

Blitz- und Überspannungsschutz bei Photovoltaik-Anlagen

1. Vorwort

Die Photovoltaik hat seit ihren Anfängen eine erstaunliche Entwicklung erfahren.

Der Photovoltaische Effekt war schon lange bekannt, jedoch wurde die erste funktionsfähige Silizium Solarzelle erst 1954 bei den Bell Laboratorien hergestellt.

Erst eine fortschreitende Erkenntnis über die Endlichkeit und die Umweltauswirkungen der fossilen und nuklearen Energieträger ließ das Interesse an Solarzellen in den letzten Jahren wieder erwachen.

Deutschland gehört zu den führenden Nationen in der Welt, was die Photovoltaik betrifft. Der deutsche Markt ist heute zusammen mit Japan der größte in der Welt. Der Weltmarkt ist von 0,6 MW/ Jahr in 1990 auf heute über 1 GW gewachsen. Prognostiziert für das Jahr 2030 wird eine in Europa installierte Leistung von 200 Gigawatt. Weltweit sollten dann 1.000 GW installiert sein.

2. Grundlagen

Für eine klimaverträgliche und nachhaltige zukünftige Energieversorgung in Deutschlands ist der massive Ausbau der Photovoltaik unabdingbar. Die Rahmenbedingungen für einen solchen Ausbau sind geschaffen, der Markt entwickelt sich stürmisch.

2.1 PV-Anlagensysteme

Photovoltaische Anlagen können in Inselssysteme und netzgekoppelte Systeme eingeteilt werden. Inselssysteme sind autarke und netzunabhängige PV-Systeme ohne Netzeinspeisung. Sie benötigen einen Energiespeicher, um den Zeitpunkt der Energiegewinnung und des Energiebedarfes auszugleichen. Somit wird die erzeugte Elektroenergie unmittelbar am Aufstellungsort genutzt (Inselnetzanlage).

Bei netzgekoppelten PV-Anlagen wird die gesamte erzeugte Energie in die vorhandenen EVU-Versorgungsnetze eingespeist. In Deutschland werden diese Anlagen hauptsächlich wegen der erhöhten Einspeisevergütung eingesetzt.

Die Erfahrungen durch das EEG (Erneuerbare Energie-Gesetz) mit solchen Anlagen haben allerdings gezeigt, dass ohne eine sorgfältige und auf hohem Niveau durchgeführte Planung, somit auch des gesamten Blitzschutzsystems, die Dimension-

ierung, Installation, Inbetriebnahme und Wartung der optimale Ertrag nicht gewährleistet werden kann.

Das wichtigste Kriterium für PV-Anlagen ist den optimalen Systemwirkungsgrad für den Stromertrag zu bestimmen, d. h. Ausrichtung, Dachneigung und Verschattung, sowie der Anordnung des Blitzschutzsystems stellen Hauptkriterien dar.

2.2 Vergleich der Solarzellen

Im Bereich des Zellmaterials werden bis dato für netzgekoppelte Solaranlagen Solarzellen aus monokristallinem und polykristallinem Silizium eingesetzt. Der geringe Wirkungsgrad von polykristallinen Zellen wird dabei durch einen Preisvorteil bei der Herstellung ausgeglichen. Module aus amorphen Silizium, aus dem Bereich der Dünnschichtzellen, haben heute ihren festen Platz für spezielle Anwendungen, wie für Kleinanwendungen (z.B. Camping) oder im Bereich der Fassadentechnik.

Ein weiterer fortschreitender Markt ist die Dünnschichttechnik, die aus Dünnschichtzellen aus Cadmium-Tellurid (CdTe), Kupfer-Indium-Diselenid (CIS), usw. bestehen.

Unterschiede zwischen kristallinen und Dünnschicht-Modulen bestehen neben dem Wirkungsgrad insbesondere in der Einstrahlungsabhängigkeit, der Temperaturabhängigkeit, der spektralen Empfindlichkeit und der Verschattungstoleranz. Der geringe Wirkungsgrad der Dünnschicht-Module führt im Wesentlichen zu einem größeren Flächenbedarf auf Dächern und an Fassaden.

Um wirtschaftlich sinnvolle Anlagenleistungen des PV-Systems zu erreichen, ist generell ein großer Flächenbedarf für PV-Generatoren notwendig. Bei Verwendung von kristallinen Systemen sind Montagegestelle erforderlich um fehlende Dachneigung auf Flachdächern auszugleichen. Aufgrund dieser exponierten Anordnung und der großen flächenhaften Ausdehnung der Systeme entsteht generell eine Überspannungsgefährdung infolge direkter und indirekter Blitzeinwirkungen.

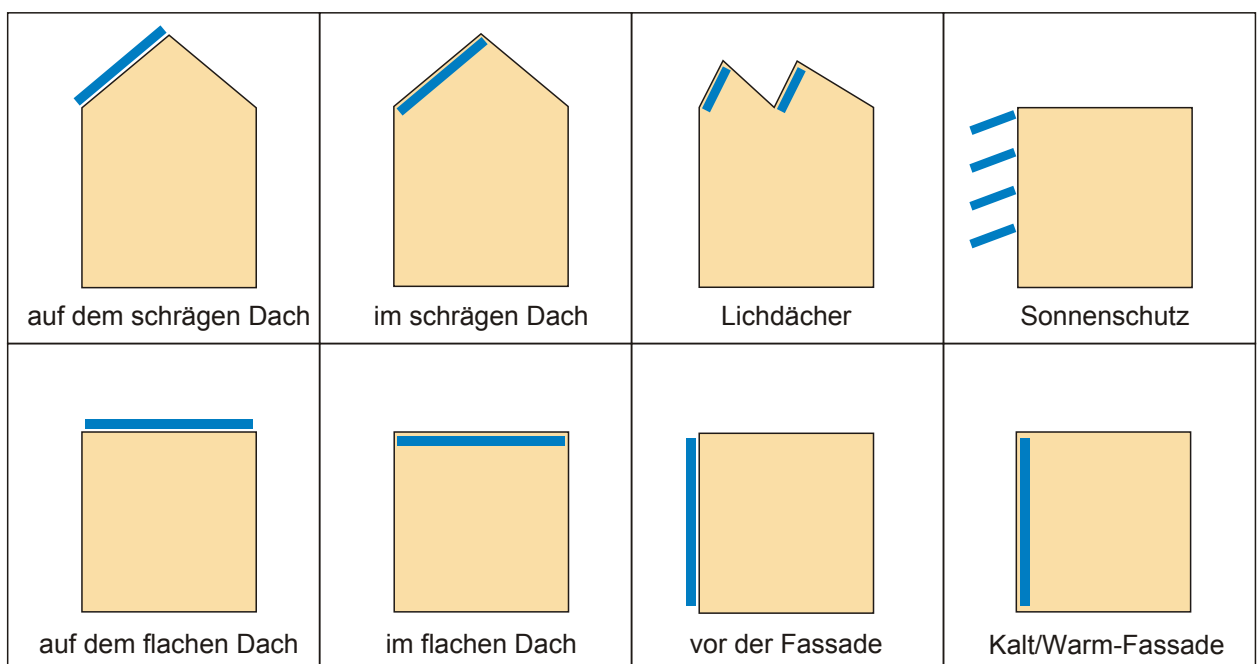
Blitz- und Überspannungsschutz bei Photovoltaik-Anlagen

2.3 Montagesysteme oder Gebäudeintegration

Die Gebäudeintegration der Photovoltaik mit Solarmodulen als moderner Baustoff, wird zu multifunktionalen Bestandteilen der Gebäude und ermöglicht eine Formensprache in der Architektur. Es werden nicht nur PV-Module auf bzw. vor dem Dach eingesetzt, der Markt bietet mittlerweile PV-Elemente an, welche als Dacheindeckungselemente verwendet werden und somit selbst das Dach bilden.

Die Komplexität der Komponente Photovoltaik ist mit der Komponente des Blitzschutzsystem kostenbewusst zu kombinieren um im Bereich des äußeren Blitzschutzes ein architektonisch vernünftiges Bild zu erhalten und trotzdem den größtmöglichen Schutz der PV-Elemente gegen direkte- und indirekte Blitzeinschläge zu gewährleisten. Es ist sicherzustellen, dass eine optimale Ertragfähigkeit erzielt werden kann, d.h. ohne Anlagenausfall, was zu erheblichen Ertragsminderungen und damit zu Gewinneinbußen für den Anlagenbetreiber führen kann.

*Bild 1:
Varianten von PV-Anordnungen
(Quelle: Photon Voltage)*



3. Vorschriften und Richtlinien

Im Prinzip müssen beim Bau von PV-Anlagen sämtliche Vorschriften des Baurechts beachtet werden. Die Errichtung von PV-Anlagen und deren Installation ist nach den jeweils gültigen VDE-Bestimmung auszuführen.

Neben den einschlägigen DIN VDE Normen sind für PV-Anlagen u.a. folgende Gesetze, Vorschriften und Richtlinien zu beachten:

- Energiewirtschaftsgesetz (EnWG)
- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Gerätesicherheitsgesetz (GSG)
- VDEW- Richtlinien-Eigenerzeugungsanlagen
- VDN- Merkblatt 03/2004 zur VDEW Richtlinie
- TAB
- Unfallverhütungsvorschriften

Für den Blitzschutz sind besonders zu beachten:

- Bauordnungen der Länder
- VDE 0185-305 Teil 1 - 4 Blitzschutz
- VDE 0185-305-3 Beiblatt 1-3 Blitzschutz: Schutz von baulichen Anlagen und Personen
- VDE 0100 Teil 410 - Schutzmaßnahmen, Schutz gegen elektrischen Schlag
- VDE 0100 Teil 540 - Erdung und Potentialausgleich
- VDEW - Richtlinie für den Einsatz in Hauptversorgungssystemen
- VdS Richtlinie 2010, die maßgeblich die Risiko- und Schutzklasse für den Blitz- und Überspannungsschutz angibt.
- 26. BImSchV - Grenzwerte in Bezug auf den Wechselrichter - Elektromog

Blitz- und Überspannungsschutz bei Photovoltaik-Anlagen

4. Allgemeine Voraussetzungen zur Überprüfung eines Blitzschutzsystems für PV-Anlagen

4.1 Ausgangspunkte

Je nach Anforderung ist eine Überprüfung eines Blitzschutzsystems LPS- für folgende Varianten durchzuführen:

- Blitzschutzsystem nur für die PV-Anlage oder
- die PV-Anlage wurde in ein bereits vorhandenes Blitzschutzsystem integriert oder
- das Blitzschutzsystem wurde für ein Gebäude mit PV-Anlage geplant und errichtet.

Bei einer Überprüfung einer vorhandenen Blitzschutzanlage nach "alter Norm" und zusätzlicher Errichtung einer PV-Anlage, erlischt automatisch der Bestandsschutz für eine evt. überalterte Blitzschutzanlage.

Der Betreiber der PV-Anlage ist nicht immer auch der Eigentümer des Gebäudes. Zwischen dem Betreiber der PV-Anlage und dem Eigentümer des Gebäudes kann dann eine Vereinbarung bestehen, dass das Gastgebäude durch die Errichtung des PV-Generator (mehrere verschaltete PV-Module) als herausragende Dachaufbau, durch Blitzeinschläge nicht zusätzlich gefährdet werden darf.

Die Überspannungen, hervorgerufen durch direkte und/oder indirekte Blitzeinschläge in der PV-Anlage können zu Schäden an PV-Modulen und Wechselrichtern führen. Evtl. induzierte Teilblitzströme auf elektrische Anlagenteile der Grundinstallation, können schwerwiegende Folgen für den Betrieb des Gastgebäudes nach sich ziehen.

Somit sind nachfolgende Fragen **vor** der Überprüfung zu beantworten:

4.1.1 PV-Anlage allgemein

- Was für eine Modulart wurde für das Gebäude gewählt? Wurden die Module mit einer Metallkonstruktion auf dem Dach bzw. vor der Fassade befestigt, oder sind sie Bestandteile des Daches bzw. der Fassade?
- Ist das verwendete Zellmaterial, mono-, polykristallin oder Dünnschichttechnik in Bezug auf die Verschattung problematisch?
- Wie wurde die Gleich- und Wechselstromverkabelung vorgenommen?
- Wo sitzt der Generatoranschlusskasten (Schutztechnik und DC- Hauptschalter)?
- Wie viele Wechselrichter sind vorhanden, wo ist deren Einbaort?
- Wie ist die Grundinstallation des Gebäudes aufgebaut/ geschützt?

4.1.2 Blitzschutzklasse - Gefährdungspegel LPL -

- Die Ermittlung der Blitzschutzklasse - LPL - durch eine Risikoanalyse anhand der VDE 0185-305-2: 10/2006 in der auch die Auswirkungen naher Blitzeinschläge mit berücksichtigt werden. Damit ist eine quantitative Bewertung des Blitzschadensrisikos für die bauliche Anlage möglich. Sie bietet eine objektive Entscheidungshilfe, welche Maßnahmen in welchem Umfang zu realisieren sind.
- Für normale Anforderungen ist ein Blitzschutzsystem das für die Schutzklasse III ausgelegt ist nach VDE 0185-305-3 Beiblatt 2 für die Photovoltaik Anlagen ausreichend.

Die resultierenden Maßnahmen für die VDE 0185-305-2 und die VDE 0185-305-3 Beiblatt 2 beziehen sich sowohl auf den Äußeren wie auch auf den Inneren Blitzschutz.

- Die Ermittlung der LPL nach VdS 2010: Der Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV) fordert in seiner Richtlinie 2010 für Gebäude mit einer PV-Anlage > 10 kW einen Äußeren und Inneren Blitzschutz nach Schutzklasse III.

4.1.3 Trennungsabstände "s"

Grundsätzlich sollte das äußere Blitzschutzsystem als isolierte Fangeinrichtung für PV- Anlagen errichtet werden.

Eine Berechnung der Trennungsabstände ist dringend erforderlich. Durch die Berechnung wird erkennbar ob die PV-Module Näherungen zu metallischen Komponenten (Fangeinrichtung, Dachrinnen, Dachfenster, andere Anlagen) haben, d.h. ob die PV-Module (Solarmodule, Tragegestelle, Solar-kabel, Sensoren) im entsprechenden Abstand zur isolierten Fangeinrichtungen errichtet wurden.

Der Trennungsabstand s kann u.a. auch verringert werden, indem die Anzahl der Ableitungen erhöht und damit "kc" (Faktor abhängig von der Aufteilung des Blitzstromes Anzahl und Anordnung der Ableitungen/Ringleiter) reduziert wird oder es können zusätzliche Ringleiter (Verbindung der Ableiter in bestimmten Höhen des Gebäudes) verlegt werden, da sich auch hier der Stromaufteilungskoeffizient verringert.

Blitz- und Überspannungsschutz bei Photovoltaik-Anlagen

Notwendige Angaben hierzu sind:
Wie viele Ableitungen existieren tatsächlich?
Hierzu zählen auch die natürlichen Ableitungen!

Bei Flachdächern, insbesondere bei sehr hohen Gebäuden, ist die sinnvollste Maßnahme die Ausbildung einer Äquipotentialfläche (Blitzschutzpotentialausgleichsebene) auf der Dachebene. Dabei werden die Trennungsabstände auf dieser Ebene auf 0 gesetzt. Eine gezielte Einbindung sämtlicher dachdurchdringender metallischen Installationen und elektrischen Leitungen in den Potentialausgleich muss hierbei durchgeführt werden.

4.1.4 Messpunkteplan / Bestandsunterlagen

Die Darstellung der gesamten Fangeinrichtung und der Dachaufbauten muss erkennbar sein. Bei komplexen Anlagen sind zusätzlich Schnitzzeichnungen erforderlich, in denen zeichnerisch durch Anwendung des Kugelverfahren die Einhaltung der Schutzzonen - Solarmodule und Generatorleitungen müssen sich mindestens im Bereich 0_B befinden - überprüft werden kann.

4.1.5 Erdungsanlage / Potentialausgleich (EB)

Die Grundvoraussetzung zum Schutz von elektrischen und elektronischen Systemen auf/in baulichen Anlagen ist die Erdung. Beim EB ist darauf zu achten, dass die Blitzstromfähigkeit der EB-Leiter (Mindestquerschnitt) berücksichtigt ist. Über die Haupt-PAS ist eine niederohmige Verbindung zur Erdungsanlage sicherzustellen. Der Korrosion sollte dabei besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Eine lückenlose Dokumentation der Erdungs- und EB-Anlage ist Pflicht.

Dies ist u.a. auch durch Messung nachzuweisen. Bei der Messung des Erdungswiderstandes ist darauf zu achten, dass keine Verbindungen zwischen der Erdungsanlage und dem PEN/PE des Versorgungsnetzes besteht (nur bei Neuanlagen ohne erheblichen Aufwand möglich).

Zusätzlich ist die Berechnung der erforderlichen Erderlänge vorzulegen.

4.2 Verschattung

Dieses Thema wird nur dann zum ernstesten Problem, wenn PV-Anlagen ohne richtige Planung auf Flächen gebaut wurden und im Nachhinein ein Blitzschutzsystem (Nahe Schatten sind besonders kritisch) installiert wird. Bereits kleine Teilabschattungen, insbesondere Nahverschattungen, können bei gewissen Zellenarten/ Anordnungen der Module zu erheblichen Ertragseinbußen führen.

Der Betreiber und Anlagenverantwortliche muss sich im Vorhinein bewusst sein, welche Voraussetzungen erforderlich sind, um einen optimalen Energieertrag aus seiner Anlage ohne Einbußen der Verfügbarkeit zu erhalten, d.h. ohne Störungen bzw. Ausfallzeiten der Anlage. Eine Allgefahrendeckung (Vollkasko) wird jedoch nur dann von Seiten einer Versicherung abgedeckt, wenn die Anlage nach dem Stand der Technik errichtet und vor Gefahren geschützt wird.

Zur Einschätzung der standortbedingten Verschattung sollte eine Verschattungsanalyse im Zuge einer Checkliste erstellt werden.

Darin werden folgende Verschattungen berücksichtigt:

- standortbedingte Verschattung, hervorgerufen durch Gebäude, Bäume oder weiter entfernte Gebäude
- temporären Verschattungen durch Schnee, Laub, Vogelexkrementen, etc.
- Eigenverschattung
- Nahverschattungen (äußerst kritisch) baubedingt durch z.B. Antennen, Schornsteine, Blitzschutzanlage z.B. Fangstangen, Absturzsicherungen u. dgl.

Schon während des Planungsprozesses können durch die Anzahl der verschatteten Module, der Zell- und Bypassdiodenverschaltung, dem Abschattungsgrad, der räumlichen Verteilung und dem zeitlichen Verlauf der Verschattung, der Verschaltung des Generators und der Wechselrichter- auslegung die richtigen Ertragsprognosen bestimmt werden.

5. Praxis

5.1 Allgemein

Die Überprüfung eines Blitzschutzsystems LPS-einer PV-Anlage (ob nachträglich installiert oder mit der Gebäude- Blitzschutzanlage neu installiert) ist mit entsprechenden Kenntnissen über die PV-Anlagen wie eine Überprüfung einer Blitzschutzanlage mit komplexen Dachaufbauten zu sehen.

Ein Blitzschutzsystem, das für die Schutzklasse III ausgelegt ist, entspricht den normalen Anforderungen für PV-Anlagen. In besonderen Fällen ist die Einklassifizierung nach VDE 0185.305-2 zu berechnen.

Blitz- und Überspannungsschutz bei Photovoltaik-Anlagen

Bei nachträglich installierten PV-Anlagen wird oftmals nur die Überprüfung des **äußeren** Blitzschutzsystems für die PV-Anlage beauftragt. Da es sich hierbei um eine wesentliche Änderung der Gesamtanlage handelt, muss dem Betreiber mitgeteilt werden, dass nur bei einer **kompletten** Überprüfung des Blitzschutzsystems der Gesamtschutz für das Gebäude garantiert werden kann.

Bei der Überprüfung eines Blitzschutzsystems, das nur für das PV-System errichtet wurde, also **ohne Gebäude-Blitzschutzanlage** muss darauf geachtet werden, dass durch die PV-Anlage keine Gefährdung für das Gebäude und dessen elektr. Installation entsteht. Bei der Überprüfung des Inneren Blitzschutzes muss die Beschaltung so erfolgen, dass auch hier keine Gefährdung durch induzierte Überspannungen auf die Grundinstallation erfolgen kann.

Durch entsprechende Vorkenntnisse über die Modulauswahl (Zellmaterial, Modultyp), Montage, Anlagensystem und des Anlagenkonzeptes (Verschaltung der Module zu Strängen und deren Parallelschaltung mit dem Wechselrichter) kann schon **vor** der endgültigen Abnahme eine Beratung im Hinblick auf die geringere Auswirkung durch Verschattungen durch die Fangeinrichtung erfolgen. Ebenso kann eine optimale Modulleitungsverlegung die induktiven Einkopplungen gering halten sowie eine sichere und umfassende Überspannungsschutzbeschaltung die nachgeschalteten Geräte vor kapazitiven oder induktiven Einkopplungen und netzseitigen Überspannungen schützen (baubegleitende Beratung).

5.2 Äußeres Blitzschutzsystem

Bei der Überprüfung soll die Fangeinrichtung so ausgeführt sein, dass durch **sämtliche** elektrotechnischen Einrichtungen auf dem Dach, auch klimatechnische Aufbauten, etc., keine Teilblitzströme in das Innere der baulichen Anlage eingeleitet werden können.

Generell sollten alle PV-Generatoren (dachinterne, aufdachmontierte und exponierte) - errichtet auf Schrägdächern oder Flachdächern, durch Fangspitzen, Fangstangen oder im Schutzwinkel von Gebäuden - wenn keine Verschattungen zur Ertragsminderungen führen - vor direkten Blitzeinschlägen geschützt werden.

Außerdem ist zu Beachten, dass durch die Eindringtiefe der Blitzkugel, die je nach Abstand der Fangstangen und der Schutzklasse entsprechend groß sein kann, die gesamte PV-Anlage im Schutzbereich O_B liegen muss.

Ist eine isolierte Blitzschutzanlage nicht möglich und ein **direkter Anschluss** nicht zu vermeiden (Trennungsabstand zu gering), dann sind die Auswirkung des in das Innere der baulichen Anlage eindringenden Blitzteilströme zu beachten - siehe Inneren Blitzschutz.

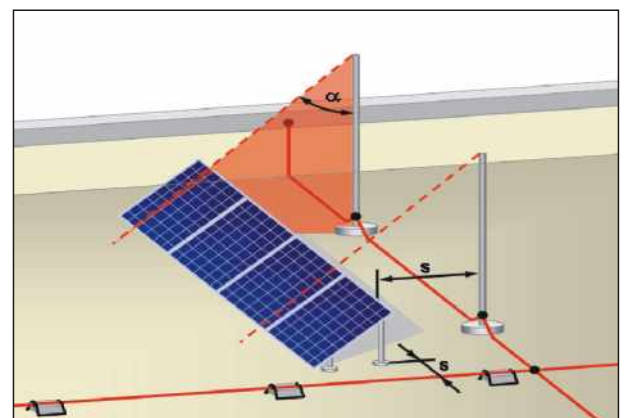
Besondere Beachtung gilt auch der Messung der Ableitungs- und Erdungsanlage. Befinden sich die Trennstellen auf dem Dach muss sichergestellt werden, dass z.B. bei Schleifenwiderstandsmessungen über die Erdungsanlage gemessen wird.

Die äußere Blitzschutzanlage ist hinsichtlich der verwendeten Materialien zu überprüfen. Neben den Korrosionen ist auf die Zulässigkeit der Klemmen/ Verbinder ("N" oder "H") zu achten (VDE 0185-305-3 Beiblatt 1).

5.2.1 Exponierten PV-Module (kristalline Systeme)

Grundsätzlich sind PV-Generatoren als exponierte Anlagenteile gegen direkte Blitzeinschläge zu schützen. Dies wird durch getrennte Fangeinrichtungen und unter Berücksichtigung des Trennungsabstandes zwischen Fangstange / Fangeinrichtungen und sämtlichen Komponenten der PV-Anlage (Module, Trägerwerk, Leitungen) erreicht. Es ist dabei zu beachten, dass direkt auf Dachflächen der Materialkoeffizient $km = 0,5$ für den Trennungsabstand einzusetzen ist.

Bild 2: PV-Module im Schutzbereich von Fangstangen unter Berücksichtigung des Trennungsabstandes s (Quelle: VDE 0185-305-3 Bbl. 2)



Blitz- und Überspannungsschutz bei Photovoltaik-Anlagen

5.2.1.1 Exponierte PV-Module auf Metallflachdach

Auch bei Metalldächern, wo PV-Generatoren von Teilblitzströmen durchflossen werden, müssen die aufgeständerten kristallinen Zellen durch Fangstangen gegen direkten Einschlag geschützt werden, wie in Bild 3 dargestellt. Durch optimale Platzierung der Fangstangen im Bereich der Oberlichter und unter der Benützung von Gebäudeaufbauten können u. a. sämtliche PV-Module gegen direkte Blitzeinschläge geschützt werden, ohne dass Fangstangen zu Nahverschattungen an den Modulen führen.

Die Gleichstromleitungen sind in einem geschlossenen Metallkanal geführt.

Die Wechselrichter befinden sich direkt auf dem Metalldach, im einschlaggeschützten Bereich durch das höher liegende Gebäude, beschalten mit Überspannungsschutzgeräten (SPD's).

Bild 3. Aufgeständerte kristalline PV-Module auf Metalldach (Objekt im Landkreis München)



5.2.1.2 Exponierte PV-Module auf Kiespressdach

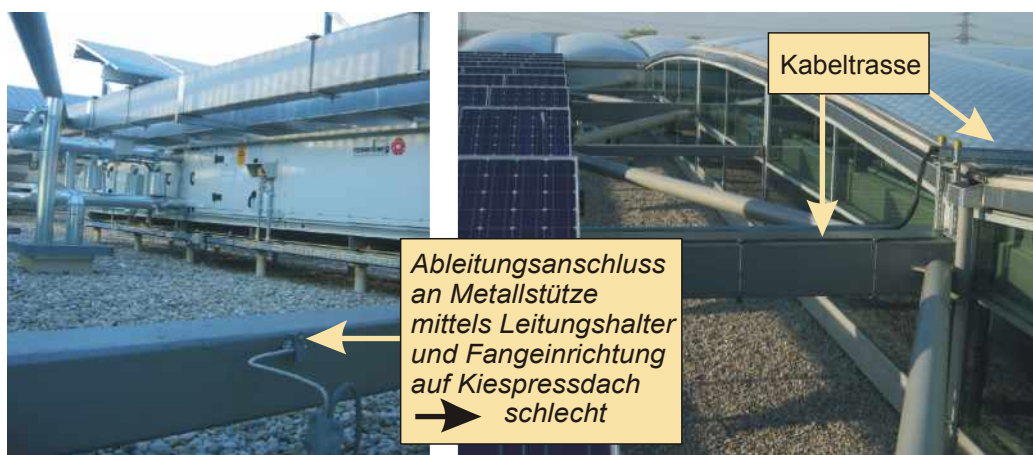
Leider ist die Ausführung einer äußeren Blitzschutzanlage nicht immer unter Berücksichtigung der Schutzmöglichkeit der Dachaufbauten ausgeführt.

Wie in Bildserie 4 dargestellt befinden sich die PV-Module – die nachträglich errichtet wurden – und die gesamte Leitungsführung der elektrischen Dachaufbauten im einschlaggefährdeten Bereich (0_A).

Da Näherungen zu den Komponenten unvermeidbar sind, wäre

- durch optimal platzierte Fangstangen, die die PV-Module in die Schutzzone 0_B bringen, und
 - durch eine geeignete Kabelführung u.a. in geschlossenen Kanälen und
 - der ordnungsgemäße Anschluss der Ableitungen - nicht über Leitungshalter an die Stahlträger - und
 - die Einbindung sämtlicher Stahlträger in die Erdungsanlage und
 - durch einen Bestandsplan der zu 100 % mit der Ist-Situation übereinstimmt,
- ein optimaler Schutz der gesamten Aufbauten durch eine äußere Blitzschutzanlage möglich gewesen.

Für den inneren Blitzschutz wurde kein Schutzkonzept erstellt. Ein unkoordinierter Einsatz von Überspannungsableitern für die elektrischen und informationstechnischen Leitungen kann zu Überlastungen von einzelnen SPD's bis hin zur gegenseitigen Blockade der Schutzwirkung führen. Der Koordination ist deshalb in diesem besonderem Fall Beachtung zu schenken, da es keine klare Abgrenzung der Zone 1 zu niederwertigen und höherwertigen Zonen gibt.



Bildserie 4: Aufgeständerte kristalline PV-Module auf Metallträgern auf Kiespressdach (Objekt Landkreis München)

Blitz- und Überspannungsschutz bei Photovoltaik-Anlagen

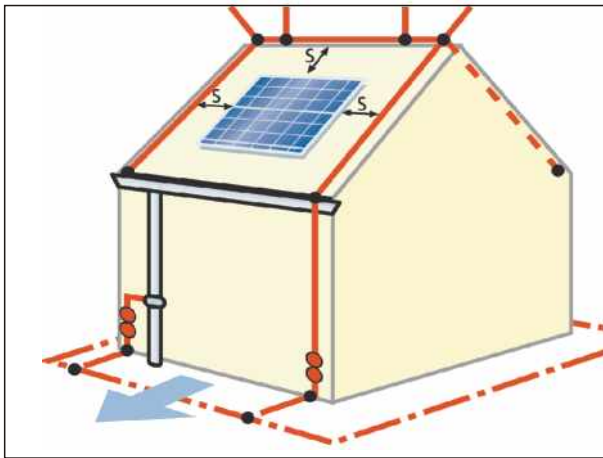


Bild 5:
Betrachtung des Trennungsabstandes
(Quelle: Dehn & Söhne, Blitzplaner)

5.2.2 Indach-System oder Aufdachmontage von PV-Anlagen

Bei Aufdach PV-Anlagen, in einem Gebäude mit einer Blitzschutzanlage, wird durch diese die Höhe eines Gebäudes nicht wesentlich erhöht. Voraussetzung ist, alle Teile des PV-Generators befinden sich innerhalb der bestehenden Maschen der Blitzschutzanlage. Nach allen Seiten ist ein Trennungsabstand (Bild 5) vom PV-Generator zu den Teilen der Blitzschutzanlage einzuhalten. Wird dieser eingehalten, sind keine besonderen äußeren Blitzschutzmaßnahmen notwendig. In der Praxis hat sich für Wohnhäuser mit kleinen PV-Anlagen ein Trennungsabstand von ca. 0,5m vom PV-Generator zu den Teilen der Blitzschutzanlage bewährt.

Oft wird auf Blitzschutzmaßnahmen aufgrund von Kostengründen verzichtet. Dabei sind die Folgekosten oft größer, wenn man bedenkt, dass die Kosten der Module 72 % (Bild 6) der Gesamtsumme der PV-Anlage beträgt und die Kosten für die Ergänzung des Blitzschutzsystems verhältnismäßig gering sind.

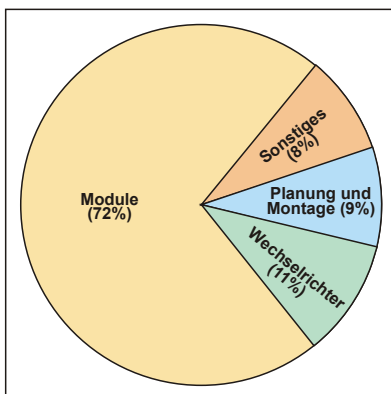


Bild 6:
Kosten bei netzgekoppelten PV-Anlagen
(Quelle: Photon Voltage)

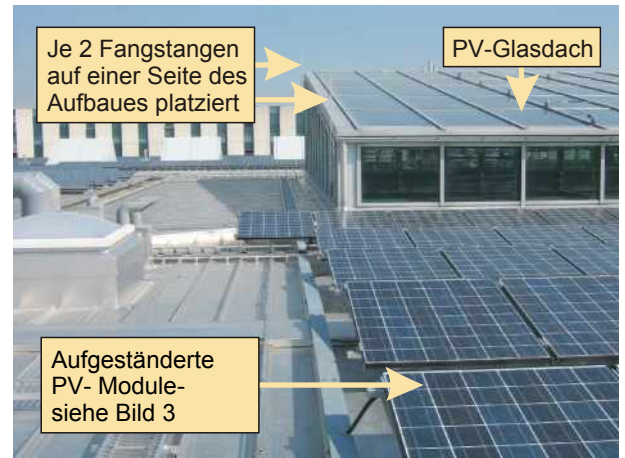


Bild 7:
PV-Glasdach auf Schrägdach integriert
(Objekt Landkreis München)

5.2.2.1 Indach-Systeme für Schrägdach oder Flachdach - Beispiel 7

Durch eine Erstellung einer Risikoanalyse wurde die bauliche Anlage in die Blitzschutzklasse III eingestuft. Hier wurde durch die optimale Platzierung der Fangstangen auf beiden Seiten des Aufbaues die aufgeständerten PV-Module und das PV-Glasdach (Bild 3 und 7) vor direkten Blitzeinschlägen geschützt.

5.2.2.2 Indach-Systeme für Flachdächer

Die sich im Vormarsch befindliche Dünnschichttechnik von PV-Elemente kann auf unterschiedlichen Dachflächen aufgebracht werden und passt sich den Dachformen flexibel an (Bildserie 8). Durch Bypassdioden für jede Zelle ist die Leistung bei Teilverschattung höher als bei der herkömmlichen Technik ohne Strangdioden. Da die Module nicht das Gebäude erhöhen, ist ein Blitzschutz nicht unbedingt gefordert. Diese PV-Generatoren haben einen großen Flächenbedarf aufgrund des geringen Wirkungsgrades gegenüber der kristallinen Technik. Bedingt durch diese großen Flächen erhöht sich damit jedoch das Einschlagrisiko gegenüber kristallinen PV-Generatoren gleicher Leistung. Objekte in Dünnschichttechnik auf denen ein Blitzschutzsystem installiert wurde, haben gezeigt, dass die Verschattung nicht das Problem ist, wenn die Fangeinrichtung **direkt** auf den Modulen verlegt wurde. Leider können dabei meist die Trennungsabstände nicht eingehalten werden, wenn äußere Blitzschutzmaßnahmen - ohne auf die PV-Module zu achten - errichtet wurden.

Blitz- und Überspannungsschutz bei Photovoltaik-Anlagen

Als Materialkoeffizient k_m muss hier zur Ermittlung des Trennungsabstandes 0,5 eingesetzt werden. Eine falsche Beschaltung mit Überspannungsschutzgeräten (SPD's) der nach geschalteten Betriebsmittel kann zu erheblichen Anlagenausfällen für die PV-Module und einer Gefährdung der Gebäudeinstallation führen.

Bildserie 8:
 Dachintegrierte PV-Anlagen aus biegsamen, unzerbrechlichen Hochleistungssolarzellen:
 3 Bilder oben **ohne** Blitzschutz
 (Quelle: Solar Integrated Technologies GmbH)
 1 Bild unten mit Blitzschutz
 (Quelle: Dehn & Söhne)



Fangeinrichtung durch Einhaltung des Trennungsabstandes optimal verlegt

5.2.3 Fassadenintegrierte PV-Anlagen

Fassaden integrierte PV-Anlagen sind konstruktiv sehr aufwändig (Bildserie 9). Als Nachinstallation schwer zu realisieren. Meist sind sehr große Verschattungsprobleme vorhanden. Aufgeständerte Fangeinrichtungen und eine blitzstromtragfähige Attika selbst können die Module vor direkten Blitzeinschlägen schützen. Sind Näherungen unvermeidbar und besteht die Fassade aus metallischen Elementen, kann durch blitzstromtragfähige Verbindungen die gesamte Fassade als natürliche Ableitung genutzt werden, in dem sie oben/unten in die Fangeinrichtung/Erdungsanlage eingebunden wird.

Bildserie 9:
 Fassadensysteme



Blitz- und Überspannungsschutz bei Photovoltaik-Anlagen

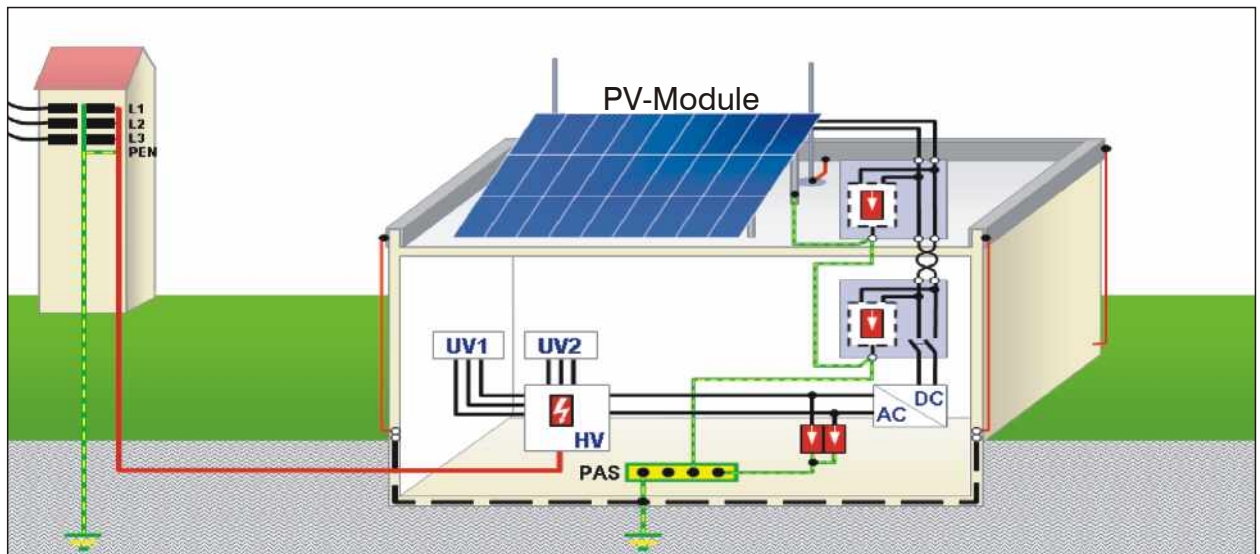


Bild 10:
Beispiel für den Einsatz von Überspannungsschutzgeräten und Potentialausgleich
(Quelle: VDE 0185-305-3 Bbl. 2)

5.3 Inneres Blitzschutzsystem

- Indirekte Blitzeinwirkungen, induktive, kapazitive und galvanische Einkopplungen, die u.a. auch durch Blitzeinschläge in einem Umkreis von ca. 1 km auf die elektrischen Anlagen des Gebäudes einwirken, aber auch Schalthandlungen im öffentlichen Stromnetz, erzeugen Überspannungen. Vor diesen Auswirkungen müssen die elektrischen Anlagen des Gebäudes geschützt werden.
- Auf die Leitungsverlegung der Gleichstromleitungen der PV-Module - sofern möglich - ist zu achten. Dies betrifft insbesondere eine geeignete Leitungsführung und Schirmung innerhalb des Gebäudes. Leiterschleifen sind wegen der Induktionsspannungen unbedingt zu vermeiden.
- Bei der Überprüfung der Modulleitungen, ist darauf zu achten, dass die Leitungen ("+" und "-") eines Stranges möglichst parallel und verdreht verlegt worden sind, damit die induktiven Einkopplungen in die Modulleitungen gering gehalten werden.
- Hinweis: Die Leitungen der Informationstechnik müssen von den elektrotechnischen Leitungen getrennt oder mit Abstand verlegt sein.

5.3.1 Blitzschutzpotentialausgleich (EB = lightning equipotential bonding)

Voraussetzung für die Funktion des Inneren Blitzschutzes ist ein lückenloser Potentialausgleich / Hauptpotentialausgleich, der nach VDE 0100 Teil 540 und 410 gefordert und bestimmungsgemäß errichtet werden muss. Durch den Potentialausgleich sind alle leitfähigen Systeme (Wasser, Heizung, Gasleitung) auf kürzestem Weg, d.h. niederimpedant mit dem Fundamente der Erde zu verbinden. Sind mehrere Potentialausgleichsschienen vorhanden sind diese blitzstromtragfähig untereinander zu verbinden (gilt vor allem für die Verteilungen im Gebäude) - siehe Bild 11.

- Wird für die Anschlussgeräte als Schutzmaßnahme das Schutzleitungssystem angewendet, darf der Schutzleiter nicht zugleich als Potentialleiter verwendet werden.

Potentialausgleich und Schutzleitungssystem sind zwei **getrennte** Systeme und müssen unabhängig voneinander funktionsfähig bleiben - auch wenn beide an die Haupt-PAS angeschlossen werden müssen.

- Der Potentialausgleich für die spannungsführenden Leiter (Gleich/Wechselstrom und informationstechnische Leitungen) wird über geeignete SPD's durchgeführt (Bild 10).
- Der gesamte Blitzschutzpotentialausgleich - EB - (PV-Module, NSUV, NSHV) ist durch Sichtprüfung, gegebenenfalls durch Messung zu überprüfen.

Blitz- und Überspannungsschutz bei Photovoltaik-Anlagen

5.3.1.1 PV-Anlagen in einschlaggeschützten Außenbereichen (Blitz-Schutzzone 0_B)

Ein Potentialausgleich für alle berührbaren metallischen Teile der elektrischen Anlage gemäß DIN VDE 0100 Teil 712 muss ausgeführt sein. Dies betrifft sämtliche berührbare Teile des PV-Generators (Metallrahmen, aluminiumhaltige Folien der Module, Tragkonstruktionen wie Montagegestelle und Modulrahmen).

Außerdem muss in jedem Falle ein kompletter Berührungsschutz nach DIN VDE 0100 Teil 410 (Schutz gegen elektrischen Schlag) gewährleistet sein - Querschnitt mind. 6 mm².

Die Gleichstromleitungen sind möglichst weit entfernt von den Fang- bzw. Ableitungen zu verlegen. Sinnvoll wäre, wenn die Leitungen in einem Metallrohr oder geschlossener Kabelrinne verlegt sind oder geschirmte Generatorleitungen vorhanden sind, deren jeweiliges Ende an den Potentialausgleich angeschlossen (mind. 6 mm²) ist.

5.3.1.2 PV-Anlagen deren Trennungsabstände nicht eingehalten werden können

Sollten Näherungen vom PV-Generator zu met. Komponenten vorhanden sein, ist das Montagesystem blitzstromtragfähig (Cu: 16 mm²) mit der Fangeinrichtung zu verbinden. Klemmen sind entsprechend der Anforderung blitzstromtragfähig auszuführen. Wenn die Generatorleitungen mit einem blitzstromtragfähigen Schirm (mind. 16 mm²) umgeben sind, kann der Schirm zur Führung von Blitzteilströmen genutzt werden.

5.3.2 Überspannungsschutz (SPD)

Sämtliche elektrischen Betriebsmittel der PV-Anlage sind direkt oder in den Schaltkästen bzw. Verteilungen mit Überspannungsschutzgeräte entsprechend der geforderten Typen zu beschalten (Bild 11).

Dies gilt insbesondere:

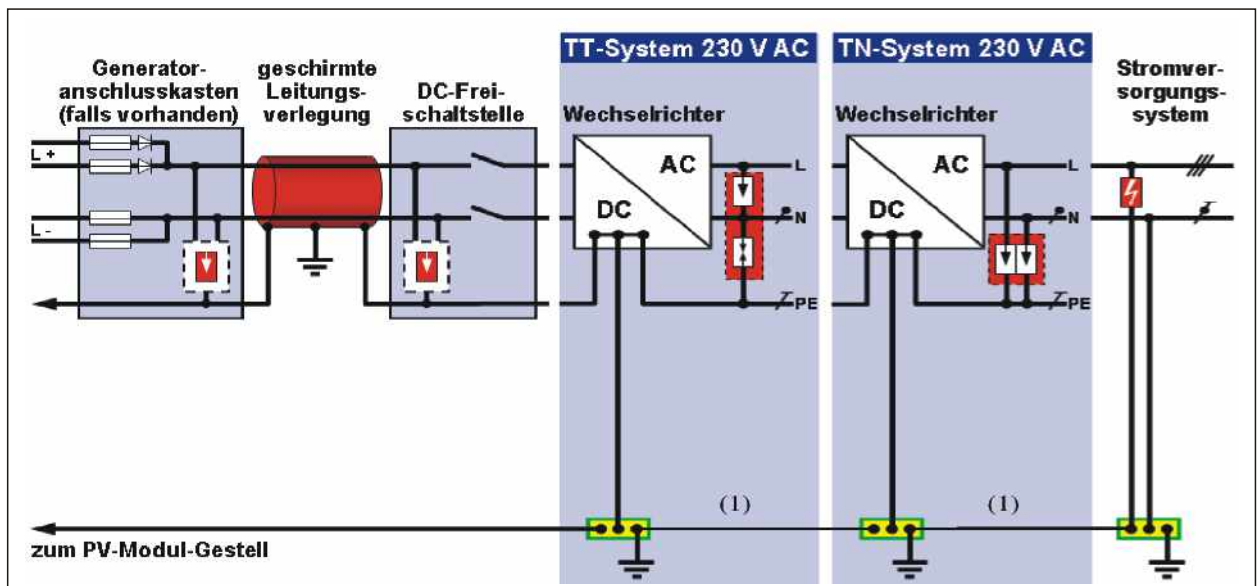
- Generatoranschlusskasten
- Primär- und Sekundäreingang des Wechselrichters
- sämtliche Unterverteilungen und NSHV des Gebäudes

Die SPD's sind so auszuwählen, dass der bestmögliche Schutz für die nachfolgenden Betriebsmittel gewährleistet wird.

Die Betriebsspannung der Schutzgeräte ist so zu wählen, dass sie etwas höher liegen als die an einem kalten Wintertag bei maximaler Einstrahlung zu erwartende Leerlaufspannung des PV-Generators.

Der Betreiber ist darauf hinzuweisen, dass wenn Überspannungsableiter nicht mit thermischen Abtrenneinrichtungen oder Defektanzeigen ausgerüstet sind. Als sinnvoll haben sich Überspannungsableiter mit Fernmeldekontakt für Defektanzeigen erwiesen. Auf sie kann verzichtet werden, wenn bei Wechselrichtern mit Isolationsüberwachung auch das Auslösen des Überspannungsableiters registriert wird.

Bild 11: Prinzipschaltbild Überspannungsschutz mit zusätzlicher Verbindung der PAS-Schienen (1) (Quelle: VDE 0185 305 3 Bbl. 1)



Blitz- und Überspannungsschutz bei Photovoltaik-Anlagen

Wird der PV-Generator **vor direkten Blitzeinschlägen geschützt** (Zone 0_B), dann sind die elektrischen Betriebsmittel der PV-Anlagen mit Überspannungsschutzgeräten des Typ's 2 zu beschalten. Im Bereich der Einspeisung (NSHV) wird ein Kombiableiter Typ 1+2 benötigt. Die Betriebsspannung auf der DC-Seite des Wechselrichters muss mind. der Leerlaufspannung des PV-Generators entsprechen.

Beim Einbau der SPD's ist darauf zu achten, dass die Anschlussleitungen zwischen der aktiven Ader zum SPD und vom SPD zum örtlichen PE-Bezugspunkt am Einbauort = 0,5m sein müssen, da am phasen- und erdseitigen Anschluss des Schutzgerätes maßgeblich die induktive Komponente des Spannungsfalls beteiligt ist ($U = i \times R + (di/dt) \times L$) oder es sind entsprechende Kompensationsmaßnahmen zu treffen.

Die Beschaltung der Kabel mit Überspannungsschutzgeräten sollte durch gleiche Fabrikate erfolgen. Die Schutzgeräte der Hersteller garantieren nur für den Schutzpegel ihrer SPD's, jedoch nicht ob die "Selektivität" der Überspannungsschutzgeräte zueinander stimmt (Isolationskoordination).

Besondere Beachtung gilt den bereits vorhandenen Überspannungsableitern, die bei PV-Komponenten bereits eingebaut sind.

Kann der PV-Generator **nicht vor direkten Blitzeinschlägen geschützt werden** (Zone 0_A), sind die SPS's grundsätzlich blitzstromtragfähig - Typ 1 oder Kombiableiter - auszuführen.

6. Zusammenfassung

Als neutraler, unabhängiger Sachverständiger für Blitzschutzsysteme ist es unabdingbar die Gesamtheit der zu überprüfenden Anlage zu überschauen. Dies bedeutet auch, dass spezielle Grundkenntnisse im Bereich der PV-Anlagen notwendig sind.

Nur die Zusammenwirkung aller an der Gesamtanlage beteiligten Personen kann zu einem erfolgreichen Schutzziel führen, so dass ein umfassendes Konzept für den Blitz- und Überspannungsschutz der PV-Anlage inkl. des Gastgebäudes im Hinblick auf einen effizienten Betrieb der Anlage erarbeitet werden kann.

Zu beachten ist dabei, dass die Kosten für ein Blitzschutzsystem in einem gesunden Verhältnis zu den PV-Anlagenkosten stehen. Denn sehr schnell kann bei zu übertriebenen Schutzzielen das Gegenteil passieren, so dass Betreiber lieber auf ein Blitzschutzsystem gänzlich verzichten.

Wenn die derzeit stockende Siliziumverarbeitung vorangetrieben wird, wird die Solarenergie in den nächsten Jahren einen gewaltigen Aufschwung erfahren.

Leider sind, wie in allen Bereichen, auch schwarze Schafe am Markt tätig, die die Anlagenteile kostengünstig anbieten ohne auf die Folgeschäden/kosten zu achten. Die entstehen, wenn keine vernünftige Planung und Installation von Anfang an gemacht worden ist. Denn auch die Indach-System-Hersteller für Schrägdächer, die sich bei der Frage nach der Notwendigkeit eines Blitzschutzsystem gegen dieses äußern (u.a. im Internet nachzulesen), benötigen mindestens Maßnahmen gegen Überspannungen zum Schutz ihrer PV-Anlagen.

Deshalb sollten schon jetzt - da die Normen im Bereich des Blitz- und Überspannungsschutz europäisiert wurden und im Beiblatt 2 VDE 0185-305 - 3 ein Abschnitt nur den PV-Anlagen gewidmet wurde die Errichter, Betreiber und Planer von PV-Anlagen für dieses Thema sensibilisiert werden. So sind diese in der Lage den erforderlichen Mindestaufwand für Blitzschutzmaßnahmen dem Endkunden plausibel näher bringen und sich damit von den Mitbewerbern abheben.