

> HDI Global SE
> HDI Risk Consulting, Engineering

Risk Engineering Guideline – Photovoltaikanlagen

www.hdi.global



Photovoltaikanlagen sind über eine Betriebsdauer von mehr als 25 Jahren unterschiedlichen Gefahren ausgesetzt

1. Allgemeines

Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) haben sowohl im privaten Bereich als auch im industriellen Bereich eine große Bedeutung. Die Installation erfolgt üblicherweise auf Dächern von Wohn- und öffentlichen Gebäuden, Gewerbe- und Industriebauten oder landwirtschaftlichen Gebäuden und auf Freiflächen.

Das physikalische Prinzip des photovoltaischen Effekts wurde 1839 durch den französischen Physiker Alexandre Edmond Becquerel entdeckt und 1905 durch Albert Einstein wissenschaftlich erklärt. Die direkte Nutzung der von der Sonne abgestrahlten Energie mittels photovoltaischer Anlagen stellt eine Ergänzung zur heute vorherrschenden konventionellen Stromerzeugung in Kraftwerken dar.

PV-Module gibt es in unterschiedlichen Ausführungen. Neben den weit verbreiteten PV-Modulen mit Rahmen, gibt es auch rahmenlose Module, Module auf flexiblen Folien oder in Form von Dachziegeln.

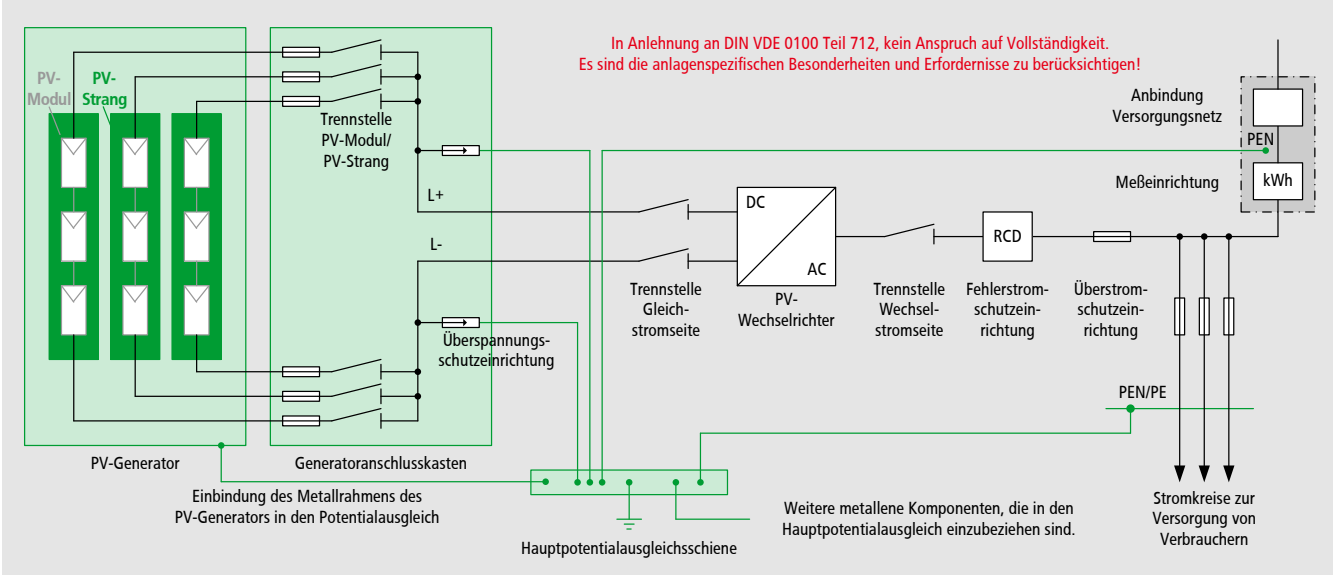


Abb. 1: Prinzipieller Aufbau einer PV-Anlage

Am bekanntesten sind Module aus Dickschichtzellen (mono- oder polykristallines Silizium). Aufgrund der geringeren Herstellungskosten und der ausgereiften Technologie haben kristalline Module einen Marktanteil von ca. 80 %. Die restlichen 20 % sind Module aus Dünnschichtzellen. PV-Module machen in der Regel etwa 30 % der Systemkosten eines PV-Kraftwerks aus.

Eine PV-Anlage besteht im Wesentlichen aus PV-Modulen (diese werden aus einzelnen PV-Zellen zusammengefügt), Wechselrichter, Schaltstellen, Sicherheitseinrichtungen (Sicherungen, Blitz- und Überspannungsableiter), Messeinrichtungen sowie Kabelverbindungen für den Gleichstromkreis und den Wechselstromkreis (Abb. 1).

Zur Erzeugung größerer Leistungen werden mehrere PV-Module zu PV-Generatoren zusammengeschaltet. Die Leistung von PV-Generatoren wird in Kilowatt peak (kWp) gemessen. Die Einheit kWp ist die maximal mögliche Leistung eines PV-Generators unter Standard-Test-Bedingungen (DIN EN / IEC 60904). Hierbei wird eine optimale Sonneneinstrahlung von 1000 Watt pro Quadratmeter angenommen.

Je nach Ausrichtung der PV-Anlage ergibt sich eine unterschiedliche Einstrahlung. Das Optimum liegt z. B. in Mitteleuropa (Deutschland) bei Südausrichtung und 30 % Neigung. Bei einer durchschnittlichen Sonneneinstrahlung werden in Mitteleuropa mit einem 1 kWp-Generator pro Jahr ca. 900 kWh produziert.

Hinsichtlich der Konstruktion wird zwischen fest installierten PV-Generatoren und Sonnenfolger (Tracker-Systemen) unterschieden. Als Sonnenfolger bezeichnet man Generatorflächen, welche dem Sonnenstand über elektromotorische Antriebe nachgeführt werden. Bei zweiachsigen Sonnenfolgern ist ein Mehrertrag von bis zu 30 % gegenüber fest installierten Systemen zu erzielen.

Es wird grundsätzlich zwischen Inselanlagen (netzunabhängige PV-Anlagen) und netzgekoppelten PV-Anlagen unterschieden. Erste haben zum Zwischenspeichern der elektrischen Energie zusätzlich Akkumulatoren und spielen insgesamt eine untergeordnete Rolle (Beispiele für Inselanlagen: Parkuhren, Berghütten, Notrufsäulen etc.).

Die Leistungsgrenze zwischen PV-Kleinanlagen und PV-Großanlagen liegt bei 100 kWp. Anlagen von bis zu 10 kWp sind überwiegend auf Hausdächern mit privater Nutzung installiert. Auf Dächern und an Fassaden von gewerblich genutzten Gebäuden (z. B. Hallen, Geschäftshäusern etc.) sind üblicherweise Anlagen mit einer Leistung größer 10 kWp installiert.

PV-Großanlagen verfügen über eine Leistung ab 100 kWp bis zu mehreren Gigawatt peak (Das größte Photovoltaikkraftwerk der Welt, Solarpark Bhadla in Indien, hat mit Stand 2021 eine installierte Leistung von 2.245 MWp). Sie befinden sich überwiegend auf Freiflächen und industriell genutzten Gebäuden.

Da durch die PV-Module bei Lichteinfall grundsätzlich eine Stromerzeugung erfolgt, sind Trennstellen am PV-Wechselrichter (Gleichstrom- und Wechselstromseite) erforderlich. Zusätzliche Trennstellen an den PV-Modulen bzw. PV-Strängen (Abb. 1) ermöglichen bei Gefahr oder Brandereignissen eine sichere Abschaltung der PV-Anlage.

Trennstellen an PV-Wechselrichtern und an den PV-Modulen/Strängen ermöglichen bei Gefahr eine sichere Abschaltung.

An Gebäuden eignen sich schräge und flache Dächer sowie Fassaden für die Montage von PV-Generatoren. Die Nachrüstung auf bestehenden Dächern erfolgt mittels Montage auf Traggestellen, wobei die Dachhaut vollständig erhalten bleibt bzw. bleiben muss. PV-Module können auch als Bestandteil der Gebäudehülle installiert werden.

Sie sind dabei der Ersatz für Dachpfannen und Fassadenelemente. Sie haben damit eine multifunktionale Aufgabe, die Energie erzeugt und Witterungsschutz bietet.

Bei PV-Anlagen auf Freiflächen werden die Module, ähnlich wie bei Flachdächern, auf Traggestellen meistens aus Metall in Ausnahmefällen auch Holz, schräg über dem Erdboden angebracht. Die Gestelle



werden meist mit in den Untergrund getriebenen Pfählen befestigt und müssen in der Lage sein, die mechanischen Belastungen durch Schnee, Eis und Wind aufzunehmen.

2. Risikosituation

Photovoltaikanlagen werden auf eine Betriebsdauer von 25 Jahren oder mehr ausgelegt und gelten als besonders zuverlässig und robust.

Während der gesamten Betriebsdauer sind Photovoltaikanlagen unterschiedlichen Einflüssen ausgesetzt:

- Einwirkung von Elementarereignissen wie Sturm, Hagel, Blitz, Schneedruck, Frost sowie Feuer
- Schäden/Ausfälle durch nicht fachgerechte Planung und Ausführung
- Diebstahl bei abgelegenen oder nicht einsehbaren Grundstücken und Liegenschaften
- Vandalismus
- Nagetierfraß an Kabeln und Leitungen
- Im Falle von Brandereignissen an PV-Anlagen selbst oder in Bauwerken, auf denen PV-Anlagen installiert sind, ergeben sich zusätzliche Gefahren. Insbesondere hilfeleistende Stellen sind unter Umständen folgenden Gefährdungen ausgesetzt:
  – Elektrischer Schlag durch kontinuierlich bei Lichteinfall anstehende elektrische Spannung auf der Gleichstromseite
  – Toxische Gase / Atemgifte
  – Herabfallende Teile

Dadurch besteht das Risiko eines verzögerten oder eines eingeschränkten Löschangriffs.

Geschlossene PV-Generatorflächen sind mit dem Gebäude fest verbunden und im Brandfall zudem nicht gefahrlos zu öffnen. Dies führt zu erschwerter Brandbekämpfungsmöglichkeit im Dachbereich.

Als Folge der Nichtbeachtung baurechtlicher Anforderungen im Zuge der Installationsphase besteht im Brandfall ferner die Möglichkeit einer frühzeitigen brandabschnittsübergreifenden Brandausbreitung. Dies ist insbesondere der Fall, wenn Brandwände mit brennbaren Materialien (z. B. Kabelsträngen) überführt werden oder im Zuge von Kabeldurchführungen entstandene Brandwanddurchbrüche nicht fachgerecht verschlossen werden.

3. Typische Schadenursachen

Fehlerhafte Planung und Montage führen häufig zu Schäden an den PV-Modulen, Systemkomponenten (z. B. PV-Wechselrichtern) und der Dachhaut von Gebäuden.

Schäden sind oft erst nach der Inbetriebnahme und einer längeren Betriebsdauer erkennbar.

Schadenursächlich sind häufig die Verwendung einer zu geringen Anzahl oder eine fehlerhafte Dimensionierung von tragenden Befestigungselementen des PV-Generators. Auch statische Gegebenheiten des Gebäudes werden oft nicht oder nur unzureichend berücksichtigt. In Kombination mit Schnee-, Eis- und Windlasten führen derartige Defizite letztlich zu Schäden an der PV-Anlage selbst oder am Gebäude. Bei Nichtbeachtung möglicher Schnee- und Eislasten kann es zudem zum Bruch der Verglasung der PV-Module kommen (Abb. 2 bis Abb. 4).

Im Bereich der Verkabelung können Schäden durch Überhitzung (zu große Bündelung), UV-Einstrahlung (Bruch von Isolationen und Befestigungen aus Kunststoff) sowie durch mechanische Einwirkungen entstehen wie etwa Kabelführung über scharfe Kanten oder durch Scheuern loser Leitungen bei Windeinflüssen. Insbesondere bei Bodenanlagen, können Schäden durch Kleintierfraß (z.B. Marder) auftreten, sofern hier keine wirksamen Maßnahmen (z.B. Verrohrung aus Metall oder geschlossene Kabelkanäle) vorhanden sind (Abb. 5).

UV-Einstrahlung und Temperaturwechselbeanspruchung führen zum Altern der Dichtungsmaterialien, wodurch Feuchtigkeit und Niederschläge in die geschlossenen Module eindringen können.
Auch eine Delamination der Rückseitenfolie der Solarmodule kann zu dem Eindringen von Flüssigkeit und so zu Schäden an den Modulen Führen. Insbesondere Module, welche in den Jahren 2011 bis 2013 gefertigt wurden, können anfällig hierfür sein.

Fehlerhafte Planung und Montage führen häufig zu Schäden an den PV-Modulen, Systemkomponenten (z. B. PV-Wechselrichtern) und der Dachhaut von Gebäuden.



Abb. 2: Schneelast



Abb. 3: Glasbruch



Abb. 4: Ziegelbruch

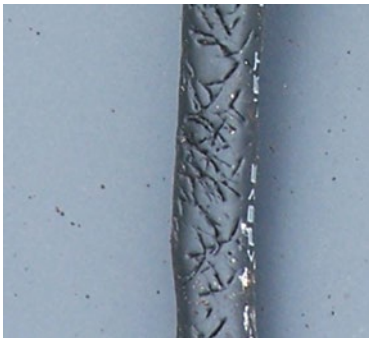


Abb. 5: Marderbisse

Ferner verursachen verschleißbedingte Ausfälle am PV-Wechselrichter den Stillstand von PV-Anlagenteilen. Erfahrungsgemäß entspricht die Lebensdauer von Wechselrichtern der üblichen Lebensdauer von elektrischen / elektronischen Geräten (etwa 8 bis 15 Jahre).

PV-Anlagen an exponierten Stellen (z. B. Dächer, Freiflächen etc.) sind aufgrund ihrer Lage und Anordnung durch die Wirkung von Blitzentladungen gefährdet.



Die einfache Demontage in Verbindung mit der hohen Wertkonzentration führt, insbesondere bei Freiflächenanlagen, zu einem erhöhten Diebstahlsrisiko von PV-Modulen. PV-Anlagen auf abseits gelegenen Flächen können nur mit erhöhtem Aufwand wirksam gegen Diebstahl und Vandalismus gesichert werden.

PV-Anlagen an exponierten Stellen (z. B. Dächer, Freiflächen etc.) sind aufgrund ihrer Lage und Anordnung durch die Wirkung von Blitzentladungen gefährdet. Die PV-Anlage selbst trägt jedoch in der Regel nicht zu einer erhöhten Blitz-Einschlaghäufigkeit an Gebäuden bei. Blitzbedingte Überspannungen können zu Schäden an den elektrischen Betriebsmitteln der PV-Anlage führen (z. B. PV-Module, PV-Wechselrichter etc.).

Fehlerhafte elektrische Installationen von PV-Anlagen können, neben Schäden an der Anlage selbst, auch zu erheblichen Gebäudeschäden insbesondere durch Brand führen.

Mögliche Ursachen sind:

- Unzureichend dimensionierte Leitungsquerschnitte
- Falsche oder lose Klemmen/Steckverbinder
- Unsachgemäße Leitungsverlegungen z. B. über scharfe Kanten
- Nicht fachgerecht ausgeführte Kabeldurchführungen in Gebäuden (Nässeschäden infolge Beschädigung und unzureichender Abdichtung der Dachhaut)

4. Schadenverhütung

Maßgeblich für die Schadenverhütung ist die fachgerechte Planung, Montage und Wartung einer Anlage. Bereits im Vorfeld der Planung sollte die grundsätzliche Akzeptanz einer PV-Anlage an oder auf einem Gebäude in Bezug auf Nutzung und Bauart des Gebäudes mit dem Sachversicherer abgestimmt werden. Einschränkungen gelten für Gebäude mit explosionsgefährdeten Bereichen und feuergefährdeten Betriebsstätten.

- **Explosionsgefährdete Bereiche (Ex-Zonen):**
  Hier sind unter anderem die IEC 60079 / DIN EN 60079-14 / VDE 0165-1 und die TRGS 723 maßgebend. In oder direkt angrenzend an Ex-Zonen ist die Installation von PV-Anlagen oder deren Komponenten wie Leitungen, Wechselrichter, usw. aufgrund der o. g. Bestimmungen in der Regel nicht möglich. Z. B. wegen nicht exgeschützter Komponenten und Leitungen der PV-Anlage oder wegen möglicher Ausgleichs- und Fehlerströme auf metallenen Dächern, Stahlstützkonstruktionen oder Wandverkleidungen, die zur potenziellen Zündquelle werden können, sowie auch durch Ausbläser oder Dachlüfter, die z. B. exfähige Atmosphäre über Dach abführen. Sind PV-Anlagen in der Nähe von Ex-Bereichen geplant, so sind mögliche Zündgefahren durch die PV-Anlage anhand einer Gefährdungsbeurteilung gemäß Gefahrstoffverordnung zu prüfen und durch geeignete Maßnahmen auszuschließen. Außerdem ist der Sachversicherer in die Planungen mit einzubeziehen.

- **Feuergefährdete Betriebsstätten:**
  Hier gelten die DIN VDE 0100-420 / IEC 60364-4-42:2010, modified + A1:2014 sowie VdS-Richtlinie 2033. Elektrische Betriebsmittel müssen laut diesen Normen hier auf solche beschränkt werden, die für die Nutzung der Betriebsstätten notwendig sind. PV-Anlagen gehören normalerweise nicht zu den notwendigen Betriebsmitteln. Oder sie müssen besonders gesichert werden, z. B. durch feuerbeständige Einhausungen (EI90 / F90) der Betriebsmittel (z.B. Wechselrichter) und Leitungen.

Aus brandschutztechnischer Sicht wird von der Installation von PV-Anlagen auf Dächern mit brennbaren Baustoffen dringend abgeraten. Vgl. Auch Tabelle 1 – Übersicht Dach- und Fassadenbaustoffe für PV-Anlagen.

4.1 Planungsphase

In der Planungsphase sind folgende Kriterien zu berücksichtigen:

- Statischer Nachweis über die ausreichende Dimensionierung der Unterkonstruktion (Dachkonstruktion des Gebäudes, Montagesystem der PV-Anlage bzw. Ständerkonstruktion bei Freilandanlagen). Hierbei sind auftretende Schnee- und Windlasten zu beachten. Gegebenenfalls können Windabweiser eingesetzt werden.
- Bei Freilandanlagen muss ein Nachweis über die Tragfähigkeit des Bodens erbracht werden (Bodengutachten).
- Die elektrotechnische Installation hat auf der Grundlage einschlägiger nationaler Regelwerke (z. B. DIN VDE 0100 Teil 712 „Errichten von Niederspannungsanlagen
  – Teil 7-712 Solar-Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme" zu erfolgen. Bei einer elektrotechnischen Anbindung an die Gebäudeinfrastruktur sind ebenfalls allgemein anerkannte Regelwerke (z. B. VDI-Richtlinie VDI 6012 „Dezentrale und regenerative Energiesysteme im Gebäude") zu beachten.
- Bei der Dimensionierung der elektrischen Betriebsmittel, insbesondere der Leitungen und Schaltgeräte, ist der Gleichzeitigkeitsfaktor mit 1 anzusetzen. Grund hierfür ist, dass bei maximaler Sonneneinstrahlung der höchste Strom durch die Module der PV-Anlage abgegeben wird. Ferner ist zu beachten, dass bei maximaler Sonneneinstrahlung auch die höchsten Temperaturen auf die Betriebsmittel einwirken.
- Bei der Planung der PV-Modulfelder auf Dächern ist zu beachten, dass zu Brandwänden sowie zu Dachöffnungen (Lichtkuppeln, RWA) jeweils ein Mindestabstand von 2,5 m zu den PV-Modulen eingehalten wird.
  Zudem sollten große zusammenhängende Modulfelder auf Dächern eine Fläche von 40 m mal 40 m nicht überschreiten. Zu benachbarten Modulfeldern sind Freistreifen von mind. 5 m einzuhalten.
- Zur ausreichenden Hagelsicherheit der PV-Paneele (bis 25 mm Hagelkorndurchmesser) sollten diese nach IEC 61215 zertifiziert sein. Alternativ ist auch eine Zertifizierung der Module nach FM 4473 akzeptabel. Insbesondere wenn die Anlage in einer Region errichtet wurde, welche eine hohe Hagel-Exponierung hat, ist eine Zertifizierung nach FM 4473 sinnvoll, da hier strengere Grenzwerte gelten als bei der IEC Zertifizierung.
- Aus Sicht des Brand- und Sachwertschutzes wird generell empfohlen PV-Anlagen mit Blitz- und Überspannungsschutz zu schützen. Verfügt ein Gebäude, auf dem eine PV-Anlage installiert werden soll, bereits über eine Blitzschutzanlage ist sicherzustellen, dass nach erfolgter Installation der PV-Anlage die gleiche Blitzschutzklasse wieder hergestellt wird. Dazu muss in der Regel die Blitzschutzanlage erneuert werden. Es empfiehlt sich bereits in der Planung einen VdS anerkannten Sachkundigen für elektromagnetische Verträglichkeit einzubinden.
  Ergänzend wird auf die einschlägige technische Normung wie z.B. die IEC 62305-2 (EN 62305-2) / IEC 62305-3 (EN 62305-3 Protection against lightning – Part 2: Risk management / Part3: Physical damage to structures and life hazard) oder international auch die NFPA 780 (Standard for the Installation of Lightning Protection Systems) verwiesen.
- Zur Vermeidung möglicher Personengefährdungen im Falle von Brandereignissen sind sowohl auf der Wechsel- als auch auf der Gleichstromseite des Wechselrichters geeignete Schaltstellen vorzusehen („Feuerwehr-Schalter" für die Gleichstromseite). Alternativ ist dies mit Mikro-Wechselrichtern (sog. Leistungsoptimierern) pro Modul realisierbar, die für diesen Zweck empfohlen werden.
- Zur Erkennung von seriellen Lichtbögen ist die Installation von Lichtbogen-Schutzeinrichtungen empfehlenswert. Diese Schutzsysteme sind separat erhältlich / nachrüstbar oder teilweise in Wechselrichtern integriert (Eine Aktivierung der der Schutzeinrichtungen für Dachmontierte Anlagen wird ausdrücklich empfohlen).
- Die PV-Anlage und deren Gefahrenbereiche sowie Abschaltmöglichkeiten sind in die Einsatzunterlagen (Feuerwehrplan) einzutragen.
- Sollten im Zusammenhang mit der PV-Anlage auch Batteriespeicheranlagen errichtet werden, so sollten dafür nach Möglichkeiten separate, feuerbeständige Räume (F90 / EI 90) vorgesehen werden. Alle weiteren Schutzmaßnahmen im Zusammenhang mit Batteriespeicheranlagen wie etwa Brandmelde- und Löscheinrichtungen, sind mit dem Sachversicherer im Einzelfall abzustimmen
- Darüber hinaus sollte bereits in der Planungsphase ein VdS anerkannter Sachverständiger für PV-Anlagen einbezogen werden. Nach erfolgter Installation ist die Anlage einer Erstabnahme sowie regelmäßigen Wiederholungsprüfungen durch den Sachverständigen zu unterziehen.
  Ein aktuelles Verzeichnis der VdS-anerkannten Sachverständigen für PV-Anlagen ist in der VdS-Publikation Nr. 3180 sowie auf der Webseite des VdS unter dem folgenden Link zu finden: https://vds.de/zertifikate/verzeichnis/V3180



Tabelle 1: Übersicht geeignete Dach- und Fassadenbaustoffe für PV-Anlagen

Dachschalung bzw. Fassade jeweils in Kombination mit Dämmstoffen und Dachabdichtungen	**Dämmstoffe Dach / Fassade** (An die Dampfsperre bzw. Dampfbremse werden keine Anforderungen gestellt; es werden jedoch bitumenfreie Dampfsperren bzw. -bremsen empfohlen, z. B. Aluminium- oder Kunststofffolien)	**Dachabdichtungen** (oberste Lage)
▪ **nicht brennbar, mit/ohne Feuerwiderstand** Beispiele: Stahlbeton, Porenbeton, Trapezblech, Blech-Sandwichpaneele	▪ **nicht brennbar:** Beispiele: Mineralfaser, Foamglas (A1, A2 // A) ▪ **brennbar:** nur Polyurethan- / Polyisocyanurat-Hartschaum (PUR / PIR) als Dämmkern in Blech-Sandwichpaneelen und mit B1 // B-s2-d0 oder FM 4880/4881 Class 1 Klassifizierung für das Paneel PUR / PIR (B1, B2 // B - E) lose verlegt nur geeignet mit zusätzlicher oberseitiger nichtbrennbarer Trennlage, z. B. aus Zementbauplatten (mind. 6 mm stark)	▪ **nicht brennbar:** Beispiele: Trapezblech, Falzblech ▪ **brennbar:** bitumenfreie Dachfolien aus Kunststoff Beispiele: EPDM, FPO, PVC
Brandschutzklassifizierungen in Klammern jeweils nach DIN 4102 // EN 13501		
Die Eignung anderer Baustoffe bzw. Baustoff-Kombinationen als die hier aufgeführten können im Einzelfall bei HDI/HRC angefragt werden.		
Die o.g. Dach- und Fassadenbaustoffe für PV-Anlagen werden vom HDI wie dargestellt als geeignet eingestuft. Gesetzliche, behördliche oder anderweitige Anforderungen an die Baustoffe bleiben davon unberührt und sind stets zu beachten!		

Quelle: HDI Risk Consulting – Stand April 2022

4.2 Lieferung und Montage

Während der Lieferung und Montage sind folgende Schadenverhütungsmaßnahmen zu realisieren:

- Module müssen fachgerecht transportiert, gelagert, befestigt und installiert werden. Die in der Montage- bzw. Installationsanleitung enthaltenen Vorgaben der Hersteller sind einzuhalten.
- Bei Bodenanlagen ist das Gelände vor Anlieferung der PV-Module einzuzäunen (Stahlgitterzaun, Mindesthöhe 2 m). Anstelle eines provisorischen Bauzauns sollte bereits vor Montagebeginn die für die Betriebsphase erforderliche Einfriedung vorgenommen werden.
- Aufdachanlagen sollten möglichst mit dem Dach fest verbunden werden (Verschrauben). Tragsysteme, die nur über eine Ballastierung und keine Verschraubungen mit dem Dach verfügen, bieten möglicherweise weniger Standsicherheit. Kommen sie zum Einsatz, ist auf einen ausreichenden Schutz der Dachabdichtung gegen Durchdrücken / Durchstanzen oder Durchscheuern zu achten, z. B. durch die Unterlage von Bautenschutzmatten unter das Tragsystem. Die ausreichende Ballastierung der Anlage ist durch ein anerkanntes Verfahren nachzuweisen, z. B. über den Hersteller des Tragsystems.
- Elektrolytische Korrosion (Metallkombinationen innerhalb des Montagesystems und an den Dachanschlüssen): Es ist darauf zu achten, dass nur korrosionsbeständige Metalle/Metallkombinationen verwendet werden.
- Bauliche Brandschutzmaßnahmen dürfen durch die Installation von PV-Anlagen nicht beeinträchtigt oder aufgehoben werden. (Überbauung von Brandwänden durch PV-Module und Kabel ist unzulässig, Kabeldurchführungen in Brandwänden müssen mit bauaufsichtlich zugelassenen Systemen verschlossen werden.
- Elektrische Kabel und Leitungen sind so zu verlegen, dass sie gegen Witterungseinflüsse und Kleintierfraß geschützt sind. Dabei ist die Verlegung in metallenen Kabelkanälen zu bevorzugen. (Kabelbinder haben oft nur eine begrenzte UV-Beständigkeit / Lebensdauer.)
- Vorzugsweise sollten verriegelbare Steckverbinder (IP 67) verwendet werden, um ein Lösen der Verbindungen mit der Gefahr von Lichtbögen zu vermeiden.
- Generatoranschlusskästen in Außenbereichen sind UV-beständig auszuführen und gegen direkte Sonneneinstrahlung, Überhitzung und Kondenswasserbildung (Tag-Nacht-Wechsel) zu schützen.
- Gleichstromkabelstränge zwischen Generator und Wechselrichter sind möglichst außerhalb der Gebäudehülle zu verlegen.
- Müssen Gleichstromkabelstränge durch Gebäude verlegt werden, sind diese baulich, mit einer Feuerwiderstandsdauer von mind. 60 min von der sonstigen Nutzung des Gebäudes zu trennen (Kabelinstallationskanal in I-60).
- Wechselrichter müssen auf einer nichtbrennbaren Unterlage oder Montageplatte installiert werden.
- Der Mindestabstand von Wechselrichtern untereinander sowie unterhalb von Überdachungen sollte 0,5 m nicht unterschreiten
- In einem Umkreis von 2,5 m um die Wechselrichter herum darf kein brennbares Material gelagert werden.
- Wechselrichter sollten nach Möglichkeit im Außenbereich installiert werden, vorzugsweise an Außenwänden. Der Dachbereich ist als Standort aus Brandschutzaspekten meist weniger geeignet. Im Außenbereich sollten die Wechselrichter vor Witterungseinflüssen zusätzlich geschützt werden, z. B. durch ein Sonnen- und Regenschutzdach. So kann ihre Leistung verbessert und ihre Lebensdauer verlängert werden.
- Sofern Wechselrichter innerhalb von Gebäuden installiert werden sind diese baulich in mindestens F60 / EI60 abzutrennen. Darüber hinaus ist der Raum durch eine automatische Brandmeldeanlage zu überwachen. Der Raum sollte eine Feuerwiderstandsdauer von mindestens 60 Minuten besitzen (F60 bzw. EI60)
- Wechselrichter sollten nicht an Standorten installiert werden, an denen korrosive oder andere schädliche Atmosphäre auf sie einwirken kann, wie z. B. ammoniakhaltige Atmosphäre in der Nähe von Tierstallungen oder Güllelagern o.ä.
- Nach erfolgter Installation hat der Errichter die fachgerechte und mangelfreie Installation in einer Konformitätserklärung schriftlich zu bestätigen.
- Einweisung des Betreibers vor der Übergabe der PV-Anlage in die technischen und betrieblichen Abläufe der Anlage sowie Dokumentation der Einweisung

4.3 Einbruchschutz

Während des Betriebes der Anlage sind folgende Schadenverhütungsmaßnahmen zu gewährleisten:

- Anlagen auf abseits gelegenen Flächen sollten gegen Diebstahl und Vandalismus gesichert werden. Es empfiehlt sich ein Schutzkonzept für den Park von einem Sachverständigen erarbeiten zu lassen. Das Schutzkonzept sollte die folgenden Punkte enthalten:
  - Sicherung der Anlage mit einem Zaun (Mindesthöhe 2 m) mit Übersteigschutz
  - Installation eines Perimeterschutzes (z.B. PIR Melder) in Verbindung mit einer Videoüberwachungsanlage.
  - Überwachung der PV-Freiflächenanlage durch eine (VdS-anerkannte) Einbruchmeldeanlage mit Aufschaltung an einen Wach- und Sicherheitsdienst mit 24-stündiger Erreichbarkeit.
  - Befestigung der PV-Module mit nicht lösbaren Schrauben oder Verbindern oder ähnliches.
  - Neben den vorgenannten Schutzmaßnahmen gegen Diebstahl und Vandalismus sollten bei größeren PV-Freiflächenanlagen („Solarparks") auch Vorkehrungen gegen Cyber-Angriffe getroffen werden (technisch / organisatorisch).

4.4 Betrieb und Wartung

- Wartung und Instandhaltung der PV-Anlage hat ausschließlich durch einen Elektrofachbetrieb oder der Errichter Firma zu erfolgen.
- Regelmäßige Prüfung der PV-Anlage, mindestens alle 2 Jahre:
  - Sichtprüfung aller Teile
  - Thermografische Untersuchung der Anschluß- und Verteilerkästen
  - Ordnungsgemäße Einbindung des Blitz- und Überspannungsschutzes.
- Mindestens jährliche Überprüfung der Überspannungsableiter der Blitzschutzeinrichtung und ggf. Austausch
- Regelmäßiger Grünschnitt (Bodenbewuchs, Sträucher, Bäume) bei Freiflächenanlagen und Entfernung des Grünschnitts aus dem Bereich der Anlage
- Kennzeichnung nicht abschaltbarer Strom führender`Kabel zwischen PV-Generator und Wechselrichter (z. B. mittels an der Freischaltstelle ausgehängtem Kabelwegeplan) als Orientierungshilfe für Einsatzkräfte der Feuerwehr im Brandfall

5. Referenzen / Übersicht internationaler Standards

Lokale Standards sollten eingehalten werden.

IEC 62446-1
Photovoltaic systems – Requirements for testing, documentation and maintenance

IEC 60364-7-712
Low voltage electrical installations: Requirements for PV power supply systems

IEC 62305-2 (EN 62305-2) / IEC 62305-3 (EN 62305-3)
Protection against lightning – Part 2: Risk management / Part3: Physical damage to structures and life hazard

IEC 61215
Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval – Part 1: Test requirements

NFPA 780
Standard for the Installation of Lightning Protection Systems

FM Loss Prevention Data Sheet 15-1
Roof-mounted solar photovoltaic panels

FM Loss Prevention Data Sheet 7-106
Ground-Mounted Solar Photovoltaic Power

FM Approvals 4473
Impact Resistance Testing of Rigid Roofing materials by Impacting with Freezer Ice Balls

Folgende Standards nur in der deutschsprachigen REG:

VdS 2031
Blitz- und Überspannungsschutz in elektrischen Anlagen

VdS 2033
Elektrische Anlagen in feuergefährdeten Betriebsstätten und diesen gleichzustellenden Risiken

VdS 2046
Sicherheitsvorschriften für elektrische Anlagen bis 1000 Volt

VdS 2057
Sicherheitsvorschriften für elektrische Anlagen in landwirtschaftlichen Betrieben, Intensiv-Tierhaltungen

VdS 2067
Elektrische Anlagen in der Landwirtschaft

VdS 3145
Photovoltaikanlagen

VdS 3180
Verzeichnis der VdS-anerkannten Sachverständigen für PV-Anlagen

6. Anmerkung

Das Merkblatt erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und entbindet nicht von der Einhaltung gesetzlicher oder behördlicher Vorschriften und Auflagen.

Die oben zitierten Verordnungen, Normen und Richtlinien sind in der jeweils gültigen Fassung anzuwenden.

Über HDI Risk Consulting ...

- HDI Risk Consulting GmbH unterstützt Mittelständler, Industrieunternehmen und Konzerne bei der Schadenverhütung und beim Aufbau eines betrieblichen Risikomanagements.
- Dazu bietet HDI Risk Consulting den Kunden Zugriff auf ca. 170 Ingenieure und Spezialisten aus den unterschiedlichsten Fachrichtungen. Ziel ist es, Unternehmen dabei zu unterstützen, Risiken zu beherrschen und somit ein individuelles, risikogerechtes Versicherungs-Deckungskonzept zu erstellen.
- HDI Risk Consulting ist weltweit aktiv in den Bereichen Feuer, Kraftfahrt, Technische Versicherung und Transport. Die Tätigkeitsschwerpunkte liegen in der Erkennung und Beurteilung von Risiken sowie der Entwicklung geeigneter individueller Schutzkonzepte.
- Die HDI Risk Consulting GmbH ist eine hundertprozentige Tochtergesellschaft der HDI Global SE.

Kontakt

Haben Sie Fragen oder wünschen Sie eine individuelle Beratung? Dann wenden Sie sich gern an die Experten in Ihrer HDI Niederlassung vor Ort.

HDI Risk Consulting GmbH
HDI-Platz 1
D-30659 Hannover
+49 511 645-3219
www.hdi.global

Impressum:
Verantwortlich für den Inhalt:
HDI Risk Consulting GmbH

Layout: Insignio Kommunikation GmbH
Fotos: Titel: istockphoto/francis49,
S. 2: iStockphoto/schmidt-z, S. 4: Kyocera, Abb. 2 bis 5:
Dipl.-Ing. Eckart Wiesenhütter, Technical expert,

Vorteile der HDI Risk Consulting

> Ganzheitliche Risk Engineering Expertise in der Identifizierung, Bewertung und Verhütung von Betriebsrisiken.

> Ein qualifiziertes internationales Netzwerk bietet Kunden weltweit multidisziplinäre Unterstützung beim Risikomanagement.

> HDI Risk Consulting ist eine hundertprozentige Tochtergesellschaft der HDI Global SE und damit Teil des Talanx-Konzerns, einer der größten Versicherungsgruppen in Deutschland und Europa.

Trotz größtmöglicher Sorgfalt bei der Erstellung von Fachinformationen kann keine Haftung für Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit übernommen werden. Wir übernehmen ferner keine Verpflichtung und beabsichtigen auch nicht, diese Aussagen bei einer anderen als der erwarteten Entwicklung zu aktualisieren oder korrigieren.

403-HRC/REG134DE 202206