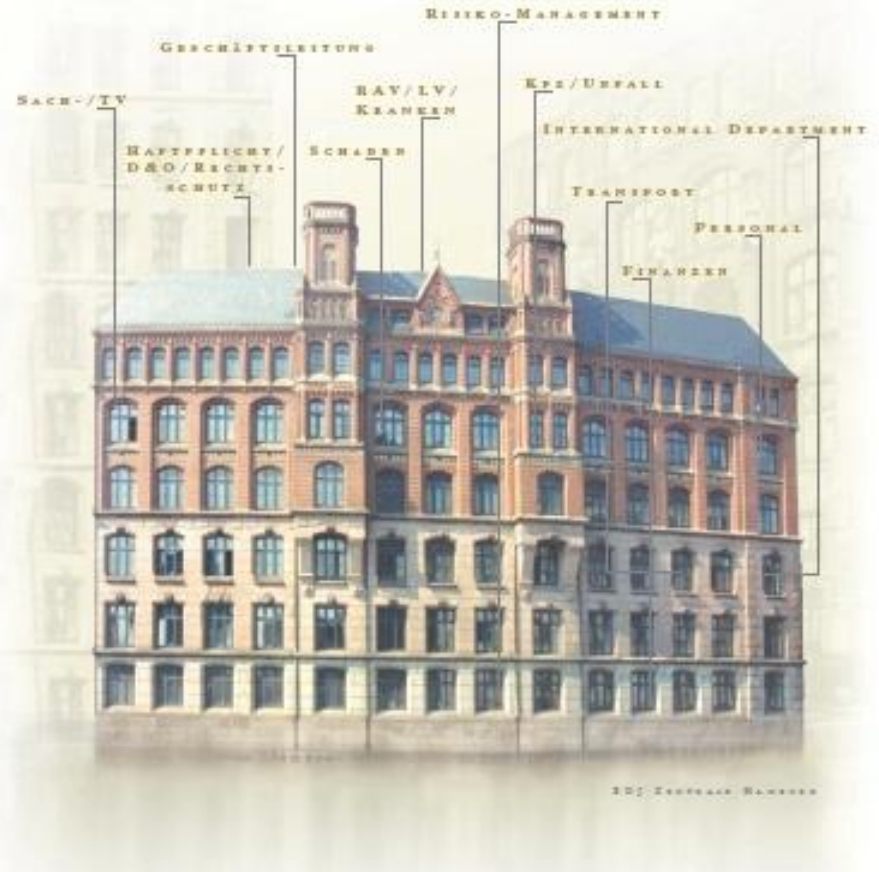


Risiken und Risikobewältigung für Photovoltaikanlagen

Fachforum
im Bauzentrum München
Brandschutz bei PV-Anlagen

München, 17. Mai 2011



Risiken und Risikobewältigung für Photovoltaikanlagen

1. Übersicht
 - 1.1. Arten der Photovoltaik-Anlagen
 - 1.2. Risikophasen von der Planung bis zum Betrieb
 - 1.3. Risiken für Solaranlagen und Schadenrealität
2. Risiken im Anlagenbetrieb
 - 2.1. versicherbare Risiken
 - 2.2. nicht versicherbare Risiken
 - 2.3. vorbeugendes Risikomanagement
 - 2.4. häufigste Schadenursachen
3. Risikoträger
 - 3.1. Bedingungswerke, Konditionen der Versicherer
 - 3.2. Entwicklung eines Anforderungskataloges für PV-Anlagen
4. Versicherungsmakler

1. Übersicht

1.1. Photovoltaikanlagen

Dach



Freiland



1. Übersicht

1.2. Risiko-Phasen

[Risikomatrix](#)

Planung

- diverse Normen müssen unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten und den anerkannten Regeln der Technik beachtet werden
- bereits in dieser Phase sollte bei großen PV-Dach- und Freilandanlagen (ab 5 MW oder schwierigen Rahmenbedingungen) der spätere Risikoträger oder Makler konsultiert werden
- die Grundlagen für das Sicherungskonzept (Montage und Betrieb) werden gelegt (Auflagen, Konditionen, Selbstbehalte)

1. Übersicht

1.2. Risiko-Phasen

[Risikomatrix](#)

Errichtung

- Hauptrisiko liegt in der Beschädigung und dem Abhandenkommen von Anlagenteilen bis zur Übergabe/Probetrieb
- kritische Phase beginnt mit der Anlieferung und Montage der Module; oft gibt es hier bereits Auflagen der Versicherer
- weitere Risiken sind Montagefehler und Montageunterbrechung
- im Zuge der Montagearbeiten sind Schäden an Sachen Dritter (z.B. Gebäude) und Personenschäden möglich, z.T. mit erhebliche Folgeschäden (z.B. Produktionsunterbrechung wg. Beschädigung des zentralen Lichtleiterkabels für die Prozessteuerung)

1. Übersicht

1.2. Risiko-Phasen

[Risikomatrix](#)

Betrieb

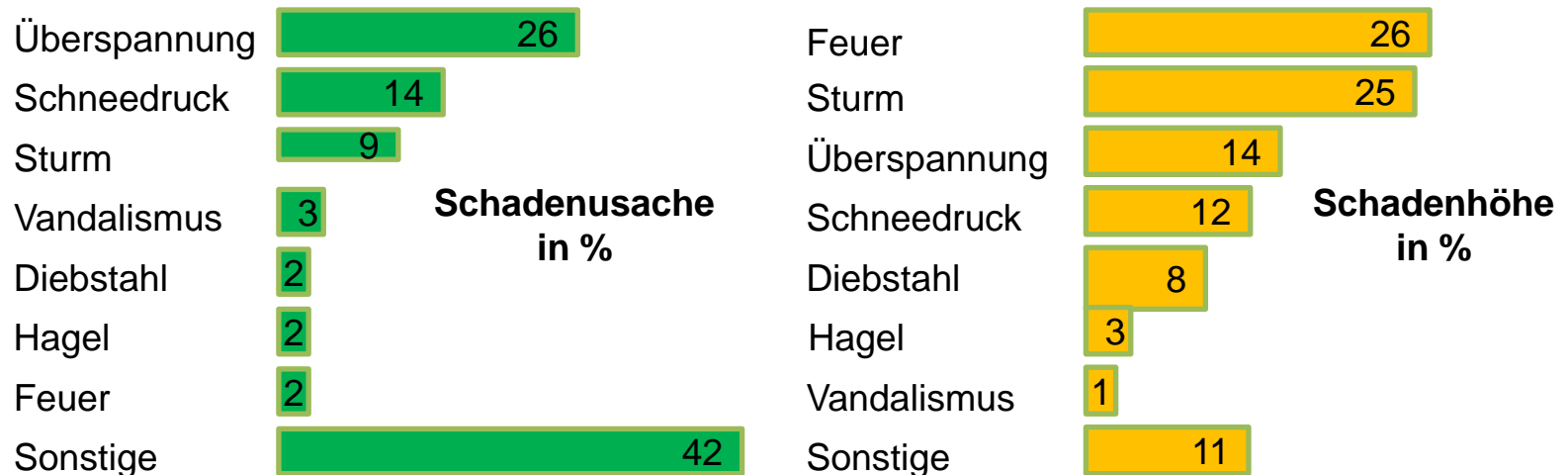
- Sachsubstanzschaden in jeder denkbaren Form
- Ertragsausfall (auch dauerhaft) durch Schaden, Minderleistung des Moduls, mangelnde Sonneneinstrahlung

1. Übersicht

1.3. Risiken für Solaranlagen und Schadenrealität

(Quelle: VdS 2009)

Schadenursachen und –kosten bei PV-Anlagen



[Link: Bild Schneedruck](#)

[Link: Bild Anschlussdose](#)

2. Risiken im Anlagenbetrieb

2.1. Versicherbare Risiken

Versicherungsschutz basiert i.d.R. auf sogenannter All-Gefahren-Versicherung für die versicherte Sache:

- Zerstörung oder Beschädigung durch unvorhersehbare Ereignisse
- Abhandenkommen (Diebstahl, Raub, Plünderung)
- Bedienungsfehler, Ungeschicklichkeit, Vorsatz Dritter
- Konstruktions-, Material- oder Ausführungsfehler
- Kurzschluss, Überstrom oder Überspannung
- Versagen Mess-, Regel- und Sicherheitseinrichtungen
- Brand, Blitzschlag, Explosion, Flugzeugabsturz
- Sturm, Frost, Eisgang
- Innere Unruhen, Streik, Aussperrung

2. Risiken im Anlagenbetrieb

2.2. Nicht versicherbare Risiken

Zunächst alle nichtgenannten Gefahren, wie z.B.:

- Vorsatz des Versicherungsnehmers
- Krieg oder kriegsähnliche Ereignisse
- Kernenergie, nukleare Strahlung, radioaktive Substanzen
- Erdbeben (auf Nachfrage versicherbar)
- Betriebsbedingte normale oder betriebsbedingte vorzeitige Abnutzung
- Alterung, Verschmutzung, Kratzer, Leistungsminderung
- Einsatz bereits reparaturbedürftiger Sachen

2. Risiken im Anlagenbetrieb

2.3. Vorbeugendes Risikomanagement

Planerisches Risikomanagement

- Bekannte Risiken (Statik, Bodenverhältnisse, Wind- und Schneelasten, Erdbebenzone usw.) müssen in der Anlagenplanung und –auslegung berücksichtigt werden (technische Regeln und Normen)
- Risikoträger gehen davon aus, dass die geltenden Regeln, Normen und Vorschriften grundsätzlich eingehalten werden (bei Verstoß im Schadenfall ggf. kein Versicherungsschutz)
- Normen stellen keinen Schutz vor Schaden und Ansprüchen gegen den Planer/Errichter dar
- Annehmbare technische Erfahrungen müssen berücksichtigt werden, z.B.
- Schnee übt bei geneigter Fläche Schräglast auf Modulrahmen aus
- Langlebiger Korrosionsschutz für Unterkonstruktionen/spätere Zugänglichkeit erschwert
- Befestigung von Trapezblechhaltern mit normalen Blechschrauben eher unzulässig (Gesamtstatik der Anlage beachten)

2. Risiken im Anlagenbetrieb

2.3. Vorbeugendes Risikomanagement

Technisches und organisatorisches Risikomanagement

- Risikobereiche, die nicht zwingend für die Erlangung von Versicherungsschutz erforderlich sind oder bisher keine verbindliche Norm darstellen, z.B.:
 - winddynamische Untersuchungen
 - Anlagenüberwachung
 - Maßnahmen gegen Diebstahl (Zaun- und Moduldgedektierung, Videoüberwachung, diebstahlhemmende Verschraubungen, Übersteigschutz etc.)
 - Wartung und Monitoring (Anlage, Bewuchs)
- Im Schadenfall und für nachhaltig günstigen Versicherungsschutz sind diese weichen Risikomerkmale oft entscheidend
- Frühzeitige Absprachen zu den geforderten „weichen“ Risikomerkmale sichern Rendite, Anlage und nachhaltig günstigen Versicherungsschutz
- Bei der Auswahl der Subunternehmer streng auf Einhaltung von Qualität achten (gute Planung ist nicht gleich gute Ausführung und Montage) – Überwachung!
- Die überwiegende Zahl der Schäden geht auf schlechte Ausführung zurück

2. Risiken im Anlagenbetrieb

2.4. Häufigste Schadenursachen

Überspannung/Blitzschlag

- Direkte und nahe Blitzeinschläge haben hohes Schadenpotential für Module, Wechselrichter und elektrische Installationen
- Große magnetische Felder induzieren Überspannungen
- In Folge werden häufig Bypassdioden in der Anschlussdose zerstört (hoher Reparaturaufwand)
- Direkte Einschläge führen häufig zu Gebäudeschäden (mechanisch, Feuer)
- Für Gebäude gilt äußerer und innerer Blitzschutz als effektive Schutzmaßnahme für Gebäude und PV-Anlage
- Mangelhaft ausgeführter Blitzschutz (aus Kostengründen) oder Beeinträchtigung eines vorhandenen Blitzschutzes durch PV-Anlagen ist zu vermeiden
- Überspannungsschutz bei fehlender äußerer Blitzschutzanlage wird dringend empfohlen

2. Risiken im Anlagenbetrieb

2.4. Häufigste Schadenursachen

Schneedruck/Sturm

- Die Nichtbeachtung der gültigen Normen und Vorschriften (Windlasten, Schneedruck)
- Nichtbeachtung der Herstellerangaben für Befestigungen und Dachlasten
- Stauende Schneemassen an den Modulunterkanten
- Zu große Modulüberstände
- Ungenügende statische Auslegung der Unterkonstruktion
- Mangelhafte Befestigung (Baupfusch)

3. Risikoträger

3.1. Bedingungswerke, Konditionen

- Einführung spezieller Versicherungsbedingungen für PV-Anlagen begann erst vor rund fünf Jahren bei wenigen Versicherern
- Versicherungsnehmer sollte unbedingt ein Spezialprodukt wählen, da diese auf die besonderen Anforderungen abgestimmt sind
 - Besondere Kostenpositionen im Schadenfall für De- und Remontage
 - Hohe Sublimits z.B. für Ersatzteilbeschaffung, Reparaturen, Stellung von Gerüsten etc.
- Versicherer haben vor Indeckungnahme unterschiedliche Anforderungen zur Anlagenprüfung
 - Qualitätssiegel (BSW-Anlagenpass, RAL-Solar, Qualitätserrichterpaß)
 - Umfangreiche Fragebögen zu Anlagensicherheit
 - Forderung von innerem und äußerem Blitzschutz
 - Forderung spezieller Diebstahlsicherungsmaßnahmen
 - Empfehlung:
 - bei Großanlagen, Industriedächern, kommunale Gebäude, Indachlösungen, landwirtschaftliche Gebäude mit hohen Brandlasten Makler oder Versicherer bereits in der Planungsphase einbinden
- Konditionen schwanken z.T. erheblich, sind aber marktweit auf historischem Tiefstand
- Versicherer wechseln Prämienberechnung von Versicherungssumme auf kWp-Leistung

3. Risikoträger

3.2 Anforderungen aus Maklersicht

- ✓ Nachgewiesene Erfahrung im Bereich Photovoltaik/Solarthermie
- ✓ Spezialprodukte/Bedingungen für die genannten Risikobereiche
- ✓ Underwriter für PV und entsprechende Schadenregulierer
- ✓ Bei ausländischen Standorten muss Dokumentierung auch für lokale SPV's möglich sein (inkl. lokale Abführung von Steuern, Gebühren und sonstigen Angaben)
- ✓ Rating, auch wegen hoher möglicher Schadenzahlungen, nie aus dem Auge verlieren
- ✓ Erste Risikoprüfung und Kalkulation über Makler möglich
- ✓ Gute, marktfähige Konditionen

3. Risikoträger

Ausgewählte Versicherer für PV-Branche

Anforderungen Versicherer	PV- Bedingungen	Under- writer	Schaden- regulierer	Makler- bedingungen	Internationales Netzwerk	Aktuelles Rating (S&P)
AXA	ja	ja	ja	ja	ja	AA-
Allianz	nein	nein	ja	nein	ja	AA
Ergo-Gruppe	ja	ja	ja	Ja	ja	AA-
HDI-Gerling	nein	ja	nein	nein	ja	A+
Gothaer	ja	ja	ja	nein	teilweise	A-
R+V	ja	Ja	Ja	nein	nein	not listed
Chartis	ja	ja	nein	nein	ja	A
Condor	ja	ja	nein	ja	nein	no ratings
Mannheimer	ja	ja	nein	nein	nein	not listed
Helvetia	ja	nein	nein	nein	nein	A-
Bayer. VB	ja	ja	ja	ja	nein	A

3. Risikoträger

3.3. Anforderungskatalog der Versicherer für PV-Anlagen

- Schadenbelastung deutlich erhöht bei gleichzeitig um ca. 70% gesunkenen Beitragssätzen
- Aktuell stehen Schneedruckschäden und Diebstähle im Fokus der Schadenregulierung
- Größtes Problem ist mangelhafte Anlagenplanung und Errichtung
- Die in der Öffentlichkeit diskutierte Brandgefahr von/durch PV-Anlagen bzw. verweigerte Löscheinsätze von Feuerwehren haben wegen der wenigen Schäden (noch) nicht die Versicherungswirtschaft erreicht
- Planung, Ausführung und Qualität von Komponenten und Errichter rücken in den Focus
- Der Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft erarbeitet derzeit einen technischen Leitfaden für die Planung, Errichtung und dem Betrieb von netzeinspeisenden Photovoltaikanlagen (Link: [GDV Entwurf](#))
- Wirkung könnte erheblich sein, wenn die bestandsführenden Versicherer die Qualitätsanforderungen im Portfolio zur nächsten Hauptfälligkeit bzw. im Neugeschäft umsetzen
- Möglich: deutliche Preisunterschiede je nach Anlagenart, Auslegung, Wartung etc.
- Ähnliches Phänomen war in der Windenergie zu beobachten, nachdem mangelhafte Anlagenqualität zu massiven Schäden führte
- Zeithorizont für die Einführung: wahrscheinlich im Sommer 2011
- Auswirkungen für Bedingungen und Konditionen: 2012

4. BDJ Versicherungsmakler

Historie

- 1845 Gründung der Firma H. J. **Burmester**
- 1889 Gründung der Firma **Duncker & Joly**
- 1902 Bezug des **Laeiszhofs** in Hamburg (Trostbrücke 1)
- 1932 Gründung der **DFG** Deutsche FilmversicherungsGemeinschaft
- 1976 **Fusion** H. J. Burmester mit Duncker & Joly
- 1978 Beginn der Tätigkeit für die **Tokio Marine**
- 1985 Aufnahme der Tätigkeit als **Industrie-Versicherungsmakler**
- 2002 Gründung von **ATLAS** Versicherungsmakler
- 2002 Fokussierung auf **Wirtschaftsbranchen**
- 2003 Kauf der **Hansa** Versicherungsvermittlung (Eduscho-Konzern)
- 2005 Rechtliche Verselbstständigung des Maklerbereiches



BDJ Versicherungsmakler

Wir

- sind Spezialisten in der Betreuung von Unternehmen der Erneuerbaren Energien, insbesondere der Photovoltaik und Bioenergie
- entwickeln individuelle Lösungen, wie zum Beispiel Betreiberhaftpflicht- und Anlagenversicherung für Solarparks bei ausländischen Projektgesellschaften
- sind erfahren in der Umsetzung spezieller Versicherungslösungen
- haben Zugang zu allen wesentlichen Versicherungsmärkten
- sind Berater namhafter Projektgesellschaften der Solarbranche

Kerndienstleistungen

- **Risiko- und Versicherungsmanagement**

Wir analysieren die spezifische Risikosituation unserer Kunden und erarbeiten maßgeschneiderte Lösungen und Absicherungs-Strategien, die wir am Versicherungsmarkt umsetzen.

- **Vertragsmanagement**

Bestehende Absicherungskonzepte werden stetig an geänderte Risiko- und Marktverhältnisse unter Berücksichtigung der Schadenerfahrungen angepasst.

- **Schadenmanagement**

Im Schadenfall übernimmt unser Schadenmanagement alle maklerspezifischen Dienstleistungen von der fristgerechten Informationsübermittlung an die Versicherer bis zur Durchsetzung und Abrechnung der Ansprüche.

Internationales Netzwerk

- Wir verfügen über ein weltumspannendes Netzwerk von unabhängigen Versicherungsmaklern
- Wir können Sie in 130 Ländern auf allen Kontinenten betreuen
- Unsere Länderpartner beschäftigen insgesamt 20 000 Mitarbeiter
- Wir arbeiten mit internationalen Versicherungsprogrammen (Master-Cover-Konstruktionen mit DIC/DIL-Bedingungen)
- Unsere Länderpartner besorgen lokale Grunddeckungen und sind Ansprechpartner für Ihre Mitarbeiter vor Ort
- Wir steuern das Internationale Versicherungsprogramm zentral in Abstimmung mit Ihnen am Ort Ihrer Hauptverwaltung



BDJ-Kundenbetreuung



Robert von Bennigsen
Geschäftsführer/Gesellschafter

Telefon: 040-37603-180

Telefax: 040-37603-144

E-Mail: bennigsen@bdj.de



Andreas Lietz
Kundenbetreuer

Telefon: 040-37603-192

Telefax: 040-37603-144

E-Mail: lietz@bdj.de

**Gesamtrisikosituation
PV-Anlagen**

Risikosituation PV-Anlagen	Planungsphase Planer, Generalübernehmer			Montage			Betrieb		
	Haftung	Ertrag	Besonderheiten	Haftung	Ertrag	Sachsubstanz	Haftung	Ertrag	Sachsubstanz
Industrie ab 100 kWp Dachanlagen	- Auslegungs- planung - Komponenten- auswahl - Befestigungs- system - Dachstatik - Wind- u. Schneelast - Blitz- und Überspannungs- schutz	- Ertragsgutachten	- Gebäudeform - Attikahöhe - Blitzschutz - Dachaufbauten	- Beschädigung von Eigentum Dritter im Zuge der Montage- tätigkeit - Regresse der Eigen- tümer, Versicherer, Bauherren - Betriebsunterbrech- ungsschaden	- Verzögerung der Inbetriebnahme auf Grund Schäden, Witterung, Lieferver- zögerung	- Beschädigung, Teil- o. Totalverlust von Anlagenteilen - Beschädigung von Dach- und Gebäude Risiken: Feuer, Elementarschäden Diebstahl, Vandalismus, Montagefehler	- Personen-, Sach- u. Vermögens- schäden sowie Umweltschäden aus dem Betrieb der Anlage	- Verlust- oder Minderung der Einkünfte nach versichertem Schaden - Leistungsverlust durch Modulmangel oder niedrigerer Globalstrahlung - Rückwirkungs- schaden - mangelhafte Installation; - Produktfehler	- Beschädigung, Teil- o. Totalverlust von Anlagenteilen - Beschädigung von Dach- und Gebäude Risiken: Feuer, Elementarschäden Diebstahl, Vandalismus, Blitzschlag, Überspann-ung, Terror, Naturgewalt, mangelhafte Installation; Produktfehler
Privat bis 100 kWp	- Auslegungs- planung - Komponenten- auswahl - Befestigungs- system - Dachstatik - Wind- u. Schneelast - Blitz- und Überspannungs- schutz	- Ertragsprognose	- Dacheignung - Dachneigung - Dachaufbau - Blitzschutz	- Beschädigung von Eigentum Dritter im Zuge der Montage- tätigkeit	- i.d.R. zu vernach- lässigen auf Grund kurzer Montagezeiten	- Beschädigung, Teil- o. Totalverlust von Anlagenteilen - Beschädigung von Dach- und Gebäude Risiken: Feuer, Elementarschäden Diebstahl, Vandalismus, Montagefehler	- i.d.R. zu vernach- lässigen - in bestehende private Haft- pflichtvers. Integrierbar	- Verlust- oder Minderung der Einkünfte nach versichertem Schaden - Leistungsverlust durch Modul- mangel oder niedrigerer Globalstrahlung - mangelhafte Installation; - Produktfehler	- Beschädigung, Teil- o. Totalverlust von Anlagenteilen - Beschädigung von Dach- und Gebäude Risiken: Feuer, Elementarschäden Diebstahl, Vandalismus, Blitzschlag, Überspann-ung, Terror, Naturgewalt, mangelhafte Installation; Produktfehler
Inland	- Auslegungs- planung - Komponenten- auswahl - Unterkonstr. - Bodengutachten - Überschwemm- ungsrisiko - Wind- u. Schneelast - Auflagen Risiko- träger beachten - Blitzschutz	- Ertragsgutachten	- vorhandene Gelände- struktur, z.B. - Konversionsflächen - ehem. Deponie - Altgebäude, Bewuchs - Naturschutzaufgaben - sonstige behördliche Auflagen zu - Umzäunung - Bodenfreiheit etc	- Beschädigung von Eigentum Dritter im Zuge der Montage- tätigkeit - Regresse der Eigen- tümer, Versicherer, Bauherren	- Verzögerung der Inbetriebnahme auf Grund Schäden, Witterung, Lieferver- zögerung	- Beschädigung, Teil- o. Totalverlust von Anlagenteilen, Kabeltrassen, Umspannwerken Risiken: Feuer, Elementarschäden Diebstahl, Vandalismus, Transportschaden, Naturgewalt, Montagefehler	- Personen-, Sach- u. Vermögens- schäden sowie Umweltschäden aus dem Betrieb der Anlage	- Verlust- oder Minderung der Einkünfte nach versichertem Schaden - Leistungsverlust durch Modul- mangel oder niedrigerer Globalstrahlung - mangelhafte Installation; - Produktfehler	- Beschädigung, Teil- o. Totalverlust von Anlagenteilen - Beschädigung von Dach- und Gebäude Risiken: Feuer, Elementarschäden Diebstahl, Vandalismus, Blitzschlag, Überspann-ung, Terror, Naturgewalt, mangelhafte Installation; Produktfehler

Gesamtrisikosituation PV-Anlagen

Freiland-
anlagen

Ausland

<ul style="list-style-type: none"> - Auslegungsplanung - Komponentenauswahl - Unterkonstr. - Bodengutachten - Überschwemmungsrisiko - Erdbebenrisiko - Wind- u. Schneelast - Geländetopographie - örtliche Nachbarschaftsverhältnisse - Auflagen Risikoträger beachten 	<ul style="list-style-type: none"> - Ertragsgutachten i.d.R. zweifach 	<ul style="list-style-type: none"> - vorhandene Geländestruktur - Naturschutzauflagen - sonstige behördliche Auflagen zu <ul style="list-style-type: none"> - Umzäunung - Bodenfreiheit etc - i.d.R. Überwachung erforderlich (z.B. durch geeignete Dedektierung und Aufsichtung zum Wachdienst) 	<ul style="list-style-type: none"> - Beschädigung von Eigentum Dritter im Zuge der Montage-tätigkeit - Regresse der Eigentümer, Versicherer, Bauherren 	<ul style="list-style-type: none"> - Verzögerung der Inbetriebnahme auf Grund Schäden, Witterung, Lieferverzögerung, politische Risiken 	<ul style="list-style-type: none"> - Beschädigung, Teil- o. Totalverlust von Anlagenteilen, Kabeltrassen, Umspannwerken Risiken: <ul style="list-style-type: none"> Feuer, Elementarschäden Diebstahl, Vandalismus, Transportschaden, Naturgewalt, Montagefehler 	<ul style="list-style-type: none"> - Personen-, Sach- u. Vermögensschäden sowie Umweltschäden aus dem Betrieb der Anlage - lokale Haftpflichtanforderungen sind zu beachten 	<ul style="list-style-type: none"> - Verlust- oder Minderung der Einkünfte nach versichertem Schaden - Leistungsverlust durch Modulmangel oder niedrigerer Globalstrahlung - mangelhafte Installation; - Produktfehler - politische Risiken 	<ul style="list-style-type: none"> - Beschädigung, Teil- o. Totalverlust von Anlagenteilen - Beschädigung von Dach- und Gebäude Risiken: <ul style="list-style-type: none"> Feuer, Elementarschäden Diebstahl, Vandalismus, Blitzschlag, Überspannung, Terror, Naturgewalt, mangelhafte Installation; Produktfehler
--	--	---	--	--	---	---	--	--

Photovoltaikanlagen

Technischer Leitfaden



Kurzreferat

Der Leitfaden gibt Hinweise entsprechend den Erfahrungen der Versicherer zur Auswahl, Planung, Errichtung und dem Betrieb von netzeinspeisenden Photovoltaikanlagen und zielt darauf ab, Betriebsunterbrechungen und Sachschäden zu vermeiden oder zu minimieren.

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

Der Leitfaden richtet sich hauptsächlich an Planer, Errichter, Prüfer elektrischer Anlagen, Betreiber sowie Vermieter von Gebäudeflächen.

Dieser Leitfaden wurde gemeinsam vom
Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. (VDE)

und dem

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

Inhaltsverzeichnis

Kurzreferat	3
Inhaltsverzeichnis.....	4
1 Anwendungsbereich.....	5
2 Begriffe.....	5
3 Einleitung	7
3.1 Gefahren	7
3.2 Schutzkonzept.....	7
4 Auswahl, Planung, Errichtung und Betrieb.....	7
4.1 Wahl des geeigneten Montageortes.....	8
4.2 PV-Module.....	9
4.2.1 Planung.....	9
4.2.1.1 PV-Module auf dem Dach.....	10
4.2.1.2 PV-Module im Dach bzw. in oder als Fassade	11
4.2.1.3 PV-Module in der Landwirtschaft.....	11
4.2.1.4 Entsorgung von PV-Modulen.....	12
4.2.2 Montage.....	12
4.3 Montagesysteme	12
4.3.1 Auswahl	12
4.3.2 Planung.....	13
4.3.3 Errichtung	13
4.4 Elektrische Komponenten	14
4.4.1 Wechselrichter	14
4.4.2 Kabel- und Leitungsanlagen	15
4.4.3 Generatoranschlusskästen und andere Gehäuse.....	17
4.4.4 Trenneinrichtungen	18
4.4.4.1 DC-Trenneinrichtung nach DIN VDE 0100-712	18
4.4.4.2 Freischaltung im DC-Bereich (Feuerwehrscharter)	18
4.4.4.3 Schutzeinrichtungen auf der Wechselstromseite nach DIN VDE 0100-712.....	19
4.4.5 Blitz- und Überspannungsschutz	20
4.4.5.1 Blitzschutz	20
4.4.5.2 Überspannungsschutz bei Anlagen ohne äußeren Blitzschutz....	21
4.4.5.3 Überspannungsschutz bei PV-Anlagen mit äußerem Blitzschutz	21
4.4.5.4 Elektrostatische Aufladung	22
4.4.5.5 Auswahl von Ableitern auf der DC-Seite.....	23
4.4.5.6 Erdungskonzept für Freiflächenanlagen	23
4.5 Diebstahlschutz.....	23
4.6 Inbetriebnahme	24
4.7 Betrieb.....	25
4.8 Einsatz von Feuerwehren (Brandbekämpfung).....	26
Anhang Literatur.....	27
GDV- und VdS- Publikationen	27
Normen	27

1 Anwendungsbereich

Diese Publikation behandelt netzeinspeisende 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

Netzeinspeisende 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 PV-Modulen bestehen, die mechanisch und elektrisch zusammen gefasst sind,
- (2) **Generatoranschlusskasten** (optional),
wird benötigt, um einzelne Stränge zusammen zu führen, 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) Zählerschrank mit:
 - a. Hausanschluss
 - b. Stromkreisverteiler
 - c. Einspeisezähler
 - d. Zähler für den Eigenverbrauch

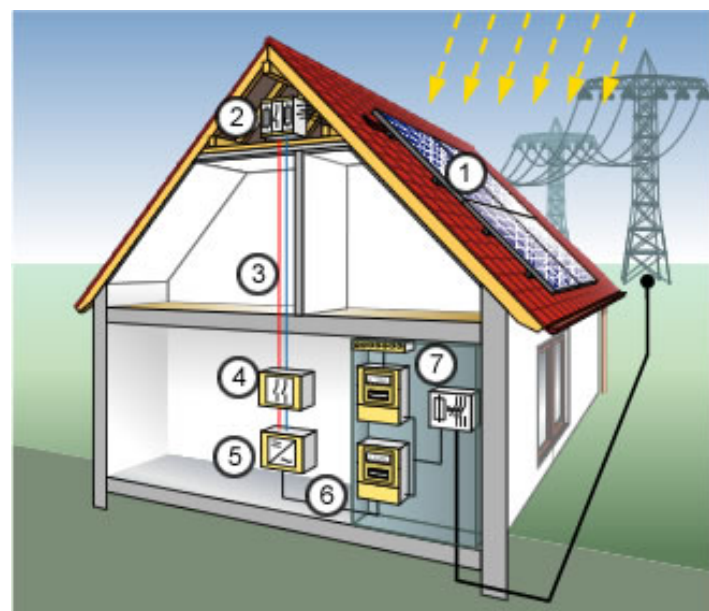


Bild 1: prinzipieller Aufbau einer PV-Anlage (Quelle: DGS)

Freischalteinrichtungen für PV-Anlagen:

- Trennung des Wechselrichters von der DC-Seite und der AC-Seite, um diesen **spannungsfrei** warten oder austauschen zu können. Zu diesem Zweck ist nach DIN VDE 0100-712 auf der DC-Seite ein Lasttrennschalter vorzusehen (siehe Bild 1 Pkt. 4).

- Trenneinrichtung, die mindestens die DC-Leitungen innerhalb des Gebäudes spannungsfrei schaltet, um Gefährdungen durch elektrischen Schlag, z. B. bei Bränden oder Hochwasser zu minimieren.
- Freischaltung erfolgt durch trennen von der Spannungsquelle oder kurzschließen der Spannungsquelle am PV-Modul, dadurch wird größtmögliche Spannungsfreiheit und somit auch ein maximaler Schutz vor einem elektrischen Schlag erreicht.

Bypassdioden: Sie werden antiparallel zu den Solarzellen geschaltet. Bei Verschattungen durch, z. B. Schmutz, Laub, Bäume, Fangstangen sollen sie einen Rückwärtsstrom durch die Solarzellen und damit deren Erwärmung (Hot-Spot) und evtl. Zerstörung verhindern (siehe Bild 2). Bypassdioden sind meistens in der Modulanschlussdose installiert. In Kombination von häufiger Verschattung und ungenügender Wärmeabführung in der Anschlussdose sowie durch Blitzüberspannungen und Verpolung des Moduls kann es zu Ausfällen von Bypassdioden kommen.

Hot-Spot: Erwärmung und Beschädigung von Zellmaterial eines PV-Moduls durch häufige Verschattungen.

Montagesystem: Als Teil des PV-Generators hat es die Aufgabe, die PV-Module mit dem Untergrund, z. B. Dachfläche 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 u. a. Dachsteine aus Beton und Ziegeln.

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): Sind PV-Anlagen, bei denen die PV-Module Bestandteil des 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): Sind PV-Anlagen, bei denen die PV-Module zusätzlich an oder auf die Gebäudehülle, z. B. Dach oder Fassade angebracht wurden. Sie erfüllen, außer der Stromerzeugung, keine weitere Funktion.

Weitere Begriffe sind in der folgenden Literatur enthalten:

- DIN VDE 0100-200 - Errichten von Niederspannungsanlagen - Begriffe
- DIN EN ISO 13943 - Brandschutz-Vokabular
- Fachbuch „Photovoltaik: Strom aus Sonnenlicht für Verbundnetz und Inselanlagen“ (H. Häberlin)

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 zum Teil 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 sichergestellt 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 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.

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 ist eine geeignete Fachkraft heranzuziehen, z. B. Statiker, Elektrosachverständiger, Dachdecker,
- ob die ausführenden Fachunternehmen ausreichend qualifiziert sind (z. B. Unternehmen mit RAL-Solar-Gütesiegel).

Eine gute Zusammenarbeit 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
 - 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, Abluftanlagen?
- 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.

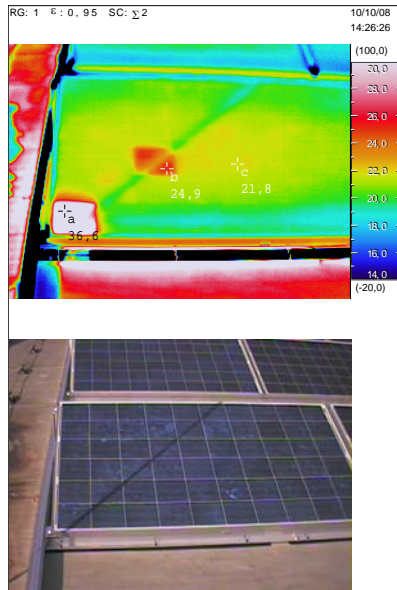


Bild 2: Hotspot in Folge einer Verschattung durch eine Blitzschutzfangstange (Quelle VGH)

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.

Gebäudeintegrierte Solarmodule müssen als Bestandteil des Gebäudes mindestens eine bautechnische bzw. bauphysikalische Funktion zusätzlich zur Stromerzeugung übernehmen. z. B. zum Schall-, Sicht-, Sonnen-, Wärme- oder Wetterschutz.

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

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 Brandschutzbehörde einzuholen.

Ragen die PV-Module über die Überdachführung der Brandwand hinaus, muss gemäß Musterbauordnung (MBO) ein Mindestabstand von 2,5 m zu Brandwänden eingehalten werden oder es liegt ein besonderer Nachweis für die Begrenzung der Brandgefahren vor. Andernfalls ist ein Mindestabstand von 0,5 m zu Brandwänden einzuhalten.



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)

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 einen kombinierten Innen- und Außenangriff zum Löschen eines Feuers,
- eine Begrenzung des Schadensmaßes

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.

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, 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 nichtbrennbaren Baustoffen bestehen. Diese Anforderung gilt für die folgenden Gebäudearten:

- bei Industriebauten mit einer Grundfläche von mehr als 2000 m² 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 erdgeschossigen Industriebauten ohne selbsttätige Feuerlöschanlagen und bei mehrgeschossigen Industriebauten mit selbsttätigen Feuerlöschanlagen müssen PV-Module einer Fassadenanlage gemäß der MIndBauRL mindestens aus schwerentflammbaren 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 schwerentflammbare Baustoffe, ein allgemein bauaufsichtliches Prüfzeugnis für die harte Bedachung, der auf der Baustelle bereitgestellt und dem Auftraggeber/Bauherrn ausgehändigt werden sollte.

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. Hierzu sind ggf. besondere Absprachen mit dem Hersteller erforderlich.

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, z. B. Schwermetalle, gesondert zu entsorgen. Hauptsächlich im Brandfall ist mit erhöhten Entsorgungskosten zu rechnen.

Für PV-Module gibt es ein flächendeckendes Sammelsystem, um diese fachgerecht zu entsorgen. Unter 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 Temperaturexpansion, 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 Tragsystem kann aus folgenden Elementen bestehen:

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

Die Modulbefestigung muss

- für eine beschädigungsfreie Aufnahme der vorgesehenen PV-Module geeignet sein (Siehe auch Abs. 4.1) und
- ggf. für eine ausreichende Diebstahlsicherung sorgen
- den Spezifikationen des Modulherstellers entsprechen.

4.3.2 Planung

Zur Wahl und Bemessung des Tragsystems, 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, wofür ggf. ein Statiker eingeschaltet werden sollte:

- Einwirkungen aus Eigenlasten (Gewicht von Modulen und Tragsystem) 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 Tragsystem
(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 Tragsystemen 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: derzeit wird die Richtlinie VDI 6012-1-4 zum Thema Befestigung von PV-Anlagen erarbeitet.



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

Hinweis: Die Installation von Photovoltaikanlagen auf Asbestzementdächern (Welleternitdächern) 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.

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 0126-14-1), 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).

Die Lebensdauer von Wechselrichtern ist begrenzt. Um eine maximale Lebensdauer bei hohem Wirkungsgrad zu erreichen, müssen Wechselrichter 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,
- 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. zusätzlich 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 (siehe VDN-Merkblatt „Eigenerzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz“).

Hinweis: Zukünftig sind die Anforderungen der Anwendungsregel E VDE-AR-N 4105 „Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz – Technische Mindestanforderungen für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz“ zu berücksichtigen.



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

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 der übliche Kurzschlusschutz mit Überstrom-Schutzeinrichtungen z. B. Leitungsschutzschalter, Sicherungen nicht wirksam ist. Aus diesem Grund müssen diese nach DIN VDE 0100-712 in einer Weise ausgewählt und errichtet werden, dass das Risiko eines Erdschlusses oder Kurzschlusses auf ein Minimum reduziert wird, z. B. durch die Verwendung von Einleiterkabeln oder -leitungen. Die Gefahr einer Beschädigung der Kabel und Leitungen ist zu vermeiden, z. B. dürfen diese nicht über Kanten verlegt werden (siehe Bilder 10 und 11).

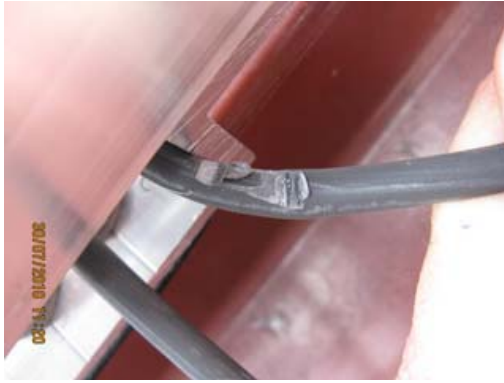


Bild 10 und 11: Beschädigungen von Leitungen (Quelle Markus Scholand)

Leitungen sind in geeigneter Weise zu verlegen (siehe Bilder 12 und 13).



Bild 12: nicht fachgerechte Leitungsverlegung (Quelle VGH)

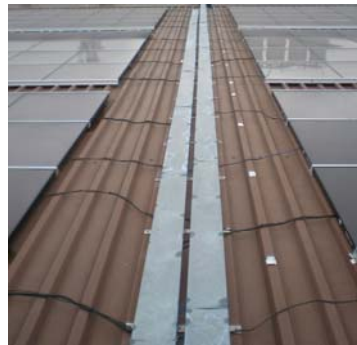


Bild 13: fachgerechte Leitungsverlegung

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 dieser in den Potentialausgleich mit einzubeziehen ist,

Hinweis: Wenn über die genannten Leitungsanlagen Blitzteilströme fließen können, müssen sie blitzstromtragfähig (z. B. 16mm² 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.

Hinweis: Leitungen, die nach dem „Anforderungsprofil für Leitungen für PV-Systeme“ des Komitees für isolierte Starkstromleitungen der DKE zertifiziert sind, eignen sich besonders für PV-Anlagen (Bauart PV1-F).

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

- Vermeidung von Hohlräumen bei Verlegung in geschlossenen Rohren oder Kanälen, wobei darauf zu achten ist, das 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.

4.4.3 Generatoranschlusskästen und andere Gehäuse

Generatoranschlusskästen und andere Gehäuse müssen entsprechend den Umgebungsbedingungen ausgewählt werden, unter denen sie betrieben werden.

Nach DIN VDE 0100-712 müssen Generatoranschlusskästen und Verteiler für PV-Anlagen der Schaltanlagennorm DIN EN 60439-1 (VDE 0660-500) entsprechen. Die Nachfolgenormen DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1) und -2 (VDE 0660-600-2) sind dieser Norm gleichwertig.

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.

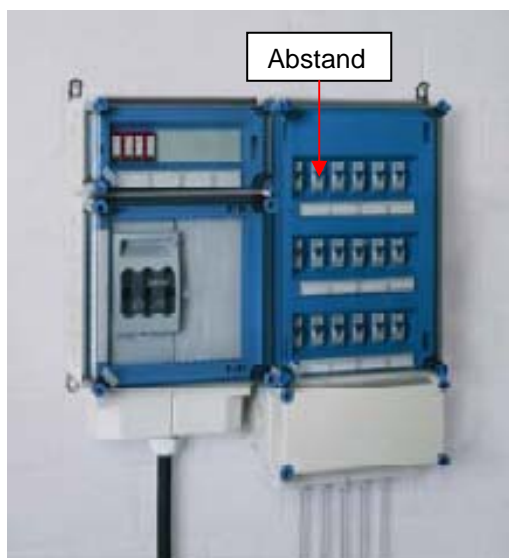


Bild 14: Verteiler für PV-Anlage (Quelle Hensel)

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 15). Um Kondenswasserbildung zu vermeiden sind ggf. zusätzlich Maßnahmen wie z. B. belüften notwendig.



Bild 15: Kondenswasserbildung im Stringkasten (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 im DC-Bereich (Feuerwehrscharter)

Der Begriff Feuerwehrscharter bezeichnet eine Vorrichtung, bei der die Gleichspannungsseite einer PV-Anlage in der Nähe zu den Modulen frei geschaltet 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 Feuerwehrscharter (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: Feuerwehrscharter (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 Feuerwehrscharter vorhanden sind.

Spannungsfreiheit innerhalb des Gebäudes wird 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 an den Wechselrichter heran geführt werden,
- In Anlehnung an die MLAR darf die Verlegung in Schlitzen erfolgen, die mit mindestens 15 mm dickem mineralischen 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 Wechselstromseite 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. Zu beachten ist, dass RCDs in anderen Bereichen, z. B. in der Landwirtschaft und bei bestimmten Netzsystemen (wie in TT-Systemen) notwendig sein können.

Wenn der Hersteller des PV-Wechselrichters hierzu keine anderen Angaben gibt, müssen RCD vom Typ B oder Typ B+ ausgewählt werden.

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.

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).



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



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

Kann der Trennungsabstand in Ausnahmefällen nicht eingehalten werden oder liegt die PV-Anlage nicht im Schutzbereich der Fangeinrichtungen, müssen direkte, elektrisch leitende Verbindungen 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, z. B. einen VdS anerkannten EMV-Sachkundigen (www.vds.de/emv) oder eine gleichwertige Blitzschutz-Fachkraft.

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



Bild 19: Generatoranschlusskasten mit Überspannungsschutzeinrichtungen (Quelle Hensel)

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.

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).

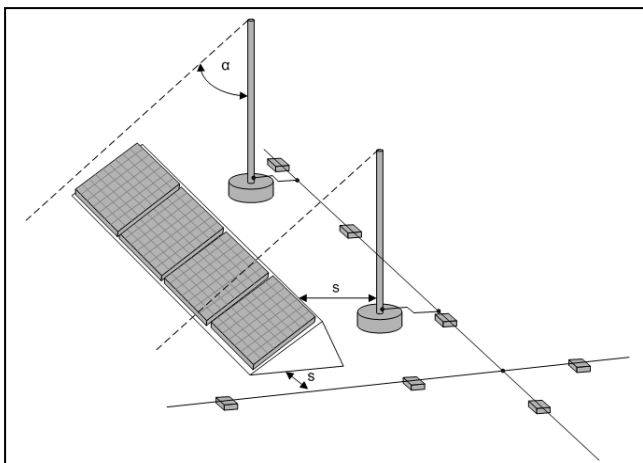


Bild 20: PV-Anlage im Schutzbereich der Fangstangen

Ist trotz vorhandener Blitzschutzanlage die PV-Anlage nicht im Schutzbereich der Blitzfangeinrichtung oder der Trennungsabstand s (siehe Bild 21) wird nicht eingehalten, muss ein Blitzschutzpotentialausgleich durchgeführt werden. Dazu sind folgende Maßnahmen notwendig:

- Blitzstromableiter Typ 1 für alle Leitungen, die in das Gebäude geführt werden,
- Blitzstromtragfähige Ableitung zur Haupterdungsschiene,
- Zur Vermeidung von Induktionen sind ausreichende Abstände zwischen der Ableitung und der technischen Gebäudeausrüstung zu beachten.

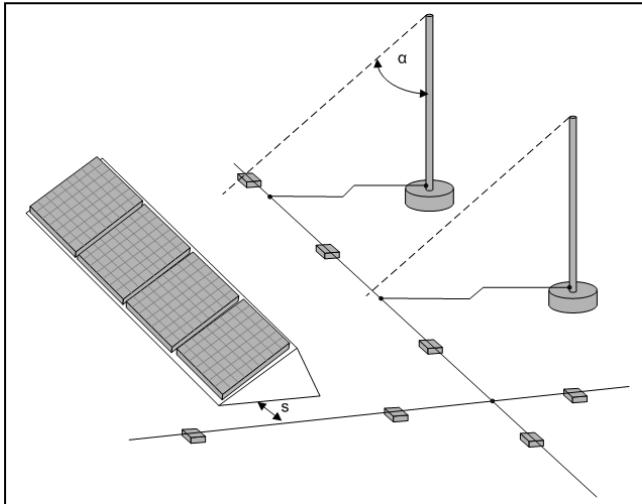


Bild 21: PV-Anlage nicht im Schutzbereich der Fangstangen

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 äußeren Blitzschutz ist ein Potentialausgleich (mit min. 6 mm² 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 Anlagentypen und Größen, Standorten und Erträgen usw. gern besuchte Internetseiten. Betrüger- und Diebesbanden 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.

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 Innensechskantschrauben 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)

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,

Isolationsmessung mit ausreichender Prüfspannung, siehe Norm DIN EN 62446 (VDE 0126-23) Tabelle1,

- Kurzschlussstrommessung,
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) oder gleichwertiger Sachverständiger.



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

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).

Zusätzlich zu der Inbetriebnahme sollte eine Abnahme durch einen Sachverständigen, z. B. VdS anerkannten Sachverständigen (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 Isolationsschäden 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 Schadenbilder übermittelt werden.

Eine PV-Anlage ist, wie jede elektrische 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 Photovoltaik-Systeme - Mindestanforderungen an Systemdokumentation, Inbetriebnahmeprüfung und wiederkehrende Prüfungen“, DIN EN 62446 (VDE 0126-23).

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 in der Regel 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; DIN A5) gekennzeichnet sein. Die Gefahrenlage kann durch gekennzeichnete Gleichspannungsleitungen sowie deren Aufnahme im Feuerwehrplan besser eingeschätzt werden.

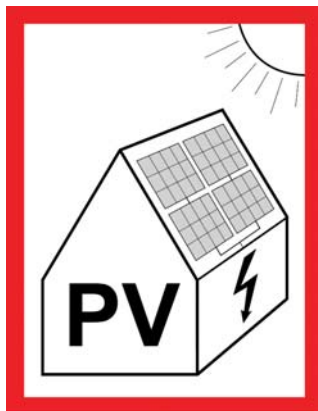


Bild 24: Hinweisschild PV-Anlagen

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 Photovoltaik-Anlagen, Informationen für Einsatzkräfte von Feuerwehren und technischen Hilfsdiensten“ entnommen werden

(www.solarwirtschaft.de/brandvorbeugung)

Anhang Literatur

GDV- und VdS- Publikationen

VdS 2025 elektrische Leitungsanlagen

VdS 2031 Blitz- und Überspannungsschutz in elektrischen Anlagen

VdS 2035 Stahltrapezprofildächer, 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
Internet: www.vds.de

Broschüre „Erneuerbare Energien“ (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, Schutzleiter und Schutzpotentialausgleichsleiter
- **Teil 712** Solar-Photovoltaik (PV) Stromversorgungssysteme
- **Teil 600** Prüfungen

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“

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 Konzentratoren 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
Internet: 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
Internet: 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.: 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)