

Photovoltaikanlagen



Zusammenfassung

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

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 Renewables 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

Inhalt

Zusammenfassung	2
1 Anwendungsbereich	4
2 Begriffe	4
3 Einleitung	5
3.1 Gefahren	5
3.2 Schutzkonzept	5
4 Auswahl, Planung, Errichtung und Betrieb	5
4.1 Wahl des geeigneten Montageortes	6
4.2 PV-Module	6
4.3 Montagesysteme	9
4.4 Elektrische Komponenten	10
4.5 Diebstahlschutz	17
4.6 Inbetriebnahme	18
4.7 Betrieb	19
5 Literatur/Quellen	21
5.1 Gesetze und Verordnungen	21
5.2 Vorschriften, Regeln und Informationen der Träger der gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV)	21
5.3 Technische Regeln	21
5.4 Publikationen der deutschen Versicherer zur Schadenverhütung	22
5.5 Publikationen der VdS Schadenverhütung GmbH (VdS)	22
5.6 Weiterführende Literatur	22
Anhang A Checkliste PV-Anlagen	23

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, zwischengespeichert 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 zusammengeschalteten 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**
- (9) **Speicher elektrischer Energie (optional)**

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).



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

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 Modulanschlussdose, 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. Bypassdioden sind in der Modulanschlussdose installiert. In Kombination von häufiger Verschattung, ungenügender Wärmeabfuhrung in der Anschlussdose, durch Blitzüberspannungen 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, Zellfehler oder Kontaktproblemen.

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; international BiPV): 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

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 (siehe Abschnitt 4.1).

Neuerdings zeigen sich aber auch andere Gefahren. Betreiber von PV-Anlagen vernachlässigen ihre Anlagen. Gefahren für das Gebäude erwachsen und der Gebäudeeigentümer kann nur indirekt und mit Verzögerung auf die neue Gefahrenlage reagieren. Liegt eine Konstellation mit angemieteter Dach-/Fassadenfläche vor, soll bei Vertragsabschluss eine Regel festgehalten werden, wie sich Anlagenbetreiber und Gebäudeeigentümer vereinbaren, wenn der Anlagenbetreiber seinen

Pflichten nicht nachkommt und daraus Gefahren für das Gebäude entstehen.

3.2 Schutzkonzept

Die in der Publikation beschriebenen Schutzmaßnahmen für PV-Anlagen 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 zur Qualitätssicherung bei der Planung, Errichtung, Inbetriebnahme und beim Betrieb von PV-Anlagen erreicht werden. Hierdurch soll auch die höchste Verfügbarkeit der PV-Anlagen sichergestellt werden.

Schutzmaßnahmen müssen in ein Schutzkonzept integriert werden. Mit den Maßnahmen sollen die objektspezifischen Gefahren beherrscht und die jeweils relevanten Schutzziele erreicht werden, z. B. zum Personen-, Umwelt- und Sachwertschutz. Die nachfolgenden Ausführungen sollen eine Anleitung zur Festlegung von geeigneten Maßnahmen im Rahmen eines objektspezifischen Schutzkonzeptes geben.

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

Damit erforderliche Schutzmaßnahmen optimal umgesetzt werden, 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 sicherstellen,

- dass Planer über die erforderliche Sachkunde und Erfahrung verfügen. Andernfalls sind geeignete Fachkräfte heranzuziehen, z. B. Statiker, Dachdecker, PV-Sachverständiger,
- dass ausführende Fachunternehmen ausreichend qualifiziert sind,
- dass eine ausführliche Dokumentation übergeben wird, z. B. PV-Anlagenpass und ggf. Speicherpass,

- dass eine Abnahmeprüfung z. B. durch einen unabhängigen PV-Sachverständigen vereinbart wird.

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

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.:
 - Blitzeinschlag, Überspannung
 - Diebstahl, Vandalismus
 - Wald- und Wiesenbrände (Freiflächenanlage)
 - Erdbeben
 - Erdbeben
 - Bodensenkung
 - Überschwemmung
 - Eis- bzw. Schneedruck
 - Lawine
 - Hagel
 - Sturm
 - punktuelle Verschmutzung, z. B. Vogelkot, Laub
 - Tierverschiss
 - aggressive Stoffe, z. B. Dämpfe, Stäube
 - 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?
- Können Verschattungen durch Kamine, Masten, Fangstangen (siehe Bild 2), Bäume, Gauben usw. auftreten?
- Sind die Änderungen an der vorhandenen Baukonstruktion, die mit der Installation und Befestigung von PV-Modulen einhergehen, 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.

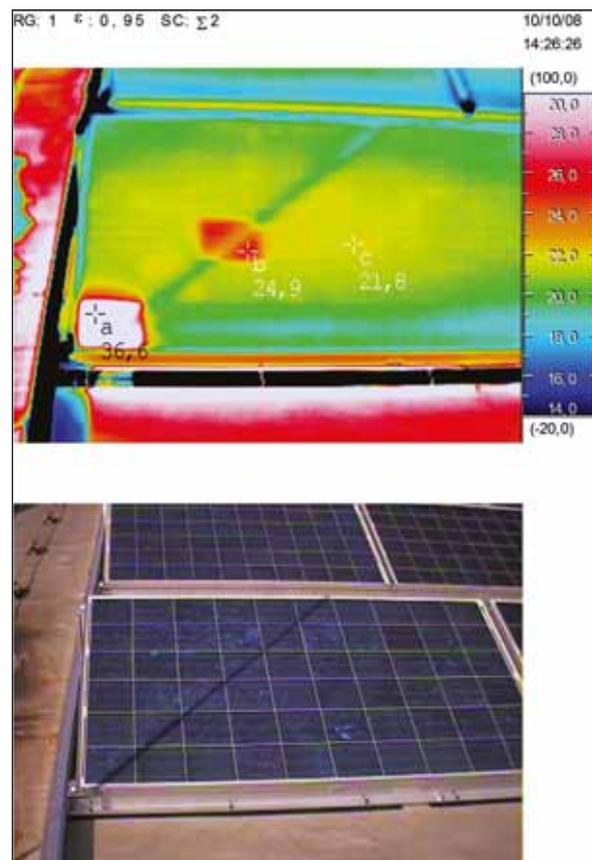


Bild 2: Verschattung durch eine Blitzschutzfangstange (Quelle VGH)

4.2 PV-Module

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

4.2.1 Planung

Damit die PV-Module den unter Abschnitt 4.1 genannten Witterungsverhältnissen standhalten können, sind nur von anerkannten Prüfinstituten (akkreditiert nach EN 17025) zertifizierte PV-Module einzusetzen.

Ist mit erhöhten Schnee- und Windlasten zu rechnen, sind PV-Module mit erhöhter mechanischer Stabilität auszuwählen (z. B. Test für Prüflast: 5400 Pa, nach DIN EN 61215 [VDE 0126-31]).

PV-Module, die im Hagelschutzregister in der Schweiz und in Österreich hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit gegen mechanische und optische Schäden aufgeführt sind, sind jeweils mit den örtlich maßgeblichen Hageleinschlägen, gekennzeichnet durch die Hagelkorngöße und Aufprallgeschwindigkeit, geprüft. Dabei werden die typischen Beschädigungen, z. B. Glasbruch und andere Schäden an der Abdeckung, Undichtigkeiten, Schichtablösung, Trübung der Abdeckung oder losgelöste Teile, berücksichtigt.

4.2.1.1 PV-Module auf dem Dach

Bei der Aufstellung von PV-Module und anderen Anlagenteilen auf dem Dach ist stets darauf zu achten, dass einer Brandentstehung vorgebeugt und im Brandfall eine großflächige Brandausbreitung verhindert wird. Die hierfür notwendigen Maßnahmen, z. B.

- Räumliche Abtrennung der Module mit einem ausreichenden Abstand zueinander, die beiderseits einer Brandwand aufgeständert sind,
- Unterteilung zusammenhängender Modulfläche,
- Anordnung der PV-Module mit einem ausreichenden Abstand um Rauch- und Wärmeabzugsanlagen (RWA, siehe http://www.fvlr.de/nra_infoeinbau.htm),
- Freihaltung der Dachfläche für die Instandhaltung der Dachkonstruktion sowie Dachein- und Dachaufbauten

sind im Merkblatt VdS 2234 bebildert aufgeführt.

Hinweis: siehe

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

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 nicht brennbaren Kabelkanälen (siehe Bild 4). Die Erfahrungen zeigen, dass die Verwendung von Brandschutzumhüllungen keine dauerhafte Lösung darstellt. 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 über eine Brandwand mittels Brandschutzkanal (Quelle VGH)

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

PV-Module im Dach oder in der Fassade müssen als Bestandteil der Gebäudehülle (GiPV), ggf. zugleich die Schutzfunktionen des Dachs bzw. der Fassade übernehmen, z. B. Regenschutz. Sie müssen demgemäß die bauordnungsrechtlichen Anforderungen erfüllen. Mit Bezug auf den Brandschutz sind u. a. zu nennen:

- Grundsatz: Verwendung mindestens normal-entflammbarer Baustoffe (Baustoffklasse B2 gemäß der DIN 4102-1 bzw. D oder E gemäß der DIN EN 13501-1).
- Indachanlagen:
 - PV-Module für den Einbau in die Dachfläche müssen gemäß Landesbauordnungen die Anforderungen an eine „harte Bedachung“ (nach DIN 4102-7) erfüllen.
 - PV-Module im Dach von Industrie- und Zweckbauten müssen ggf. zusätzliche Anforderungen erfüllen, z. B. Nachweis der Begrenzung der Brandausbreitung im Dach bei einer Einwirkung eines Entstehungsbrands von unten gemäß DIN 18234
 - PV-Module aus und mit Glas, die zugleich die Funktion einer Überkopfverglasung übernehmen, müssen die diesbezüglich relevanten Anforderungen erfüllen.

Hinweis: siehe

- *DIBt-Richtlinien (TRLV, TRPV, TRAV)*
- *DIN 18008 „Glas im Bauwesen“*
- *DIN 14449 „Verbundglas und Verbund-Sicherheitsglas“*

- Fassadenanlagen:
 - PV-Module müssen bei Industriebau und Hochhäusern aus nichtbrennbaren Baustoffen (Baustoffklasse A gemäß der DIN 4102-1 bzw. DIN EN 13501-1) bestehen, um einen Feuerüberschlag vom Geschoss zum nächsten darüber liegenden Geschoss zu verhindern

Hinweis: siehe:

- *Muster-Industriebaurichtlinie – MIndBauRL*
- *Muster-Hochhaus-Richtlinie – MHHR*

- PV-Module bei erdgeschossigen Industriebauten ohne selbsttätige Feuerlöschanlagen und bei mehrgeschossigen Industriebauten mit selbsttätigen Feuerlöschanlagen müssen mindestens aus schwerentflammbaren Baustoffen (Baustoffklasse B1 gemäß der DIN 4102-1) bzw. aus Baustoffen der Klassen B oder C gemäß der DIN EN 13501-1 bestehen

Hinweis: siehe

- *Muster-Industriebaurichtlinie – MIndBauRL*

- PV-Module bei aneinander gereihten oder ausgedehnten Gebäuden müssen einen ausreichenden Abstand zur Brandwand aufweisen. Gegebenenfalls sind zudem die besonde-

ren brandschutztechnischen Anforderungen an hinterlüfteten Fassaden zu beachten.

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

Anmerkung: Auf Grund eines EuGH-Urteils sollen für Bauarten, deren erforderlichen Eigenschaften einschließlich des Brandschutzes weitgehend in europäisch harmonisierten Normen geregelt sind, keine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) erteilt werden. Gemäß der novellierten Musterbauordnung (MBO) und den neuen Muster-Verwaltungsvorschriften Technische Baubestimmungen (VVTB), die seitens der EU-Kommission inzwischen notifiziert sind, wird anstelle einer abZ eine allgemeine Bauartgenehmigung durch das DIBt erteilt. Die Umsetzung der MBO und Muster-VVTB in einzelnen Bundesländern durch die LBO dauert noch an (siehe www.dibt.de/de/DIBt/DIBt-EuGH-Urteil.html.)

4.2.1.3 PV-Module in der Landwirtschaft

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

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-Ammoniaktest (Quelle VDE / DLG)

4.2.1.4 Entsorgung von PV-Modulen

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

Für PV-Module gibt es ein flächendeckendes Sammelsystem, um diese fachgerecht zu entsorgen – siehe www.pvcycle.org.

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 Temperaturexpansion, Kontaktkorrosion usw. zu berücksichtigen.

Die Installations- und Befestigungshinweise der Modulhersteller sind zu beachten. Zu beachten ist ferner 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 Beschwerden durch Lasten oder Verankerung im Boden,
- Unterkonstruktion, z. B. Schienentragsystem, Gestell zur Aufständigung auf dem Dach bzw. Aufstellung auf Freiflächen (Holz/Metall),
- Systemspezifische Modulbefestigung (punkt-/linienförmige Lagerung/Halterung).

4.3.1 Auswahl

Das Montagesystem muss

- für eine beschädigungsfreie 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).

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



Bild 6: Einbindung Montagesystem (Quelle Schletter)



Bild 7: fehlerhafte Planung (Quelle Mannheimer)

Weitere Hinweise:

- Publikation „Stahltrapezprofiltdächer, 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 Einbauanleitung des Herstellers beachtet und
- die angrenzenden Bauteile nicht beschädigt bzw. in ihren konstruktiven und bauphysikalischen Funktionen nicht beeinträchtigt werden.

Hinweis: Zum Thema Befestigung von PV-Anlagen wurde die Richtlinie VDI 6012-1-4 veröffentlicht.



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

Hinweis: Die Installation von PV-Anlagen auf Asbestzementdächern (Welleternitdächern) ist verboten.

4.4 Elektrische Komponenten

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

Nach DIN VDE 0100-551 darf in Endstromkreisen keine Energie eingespeist werden. Dies betrifft insbesondere Klein-PV-Anlagen, die in Steckdosensstromkreise einspeisen.

Einspeisungen sind nur in ausschließlich dafür vorgesehenen Stromkreisen mittels genormter Steckvorrichtungen, z. B. nach DIN VDE V 0628-1, zulässig.

4.4.1 Wechselrichter

Um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten, müssen Wechselrichter nach folgenden Normen zertifiziert sein:

- „Sicherheit von Leistungsumrichtern zur Anwendung in photovoltaischen Energiesystemen“, Reihe DIN EN 62109 (VDE 0126-14-2),
- „Selbsttätige Schaltstelle zwischen einer netzparallelen Eigenerzeugungsanlage und dem öffentlichen Niederspannungsnetz“ (DIN VDE V 0126-1-1).

Um eine hinreichend lange Lebensdauer der Wechselrichter bei hohem Wirkungsgrad zu erreichen, müssen diese korrekt dimensioniert 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,
 - Mindestabstände zu brennbaren Materialien und zur Gewährleistung einer ausreichenden Luftströmung, Bild 10 zeigt beispielhaft solche Herstellerangaben,
- geeigneter Aufstellungsort:
 - Aufgrund der möglichen Brandgefahr im Fehlerfall, sind Wechselrichter auf nicht brennbarem Untergrund zu montieren (siehe Bild 9); bei einer Wechselrichtermontage auf brennbarem Untergrund ist für die Montage eine nichtbrennbare Montageplatte zu verwenden;
 - Es ist ein möglichst kühler Standort zu wählen, da hohe Betriebstemperaturen die Lebensdauer verkürzen,
 - Es ist ein vor Dämpfen und aggressiver Umgebungsluft geschützter Montageort, vorzugsweise trocken und staubfrei, zu wählen, um Korrosion und die Bildung von Kriechströmen und die damit verbundenen Schäden zu vermeiden,
 - Die Wechselrichter im Außenbereich sind vor direkter Sonneneinstrahlung zu schützen,
 - Diese sind nicht in explosionsgefährdeten Bereichen zu montieren,

- Der Montageort muss für das Gewicht und die Abmessungen des Wechselrichters geeignet sein,
- Das PV-Stromversorgungssystem und die Wechselrichter sollten oberhalb eines möglichen Überflutungsbereiches (z. B. durch Hochwasser) installiert werden,
- Eine Montage in Bereichen mit besonderen Brandrisiken nach DIN VDE 0100-420, z. B. feuergefährdeten Betriebsstätten (siehe VdS 2033), ist unzulässig. Beispiele für solche Betriebsstätten sind Heu- oder Strohlager, Futterlagerstellen, Lacklager, Holzlager, Sägewerke.
- eine geeignete Schutzart ist zu wählen:
 - Innenbereich mindestens IP 20,
 - Außenbereich mindestens IP 44,
- 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 Kondenswasser zu vermeiden, sind ggf. zusätzlich Maßnahmen wie 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.



Bild 9: Wechselrichter auf nichtbrennbaren Untergrund

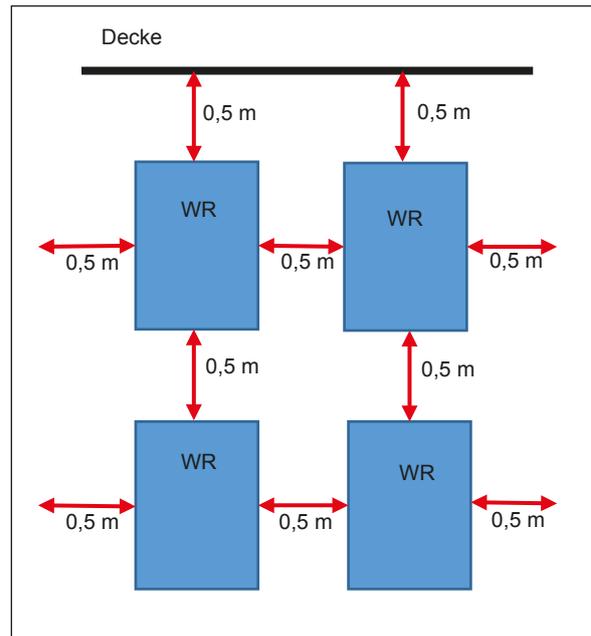


Bild 10: Sicherheitsabstände Wechselrichter (WR)

4.4.2 Batteriespeichersysteme

Immer mehr Photovoltaiksysteme werden mit einer Batteriespeicheranlage geliefert oder nachgerüstet.

Die am häufigsten eingesetzten Batteriespeicher sind Blei-Batterien oder Lithium-Ionen-Akkus. Aufgrund der hohen Speicherkapazität von stationären Hausspeichern und einer sehr hohen Energiedichte stellen sie eine besondere Herausforderung für den Brandschutz dar. Deswegen wird empfohlen, nur zertifizierte Batteriesysteme zu verwenden.

Die Systeme können nach folgenden Normen zertifiziert sein:

- Für Blei- und NiCd-Batterien:
 - Sicherheitsanforderungen an Batterien und Batterieanlagen – Allgemeine Sicherheitsinformationen – DIN EN 50272-1 (VDE 0510-1)
 - Sicherheitsanforderungen an Batterien und Batterieanlagen – Stationäre Batterien – DIN EN 50272-2 (VDE 0510-2)
- Für Lithium-Ionen-Akkus:
 - Stationäre Energiespeichersysteme mit Lithium-Batterien – Sicherheitsanforderungen – VDE-AR-E 2510-50
 - Sicherheitsleitfaden Li-Ionen-Hausspeicher (erstellt von BSW, BVES, DGS, StoREgio, ZVEH)

Batteriesysteme müssen in das Überspannungsschutz-Konzept (siehe VDE 0100-443) des Gebäudes integriert werden. Fehlt ein Überspannungsschutz-Konzept ist das Batteriesystem gegen Überspannung zu schützen.

Mit der Einhaltung der VDE-AR-E 2510-50 soll u. a. sichergestellt werden, dass ein Brand, der durch einen Fehler in einer Batteriezelle oder im stationären Batteriespeicher entsteht, auf benachbarte bzw. umliegende Zellen oder Komponenten durch konstruktive Maßnahmen begrenzt wird (Propagationstest).

Bei Lithiumbatterien hat die Einhaltung des Betriebsfensters, das sich aus der zulässigen Zellspannung und der zulässigen Zelltemperatur ergibt, oberste Priorität. Ein Verlassen dieses sicheren Arbeitsbereiches der Zelle kann zu schwerwiegenden Defekten oder sogar einem Brand (Thermal Runaway) der Zelle führen (siehe Bild 11).

Der Sicherheitsleitfaden Li-Ionen-Hausspeicher soll mit dazu beitragen, dass der sichere Arbeitsbereich einer Li-Ionen-Zelle nicht verlassen wird.

Nach der Anwendungsregel „Stationäre elektrische Energiespeichersysteme vorgesehen zum Anschluss an das Niederspannungsnetz“ (VDE-AR-E 2510-2) müssen Batterien in geschützte Bereiche, z. B. Batterieraum oder Batterieschrank, untergebracht werden. Die in der VDE-AR-E 2510-2 beschriebenen Anforderungen zur Aufstellung und Betrieb von Batterien sind einzuhalten, z. B.

- es sind die Aufstellungsbedingungen des Herstellers einzuhalten
- das Batteriesystem darf nicht in feuer- und explosionsgefährdeten Bereichen aufgestellt werden (DIN VDE 0100-420 bzw. Normen der Reihe DIN EN 60079)
- der Aufstellort sollte Schutz vor extremen Umwelteinflüssen bieten (z. B. Sonneneinstrahlung, extreme Temperaturen, extreme Temperaturschwankungen, Verschmutzung etc.)
- der Aufstellort sollte nicht in der Nähe von leicht brennbaren Materialien sein
- die Batteriesysteme sind nach VDE 0100-600 (erstmalig) und VDE 0105-100 (wiederkehrend) sowie nach VDE-AR-E 2510-2, Abschnitt 6. 600 zu prüfen.

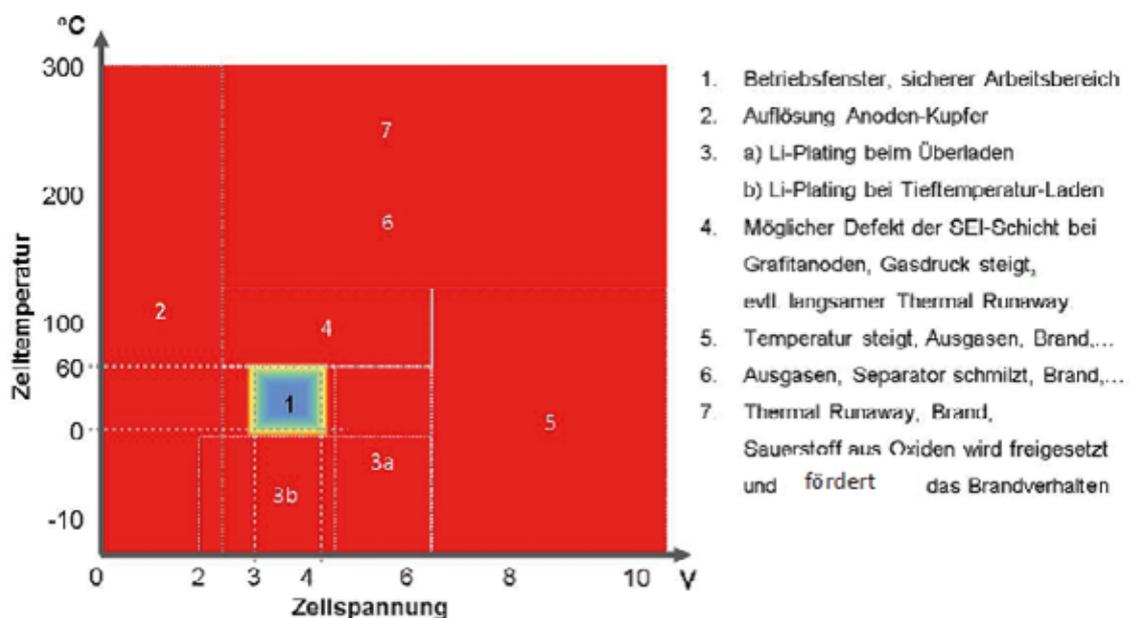


Abbildung 1: Schematisches Betriebsfenster für ein Beispiel einer Lithium-Ionen-Zelle (NMC) mit Graphit-Anode. (Reale Werte können hiervon abweichen)

Die nummerierten Fehlerbereiche 2-7 sind nur zur besseren Übersicht unterteilt. In der Praxis sind sie nicht abgegrenzt, sondern gehen ineinander über oder überlappen.

Bild 11: Betriebsfenster einer Lithium-Ionen-Batterie (Quelle KIT)

Die folgenden Empfehlungen für die Aufstellung sollten eingehalten werden:

- mind. feuerhemmende Abtrennung der Batteriesysteme (z. B. Umhausung des Batteriesystems oder des Aufstellungsraum),
- Wohnräume sind für die Aufstellung ungeeignet
- Installation von Rauchwarnmeldern

4.4.3 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. Deshalb müssen diese so ausgewählt und errichtet werden, dass das Risiko eines Erdschlusses oder Kurzschlusses auf ein Minimum reduziert wird, z. B. durch die sichere Verlegung von Einleiterkabeln oder einadrigen Mantelleitungen. 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 12 und 13).



Bild 12 und 13: Beschädigungen von Leitungen (Quelle Markus Scholand)



Bild 14: nicht fachgerechte Leitungsverlegung (Quelle VGH)



Bild 15: fachgerechte Leitungsverlegung (Quelle VGH)

Bei der Bemessung der Kabel und Leitungen ist bei PV-Anlagen generell von Dauerbetrieb und damit von einem Belastungsgrad $g = 1,0$ auszugehen.

Um die Gefährdungen der Gleichstromleitungen durch äußere Umgebungseinflüsse 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 (siehe Bild 15), wobei diese beidseitig in den Potentialausgleich mit einzubeziehen sind (bei geerdeten aktiven DC-Leitern sind besondere Anforderungen an deren mechanische Belastbarkeit zu beachten),
- Gleichstromleitungen sind für die existierende Gleichspannung auszulegen, d. h. die höchstzulässige Gleichspannung der Leitung ist zu beachten,
- Leitungen sind entsprechend den Verlegarten nach DIN VDE 0100-520 zu verlegen (siehe Bild 15), eine freie Verlegung von Kabel und Leitungen, wie beispielhaft im Bild 14 gezeigt, ist somit nicht gestattet. Ansonsten führen mechanische Beanspruchungen durch feste Fremdkörper bzw. Reibung zum allmählichen Isolationsschaden an Kabeln und Leitungen,
- Kabel und Leitungen dürfen nicht direkt auf der Dachoberfläche verlegt werden (siehe DIN VDE 0100-712),
- Kabel und Leitungen dürfen dauerhaft nicht mit Wasser in Berührung kommen,
- Kabel und Leitungen sind zu fixieren oder in Kabelführungssystemen zu verlegen,
- Kabelbinder sind für die vertikale Befestigung von Kabeln und Leitungen nicht geeignet, da die Gefahr besteht, dass durch eine punktuelle Belastung deren Isolation beschädigt wird. Dies trifft auch auf horizontale Verlegungen zu, wenn das Eigengewicht der Kabel und Leitungen durch Kabelbinder gehalten wird,
- offen verlegte Gleichstromleitungen sollten beständig gegen UV-Strahlung und Ozon sein und für die vorkommenden Umgebungstemperaturen ausgelegt sein.
- Beim Anschluss von Aluminiumkabeln sind folgende Hinweise zu beachten:
 - Die Klemmen müssen für Aluminiumleiter geeignet sein.
 - Von den Leiterenden muss beispielsweise mit einem Messer die Oxidschicht entfernt werden.
 - Unmittelbar nach der Entfernung der Oxidschicht sind die Leiterenden mit einem säure- und alkalifreien Fett, z. B. technische Vaseline, einzureiben und sofort die Klemmverbindung herzustellen.

Kabel und Leitungen sind vor Tierverschlingen zu schützen, z. B. durch:

- Vermeidung durchhängender Leitungen („Schaukeln“), d. h. Leitung möglichst dicht am Montagesystem verlegen,
- Verwendung offener Kanäle,
- Verwendung von Leitungen mit Metallgeflecht bzw. -umhüllung.

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

Hinweis: Leitungen nach der Norm „Kabel und Leitungen – Leitungen für Photovoltaik Systeme“, DIN EN 50618 (VDE 0283-618) eignen sich besonders für PV-Anlagen (Bauart H1Z2Z2-K).

Aufgrund der Gefährdung durch Lichtbögen, dürfen Gleichstromleitungen nicht durch Räume geführt werden, in denen leicht entzündliche Stoffe lagern, z. B. Stroh.

4.4.4 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 Normenreihe DIN EN 61439 (VDE 0660-600) oder der Norm DIN EN 60670-24 (VDE 0606-24) entsprechen.

Generatoranschlusskästen sind in Schutzklasse II (schutzisoliert) auszuführen. Sie müssen mit einem Warnhinweise versehen werden, dass aktive Teile auch nach dem Trennen vom PV-Wechselrichter unter Spannung stehen können.

Um die zulässigen Grenztemperaturen einzuhalten, ist bei der Bemessung von Generatoranschlusskästen und Verteilern ein Gleichzeitigkeitsfaktor $g = 1,0$ zu berücksichtigen. 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 16). Die genaue Auswahl ist den Einbauanleitungen der Gerätehersteller zu entnehmen.



Bild 16: Verteiler für PV-Anlage (Quelle Hensel)

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 17). Um Kondenswasserbildung zu vermeiden, sind ggf. zusätzlich Maßnahmen wie z. B. Belüften notwendig.



Bild 17: Kondenswasserbildung im Generatoranschlusskasten (Quelle Markus Scholand)

Außenmontage:

- Es ist mindestens die Schutzart IP 44 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. Mit Belüftung oder anderen Maßnahmen kann Kondenswasserbildung vermieden werden.

4.4.5 Trenneinrichtungen

4.4.5.1 DC-Trenneinrichtung nach DIN VDE 0100-712

Nach DIN VDE 0100-712 ist auf der Gleichspannungsseite ein Lasttrennschalter vorzusehen. Der DC-Freischalter ermöglicht im Störfall sowie bei Wartungs- oder Reparaturarbeiten am Wechselrichter die Trennung von der Gleichspannungsseite.

Dabei ist zu beachten, dass der Lasttrennschalter zum Trennen von Gleichspannungen geeignet sein muss. Häufig ist dieser Schalter bereits im Wechselrichter integriert.

4.4.5.2 Freischaltung für DC-Leitungen (Feuerwehrscharter)

Der Begriff Feuerwehrscharter bezeichnet eine Vorrichtung, bei der die Gleichspannungsseite einer PV-Anlage durch eine zusätzliche DC-Schaltstelle in der Nähe zu den Modulen freigeschaltet werden kann. Dadurch sollen die Erschwernisse bei der Brandbekämpfung und technischen Hilfeleistung reduziert werden, indem mindestens die Gleichspannungsleitungen innerhalb des Gebäudes spannungsfrei geschaltet werden.

Die Anwendungsregel „Maßnahmen für den DC-Bereich einer Photovoltaikanlage zum Einhalten der elektrischen Sicherheit im Falle einer Brandbekämpfung oder einer technischen Hilfeleistung“ (VDE-AR-E 2100-712) ist zu beachten.

4.4.5.3 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 Netzsystemen (wie in TT-Systemen) sind sie vorzusehen.

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).

4.4.6 Blitz- und Überspannungsschutz

4.4.6.1 Blitzschutz

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

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

Tabelle 1 zeigt die möglichen Varianten auf, die sich bezüglich des Blitzschutzes und einer PV-Anlage auf einem Gebäudedach ergeben können.

Um einen vorhandenen Blitzschutz nicht zu beeinträchtigen, sind vorzugsweise die PV-Module vollständig im Schutzbereich der Fangeinrichtungen zu montieren (siehe Tabelle 1, Variante c). Dabei ist ein ausreichender Trennungsabstand zu beachten (siehe VdS 2031) (siehe Bilder 18 und 19). Um dies zu gewährleisten, sind entsprechend geschulte Fachkräfte, z. B. VdS-anerkannte EMV-Sachkundige, hinzuzuziehen.

Kann der Trennungsabstand aus technischen Gründen nicht eingehalten werden oder liegt die PV-Anlage nicht im Schutzbereich der Fangeinrichtungen (siehe Tabelle 1, Variante b), müssen blitzstromtragfähige Verbindungen, z. B. 16 mm² Cu, zwischen äußerem Blitzschutz und PV-Modul-Gestell hergestellt werden. Um zu vermeiden, dass Blitzteilströme in das Gebäude gelangen, dürfen Gleichstromleitungen nicht in das Gebäude geführt werden und Wechselrichter und PV-Verteilung sind außerhalb des Gebäudes anzubringen. Ist der Hausanschluss für die PV-Anlage innerhalb des Gebäudes, muss am Gebäudeeintritt der PV-Anschlussleitung ein Blitzstromableiter Typ 1 installiert werden.

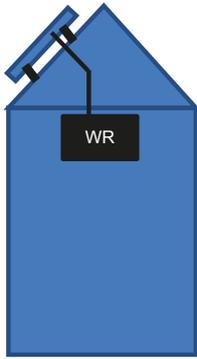
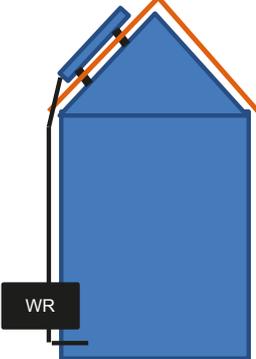
	ohne Blitzschutzanlage	mit Blitzschutzanlage	
Gebäude	Blitzschäden werden akzeptiert	Blitzschäden werden nicht akzeptiert	
PV-Anlage	Blitzschäden werden akzeptiert	Blitzschäden werden akzeptiert Die PV-Anlage ist nicht in den Blitzschutz integriert und somit nicht geschützt.	Blitzschäden werden nicht akzeptiert Die PV-Anlage ist in den Blitzschutz integriert und somit geschützt.
Variante	a) 	b) 	c) 

Tabelle 1: Varianten von PV-Anlagen und Blitzschutz



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



Bild 19: Abstand zwischen DC-Leitungen und Blitzschutzanlage nicht eingehalten (Trennungsabstand) (Quelle VGH)

Bei komplexeren Anlagen empfiehlt es sich, eine spezielle ausgebildete Fachkraft hinzuziehen, z. B. einen VdS anerkannten EMV-Sachkundigen oder eine gleichwertige Blitzschutz-Fachkraft (www.vds.de/zertifizierung/efl).

Die Auswahl der Überspannungsschutzgeräte (Ableiter) (siehe Bild 20) ist davon abhängig, ob ein äußerer Blitzschutz vorhanden ist und ob bei vorhandener äußerer Blitzschutzanlage der notwendige Trennungsabstand eingehalten wird.



Bild 20: Generatoranschlusskasten mit Überspannungsschutzgeräten (Quelle Hensel)

4.4.6.2 Überspannungsschutz bei PV-Anlagen

Um Sachschäden und Betriebsunterbrechungen zu vermeiden, ist ein Überspannungsschutz der PV-Anlage für energietechnische und datentechnische Leitungen erforderlich (siehe DIN EN 62305-3 Beiblatt 5 (VDE 0185-305-3 Beiblatt 5)).

Hinweis: Nur durch vollständige Beschaltung aller Anschlüsse eines Wechselrichters (WR) kann ein

wirksamer Schutz vor Überspannungen erreicht werden. Im WR eingebaute Varistoren erfüllen nicht die Anforderungen an den geforderten Überspannungsschutz.

4.4.6.3 Elektrostatische Aufladung

Unabhängig vom äußeren Blitzschutz ist ein Potentialausgleich (mit min. 4 mm² Cu) zwischen dem Montagegestell der PV-Module und der Haupterdungsschiene vorzusehen. Damit werden eine elektrostatische Aufladung und eine damit verbundene Personengefährdung vermieden.

4.4.6.4 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 Anlagentypen und Größen, Standorten und Erträgen usw. gern besuchte Internetseiten. Betrüger- und Diebes-

banden nutzten 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.

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

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

Während der Abwesenheit von Betriebspersonal sollen jedwede Aufstiegshilfen für Aufdachanlagen versperrt oder unzugänglich sein.

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 Details können den Publikationen „Sicherungsrichtlinien Perimeterschutz und Perimeterdetektion“ (VdS 3143) und „Diebstahl von Photovoltaikanlagen – Sicherheitsempfehlungen“, des bayerischen Landeskriminalamtes (www.polizei.bayern.de) entnommen werden.

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 (DGUV Regel 103-011, bisher 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. In diesem Zusammenhang ist der äußere Blitzschutz ebenfalls zu überprüfen.

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 62446-1 VDE 0126-23-1) beschrieben werden:

- Vollständige Sichtprüfung des Aufbaus, der Kabelführung und der Befestigung der mechanischen Konstruktion, Sichtkontrolle aller elektrischen Anschlüsse und Kabelverlegungen (siehe Bild 21),
- Messtechnische Überprüfung der Leerlaufspannung und der Polarität vor dem Anschluss des Wechselrichters und Abgleich mit den Gerätedaten,
- Isolationsmessung mit ausreichender Prüfspannung, siehe Norm DIN EN 62446-1 (VDE 0126-23-1) Tabelle 1,
- Kurzschlussstrommessung aller Stränge,
- Funktionsprüfungen.

Zusätzlich kann die Untersuchung mittels einer Thermografiekamera fehlerbedingte Wärmequellen aufgrund kurzgeschlossener Zellen, Lötfehler, Risse mit Wärmeentwicklung, elektrischer Verbindungen usw. aufzeigen, die brandursächlich sein können. Diese Untersuchungen sind von einem zertifizierten Thermografen durchzuführen, z. B. VdS anerkannter Sachverständiger für Elektro-

thermografie (www.vds.de/zertifizierung/efl) oder gleichwertiger Sachverständiger.

Im Gegensatz dazu eignet sich das Elektrolumineszenz-Verfahren zur Untersuchung der Effizienz eines PV-Moduls. Mit der Elektrolumineszenz (EL) können z. B. Mikrorisse und Gridfingerunterbrechungen (Unterbrechung von Kontakstreifen) festgestellt werden. Gemeinsam mit einer Leistungsmessung sollte diese Untersuchung vor der Übergabe der PV-Anlage an den Betreiber durchgeführt werden, um den Anlagenzustand zu dokumentieren.

Beide Verfahren können mit modernen Mitteln an der PV-Anlage vor Ort durchgeführt werden. Thermografie- und EL-Untersuchungen ergänzen sich, ersetzen jedoch nicht die Prüfung elektrischer Anlagen nach DIN VDE 0100-600 und DIN EN 62446-1 (VDE 0126-23-1).

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 62446-1 (VDE 0126-23-1) 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).

Zusätzlich zu der Inbetriebnahme sollte eine Abnahme durch einen entsprechenden Sachverständigen, z. B. VdS anerkannten Sachverständigen für Photovoltaikanlagen (www.vds.de/zertifizierung/efl), VDE-Prüfinstitut, TÜV oder gleichwertigen Sachverständigen vereinbart werden.

4.7 Betrieb

Gebäude müssen gemäß den Landesbauordnungen (LBO) so instandgehalten werden, dass die Gesundheit und Leben sowie natürliche Lebensgrundlage nicht gefährdet werden. Dies gilt auch für PV-Anlagen und ihre Bauteile, die auf, am und im Gebäude installiert und somit Bestandteil des Gebäudes sind. Für die Instandhaltung (Wartung, Prüfung und Instandsetzung) und den sicheren Betrieb ist stets der Anlagenbetreiber/-inhaber verantwortlich.

Der Betreiber der PV-Anlage kann 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,
- regelmäßige Ertrags- und Funktionskontrolle,
- 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.

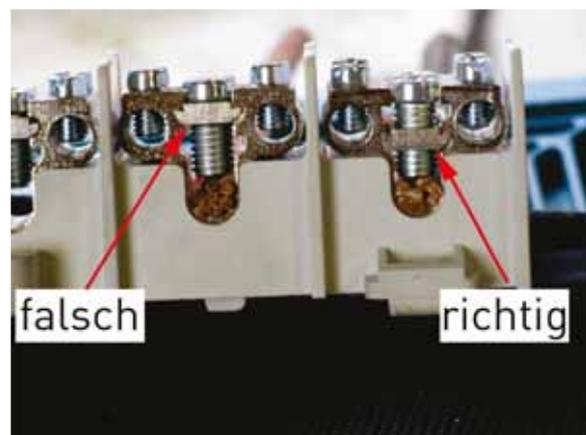


Bild 21: Brandschaden durch lose Klemmstelle an einem PV-Verteiler, aufgrund eines falsch eingelegten Gewindeplättchens, siehe rechts (Quelle Markus Scholand)

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?

Mit der regelmäßigen Reinigung einer PV-Anlage wird ein Wärmestau beispielsweise bei Wechselrichtern vermieden sowie für eine optimale Belüftung durch freie Lüftungsgitter gesorgt und somit wird die Funktion der Anlage weiterhin gewährleistet, die Lebensdauer der Elektronik verlängert sowie die Brandgefahr reduziert. Hinzu kommt, dass bei verschmutzten PV-Modulen mit reduzierten Erträgen zu rechnen ist. Die notwendigen Reinigungsintervalle sind von den Umgebungsbedingungen abhängig. Beispielsweise kann es aufgrund der hohen Staubbelastung in einem landwirtschaftlichen Betrieb sinnvoll sein, 2 x jährlich die PV-Anlage zu reinigen.

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

Eine PV-Anlage ist, wie jede technische Anlage, in regelmäßigen Abständen zu prüfen und zu warten. Die fachtechnisch korrekte Wartung, Kontrolle und eine evtl. notwendige Instandsetzung einer PV-Anlage kann nur durch eine ausgebildete Fachkraft ausgeführt werden. Durch regelmäßige Prüfungen wird erreicht, dass technische Mängel, Defekte und Verschmutzungen festgestellt werden und somit der Ertrag gesichert wird.

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 Photovoltaik-Systeme – Mindestanforderungen an Systemdokumentation, Inbetriebnahmeprüfung und

wiederkehrende Prüfungen“, DIN EN 62446-1 (VDE 0126-23-1).

Hinweis: Bei wiederkehrenden Prüfungen, z. B. nach DGUV Vorschrift 3, 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)

Es wird empfohlen, mit dem Errichter der PV-Anlage einen Wartungsvertrag abzuschließen.

5 Literatur/Quellen

5.1 Gesetze und Verordnungen

-

5.2 Vorschriften, Regeln und Informationen der Träger der gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV)

-

5.3 Technische Regeln

Normen

DIN VDE 0100 Errichten von Niederspannungsanlagen

- Teil 200 Begriffe
- Teil 410 Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag
- Teil 420 Schutzmaßnahmen – Schutz gegen thermische Auswirkungen
- Teil 430 Schutzmaßnahmen – Schutz bei Überstrom
- Teil 443 Schutzmaßnahmen – Schutz bei Störspannungen und elektromagnetischen Störgrößen – Schutz bei transienten Überspannungen infolge atmosphärischer Einflüsse oder von Schaltvorgängen
- Teil 444 Schutzmaßnahmen – Schutz bei Störspannungen und elektromagnetischen Störgrößen
- Teil 520 Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmitteln – Kabel- und Leitungsanlagen
- Teil 530 Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Schalt- und Steuergeräte
- Teil 534 Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Trennen, Schalten und Steuern – Überspannungs-Schutzeinrichtungen (SPDs)
- Teil 540 Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Erdungsanlagen und Schutzleiter Teil 600 Prüfungen
- Teil 712 Solar-Photovoltaik (PV) Stromversorgungssysteme

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

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

DIN EN 62109-1 VDE 0126-14-1 Sicherheit von Wechselrichtern zur Anwendung in photovoltaischen Energiesystemen – Teil 1 Allgemeine Anforderungen

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

DIN EN 61215 VDE 0126-31 Terrestrische kristalline Silizium-Photovoltaik (PV)-Module Bauartegnung und Bauartzulassung

DIN EN 61646 VDE 0126-32 Terrestrische-Dünnschicht Photovoltaik (PV)-Module – Bauartegnung und Bauartzulassung

DIN EN 62108 VDE 0126-33 Konzentration-Photovoltaik (CPV)-Module und -Anordnungen – Bauartegnung und Bauartzulassung

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

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

DIN EN 62446-1 VDE 0126-23-1 Photovoltaik (PV) Systeme – Anforderungen an Prüfung, Dokumentation und Instandhaltung – Teil 1: Netzgekoppelte Systeme-Dokumentation, Inbetriebnahmeprüfung und Prüfanforderungen

DIN EN 50618 VDE 0283-618 Kabel und Leitungen – Leitungen für Photovoltaik Systeme

DIN EN 50272-1 (VDE 0510-1) Sicherheitsanforderungen an Batterien und Batterieanlagen Teil 1: Allgemeine Sicherheitsinformationen;

DIN EN 50272-2 (VDE 0510-2) Sicherheitsanforderungen an Batterien und Batterieanlagen Teil 2: Stationäre Batterien

DIN EN 61439-1 VDE 0660-600-1 Niederspannungsschaltgerätekombinationen Teil 1:Allgemeine Festlegungen

DIN EN 61439-2 VDE 0660-600-2 Niederspannungsschaltgerätekombinationen Teil 2 Energie-Schaltgerätekombinationen

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

DIN EN 62305-3 VDE 0185-305-3 Blitzschutz Teil 3 Schutz von baulichen Anlagen und Personen – Beiblatt 5: Blitz-und Überspannungsschutz für Photovoltaik-Stromversorgungssysteme

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

Weitere Anwendungsregeln aus Test 10-2 und 5-50

VDE-AR-N 4105 Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz – Technische Mindestanforderungen für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz

VDE-AR-E 2100-712 Maßnahmen für den DC-Bereich einer Photovoltaikanlage zum Einhalten der elektrischen Sicherheit im Falle einer Brandbekämpfung oder einer technischen Hilfeleistung

VDE-Verlag GmbH, Berlin-Offenbach
Bismarckstr. 33, 10625 Berlin
www.vde-verlag.de/

5.4 Publikationen der deutschen Versicherer zur Schadenverhütung

VdS 2010 Risikoorientierter Blitz- und Überspannungsschutz

VdS 2025 Elektrische Leitungsanlagen

VdS 2031 Blitz- und Überspannungsschutz in elektrischen Anlagen

VdS 2035 Stahltrapezprofiltdächer, 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-shop.de

Broschüre „Erneuerbare Energien“ (www.gdv.de)

5.5 Publikationen der VdS Schadenverhütung GmbH (VdS)

-

5.6 Weiterführende Literatur

RAL-GZ 966 Solarenergieanlagen von RAL Gütegemeinschaft

MBO Muster-Bauordnung

MindBauRL Muster-Industriebaurichtlinie, Fassung März 2014

MHHR Muster-Hochhaus-Richtlinie, Fassung April 2008

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

Regeln für Abdichtungen (Flachdachrichtlinie), Deutsches Dachdeckerhandwerk, Hrsg.: Zentralverband 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)

Lichtbogenrisiken an PV-Anlagen reduzieren; 1. Auflage, Juli 2017, Herausgeber: Bundesverband Solarwirtschaft e.V.

Anhang A Checkliste PV-Anlagen

1. Eine Abnahme nach VDE 0126-23-1, DIN EN 62446-1 liegt vor (schriftliches Prüfprotokoll)!	✓
2. Die Tragfähigkeit des Gebäudes ist geprüft und ist ausreichend für die zusätzliche Last! (Bei der Tragfähigkeitsprüfung ist auch die Verteilung der Last berücksichtigt.)	✓
3. Die Systemstatik des Tragsystems für die Umgebungsbedingungen (Schneelast, Wind u. a. nach DIN 1055) ist nachgewiesen und eingehalten!	✓
4. Es sind keine Module über Brandabschnitte hinweg installiert!	✓
5. Es werden keine Gleichstromleitungen ungeschützt über Brandabschnitte geführt!	✓
6. Eine vorhandene Blitzschutzanlage ist an die neue Situation fachgerecht angepasst!	✓
7. Alle Kabel und Leitungen sind ordnungsgemäß verlegt (siehe Abschnitt 4.4.3 und VDE 0100-520)	✓
8. Das Modulgestell ist mit einem Funktionspotentialausgleich versehen und alle Metallkonstruktionen sind untereinander verbunden	✓
9. Gleichstromleitungen im Gebäude sind ordnungsgemäß verlegt und im (Feuerwehr-) Plan gekennzeichnet!	✓
10. Wechselrichter sind auf nicht brennbarem Untergrund installiert!	✓
11. Der Mindestabstand der Wechselrichter zueinander ist eingehalten (siehe Bild 10) und die Herstellerangaben sind beachtet!	✓
12. Der Abstand der Wechselrichter zu brennbaren Materialien beträgt mindestens 1 m!	✓
13. Die PV-Anlage wird nach Herstellerangaben und regelmäßig nach Abschnitt 4.7 geprüft (z. B. Wartungsvertrag)!	✓
14. Die störungsfreie Funktion der Anlage wird regelmäßig kontrolliert (siehe Abschnitt 4.7)!	✓
15. Die Dachhaut des Gebäudes ist unbeschädigt?	✓

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.