestigung (punkt-/linienförmige Lagerung / Halterung).

#### 4.3.1 Auswahl

Das Montagesystem muss

- für eine beschädigungsreie Aufnahme der vorgesehenen PV-Module geeignet sein (Siehe auch Abs. 4.1),
- ggf. für eine ausreichende Diebstahlsicherung sorgen,
- den Spezifikationen des Modulherstellers entsprechen und
- mit allen Einzelkomponenten und relevanten mechanischen Eigenschaften umfassend dokumentiert sein.

#### 4.3.2 Planung

Zur Wahl und Bemessung des Montagesystems, insbesondere der Befestigung an Baukonstruktionen bzw. Aufstellung auf Freiflächen, müssen je nach dem Ort der Installation (Fassade, auf oder im Dach bzw. auf Freiflächen) folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Einwirkungen aus Eigenlasten (Gewicht von Modulen und Montagesystem) und Verkehrslasten (Wind, Schnee nach DIN 1055-4/-5 und thermische Spannungen) sowie sonstigen Witterungseinflüssen (Korrosionsschutz), (siehe Bild 8),
- Wechselwirkungen mit angrenzenden Bauteilen, z. B. Dachziegel oder brandschutztechnisch anerkannte Leichtkonstruktion mit Stahltrapezprofilen (siehe Bilder 6 und 7).



**Bild 6:** Einbindung Montagesystem (Quelle Schletter)



**Bild 7:** Fehlerhafte Planung (Quelle Mannheimer)

Der Planer oder Errichter muss gemäß den Landesbauordnungen nachweisen, dass die Standsicherheit des Gebäudes durch die Montage der PV-Module nicht beeinträchtigt wird.

Weitere Hinweise:

- *Publikation „Stahltrapezprofilrächer, Planungshinweise für den Brandschutz“, (VdS 2035)*
- *Publikation „Brandschutzmaßnahmen für Dächer, Merkblatt für die Planung und Ausführung“, (VdS 2216)*
- *Flachdachrichtlinie des Dachdeckerhandwerks*

### 4.3.3 Errichtung

Bei der Installation von Montagesystemen ist stets darauf zu achten, dass

- geeignete Elemente nach Angaben des Herstellers verwendet,
- die Einbuanleitung des Herstellers beachtet und
- die angrenzenden Bauteile nicht beschädigt bzw. in ihren konstruktiven und bauphysikalischen Funktionen nicht beeinträchtigt werden.

*Hinweis: derzeit wird die Richtlinie VDI 6012-1-4 zum Thema Befestigung von PV-Anlagen erarbeitet.*

*Hinweis: Die Installation von PV-Anlagen auf Asbestzementdächern (Welleternittdächern) ist verboten. Allerdings kann das Gewerbeaufsichtsamt nach Besichtigung eine Ausnahmegenehmigung erteilen, wenn das asbesthaltige Dach länger als die zu erwartende Nutzungsdauer der PV-Anlage hält.*



**Bild 8:** Sturmschaden durch Nichtbeachtung der Systemstatik (Quelle Mannheimer)

## 4.4 Elektrische Komponenten

Die Errichtungsbestimmungen der Reihe DIN VDE 0100, insbesondere die Norm für PV-Stromversorgungssysteme DIN VDE 0100-712 sind zu beachten.

### 4.4.1 Wechselrichter

Wechselrichter werden nach folgenden Normen zertifiziert:

- „Sicherheit von Leistungsumrichtern zur Anwendung in photovoltaischen Energiesystemen“, DIN EN 62109 (VDE 0126-14), Ersatz für „Ausrüstung von Starkstromanlagen mit elektronischen Betriebsmitteln“, DIN EN 50178 (VDE 0160),
- „Selbsttätige Schaltstelle zwischen einer netzparallelen Eigenerzeugungsanlage und dem öffentlichen Niederspannungsnetz“ (DIN V VDE V 0126-1-1).

Um eine hinreichend lange Lebensdauer der Wechselrichter bei hohem Wirkungsgrad zu erreichen, müssen diese korrekt ausgewählt und installiert werden.

Folgende Hinweise sind bei der Auswahl des Wechselrichters und seines Montageortes vom Planer und Errichter zu beachten:

- Angaben des Herstellers sind einzuhalten, z. B.:
  - die Grenzen der vorgegebenen Umgebungstemperaturen,
  - Montage der Wechselrichter auf nicht brennbarem Untergrund (siehe Bild 9),
  - Mindestabstände zu brennbaren Materialien,
- geeigneter Aufstellungsort:

- möglichst kühler Standort, da hohe Betriebstemperaturen die Lebensdauer verkürzen,
- vor Dämpfen und aggressiver Umgebungsluft geschützter Montageort, vorzugsweise trocken und staubfrei, um Korrosion und die Bildung von Kriechströmen und die damit verbundenen Schäden zu vermeiden,
- Wechselrichter im Außenbereich sind vor direkter Sonneneinstrahlung zu schützen,
- das PV-Stromversorgungssystem und die Wechselrichter sollten oberhalb eines möglichen Überflutungsbereiches (z. B. durch Hochwasser) installiert werden,
- eine geeignete Schutzart ist zu wählen:
  - Innenbereich mindestens IP 20,
  - im Außenbereich mindestens IP 54,
- durch Maßnahmen bei der Errichtung (z. B. Schutzdach) und der Auswahl eines geeigneten Montageortes sind witterungsbedingte Beanspruchungen zu reduzieren sowie die Ablagerung von leicht entzündlichen Stoffen zu verhindern. Durch Abdeckungen o.ä. darf die Luftzirkulation nicht beeinträchtigt werden,
- bei Aufstellung im Freien ist die Frostgefahr zu beachten,
- in Abhängigkeit von Luftfeuchtigkeit und Temperaturgefällen kann sich Kondenswasser bilden. Um Kondenswasserbildung zu vermeiden sind ggf. zusätzliche Maßnahmen wie z. B. Belüften notwendig,
- die maximale Leerlaufspannung der zusammen geschalteten PV-Module (String) darf die zulässige Spannungsgrenze des Wechselrichter nicht überschreiten,
- die Anschlussbedingungen der Netzbetreiber sind zu beachten.

*Hinweis: Das VDN-Merkblatt „Eigenerzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz“ wird*



**Bild 9:** Montage von Wechselrichtern auf brennbaren Untergründen ist nur mit Zustimmung des Herstellers erlaubt. (Quelle Markus Scholand)

durch die Anwendungsregel „Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz – Technische Mindestanforderungen für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz“ (VDE-AR-N 4105) ersetzt.

#### 4.4.2 Kabel- und Leitungsanlagen

Die Auswahl und Verlegung von Kabeln und Leitungen auf der Gleichstrom- und Wechselstromseite hat nach den anerkannten Regeln der Technik zu erfolgen. Auf die GDV-Publikation „Elektrische Leitungsanlagen“ (VdS 2025) wird verwiesen.

Auf der Gleichstromseite hat dies besonders sorgfältig zu erfolgen, da hier der übliche Kurzschlusschutz mit Überstrom-Schutzeinrichtungen z. B. Leitungsschutzschalter, nicht wirksam ist. Aus diesem Grund müssen diese nach DIN VDE 0100-712 in einer Weise ausgewählt und errichtet werden, dass das Risiko eines Erdenschlusses oder Kurzschlusses auf ein Minimum reduziert wird, z. B. durch die sichere Verlegung von Einleiterkabeln oder einadrigen Leitungen. Die Gefahr einer Beschädigung der Kabel und Leitungen ist zu vermeiden, z. B. dürfen diese nicht über scharfe Kanten verlegt und gezogen werden (siehe Bilder 10 und 11).



**Bild 10 und 11:** Beschädigungen von Leitungen (Quelle Markus Scholand)



**Bild 12:** Nicht fachgerechte Leitungsverlegung  
(Quelle VGH)

Um die Gefährdungen der Gleichstromleitungen, die durch äußere Umgebungseinflüsse hervorgerufen werden können, zu verringern, muss Folgendes beachtet werden:

- Die Induktion von Blitzströmen in die Gleichstromleitungen können reduziert oder vermieden werden durch:
  - Vermeidung von großen Leiterschleifen, die Potentialausgleichsleiter sind parallel und in möglichst engem Kontakt zu den DC- und AC-Leitungen zu führen,
  - Verlegung in Metallrohren oder -kanälen, wobei diese beidseitig in den Potentialausgleich mit einzubeziehen sind (bei geerdeten aktiven DC-Leitern sind besondere Anforderungen an deren mechanische Belastbarkeit zu beachten),
  - geschirmte Leitungen, wobei der Schirm in den Potentialausgleich mit einzubeziehen ist,

*Hinweis: Wenn über die genannten Leitungsanlagen Blitzteilströme fließen können, müssen sie blitzstromtragfähig (z. B. 16 mm<sup>2</sup> Kupfer) sein*

- Gleichstromleitungen sind für die existierende Gleichspannung auszulegen, d.h. die höchstzulässige Gleichspannung der Leitung ist zu beachten,
- Leitungen sind geeignet zu befestigen (siehe Bilder 12 und 13)
- offen verlegte Gleichstromleitungen sollten beständig gegen UV-Strahlung und Ozon sein und für die vorkommenden Umgebungstemperaturen ausgelegt sein.

Im landwirtschaftlichen Bereich sind die Leitungen vor Nagetierfraß zu schützen, z. B. durch:



**Bild 13:** Fachgerechte Leitungsverlegung  
(Quelle Golden-Geest GmbH)

- Verlegung in geschlossenen Rohren oder Kanälen, wobei darauf zu achten ist, dass auch die Leitungseinführungen dicht verschlossen sind,
- Keine Verlegung von „Schaukeln“, d. h. Leitung möglichst dicht am Montagesystem verlegen,
- offene Kanäle, wenn das Eindringen von Nagern in geschlossene Kanäle nicht verhindert werden kann,
- Verwendung von Leitungen mit Metallgeflecht bzw. -umhüllung,

Leitungen sollten beständig gegen aggressive Dämpfe und Stäube, z. B. Ammoniak sein, wenn dieses Gas durch, z. B. Gülle freigesetzt werden kann.

*Hinweis: Leitungen, die nach der VDE-Anwendungsregel „Anforderungen für Leitungen für PV-Systeme“ (VDE-AR-E 2283-4) zertifiziert sind, eignen sich besonders für PV-Anlagen (Bauart PV1-F).*

Gleichstromleitungen dürfen nicht durch Räume geführt werden, in denen leicht entzündliche Stoffe (z. B. Stroh) lagern (siehe VdS 2033).

#### 4.4.3 Generatoranschlusskästen und andere Gehäuse

Generatoranschlusskästen und andere Gehäuse müssen entsprechend den Umgebungsbedingungen ausgewählt werden.

Nach DIN VDE 0100-712 müssen Generatoranschlusskästen und Verteiler für PV-Anlagen der Schaltanlagennorm DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1) und -2 (VDE 0660-600-2) (Ersatz für DIN EN 60439-1 (VDE 0660-500)) entsprechen.

**Bild 14:** Verteiler für PV-Anlage (Quelle Hensel)

Auf der DC-Seite der PV-Installation sind Generatoranschlusskästen bevorzugt in Schutzklasse II (schutzisoliert) auszuführen. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Isolationsfestigkeit der maximal möglichen Leerlaufspannung der Anlage entspricht.

Sie müssen mit einem Warnhinweise versehen werden, dass aktive Teile auch nach dem Trennen vom PV-Wechselrichter unter Spannung stehen können.

Bei der Bemessung von Generatoranschlusskästen und Verteilern ist, zur Einhaltung der zulässigen Erwärmungsgrenzen, zu berücksichtigen, dass der Gleichzeitigkeitsfaktor  $g=1$  ist. Auch höhere Umgebungstemperaturen als 35°C bei Außeninstallationen sind zu beachten. In den meisten Fällen ist es ausreichend, die Einbaugeräte mit einem Abstand von 1 bis 2 TE zueinander zu installieren (siehe Bild 14). Die genaue Auswahl ist den Einbauanleitungen der Gerätehersteller zu entnehmen.

#### Innenmontage:

- Es muss mindestens die Schutzart IP 20 eingehalten werden,
- Gehäuse sollten möglichst in trockenen Räumen installiert werden.
- In Abhängigkeit von Luftfeuchtigkeit und Temperaturschwankungen (Tag / Nacht Wechsel) kann sich Kondenswasser bilden (siehe Bild 15). Um Kondenswasserbildung zu vermeiden, sind ggf. zusätzlich Maßnahmen wie z. B. Belüften notwendig.

**Bild 15:** Kondenswasserbildung im Generatoranschlusskasten (Quelle Markus Scholand)

#### Außenmontage:

- Es ist mindestens die Schutzart IP 54 einzuhalten,
- Um eine starke Aufheizung des Gehäuses zu vermeiden, sollten sie nicht der direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt sein, ggf. ist z. B. eine Belüftung oder eine reduzierte Belegung vorzusehen,
- durch Maßnahmen bei der Errichtung (z. B. Schutzdach) und der Auswahl eines geeigneten Montageortes sind witterungsbedingte Beanspruchungen für das Gehäuse zu reduzieren,
- Auf UV-Beständigkeit der Gehäuse muss geachtet werden,
- In Abhängigkeit von Luftfeuchtigkeit und Temperaturschwankungen (Tag/Nacht Wechsel) kann sich Kondenswasser bilden. Um Kondenswasserbildung zu vermeiden sind ggf. zusätzlich Maßnahmen wie z. B. Belüften notwendig.

#### 4.4.4 Trenneinrichtungen

##### 4.4.4.1 DC-Trenneinrichtung nach DIN VDE 0100-712

Nach DIN VDE 0100-712 ist auf der Gleichspannungsseite ein Lasttrennschalter vorzusehen. Dabei ist zu beachten, dass der Lasttrennschalter zum Trennen von Gleichspannungen geeignet sein muss. Häufig ist dieser Schalter bereits im Wechselrichter integriert.

Der DC Freischalter ermöglicht im Störfall sowie bei Wartungs- oder Reparaturarbeiten am Wechselrichter die Trennung von der Gleichspannungsseite.

#### 4.4.4.2 Freischaltung für DC-Leitungen (Feuerwehrschalter)

Der Begriff Feuerwehrschalter bezeichnet eine Vorrichtung, bei der die Gleichspannungsseite einer PV-Anlage in der Nähe zu den Modulen freigeschaltet werden kann. Dadurch sollen die Erschwernisse bei der Brandbekämpfung und technischen Hilfeleistung reduziert werden. Die Funktionsfähigkeit der Vorrichtung sollte auch nach mehrjährigem Betrieb nachweisbar gewährleistet sein.

Für einen sicheren Feuerwehreinsatz wird eine zusätzliche DC-Schaltstelle als Feuerwehrschalter (siehe Bild 16) empfohlen, der mindestens die Gleichspannungsleitungen innerhalb des Gebäudes spannungsfrei schaltet. Abschaltmöglichkeiten direkt an der Modulanschlussdose sind gleichwertig.

Hinweis: Zu diesem Thema wird z. Z. die Anwendungsregel „Anforderungen zur Freischaltung im DC-Bereich einer PV-Anlage“ (VDE-AR-E 2100-712) erarbeitet.



**Bild 16:** Feuerwehrschalter (Quelle EATON)

Die Freischaltung dieses Schalters muss parallel zur Netzabschaltung erfolgen.

Eine zentrale Schaltmöglichkeit zur Wiedereinschaltung ist dann zu empfehlen, wenn mehrere oder schlecht zugängliche Feuerwehrschalter vorhanden sind.

Alternativ wird eine Spannungsfreiheit innerhalb des Gebäudes auch erreicht, wenn der Wechselrichter direkt an den Modulen oder direkt unterhalb der Dacheinführung der DC-Leitungen installiert ist und die Netzversorgung unterbrochen wird (ausgenommen Inselbetrieb).

Das gleiche Schutzziel kann durch eine Verlegung der DC-Leitungen unter folgenden Voraussetzungen erreicht werden:

- Verlegungen der Leitungen in einem Elektroinstallationsschacht oder -kanal der Feuerwiderstandsklassen I 30 bis I 90, je nach erforderlicher Feuerwiderstandsdauer, mindestens aber I 30, dabei muss der Schacht oder Kanal vom Gebäudeeintritt bis mindestens 1,0 m an den Wechselrichter heran geführt werden,
- In Anlehnung an die MLAR darf die Verlegung in Schlitten erfolgen, die mit mindestens 15 mm dicken mineralischem Putz oder 15 mm dicken Platten aus mineralischen Baustoffen verschlossen werden,
- Verlegung an der Gebäudeaußenseite,
- Kombination der beiden vorgenannten Varianten.

#### 4.4.4.3 Schutzeinrichtungen auf der Wechselspannungsseite nach DIN VDE 0100-712

Kabel und Leitungen auf der Wechselspannungsseite müssen durch Überstromschutzeinrichtungen, z. B. Leitungsschutzschalter, Lastschalter mit Sicherung geschützt werden.

Der Einsatz von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) wird aus Brandschutzgründen empfohlen. In anderen Bereichen, z. B. in der Landwirtschaft und bei bestimmten Netzsystmen (wie in TT-Systemen) können sie notwendig sein.

Wenn eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) vorzusehen ist und keine Angaben des Herstellers vorliegen, ob in der elektrischen Anlage über den Wechselrichter im Fehlerfall glatte Gleichfehlerströme auftreten können, ist eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) vom Typ B oder Typ B+ gefordert.

Eine Fehlerstrom-Überwachungseinrichtung (RCMU), die i.d.R. im Wechselrichter integriert ist, ersetzt keine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD).

#### 4.4.5 Blitz- und Überspannungsschutz

##### 4.4.5.1 Blitzschutz

Nach wissenschaftlichen Erkenntnissen erhöht die Errichtung einer PV-Anlage nicht die Wahrscheinlichkeit des Blitzeinschlages in ein Gebäude.



**Bild 17:** Abstand zwischen DC-Leitungen und Blitzschutzanlage nicht eingehalten (Trennungsabstand) (Quelle Markus Scholand)

Allerdings darf eine PV-Anlage eine vorhandene Blitzschutzanlage nicht beeinträchtigen. Deshalb müssen Fangeinrichtungen mit der PV-Anlage aufeinander abgestimmt werden.

Dies erfolgt vorzugsweise dadurch, dass sich die PV-Module vollständig im Schutzbereich der Fangeinrichtungen befinden. Dabei ist ein ausreichender Trennungsabstand zu beachten (siehe VdS 2031) (siehe Bilder 17 und 18).

Kann der Trennungsabstand in Ausnahmefällen nicht eingehalten werden oder liegt die PV-Anlage nicht im Schutzbereich der Fangeinrichtungen, müssen blitzstromtragfähige Verbindungen, z. B. 16 mm<sup>2</sup> Cu zwischen äußerem Blitzschutz und PV-Modul-Gestell hergestellt werden. Die Auswirkungen von Blitzteilströmen sind jedoch zu beachten. Am Gebäudeeintritt ist ein Blitzschutzpotentialausgleich auszuführen.

Bei komplexeren Anlagen empfiehlt es sich, eine spezielle ausgebildete Fachkraft hinzuziehen,



**Bild 18:** Abstand zwischen DC-Leitungen und Blitzschutzanlage nicht eingehalten (Trennungsabstand) (Quelle VGH)

z. B. einen VdS anerkannten EMV-Sachkundigen ([www.vds.de/emv](http://www.vds.de/emv)) oder eine gleichwertige Blitzschutz-Fachkraft.

Die Auswahl der Überspannungsschutzgeräte (Ableiter) (siehe Bild 19) ist davon abhängig, ob ein äußerer Blitzschutz vorhanden ist und ob bei vorhandener äußerer Blitzschutzanlage der notwendige Trennungsabstand eingehalten wird.

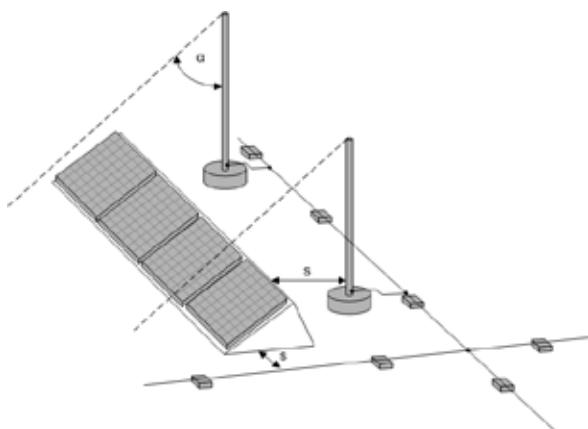
#### 4.4.5.2 Überspannungsschutz bei Anlagen ohne äußeren Blitzschutz

Ist keine äußere Blitzschutzanlage vorhanden, werden Überspannungsschutzgeräte an folgenden Stellen empfohlen:

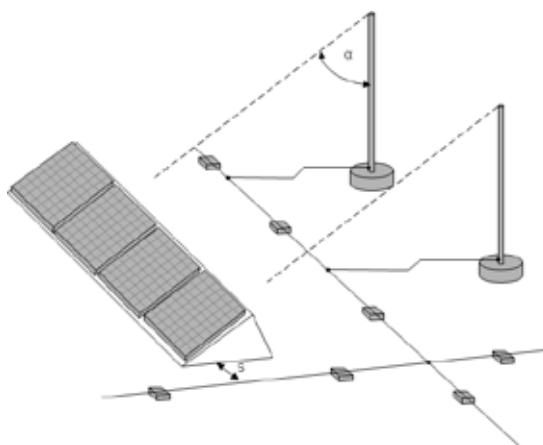
- am DC-Eingang des Wechselrichters und, wenn vorhanden, am Generatoranschlusskasten (Ableiter Typ 2),
- auf der AC-Seite des Wechselrichters (Ableiter Typ 2),
- am Anschluss der Datenleitung des Wechselrichters (Ableiter Kategorie C2),
- der elektronischen Komponenten des Diebstahlschutzes (siehe Abschnitt 4.5),
- Ein örtlicher Potentialausgleich ist auszuführen.



**Bild 19:** Generatoranschlusskasten mit Überspannungsschutzgräten (Quelle Hensel)



**Bild 20:** PV-Anlage im Schutzbereich der Fangstangen



**Bild 21:** PV-Anlage nicht im Schutzbereich der Fangstangen

#### 4.4.5.3 Überspannungsschutz bei PV-Anlagen mit äußerem Blitzschutz

Ist eine äußere Blitzschutzanlage vorhanden, die auch zusätzlich die PV-Anlage schützen soll (siehe Bild 20), sind Überspannungsschutzgeräte an folgenden Stellen zu installieren:

- am DC-Eingang des Wechselrichters und direkt an den Generatoranschlusskästen (Ableiter Typ 2),  
Hinweis: Nach Beiblatt 5 der DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) kann auf diesen Ableiter verzichtet werden, wenn Schirmung und Leitungsführung (siehe Abschnitt 4.4.2) ausreichend berücksichtigt wurden.
- am AC-Ausgang der Wechselrichter (Ableiter Typ 2),
- an der Niederspannungs-Einspeisung (Ableiter Typ 1),
- am Anschluss der Datenleitung des Wechselrichters (Ableiter Kategorie C2)
- am Anschluss der Datenleitung in das Gebäude (Ableiter Kategorie D1).
- der elektronischen Komponenten des Diebstahlschutzes (siehe Abschnitt 4.5).

Ist trotz vorhandener Blitzschutzanlage die PV-Anlage nicht im Schutzbereich der Blitzfangeinrichtung oder der Trennungsabstand  $s$  (siehe Bild 21) wird nicht eingehalten, muss trotzdem ein Blitzschutzpotentialausgleich durchgeführt werden. In diesem Fall ist die PV-Anlage allerdings nicht gegen Blitzschäden geschützt.

Folgende Maßnahmen sind notwendig:

- Blitzstromableiter Typ 1 für alle Leitungen, die in das Gebäude geführt werden,
- blitzstromtragfähige Erdungsleitung zur Haupterdungsschiene,

- zur Vermeidung von Induktionen sind ausreichende Abstände zwischen der Erdungsleitung und der technischen Gebäudeausrüstung zu beachten,
- weitere Empfehlungen zum Überspannungsschutz siehe Abschnitt 4.4.5.2.

Soll die PV-Anlage gegen Überspannungen nicht geschützt werden, kann auf weitere Maßnahmen verzichtet werden, wenn:

- die PV-Anlage im Schutzbereich der Blitzschutzanlage ist und
- Trennungsabstände  $s$  eingehalten werden (siehe Bild 20).

**In den beiden letzt genannten Fällen ist eine Beschädigung oder Zerstörung der Anlagenkomponenten bei einem Blitzeinschlag zu erwarten (siehe Bild 22).**



**Bild 22:** Überspannungsschaden (Quelle Markus Scholand)

Detaillierte Angaben zum Blitz- und Überspannungsschutz von PV-Anlagen können dem Beiblatt 5 der DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) entnommen werden.

#### 4.4.5.4 Elektrostatische Aufladung

Unabhängig vom äußereren Blitzschutz ist ein Potentialausgleich (mit min. 6 mm<sup>2</sup> Kupfer) zwischen dem Montagegestell der PV-Module und der Haupterdungsschiene vorzusehen. Damit wird eine elektrostatische Aufladung und eine damit verbundene Personengefährdung vermieden.

#### 4.4.5.5 Auswahl von Ableitern auf der DC-Seite

Die Abstimmung der Ableiter auf der Gleichspannungsseite erfordert besondere Sorgfalt. Bei einer falschen Auswahl besteht Brandgefahr. Ableiter müssen für Gleichspannungen von Photovoltaikanlagen geeignet sein und entsprechend der Spannungshöhe ausgewählt werden. Die Betriebsspannung der Ableiter auf der DC-Seite ist so zu wählen, dass sie größer ist als die bei -10 °C zu erwartende Leerlaufspannung des Solargenerators.

#### 4.4.5.6 Erdungskonzept für Freiflächenanlagen

Freiflächenanlagen sind nach DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) Beiblatt 5, Anhang D zu erden und zu vermaschen. Dadurch werden Überspannungen deutlich reduziert.

Bei nachgeführten Anlagen wird ein äußerer Blitzschutz nach DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) Beiblatt 5, Anhang B empfohlen.

### 4.5 Diebstahlschutz

Das Diebstahlschutzkonzept sollte in der Planungsphase mit dem Versicherer abgesprochen werden. In Folgendem werden einige Hinweise für dieses Konzept aufgezeigt.

Viele Anlagenbetreiber stellen ihre PV-Anlage im Internet dar. Für Interessenten und Nutzer von PV-Anlagen sind die vielen Informationsseiten der PV-Betreiber mit Darstellung von Anlagetypen und Größen, Standorten und Erträgen usw. gern besuchte Internetseiten. Betrüger- und Diebesbanden nutzen diese Berichte zu gezielten Raubzügen.

Besonders gefährdet sind:

- PV-Anlagen auf unbewohnten oder abgelegenen Gebäuden, z. B. landwirtschaftliche Gebäude, Schulen, Verwaltungsgebäude, Lagerhallen,
- Freiflächenanlagen,
- gelagerte Anlagenteile.

Um den Verkauf von gestohlenen PV-Modulen und Wechselrichtern zu erschweren, sollten diese mit nicht entfernbaren Seriennummern versehen sein. Der Anlagenbesitzer sollte eine Liste mit den Seriennummern in der Anlagendokumentation aufbewahren.

Beispielsweise können sogenannte Eigentümer-Identifizierungs-Nummer – „EIN“ zur Kennzeichnung verwendet werden (siehe Beispiel).

Erklärung/Beispiel: -STA124KLARASTR122HM-

Stadt- bzw. Landkreiskennung (max. 3stellig)	STA
Gemeindeschlüssel (3stellig)	124
Straßenname abgekürzt (3-8stellig)	KLARASTR
Hausnummer (3stellig)	122
Initialen des Eigentümers (2stellig)	HM

PV-Module und Wechselrichter können mechanisch gesichert werden, z. B.:

- mit Metallkugeln, die in Innensechkantschrauben eingeschlagen werden,
- Schrauben mit zweiteiligem Schraubkopf und Sollbruchstelle,
- Verklebungen.

Bei Aufdachanlagen sind mobile Aufstiegshilfen, z. B. Leitern, Mülltonnen, zu vermeiden.

Freiflächenanlagen stehen häufig auf abgelegenen Flächen mit einer großen Anzahl gut zugänglicher Module.

Zur Sicherung von solchen Anlagen werden zusätzlich folgende Maßnahmen empfohlen:

- stabile Einzäunung mit einer Mindesthöhe von 2 m sowie Übersteig- und Unterkriechschutz,
- elektronische Freilandsicherung mit Alarmaufschaltung, z. B. Reißdrahtsystem, Überwachungskamera.

*Hinweis: Hier darf der dafür notwendige Überspannungsschutz nicht vergessen werden (siehe Abschnitt 4.4.5).*

Weitere Hinweise: Publikationen „Sicherungsrichtlinien Perimeterschutz und Perimeterdetektion“ (VdS 3143) und „Diebstahl von Photovoltaikanlagen – Sicherungsempfehlungen“, des bayerischen Landeskriminalamtes ([www.polizei.bayern.de](http://www.polizei.bayern.de))

## 4.6 Inbetriebnahme

Die Generatorseite einer PV-Anlage kann ohne den Einbau von Schaltgeräten nicht abgeschaltet werden. Nach dem Verbinden der Anschlusskabel mit den Modulen liegt sofort eine Gleichspannung an. Die Gefahr einer Körperdurchströmung und der Lichtbogenbildung ist gegeben. Daher stellt die Inbetriebnahme einer PV-Anlage für den Ausführenden eine besondere Risikosituation dar. Eine Inbetriebnahme darf gem. der Norm für den Betrieb elektrischer Anlagen (VDE 0105-100) und der Berufsgenossenschaftlichen Regel für Arbeiten unter Spannung (BGR A3) nur durch eine Elektrofachkraft mit besonderer Ausbildung (u. a. „Arbeiten unter Spannung“) und Erfahrung auf diesem Arbeitsgebiet durchgeführt werden. Die notwendigen Arbeitsschritte und Messungen müssen vor Inbetriebnahme schriftlich festgelegt werden.

Der Umfang und die Vorgehensweise der Erstprüfung einer elektrischen Anlage ist in der Norm für Prüfungen (VDE 0100-600) festgelegt.

Darüber hinaus sind bei PV-Anlagen Besonderheiten zu beachten, die in der Norm „Netzgekoppelte Photovoltaik-Systeme - Mindestanforderungen an Systemdokumentation, Inbetriebnahmeprüfung und wiederkehrende Prüfungen“ (DIN EN 62446 VDE 0126-23) beschrieben werden:

- Vollständige Sichtprüfung des Aufbaus, der Kabelführung und der Befestigung der mechanischen Konstruktion, Sichtkontrolle aller elektrischen Anschlüsse und Kabelverlegungen (siehe Bild 23),
- Messtechnische Überprüfung der Leerlaufspannung und der Polarität vor dem Anschluss des Wechselrichters und Abgleich mit den Gerätedaten,



**Bild 23:** Brandschaden durch lose Klemmestelle an einem PV-Verteiler, aufgrund eines falsch eingelegten Gewindestückchens, siehe rechts (Quelle Markus Scholand)

- Isolationsmessung mit ausreichender Prüfspannung, siehe Norm DIN EN 62446 (VDE 0126-23) Tabelle 1,
- Kurzschlussstrommessung aller Stränge,
- Funktionsprüfungen.

Zusätzlich kann die Untersuchung mittels einer Thermografiekamera Fehlerstellen der Module oder elektrischer Verbindungen aufzeigen. Diese Untersuchungen sind von einem zertifizierten Thermografen durchzuführen, z. B. VdS anerkannter Sachverständiger für Elektrothermografie ([www.vds.de/et](http://www.vds.de/et)) oder gleichwertiger Sachverständiger.

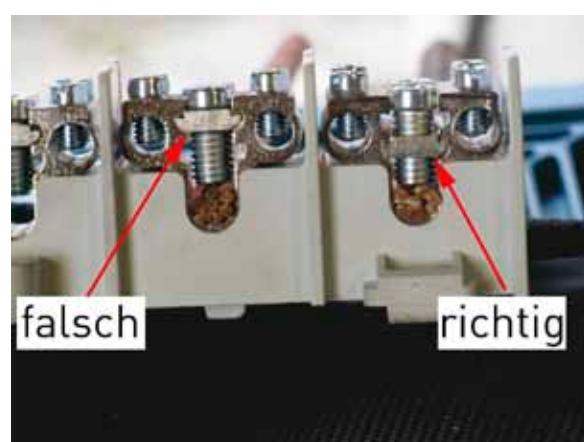
Nach der Inbetriebnahme ist eine vollständige Dokumentation der PV-Anlage mit den Planungs- und Geräteunterlagen, einschließlich aller Messprotokolle an den Betreiber zu übergeben. In der Norm DIN EN 62446 (VDE 0126-23) ist ein Muster Prüfbericht angehängt.

Der Bundesverband Solarwirtschaft (BSW) und der Zentralverband des Elektrohandwerks (ZVEH) bieten einen Anlagenpass für die komplette Dokumentation an ([www.photovoltaik-anlagenpass.de](http://www.photovoltaik-anlagenpass.de)).

Zusätzlich zu der Inbetriebnahme sollte eine Abnahme durch einen Sachverständigen, z. B. VdS anerkannten Sachverständigen ([www.vds.de/esv](http://www.vds.de/esv)), VDE-Prüfinstitut, TÜV oder gleichwertigen Sachverständigen vereinbart werden.

## 4.7 Betrieb

Die fachtechnisch korrekte Wartung, Kontrolle und eine evtl. notwendige Instandsetzung einer PV-Anlage kann nur durch eine ausgebildete Fachkraft ausgeführt werden. Dennoch kann der Betreiber der PV-Anlage einiges tun, damit seine



Anlage über viele Jahre weitgehend sicher und zufriedenstellend betrieben werden kann.

Bei der Übergabe der PV-Anlage nach der Errichtung sollte sich der Betreiber die genaue Funktion erläutern lassen. Die Hersteller der Komponenten weisen in ihren technischen Unterlagen in der Regel auf Maßnahmen hin, die auch vom Laien durchgeführt werden können. Diese sollten mit dem Errichter der Anlage besprochen werden. Hier können beispielsweise genannt werden:

- regelmäßige Sichtkontrollen,
- ereignisabhängige Sichtkontrollen,
- das äußere Sauberhalten von Wechselrichteranlagen.

Durch die regelmäßigen Sichtkontrollen können offensichtliche Beschädigungen, wie Isolationschäden bei Kabeln, Gehäuseschäden bei Verteilungen und Wechselrichtergehäusen, PV-Generatoren usw. frühzeitig erkannt werden.

Ereignisabhängige Sichtkontrollen sind nach einem Sturm oder Gewitter durchzuführen. Hier ist darauf zu achten, ob z. B. Gegenstände wie Äste auf das Dach gefallen sind und dort eventuell Beschädigungen hervorgerufen haben. Wurden Halterungen von PV-Anlagen durch den Sturm beschädigt oder deformiert? Sind Blitzbeschädigungen sichtbar?

Wenn Schäden festgestellt werden, ist der Versicherer zu informieren und ein Fachbetrieb einzuschalten. Wenn möglich, sollten vorab Schadensbilder übermittelt werden.

Eine PV-Anlage ist, wie jede technische Anlage in regelmäßigen Abständen zu prüfen und zu warten.

Folgende Fristen für wiederkehrende Prüfungen werden empfohlen:

- jährlich Sichtprüfung durch einen Fachbetrieb. Folgende Punkte sind für die Sichtprüfung maßgeblich:
  - Kontrolle sämtlicher Anlagenteile auf Schäden durch z. B. Witterungseinflüsse, Tiere,
  - Schmutz, Ablagerungen, Anhaftungen, Bewuchs,
  - Dachdurchdringungen, Abdichtungen,
  - Standfestigkeit, Korrosion des Montagesystems,
  - Kontrolle der Schutzeinrichtungen.
- mindestens alle 4 Jahre: wiederkehrende Prüfung nach „Netzgekoppelte Photovoltaiksysteme - Mindestanforderungen an System-

dokumentation, Inbetriebnahmeprüfung und wiederkehrende Prüfungen“, DIN EN 62446 (VDE 0126-23).

*Hinweis: Bei wiederkehrenden Prüfungen, z. B. nach BGV A3, sind PV-Anlagen (als Bestandteil der elektrischen Anlage) in die Prüfung mit einzubeziehen.*

- Blitzschutzanlagen auf Gebäuden mit PV-Anlagen sollten mindestens alle 5 Jahre überprüft werden (siehe VdS 2010)

#### 4.8 Einsatz von Feuerwehren (Brandbekämpfung)

PV-Module erzeugen bei Tageslicht sowie bei anderen Lichtquellen, z. B. Scheinwerfern, trotz einer Abtrennung der Anlage vom Netz weiterhin Gleichstrom. Dadurch wird die manuelle Brandbekämpfung erschwert. Eine Trennstelle der Gleichstromleitungen auf dem Dach ist derzeit im Allgemeinen nicht vorgesehen, wird aber empfohlen (siehe Abschnitt 4.4.4 „Trenneinrichtungen“).

Gebäude mit PV-Anlagen sollten im Bereich der Hausverteilung oder des Hausanschlusses durch ein Hinweisschild (siehe Bild 24; mindestens DIN A6) gekennzeichnet sein.

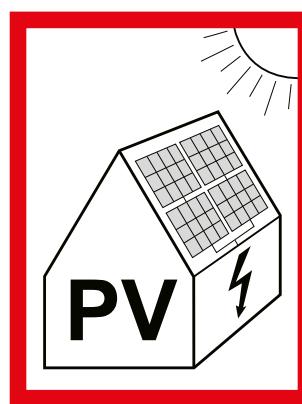


Bild 24: Hinweisschild PV-Anlagen

Ist ein Feuerwehrplan vorhanden, ist die Anlage mit Leitungsführung einzzeichnen.

PV-Module im oder auf dem Dach können im Brandfall die Abführung von Wärme und Rauch behindern. Die Brandausbreitung wird durch Kamineffekte unterhalb der Module z. B. auf Satteldächern und Reflexion der Wärme zurück auf die Dachfläche beschleunigt. Das Öffnen der Dachfläche für Rauchabzüge (siehe Abschnitt 4.2.1.1) ist erschwert.

Weitere Hinweise können der gemeinsamen Publikation der Feuerwehren, Industrie und Versicherungen „Einsatz an Photovoltaikanlagen, Informationen für Einsatzkräfte von Feuerwehren und technischen Hilfsdiensten“ entnommen werden ([www.solarwirtschaft.de/brandvorbeugung](http://www.solarwirtschaft.de/brandvorbeugung)).

## Anhang Literatur

### GDV-Publikationen, erschienen im VdS-Verlag

**VdS 2010** Risikoorientierter Blitz- und Überspannungsschutz

**VdS 2025** Elektrische Leitungsanlagen

**VdS 2031** Blitz- und Überspannungsschutz in elektrischen Anlagen

**VdS 2035** Stahltrapezprofilrächer, Planungshinweise für den Brandschutz

**VdS 2033** Elektrische Anlagen in feuergefährdeten Betriebsstätten und diesen gleichzustellende Risiken

**VdS 2216** Brandschutzmaßnahmen für Dächer,

**VdS 2234** Brand- und Komplextrennwände, Merkblatt für die Anordnung und Ausführung

VdS Schadenverhütung Verlag  
Amsterdamer Straße 174,  
50735 Köln  
[www.vds.de](http://www.vds.de)

Broschüre „Erneuerbare Energien“ ([www.gdv.de](http://www.gdv.de))

### Normen

**DIN VDE 0100** Errichten von Niederspannungsanlagen

- Teil 200 Begriffe
- Teil 410 Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag
- Teil 430 Schutzmaßnahmen - Schutz bei Überstrom
- Teil 443 Schutzmaßnahmen - Schutz bei Störspannungen und elektromagnetischen Störgrößen - Schutz bei Überspannungen infolge atmosphärischer Einflüsse oder von Schaltvorgängen
- Teil 444 Schutzmaßnahmen - Schutz bei Störspannungen und elektromagnetischen Störgrößen
- Teil 530 Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel - Schalt- und Steuergeräte
- Teil 520 Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmitteln - Kabel- und Leitungsanlagen
- Teil 534 Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel - Trennen, Schalten und Steuern - Überspannung-Schutzeinrichtungen

- Teil 540 Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel - Erdungsanlagen, Schutzeleiter und Schutzzpotentialausgleichsleiter
- Teil 712 Solar-Photovoltaik (PV) Stromversorgungssysteme
- Teil 600 Prüfungen

**DIN VDE 0105-100** Betrieb von elektrischen Anlagen - Allgemeine Festlegungen

**DIN V VDE V 0126-1-1** Selbsttätige Schaltstelle zwischen einer netzparallelen Eigenerzeugungsanlage und dem öffentlichen Niederspannungsnetz

**E DIN EN 62109-1 VDE 0126-14-1** Sicherheit von Leistungsumrichtern zur Anwendung in photovoltaischen Energiesystemen - Allgemeine Anforderungen,

**E DIN EN 62109-2 VDE 0126-14-2** Sicherheit von Leistungsumrichtern zur Anwendung in photovoltaischen Energiesystemen – Anforderungen an Wechselrichter,

**DIN EN 61215 VDE 0126-31** Bauartzulassung von kristallinen PV-Modulen

**DIN EN 61646 VDE 0126-32** Bauartzulassung von Dünnschicht PV-Modulen

**DIN EN 62108 VDE 0126-33** Bauartzulassung von Konzentrator PV-Modulen und -anordnungen

**DIN EN 61730-1 VDE 0126-30-1** Photovoltaik (PV)-Module –Sicherheitsqualifikation - Anforderungen an den Aufbau

**DIN EN 61730-2 VDE 0126-30-2** Photovoltaik (PV)-Module –Sicherheitsqualifikation - Anforderungen an die Prüfung

**DIN EN 62446 VDE 0126-23** Netzgekoppelte Photovoltaik-Systeme -Mindestanforderungen an Systemdokumentation, Inbetriebnahmeprüfung und wiederkehrende Prüfungen

**DIN EN 50178 VDE 0160** Ausrüstung von Starkstromanlagen mit elektronischen Betriebsmitteln

**DIN EN 60439-1 VDE 0660-500** Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen -Typgeprüfte und partiell typgeprüfte Kombinationen

**DIN EN 61439-1 VDE 0660-600-1** Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen - Allgemeine Festlegungen

**DIN EN 61439-2 VDE 0660-600-2** Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen - Energie-Schaltgerätekombinationen

**DIN EN 62305-3 VDE 0185-305-3** Blitzschutz - Schutz von baulichen Anlagen und Personen,

**DIN EN 62305-3 VDE 0185-305-3 Beiblatt 5** Blitz- und Überspannungsschutz für Photovoltaik-Stromversorgungssysteme

VDE-Verlag GmbH, Berlin-Offenbach  
Bismarckstr. 33, 10625 Berlin  
[www.vde-verlag.de](http://www.vde-verlag.de)

**DIN 1055** Einwirkungen auf Tragwerke

**DIN 4102** Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen

**DIN EN 13501** Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten

**DIN 18008** Glas im Bauwesen - Bemessungs- und Konstruktionsregeln

**DIN 18234** Baulicher Brandschutz großflächiger Dächer - Brandbeanspruchung von unten

**DIN EN 14449** Glas im Bauwesen - Verbundglas und Verbund-Sicherheitsglas

**DIN EN ISO 13943** - Brandschutz-Vokabular

Beuth Verlag GmbH  
10772 Berlin  
[www.beuth.de](http://www.beuth.de)

**RAL-GZ 966** Solarenergieanlagen von RAL Güte Gemeinschaft

**MBO** Muster-Bauordnung

**MIndBauRL** Muster-Industriebaurichtlinie, Fassung März 2000

**MHHR** Muster-Hochhaus-Richtlinie, Fassung April 2008

Anforderungsprofil für Leitungen für PV-Systeme“ des Komitees für isolierte Starkstromleitungen vom Komitee UK 411.2 der DKE

**VDI 6012 Blatt 1.4** Befestigung von Solarmodulen und -kollektoren an und auf Gebäuden

**Deutsches Dachdeckerhandwerk, Regeln für Abdichtungen (Flachdachrichtlinie)**, Hrsg.: Zen-

tralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks e.V. -ZVDH-, Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik e.V.

**TRLV** Technische Regeln für die Verwendung von linienförmig gelagerten Verglasungen

**TRPV** Technische Regeln für die Verwendung von punktförmig gelagerten Verglasungen

**TRAV** Technische Regeln für die Verwendung von absturzsichernden Verglasungen

Fachbuch „Photovoltaik: Strom aus Sonnenlicht für Verbundnetz und Inselanlagen“  
(H. Häberlin; VDE-Verlag; 2. Auflage)

**Leitfaden Photovoltaische Anlagen**,  
(Ralf Haselhuhn, Uwe Hartmann, Udo Siegfriedt u.a.; 4. Auflage 2010; Herausgeber DGS Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie)

#### Internetseiten:

[www.solarfoerderung.de](http://www.solarfoerderung.de)  
[www.photovoltaik-Anlagenpass.de](http://www.photovoltaik-Anlagenpass.de)  
[www.gueteschutz-solar.de](http://www.gueteschutz-solar.de)  
[www.solarwirtschaft.de](http://www.solarwirtschaft.de)





---

Herausgeber: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV)

Verlag: VdS Schadenverhütung GmbH • Amsterdamer Str. 174 • D-50735 Köln

Telefon: (0221) 77 66 - 0 • Fax: (0221) 77 66 - 341

Copyright by VdS Schadenverhütung GmbH. Alle Rechte vorbehalten.