

Der **Blitzschutz** in der **Praxis**

**Blitz- und
Überspannungsschutz**

**Vierte erweiterte Auflage
mit neuen Themen:**

- ▶ Photovoltaik-Anlagen
- ▶ Telekommunikationsanschluss
- ▶ Niederspannungs-Verbraucheranlagen

Bildquellen:

Blitzschutzbau Rhein-Main Adam Herbert GmbH, Aachen

Dehn und Söhne, Neumarkt

Forschungszentrum Jülich

DIN V VDE V 0185-3 (VDE V 0185 Teil 3): 2002-11

DIN 18014

VDE/ABB

4. Auflage, November 2003

Wiedergegeben mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e.V. und des VDE VERBAND DER ELEKTROTECHNIK ELEKTRONIK INFORMATIONSTECHNIK e.V. Maßgebend für das Anwenden der Normen sind deren Fassungen mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der VDE-VERLAG GMBH, Bismarckstraße 33, 10625 Berlin und der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin erhältlich sind.

Der Blitzschutz in der Praxis

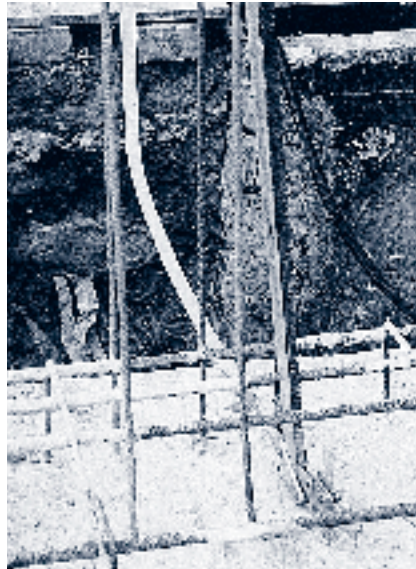
Antworten auf häufig gestellte Fragen basierend auf der Normenreihe DIN V VDE V 0185

- ABB-MERKBLATT 1** **Fundamenterder**
Anforderungen und Fehlermöglichkeiten beim Einsatz als Blitzschutzerder
- ABB-MERKBLATT 2** **Schutzbereich von Fangeinrichtungen des Äußeren Blitzschutzes**
Wie werden mögliche Einschlagpunkte festgelegt?
- ABB-MERKBLATT 3** **Isolierte Fangeinrichtungen**
Was ist beim Schutz elektrischer und metallener Einrichtungen auf Gebäudedächern zu beachten?
- ABB-MERKBLATT 4** **Trennungsabstand von elektrischen und metallenen Einrichtungen des Gebäudes zum Äußeren Blitzschutz**
Welche Auswirkungen haben „Näherungen“?
- ABB-MERKBLATT 5** **Einsatz von Überspannungsschutzgeräten in Niederspannungs-Verbraucheranlagen**
Blitzstromableiter und Überspannungsableiter dienen dem Schutz elektrischer Anlagen und der angeschlossenen Geräte
- ABB-MERKBLATT 6** **Einsatz von Sicherungen im Zusammenhang mit Überspannungsschutzgeräten**
Was ist bei der Auswahl von Vorsicherungen im energietechnischen Netz zu beachten?
- ABB-MERKBLATT 7** **Installation von Blitzstromableitern**
Wie ist der Anschluss der Blitzstromableiter zu gestalten?
- ABB-MERKBLATT 8** **Das „Blitzkugelverfahren“**
Grundlagen und Anwendung in der Blitzschutzpraxis
- ABB-MERKBLATT 9** **Korrosion in Zusammenhang mit Blitzschutz-Systemen**
Wie entsteht die Korrosion an Blitzschutzanlagen?
Wie kann der Korrosion entgegengewirkt werden?
Welche Werkstoff-Kombinationen werden empfohlen?
- ABB-MERKBLATT 10** **Verbindung und Vermaschung von Erdungsanlagen**
Warum ist aus Sicht des Blitzschutzes eine einzige, alle Aufgaben integrierende Erdungsanlage zu bevorzugen? Warum sollten die Erdungsanlagen benachbarter Gebäude verbunden werden? Was ist dabei zu beachten?
- ABB-MERKBLATT 11** **Blitzschutz von Photovoltaik-Anlagen**
- ABB-MERKBLATT 12** **Blitz- und Überspannungsschutz des Telekommunikationsanschlusses**

Fundamenterder

Anforderungen und Fehlermöglichkeiten beim Einsatz als Blitzschutzerder

Der Einsatz von Fundamenterdern als Blitzschutzerder erfreut sich steigender Beliebtheit, da damit Metallkonstruktionen für die Belange der Erdung herangezogen werden, die bauseits ohnehin schon vorhanden sind. Der Fundamenterder ist damit auch Bestandteil der elektrotechnischen Anlage. Die DIN V VDE V 0185-3 (VDE 0185 Teil 3):2002-11 fordert im Hauptabschnitt 4: „Der Einbau von Erdungsleitungen und Verbindungsbauteilen in Beton muss von einer Blitzschutz-Fachkraft durchgeführt werden. Wenn dies nicht möglich ist, kann der Bauunternehmer diese Aufgabe nur übernehmen, wenn die Fachaufsicht gewährleistet ist.“



FE-Anschlussfahne aus nicht-rostendem Stahl mit Bewehrungsanschlüssen



FE-Anschlussfahne aus verzinktem Bandstahl direkt ins Erdreich

Die Anforderungen an einen Fundamenterder (FE) als Elektroerder sind in der Norm DIN 18014 beschrieben:

- ▼ Der FE muss als geschlossener Ring ausgeführt werden.
- ▼ Der FE muss in den Fundamenten der Außenwände unterhalb der untersten Isolierschicht (Feuchtigkeitsperre) liegen.
- ▼ Bei Fundamenten aus bewehrtem Beton muss der FE auf der untersten Bewehrungslage verlegt werden.
- ▼ Bei größeren Gebäuden müssen Querverbindungen gelegt werden, so dass die vom FE umspannte Fläche maximal in etwa 20 m x 20 m große Felder aufgeteilt wird.
- ▼ Der FE muss allseits dicht (mindestens 5 cm) von Beton umschlossen sein (Korrosionsschutz).
- ▼ Für den FE ist verzinkter Bandstahl mit einem Querschnitt von mindestens 30 mm x 3,5 mm oder verzinkter Rundstahl mit einem Durchmesser von mindestens 10 mm zu verwenden.
- ▼ Der FE kann flach verlegt werden, wenn die unterste Bewehrungslage des Baustahls vor dem Verfüllen auf Distanzstützen gelagert wurde und der Beton verdichtet (gerüttelt) wird.

Damit der Fundamenterder auch für die Belange des Blitzschutzes verwendet werden kann, müssen noch weitere Anforderungen erfüllt sein:

- ▼ Der FE muss mit blitzstromtragfähigen Verbindungsklemmen oder durch Schweißen (Achtung: Schweiß-Eignungsnachweis) mit der Bewehrung verbunden werden. Der Abstand zwischen zwei Verbindungsstellen beträgt 3–5 m.
- ▼ Für Anschlussfahnen außerhalb des Betons sind Leitungen aus NIRO, z.B. Werkstoff-Nr. 1.4571, Erdungsfestpunkte, Kabel NYY oder kunststoffummantelter Stahldraht (Achtung: Rissgefahr) zu verwenden.
- ▼ Für Anschlussfahnen innerhalb des Gebäudes kann auch feuerverzinkter Stahl verwendet werden.

Konsequenz:

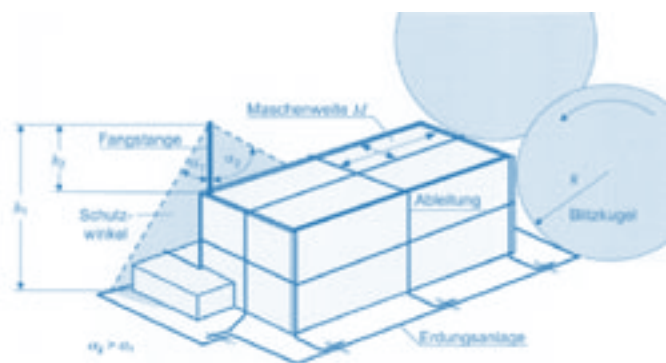
Fundamenterder sind technisch anderen Erdern vorzuziehen, da sie bei gleichem Materialeinsatz kleinere Erdungswiderstände erreichen, die gleiche Lebensdauer haben wie das Gebäude und bei richtiger Verlegung gut gegen Korrosion geschützt sind.

Schutzbereich von Fangeinrichtungen des Äußeren Blitzschutzes

Wie werden mögliche Einschlagpunkte festgelegt?

Unkontrollierte Blitzeinschläge an nicht erwünschten Stellen sind die Folge einer fehlerhaften Planung bzw. Installation der Fangeinrichtungen. Damit wird das zu schützende Volumen gefährdet. Dies lässt sich bei konsequenter und normgerechter Vorgehensweise vermeiden.

Die Fangeinrichtungen eines Blitzschutzsystems haben die Aufgabe, die möglichen Einschlagpunkte festzulegen und unkontrollierte Einschläge an anderen Stellen zu vermeiden. Als Fangeinrichtungen kommen grundsätzlich Fangstangen und Fangleitungen (Seile oder Drähte) zum Einsatz, wobei letztere auch als vermaschte Fangleitungen Verwendung finden. Bei der Festlegung der Anordnung und der Lage von Fangeinrichtungen werden drei Verfahren genutzt:



Verfahren für die Auslegung von Fangeinrichtungen: „Blitzkugel“, „Schutzwinkel“ und „Masche“

- ▼ Das „Maschen“-Verfahren ist zur Planung des Schutzes von ebenen Flächen geeignet.
- ▼ Das „Schutzwinkel“-Verfahren ist für die meisten Gebäude mit einfacher Form zweckmäßig.
- ▼ Das „Blitzkugel“-Verfahren ist universell und wird für komplizierte Anwendungsfälle empfohlen. Mit diesem Verfahren ist die Schutzplanung für beliebig komplexe Anordnungen von Fangeinrichtungen möglich.

Die Werte des Schutzwinkels α , der Blitzkugelradius r und die Maschenabmessungen w sind in untenstehender Tabelle in Abhängigkeit von der gewählten Schutzklasse nach DIN V VDE V 0185-3 (VDE V 0185 Teil 3):2002-11 angegeben.

Blitzschutzklasse	Blitzkugelradius r (m)	Schutzwinkel α (°) als Funktion der Höhe h (m) der Fangeinrichtung über dem zu schützenden Bereich	Maschenweite w (m)
I	20		5 x 5
II	30		10 x 10
III	45		15 x 15
IV	60		20 x 20

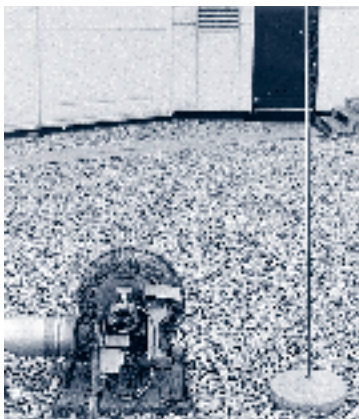
Metallene Teile einer baulichen Anlage können als „natürliche“ Bestandteile der Fangeinrichtungen verwendet werden. Dazu gehören z.B. Verkleidungen aus Metallblech an Außenwänden und auf Dächern, Bewehrungen von Stahlbetonbauten, Regenrinnen, Verzierungen, Geländer, sowie Rohre und Behälter. Durch ihre Integration in das Blitzschutzsystem können architektonische Aspekte leichter berücksichtigt werden.

Isolierte Fangeinrichtungen

Was ist beim Schutz elektrischer und metallener Einrichtungen auf Gebäudedächern zu beachten?

Das Ziel einer isolierten Fangeinrichtung ist es, das zu schützende Objekt **gegen direkten Blitzeinschlag** zu schützen. Bei mangelhafter Installation der isolierten Fangeinrichtung oder bei nicht eingehaltenem Trennungsabstand besteht die Gefahr eines direkten Blitzeinschlages bzw. eines Überschlages von der Fangeinrichtung in das zu schützende Objekt. Die Folge sind erhebliche Blitzteilströme im Gebäude, für die die Gebäudeinstallation in aller Regel nicht ausgelegt ist.

Eine elektrische oder metallene Einrichtung ist durch eine isolierte Fangeinrichtung geschützt, wenn das Volumen des zu schützenden Gerätes vollständig im Schutzbereich liegt, wobei der Trennungsabstand zur Fangeinrichtung für den Ausschluss einer Näherung beachtet werden muss. Die Ermittlung des Schutzbereiches erfolgt entweder mit dem Blitzkugelverfahren, mit dem Maschenverfahren oder mit dem Schutzwinkelverfahren (siehe auch DIN V VDE V 0185-3 (VDE V 0185 Teil 3):2002-11 Tab. 3).



Isolierte, einzelne Fangstange

Für einfache Fangeinrichtungen wird in der Regel der Schutzbereich über den für die jeweiligen Verhältnisse gültigen Schutzwinkel ermittelt. Bei komplexeren Fangeinrichtungen wird das Blitzkugelverfahren mit dem der Schutzklasse entsprechenden Blitzkugelradius verwendet. Zur Vermeidung von Blitzteilströmen dürfen elektrische und metallene Einrichtungen auf dem Dach mit Verbindung zu geerdeten Bauteilen nicht direkt mit der isolierten Fangeinrichtung verbunden werden. Näherungen müssen durch einen ausreichenden Trennungsabstand zwischen der Fangeinrichtung und der elektrischen oder metallenen Einrichtung verhindert werden. Der Trennungsabstand der Fangeinrichtung zu leitenden Teilen des Dachaufbaus muss Abschnitt 5.3 in der o. g. Norm entsprechen.



Dachständer-Funkenstrecke

Bei großen empfindlichen Dachaufbauten (z.B. Kühlaggregatsysteme) muss der Schutzbereich durch konstruktive Maßnahmen realisiert werden. Eine Möglichkeit ist die Errichtung einer isolierten Fangeinrichtung auf Haltestangen aus elektrisch nicht leitendem Material. Die dadurch entstehenden Kosten sind häufig gegenüber dem erzielten Schutzerfolg und den Einsparungen im Bereich des Inneren Blitzschutzes gerechtfertigt. Wenn die Einrichtung nicht vor direktem Blitzeinschlag geschützt werden kann, muss sie direkt an die Fangeinrichtung angeschlossen werden (keine isolierte Fangeinrichtung!), und der Auftraggeber muss über die daraus resultierenden Gefahren und die weiteren notwendigen Maßnahmen schriftlich informiert werden.

Fazit:

Eine isolierte Fangeinrichtung schützt bei einem Direkteinschlag in ein Gebäude elektrische und metallene Einrichtungen mit leitender Fortführung in das Gebäude und damit die Installation im Gebäude gegen Blitzteilströme.



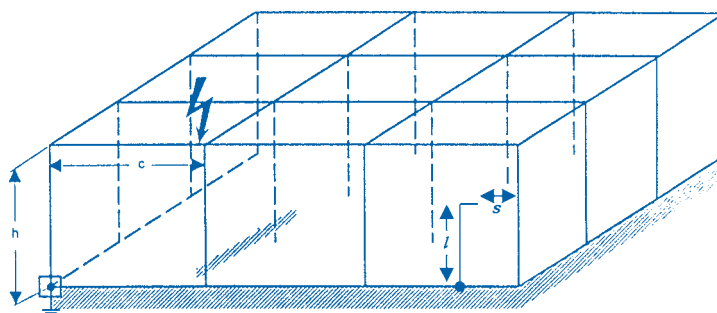
Isolierte Fangmaschen für Kühlaggregat

Trennungsabstand von elektrischen und metallenen Einrichtungen des Gebäudes zum Äußeren Blitzschutz

Welche Auswirkungen haben „Näherungen“ ?

Im Falle eines Blitzeinschlages muss das Auftreten gefährlicher Funkenbildung innerhalb der zu schützenden baulichen Anlage verhindert werden. Diese gefährliche Funkenbildung ist möglich, wenn die Potentialdifferenz zwischen den blitzstromdurchflossenen Leitungen des Äußeren Blitzschutzes einerseits und den elektrischen bzw. metallenen Einrichtungen einschließlich der Verkabelung innerhalb der zu schützenden baulichen Anlage andererseits größer ist als die elektrische Festigkeit der betreffenden Strecken. (Vereinfacht ausgedrückt: es bestehen „Näherungen“ zum Äußeren Blitzschutz.) Ein elektrischer Durchschlag dieser Strecken ist dann nicht mehr auszuschließen, und es besteht damit die Gefahr von Brandentwicklung und Zerstörung der elektrischen Anlage.

Ist ein lückenloser Blitzschutz-Potenzialausgleich an den betreffenden Strecken nicht möglich, so kann die gefährliche Funkenbildung nur noch durch geeignetes Isoliermaterial oder durch das Einhalten eines ausreichenden Trennungsabstandes s zwischen dem Äußeren Blitzschutz einerseits und den elektrischen und metallenen Einrichtungen andererseits vermieden werden.



$$k_c = \frac{1}{2n} + 0,1 + 0,2 \sqrt[3]{\frac{c}{h}}$$

- n Gesamtzahl der Ableitungen
- c der Abstand von der nächsten Ableitung
- h die Höhe oder der Abstand der Ringleiter

k_c für ein vermaschtes Fangleitungsnetz (Typ B-Erdung)

$$s = k_j \cdot \frac{k_c}{k_m} \cdot I(m)$$

$I(m)$ senkrechter Abstand vom Punkt der Näherung bis zur nächsten Blitzschutz-Potenzialausgleichs-Ebene

- k_j Koeffizient, der von der gewählten Schutzklasse des Blitzschutzsystems abhängt
- k_c Koeffizient, der von der geometrischen Anordnung der Ableitungen abhängt
- k_m Koeffizient, der vom Material der Trennungstrecke abhängt

Der Koeffizient k_c beschreibt den Einfluss der Blitzstrom-Aufteilung auf die verschiedenen Ableitungen. Er hängt deshalb von der Gesamtzahl der Ableitungen, Lage und Abmessungen der jeweils zu betrachtenden Ableitung und dem Typ der Erdungsanlage ab. Für eine

einzelne Fangstange gilt z.B. $k_c = 1$. Ein typisches Beispiel ist im obenstehenden Bild dargestellt. Weitere Ableitungs-Netzwerke sind in DIN V VDE V 0185-3 (VDE V 0185 Teil 3):2002-11 Anhang E behandelt.

Schutzklasse	k_j
I	0,1
II	0,075
III und IV	0,05

Material	k_m
Luft	1,0
festes Material	0,5

Anmerkungen:

Gefährliche Funkenbildung zwischen dem Äußeren Blitzschutz und den von außen in die zu schützende bauliche Anlage eingeführten elektrischen und metallenen Leitungen bzw. Installationen kann durch Trennung nicht verhindert werden.

Hier ist es notwendig, an deren Eintrittspunkt in die bauliche Anlage einen Blitzschutz-Potenzialausgleich (direkt oder über Blitzstromableiter) herzustellen.

Einsatz von Überspannungsschutzgeräten in Niederspannungs-Verbraucheranlagen

Blitzstromableiter und Überspannungsableiter dienen dem Schutz elektrischer Anlagen und der angeschlossenen Geräte

Überspannungsschutzgeräte Typ 1¹, die sogenannten **Blitzstromableiter**, sind erforderlich, wenn hohe Blitzströme über die Erde oder die Ableitungseinrichtungen des äußeren Blitzschutzsystems in den Potenzialausgleichsleiter der Niederspannungsanlage einkoppeln können. Durch sie wird im Moment des Blitzeinschlages der Potenzialausgleich zwischen dem PE und den Außenleitern sowie dem Neutralleiter hergestellt. Blitzstromableiter werden als Überspannungsschutzgeräte Typ 1 im Hauptstromversorgungssystem möglichst vor dem Zähler eingesetzt (Bild 1). Dadurch wird sichergestellt, dass der Blitzstrom nicht in die Gebäudeinstallation fließen kann. Blitzstromableiter sprechen unterhalb der für die Betriebsmittel in der Einspeisung maximal zulässigen Bemessungs-Stoßspannung² von 6 kV an, führen einen Teilblitzstrom in die Netzzuleitung ab, löschen ggf. einen Netzfolgestrom und isolieren anschließend wieder vollkommen. Blitzstromableiter verhindern unkontrollierte Überschläge in der Installation und Schädigungen der Isolation. Sie können aber nicht die gesamte Niederspannungsinstallation bis hin zu den Endgeräten schützen, da diese z.T. weit entfernt sind und eine niedrigere Bemessungs-Stoßspannung aufweisen. Diese Aufgabe übernehmen die Überspannungsschutzgeräte Typ 2³ und Typ 3⁴. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die Auswahl.

Blitzstromableiter werden für den standardisierten Blitzstoßstrom nach der Impulsform 10/350 µs mit einem Mindestableitvermögen von 12,5 kA ausgelegt und beherrschen deshalb die Wirkungen von direkten und indirekten Blitzeinschlägen.

Überspannungsschutzgeräte Typ 2, die sogenannten **Überspannungsableiter**, werden als zweite Schutzstufe nach den Blitzstromableitern sowie zur Begrenzung von Blitzüberspannungen aus Ferneinschlägen oder von Schaltüberspannungen eingesetzt. Diese Überspannungsschutzgeräte werden üblicherweise mit Varistoren ausgeführt und lassen keinen Netzfolgestrom zu. Sie müssen auf thermische Überlastung überwacht werden und sind deshalb auch mit einer Einrichtung versehen, die im Falle eines Defektes das Überspannungsschutzgerät vom Netz trennt und diesen Zustand optisch oder mittels Leittechnik signalisiert. Überspannungsableiter werden koordiniert zu Blitzstromableitern als Überspannungsschutzgeräte Typ 2 verwendet. Überspannungsschutzgeräte Typ 2 werden in der festen Installation (z. B. in der Unterverteilung) eingesetzt. Überspannungsschutzgeräte Typ 3 werden nahe am zu schützenden Gerät (z. B. Kabelkanal, Steckdosenbereich, unmittelbar vor einem Computer) verwendet.

Überspannungsableiter werden für einen Stoßstrom nach der Impulsform 8/20 µs ausgelegt.

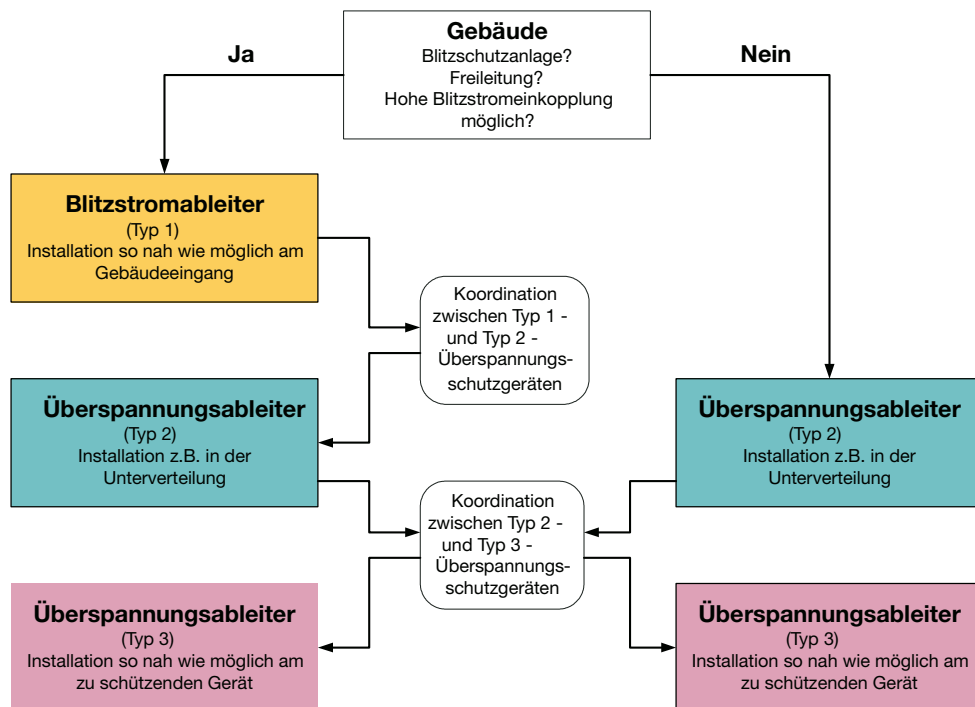


Tabelle 1: Übersicht der Einsatzgebiete von Blitzstrom- und Überspannungsableitern

Isolationskoordination

Bild 1 zeigt schematisch eine Niederspannungsinstallation. Für die jeweiligen Installationsbereiche ist in der Norm DIN VDE 0110 Teil 1 November 2003 die Bemessungs-Stoßspannung festgelegt. Das ist die Stoßspannung (1,2/50µs), die die Festigkeit (Stehfestigkeit) der Isolation gegenüber transienten Spannungen angibt. Damit bei einem direkten Blitzeinschlag die einzelnen Bemessungs-Stoßspannungen eingehalten werden, sind Blitzstromableiter und Überspannungsableiter erforderlich.

Ableiterkoordination

Bei einem direkten Blitzeinschlag fließt ein Teilblitzstrom in die Erde. Der verbleibende Rest des Blitzstromes muss über die in das zu schützende Gebäude eingeführten Systeme (z. B. Niederspannungs-Versorgungssystem) abgeleitet werden. Die Spannung an der Potenzialausgleichsschiene steigt während des Anstieges des Blitzstromes stark an. Die Überspannungsschutzgeräte Typ 2 reagieren aufgrund ihrer Charakteristik schneller als die Blitzstromableiter und stellen den erforderlichen Schutzpegel von <2,5 kV zwischen den Leitern und zwischen den Leitern und Erde (PE/PAS) sicher. Ohne eine Koordination mit den Blitzstromableitern (Überspannungsschutzgeräte Typ 1), die im Hauptstromversor-

gungssystem installiert werden, würden sie jedoch durch hohe Blitzenergien überlastet und zerstört. Die Koordinationsbedingungen sind erfüllt, wenn der Blitzstrom vor einer Überlastung Typ 2-Überspannungsschutzgerätes auf Typ 1-Überspannungsschutzgerät kommutiert. Diese „Entkopplung“ kann mittels einer Leitung genügender Länge entsprechend den Herstellerangaben oder mit anderen Methoden erreicht werden.

Beispiele für Installationen sind in der DIN V VDE V 0100-534 (VDE V 0100 Teil 534) aufgeführt.

Installationsbeispiel

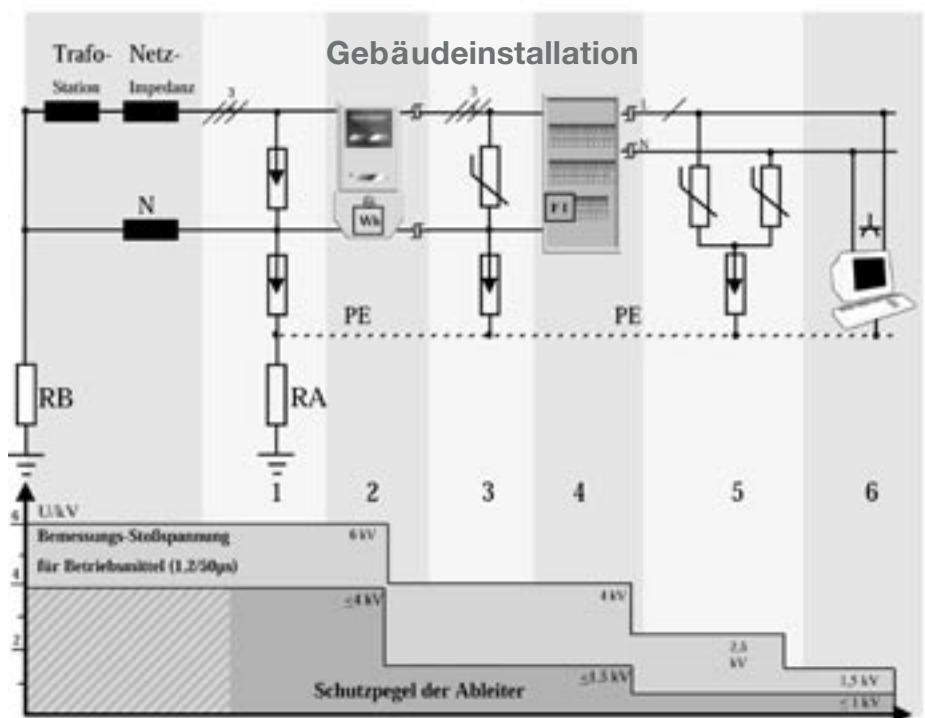


Bild 1: Isolationskoordination und Anordnung der Überspannungsschutzgeräte im TT-System

- 1 : Überspannungsschutzgerät Typ 1
Einsatz vor oder hinter dem Zähler möglich
- 2: Entkopplung zwischen ÜSG Typ 1 und 2
- 3: Überspannungsschutzgerät Typ 2
- 4: Entkopplung zwischen den ÜSG Typ 2 und 3
- 5: Überspannungsschutzgerät Typ 3
- 6: Bewegliches Endgerät, z. B. Computer
- RA: Anlagenerder
- RB: Betriebserder

¹ Überspannungsschutzgerät Typ 1 gemäß DIN EN 61643-11 (früher B-Ableiter gemäß DIN VDE 0675 Teil 6)

² DIN VDE 0110 Teil 1 / November 2003

³ Überspannungsschutzgerät Typ 2 gemäß DIN EN 61643-11 (früher C-Ableiter gemäß DIN VDE 0675 Teil 6)

⁴ Überspannungsschutzgerät Typ 3 gemäß DIN EN 61643-11 (früher D-Ableiter gemäß DIN VDE 0675 Teil 6)

Einsatz von Sicherungen im Zusammenhang mit Überspannungsschutzgeräten

Was ist bei der Auswahl von Versicherungen im energietechnischen Netz zu beachten?

Bei Überspannungsschutzgeräten (ÜSG) Typ 1 auf Funkenstreckenbasis kann eine fehlende oder falsch ausgewählte Versicherung dazu führen, dass der nach dem Ende des Blitzstroms über das ÜSG fließende Netzfolgestrom gar nicht oder nicht rechtzeitig gelöscht wird, bevor es zu Schäden in der Anlage kommt.

Die Aufgabe einer Versicherung besteht deshalb darin, den prospektiven Netzfolgestrom abzuschalten, wenn das ÜSG diese Funktion nicht mehr selbsttätig ausführen kann. Diese Anforderung kann bestehen, wenn:

- ▼ bei ÜSG Typ 1 auf Funkenstreckenbasis der Netzfolgestrom größer ist als das selbsttätige Ausschaltvermögen der Funkenstrecken

oder

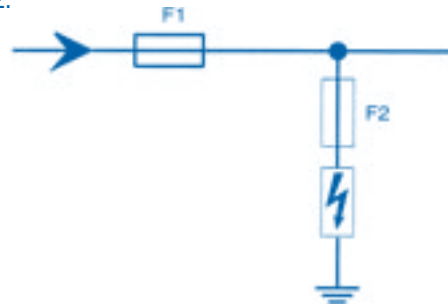
- ▼ das ÜSG z. B. durch eine zu hohe Blitzstoßstrombelastung überlastet ist.

Um zu verhindern, dass die Versicherung bereits durch den Stoßstrom auslöst, ist die größtmögliche Versicherung nach Angabe des ÜSG-Herstellers auszuwählen.

Grundsätzlich sind die in Bild 1 bis 3 aufgezeigten Einbauvarianten der Versicherungen möglich. Zu beachten sind die jeweiligen Vor- und Nachteile. Die in Bild 3 dargestellte Einbauvariante mit nachgeschalteter Sicherung F1 sollte im industriellen Bereich bevorzugt

ausgewählt werden (den Schutz der ankommenden Leitung übernimmt das Überstromschutzorgan, welches in der vorgeordneten Hauptverteilung installiert ist).

Bild 2:



Sicherung $F_1 \geq \text{max. Versicherung des ÜSG}$
 Sicherung $F_2 \leq \text{max. Versicherung des ÜSG}$

Vorteil: - $F_2 \hat{=} \text{max. Versicherung des ÜSG}$
 daher max. Ausnutzung des Löschverhaltens

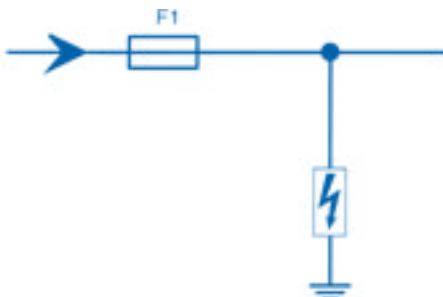
Nachteil: - wenn F_1 unterbricht - Unterbrechung der Netzversorgung
 - wenn Selektivität (50 Hz) zwischen F_1 und F_2 gefordert, dann

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{1.6}{1} = \frac{2}{1}$$

Damit tritt der Fall auf:

- F_2 wird kleiner als max. zulässige Versicherung
- Löschverhalten wird nicht ausgenutzt
- Stoßstromverhalten der Gesamtanordnung wird verschlechtert

Bild 1:

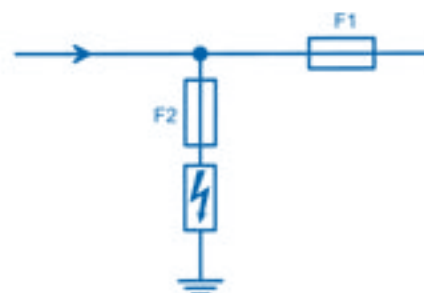


Sicherung $F_1 \leq \text{max. Versicherung des ÜSG}$

Vorteil: - keine separate Versicherung des ÜSG
 - E-Anlage "dauerhaft" geschützt

Nachteil: - wenn F_1 unterbricht - Unterbrechung der Netzversorgung
 - Löschverhalten des ÜSG unter Umständen nicht ausgenutzt
 großer Nachteil bei "kleinen" Versicherungen

Bild 3: Sonderfall Industrieanlage o. ä.



$F_2 \leq \text{max. Versicherung des ÜSG}$
 Abschaltbedingung nach DIN VDE 0100 T. 410
 Potentialausgleich nach DIN VDE 0100 T. 540

Vorteil: - Versorgungssicherheit der Anlage
 - günstiges Stoßstromverhalten der Gesamtanordnung

Nachteil: - Kontrolle von F_2

Installation von Blitzstromableitern¹

Wie ist der Anschluss der Blitzstromableiter zu gestalten?

Blitzstromableiter (Überspannungsschutzgeräte Typ 1) haben sowohl in energietechnischen Versorgungsnetzen als auch in informationstechnischen Leitungen die Aufgabe, große Blitzströme von den Energieleitern bzw. Signalleitern gegen Erde abzuleiten und damit nachgeordnete Systeme/Geräte zu schützen.

Als Blitzstromableiter eignen sich vor allem speziell gestaltete Funkenstrecken. Wird ein Stoßstrom abgeleitet, tritt nicht nur eine Spannung über dem Schutzgerät, sondern auch längs der Anschlussleitungen auf. Dies kann zu einer hohen Spannung an den nachgeschalteten Geräten/Systemen führen, d. h. die überspannungsbegrenzende Wirkung geht verloren und es kann die Isolationsfestigkeit der nachgeschalteten Installationen überschritten werden.

Die maximale Spannung u_{max} über den Anschlussleitungen ergibt sich in erster Näherung aus der Induktivität L der Leitungen und der maximalen Stromsteilheit di/dt_{max} des Blitzstromes:

$$u_{max} = L \cdot di/dt_{max}$$

Für überschlägige Rechnungen kann die Induktivität von üblichen Anschlussleitungen zu $1 \mu\text{H}/\text{m}$ angesetzt werden.

Die Blitzstromsteilheit liegt für Erstblitzströme in der Größenordnung von $1 \text{ kA}/\mu\text{s}$ bis $10 \text{ kA}/\mu\text{s}$, für die Folgestoßströme etwa um das Zehnfache höher.

Für eine angenommene maximale Steilheit von $10 \text{ kA}/\mu\text{s}$ ergibt sich damit eine Spannung über 1 m Leitung von näherungsweise

$$u_{max} = 1 \mu\text{H} \cdot 10 \text{ kA}/\mu\text{s} = 10 \text{ kV}$$

Aus diesem Grunde empfiehlt DIN V VDE V 0100-534 in energietechnischen Anlagen Anschlusslängen von maximal $l = 0,5 \text{ m}$. Leitungslängen von einigen m führen bei kritischen Beanspruchungen zu unzulässig hohen Spannungen. Sind die kurzen Anschlusslängen nicht einzuhalten, empfiehlt sich der Anschluss des Blitzstromableiters (ÜSG Typ 1) in der sogenannten V-Schaltung (DIN V VDE V 0100-534, Bild C1). Dabei kann allerdings keine Vorsicherung vor dem Blitzstromableiter im Quersweig angeordnet werden (siehe Merkblatt 6, Bild 1).

Blitzstromableiter (Überspannungsschutzgeräte Typ 1) sind grundsätzlich möglichst unmittelbar am Eingang der elektrischen Versorgungsleitung (in das Gebäude, in die Verteilungsanlage) im Vorzählerbereich zu installieren. Die Anschlussleitungen (sowohl von den Leitern zum Blitzstromableiter, als auch vom Ableiter zum örtlichen Potenzialausgleich bzw. zur Erde) müssen mit ausreichendem Querschnitt (blitzstrom- und kurzschlussstromtragfähig) und auf kürzestem Wege ausgeführt werden. Das Aufspannen von Schleifen durch die Anschlussleitungen ist zu vermeiden. Dies gilt auch für das Einbeziehen der Vorsicherung (Merkblatt 6).

Beim Einsatz von Überspannungsschutzgeräten in informationstechnischen Systemen sind Detailfestlegungen mit den Errichtern bzw. Betreibern der Systeme/Geräte notwendig.

¹ Überspannungsschutzgerät Typ 1 gemäß DIN EN 61643-11 (früher B-Ableiter gemäß DIN VDE 0675 Teil 6)

Das „Blitzkugel“-Verfahren

Grundlagen und Anwendungen in der Blitzschutzpraxis

Die Fangeinrichtungen eines Blitzschutzsystems haben die Aufgabe, die möglichen Einschlagstellen festzulegen und unkontrollierte Einschläge an anderen Stellen zu vermeiden. Bei der Festlegung der Anordnung und der Lage von Fangeinrichtungen können drei Verfahren genutzt werden: „Maschen“- , „Schutzwinkel“- und „Blitzkugel“-Verfahren. Dabei ist das „Blitzkugel“-Verfahren die universelle Planungsmethode, die insbesondere für geometrisch komplizierte Anwendungsfälle empfohlen wird.

Das „geometrisch-elektrische Modell“ [5]

Bei Wolke-Erde-Blitzen wächst ein Leitblitz schrittweise in Ruckstufen von der Wolke in Richtung Erde voran. Hat sich der Leitblitz bis auf einige 10 bis einige 100 Meter der Erde genähert, wird die elektrische Isolationsfähigkeit der bodennahen Luft überschritten. Es beginnt von der Erde eine weitere, dem Leitblitz ähnliche „Leader“-Entladung in Richtung Leitblitzkopf zu wachsen: die Fangentladung. Damit wird die Einschlagstelle des Blitzes festgelegt (Bild 1).

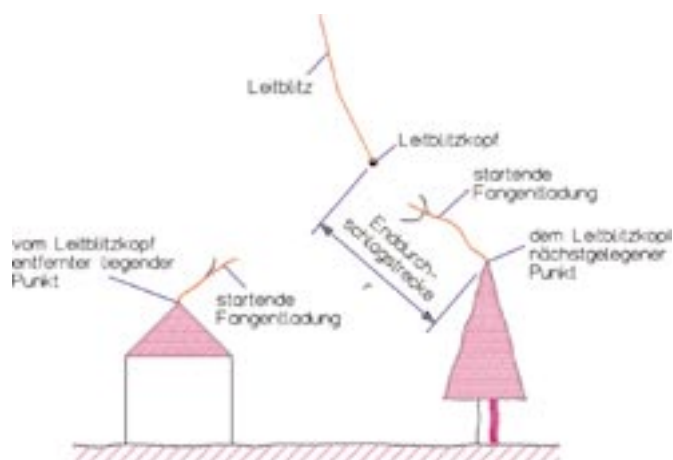


Bild 1:
Startende Fangentladung, die die Einschlagstelle festlegt nach [1]

Den Startpunkt der Fangentladung und damit die spätere Einschlagstelle bestimmt vor allem der Leitblitzkopf. Der Leitblitzkopf kann sich nur bis zu einem bestimmten Abstand der Erde nähern. Dieser wird bestimmt durch die ständig steigende elektrische Bodenfeldstärke während des Annäherns des Leitblitzkopfs. Der kleinste Abstand zwischen Leitblitzkopf und Startpunkt der Fangentladung wird Enddurchschlagstrecke genannt. Unmittelbar nach dem Überschreiten der elektrischen Isolationsfähigkeit an einer Stelle entsteht die Fangentladung, die zum Enddurchschlag führt und die Enddurchschlagstrecke überwindet. Basierend auf der Beobachtung der Schutzwirkung von

Erdseilen und Hochspannungsmasten wurde das sogenannte „geometrisch-elektrische Modell“ erstellt. Es gründet auf der Hypothese, dass sich der Leitblitzkopf den Objekten auf der Erde willkürlich und unbeeinflusst bis auf die Enddurchschlagstrecke annähert. Die Einschlagstelle wird dann von dem Objekt festgelegt, das die kürzeste Entfernung zum Leitblitzkopf aufweist. Die von dort startende Fangentladung „setzt sich durch“ (Bild 2).

Bild 2:
Eine Kugel mit einem Radius von 45 m kann – wie in dieser Modelluntersuchung gezeigt – nicht nur die Turmspitze sondern auch das Kirchenschiff an mehreren Stellen berühren. An allen Berührungsstellen sind Einschläge möglich.



Schutzklasseneinteilung und „Blitzkugel“-Radius

In erster Näherung besteht eine Proportionalität zwischen dem Scheitelwert des Blitzstroms und der im Leitblitz gespeicherten elektrischen Ladung. Weiterhin ist auch die elektrische Bodenfeldstärke bei heranwachsendem Leitblitz in erster Näherung von der im Leitblitz gespeicherten Ladung linear abhängig. Es existiert damit eine Proportionalität zwischen dem Scheitelwert I des Blitzstroms und der Enddurchschlagstrecke R :

$$R = 10 \cdot I^{0,65} \quad R \text{ in m, } I \text{ in kA}$$

Der moderne Blitzschutz von Gebäuden ist in der DIN V VDE V 0185-3 (VDE V Teil 3):2002-11 beschrieben. Diese Norm definiert u.a. die Einteilung in einzelne Schutzklassen und legt die daraus resultierenden Blitzschutzmaßnahmen fest. Diese Normen unterscheidet vier Schutzklassen. Dabei bietet die Schutzklasse I den größten und die Schutzklasse IV den im Vergleich geringsten Schutz. Mit der Schutzklasse einher geht die Einfangwirksamkeit E_i der Fangeinrichtungen, d.h. welcher Anteil der zu erwartenden Blitzeinschläge durch die Fangeinrichtungen sicher beherrscht wird. Daraus ergibt sich nun die Enddurchschlagstrecke und damit der Radius der „Blitzkugel“. Die Zusammenhänge zwischen Schutzklasse, Einfangwirksamkeit E_i der Fangeinrichtungen, Enddurchschlagstrecke bzw. Radius der „Blitzkugel“ und Stromsichelwert sind in Tabelle 1 dargestellt.

Schutzklasse	Einfangwirksamkeit E_i	Enddurchschlagstrecke R in m	Stromscheitelwert I in kA
IV	0,84	60	15,7
III	0,91	45	10,1
II	0,97	30	5,4
I	0,99	20	2,9

Tabelle 1: Beziehungen zwischen Schutzklasse, Einfangwirksamkeit E_i der Fangeinrichtungen, Enddurchschlagstrecke R und Stromscheitelwert I

Das „Blitzkugel“-Verfahren

Basierend auf der Hypothese des „geometrisch-elektrischen Modells“, dass sich der Leitblitzkopf den Objekten auf der Erde willkürlich und unbeeinflusst bis auf die Enddurchschlagstrecke annähert, lässt sich ein allgemeines Verfahren ableiten, das eine Überprüfung des Schutzraums beliebiger Anordnungen gestattet. Zur Durchführung dieses „Blitzkugel“-Verfahrens benötigt man von dem zu schützenden Objekt ein maßstäbliches Modell (z.B. im Maßstab 1:100), an dem die äußeren Konturen und ggf. Fangeinrichtungen nachgebildet sind. Je nach Standort des zu untersuchenden Objekts ist es ebenfalls notwendig, die umliegenden Gebäude und Objekte mit einzubeziehen, da diese als „natürliche Schutzmaßnahmen“ für das zu untersuchende Objekt wirksam sein könnten. Des Weiteren benötigt man der jeweiligen Schutzklasse entsprechend eine maßstäbliche Kugel mit dem Radius, der der Enddurchschlagstrecke entspricht (der Radius R der „Blitzkugel“ muss je nach Schutzklasse maßstäblich den Radien 20, 30, 45 oder 60 m entsprechen). Der Mittelpunkt der verwendeten „Blitzkugel“ entspricht dem Leitblitzkopf, zu dem sich die jeweiligen Fangentladungen ausbilden.

Die „Blitzkugel“ wird nun um das zu untersuchende Objekt gerollt und die jeweiligen Berührungspunkte, die den möglichen Einschlagstellen des Blitzes entsprechen, werden markiert. Anschließend wird die „Blitzkugel“ auch in allen Richtungen über das Objekt gerollt; wieder werden alle Berührungspunkte markiert. Es bilden sich so auf dem Modell alle möglichen Blitzeinschlagstellen ab; man kann auch die Bereiche von Seiteneinschlägen feststellen. Die natürlichen Schutzräume, die sich aufgrund der Geometrie des zu schützenden Objekts und seiner Umgebung ergeben, werden ebenfalls deutlich; an diesen Stellen kann auf die Montage von Fangeinrichtungen in der Regel verzichtet werden (Bild 3).

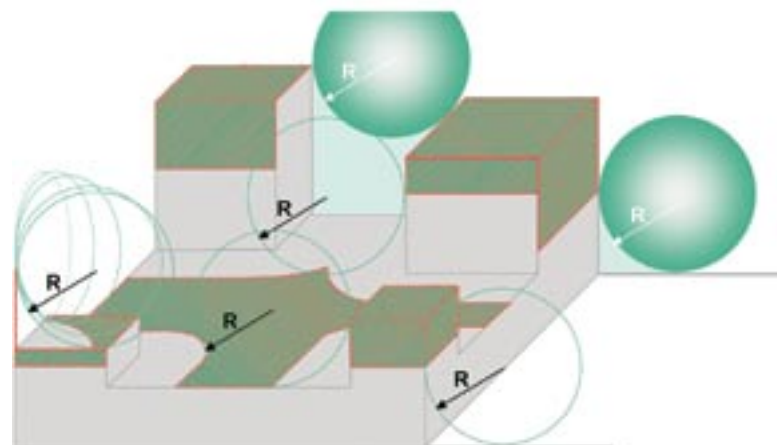


Bild 3: Schematische Anwendung des „Blitzkugel“-Verfahrens an einem Gebäudekomplex mit stark gegliederter Oberfläche (schraffierte Flächen: mögliche Einschlagstellen des Blitzes)

Zu beachten ist dabei allerdings, dass an Turmspitzen auch schon Blitzfußspuren an Stellen festgestellt wurden, die durch das Überrollen der „Blitzkugel“ nicht direkt berührt wurden. Dies wird u.a. darauf zurückgeführt, dass bei Mehrfachblitzen der Fußpunkt des Blitzes aufgrund der Windverhältnisse gewandert ist. Es kann demnach vorkommen, dass sich um die ermittelten Einschlagstellen herum ein Bereich in der Größenordnung von etwa einem Meter ausbildet, in dem ebenfalls Blitzeinschläge möglich sind.

Beispiel 1: Neubau DAS-Verwaltungsgebäude, München

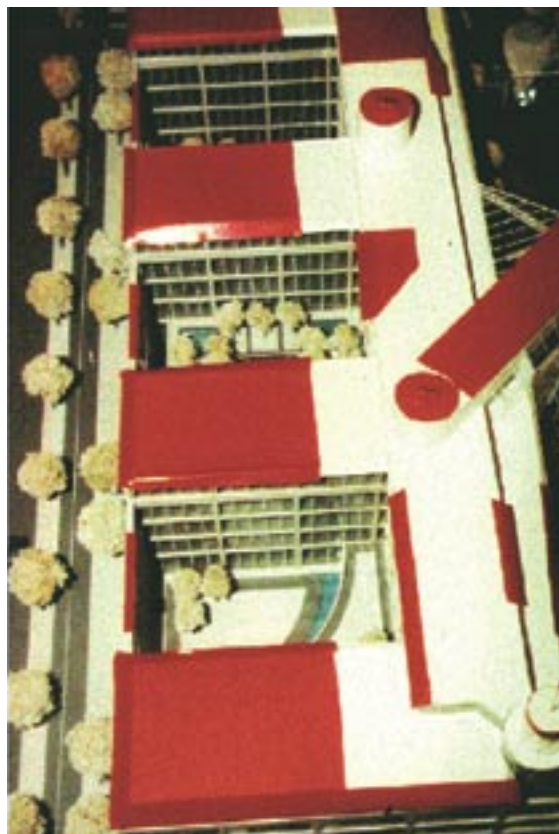
In der Planungsphase des Neubaus des DAS-Verwaltungsgebäudes in München-Neuperlach entschied man sich, wegen der komplexen Geometrie das „Blitzkugel“-Verfahren anzuwenden, um die blitzeinschlaggefährdeten Bereiche zu identifizieren. Möglich war dies, da ein Architektenmodell des Neubaus im Maßstab 1:100 zur Verfügung stand. Als Anforderung an das Blitzschutzsystem wurde die Schutzklasse I festgelegt, d.h. der „Blitzkugel“-Radius im Modell betrug 20 cm (Bild 4).



Bild 4:
Neubau DAS-Verwaltungsgebäude: Modell mit „Blitzkugel“ der Schutzklasse I

An den Stellen, an denen die „Blitzkugel“ Gebäudeteile berührt, kann ein direkter Blitzeinschlag mit dem zugehörigen Mindest-Stromscheitelwert von 2,9 kA auftreten (Bild 5). Dort waren demzufolge adäquate Fangeinrichtungen erforderlich. Waren darüberhinaus an diesen Stellen oder in unmittelbarer Nähe dazu elektrische Einrichtungen lokalisiert (z.B. auf dem Gebäudedach), so wurden dort erweiterte Fangeinrichtungs-Maßnahmen realisiert. Durch die Anwendung des „Blitzkugel“-Verfahrens wurde damit vermieden, Fangeinrichtungen dort zu installieren, wo sie aus physikalischer Sicht nicht erforderlich sind. Auf der anderen Seite konnte der Schutz vor direkten Einschlägen dort noch verbessert werden, wo es notwendig ist (Bild 5).

Bild 5:
Neubau DAS-Verwaltungsgebäude: blitzeinschlaggefährdete Bereiche (rot) der Schutzklasse I in der Draufsicht (Ausschnitt)



Beispiel 2: Aachener Dom [6]

Der Dom steht inmitten der Aachener Altstadt und ist von mehreren hohen Gebäuden umgeben. Direkt neben dem Dom befindet sich ein Modell im Maßstab 1:100, das den Besuchern die Geometrie des Bauwerks besser begreiflich machen soll. Die umgebenden Gebäude bieten dem Aachener Dom zum Teil einen natürlichen Schutz vor Blitzeinschlägen. Berücksichtigt werden musste dieser Umstand durch den Bau eines ergänzenden Modells der Umgebung des Doms. Die umliegenden Gebäude wurden in ihren wesentlichen Elementen im gleichen Maßstab (1:100) abgebildet (Bild 6).

Bild 6 zeigt ferner „Blitzkugeln“ der Schutzklassen II und III (d.h. mit Radien von 30 cm und 45 cm) am Modell. Ziel war es hierbei, die steigenden Anforderungen an die Fangeinrichtungen bei abnehmendem „Blitzkugel“-Radius aufzuzeigen, d.h. welche Bereiche des Aachener Doms bei höherer Schutzklasse II zusätzlich als blitzeinschlaggefährdet anzusehen sind. Die „Blitzkugel“ mit kleinerem Radius (entsprechend höherer Schutzklasse) berührt natürlich das Modell auch an allen Stellen, an denen die „Blitzkugel“ mit dem größeren Radius bereits berührt hat. Es ist damit nur noch notwendig, die zusätzlichen Berührungspunkte festzustellen.

Für beide „Blitzkugel“-Radien sind die entsprechenden Einschlagstellen markiert (Bild 7). Bei der Untersuchung für die Schutzklasse III konnten nur wenige Bereiche des Doms ermittelt werden, an denen Seiteneinschläge auftreten können. Natürliche Schutzräume bieten einerseits die umliegenden Gebäude, andererseits aber auch der Dom selber. So ist das Dach des Oktogon zur Hälfte durch die benachbarte Turmspitze des Doms geschützt (Bild 7).

Bei einem Vergleich zwischen Schutzklasse II und III lässt sich feststellen, dass sich insbesondere die Bereiche der möglichen Seiteneinschläge am Turm des Aachener Doms vergrößern (Bild 6). Dennoch ist auffallend, dass die flächenmäßige Zunahme der blitzeinschlaggefährdeten Bereiche bei abnehmendem „Blitzkugel“-Radius (entsprechend höherer Schutzklasse) weitaus weniger ausgeprägt ist, als es vorab erwartet wurde. Dies ist einerseits im Baustil des Doms, der keine größeren glatten Flächen kennt, und andererseits in der Art der Umgebung begründet.



Fazit

Bei geometrisch komplexen Gebäuden ist das „Blitzkugel“-Verfahren eine hervorragende Methode, blitzeinschlaggefährdete Bereiche festlegen zu können. Voraussetzung für eine entsprechende Untersuchung ist ein Modell für das betreffende Gebäude.

Liegt das zu untersuchende Gebäude in unmittelbarer Nachbarschaft zu weiteren Gebäuden bzw. Objekten, so ist eine Nachbildung der Umgebung unerlässlich. Damit wird die Annahme unrealistischer Seiteneinschläge in das zu untersuchende Gebäude und damit eine unnötige Überdimensionierung von Fangeinrichtungen verhindert.

Bild 6:

Aachener Dom: Modell mit Umgebung und „Blitzkugeln“ der Schutzklasse II und III



Bild 7:

Aachener Dom: Blitzeinschlag-gefährdete Bereiche für die Schutzklassen II (rot) und III (gelb) in der Draufsicht

Literatur

- [1] DIN V VDE V 0185-1 (VDE V 0185 Teil 1):2002-11
Blitzschutz – Allgemeine Grundsätze
- [2] DIN V VDE V 0185-2 (VDE V 0185 Teil 2):2002-11
Blitzschutz – Risikomanagement: Abschätzung des Schadensrisikos für bauliche Anlagen
- [3] DIN V VDE V 0185-3 (VDE V 0185 Teil 3):2002-11
Blitzschutz – Schutz von baulichen Anlagen und Personen
- [4] DIN V VDE V 0185-4 (VDE V 0185 Teil 4):2002-11
Blitzschutz – Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen
- [5] Hasse, P.; Wiesinger, J.: Handbuch für Blitzschutz und Erdung.
Pflaum Verlag München / VDE Verlag Berlin · Offenbach
- [6] VDB-Info 12: Blitzkugelverfahren – Untersuchung von blitzeinschlaggefährdeten Bereichen am Beispiel des Aachener Doms

Korrosion in Zusammenhang mit Blitzschutz-Systemen

Wie entsteht die Korrosion an Blitzschutz-Systemen? Wie kann der Korrosion entgegengewirkt werden? Welche Werkstoff-Kombinationen werden empfohlen?

Bei Korrosionsvorgängen geht man in den überwiegenden Fällen von der elektrochemischen Korrosion aus. Vorhanden sein müssen zwei Elektroden in einem wässrigen Medium, einem Elektrolyten.

Werden Metalle mit großer Potenzialdifferenz (entsprechend der elektrochemischen Spannungsreihe) eingesetzt, besteht Korrosionsgefahr. Der Korrosions-

gefahr kann entgegengewirkt werden, wenn mindestens eine Elektrode eine wasserundurchlässige Deckschicht bildet (Schutzschichtbildung bei Luftzufuhr), wie sie zum Beispiel von Blei und hochlegiertem Edelstahl bekannt ist. Durch die Korrosion abgetragen wird das unedlere Metall (Elektrode), das auch vielfach als Anode bezeichnet wird.

Werkstoff-Kombinationen von Fangeinrichtungen und Ableitungen untereinander und mit Konstruktionsteilen

Unter der Voraussetzung, dass keine besonderen aggressiven Umwelteinflüsse zu berücksichtigen sind, haben sich nachfolgende Werkstoff-Kombinationen bewährt (es handelt sich um Erfahrungswerte der Praxis).

	Stahl feuerverzinkt	Aluminium- Legierung/Aluminium	Kupfer	Niro	Titan	Zinn
Stahl feuerverzinkt	ja	ja	nein	ja	ja	ja
Aluminium- Legierung/Aluminium	ja	ja	nein	ja	ja	ja
Kupfer	nein	nein	ja	ja	nein	ja
Niro	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Titan	ja	ja	nein	ja	ja	ja
Zinn	ja	ja	ja	ja	ja	ja

Korrosion an Erdungsanlagen

Feuerverzinkter Stahl ist für die Einbettung in neutralen Böden (z.B. Lehmboden, kein Moor- oder schlackehaltiger Boden) und als Fundamenterder geeignet.

Kupfer scheidet wegen der „Aggressivität“ gegenüber anderen unedleren Metallen in der Regel als Erder aus. Ausnahmen sind Erdungsanlagen in geschlossenen Gebieten, z. B. Kraftwerke und Umspannstationen.

In den letzten Jahren muss in verstärktem Umfange festgestellt werden, dass in modernen Baugebieten mit stark eisenarmerter Bauweise Korrosionsschäden an verzinkten Erdern im Erdreich aufgetreten sind.

Die Erklärung ist: Durch die Notwendigkeit des Potenzialausgleiches wird auch die Armierung miteinander verbunden. Bei Vorhandensein eines verzinkten Erders in der Armierung und eines verzinkten Erders im Erdreich liegen zwei werkstoffgleiche Elektroden in zwei unterschiedlichen Elektrotyten vor. Durch einen Polarisationsvorgang (Verschiebung des Normpotenziales) der Elektrode in dem Elektrolyten mit der höheren Metallionen-Konzentration zu positiveren Werten entsteht eine

Potenzialdifferenz. Die Elektrode mit dem negativeren Potenzial, das verzinkte Eisen im Erdreich, wird durch Korrosion zerstört.

Entgegenwirken kann man dieser Korrosionsgefahr durch die Wahl eines höherwertigeren Erderwerkstoffes für die Einbettung im Erdreich, zum Beispiel hochlegierter Edelstahl mit mindestens 2 % Molybdängehalt. Dieser Edelstahl neigt bei einem Mindestangebot an Luft auch zur guten Deckschichtbildung und ist dadurch weitgehend neutral zu anderen Werkstoffen.

Besonders beachtet werden muss die Herausführung der Fundamenterder-Anschlussfahnen aus den Bauwerken. Am Übergang des festen Baukörpers zum Erdreich entsteht lokal durch erhöhtes Angebot von Wasser und Sauerstoff Korrosionsgefahr. Als vorteilhaft haben sich zum Beispiel Anschlussfahnen aus hochlegiertem Edelstahl und Erdkabel 1 x 50 mm² herausgestellt. Für die moderne Schalungsbauweise besonders dienlich sind Erdungsfestpunkte, die mit der Schalung vor dem Betonieren in die Armierung eingebracht werden.

Werkstoff-Kombinationen von Erdungsanlagen bei unterschiedlichen Flächenverhältnissen

(aus DIN V VDE V 0151: 1986-06)

Werkstoff mit kleiner Fläche	Werkstoff mit großer Fläche				
	Stahl verzinkt	Stahl	Stahl in Beton	Stahl verzinkt in Beton	Kupfer Edelstahl
Stahl verzinkt	+	+ Zinkabtrag	-	+ Zinkabtrag	-
Stahl	+	+	-	+	-
Stahl in Beton	+	+	+	+	+
Stahl mit Cu-Mantel	+	+	+	+	+
Kupfer Edelstahl	+	+	+	+	+

- + zusammenschließbar
- nicht zusammenschließbar

Verbindung und Vermaschung von Erdungsanlagen

Warum ist aus Sicht des Blitzschutzes eine einzige, alle Aufgaben integrierende Erdungsanlage zu bevorzugen? Warum sollten die Erdungsanlagen benachbarter Gebäude verbunden werden? Was ist dabei zu beachten?

Die Aufgaben an eine Erdungsanlage können vielfältig sein:

- ▼ Blitzschutz-Erdung mit der Aufgabe, den Blitzstrom sicher von den Ableitungen zu übernehmen und in das Erdreich überzuleiten;
- ▼ Schutz-Erdung mit der Aufgabe, elektrische Einrichtungen sicher mit dem Erdreich zu verbinden und im Falle eines elektrischen Fehlers für die Sicherheit der Personen und Sachen zu sorgen;
- ▼ Funktions-Erdung mit der Aufgabe, einen sicheren und möglichst störungsfreien Betrieb von elektrischen und elektronischen Einrichtungen zu gewährleisten.

Die Erdungsanlage einer baulichen Anlage muss für alle Erdungsaufgaben gemeinsam verwendet werden, d.h. alle Aufgaben an eine Erdung werden durch nur eine Erdungsanlage wahrgenommen. Anderenfalls können Potentialdifferenzen zwischen den an unterschiedlichen Erdungsanlagen geerdeten Einrichtungen auftreten.

Die früher zum Teil geübte Praxis insbesondere für die Funktions-Erdung der Elektronik eine „saubere Erde“, getrennt von der Blitzschutz- und Schutz-Erdung, zu verwenden, ist äußerst ungünstig und kann sogar gefährlich werden. Damit treten im Falle von Blitzeinwirkungen sehr große Potentialdifferenzen bis zu einigen 100 kV zwischen den Erdungsanlagen auf, was zu Zerstörungen der elektronischen Einrichtungen und auch zu Personengefährdungen führen kann. Dieses Konzept widerspricht auch der Forderung der DIN V VDE V 0185-3 (VDE V 0185 Teil 3):2002-11 nach einem lückenlosen Blitzschutz-Potenzialausgleich innerhalb einer baulichen Anlage und ist deshalb grundsätzlich nicht zulässig.

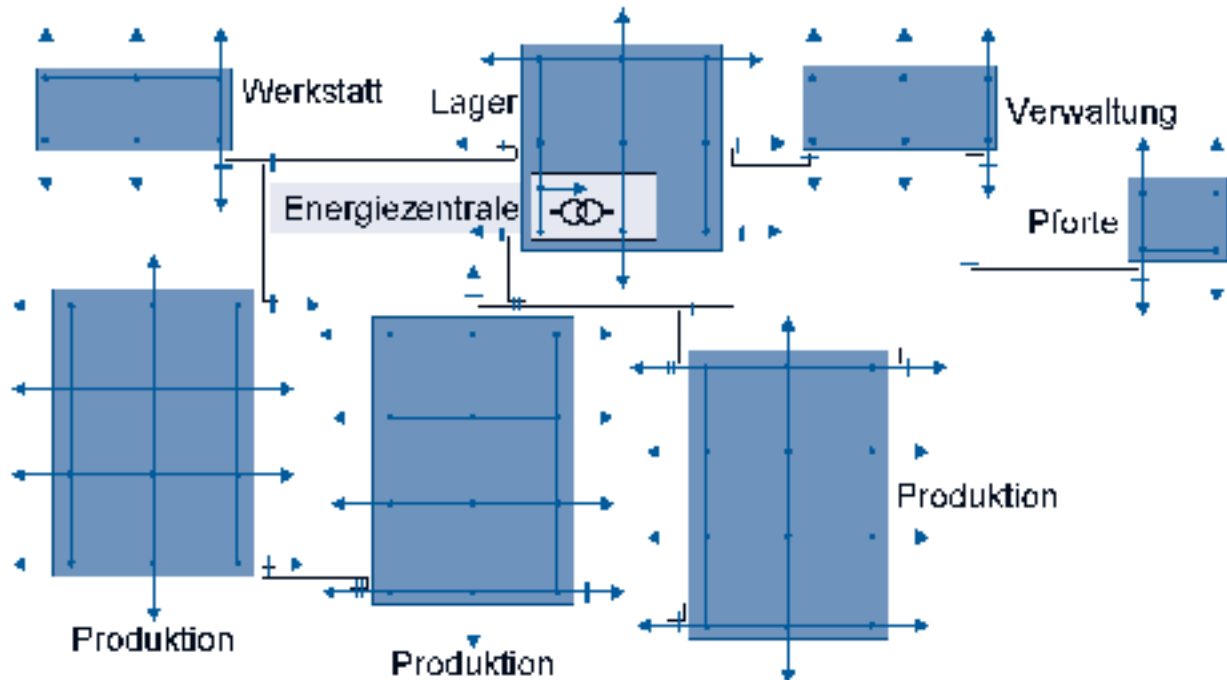
Separate Funktionserdungen der Elektronik sind nur in sehr speziellen Einsatzfällen erforderlich. In diesen Fällen muss beachtet werden, dass durch Fehler im Energieversorgungssystemen oder durch Blitzeinwirkungen hohe Potentialdifferenzen der Funktionserdung der Elektronik zum Haupt- bzw. Blitzschutz-Potenzialausgleich auftreten können, die für Personen gefährlich sind. Die getrennten Erdungsanlagen müssen dann durch einen spannungsgesteuerten Kurzschlusschalter kurzzeitig zusammengeschaltet werden. Die nach VDE zulässigen Berührungsspannungen dürfen nicht überschritten werden.

Im Inneren einer baulichen Anlage kann dann die Erdung der elektronischen Einrichtungen sowohl sternförmig, zentral als auch vermascht, flächenhaft aufgebaut sein. Dies hängt von den Eigenschaften der elektronischen Einrichtungen und der zu erwartenden elektromagnetischen Umgebung ab.

Besteht eine größere bauliche Anlage aus mehr als einem Gebäude und existieren elektrische und elektronische Verbindungsleitungen zwischen diesen, so kann durch eine Verbindung der einzelnen Erdungsanlagen zum Einen der (Gesamt-) Erdungswiderstand der baulichen Anlage verringert werden. Zum Anderen werden die Potentialdifferenzen zwischen den Gebäuden deutlich reduziert. Elektrische und elektronische Verbindungsleitungen zwischen den Gebäuden erfahren damit deutlich niedrigere Spannungsbeanspruchungen.

Die Verbindungen der Erdungsanlagen der einzelnen Gebäude sollten ein Maschennetz ergeben. Das Erdungs-Maschennetz sollte so konzipiert werden, dass es dort an den Erdungsanlagen der Gebäude ansetzt, wo auch die senkrechten Ableitungen angeschlossen sind. Je engmaschiger das Erdungs-Maschennetz ausgeführt wird, desto geringer sind im Falle von Blitzeinwirkungen die Potentialdifferenzen zwischen den Gebäuden. Die Maschenweiten hängen ab von der Gesamtfläche der baulichen Anlage. Maschenweiten von 10 m x 20 m bis zu 20 m x 40 m haben sich als technisch-wirtschaftlich ausgewogen bewährt.

Vermaschte Erdungs-Anlage eines Industrie-Unternehmens



Sind in der baulichen Anlage klar bevorzugte Blitz-Einschlagstellen, wie z.B. hohe Abluftkamine, ersichtlich, dann sollte das Erdungs-Maschennetz um den betroffenen Anlagenteil herum enger und nach Möglichkeit sternförmig mit ringförmigen Querverbindungen angelegt werden (Potentialsteuerung). Über den elektrischen und elektronischen Verbindungsleitungen zwischen den Gebäuden sollten in jedem Fall Leitungen des Erdungs-Maschennetzes verlegt werden. Bei der Materialauswahl für die Leiter des Erdungs-Maschennetzes ist die Korrosionsbeständigkeit zu beachten.

Fazit:

Alle Aufgaben an eine Erdung werden durch nur eine Erdungsanlage wahrgenommen, um sehr hohe Potentialdifferenzen zwischen den unterschiedlichen geerdeten Einrichtungen zu vermeiden. Die Festlegung einer „sauberen Erde“ für die Funktions-Erdung der Elektronik, getrennt von der Blitzschutz- und Schutz-erdung, ist ungünstig, kann gefährlich sein und verstößt gegen einschlägige Normen.

Im Falle einer baulichen Anlage aus mehreren Gebäuden sollten die einzelnen Gebäude-Erdungsanlagen durch ein Erdungs-Maschennetz verbunden werden. Diese Maßnahme reduziert deutlich die Potentialdifferenzen zwischen den Gebäuden und damit die Spannungen an den gebäude-übergreifenden elektrischen und elektronischen Verbindungsleitungen.

Blitzschutz von Photovoltaik-Anlagen

Welche Auswirkungen hat ein Blitzeinschlag?

Beim Neubau einer Photovoltaik- (PV-) Anlage (oder spätestens nach einem Blitzschaden) stellt sich die Frage, ob ein Blitzschutz für die PV-Anlage notwendig ist. Eine eindeutige Antwort kann darauf nicht gegeben werden: Viele Faktoren beeinflussen die Entscheidung für oder gegen die Errichtung eines Blitzschutzsystems und die Art des Überspannungsschutzes.

PV-Anlagen können sowohl durch direkte als auch durch nahe Blitzeinschläge gefährdet werden. Durch die dabei auftretenden hohen Spannungen und sehr großen Ströme entstehen elektrische und magnetische Felder, die PV-Anlagen stark bedrohen können.

Die Bedrohungsfälle können aufsteigend unterschieden werden in:

- ▼ Ferneinschläge (> 1000m) – hierbei kommt es meist nur zu kapazitiven Einwirkungen, die in der Regel nicht gefährlich sind.
- ▼ Naheinschläge (< 500m) – hierbei induzieren zusätzlich die hohen magnetischen Felder Überspannungen in den elektrischen Installationsschleifen, die Schäden verursachen können.
- ▼ Indirekte Einschläge – hierbei fließen Blitzteilströme, die große Schäden hervorrufen können, über die elektrischen Installationen bzw. Versorgungsleitungen.
- ▼ Direkteinschläge – hierbei fließt der Blitzstrom, sofern kein Blitzschutzsystem vorhanden ist, über die PV-Anlage und die hauseigenen Installationen, die dadurch in der Regel zerstört werden; auch starke mechanische Zerstörungen und Brände sind nicht auszuschließen.

Wie sollte ein Gesamtschutz für eine PV-Anlage aussehen?

Grundsätzlich gilt, dass die Begutachtung und die Realisierung von Maßnahmen des Blitzschutzes immer in die Hand von Experten gehören. Ein nicht den Normen entsprechend installiertes Schutzsystem kann die Gefahr von Schäden bei einem Blitzeinschlag sogar erhöhen! Arbeiten an spannungsführenden Teilen der Anlage können zu gefährlichen Verletzungen führen!

Generell erhöht eine PV-Anlage auf dem Dach eines Gebäudes nicht die Gefahr eines Blitzeinschlags. Durch die PV-Anlage wird die Höhe des Gebäudes nicht oder nur unwesentlich verändert. Dies gilt sowohl für Satteldächer wie auch für Flachdächer. Im Falle von Flachdächern ist jedoch festzustellen, dass Blitzeinschläge hier bevorzugt aus der Dachfläche herausragende Dachaufbauten treffen, beispielsweise also die PV-Module (Bild 1). Dies gilt es zu verhindern.

Der Blitzschutz für eine PV-Anlage erfordert einen Schutz gegen direkte Blitzeinschläge (Äußerer Blitzschutz) und weitergehende Überspannungs-Schutzmaßnahmen zum Schutz der Anlagenkomponenten (Innerer Blitzschutz). Die PV-Anlagen können grob unterteilt werden in diejenigen, für die ein Schutz vor direkten Blitzeinschlägen möglich ist oder bereits existiert (es sind also keine direkten Blitzeinschläge in die PV-Anlage möglich), und solche, die nicht in einem Schutzbereich stehen, damit also direkten Blitzeinschlägen bzw. erheblichen Blitzteilströmen ausgesetzt sind. Weist das Gebäude bereits einen Äußeren Blitzschutz auf, so muss sich die PV-Anlage darin einpassen. Dies gilt insbesondere auch für Gebäude der öffentlichen Hand, bei denen einerseits ein Blitzschutzsystem gefordert wird (z.B. in den Landesbauordnungen), die aber andererseits vermehrt für die Errichtung einer PV-Anlage zur Verfügung gestellt werden.

Die notwendigen Blitzschutzmaßnahmen können das Ergebnis einer detaillierten quantitativen Bewertung des Blitzschadensrisikos nach VDE V 0185 Teil 2 [1] sein. Soll oder kann jedoch eine solche Bewertung nicht durchgeführt werden, so kann zu einer ersten Orientierung, ob und welche Maßnahmen zu ergreifen sind, das folgende einfache Flussdiagramm (Bild 2) benutzt werden. Wie Äußerer und Innerer Blitzschutz bei PV-Anlagen ausgeführt werden können, wird dann im Anschluss beschrieben.



Bild 1:
PV-Anlage auf Flachdach (Bibliothek des Forschungszentrums Jülich)

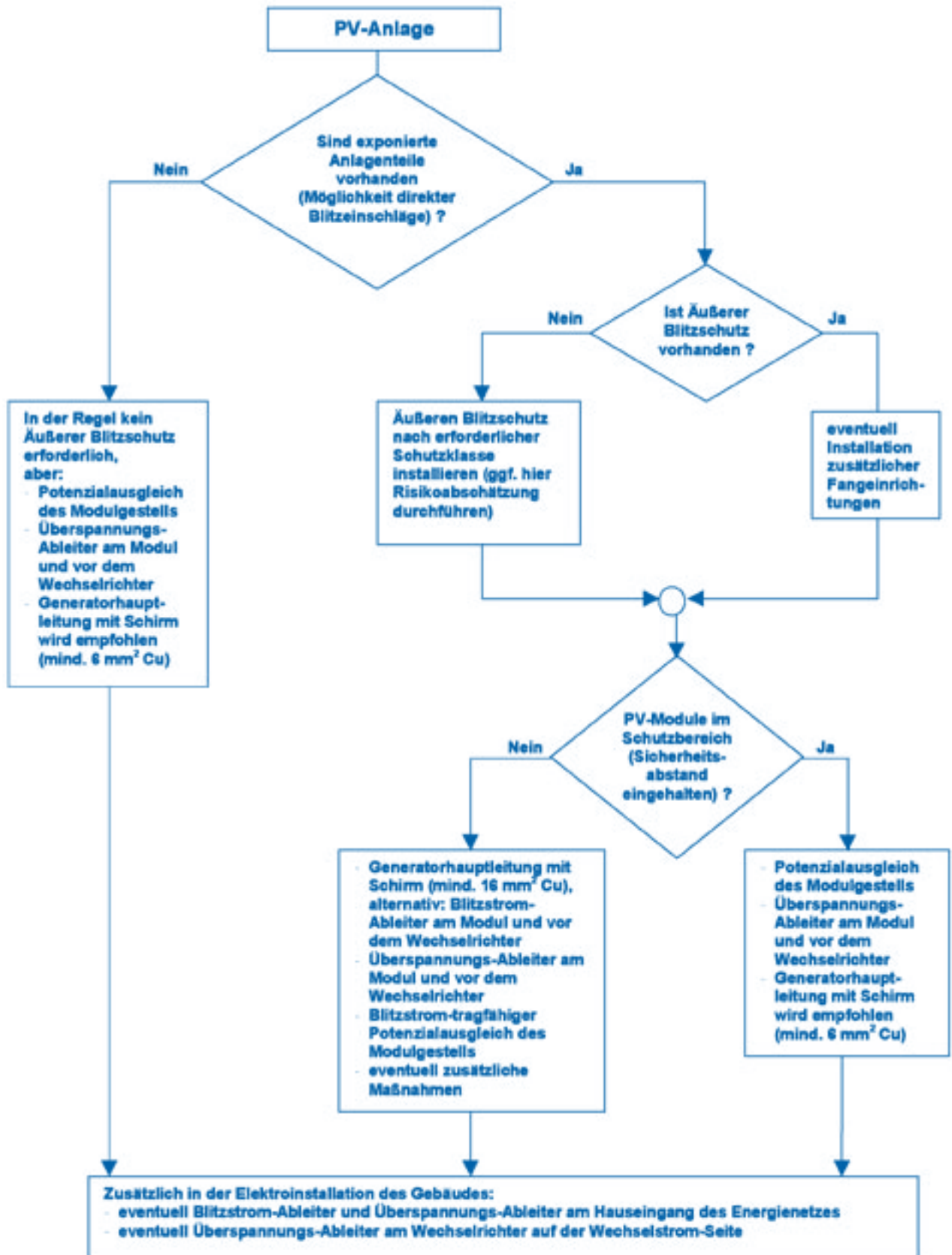


Bild 2:

Einfaches Flussdiagramm als Entscheidungshilfe, welche Schutzmaßnahmen ergriffen werden sollen

Schutz von PV-Anlagen, die keinen direkten Blitzeinschlägen ausgesetzt sind (keine Blitzteilströme auf der Generatorhauptleitung)

Ein direkter Blitzeinschlag in ein PV-Modul sollte grundsätzlich vermieden werden, da er die Zerstörung des Moduls und der restlichen PV-Anlage, eventuell verbunden mit einer Beeinträchtigung des Gebäudes, nach sich ziehen kann [2]. PV-Module sollten also vorzugsweise dort montiert werden, wo keine direkten Blitzeinschläge in die Module möglich sind, z.B. im Schutzbereich eines Äußeren Blitzschutzes.

Falls es zu einem direkten Blitzeinschlag in das Gebäude kommen sollte, ist die PV-Anlage vor Blitzteilströmen sicher, wenn sich die PV-Module vollständig im Schutzbereich der Fangeinrichtung befinden und ein Trennungsabstand von etwa 0,5 bis 1 m gewährleistet ist (eine genauere Berechnung ist nach VDE V 0185 Teil 3: 2002 [3] möglich). In diesem Fall sind nur jeweils zwei Überspannungs-Ableiter im Generatoranschlusskasten und am Gleichspannungseingang des Wechselrichters notwendig. Eventuell sind derartige und ausreichend dimensionierte Schutzgeräte bereits werksseitig am Gleichspannungseingang des Wechselrichters vorhanden. Dies ist von und mit dem Anlagenerrichter abzuklären.

Es wird empfohlen, das Modulgestell in jedem Falle mit in den Potenzialausgleich einzubeziehen. Dazu wird eine Potenzialausgleichsleitung (PAL) zusammen mit der Hauptleitung zum Generator geführt. Eine leitende Verbindung des Modulgestells mit dem Äußeren Blitzschutz darf allerdings auf keinen Fall hergestellt werden.

Zum Schutz der Geräte im Haus sind an der Energienetz-Einspeisung üblicherweise Blitzstrom- (BSA) und Überspannungs-Ableiter (ÜSA) für alle Phasen zu installieren. Diesen Basisschutz, der noch individuell komplettiert werden muss, zeigt Bild 3 beispielhaft für ein sogenanntes TN-C-S-System des Energienetzes. Bei größeren Distanzen zwischen Wechselrichter und Hauseinspeisung können unter Umständen noch zusätzliche Überspannungs-Ableiter direkt vor dem Wechselrichter zu dessen Schutz erforderlich sein.

Schutz von PV-Anlagen, die direkten Blitzeinschlägen ausgesetzt sind (Blitzteilströme auf der Generatorhauptleitung)

Wird der oben genannte Trennungsabstand nicht eingehalten, oder befinden sich die PV-Module nicht im Schutzbereich einer Fangeinrichtung, so sind Blitzteilströme auf der Generatorhauptleitung unvermeidlich. In diesem Fall muss zunächst sichergestellt sein, dass die Modulrahmen den mechanischen Belastungen des direkten Einschlags standhalten. Weiterhin müssen die Modulrahmen an die Fangeinrichtungen, sofern vorhanden, blitzstromfest angeschlossen werden.

Die Generatorhauptleitung sollte geschirmt ausgeführt sein; dieses Konzept wird in der Schweiz bereits flächendeckend eingesetzt [2]. Die Schirmung einer derartigen Leitung muss ausreichend dimensioniert sein (mindestens 16mm² Cu), um den Belastungen der Blitzteilströme standzuhalten. Die Schirmung muss an beiden Enden mit speziellen Kabelverschraubungen an Modulgehäuse und Potenzialausgleichsschienen angeschlossen werden. Dazu sind geschlossene Metallgehäuse von Vorteil. So können die Blitzteilströme über Modulgestell, Metallanschlusskästen und Schirmung abfließen. Dadurch können die Blitzstrom-Ableiter eingespart werden. Überspannungs-Ableiter sind unter Umständen noch wegen der weiter vorhandenen induktiven Einkopplungen in den PV-Modulen und wegen der Längsspannung an der Generatorhauptleitung beidseitig notwendig. Der Basisschutz einer PV-Anlage mit einer geschirmten Generatorhauptleitung ist in Bild 4 wiederum beispielhaft für ein sogenanntes TN-C-S-System des Energienetzes dargestellt.

Hinweis:

Auch im Falle von PV-Modulen, die sich im Schutzbereich von Fangeinrichtungen befinden, ist die Verwendung eines geschirmten Kabels sehr zu empfehlen. Der Installationsaufwand reduziert sich, da nur eine Leitung verlegt werden muss.

Literatur

- [1] DIN V VDE V 0185-2 (VDE V 0185 Teil 2):2002-11 Blitzschutz – Risikomanagement: Abschätzung des Schadensrisikos für bauliche Anlagen
- [2] Häberlin, H.: Blitzschutz von Photovoltaik-Anlagen, Elektrotechnik 4/2001 – 10/2001
- [3] DIN V VDE V 0185-3 (VDE V 0185 Teil 3):2002-11 Blitzschutz – Schutz von baulichen Anlagen und Personen

Blitz- und Überspannungsschutz des Telekommunikationsanschlusses

Telekommunikationsleitungen sind neben der energietechnischen Einspeiseleitung die wichtigste Leitungsverbindung. Für den hochtechnisierten Ablauf in Industrieanlagen und im Büro ist heute eine immer funktionsfähige Schnittstelle zur „Außenwelt“ überlebenswichtig. Eine Nicht-Verfügbarkeit stellt den Nutzer dieser Dienstleistung vor schwierige Probleme. Der Imageverlust durch überspannungsbedingte Störungen der Telekommunikationsanlage und der Abschlusseinrichtung, z.B. NTBA, NTPM oder Datennetz-Abschlusseinrichtung (DNAE), ist nur ein Aspekt dieser Ereignisse. Für den Nutzer entstehen kurzfristig hohe Ausfallkosten, da z.B. Kundenaufträge nicht abgewickelt oder Firmendaten nur noch lokal aktualisiert, aber nicht mehr überregional zur Verfügung gestellt werden können. Bei der Frage der Schutzwürdigkeit geht es also nicht nur um den Schutz der Hardware, sondern vielmehr um die permanente Bereitstellung einer wichtigen Dienstleistung.

Nach den Statistiken der Schadensversicherer von Elektronikgeräten ist die häufigste Schadensursache das Auftreten von Überspannung. Eine wesentliche Ursache ihrer Entstehung sind direkte oder ferne Blitzeinwirkungen. Überspannungen auf Grund von direkten Einschlägen in eine bauliche Anlage erzeugen die härteste Beanspruchung, sind aber relativ selten.

Bei einer Blitzeinschlaghäufigkeit von ca. 1 bis 5 Blitzeinschlägen pro Jahr und km^2 in Deutschland ist in großflächigen Netzwerken häufig mit Überspannungseinkopplungen zu rechnen – Telekommunikationsleitungen überdecken als Leitungsnetz oftmals eine Fläche von einigen km^2 .

Die sicherste Maßnahme, eine bauliche Anlage gegen die Auswirkungen von Blitzeinwirkungen zu schützen, ist ein vollständiges Blitzschutzsystem bestehend aus Maßnahmen des Äußeren und Inneren Blitzschutzes (Bild 1). Die Wahrnehmung dieser Gesamtmaßnahme obliegt dem Eigentümer der baulichen Anlage.

Der Aufbau eines vollständigen Blitzschutz-Potenzialausgleichs im Bereich des Hausanschlusses (HA) und des Anschlusspunktes der Linientechnik (APL), wie Anschluss der Schirmung, Einbau von Überspannungsschutzgeräten, ist mit den zuständigen Netzbetreibern abzustimmen. Die Maßnahmen des Äußeren und Inneren Blitzschutzes sind in den Teilen 1 bis 4 von DIN V VDE V 0185:2002-11 beschrieben.

Nachfolgend werden Überspannungsschutzmaßnahmen für den Teilbereich der Telekommunikationsanlage gezeigt. Wichtig ist, dass im Rahmen eines örtlichen Potenzialausgleichs sowohl die Telekommunikationsleitung als auch die energietechnische Leitung mit einem Überspannungsschutzgerät beschaltet werden („Bypass-Schaltung“).

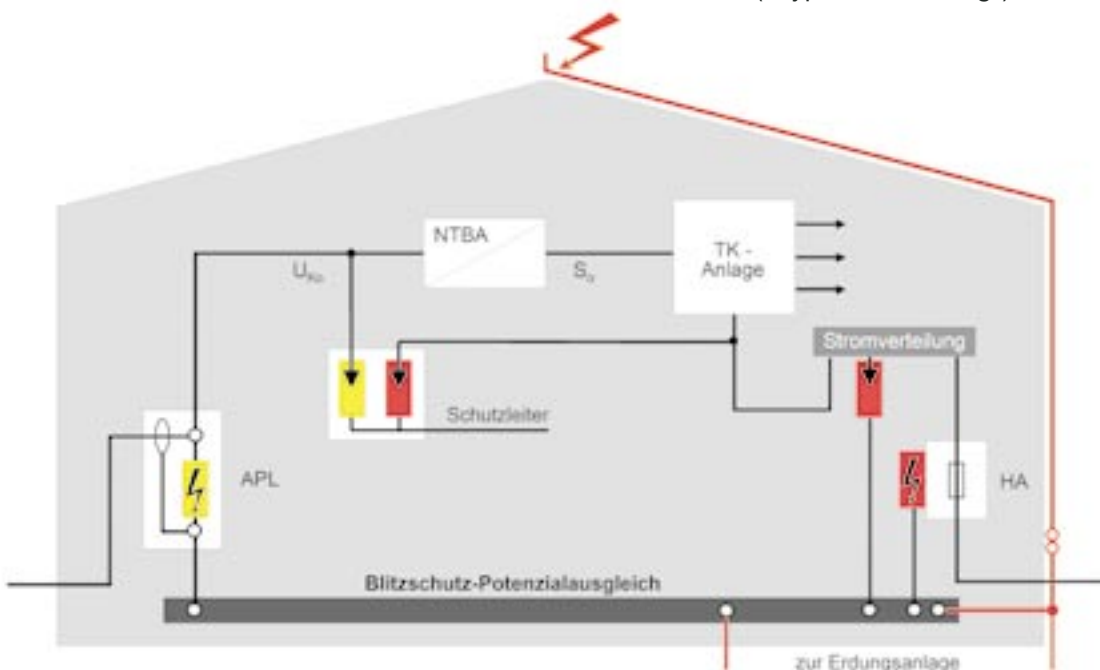


Bild 1: Vollständiger Blitz- und Überspannungsschutz einer TK-Anlage

Überspannungsschutz am ISDN-Basisanschluss

Üblicherweise werden Schutzgeräte verwendet, bei denen der Überspannungsschutz für die Telekommunikationsleitung und für die Stromversorgungsleitung in einem Gerät integriert ist. Dieses wird an der Eingangsseite (U_{KO} -Schnittstelle) des NTBA eingesetzt und an die TAE Steckdose angeschlossen (Bild 2).

Das Schutzgerät wird in eine Schutzkontaktsteckdose gesteckt und ist so über den Schutzleiter mit dem örtlichen Potenzialausgleich verbunden. Es versorgt den NTBA und/oder die Telekommunikationsanlage über die integrierte Steckdose mit der „geschützten“ 230-V-Netzspannung. Durch Einfügen einer 230-V-Mehrfachsteckdosenleiste lässt sich die „geschützte“ 230-V-Netzspannung auch für weitere Kommunikationsgeräte, wie z. B. PC oder Fax-Gerät, nutzen. Das gleiche Schutzgerät kann für den Überspannungsschutz des ADSL-Anschlusses eingesetzt werden (Bild 3).

Überspannungsschutz an Mehrplatzanwendungen

Zum Schutz von NTBAs, Primärmultiplexern oder Datennetz-Abschlusseinrichtungen (DNAE) werden frei konfigurierbare Schutzgeräte verwendet, die auf einer Tragschiene aneinander gereiht werden. Es kommen Schutzgeräte sowohl für die energietechnische als auch für die informationstechnische Seite zum Einsatz (Bild 3).

Die verwendeten Adernpaare der Telekommunikationsleitungen werden vom APL kommend in ein Isolierstoffgehäuse mit Tragschiene geführt und an einem Schutzgeräteeingang angeschlossen. Am Ausgang der Schutzgeräte werden die zu den jeweiligen Telekommunikationsnetz-Abschlüssen (NTBA, DNAE, NTPM) weiterführenden Adernpaare angeschlossen. Auf der Tragschiene wird neben den Schutzgeräten eine Schutzleiterklemme befestigt und auf kürzestem Wege mit einer Potenzialausgleichsleitung (Kupferleiter mit mind. 6 mm² Querschnitt) mit dem örtlichen Potenzialausgleich verbunden. Damit werden Überspannungen, die über das Kommunikationsnetz eingekoppelt werden, begrenzt. Für die Beherrschung energiereicher Überspannungen oder zum Schutz räumlich weit getrennter Installationen (Überspannungsschutzgeräte und TK-Anlage) ist ein Potenzialausgleich zwischen diesen Teilen notwendig.

Überspannungen in der hausinternen 230-V-Stromversorgung werden durch den Einsatz von Überspannungsschutzgeräten Typ 1/Typ 2 begrenzt (siehe ABB-Merkblatt 5). Zusätzlich werden Endeinrichtungen wie NTBA, NTPM oder DNAE über jeweils ein Überspannungsschutzgerät Typ 3 angeschlossen (Bild 4).

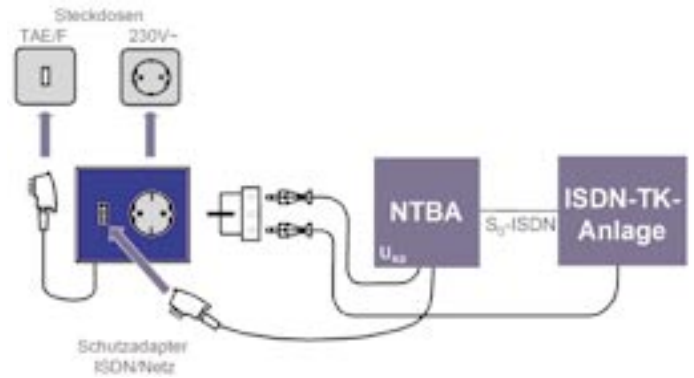


Bild 2: Anwendung steckbarer Schutzadapters

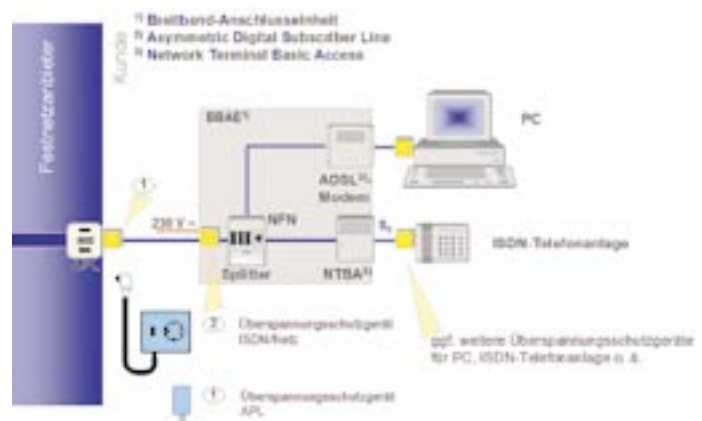


Bild 3: Überspannungsschutz für einen „ADSL-Anschluss“

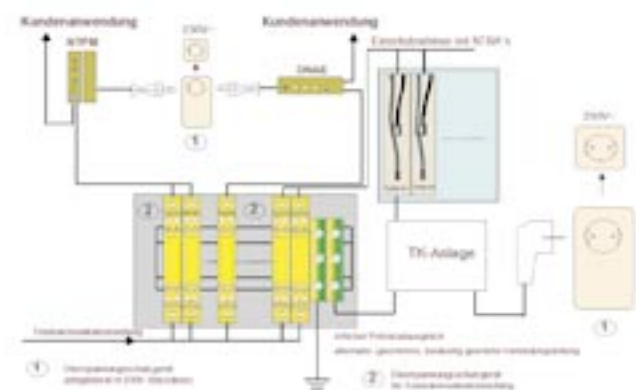


Bild 4: Überspannungsschutz für ISDN-Basis- und Primärmultiplexeranschlüsse sowie Datennetz-Abschlusseinrichtungen

Schlussbemerkung

Die steckbaren Überspannungsschutzgeräte (Bild 2 und Bild 3) können vom Kunden selbst angeschlossen werden. Die Realisierung der Überspannungsschutzmaßnahmen bei Mehrplatzanwendungen (Bild 4) muss von autorisierten Fachbetrieben durchgeführt werden.

NOTIZEN

NOTIZEN

Ausschuss für Blitzschutz und Blitzforschung (ABB) des

VDE

**VERBAND DER ELEKTROTECHNIK
ELEKTRONIK INFORMATIONSTECHNIK e.V.**

Stresemannallee 15
60596 Frankfurt am Main

Telefon 069 6308-235
Telefax 069 6312925
<http://www.vde.com/abb>
E-Mail abb@vde.com

