

# Blitzschutzkonzept für eine bauliche Anlage mit Stahlkonstruktion und metallenen Wänden

Prof. Dr.-Ing. Alexander Kern, Fachhochschule Aachen, Abt. Jülich  
Heinz-Josef Krämer, Blitzschutzbau Rhein-Main Adam Herbert GmbH, Aachen

## 1. Einführung

Bauliche Anlagen mit Stahlkonstruktionen (bzw. auch Stahlbetonskelett-Konstruktionen) und metallenen Wänden sind bereits in sehr großer Zahl errichtet. Dazu gehören kleinere bis größere Lagerhallen ebenso wie Einkaufszentren. Sie zeichnen sich durch große Flexibilität, einfache Planung, kurze Bauzeit und rel. geringe Kosten aus. Auch in der nahen Zukunft ist deshalb mit Planung und Errichtung weiterer solcher baulicher Anlagen zu rechnen.

Abhängig von der Nutzung der Hallen sind auch mehr oder weniger umfangreiche elektrische und elektronische Systeme vorhanden, die wichtige Funktionen sicherstellen müssen. Der Blitzschutz für diese baulichen Anlagen sollte sich also nicht nur im „klassischen“ Gebäude-Blitzschutz nach DIN V 0185-3 VDE V 0185 Teil 3 [1] erschöpfen; ein Ergänzung hin zu einem sinnvollen Grundsatz der elektrischen und elektronischen Systeme nach DIN V 0185-4 VDE V 0185 Teil 4 [2] ist anzuraten.

Im folgenden Beitrag wird ein Konzept vorgestellt, mit dem ein hochwertiger Blitzschutz sowohl der baulichen Anlage und der darin befindlichen Personen, als auch der elektrischen und elektronischen Systeme verwirklicht werden kann. Insbesondere bei großflächigen Hallen stellen sich dabei besondere Anforderungen. Das Konzept und die zugehörigen blitzschutz-technischen Maßnahmen können drei Hauptbereichen zugeordnet werden:

- Äußerer Blitzschutz;
- Innerer Blitzschutz;
- weitergehende besondere Maßnahmen.

Das Konzept sowie die Maßnahmen werden allgemein beschrieben und teilweise anhand einer ausgeführten Anlage mit Fotos beispielhaft dokumentiert.

## 2. Äußerer Blitzschutz

### 2.1 Fundamenterder

Als Erdungsanlage einer solche bauliche Anlage wird vorzugsweise ein Fundamenterder (FE) errichtet. Die einschlägigen Anforderungen sind in DIN 18014 [3] beschrieben. Aus blitzschutz-technischer Sicht ist hervorzuheben [4, 5]:

- Der FE ist in die Bewehrung der Sohle einzulegen (**Bild 1**). Es ist dabei nicht zwingend erforderlich (bei stärkeren Fundamenten darüber hinaus oft gar nicht möglich), den FE auf die unterste Lage der Bewehrung zu legen. Mit dem FE soll erreicht werden, dass die gesamte Bewehrung der Sohle die Funktion der Einleitung des Blitzstroms in das Erdreich übernimmt. Dazu reicht auch eine

Verlegung des FE in der obersten Lage der Bewehrung aus; dies erleichtert die Montagearbeiten beträchtlich.

- Der FE soll ein Rastermaß von max. 20 m x 20 m aufweisen. Ein engeres Maschennetz ist anzustreben. Zweckmäßig ist ein übereinstimmendes Rastermaß von FE und Stahlkonstruktion der Halle, d.h. an den Stellen, an denen die Stahlträger errichtet werden, sollten sich Kreuzungspunkte des FE befinden, die dann noch aus dem Beton herausgeführt werden.
- Der FE muss mit blitzstromtragfähigen Klemmen oder durch Schweißen mit der Bewehrung der Sohle im Abstand von ca. 3 – 5 m verbunden werden.
- Für Anschlussfahnen außerhalb des Betons sind Leitungen aus NIRO, Erdungsfestpunkte, Kabel NYY oder kunststoffummantelte Stahldrähte zu verwenden (**Bild 2**).
- Der FE bzw. die Verbindungen zum FE sind bis auf 0,5 m über Erdboden-Niveau in den Betonaußenwänden hochzuziehen und dort mit den Stahlträgern und ggf. mit dem Ringerder zu verbinden.



Bild 1: Fundamenterder auf Bewehrung



Bild 2: Anschlussfahnen vom Fundamenterder

Im Falle eines isolierten Fundaments des Gebäudes ist unterhalb davon ein gesonderter FE zu errichten. Dieser gesonderte FE ist im Abstand von ca. 10 m mit den Stahlträgern der Halle (entsprechend dem zugehörigen Rastermaß) und ggf. dem Ringerder zu verbinden.

Zusätzlich zum FE kann um die Halle im Abstand von ca. 1 m und in einer Tiefe von mindestens 0,5 m ein Ringerder verlegt werden. Dies ist insbesondere dann zweckmäßig, wenn die Halle Teil einer größeren Industrieanlage ist, so dass ein zusammengeschlossenes Erdungsmaschennetz entsteht.

## 2.2 Nutzung der Stahlkonstruktion als Ableitungseinrichtung

Die Stahlkonstruktion der Halle wird als Ableitungseinrichtung verwendet (**Bild 3**). Dazu werden die Stahlträger jeweils an allen Kreuzungs- und Übergangsstellen blitzstromtragfähig miteinander verbunden (verschweißt oder verschraubt). Jeder Stahlträger (an den Außenwänden und im Inneren der Halle) wird mit dem FE verbunden. Dazu sind an diesen Stellen Anschlussfahnen vorgesehen bzw. Erdungsfestpunkte installiert. Durch die konsequente Verbindung aller Stahlträger mit dem FE ist die Problematik von Berührungsspannungen vernachlässigbar.



Bild 3: Stahlkonstruktion

## 2.3 Verbindung von Metallwänden mit der Stahlkonstruktion

In die Stahlkonstruktion werden Fassadenelemente eingehängt. Sind diese aus elektrisch nicht leitenden Werkstoffen aufgebaut (z.B. Kunststoff), so bestehen keine weiteren Anforderungen aus blitzschutz-technischer Sicht. Handelt es sich allerdings um Metallbleche, bietet es sich an, diese an den Stoßstellen miteinander und an den Befestigungsstellen mit der Stahlkonstruktion mehrfach elektrisch leitend zu verbinden [6]. Damit kann eine sehr effektive elektromagnetische Schirmdämpfung erzielt werden, sofern die Schirmung um das gesamte Gebäude herum reicht [2]: Sohle, Außenwände und Dach müssen einen geschlossenen „Käfig“ bilden (**Bild 4**). Darüber hinaus sind in derart geschirmten Gebäuden keine Anforderungen mehr an den Trennungsabstand zu stellen, da die in den Schleifen induzierten Spannungen sehr gering ausfallen [1].

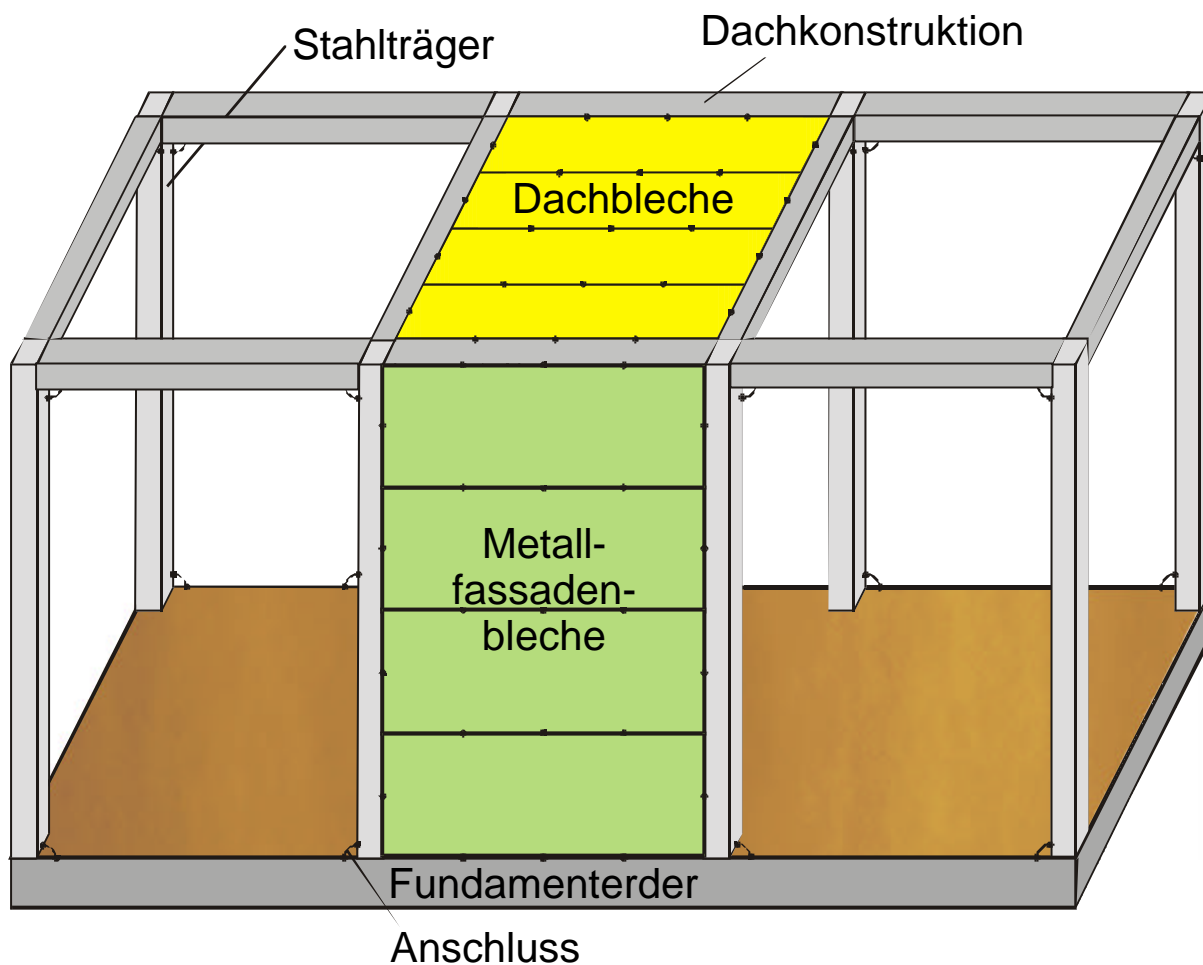


Bild 4: Verbindungen von Blechen an den Wänden und auf dem Dach zur Bildung eines geschlossenen elektromagnetischen Schirms



Bild 5: Anschluss einer Metallfassade

Kommen als Fassadenelemente doppelwandige Metallbleche zur Anwendung, zwischen denen sich die Wärmedämmung befindet, so ist anzuraten, elektrische Verbindungen der beiden Metallbleche untereinander mindestens jeweils oben und unten vorzunehmen, vorzugsweise im Rastermaß der Fassadenelemente (**Bild 5**). Dabei ist natürlich darauf zu achten, keine Wärmebrücken aufzubauen, die die Wärmedämmung beeinträchtigen können.



## 2.4 Verbindung der Stahlkonstruktion zur metallenen Dachkonstruktion



Bild 6: Stahlkonstruktion

Die vertikale Stahlkonstruktion muss mit einer vorhandenen metallenen Dachkonstruktion elektrisch verbunden werden. Dabei wird jeder vertikale Stahlträger an die horizontale Trägerkonstruktion des Daches angeschlossen (**Bild 6**). Damit kann eine elektromagnetische Schirmung der Außenwände auch im Dachbereich fortgesetzt werden.

Zusätzlich dazu müssen an der Dachkante Anschlussstellen für die Fangeinrichtungen an die vertikalen Stahlträger hergestellt werden. Hier muss der Blitzstrom auf die als Ableitungen wirksamen Stahlträger eingeleitet werden.

## 2.5 Einbindung von Metalldächern (Trapezblech)



Bild 7: Anschluss der metallenen Dachtragekonstruktion

Sind im Dachbereich Metallbleche vorhanden, so sind auch diese mehrfach elektrisch mit der Trägerkonstruktion des Daches (falls vorhanden) oder direkt mit den vertikalen Stahlträgern zu verbinden (**Bild 7**). Wie bereits in Abschnitt 2.3 für vertikale metallene Fassadenelemente erwähnt, kann dadurch eine exzellente elektromagnetische Schirmdämpfung im Gebäudeinneren erzielt werden (**Bild 4**).

Die Metallbleche können sowohl auf der Dachinnenseite als auch der Dachaußenseite angebracht sein. Bei Metallblechen auf der Dachaußenseite muss untersucht werden, ob ein direkter Blitzeinschlag in die Metallbleche akzeptiert werden kann. Hierbei können, übliche Blechstärken unterstellt, kleine Löcher in das Blech geschmolzen werden, wodurch die Dichtheit des Daches beeinträchtigt werden könnte. Dies kann mit zusätzlichen Fangeinrichtungen (kleine Fangstangen und Fangleitungen), die direkt mit dem Metalldach verbunden sind, verhindert werden (**Bild 8**).



Dabei legen die zusätzlichen Fang-einrichtungen lediglich definierte Blitz-einschlagstellen fest; der Blitzstrom wird danach weitest-gehend und unmittelbar in das Metallblech des Daches eingeleitet, was blitzstromtrag-fähige Verbindungen erforderlich macht.

Bild 8: Metaldach mit Fangstangen

Befinden sich die Metallbleche auf der Dachinnenseite, so stellen sie natürlich keinen Schutz vor direkten Blitzeinschlägen dar. Sie können auch nicht unmittelbar zum Abfließen des Blitzstromes beitragen. Hier stellen sie nur die elektromagnetische Schirmung sicher.

## 2.6 Fangeinrichtungen bei großflächigen Hallen



Bild 9: Fangleitungen auf Flachdach

Auf dem Hallendach werden Fangeinrichtungen verlegt, häufig als maschenförmiges Fangleitungsnetz (**Bild 9**). Dies gilt üblicherweise sowohl für Hallen mit oder ohne Metalldächer. Sind metallene Konstruktionen (Trägerkonstruktion oder Metallbleche) auf der Dachinnenseite angeordnet (vgl. Abschnitt 2.5), so ist darauf zu achten, dass kein Durchschlag von den Fangeinrichtungen auftreten kann: Die Näherungsproblematik ist natürlich auch im Dachbereich wirksam.

Als Besonderheit im Falle großflächiger Hallen ist zu beachten, dass hier nicht nur deren Höhe für den Trennungsabstand eine Rolle spielt. Je nach Blitzeinschlagstelle können auch auf den horizontalen Fangleitungen enorme induktive Spannungsabfälle erzeugt werden, die die Dachisolation zusätzlich belasten. Dabei gilt: Je größer das Dach, desto größer der erforderliche Trennungsabstand  $s$  (bei gleicher Hallenhöhe).

Es soll an dieser Stelle keine ausführliche Berechnung des erforderlichen Trennungsabstands  $s$  nach VDE V 0185 Teil 3 [1] durchgeführt werden. Man kann allerdings davon ausgehen, dass im Falle großflächiger Hallen auch bei rel. geringen Höhen von beispielsweise 10 m (Baumärkte, Lagerhallen) Trennungsabstände in Luft von bis zu  $>50$  cm notwendig sein können (natürlich abhängig von der Schutzklasse des Blitzschutzsystems). Würde die Fangeinrichtung nahezu direkt auf dem Dach aufliegen, müsste der Trennungsabstand durch die Dachisolation (Feststoff) zur Dachkonstruktion damit  $>100$  cm betragen. Dieses Problem lässt sich wie folgt lösen:

- Die Fangeinrichtungen werden aufgeständert und in einer Höhe von  $>50$  cm auf dem Dach geführt. Bei Dachaufbauten ist ebenfalls auf die Einhaltung des erforderlichen Trennungsabstandes zu achten. Häufig bietet es sich an, die Fangeinrichtungen weit mehr als 50 cm über die Dachfläche anzuheben (z.B. 2 m) und damit einen vollständigen Schutz großflächiger Dachaufbauten (isolierte Fangeinrichtung) vor direkten Blitzeinschlägen zu realisieren (**Bild 10**).



Bild 10: Aufgeständerte Fangleitung



- Im erforderlichen und sinnvollen Rastermaß werden Durchführungen von den Fangeinrichtungen durch das Dach zu inneren Stahlträgern installiert (**Bild 11 a/b**). Dadurch werden zusätzliche Ableitungen realisiert, insbesondere die horizontalen Blitzstrompfade auf den Fangleitungen reduziert und damit die Potentialunterschiede zwischen Fangleitungen und darunter befindlichen Teilen der Dachkonstruktion deutlich verringert. Die Durchführungen dürfen natürlich die Dichtheit des Daches nicht beeinträchtigen (vgl. Abschnitt 4.1).



Bild 11a: Dachdurchführung



Bild 11b: Wanddurchführung

### 3. Innerer Blitzschutz

#### 3.1 Maßnahmen zum Blitzschutzpotentialausgleich



Bild 12: Fundamenterder mit Stahlträgeranschluss

In Hallen, die nach Abschnitt 2 aufgebaut sind, können auf Erdniveau grundsätzlich überall Maßnahmen des Blitzschutzpotentialausgleichs durchgeführt werden. Dazu eignen sich insbesondere alle Stahlträger, die nach Abschnitt 2.2 direkt mit dem Fundamenterder verbunden sind. Hierzu sollten an allen Stahlträgern auf Erdniveau entsprechende Anschlusspunkte vorgesehen werden (**Bild 12**). Dann kann auch bei späteren Um- und Ausbauten innerhalb der Halle jederzeit eine kurze Potentialausgleichsleitung verlegt und damit ein niederimpedanter Blitzschutzpotentialausgleich realisiert werden.

Die Problematik der Einhaltung des erforderlichen Trennungsabstandes im Dachbereich wurde bereits in Abschnitt 2.6 mit behandelt.



### 3.2 Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Überspannungs-Schutzgeräten

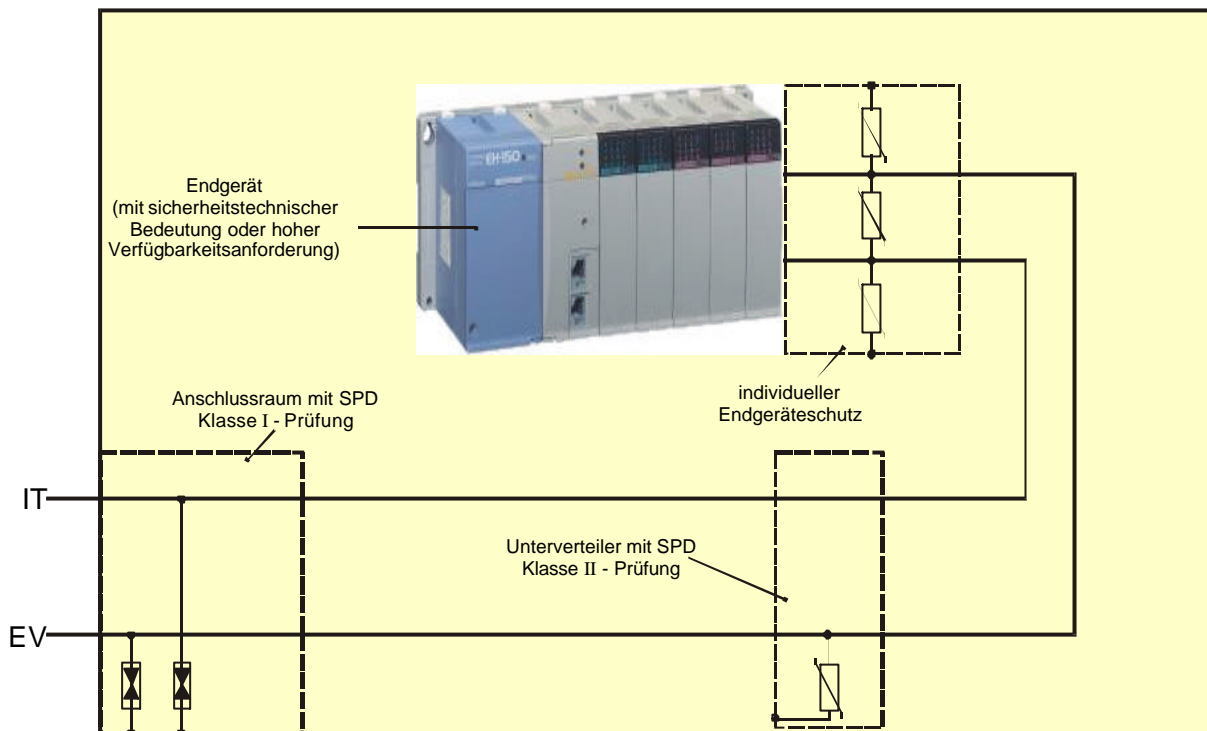


Bild 13: Übersicht zum Einsatz von Überspannungs-Schutzgeräten in einer Halle

Es muss Ziel eines technisch/wirtschaftlich ausgewogenen Blitzschutz-Konzepts für eine solche Halle sein, nur „von außen kommende“ Blitzteilströme auf den externen Versorgungsleitungen als energiereiche Störquelle betrachten zu müssen. Eine Einkopplung von Blitzteilströmen auf elektrische Leitungen innerhalb der Halle muss vermieden werden: insbesondere Dachaufbauten bzw. Komponenten im Dachbereich müssen im Schutzbereich von isolierten Fangeinrichtungen platziert sein und es müssen die Anforderungen an den Trennungsabstand realisiert sein. Damit ergibt sich für den Einsatz von Überspannungs-Schutzgeräten (engl.: Surge Protective Device = SPD) folgendes Konzept (**Bild 13**):

- Für alle externen Versorgungsleitungen werden direkt am Gebäudeeintritt (Anschlussraum) blitzstromtragfähige SPD mit Klasse I-Prüfung [2] installiert. Dies gilt für energie- und informationstechnische Leitungen. Idealerweise betreten dabei alle externen Versorgungsleitungen das Gebäude nur an einer Stelle. Die SPD mit Klasse I-Prüfung werden unmittelbar an einem Anschlusspunkt zum Fundamente der Erde platziert, damit beim Fließen von Blitzteilströmen über die (sehr kurzen) Potentialausgleichsleitungen nur rel. geringe induktive Längsspannungsfälle erzeugt werden.
- Für die energietechnischen Versorgungsleitungen werden in den Unterverteilern weitere (nicht-blitzstromtragfähige) SPD mit Klasse II-Prüfungen [2] installiert.
- Für sicherheitstechnisch erforderliche oder aus Gründen der Verfügbarkeit wichtige Endgeräte der Automatisierung, Informationstechnik, Gebäudetechnik, etc. (z.B. SPS, PC, Klima- und Lüftungsanlagen, Beleuchtung) werden zusätzliche Endgeräte-Schutzmaßnahmen (ggf. kombinierter Schutz für alle

Geräteeingänge) installiert, sofern keine anderen Schutzmaßnahmen zum Einsatz kommen (vgl. Abschnitt 4.3).

Mit diesem Konzept wird ein solider Grundschutz aller elektrischen und elektronischen Einrichtungen realisiert, der für die sicherheitstechnisch erforderlichen oder aus Gründen der Verfügbarkeit wichtigen Einrichtungen noch durch einen höheren Schutzlevel ergänzt wird.

#### 4. Weitergehende besondere Maßnahmen

##### 4.1 Problematik von Dachaufbauten und der Durchführung von Versorgungsleitungen durch die Dachfläche

Dachflächen werden vielfach als „Technikgeschoss“ für großvolumige Einrichtungen verwendet, z.B. Klimaanlage, Motoren, Lüfter, Photovoltaik-Module. Diese Einrichtungen müssen im Schutzbereich von Fangeinrichtungen stehen (Abschnitt 2.6), dürfen aber nach diesem Konzept nicht direkt mit diesen verbunden werden.

Zu den Einrichtungen müssen üblicherweise elektrische oder metallene Leitungen aus dem Gebäudeinneren geführt werden. Aus Sicht der Unversehrtheit der Dacheindeckung sollten Dachdurchführungen vermieden werden [7]. Dies bedingt dann ein Führen der Leitungen außen am Gebäude bis auf das Dach.



Bild 14: Dachdurchführung

Bei größeren Hallen wird diese Leitungsführung nicht mehr möglich sein. Dort sind dann Dachdurchführungen vorzusehen; zweckmäßigerweise werden sie bereits bei Errichtung des Daches installiert (**Bild 14**).

Die Dachdurchführungen müssen eine Höhe von  $\geq 15$  cm über Oberkante Dachbelag haben und einen Abstand  $\geq 100$  cm zum Dachrand bzw.  $\geq 50$  cm zu allen anderen Anschlüssen aufweisen. Die Dachdurchführungen müssen mit der Dachkonstruktion und, falls vorhanden, mit den Metallblechen des Daches verbunden werden.

##### 4.2 Maßnahmen zum Schutz von Versorgungsleitungen auf der Dachfläche

Sind Dachdurchführungen auf nur wenige Stellen konzentriert, ist eine Führung von Versorgungsleitungen auf dem Dach über längere Strecken unvermeidbar. Hier gelten dann die gleichen Anforderungen wie für die Dachaufbauten selbst: die Leitungen müssen auf ihrer gesamten Länge durch Fangeinrichtungen vor direkten Blitzeinschlägen geschützt werden, zu denen sie einen ausreichenden Trennungsabstand aufzuweisen haben (**Bild 15**).



Bild 15: Durch Fangstangen geschützte Installationen auf einem Flachdach

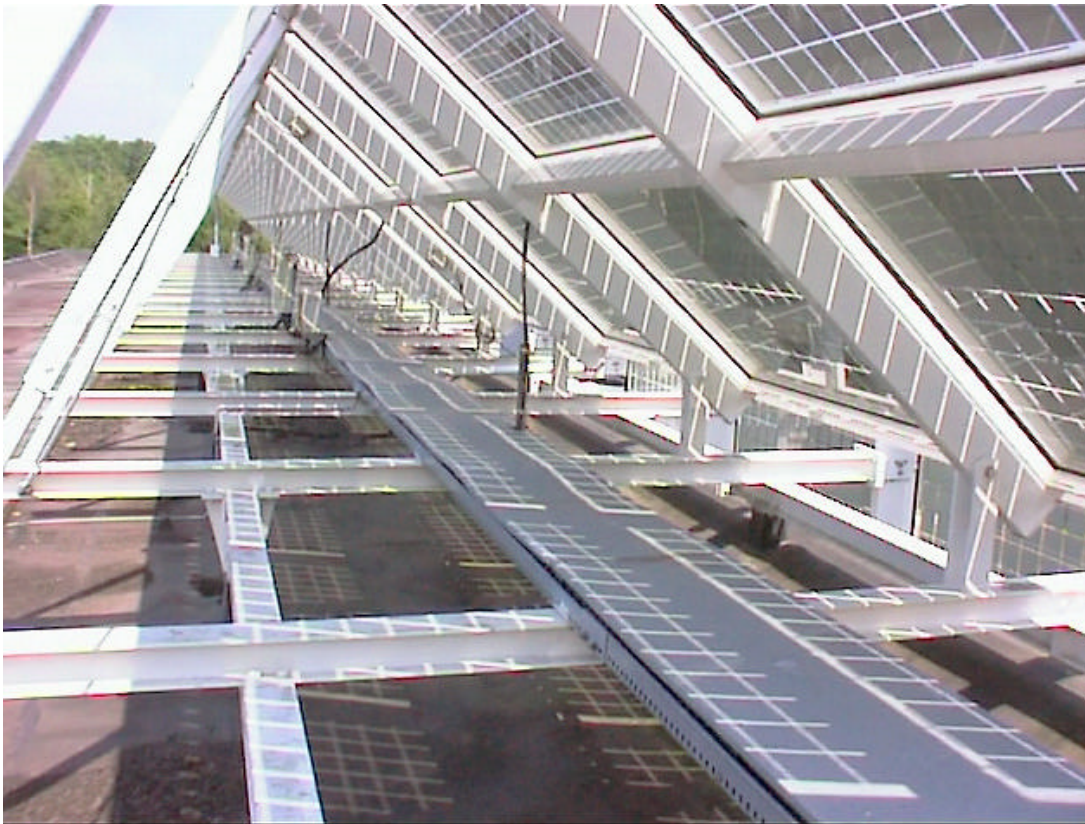


Bild 16: Leitungsführung auf dem Dach in einer geschlossenen Kabelwanne am Beispiel einer PV-Anlage (Bibliothek des Forschungszentrums Jülich).



Soll darüber hinaus noch ein wirkungsvoller Überspannungsschutz der Dachaufbauten realisiert werden, sollten die elektrischen Leitungen geschirmt ausgeführt sein, wobei der Schirm am Gebäudeeintritt (d.h. an der Dachdurchführung) mit der Dachkonstruktion und am anderen Ende mit dem metallenen Gehäuse der Dachaufbauten verbunden werden muss. Damit wird ein Einkoppeln von Blitzteilströmen auf die Adern (im Inneren des Kabelschirms) wirksam vermieden; die in die Verkabelung induzierten Spannungen werden deutlich reduziert. Abhängig von der Leitungslänge sind entweder keine oder nur noch (nicht-blitzstromtragfähige) SPD mit Klasse II-Prüfung [2] erforderlich.

Sind auf dem Dach mehrere elektrische Leitungen gemeinsam verlegt, so können die einzelnen Kabelschirme durch eine geschlossene Kabelwanne, ein Metallrohr oder ähnliches ersetzt werden (**Bild 16**). Kabelwanne oder Metallrohr sind dann beidseitig, d.h. an Dachdurchführung und Dachaufbauten, elektrisch leitend anzuschließen.

### 4.3 Möglichkeiten der Verkabelung an der Dachinnenseite

In großflächigen Hallen werden auch an der Dachinnenseite umfangreiche elektrische Leitungen geführt: zu Beleuchtung, Lüftermotoren, Dachfenstern, Brandmeldern, etc. Sie sind häufig nahezu den gleichen elektromagnetischen Einkopplungen ausgesetzt, wie die in Abschnitt 4.2 behandelten Leitungen zu Dachaufbauten; eine qualitätsmäßig gleiche Schirmung wird aber üblicherweise nicht für notwendig erachtet.

Soll das in Abschnitt 3.2 dargestellte Konzept für Überspannungs-Schutzgeräte lückenlos auch für die auf der Dachinnenseite installierten elektrischen Einrichtungen realisiert werden, d.h. SPD sind an den Endgeräten nur im Ausnahmefall erforderlich, so bietet sich folgende Vorgehensweise an:

- Weist das Gebäude eine komplette elektromagnetische Schirmung mit Metallblechen an den Außenwänden und auf dem Dach auf (wie in den Abschnitten 2.3 und 2.5 beschrieben), ist üblicherweise keine zusätzliche Schutzmaßnahme erforderlich. Die Verkabelung kann offen geführt werden (z.B. in Gitterrosten).
- Hat das Gebäude lediglich eine Stahlskelett-Konstruktion (wie in den Abschnitten 2.2 und 2.4 beschrieben), fehlt also insbesondere eine wirksame Schirmung im Dachbereich, so sind die elektrischen Leitungen dort nahezu dem ungedämpften elektromagnetischen Feld des Blitzstromes ausgesetzt. Eine Dachkonstruktion mit Maschenweiten von einigen m kann für die direkt darunter verlegte Verkabelung keine wirksame elektromagnetische Schirmung entfalten; der erforderliche Sicherheitsabstand  $d_s$  ist unterschritten [2]. Hier kann eine Verlegung der elektrischen Leitungen im Dachbereich in Metallrohren oder geschlossenen Kabelwannen (analog zu Abschnitt 4.2) eine wirksame Schirmung darstellen (**Bild 17**). Diese Schirmung wird zweckmäßigerweise direkt an die metallene Dachkonstruktion angeschlossen und bis zu den vertikalen Stahlskelettträgern geführt; ggf. kann die Verkabelung auch direkt in die Träger der Dachkonstruktion gelegt werden.
- Hat das Gebäude an den Außenwänden eine Metallfassade nach Abschnitt 2.3, können die vertikalen elektrischen Leitungen vom Dach bis auf Bodenniveau offen, zweckmäßig entlang der Stahlträger, verlegt werden. Hier sind dann, wegen der Nähe zu den Stahlträgern, keine weiteren Schirmungen mehr

erforderlich. Weist das Gebäude allerdings nur eine Stahlskelett-Konstruktion nach Abschnitt 2.2 auf, sollte die Schirmung im Dachbereich auch entlang der vertikalen Stahlträger bis auf Bodenniveau fortgesetzt werden, ggf. ist auch hier eine Verlegung innerhalb der Stahlträger möglich (**Bild 17**). Diese Verlegung erübrigt darüber hinaus auch die Einhaltung eines Trennungsabstandes  $s$  zwischen Verkabelung und Stahlträger (der ja eine Ableitung darstellt), da die Induktionsschleife wirksam verändert wird.

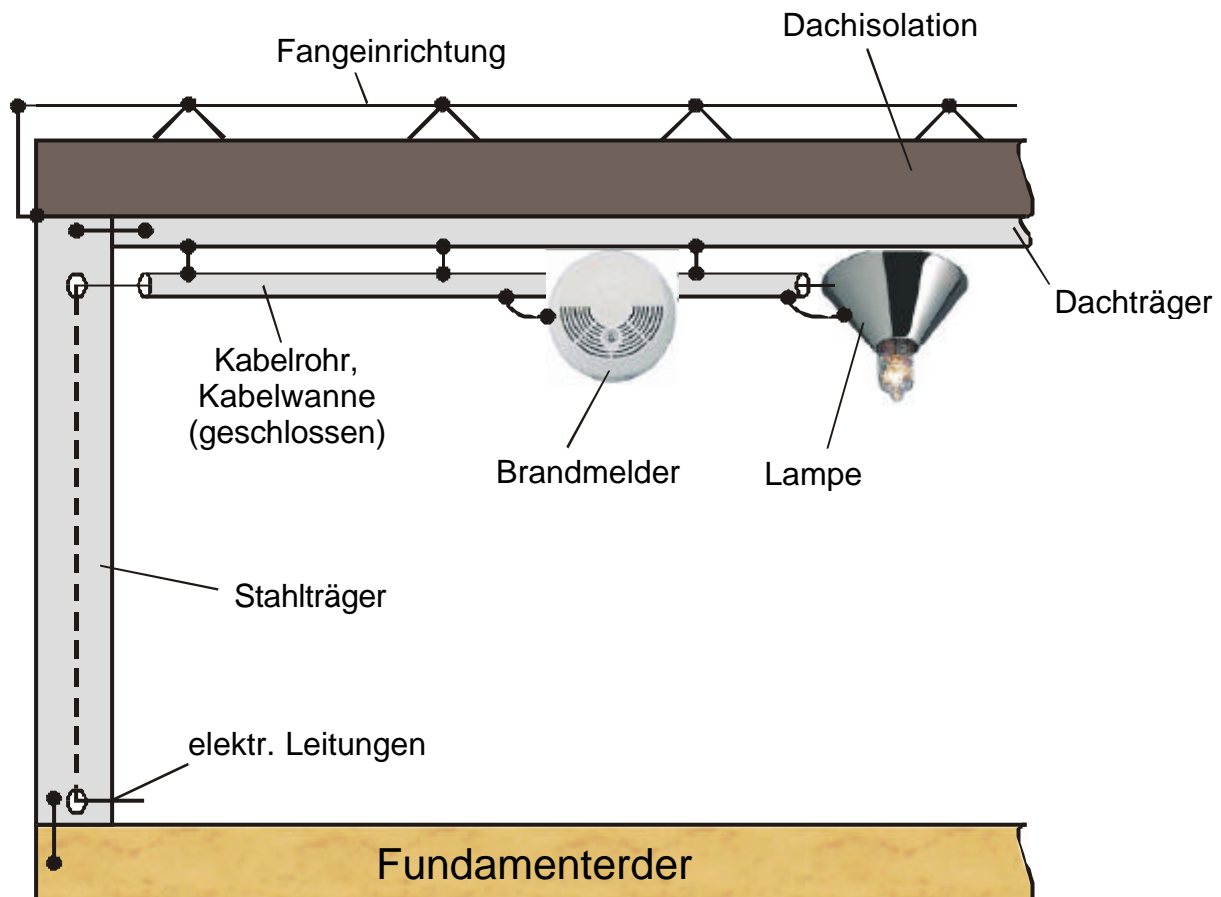


Bild 17: Möglichkeiten der Schirmung von elektrischen Leitungen im Dach- und Wandbereich

Der Aufbau elektromagnetischer Schirmungen im Gebäudeinneren, d.h. im Dachbereich und entlang der vertikalen Stahlträger, ist ein enormer Aufwand und erfordert rechtzeitige Planung und Abstimmung mit allen betroffenen Gewerken. Damit bietet sich allerdings die Möglichkeit, auch in ausgedehnten Hallen und bei einer Vielzahl von elektrischen Leitungen einen wirkungsvollen Überspannungsschutz zu realisieren, ohne an (zu) vielen Endgeräten einen individuellen Schutz mit SPD installieren zu müssen.

## 5. Literatur

- [1] DIN V VDE V 0185-3 (VDE V 0185 Teil 3): 2002-11: Blitzschutz – Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen.
- [2] DIN V VDE V 0185-4 (VDE V 0185 Teil 4): 2002-11: Blitzschutz – Teil 4: Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen.
- [3] DIN 18014: Fundamenterder.
- [4] Krämer, Heinz – Josef: Blitzschutz – Fundamenterder. de 9/99.
- [5] Verband Deutscher Blitzschutzfirmen, VDB, Blitzschutz – Montage – Handbuch, Ausgabe 2003.
- [6] Kern, Alexander: Hochwirksamer Gebäude-Blitzschutz mit vorgehängten hinterlüfteten Fassaden (VHF). Fachverband Baustoffe und Bauteile für vorgehängte hinterlüftete Fassaden (FVHF) – Focus 14, 2002.
- [7] Deutsches Dachdeckerhandwerk - Regelwerk: Merkblatt Blitzschutz auf und an Dächern. Ausgabe 09/1999.

### Adresse der Autoren:

Prof. Dr.-Ing. Alexander Kern,  
Fachhochschule Aachen, Abt. Jülich  
Ginsterweg 1, D - 52428 Jülich  
Tel: 02461/99-3042 Fax: 02461/99-3262  
e-mail: a.kern@fh-aachen.de

Heinz-Josef Krämer  
Blitzschutzbau Rhein-Main Adam Herbert GmbH  
Zehnthofweg 51, D – 52068 Aachen  
Tel: 0241/95856-0 Fax: 0241/95868-33  
e-mail: bsb\_rhein-main\_ac@t-online.de