

Blitzschutz-Leitfaden

Zur Unterstützung bei der Planung von Blitz- und Überspannungsschutz-Systemen

Vorwort

OBO Bettermann ist einer der erfahrensten Hersteller von Blitz- und Überspannungsschutz-Systemen weltweit. Seit fast 100 Jahren entwickelt und produziert OBO normkonforme Blitzschutzbauteile. Bereits Anfang der siebziger Jahre nahm der rasante Siegeszug der elektrischen Schreibmaschinen bis zum modernen Computer seinen Anfang. Hier reagierte OBO mit dem V-15 Überspannungsschutz-Ableiter und setzt neue Maßstäbe. Unzählige Produktneuerheiten, wie zum Beispiel den erste steckbare Typ 2 Überspannungsschutz mit VDE-Prüfzeichen oder der erste steckbare Typ 1 Blitzstrom-Ableiter mit Carbon-Technologie haben die Grundlage für unser einzigartiges Gesamtsortiment gelegt.

Bereits in den fünfziger Jahren veröffentlichte OBO als erster Hersteller einen Leitfaden zum Thema Blitzschutz. Hier lag der Fokus im Äußeren Blitzschutz und bei den Erdungs-Systemen. Jedoch wurden die Informationen in dem sogenannten Planerteilen um die Bereiche Überspannungsschutz für Energie- bis zum Daten-System erweitert. Der Leitspruch „BLITZSCHUTZ GIBT SICHERHEIT“ ist immer noch aktuell und der Äußere Blitzschutz stellt den passiven Brandschutz beim direkten Blitzeinschlag sicher.

Heute stellt diese Ausgabe des Blitzschutz-Leitfadens eine konsequente Fortführung der Unterstützung zur Errichtung fachgerechter und nach dem Stand der Technik installierter Blitzschutzanlagen dar.

Die eigene Forschung und Entwicklung wurde 1996 durch das neue BET-Forschungszentrum mit einem der größten Blitzstoßstrom-Generatoren Europas und zahlreichen Prüfeinrichtungen erweitert. Im heutigen BET Testcenter werden Blitz- und Überspannungsschutzbauteile, Blitzschutzstrukturen und Überspannungsschutzgeräte durch hochqualifizierte Spezialisten normgerecht geprüft.



Aus dem Archiv: Blitzschutzmotiv von 1958

OBO unterstützt und treibt die nationale und internationale Blitzschutznormung der Reihe VDE 0185-305 (IEC 62305) voran.

Mit der Mitgliedschaft im VDB (Verband Deutscher Blitzschutzfirmen e.V.) und im VDE-ABB (Ausschuss für Blitzschutz und Blitzforschung) werden die aktuellen Erfahrungen und die Aspekte aus Wissenschaft und Praxis berücksichtigt.

Die Partnerschaft zum Kunden steht für OBO an vorderster Stelle und bei Fragen zu Produkten, Montage oder zur planerischen Beratung unterstützen die OBO Mitarbeiter in jeder Projektphase. Die ständige Verbesserung legt den Grundstein für neue Produkte und Unterlagen. Der Leitfaden soll eine praktische Unterstützung liefern. Hinweise zur Verbesserung und Anregungen nehmen wir gerne auf.

Allen Lesern und Blitzschutzfachkräften wünschen wir viel Freude bei Ihrer Tätigkeit zum Blitz- und Überspannungsschutz von Menschen, Gebäuden und Anlagen.

Andreas Bettermann

OBO Bettermann GmbH & Co.KG
www.obo.de

Inhalt

Kapitel 1	Allgemeine Einführung	9
<hr/>		
Kapitel 2	Das äußere Blitzschutzsystem	37
<hr/>		
Kapitel 3	Das innere Blitzschutzsystem	121
<hr/>		
Kapitel 4	Prüfung, Wartung und Dokumentation	211
<hr/>		
Kapitel 5	Kleines Überspannungsschutz-ABC	215

Beschützt

Das Prinzip „Beschützt hoch vier“: Nur ein abgestimmter Schutz ist echter Schutz. Lernen Sie die Aufgaben der einzelnen Systeme kennen.



4 | **Überspannungsschutzsysteme**

Überspannungsschutzsysteme bilden eine mehrstufige Barriere, an der keine Überspannung vorbeikommt.

1

Fangeinrichtungs- und Ableitungssysteme

Direkte Blitzeinschläge mit einer Energie von bis zu 200.000 A werden von den Fangeinrichtungen zuverlässig eingefangen und durch die Ableitungs-Systeme sicher an die Erdungsanlage abgeführt.

3

Potentialausgleichssysteme

Sie bilden die Schnittstelle zwischen äußerem und innerem Blitzschutz. Sie sorgen dafür, dass im Gebäude keine gefährlichen Potentialunterschiede entstehen.



2

Erdungssysteme

Erreicht der abgeleitete Blitzstrom die Erdungsanlage, werden ca. 50 Prozent der Energie ins Erdreich abgegeben, die andere Hälfte wird über den Potentialausgleich verteilt.



1

Durch Blitzeinschläge und Überspannungen werden in jedem Jahr Menschen, Tiere und Sachwerte bedroht und geschädigt. Mit steigender Tendenz entstehen hohe Sachschäden. Ausfälle an elektronischen Geräten führen zu wirtschaftlichen Verlusten in der Industrie und zum Verlust von Komfort im privaten Bereich. Der Personenschutz wird bereits gesetzlich in den Bauordnungen gefordert. Auch hoheitliche Aufgaben, wie die von Polizei, Rettungsdiensten und der Feuerwehr, sind besonders schützenswert.

Auf Basis der aktuellen Normen lässt sich die Notwendigkeit eines Blitzschutzsystems ermitteln. Zusätzlich kann sogar die Wirtschaftlichkeit der Anlage ohne Schutz und mit Schäden den Kosten eines Schutzsystems mit den verhinderten Schäden gegenübergestellt werden. Die technische Ausführung der notwendigen Schutzmaßnahmen ist in den aktuellen Normen geregelt. Zur Errichtung eines Blitzschutzsystems müssen geeignete Komponenten verwendet werden.

Kapitel 1: Allgemeine Einführung

1.	Allgemeine Einführung	9
1.1	Der Blitz	10
1.1.1	Entstehung von Blitzen	11
1.1.1.1	Gewitterarten	11
1.1.1.2	Ladungstrennung	11
1.1.1.3	Ladungsverteilung	12
1.2	Bedrohung durch Blitzentladungen	13
1.2.1	Gefährdung von Personen	13
1.2.2	Gefährdung von Gebäuden und Anlagen	14
1.2.2.1	Transiente Überspannungen	15
1.2.2.2	Blitzüberspannungen	15
1.2.2.3	Auswirkungen von Überspannungen	15
1.3	Normative Zuordnung der Schadensquellen und -ursachen	15
1.4	Prüfströme und simulierte Überspannungen	21
1.5	Rechtliche Fragen und Notwendigkeit	22
1.5.1	Blitz- und Überspannungsschutznormen	23
1.5.2	Hierarchie der Normen: international/europäisch/national	25
1.5.3	Stand der nationalen deutschen Blitzschutznormen	25
1.5.4	Verantwortung des Errichters	26
1.5.5	Verantwortung des Betreibers	26
1.6	Wirtschaftliche Folgen von Blitz- und Überspannungsschäden	27
1.7	Blitzschutz-Risikoanalyse und Einteilung in Blitzschutzklassen	28
1.7.1	Blitzhäufigkeit nach Region	30
1.7.2	Äquivalente Einfangfläche	30
1.7.3	Abschätzung des Schadensrisikos	31
1.7.4	Empirische Zuordnung der Blitzschutzklassen	32
1.7.5	Wirtschaftlichkeitsberechnung von Blitzschutzanlagen	32
1.7.5.1	Kosten ohne Blitzschutzanlage	32
1.7.5.2	Kosten mit Blitzschutzanlage	32
1.7.5.3	Gegenüberstellung der Kosten durch Blitzschäden mit und ohne Blitzschutzanlage	32
1.8	Blitz- und Überspannungsschutzbauteile im Prüflabor	34
1.9	Komponenten des Blitz- und Überspannungsschutzes	35



„Die sicherste Art, sich in einem Haus wider den Blitz zu schützen, ist die Einrichtung eines Blitzableiters, denn dieser ist so eingerichtet, daß die Materie einer Gewitterwolke im Ableiter herabstreichen kann und, ohne nur einen Balken des Hauses zu berühren, in die Erde hineinfährt.“

Gewitterkatechismus von Joseph Kraus, 1814

1. Allgemeine Einführung

Ein Blitz ist in der Natur eine Funkenentladung oder ein kurzzeitiger Lichtbogen. Die Entladung kann zwischen verschiedenen Wolken oder auch zwischen einer Wolke und der Erde stattfinden. In aller Regel tritt ein Blitz während eines Gewitters auf. Er wird dabei vom Donner begleitet und gehört zu den Elektrometeoriten. Dabei werden elektrische Ladungen (Elektronen oder Gas-Ionen) ausgetauscht, d. h., es fließen elektrische Ströme. Blitze können auch von der Erde ausgehen, je nach Polarität der elektrostatischen Aufladung.

90 % aller Blitzentladungen zwischen einer Wolke und der Erde sind negative Wolke-Erde-Blitze. Der Blitz beginnt in einem negativen Ladungsgebiet der Wolke und breitet sich zum positiv geladenen Erdboden aus.

Die weitaus meisten Entladungen finden allerdings innerhalb einer Wolke bzw. zwischen verschiedenen Wolken statt.

Die jährliche weltweite Blitzdichte wurde im Zeitraum von 1995 bis 2003 durch die NASA ermittelt. (Bild 1.1) Durch die lokalen Werte kann die jährliche Anzahl von Blitzscheinschlägen pro km² auch für Länder ohne nationale Erfassung der Blitzimpulse ermittelt werden. Für eine Risikoabschätzung nach IEC 62305-2 wird empfohlen, diese Werte zu verdoppeln.

Weitere Entladungen teilen sich auf in:

- *negative Erde-Wolke-Blitze*
- *positive Wolke-Erde-Blitze*
- *positive Erde-Wolke-Blitze*

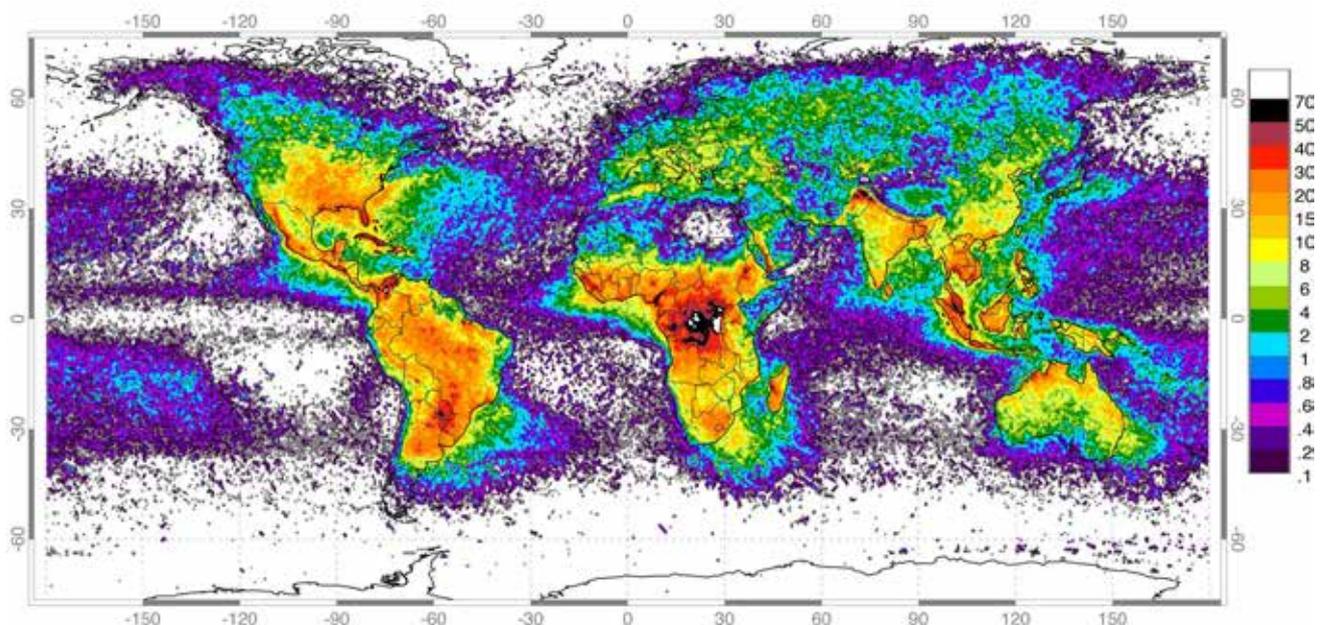


Bild 1.1: Blitzdichte als jährliche Anzahl von Blitzeinschlägen pro km² im Zeitraum von 1995 bis 2003 (www.nasa.gov)

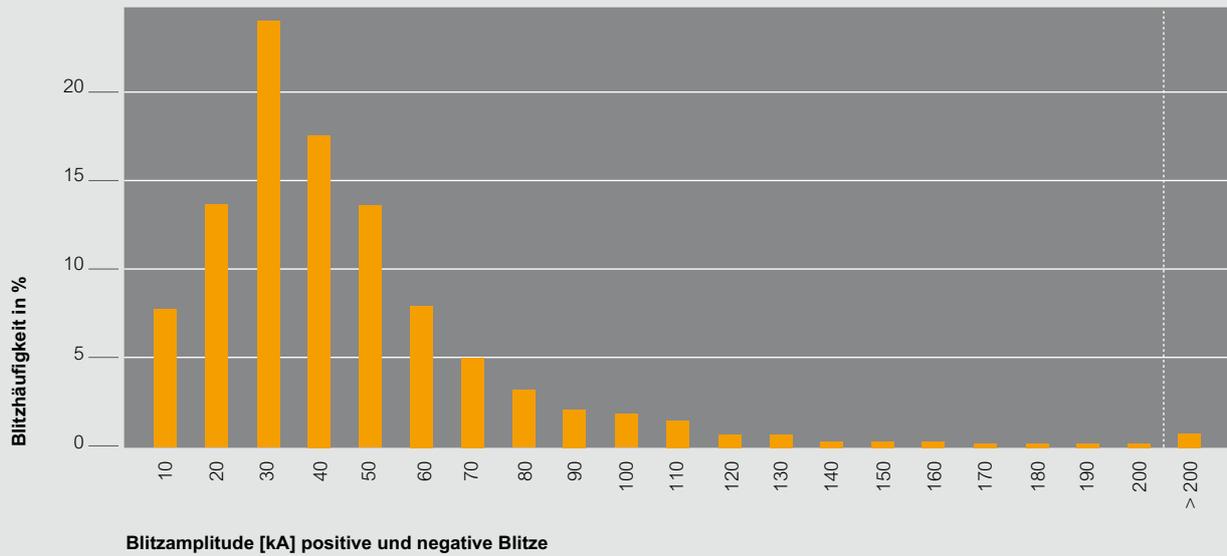


Bild 1.2: Teilung der Blitzhäufigkeit zur Blitzamplitude

1.1 Der Blitz

Blitze und Überspannungen gefährden Menschen und Werte. Etwa zwei Millionen Blitze schlagen Jahr für Jahr in Deutschland ein, Tendenz steigend. Die Blitzspannungen entladen sich sowohl über ländlichem als auch über dicht besiedeltem Gebiet und gefährden dabei Menschen, Gebäude und technische Geräte. Gerade durch Überspannungen entstehen jährlich Schäden in Höhe von mehreren hundert Millionen Euro.

Ein Blitzschutzsystem besteht aus äußeren sowie inneren Blitzschutzmaßnahmen und schützt Personen vor Verletzungen, bauliche Anlagen vor Zerstörung und elektrische Geräte vor dem Ausfall durch Überspannungsschäden.

Wichtige Kennzahlen zu Blitzen:

- 1.500.000.000 Blitzeinschläge weltweit pro Jahr
- 2.000.000 Blitzeinschläge in Deutschland pro Jahr
- 450.000 Überspannungsschäden in Deutschland pro Jahr
- Im Radius bis zu 2 km Überspannungsschäden um den Blitzeinschlag
- 80 % der Blitze liegen im Bereich von 30 bis 40 kA

(Bild 1.2)

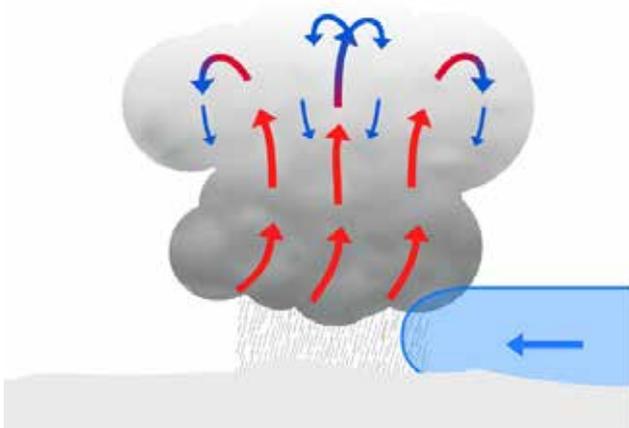


Bild 1.3: Kaltluftfront

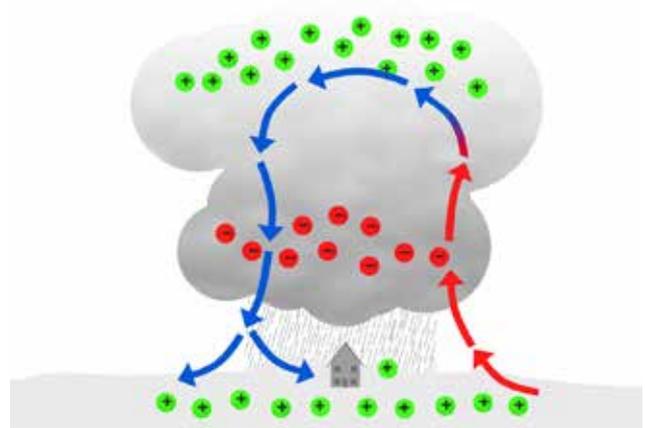


Bild 1.5: Blitzentstehung – negative und positive Ladungen

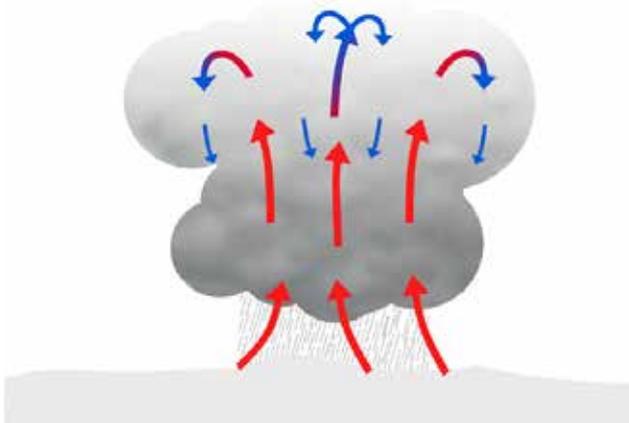


Bild 1.4: Wärmegewitter

1.1.1 Entstehung von Blitzen

Gewitterfronten können entstehen, wenn sich Wolken in Höhen von bis zu 15.000 m ausdehnen.

1.1.1.1 Gewitterarten

Kaltfrontgewitter (Bild 1.3) entstehen durch das Zusammentreffen von feuchter Warmluft mit einer Kaltluftfront. Wärmegewitter (Bild 1.4) werden durch intensive Sonneneinstrahlung und schnelles Aufsteigen feuchter Warmluft in große Höhen ausgelöst.

1.1.1.2 Ladungstrennung

Beim Aufsteigen von warmer, feuchter Luft kondensiert die Luftfeuchtigkeit, und in größeren Höhen bilden sich Eiskristalle. Der starke Aufwind von bis zu 100 km/h führt dazu, dass die leichten Eiskristalle in den oberen und die Graupelteilchen in den unteren Bereich gelangen. Durch Stoß und Reibung kommt es zu Ladungstrennungen. (Bild 1.5)

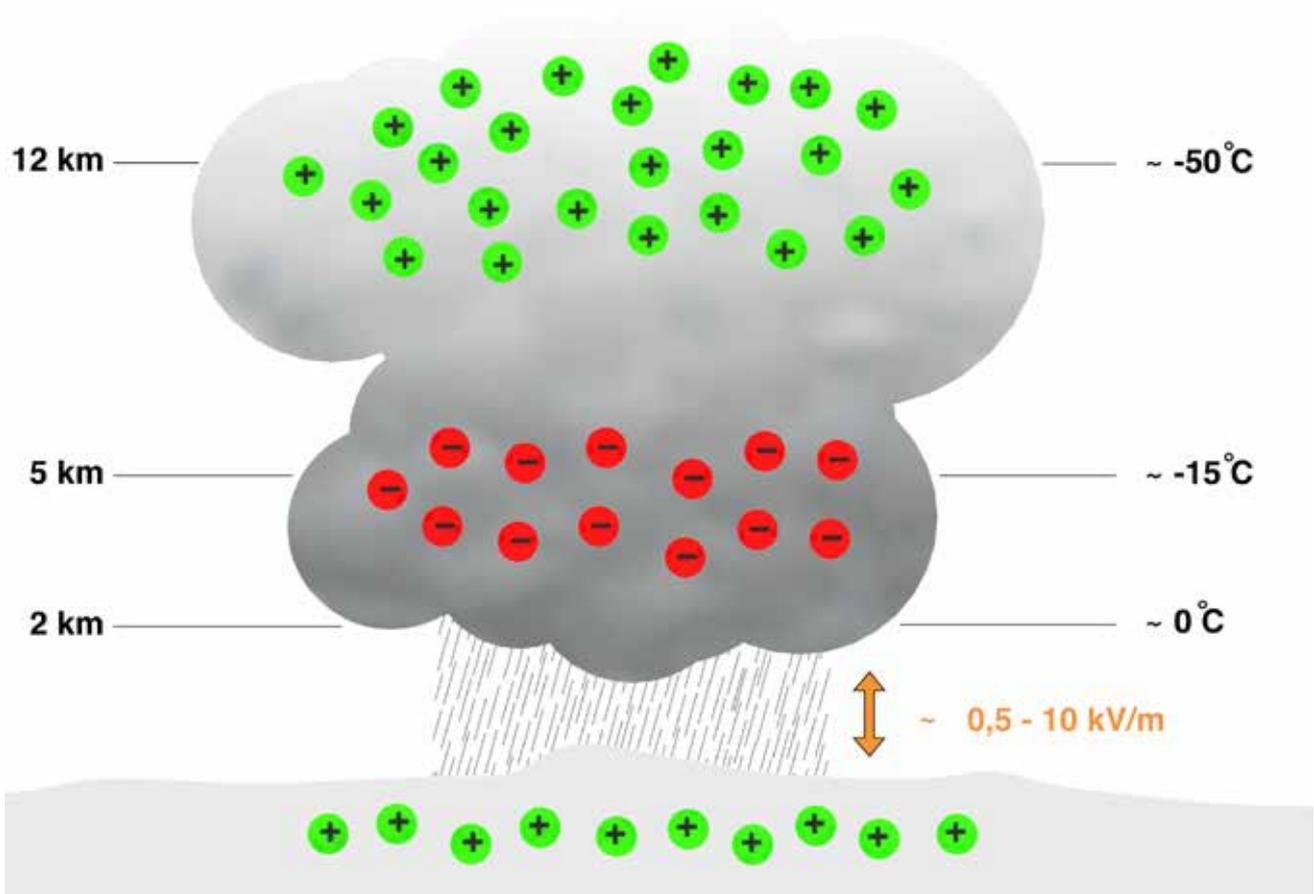


Bild 1.6: Ladungsverteilung in einer Wolke

1.1.1.3 Ladungsverteilung

In Studien wurde nachgewiesen, dass die nach unten fallenden Graupelkörner (Bereich wärmer als $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$) negative Ladungen und die nach oben geschleuderten Eiskristalle (Bereich kälter als $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$) positive Ladungen tragen. Die leichten Eiskristalle werden mit dem Aufwind in obere Regionen der Wolke getragen, die Graupelkörner fallen in zentrale Bereiche der Wolke. (Bild 1.6)

Typische Ladungsverteilung:

- Im oberen Teil positiv, in der Mitte negativ und im unteren Teil schwach positiv.
- Im bodennahen Bereich befinden sich wiederum positive Ladungen.
- Die zum Auslösen eines Blitzes erforderliche Feldstärke hängt von der Isolierfähigkeit der Luft ab und liegt zwischen $0,5$ und 10 kV/m .

1.2 Bedrohung durch Blitzenentladungen

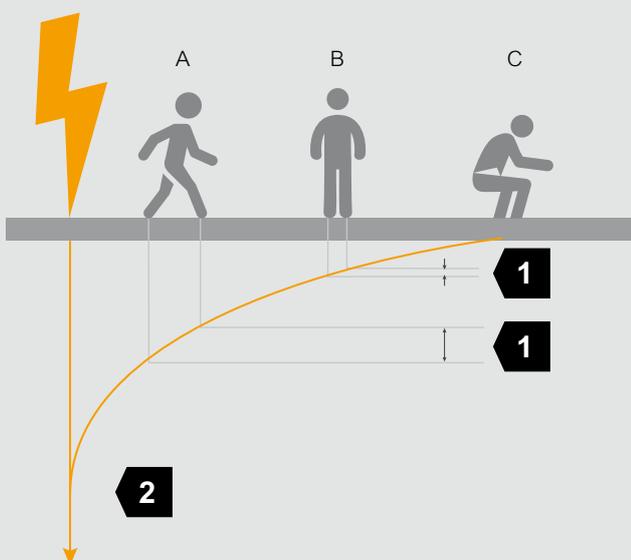
Ob im Berufsleben oder im Privatbereich: Unsere Abhängigkeit von elektrischen und elektronischen Geräten nimmt immer mehr zu. Datennetze in Unternehmen oder bei Hilfseinrichtungen wie Krankenhäusern und Feuerwehr sind lebensnotwendige Adern für den längst unverzichtbaren Informationsaustausch in Echtzeit. Sensible Datenbestände, z. B. von Bankinstituten oder Medienverlagen, brauchen sicher funktionierende Übertragungswege.

Eine latente Bedrohung für diese Anlagen bilden nicht nur direkte Blitzeinschläge. Bedeutend häufiger werden die elektronischen Helfer von heute durch Überspannungen beschädigt, deren Ursachen entfernte Blitzenentladungen oder Schaltvorgänge großer elektrischer Anlagen sind. Auch bei Gewittern werden kurzfristig hohe Energiemengen freigesetzt. Diese Spannungsspitzen können über alle Arten von elektrisch leitenden Verbindungen in ein Gebäude eindringen und enorme Schäden verursachen.

1.2.1 Gefährdung von Personen

Werden Gebäude, Bäume oder sogar das Erdreich vom Blitz getroffen, tritt der Blitzstrom in das Erdreich ein und es entsteht ein sogenannter Potentialtrichter. (Bild 1.7) Mit Zunahme des Abstands zur Stromeintrittsstelle sinkt das Spannungspotential im Erdreich. Durch die unterschiedlichen Potentiale entsteht eine Schrittspannung, und Personen oder Tiere werden durch Körperströme gefährdet. Bei Gebäuden mit Blitzschutzanlage bewirkt der Blitzstrom am Erdungswiderstand einen Spannungsfall. Alle im und am Gebäude vorhandenen metallenen Bauteile sind mit dem Potentialausgleich zu verbinden und stellen somit keine Gefahr durch hohe Berührungsspannungen dar.

Neben dem Gebäude besteht Gefahr durch die Schrittspannung. Beim Berühren der Blitzschutzanlage besteht Gefahr durch hohe Berührungsspannung.



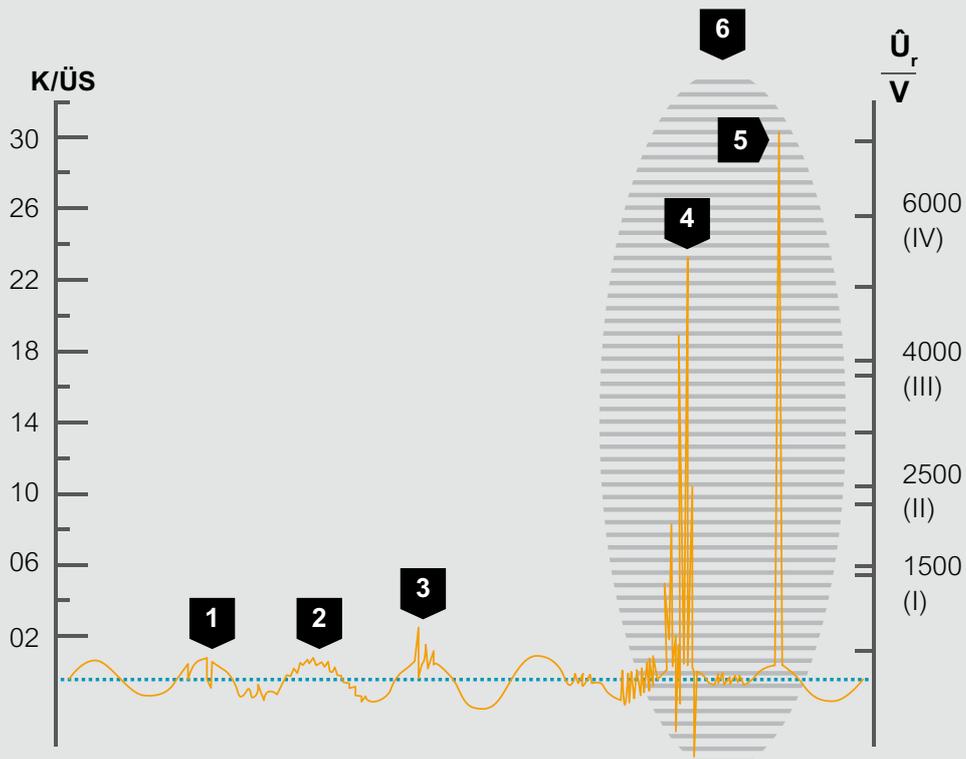
1	Schrittspannung U_s
2	Potentialtrichter
A	Neben der Einschlagstelle bzw. neben der Ableitung ist die Schrittspannung 1 hoch.
B	Mit steigendem Abstand nimmt die Schrittspannung ab.
C	Auf freiem Feld schützt die Hockstellung gegen direkte Einschläge.

Bild 1.7: Schrittspannung und Potentialtrichter beim Blitzeinschlag

1.2.2 Gefährdung von Gebäuden und Anlagen

Gebäude und Anlagen werden nicht nur durch direkte Blitzeinschläge gefährdet, sondern auch durch Überspannungen, die Blitzeinschläge in bis zu zwei Kilometern Entfernung verursachen können. Überspannungen liegen um ein Vielfaches (Faktor K/ÜS) über der zulässigen Netzspannung. Wird die Spannungsfestigkeit (\hat{U}_r/V) von elektrischen Systemen überschritten, kommt es zu Störungen – bis hin zur dauerhaften Zerstörung.

Die leistungsschwachen und häufig auftretenden permanenten Überspannungen werden durch hochfrequente Störer und Netzfehler ausgelöst. Hier müssen die Störquellen entfernt oder geeignete Netzfilter eingesetzt werden. Zum Schutz vor energiereichen Schalt- oder Blitzüberspannungen (siehe Bild 1.8: Typ 4, 5) an Gebäuden und Anlagen sind geeignete Blitz- und Überspannungsschutzsysteme erforderlich.



1	Spannungseinbrüche/Kurzunterbrechungen
2	Oberwellen durch langsame und schnelle Spannungsänderungen
3	Zeitweilige Spannungserhöhungen
4	Schaltüberspannungen
5	Blitzüberspannungen
6	Anwendungsfall für Überspannungsschutzgeräte

Bild 1.8: Typen von Überspannungen

1.2.2.1 Transiente Überspannungen

Transiente Überspannungen sind kurzzeitige Spannungserhöhungen im Mikrosekundenbereich, die ein Vielfaches über der anliegenden Netz-Nennspannung liegen können. Nicht zu den transienten Überspannungen gehören die permanenten Überspannungen, die durch unzulässige Netzbedingungen entstehen.

Schaltüberspannungen

Schaltüberspannungen entstehen durch verschiedene Quellen, z. B. durch Schalthandlungen von großen induktiven Lasten wie Motoren. In der Regel betragen Schaltüberspannungen das Zwei- bis Dreifache der Betriebsspannung.

Induzierte Überspannungen

Induzierte Spannungsspitzen in Gebäudeinstallationen sowie in Energie- oder Datenleitungszuleitungen können ein Vielfaches der nominellen Betriebsspannung erreichen und zum sofortigen Ausfall der Anlagen führen.

1.2.2.2 Blitzüberspannungen

Die größten Spannungsspitzen im Niederspannungs-Verbrauchernetz resultieren aus Blitzentladungen. Blitzüberspannungen können teilweise den 100-fachen Wert der Nennspannung erreichen und einen hohen Energieinhalt transportieren. Bei einem Direkteinschlag in die äußere Blitzschutzanlage oder in eine Niederspannungsfreileitung ohne inneren Blitz- und Überspannungsschutz verursachen sie in der Regel Beschädigungen an der Isolation und einen Totalausfall der angeschlossenen Verbraucher.

1.2.2.3 Auswirkungen von Überspannungen

Energiereiche Blitzströme führen oft zur sofortigen Zerstörung von ungeschützten Anlagen. Bei kleinen Überspannungen hingegen kommt es oft erst mit zeitlicher Verzögerung zu Ausfällen, da sie die Bauteile der betroffenen Geräte vorzeitig altern lassen und damit schleichend schädigen. Je nach genauer Ursache bzw. Einschlagsort der Blitzentladung werden unterschiedliche Schutzmaßnahmen benötigt.

1.3 Normative Zuordnung der Schadensquellen und -ursachen

Zur Risikoanalyse nach IEC 62305-2 (DIN EN 62305-2) werden die Blitzeinschläge in vier Schadensquellen (S1-S4) unterteilt. Durch die Blitzeinschläge werden drei Schadensursachen (D1-D3) hervorgerufen. Die Schäden bzw. die Verluste werden dann in vier Schadensarten (L1-L4) eingeteilt. **(Bild 1.10)**

Blitzüberspannungen können teilweise den 100-fachen Wert der Nennspannung erreichen und einen hohen Energieinhalt haben.



Bild 1.9: Durch Überspannung zerstörte Platine

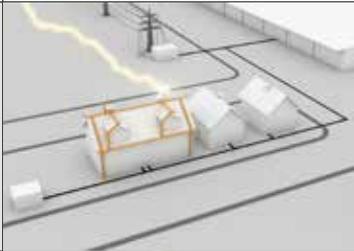
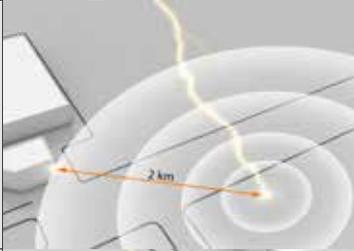
Einschlagstelle	Beispiel	Schadensquelle	Schadensursache	Schadensart
Bauliche Anlage		S1	C1 C2 C3	D1, D4 D1, D2, D3, D4 D1, D2, D4
Erdboden neben baulicher Anlage		S2	C3	D1, D2, D4
Eingeführte Versorgungsleitung		S3	C1 C2 C3	D1 D1, D2, D3, D4 D1, D2, D4
Erdboden neben eingeführter Versorgungsleitung		S4	C3	D1, D2, D4

Bild 1.10: Risikoanalyse nach IEC 62305-2 (VDE 0185-305-2)

C1	elektrischer Schock von Lebewesen durch Berührungs- und Schrittspannungen
C2	Feuer, Explosion, mechanische und chemische Wirkung durch physikalische Auswirkungen der Blitzentladung
C3	Störung von elektrischen oder elektronischen Systemen durch Überspannungen
D1	Verletzung oder Tod von Personen
D2	Verlust von Dienstleistungen für die Öffentlichkeit
D3	Verlust von unersetzlichem Kulturgut
D4	wirtschaftliche Verluste

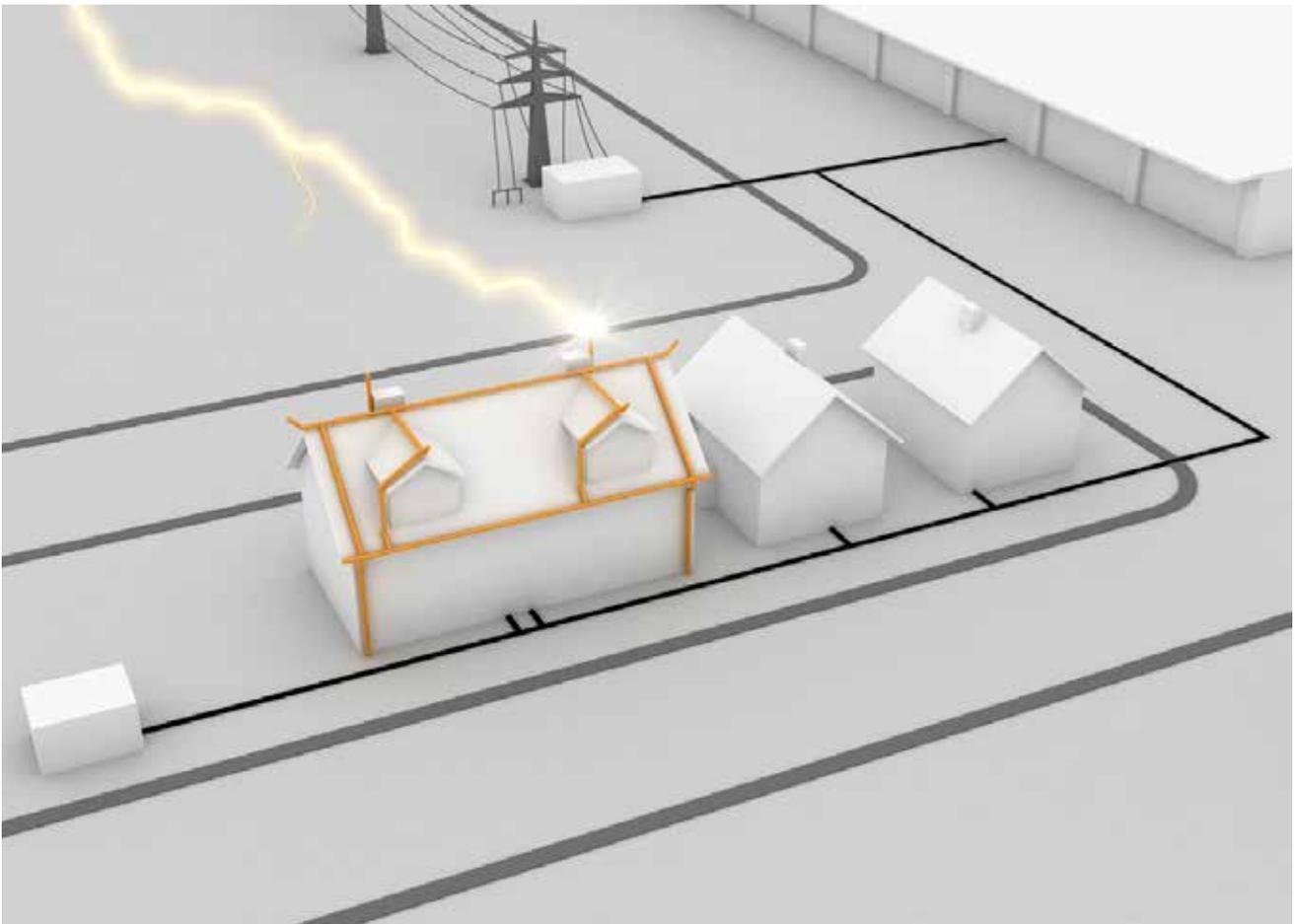


Bild 1.11: Gefährdung: Direkter Blitzeinschlag

S1: Direkter Blitzeinschlag in ein Gebäude

Schlägt ein Blitz direkt in die äußere Blitzschutzanlage oder in blitzstromtragfähig geerdete Dachaufbauten (z. B. Dachantennen) ein, so kann die Blitzenergie sicher zum Erdpotential abgeleitet werden. Doch mit einer Blitzschutzanlage allein ist es noch nicht getan: Aufgrund der Impedanz der Erdungsanlage wird das gesamte Erdungssystem des Gebäudes auf ein hohes Potential angehoben. Diese Potentialerhöhung bewirkt die Aufteilung der Blitzströme über die Erdungsanlage des Gebäudes sowie über die Stromversorgungssysteme und Datenleitungen zu den benachbarten Erdungssystemen (Nachbargebäude, Niederspannungstransformator). Beim direkten Blitzeinschlag droht der Verlust von Menschenleben, Dienstleistungen für die Öffentlichkeit (Telefon, Feuerwehr), Kulturgütern (Museen, Theater) und wirtschaftlichen Gütern (Eigentum). Das Blitzschutz-System schützt das Gebäude und Personen vor direkten Blitzimpulsen und vor Brandgefahr. (Bild 1.11)

Schlägt ein Blitz direkt in die äußere Blitzschutzanlage oder in blitzstromtragfähig geerdete Dachaufbauten ein, so kann die Blitzenergie sicher zum Erdpotential abgeleitet werden.



Bild 1.12: Gefährdung: Überspannungsimpuls durch induktive und galvanische Einkopplung

S2: Blitzeinschlag neben ein Gebäude und Einkopplungen im Umkreis von bis zu 2 km

Durch einen nahen Blitzeinschlag werden zusätzlich hohe Magnetfelder aufgebaut, die wiederum hohe Spannungsspitzen in Leitungssysteme induzieren. In einem Radius bis zu 2 km um den Blitzeinschlagspunkt können durch induktive oder galvanische Kopplungen Schäden entstehen. Elektrische und elektronische Systeme werden durch Überspannungen ge- bzw. zerstört.

Blitz- und Überspannungsschutzgeräte schützen vor unkontrollierten Überschlägen (Funken) und der resultierenden Brandgefahr. (Bild 1.12)

Durch einen nahen Blitzeinschlag werden zusätzlich hohe Magnetfelder aufgebaut, die wiederum hohe Spannungsspitzen in Leitungssysteme induzieren.

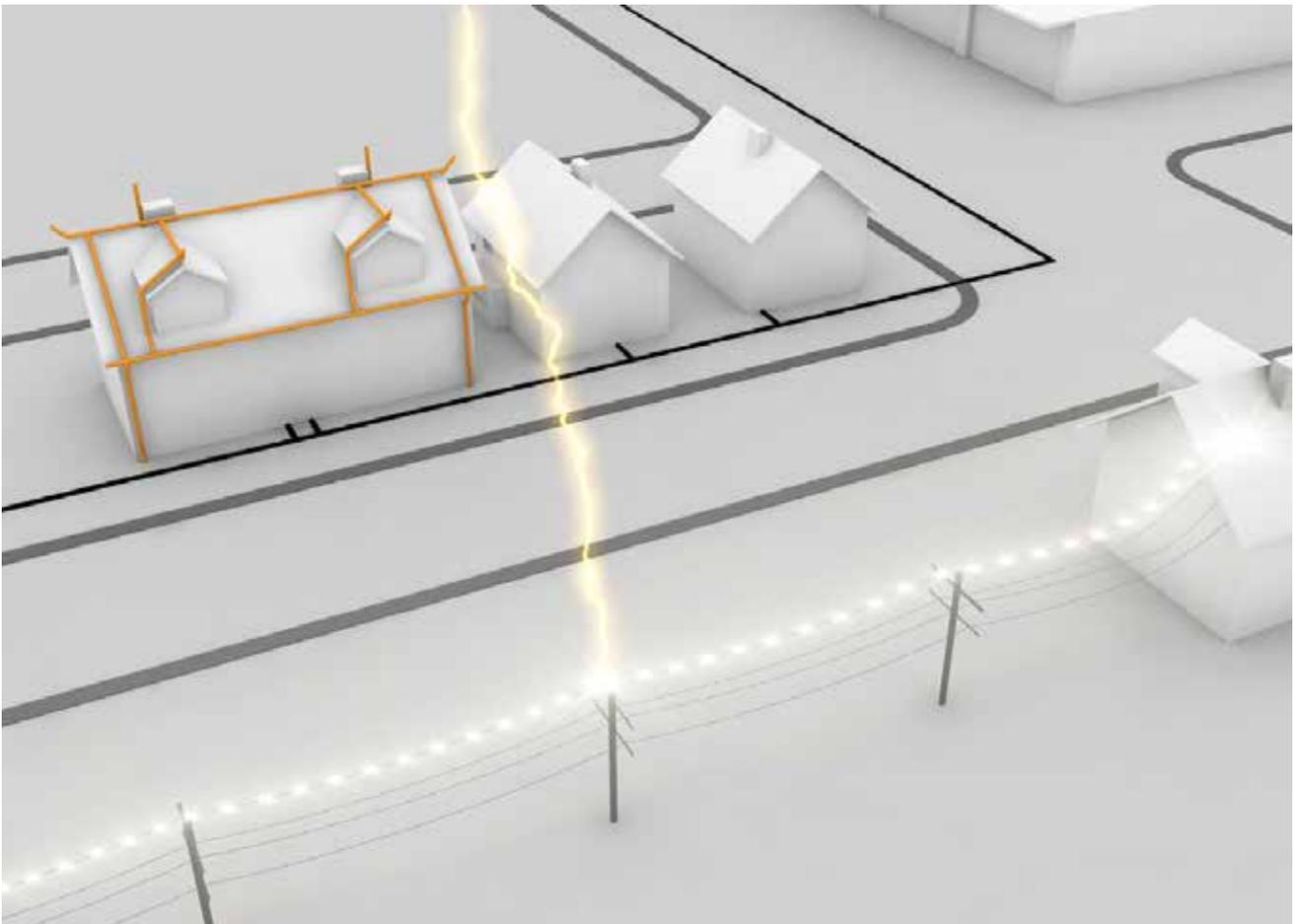


Bild 1.13: Gefährdung: Blitzimpuls und leitungsgebundene Blitzteilströme

S3: Direkter Blitzeinschlag in eine Versorgungsleitung

Ein direkter Blitzeinschlag in eine Niederspannungsfreileitung oder Datenleitung kann in ein benachbartes Gebäude hohe Blitzteilströme einkoppeln. Eine besondere Gefährdung durch Überspannungen besteht für die elektrischen Anlagen von Gebäuden am Ende von Niederspannungsfreileitungen.

Das Risiko ist von der Art der Verlegung abhängig. Unterschieden wird hierbei zwischen Freileitung und erdverlegter Leitung sowie der Art des Anschlusses der Schirmung an den Potentialausgleich. Durch geeignete Blitz- und Überspannungsschutzgeräte wird am Gebäudeeintritt die Energie des Blitzimpulses ausgeglichen. (Bild 1.13)

Ein direkter Blitzeinschlag in eine Niederspannungsfreileitung oder Datenleitung kann in ein benachbartes Gebäude hohe Blitzteilströme einkoppeln.



Bild 1.14: Gefährdung: galvanisch gekoppelte und leitungsgebundene Überspannung

S4: Direkter Blitzschlag neben eine Versorgungsleitung

Durch die Nähe des Blitzschlags werden Überspannungen in Leitungen induziert. Des Weiteren entstehen Schaltüberspannungen durch Ein- und Ausschaltvorgänge, durch das Schalten von induktiven und kapazitiven Lasten sowie durch das Unterbrechen von Kurzschlussströmen. Insbesondere das Abschalten von Produktionsanlagen, Beleuchtungssystemen oder Transformatoren kann bei nahegelegenen elektrischen Geräten zu Schäden führen.

(Bild 1.14)

Schaltüberspannungen und induzierte Überspannungen in Leitungen machen den größten Anteil der Schäden aus.

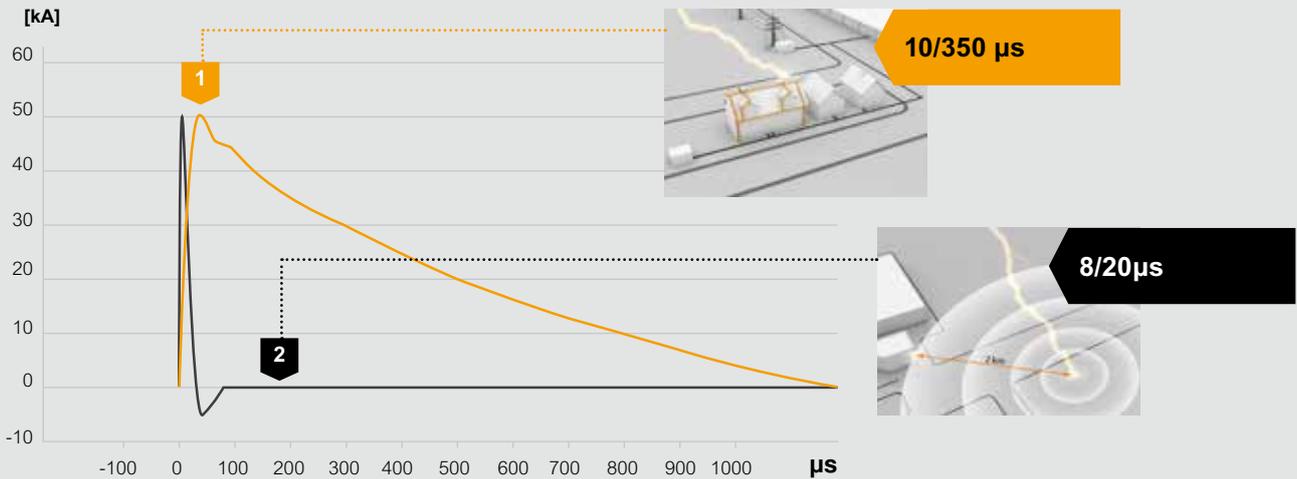


Bild 1.15: Impulsarten und ihre Charakteristik

1	Impulsform 1: direkter Blitzschlag, 10/350-µs-simulierter Blitzimpuls
2	Impulsform 2: entfernter Blitzschlag oder Schaltvorgang, 8/20-µs-simulierter Stromimpuls (Überspannung)

1.4 Prüfströme und simulierte Überspannungen

Infolge eines Gewitters können hohe Blitzströme zur Erde fließen. Wird ein Gebäude mit äußerem Blitzschutz direkt getroffen, entsteht am Erdungswiderstand des Blitzschutzpotentialausgleichs ein Spannungsfall, der eine Überspannung gegen die ferne Umgebung darstellt.

Beispiel:

- Blitzstrom (i): 100 kA
- Erdungswiderstand (R): 1 Ω
- Spannungsfall (u): $R \times i = 1 \Omega \times 100 \text{ kA} = 100.000 \text{ V}$

Fazit:

Die Spannung am Erdungswiderstand steigt zum entfernt geerdeten Netz um 100 kV an.

Diese Potentialanhebung stellt eine Bedrohung für die elektrischen Systeme (z. B. Spannungsversorgung, Telefonanlagen, Kabelfernsehen, Steuerleitungen usw.) dar, die in das Gebäude eingeführt werden. Zur Prüfung der unterschiedlichen Blitz- und Überspannungsschutzgeräte wurden in den nationalen und internationalen Normen geeignete Prüfströme festgelegt. (Bild 1.15)

Direkter Blitzschlag: Impulsform 1

Blitzströme, wie sie bei einem direkten Blitzschlag auftreten, können mit dem Stoßstrom der Wellenform 10/350 µs nachgebildet werden. Der Blitzprüfstrom bildet sowohl den schnellen Anstieg als auch den hohen Energieinhalt des natürlichen Blitzes nach. Blitzstromableiter vom Typ 1 und Bauteile des äußeren Blitzschutzes werden mit diesem Impuls geprüft.

Entfernte Blitzeinschläge oder Schaltvorgänge: Impulsform 2

Die Überspannungen aus entfernten Blitzeinschlägen und Schaltvorgängen werden mit dem Prüfimpuls 8/20 µs nachgebildet. Der Energieinhalt dieses Impulses ist deutlich geringer als der Blitzprüfstrom der Stoßstromwelle 10/350 µs. Überspannungsableiter vom Typ 2 und Typ 3 werden mit diesem Prüfimpuls belastet.

Die Strom-/Zeit-Fläche unter der Kurve der Stoßströme entspricht dem Ladungsinhalt. Die Ladung des Blitzprüfstroms der Wellenform 10/350 entspricht in etwa der 20-fachen Ladung eines Stoßstroms der Wellenform 8/20 bei gleicher Amplitudenhöhe.

1. Gesetze	Beispiel: Grundgesetz, Landesbauordnung für öffentliche Gebäude und Versammlungsstätten
2. Verordnungen	Beispiel: Technische Regeln für Betriebssicherheit von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
3. Vorschriften	Beispiel: Unfallverhütungsvorschriften
4. Technische Regeln	Beispiel: VDE 0185-305 (IEC 62305)
5. Verträge	Beispiel: Richtlinien der Versicherer wie VDS 0185



Bild 1.16: Steigende Rechtsverbindlichkeit

1.5 Rechtliche Fragen und Notwendigkeit

Die Notwendigkeit des Blitzschutzes wird von fünf Faktoren (Bild 1.16) bestimmt:

1. Gesetze

Der wichtigste Aspekt des Rechtssystems ist der Schutz von Menschenleben sowie grundlegenden gesellschaftlichen Werten (Kulturgüter, Versorgungssicherheit usw.). Blitzschutz wird z. B. in der Landesbauordnung für öffentliche Gebäude und Versammlungsstätten gefordert.

2. Verordnungen

Eine Verordnung wird nicht durch das Parlament erlassen, sondern durch eine staatliche Exekutive geregelt, z. B. die technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) durch die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Blitzschutz wird beispielsweise in der TRBS 2152 Teil 3 als Möglichkeit erwähnt, die Entzündung von gefährlichen explosionsfähigen Atmosphären zu vermeiden.

3. Vorschriften

Vorschriften wie etwa die Unfallverhütungsvorschriften verpflichten jedes Unternehmen zur Einhaltung von Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz.

4. Technische Regeln

Normen und Technische Regeln geben die Methoden und technischen Lösungen bekannt, welche die Einhaltung der in den Rechtsvorschriften vorgeschriebenen Sicherheitsnormen ermöglichen. Die für den Blitzschutz wichtigste Norm ist die VDE 0185-305 (IEC 62305). Eine Risikoanalyse zum notwendigen Einsatz von Überspannungsschutzgeräten kann nach VDE 0100-443 (IEC 60364-4-44) durchgeführt werden.

5. Verträge

Die Versicherungen haben auf Basis der Schäden und Zerstörungen Richtlinien verfasst. Objekte, die mit Blitz- und Überspannungsschutzmaßnahmen zu versehen sind, wurden z. B. in der VDS 2010 aufgelistet. Tabelle 4 auf Seite 28 bietet einen Auszug aus der VDS 2010 zu diesem Thema.

Jeder Eigentümer oder Betreiber ist für die Sicherheit seiner Anlage verantwortlich. Er hat ein Interesse an der Verfügbarkeit seiner Anlage und sollte deren Ausfallkosten prüfen.

1.5.1 Blitz- und Überspannungsschutznormen

Bei der Planung und Errichtung von Blitzschutzsystemen müssen nationale Anhänge, Besonderheiten, Applikationen oder Sicherheitsangaben aus den jeweiligen landesspezifischen Beiblättern berücksichtigt werden.

Ein Blitz- und Überspannungsschutzsystem besteht aus mehreren aufeinander abgestimmten Systemen. **(Bild 1.17)** Grundsätzlich besteht ein Blitz- und Überspannungsschutzsystem aus einem inneren und einem äußeren Blitzschutzsystem. Diese sind nochmals in folgende Systeme gegliedert:

- Fangeinrichtungen
- Ableitungen
- Erdungen
- Raumschirmung
- Trennungsabstand
- Blitzschutzpotentialausgleich

Diese Systeme müssen für die jeweilige Anwendung ausgewählt und koordiniert eingesetzt werden. Verschiedene Anwender- und Produktnormen **(Tabelle 1.1 und Tabelle 1.2 / Seite 24)** bilden die normative Basis, die bei der Errichtung einzuhalten ist. Die Beiblätter der internationalen Richtlinien des IEC und die harmonisierten europäischen Versionen der jeweiligen landesspezifischen Übersetzungen enthalten oft zusätzlich informative (landestypische) Angaben.

Produktnormen

Damit die Komponenten den während der Anwendung zu erwartenden Belastungen standhalten können, müssen sie entsprechend der jeweiligen Produktnorm für den äußeren sowie für den inneren Blitzschutz geprüft sein.

Nur koordiniert eingesetzte Maßnahmen können einen umfassenden Blitzschutz bieten.



Bild 1.17: Systeme des äußeren und inneren Blitzschutzes

Norm	Deutsches Beiblatt	Inhalt
VDE 0185-305-1 (IEC 62305-1)		Blitzschutz – Teil 1: Allgemeine Grundsätze
VDE 0185-305-2 (IEC 62305-2)		Blitzschutz – Teil 2: Risiko-Management
	1	Blitzgefährdung in Deutschland
	2	Berechnungshilfen zur Abschätzung des Schadensrisikos für bauliche Anlagen
	3	Zusätzliche Informationen zur Anwendung der EN 62305-2
VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3)		Blitzschutz – Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen
	1	Zusätzliche Informationen zur Anwendung der EN 62305-3
	2	Zusätzliche Informationen für bauliche Anlagen
	3	Zusätzliche Informationen für die Prüfung und Wartung von Blitzschutzsystemen
	4	Verwendung von Metalldächern in Blitzschutzsystemen
	5	Blitz und Überspannungsschutz in PV-Stromversorgungssystemen
VDE 0185-305-4 (IEC 62305-4)		Blitzschutz – Teil 4: Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen
	1	Verteilung des Blitzstromes
VDE 0675-6-11 (IEC 0675-6-11)		Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung – Teil 11: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen
VDE 0100-534 (IEC 60364-5-53)		Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-53: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Trennen, Schalten und Steuern – Abschnitt 534: Überspannung-Schutzeinrichtungen (ÜSE)
VDE 0100-443 (IEC 60364-4-44)		Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-44: Schutzmaßnahmen – Schutz bei Störspannungen und elektromagnetischen Störgrößen – Abschnitt 443: Schutz bei Überspannungen infolge atmosphärischer Einflüsse oder von Schaltvorgängen
VDE 0100-712 (IEC 60364-7-712)		Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Solar-Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme

Tabelle 1.1: Wichtige Blitzschutznormen und Vorschriften

Produktnormen	Inhalt
VDE 0185-561-1 (IEC 62561-1)	Blitzschutzbauteile – Anforderungen für Verbindungsbauteile
VDE 0185-561-2 (IEC 62561-2)	Blitzschutzbauteile – Anforderungen an Leiter und Erder
VDE 0185-561-3 (IEC 62561-3)	Blitzschutzbauteile – Anforderungen an Trennfunkstrecken
VDE 0185-561-4 (IEC 62561-4)	Blitzschutzbauteile – Anforderungen an Halter
VDE 0185-561-5 (IEC 62561-5)	Blitzschutzbauteile – Anforderungen für Revisionskästen und Erderdurchführungen
VDE 0185-561-6 (IEC 62561-6)	Blitzschutzbauteile – Anforderungen an Blitzzähler
VDE 0185-561-7 (IEC 62561-7)	Blitzschutzbauteile – Anforderungen an Mittel zur Verbesserung der Erdung
VDE 0675-6-11 (IEC 61643-11)	Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen – Anforderungen und Prüfungen
VDE 0845-3-1 (IEC 61643-21)	Überspannungsschutz für den Einsatz in Telekommunikations- und signalverarbeitenden Netzwerken

Tabelle 1.2: Blitzschutz- und Überspannungsschutz-Komponenten

1.5.2 Hierarchie der Normen: international/europäisch/national

Wird eine internationale Norm (IEC) vom Europäischen Komitee für Normung (CEN) und dem Europäischen Komitee für elektrotechnische Normung (CENELEC) in eine Europäische Norm (EN) übernommen, dann müssen alle Mitgliedsstaaten diese Norm unverändert als nationale Norm (in Deutschland z. B. VDE) übernehmen.

1.5.3 Stand der nationalen deutschen Blitzschutznormen

Die VDE 0185-305-1 ... -4: 2011-10 ersetzt die VDE 0185-305-1...-4: 2006-11. Die Übergangsfrist ist seit dem 2. Januar 2014 beendet. (Bild 1.18)

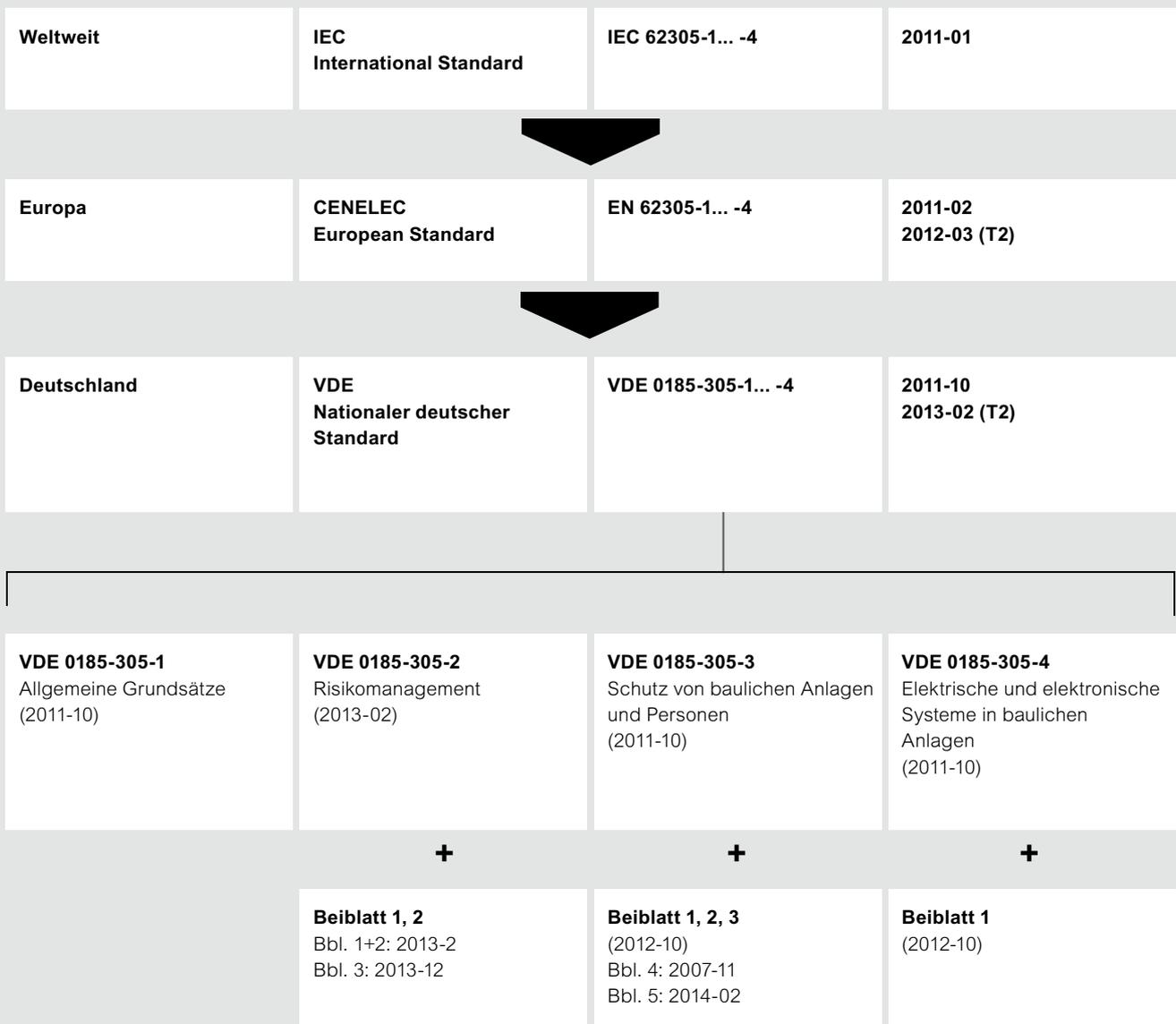


Bild 1.18: Hierarchie der Blitzschutznormung (international/europäisch/national) und Stand der deutschen Blitzschutznormung: Normung und Vorschriften

1.5.4 Verantwortung des Errichters

„Die Gesamtverantwortung über die elektrische Sicherheit hat der Inbetriebnehmer.“

Die Errichtung eines Blitzschutzsystems stellt häufig einen umfangreichen Eingriff in die elektrotechnische Infrastruktur eines Gebäudes dar. Das spiegelt sich in der Vielzahl der einzuhaltenden Normen und Vorschriften wider. Für deren ordnungsgemäße Erfüllung haftet der Errichter der Anlage über 30 Jahre, hinzu kommen Forderungen der Versicherer.

Der Fachbetrieb, der eine elektrische Anlage installiert, ist gesetzlich dazu verpflichtet, diese fehlerfrei zu übergeben. Nach Niederspannungsanschlussverordnung (NAV) darf der in das Installateurverzeichnis des Energieversorgers eingetragene Elektrotechniker nur geprüfte und ordnungsgemäße Anlagen an das öffentliche Energienetz anschließen.

Bitte beachten Sie auch die jeweiligen lokalen und gesetzlichen Forderungen. Je nach Anlagentyp zu beachtende Normen:

- Errichtung von Niederspannungsanlagen
 - VDE 0100-410 (IEC 60364-4-41)
 - VDE 0100-443 (IEC 60364-4-44)
 - VDE 0100-534 (IEC 60364-4-534)
- Prüfungen (Inbetriebnahmeprüfung) und Dokumentation
 - VDE 0100-600 (IEC 60364-6)
 - VDE 0105-100 (EN 50110-1)
- Anforderungen für Solar-PV-Stromversorgungssysteme
 - VDE 0100-712 (IEC 60634-7-712)
 - VDE 0126-23 (IEC 62446)

1.5.5 Verantwortung des Betreibers

Für den Anlagenbetreiber besteht die Verpflichtung, die Anlage fachgerecht warten, kontrollieren und instandhalten zu lassen. Diese regelmäßigen Wiederholungsprüfungen des elektrischen Anlagenteils dürfen nur durch Elektrofachkräfte erfolgen.

„Personen, Nutztiere und Sachwerte müssen gegen Schäden durch Überspannungen geschützt sein, die Folge von atmosphärischen Einwirkungen oder von Schaltüberspannungen sind.“

VDE 0100-100 (IEC 60364-1)





Bild 1.19: Gebäudeschäden durch direkten Blitzeinschlag

1.6 Wirtschaftliche Folgen von Blitz- und Überspannungsschäden

Wirtschaftliche Verluste können nur alleine betrachtet werden, wenn keine gesetzlichen oder versicherungstechnischen Forderungen für den Personenschutz bestehen. (Bild 1.19)

Durch die Zerstörung von elektrischen Geräten entstehen hohe Schäden, besonders bei:

- Computern und Servern
- Telefonanlagen
- Brandmeldesystemen
- Überwachungssystemen
- Aufzug, Garagentor- und Rolllädenantrieben
- Unterhaltungselektronik
- Küchengeräten

Hinzu kommen Kosten durch Ausfallzeiten und Folgeschäden bei:

- Datenverlust
- Produktionsausfall
- Ausfall der Erreichbarkeit (Web, Telefon, Fax)
- Defekt der Heizungsanlage
- Kosten durch Ausfall oder Fehlalarm bei Brand- oder Einbruchmeldeanlagen

Entwicklung der Schadenssummen

Die aktuellen Statistiken und Schätzungen der Sachversicherer zeigen: Die Höhe der Schäden durch Überspannungen ohne Folge- und Ausfallkosten hat aufgrund der gestiegenen Abhängigkeit von den elektronischen Helfern längst bedrohliche Ausmaße angenommen. Es ist daher nicht verwunderlich, dass die Sachversicherer Schadensfälle immer häufiger prüfen und Vorrichtungen zum Schutz vor Überspannungen vorschreiben. Informationen zu den Schutzmaßnahmen enthält z. B. die deutsche Richtlinie VdS 2010.

Jahr	Anzahl der Blitz- und Überspannungsschäden	Gezahlte Leistungen für Blitz- und Überspannungsschäden
1999	490.000	310 Millionen €
2006	550.000	340 Millionen €
2007	520.000	330 Millionen €
2008	480.000	350 Millionen €
2009	490.000	340 Millionen €
2010	330.000	220 Millionen €
2011	440.000	330 Millionen €
2012	410.000	330 Millionen €
2013	340.000	240 Millionen €
2014 ¹	410.000	340 Millionen €

Tabelle 1.3: Anzahl der Blitz- und Überspannungsschäden und gezahlte Leistungen der Hausrat- und Wohngebäudeversicherer; Quelle: GDV · Hochrechnung mittels Branchen- und Risikostatistik; Zahlen auf 10.000 bzw. 10 Millionen € gerundet. ¹ vorläufig

1.7 Blitzschutz-Risikoanalyse und Einteilung in Blitzschutzklassen

Die Bedrohung durch Blitzeinschläge kann durch eine Risikoanalyse nach VDE 0185-305-2 (IEC 62305-2) ermittelt werden. Das örtliche Risiko ermittelt sich aus der Beziehung zwischen der Häufigkeit eines Blitzeinschlags multipliziert mit der Wahrscheinlichkeit eines Schadens und dem Faktor Verlust bzw. der Schadenshöhe.

Abhängig von der Bedrohung durch Blitzeinschläge und der zu erwartenden Schäden wird die für das zu schützende Gebäude erforderliche Blitzschutzklasse berechnet. In Deutschland bietet die DIN EN 62305-2 drei nationale Beiblätter mit zusätzlichen Informationen zum Risikomanagement, u. a. das Beiblatt 2 - Berechnungshilfen zur Abschätzung des Schadensrisikos für bauliche Anlagen, um die oft komplizierte Abschätzung des Schadensrisikos zu erleichtern.

Alternativ kann die erforderliche Blitzschutzklasse auf Basis von statistischen Daten bestimmt werden, z. B. mithilfe der Schadensstatistik der Sachversicherungen. Dabei ist die Wirksamkeit in der Blitzschutzklasse I mit 98 % am höchsten und in der Blitzschutzklasse IV mit 81% oder 79% am niedrigsten definiert. **(Bild 1.20)**

Der Aufwand zum Errichten eines Blitzschutzsystems (z. B. notwendiger Schutzwinkel, Abstände von Maschen und Ableitungen) ist bei Anlagen der Blitzschutzklasse I höher als bei Systemen der Blitzschutzklasse IV.

Gefährdungspegel (LPL = lightning protection level)	Schutzklasse (LPS = class of lightning protection system)
I	I
II	II
III	III
IV	IV

Tabelle 1.4: Gegenüberstellung LPL und LPS

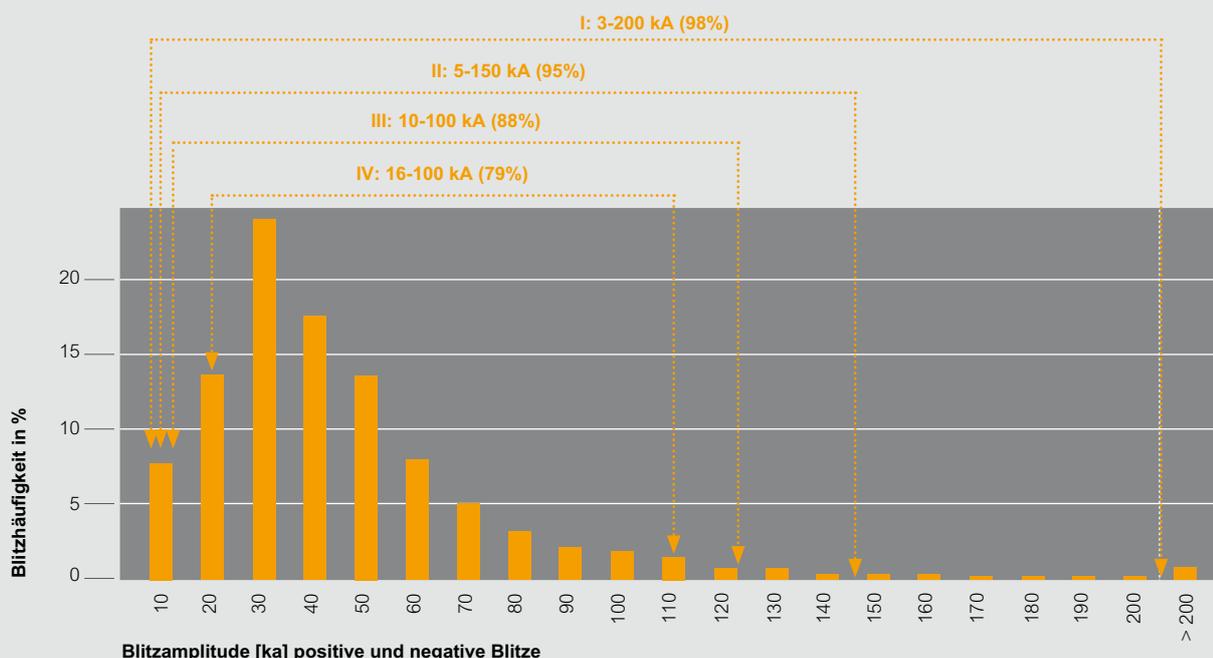


Bild 1.20: Blitzstromparameter entsprechend dem Gefährdungspegel LPL nach DIN VDE 0185-305-1

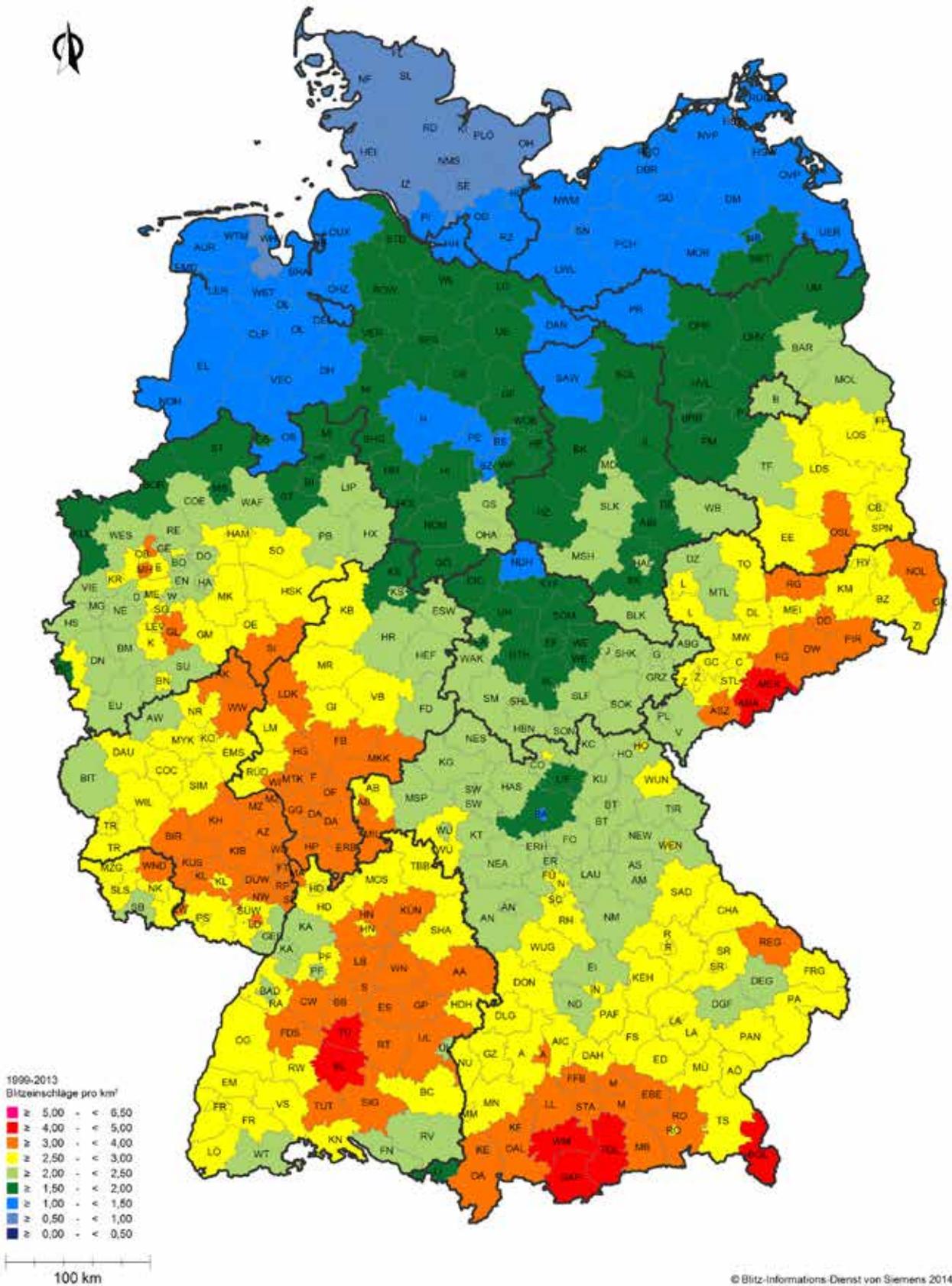
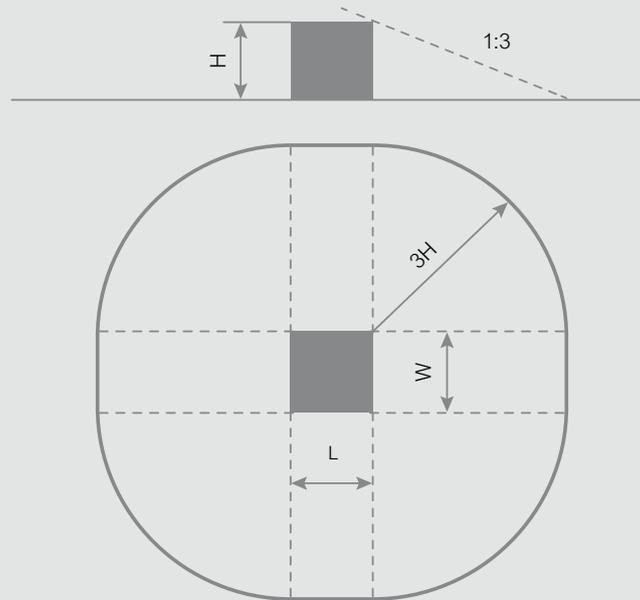


Bild 1.21: Blitzhäufigkeit in Deutschland. Quelle: www.siemens.com



H	Höhe der baulichen Anlage
W	Weite der baulichen Anlage
L	Länge der baulichen Anlage

Bild 1.22: Äquivalente Einfangfläche für direkte Blitzeinschläge

Die Leistungsfähigkeit des Blitzschutzsystems wird durch die Einteilung in die Blitzschutzklassen I bis IV abgebildet:

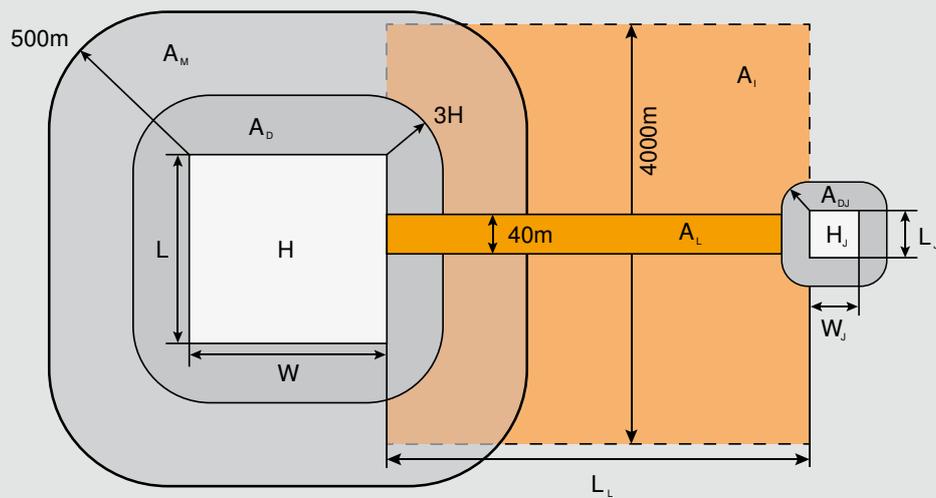
- Blitzschutzklasse I = höchster Schutzbedarf, z. B. Krankenhäuser
- Blitzschutzklasse II = hoher Schutzbedarf, Explosionsgefährdete Bereiche
- Blitzschutzklasse III = niedriger Schutzbedarf, Wohnhäuser
- Blitzschutzklasse IV = niedrigster Schutzbedarf (wird in Deutschland nicht angewendet)

1.7.1 Blitzhäufigkeit nach Region

In vielen Ländern sind nationale Daten zur Häufigkeit von Blitzeinschlägen verfügbar. So bietet in Deutschland, Österreich und der Schweiz das BLIDS-Ortungssystem regional bezogene Daten an. Die deutsche DIN EN 62305-2 liefert im nationalen Beiblatt 1 weitere Daten. Es wird nach Norm empfohlen, diese Werte zu verdoppeln. (Bild 1.21)

1.7.2 Äquivalente Einfangfläche

Bei der Risikoanalyse wird neben der realen Fläche der baulichen Anlage die äquivalente Einfangfläche als blitzgefährdeter Bereich betrachtet. (Bild 1.22) Bei baulichen Anlagen führen direkte und nahe Blitzeinschläge zu Einkopplungen in das Gebäude. Die äquivalente Einfangfläche entspricht einem Kreis mit dem Radius der dreifachen Gebäudehöhe um die Gebäudegrundfläche. Blitzeinschläge in und neben die eingeführten Versorgungsleitungen können Schäden verursachen.



L	Länge der baulichen Anlage
W	Breite der baulichen Anlage
H	Höhe der baulichen Anlage
A_D	Äquivalente Fangfläche der baulichen Anlage
A_M	Äquivalente Fangfläche der Einkopplungen durch magnetische Wirkung (Gebäude)
A_L	Äquivalente Fangfläche der Versorgungsleitungen
A_J	Äquivalente Fangfläche der Einkopplungen durch magnetische Wirkung (Leitung)

Bild 1.23: Äquivalente Einfangfläche indirekte Blitzeinschläge

Die äquivalente Einfangfläche für indirekte Blitzeinschläge entspricht einem Kreis mit dem Radius 500m um die Gebäudegrundfläche und einem Abstand von 2000 m um die Versorgungsleitung. (Bild 1.23)

1.7.3 Abschätzung des Schadensrisikos

Das Schadensrisiko wird anhand der Blitzbedrohungsdaten und der möglichen Schäden ermittelt. Je höher das Risiko eines Blitzeinschlags und die zu erwartenden Schäden sind, desto leistungsfähiger muss das Blitzschutzsystem ausgeführt werden.

Blitzbedrohungsarten:

- Blitzhäufigkeit nach Region
- Äquivalente Einfangfläche

Mögliche Schäden:

- Verletzung oder Tod von Personen
- Unannehmbare Ausfall von Dienstleistungen
- Verlust von unersetzlichen Kulturgütern
- Wirtschaftlicher Verlust

Einsatzbereich	Blitzschutzklasse nach VDE 0185-305 (IEC 62305)
Rechenzentren, militärische Bereiche, Kernkraftwerke	I
Ex-Bereiche bei Industrie und Chemie	II
Photovoltaik-Anlagen > 10 kW	III
Museen, Schulen, Hotels mit mehr als 60 Betten	III
Krankenhäuser, Kirchen, Lager, Versammlungsstätten für mehr als 100 bzw. 200 Personen	III
Verwaltungsgebäude, Verkaufsstätten, Büro- und Bankgebäude mit über 2000 m² Fläche	III
Wohngebäude mit mehr als 20 Wohnungen, Hochhäuser mit über 22 m Gebäudehöhe	III
Photovoltaik (< 10 kW)	III

Tabelle 1.5: Auszug aus der Richtlinie VdS 2010: Blitzschutzklassen I bis IV

1.7.4 Empirische Zuordnung der Blitzschutzklassen

Eine Möglichkeit zum Bestimmen der Blitzschutzklassen ist die Zuordnung der Gebäude auf Basis von statistischen Daten. In Deutschland gibt der Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV) die Richtlinie VdS 2010 (Risikoorientierter Blitz- und Überspannungsschutz) heraus, die Hilfestellung bei dieser Zuordnung bietet. (Tabelle 1.5)

1.7.5 Wirtschaftlichkeitsberechnung von Blitzschutzanlagen

Für bauliche Anlagen ohne Personengefährdung kann die Notwendigkeit für Blitzschutzmaßnahmen aus wirtschaftlicher Sicht betrachtet werden.

Auf der einen Seite steht die Wahrscheinlichkeit eines Blitzeinschlages sowie die Höhe des resultierenden Schadens. Dem gegenüber stehen die durch Schutzmaßnahmen verminderten Blitzschäden sowie die Kosten der Blitzschutzanlage.

1.7.5.1 Kosten ohne Blitzschutzanlage

Bei einem Gebäude ohne Blitzschutzmaßnahmen ergeben sich die jährlichen Kosten aus dem Produkt von Eintrittswahrscheinlichkeit und den zu erwartenden Sachschäden eines Blitzeinschlages. (Bild 1.24)

1.7.5.2 Kosten mit Blitzschutzanlage

Bei einem Gebäude mit Blitzschutzmaßnahmen wird die Eintrittswahrscheinlichkeit von Schäden gesenkt. Die jährlichen Kosten ergeben sich aus dem Produkt von gesenkter Eintrittswahrscheinlichkeit, den zu erwartenden Sachschäden eines Blitzeinschlages und den jährlichen Kosten für die Blitzschutzanlage.

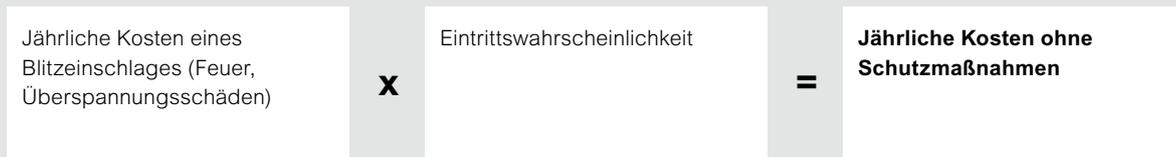
1.7.5.3 Gegenüberstellung der Kosten durch Blitzschäden mit und ohne Blitzschutzanlage

Zur Prüfung der Wirtschaftlichkeit von Blitzschutzmaßnahmen werden die jährlichen Kosten bei ungeschützten Gebäuden mit den jährlichen Kosten bei geschützten Gebäuden verglichen. (Bild 1.24)

Hinweis

Eine exakte Berechnung mit vielen weiteren Parametern ist mittels einer Risikoanalyse nach VDE 0185-305-2 (IEC 62305-2) durchzuführen.

Wirtschaftlichkeit ohne Blitzschutzanlage



Wirtschaftlichkeit mit Blitzschutzanlage

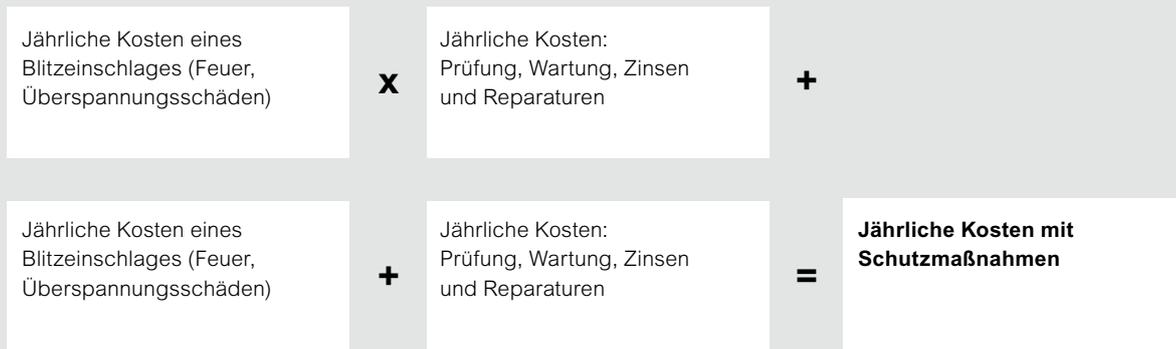


Bild 1.24: Risikomanagement

Beispiel (Blitzschäden ohne Blitzschutzanlage)

- Wert Gebäude mit Inhalt: 500.000 €
- Blitzeinschläge pro Jahr: $\leq 1,6$ pro km² (Verdopplung $\leq 3,2$ pro km²)
- Gebäudegröße: 10 m lang, 20 m breit, 10 m hoch
- Fangfläche: 4827 m²

Risiko Eintrittswahrscheinlichkeit

- $3,2 / 1.000.000 \text{ m}^2 \times 4827 \text{ m}^2 = 0,015$ (= alle 66 Jahre) / theoretischer Wert

Jährliche Schäden bei ungeschütztem Gebäude

- $500.000 \text{ €} \times 0,01$ (Totalverlust) = 5000 € pro Jahr

Beispiel (Blitzschäden mit Blitzschutzanlage)

- Wert Gebäude mit Inhalt: 500.000 €
- Blitzeinschläge pro Jahr: $\leq 1,6$ pro km² (Verdopplung $\leq 3,2$ pro km²)
- Gebäudegröße: 10 m lang, 20 m breit, 10 m hoch
- Fangfläche: 4827 m²

Risiko Eintrittswahrscheinlichkeit

- Blitzschutzklasse 3 = 88 % Schutzwirkung = Restrisiko 12 % (0,12)
- Risiko Eintrittswahrscheinlichkeit: $3,2 \times 12 \% / 1.000.000 \text{ m}^2 \times 4827 \text{ m}^2 = 0,002$ (= alle 500 Jahre)
- **Jährliche Schäden bei geschütztem Gebäude (ohne Kosten für Blitzschutz-Anlage)**
- $500.000 \text{ €} \times 0,0018 = 900 \text{ €}$ pro Jahr

Berechnung der jährlichen Kosten für die Blitzschutz-Anlage

- Kosten der Blitzschutzanlage: 10.000 €
- Kosten/Abschreibungsdauer (20 Jahre): 500 €/Jahr
- jährliche Zinsbelastung durch die Investition (5 %): 500 €
- jährliche Wartungskosten für die Blitzschutzanlage (5 %): 500 €
- **Jährliche Gesamtkosten für die Blitzschutzanlage: 1.500 €**

Jährliche Kosten mit Schutzmaßnahmen (mit Kosten für Blitzschutz-Anlage)

- **Jährliche Schäden: 900 € pro Jahr**
- **Jährliche Gesamtkosten für die Blitzschutzanlage: 1.500 €**
- **Gesamtkosten: 2.400 € pro Jahr**

Beispiel

Durch geeignete Blitzschutzmaßnahmen konnten die jährlichen Kosten um 3.100 € gesenkt werden.



Bild 1.25: BET-Testgenerator



Bild 1.26: BET-SO₂-Prüfanlage

1.8 Blitz- und Überspannungsschutzbauteile im Prüflabor

Im BET-Testcenter werden Blitz- und Überspannungsschutzbauteile, Blitzschutzstrukturen und Überspannungsschutzeinrichtungen durch hochqualifizierte Spezialisten normgerecht geprüft. Darüber hinaus wird hier die Auswirkung von Blitzereignissen wissenschaftlich untersucht. (Bild 1.25)

Das BET verfügt über einen Prüfgenerator für Blitzstromprüfungen mit bis zu 200 kA und einen Hybridgenerator für Stoßspannungsprüfungen mit bis zu 20 kV.

Zu den Aufgaben gehören entwicklungsbegleitende Prüfungen an Neuentwicklungen und Modifikationen von OBO Überspannungsschutzgeräten nach der Prüfnorm VDE 0675-6-11 (IEC 61643-11). Die Prüfungen für Blitzschutzbauteile werden nach DIN EN 62561-1 (IEC 62561-1) und an Trennfunkstrecke nach DIN EN 62561-3 (IEC 62561-3) durchgeführt.

Am Hybridgenerator werden Datenleitungsschutzgeräte nach VDE 0845-3-1 (IEC 61643-21) Überspannungsschutz für den Einsatz in Telekommunikations- und signalverarbeitenden Netzwerken geprüft.

Folgende normgerechte Prüfungen sind durchführbar:

- Blitzschutzbauteile nach EN 62561-1
- Trennfunkstrecken nach EN 62561-3
- Blitzstromzähler nach EN 62561-6
- Überspannungsschutzgeräte nach EN 61643-11
- Datenleitungsschutzgeräte nach EN 61643-21
- Umweltprüfung nach EN ISO 9227 (neutrale Dauersalznebelprüfprüfung)
- Umweltprüfung nach EN 60068-2-52 (zyklische Salznebelprüfprüfung) (Bild 1.26)
- Umweltprüfung nach EN ISO 6988 (SO₂ Schadgasprüfung)
- IP-Schutzart nach EN 60592
- Zugfestigkeit nach EN 10002-1

Aber auch kundenspezifische Anforderungen und Prüfungen, die nicht durch Normen abgedeckt sind, können bis zu folgenden Parametern geprüft werden:

- Blitzstromimpulse (10/350) bis zu 200 kA, 100 As und 10 MA²s
- Stoßstromimpulse (8/20) bis zu 200 kA 8/20
- Kombinierte Stöße (1,2/50) bis zu 20 kV
- Kombinierte Stöße (10/700) bis zu 10 kV
- Folgestromanlage 255 V, 50 Hz, bis zu 3 kA
- Isolationsmessung bis zu 5 kV AC, 50 Hz und bis zu 6 kV DC
- Leitfähigkeitsmessungen bis zu 63 A, 50 Hz
- Zug- und Druckfestigkeiten bis zu 100 kN

1.9 Komponenten des Blitz- und Überspannungsschutzes

Jedes Blitz- und Überspannungsschutzsystem besteht aus folgenden Bereichen: (Bild 1.27)

1. Fangeinrichtungs- und Ableitungssysteme

Fangeinrichtungs- und Ableitungssysteme fangen direkte Blitzeinschläge mit einer Energie von bis zu 200.000 A zuverlässig ein und leiten sie sicher an die Erdungsanlage ab.

2. Erdungssysteme

Erdungssysteme geben ca. 50 % des abgeleiteten Blitzstroms ins Erdreich ab, die andere Hälfte wird über den Potentialausgleich verteilt.

3. Potentialausgleichssysteme

Potentialausgleichssysteme bilden die Schnittstelle zwischen äußerem und innerem Blitzschutz. Sie sorgen dafür, dass im Gebäude keine gefährlichen Potentialunterschiede entstehen.

4. Überspannungsschutzsysteme

Überspannungsschutzsysteme bilden eine mehrstufige Barriere, an der keine Überspannung vorbeikommt.

OBO bietet die Bauteile für umfassende Blitz- und Überspannungsschutzsysteme an. Die normkonformen und geprüften Komponenten bieten Schutz und Sicherheit in höchster Qualität für Wohnhäuser bis hin zu Industrieanlagen mit explosionsgefährdeten Bereichen an.

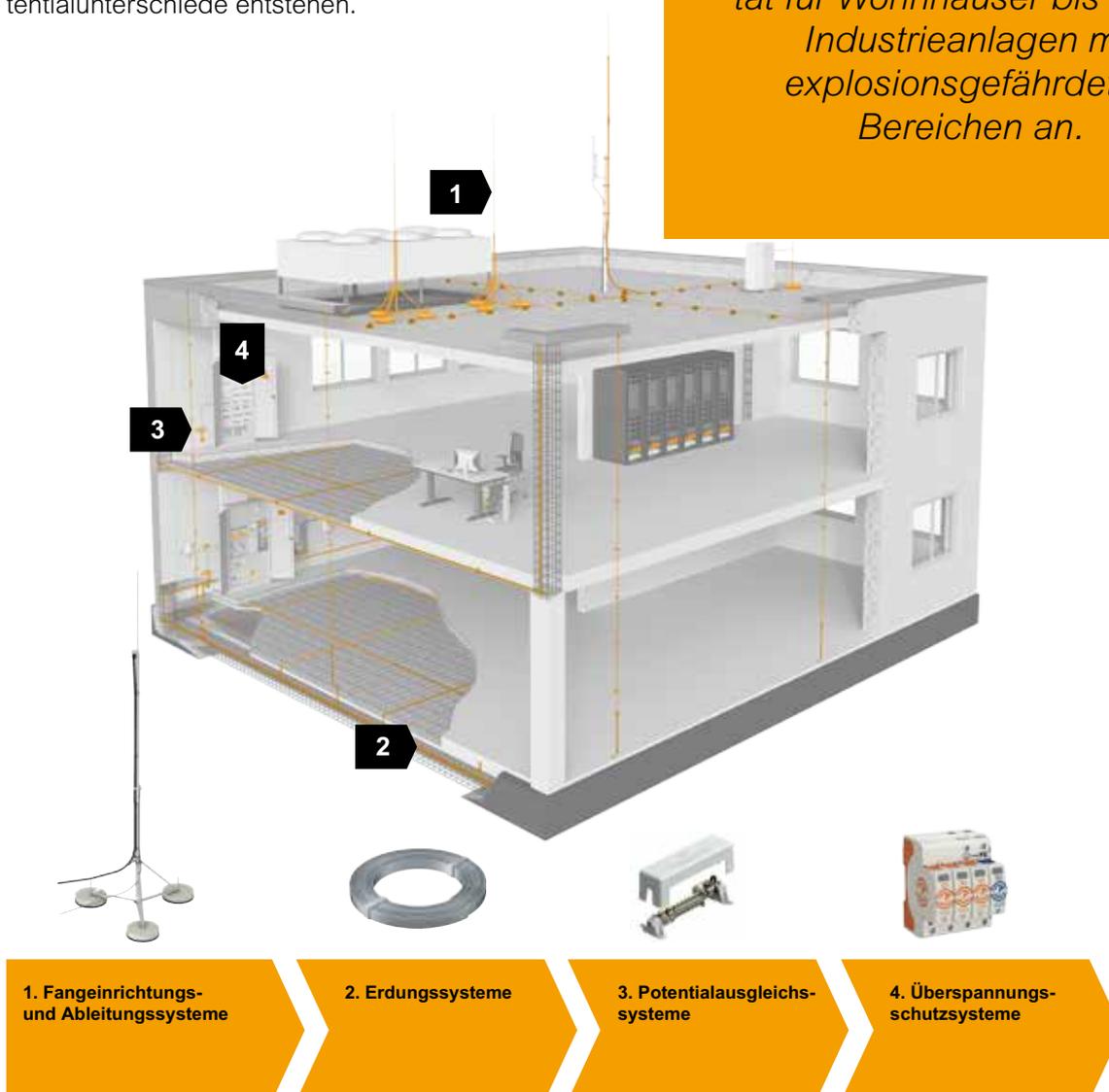


Bild 1.27: Komponenten des Blitz- und Überspannungsschutzes

2

Der Blitzstrom muss durch das Blitzschutzsystem eingefangen und abgeleitet werden und bildet beim direkten Einschlag den Brandschutz für das Gebäude. Die Fangeinrichtungen bieten einen optimalen Einschlagpunkt und sind über die Ableitungen mit der Erdungsanlage verbunden. Damit wird ein leitfähiger Übergang für die Blitzströme ins Erdreich realisiert. Die Fangeinrichtungen bilden Schutzräume, die z.B. durch das sogenannte „Blitzkugelverfahren“ ermittelt werden können.

Neben der Fangeinrichtung und den Ableitungen gehört zum äußeren Blitzschutzsystem das Erdungssystem. Die Blitzströme müssen ohne Funkenbildung und Überschläge in andere metallene Installationen sicher in das Erdungssystem eingeleitet werden. Die Verbindung in das Gebäude bildet das Potentialausgleichs-System.

Kapitel 2: Das äußere Blitzschutzsystem

2.	Das äußere Blitzschutzsystem	38
2.1	Fangeinrichtungen	38
2.1.1	Planungsmethoden für Fangeinrichtungen	39
2.1.1.1	Blitzkugelverfahren	40
2.1.1.2	Schutzwinkelverfahren	44
2.1.1.3	Maschenverfahren	46
2.1.2	Temperaturbedingte Längenänderung	47
2.1.3	Äußerer Blitzschutz für Dachaufbauten	48
2.1.4	Nutzung natürlicher Bestandteile	49
2.1.5	Trennungsabstand	52
2.1.6	Windlast	56
2.1.7	Ausführungen von Fangeinrichtungen	61
2.1.7.1	Isolierte, hochspannungsfeste Fangeinrichtungen	61
2.1.7.1.1	Isolierte Fangmasten mit außenliegender isCon®-Leitung	62
2.1.7.1.2	Isolierte Fangmasten mit innenliegender isCon®-Leitung	62
2.1.7.2	Getrennte Fangeinrichtungen	64
2.1.7.2.1	Fangmasten aus Aluminium	64
2.1.7.2.2	Tele-Fangmastsysteme	65
2.1.7.2.3	GFK-Stangen	66
2.1.7.3	Installationsprinzip Gebäude mit Flachdach	68
2.1.7.4	Installationsprinzip Gebäude mit Satteldach/Spitzdach	72
2.2	Ableitungen	76
2.2.1	Planungsmethoden	77
2.2.1.1	Anzahl und Anordnung	77
2.2.1.2	Nutzung natürlicher Bestandteile	80
2.2.1.3	Hochspannungsfeste, isolierte Ableitung	82
2.2.2	Ausführungen von Ableitungen	84
2.2.2.1	Nicht getrenntes Blitzschutzsystem	84
2.2.2.2	Getrenntes Blitzschutzsystem	84
2.2.2.3	Hochspannungsfeste Ableitung - isCon	86
2.3	Erdungssysteme	98
2.3.1	Planungsmethoden	99
2.3.1.1	Typ A - Tiefenerder	100
2.3.1.2	Typ B - Ringerder	102
2.3.1.3	Typ B - Fundamenterder	104
2.3.2	Ausführungen	107
2.3.2.1	Tiefenerder	108
2.3.2.2	Schwarze Wanne	109
2.3.2.3	Weißer Wanne	109
2.3.2.4	Perimeterdämmung	110
2.3.2.5	Potentialsteuerung	113
2.4	Werkstoffe und Korrosionsschutz	115
2.4.1	Werkstoffe für Fangeinrichtungs- und Ableitungssysteme	116
2.4.2	Werkstoffe für Erdungssysteme	118
2.5	Geprüfte Blitzschutzbauteile	119

2. Das äußere Blitzschutzsystem

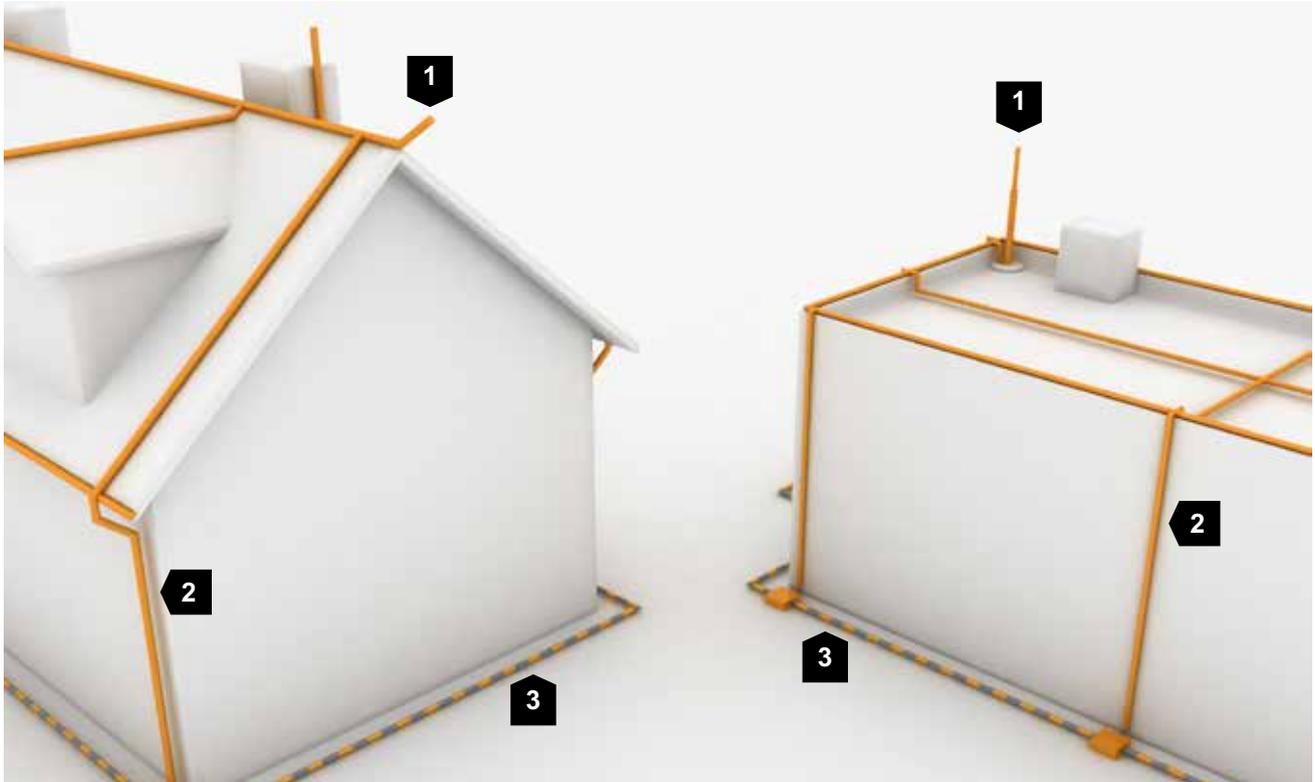
Das äußere Blitzschutzsystem besteht aus Fangeinrichtungen, Ableitungen und dem Erdungssystem. Hiermit erfüllt es die Anforderungen, Direkteinschläge von Blitzen einzufangen, den Blitzstrom zur Erde abzuleiten und diesen im Erdreich zu verteilen. (Bild 2.1)

2.1 Fangeinrichtungen

Fangeinrichtungen sind der Teil des Blitzschutzsystems, der die bauliche Anlage vor direkten Blitzeinschlägen schützt.

Fangeinrichtungen bestehen aus einer beliebigen Kombination der folgenden Bestandteile:

- Fangstangen (einschließlich freistehender Masten) (Bild 2.2)
- gespannte Seile
- vermaschte Leiter



1	Fangeinrichtung
2	Ableitung
3	Erdungssystem

Bild 2.1: Bestandteile eines äußeren Blitzschutzsystems

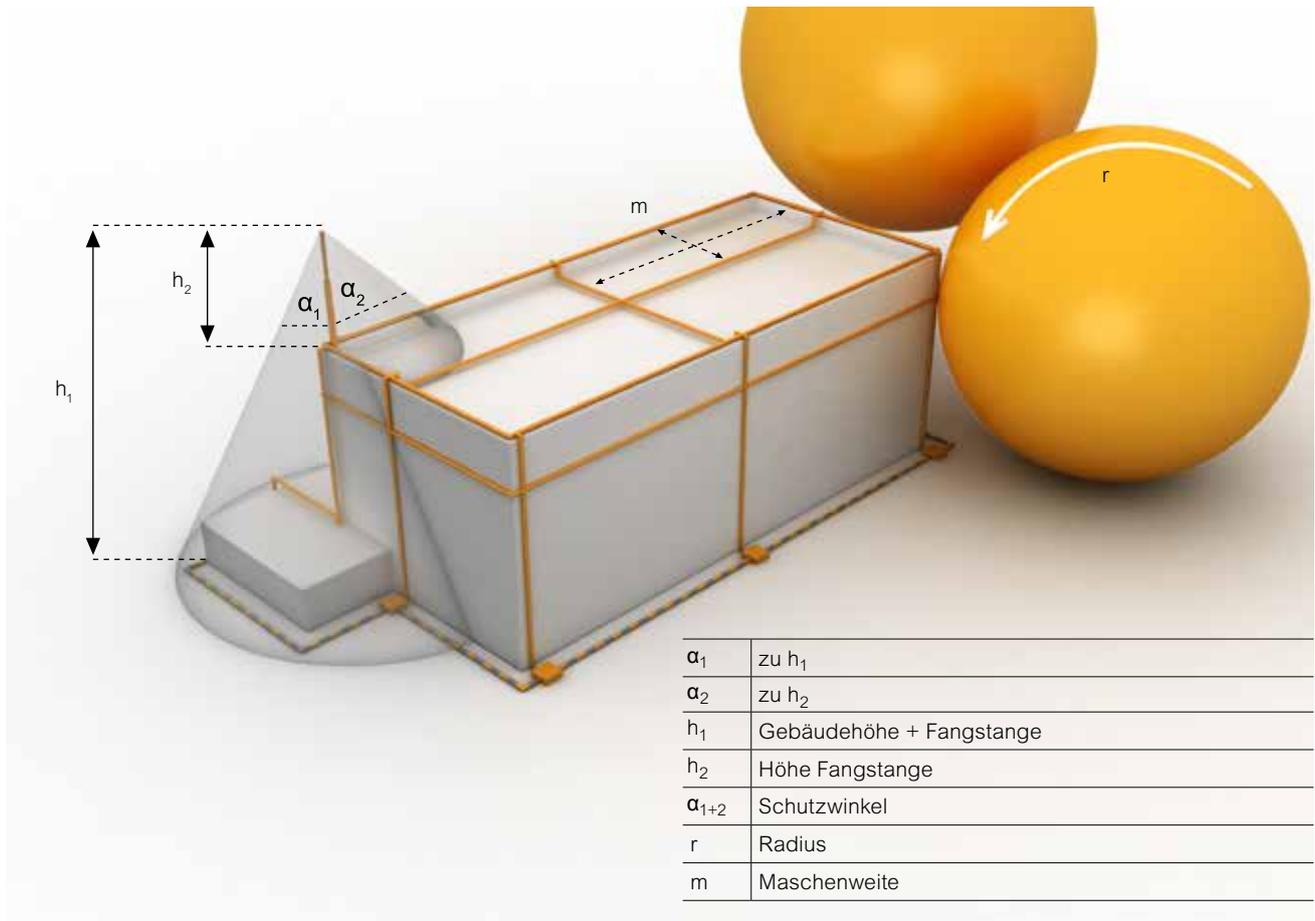


Bild 2.2: Planung mit dem Schutzwinkel-, Maschen- und Blitzkugelverfahren

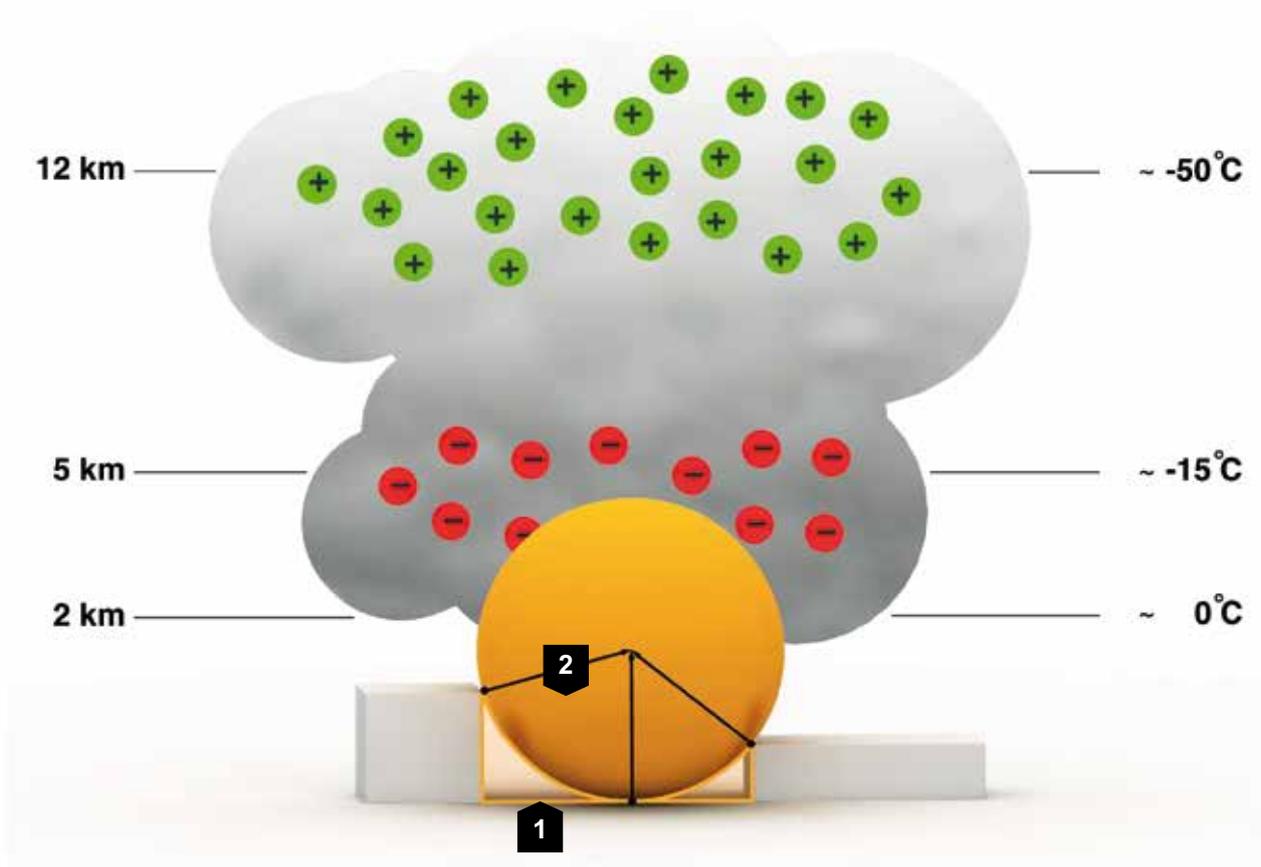
Das Blitzkugelverfahren ist das einzige aus dem elektrogeometrischen Blitzmodell abgeleitete und physikalisch begründete Verfahren zur Planung von Fangeinrichtungen.

Daher sollte auf dieses zurückgegriffen werden, wenn beim Schutzwinkelverfahren oder Maschenverfahren Unsicherheiten auftreten.

2.1.1 Planungsmethoden für Fangeinrichtungen

Abhängig von der praktischen Bewertung der baulichen Anlage wird eine oder eine Kombination der folgenden Planungsmethoden gewählt:

- Blitzkugelverfahren (besonders für komplexe Anlagen geeignet)
- Schutzwinkelverfahren (einfache Planung, z. B. für Fangstangen)
- Maschenverfahren (einfache Planung, z. B. für Flachdächer) (Bild 2.2)



1	geschützter Bereich
2	einschlagsgefährdeter Bereich

Bild 2.3: Elektrisch-geometrisches Blitzmodell/Blitzkugelverfahren

2.1.1.1 Blitzkugelverfahren (Bild 2.3)

Aufgrund von Ladungstrennung entsteht ein Potentialunterschied zwischen Wolken und Erde und verursacht einen Leitblitz mit Leitblitzkopf. Von diversen Punkten wie Bäumen, Häusern oder Antennen starten Fangentladungen in Richtung Leitblitzkopf. An dem Punkt, dessen Fangentladung den Leitblitzkopf als erstes erreicht, kommt es zu einem Enddurchschlag. Demnach müssen alle Punkte auf der Oberfläche einer Kugel mit dem Radius der Enddurchschlagstrecke und dem Leitblitzkopf als Mittelpunkt vor direktem Blitzeinschlag geschützt werden. Diese Kugel wird im folgenden Blitzkugel genannt. Der Radius der Blitzkugel wird durch die Blitzschutzklasse der zu schützenden Gebäude bestimmt. (Bild 2.4)

Die Blitzkugel rollt über das Objekt – die Berührungspunkte stellen mögliche Einschlagstellen des Blitzes dar.

Gefährdungspegel (LPL = lightning protection level)	Radius der Blitzkugel
I	20 m
II	30 m
III	45 m
IV	60 m

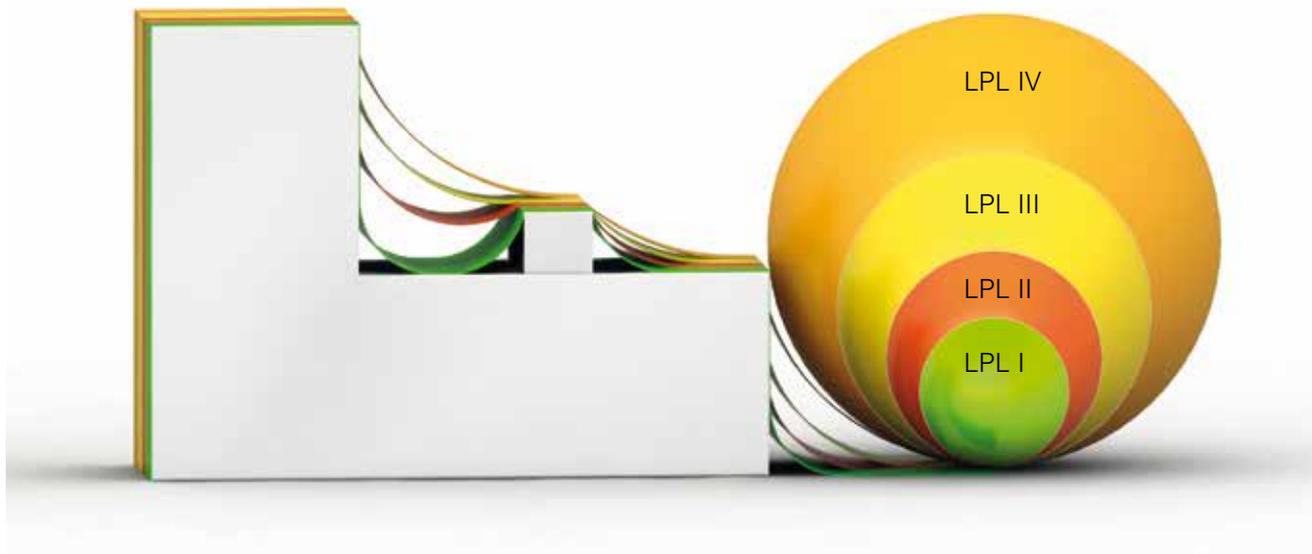


Bild 2.4: Blitzkugelradius in Abhängigkeit von der Blitzschutzklasse

Mit modernen CAD-Programmen kann die Blitzkugel im dreidimensionalen Raum über die gesamte zu schützende Anlage gerollt werden. So werden z. B. bei Gebäuden der Blitzschutzklasse I Flächen und Punkte durch die Kugel berührt, die bei Gebäuden der Blitzschutzklasse II (bzw. III oder IV) noch im geschützten Bereich liegen. (Bild 2.5) Mit dem Blitzkugelverfahren kann die zu schützende Anlage in unterschiedliche äußere Blitzschutzzonen („Lightning Protection Zones“ = LPZ bzw. "Lightning Protection Level" = LPL) unterteilt werden:

LPZ 0A

Gefährdung durch direkte Blitzeinschläge und das gesamte elektromagnetische Feld des Blitzes.

LPZ 0B

Geschützt gegen direkte Blitzeinschläge, aber gefährdet durch das gesamte elektrische Feld des Blitzes.

Hinweis

An baulichen Anlagen, die höher als der Blitzkugelradius sind, können Seiteneinschläge auftreten. Bei Anlagen mit einer Höhe ($h < 60\text{m}$) ist jedoch die Wahrscheinlichkeit eines Seiteneinschlages vernachlässigbar.

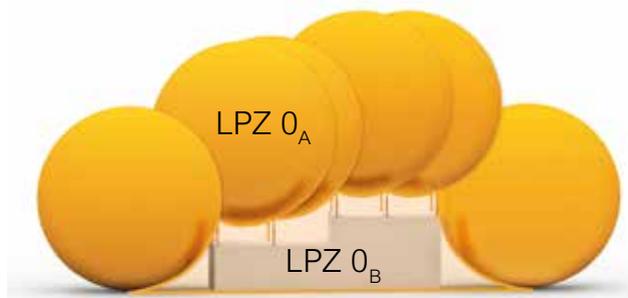


Bild 2.5: Blitzkugelverfahren und resultierende Blitzschutzzonen (LPZ)

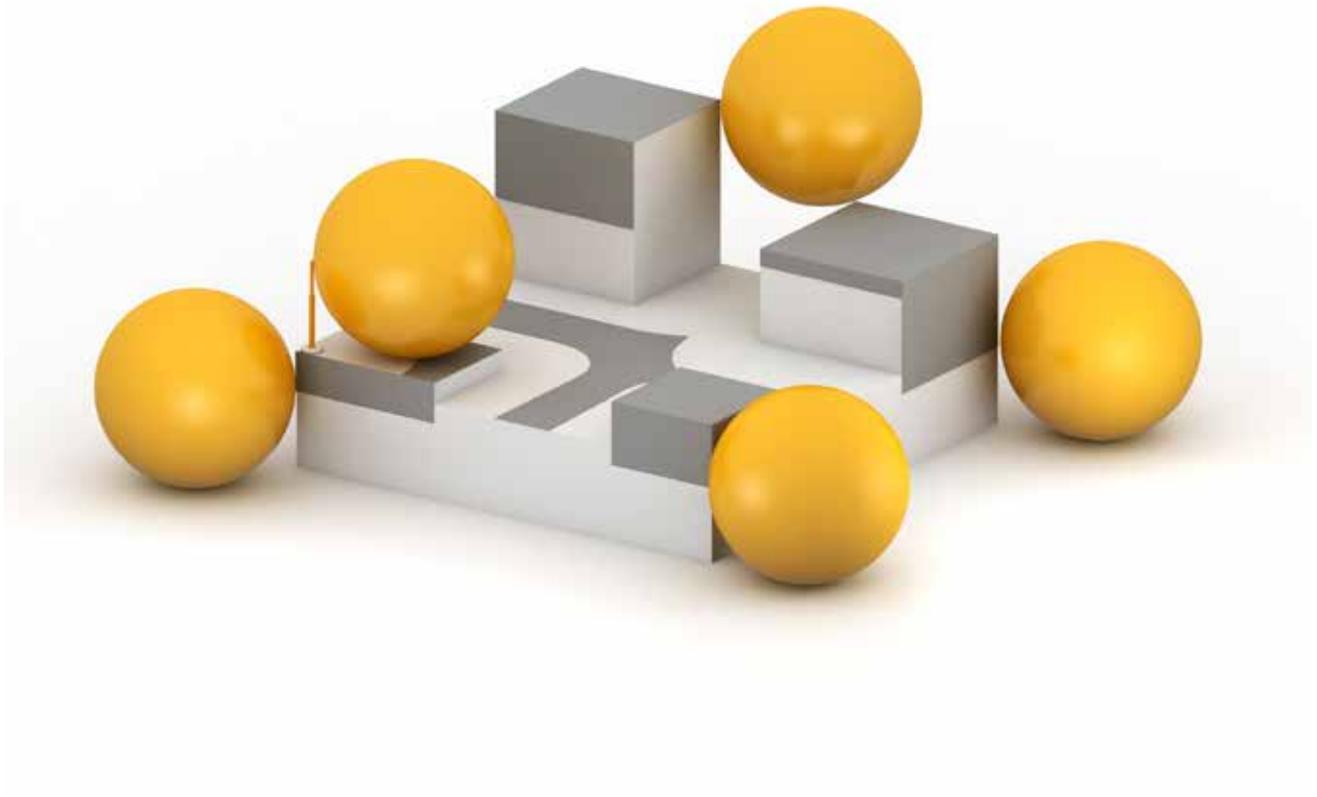
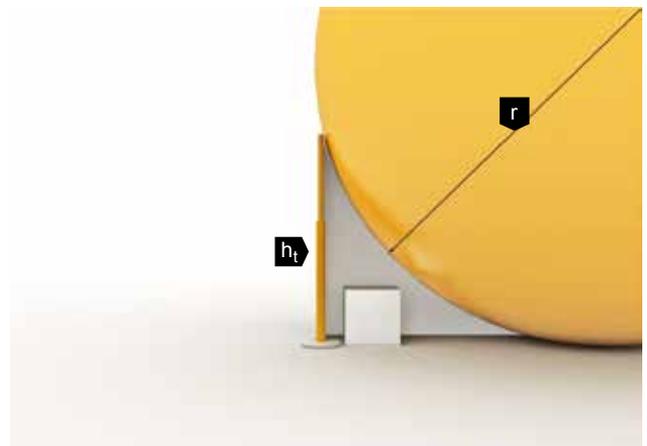


Bild 2.6: Blitzkugelverfahren (dunkelgraue Bereiche sind einschlagsgefährdet)

Das zu schützende Gebäude muss so mit Fangeinrichtungen ausgestattet werden, dass eine Kugel mit einem gemäß den Blitzschutzklassen angegebenen Kugelradius (siehe Bild 2.6) das Gebäude nicht berühren kann. In den dunkelgrauen Bereichen müssen Fangeinrichtungen installiert werden.

Mithilfe des Blitzkugelverfahrens können die erforderlichen Längen der Fangstangen sowie die Abstände zwischen den Fangstangen dimensioniert werden. (Bild 2.7, Bild 2.8) Diese sind so anzuordnen, dass alle Teile der zu schützenden Anlage im Schutzbereich der Fangeinrichtung liegen.



h_t	Fangstange
r	Blitzkugelradius

Bild 2.7: Schutzbereich einer Fangstange anhand des Blitzkugelverfahrens

Dachaufbauten mit mehreren Fangstangen absichern

Wenn Sie mehrere Fangstangen verwenden, um ein Objekt abzusichern, müssen Sie die Eindringtiefe zwischen den Fangstangen berücksichtigen. Nutzen Sie für einen schnellen Überblick Tabelle 2.1 oder verwenden Sie zur Berechnung der Eindringtiefe die folgende Formel:

$$p = r - \sqrt{r^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}$$

Formel zur Berechnung der Eindringtiefe

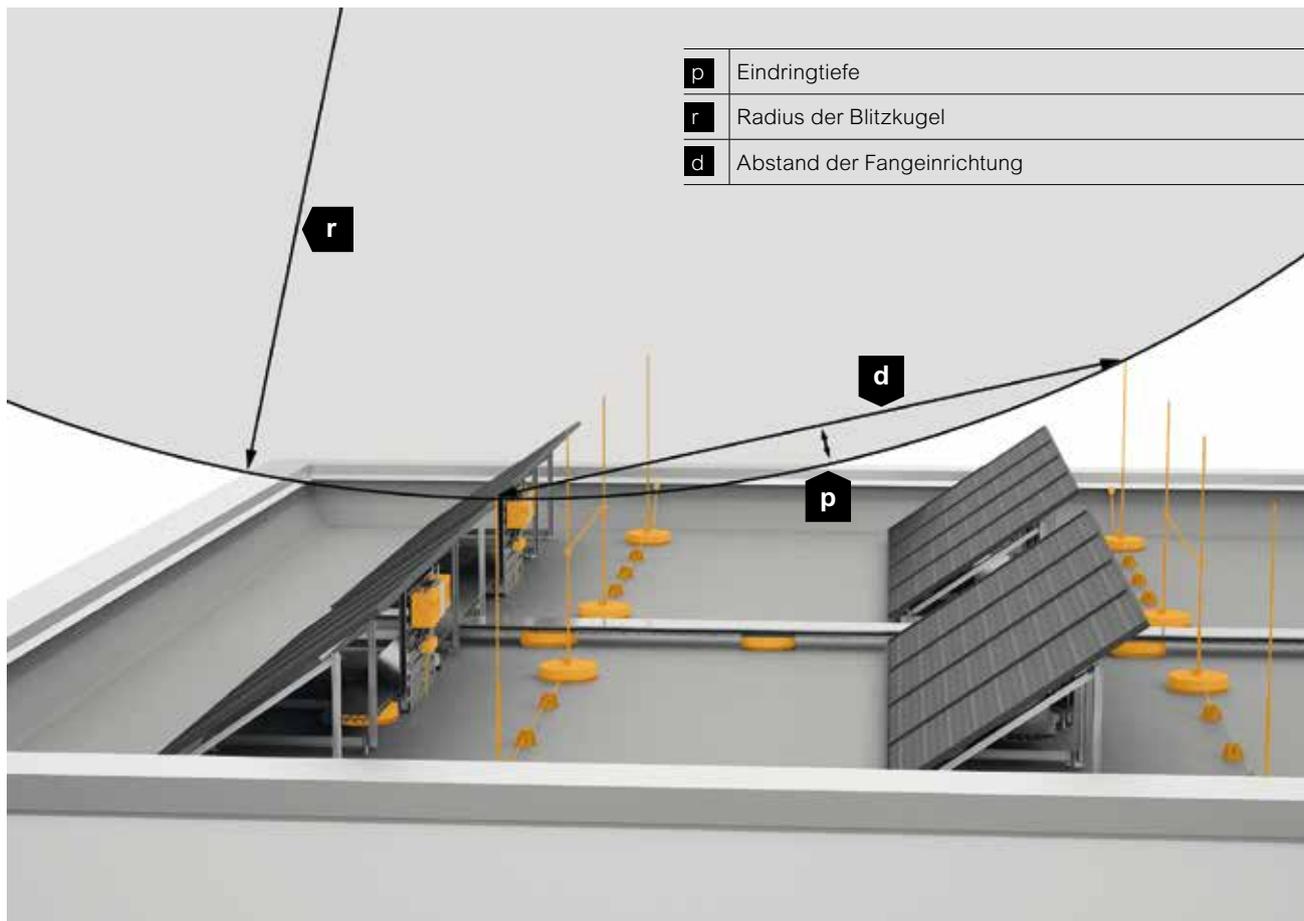


Bild 2.8: Eindringtiefe (p) der Blitzkugel zwischen den Fangstangen

Abstand der Fangeinrichtung (d) in m	Eindringtiefe Blitzschutzklasse I Blitzkugel: r=20 m	Eindringtiefe Blitzschutzklasse II Blitzkugel: r=30 m	Eindringtiefe Blitzschutzklasse III Blitzkugel: r=45 m	Eindringtiefe Blitzschutzklasse IV Blitzkugel: r=60 m
2	0,03	0,02	0,01	0,01
3	0,06	0,04	0,03	0,02
4	0,10	0,07	0,04	0,04
5	0,16	0,10	0,07	0,05
10	0,64	0,42	0,28	0,21
15	1,46	0,96	0,63	0,47
20	2,68	1,72	1,13	0,84

Tabelle 2.1: Eindringtiefe (p) nach der Blitzschutzklasse gemäß VDE 0185-305 (IEC 62305)

α	Schutzwinkel
s	Trennungsabstand

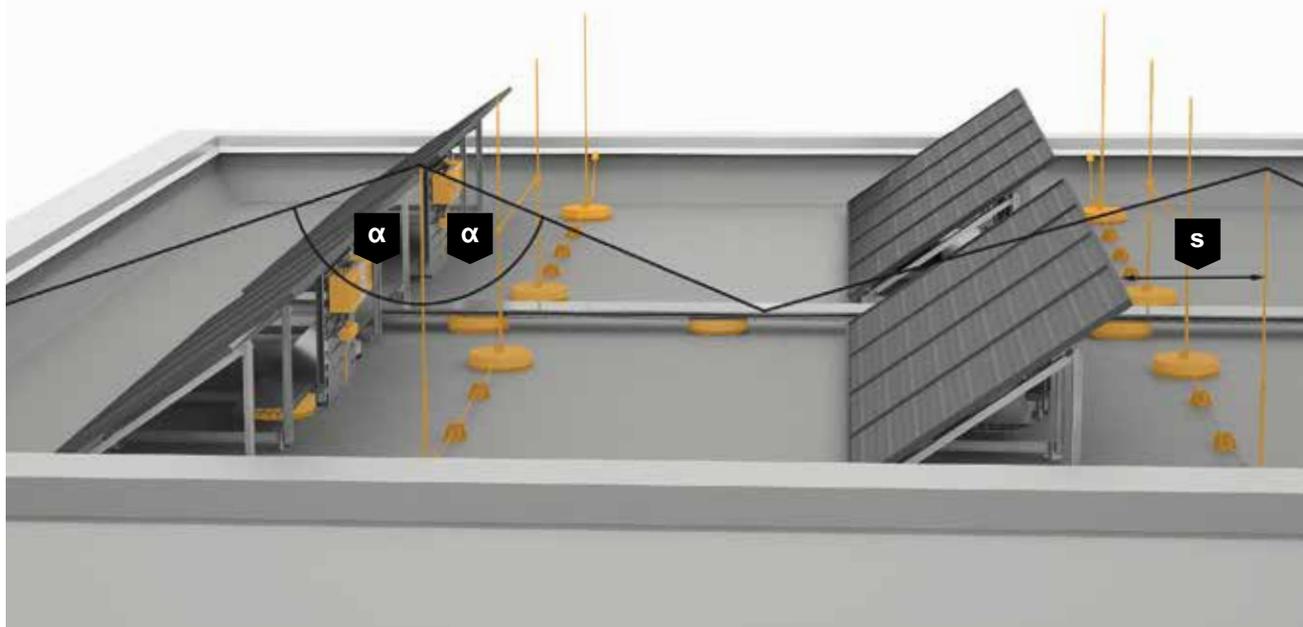


Bild 2.9: Schutzwinkel und Trennungsabstand von Fangstangen an einer Photovoltaik-Anlage

2.1.1.2 Schutzwinkelverfahren (Bild 2.9)

Die Verwendung des Schutzwinkelverfahrens ist nur für einfache oder kleine Gebäude sowie einzelne Gebäudeteile empfehlenswert.

Das Schutzwinkelverfahren sollte daher nur dort zum Einsatz kommen, wo bereits Fangstangen für den Schutz des Gebäudes sorgen, die mittels Blitzkugelverfahren oder Maschenverfahren platziert wurden. Gut geeignet ist das Schutzwinkelverfahren für die Platzierung von Fangstangen, die nur einige herausragende Gebäudeteile oder Konstruktionen zusätzlich schützen sollen.

Alle Dachaufbauten müssen durch Fangstangen abgesichert werden. Hierzu ist es notwendig, den Trennungsabstand (s) zwischen geerdeten Dachaufbauten und metallenen Systemen einzuhalten.

Hat der Dachaufbau eine leitende Fortführung ins Gebäude (z. B. durch ein Edelstahlrohr mit Anbindung an die Lüftungs- oder Klimaanlage), so muss die Fangstange im Trennungsabstand (s) zum schützenden Objekt aufgestellt werden. Durch den Abstand wird der Überschlag des Blitzstroms und eine gefährliche Funkenbildung sicher verhindert.

Die Verwendung des Schutzwinkelverfahrens ist nur für einfache oder kleine Gebäude sowie Gebäudeteile empfehlenswert.

α	Schutzwinkel
1	LPZ 0 _A : Gefährdung durch direkte Blitzeinschläge
2	LPZ 0 _B : Geschützt gegen direkte Blitzeinschläge aber gefährdet
3	h_1 : Höhe der Fangstange

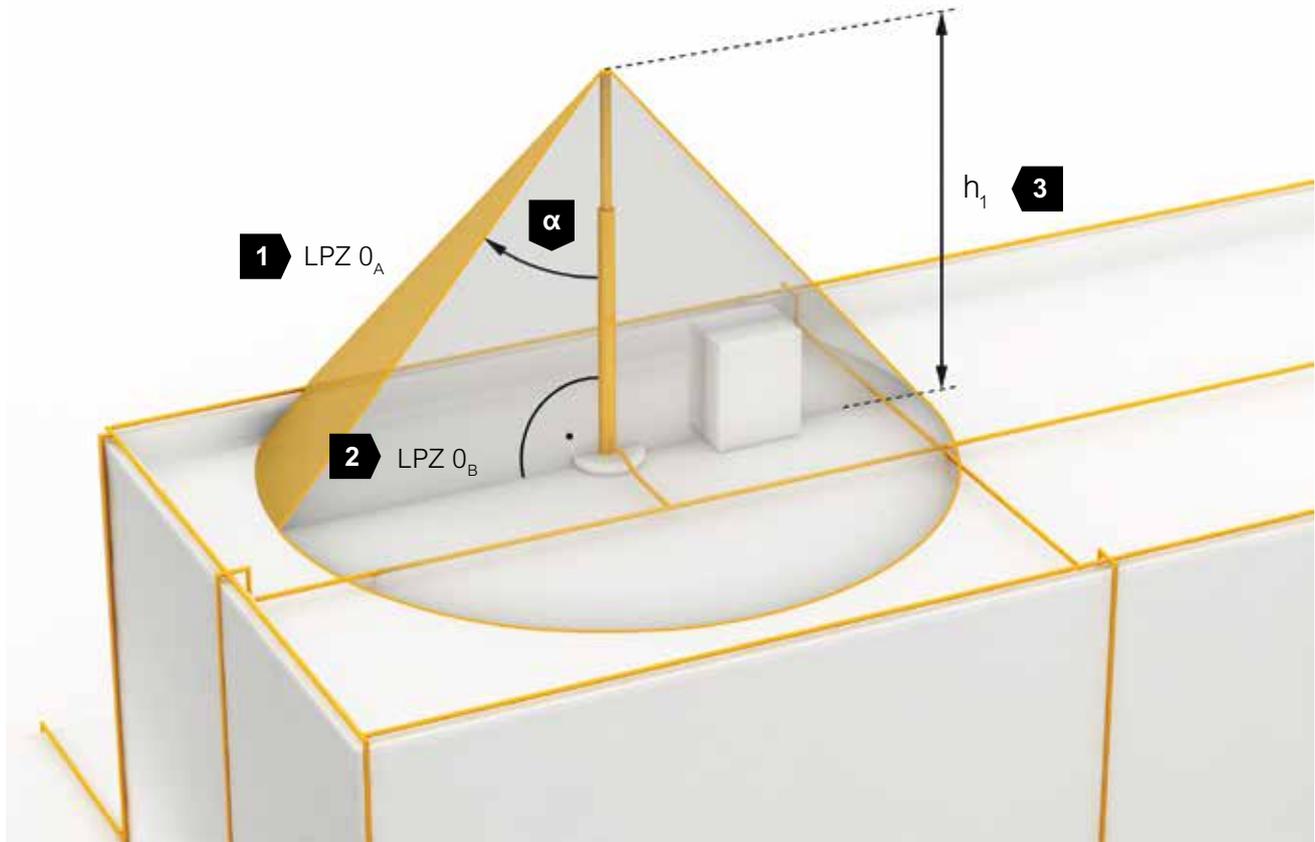


Bild 2.10: Mit dem vereinfachten Schutzwinkelverfahren errechnete geschützte Fläche einer Fangstange.

Der Schutzwinkel (α) für Fangstangen variiert je nach Blitzschutzklasse. Für die gebräuchlichsten Fangstangen bis 2 m Länge finden Sie den Schutzwinkel (α) in der Tabelle. (Tabelle 2.2)

Die zu schützende Konstruktion (Gebäudeteil, Gerät usw.) muss so mit einer Fangstange oder mehreren Fangstangen ausgestattet werden, dass die Konstruktion durch die Spitzen der Fangstangen hindurch unter den mit einem der entnommenen Winkel (Diagramm S.70) konstruierten Kegelmantel fällt. Als geschützte Bereiche können die durch die waagerechte Ebene begrenzten Bereiche (Dachoberfläche) und die durch den Kegelmantel umschlossenen Bereiche angesehen werden. (Bild 2.10)

Blitzschutzklasse	Schutzwinkel α für Fangstangen bis 2 m Länge
I	70°
II	72°
III	76°
IV	79°

Tabelle 2.2: Schutzwinkel nach Blitzschutzklasse nach VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3) für Fangstangen bis zu 2 Metern Länge

l	Gebäudelänge
m	Maschenweite

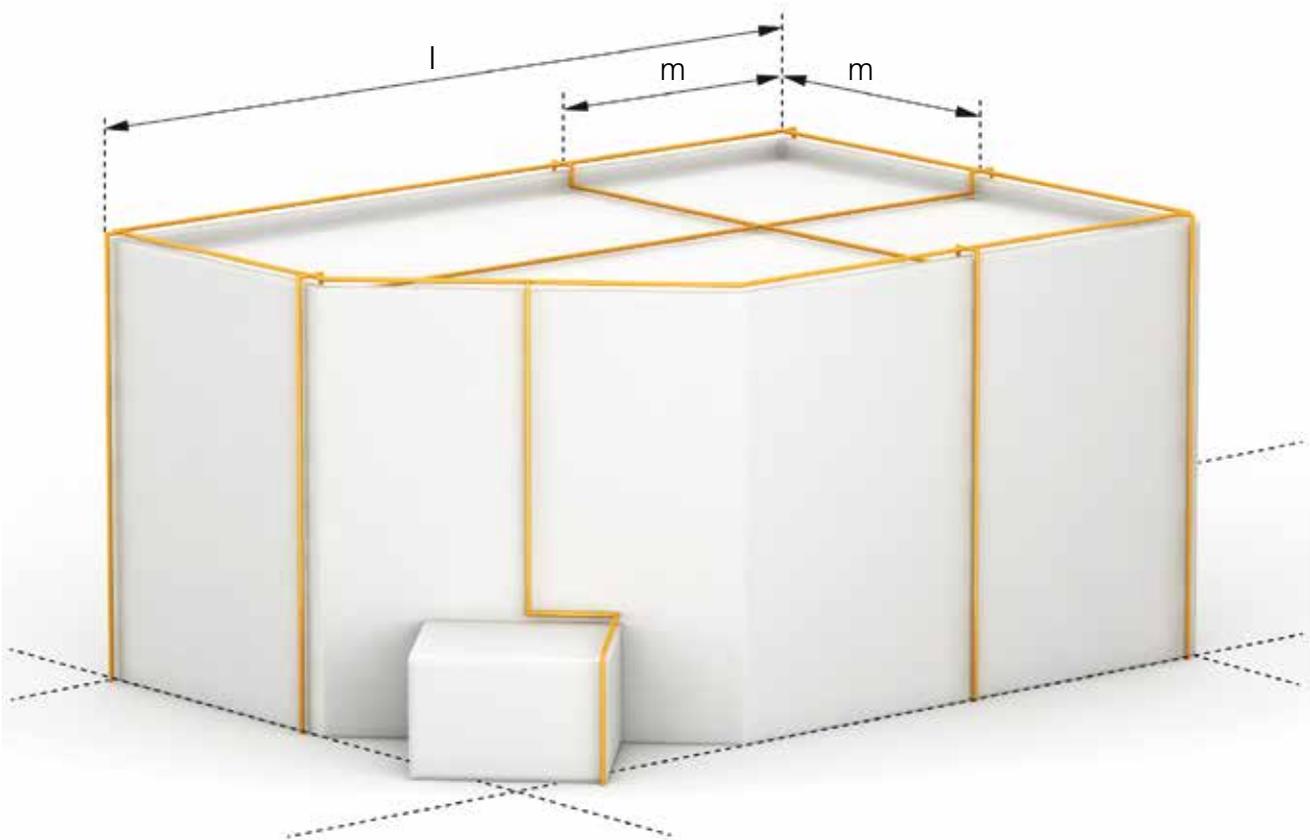


Bild 2.11: Maschensystem auf einem Flachdach

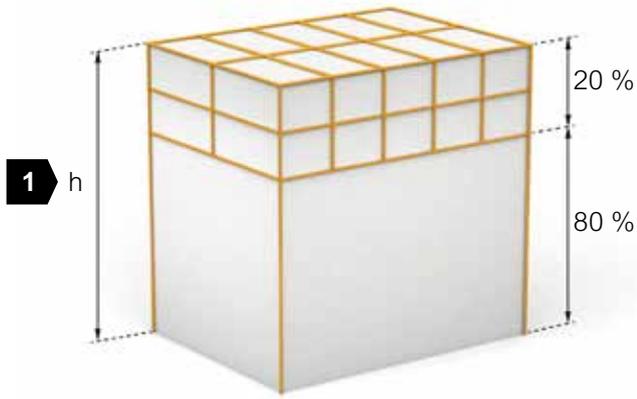
2.1.1.3 Maschenverfahren (Bild 2.11)
Verlegung der Maschen

Je nach Blitzschutzklasse des Gebäudes gelten unterschiedliche Maschenweiten. In unserem Beispiel hat das Gebäude die Blitzschutzklasse III. Damit darf eine Maschenweite m von 15 x 15 m nicht überschritten werden. Ist die Gesamtlänge l wie in unserem Beispiel größer als der empfohlene Abstand aus Tabelle 2.3, muss ein Dehnungsstück für temperaturbedingte Längenänderungen eingefügt werden.

Das Maschenverfahren kann universell nur auf Basis der Blitzschutzklasse eingesetzt werden.

Klasse	Maschenweite
I	5 x 5 m
II	10 x 10 m
III	15 x 15 m
IV	20 x 20 m

Tabelle 2.3: Maschenweite nach Blitzschutzklasse



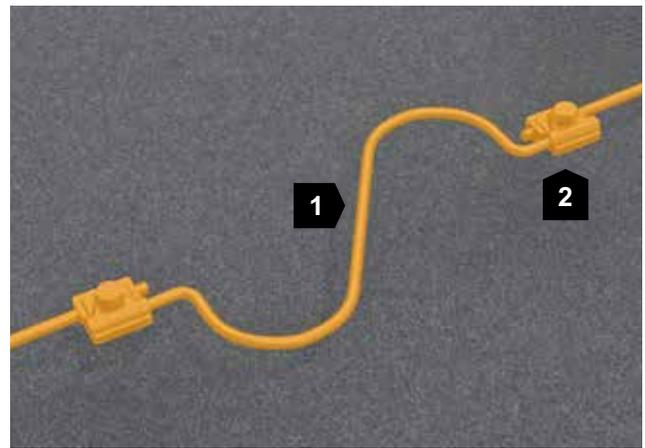
1 Gebäudehöhe $h > 60$ m

Bild 2.12: Maschenverfahren und Schutz gegen seitlichen Einschlag

Schutz gegen seitlichen Einschlag

Ab einer Gebäudehöhe von 60 m und dem Risiko von großen Schäden (z. B. bei elektrischen oder elektronischen Einrichtungen) empfiehlt sich die Errichtung einer Ringleitung gegen seitlichen Einschlag.

Der Ring wird auf 80 % der Gebäudegesamthöhe installiert, die Maschenweite richtet sich – wie bei der Verlegung auf dem Dach – nach der Blitzschutzklasse, z. B. entspricht Blitzschutzklasse III einer Maschenweite von 15 x 15 m. (Bild 2.12)



1 Dehnungstück
2 Klemme

Bild 2.13: Blitzschutzmasche mit Dehnungstück

2.1.2 Temperaturbedingte Längenänderung

Bei höheren Temperaturen ändert sich z. B. im Sommer die Länge der Fangeinrichtungen oder Ableitungen. Diese temperaturbedingten Längenänderungen müssen bei der Montage berücksichtigt werden. Die Dehnungstücke (Bild 2.13) müssen durch die Geometrie (z. B. S-förmig) oder als flexible Leitung einen flexiblen Längenausgleich herstellen. Für die Praxis haben sich zum Einsatz der Dehnungstücke die in Tabelle 2.4 angegebenen Abstände bewährt.

Werkstoff	Abstand Dehnungstücke m
Stahl	15
Edelstahl	10
Kupfer	10
Aluminium	10

Tabelle 2.4: Dehnungstücke zur Kompensation der temperaturbedingten Längenänderung

2.1.3 Äußerer Blitzschutz für Dachaufbauten

Dachaufbauten müssen in das äußere Blitzschutzsystem nach VDE 0185-305 (IEC 62305-3) einbezogen werden, wenn sie die in **Tabelle 2.5** angegebenen Werte überschreiten.

Dachaufbauten	Dimensionen
metallisch	0,3 m über dem Dachniveau 1,0 m ² Gesamtfläche 2,0 m Länge des Aufbaus
nichtmetallisch	0,5 m über der Fangeinrichtung

Tabelle 2.5: Einbindung von Dachaufbauten

Rauch-Wärme-Abzug-Lichtkuppeln (RWA) sind vor direkten Blitzeinschlägen zu schützen. Überspannungsschutzgeräte bewahren die elektrischen Antriebe vor Schäden durch induktive Einkopplungen.





Bild 2.14: Natürliche Bestandteile (hier Attikablech) für Fangeinrichtungen, VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3)

2.1.4 Nutzung natürlicher Bestandteile

Befinden sich leitfähige Elemente auf dem Dach, so kann es sinnvoll sein, diese als natürliche Fangeinrichtung zu nutzen. (Bild 2.14)

Natürliche Bestandteile für Fangeinrichtungen nach VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3) können sein:

- Verkleidungen aus Metallblech (z. B. Attika)
- Metallene Bestandteile (z. B. Träger, durchverbundene Bewehrung)
- Metallene Teile (z. B. Regenrinnen, Verzierungen, oder Geländer)
- Metallene Rohre und Behälter

Der elektrische Durchgang zwischen den verschiedenen Teilen muss dauerhaft gewährleistet sein, z. B. durch Hartlöten, Schweißen, Quetschen, Falzen, Schrauben oder Nieten. Bedingung hierfür ist, dass keine leitende Verbindung in das Gebäudeinnere existiert. Die Blitzschutzklasse ist in diesem Falle nicht von Bedeutung bei der Wahl einer natürlichen Fangeinrichtung.

Von der Schutzklasse unabhängige Kenndaten:

- Mindestdicke von Metallblechen oder Metallrohren bei Fangeinrichtungen
- Werkstoffe und ihre Einsatzbedingungen
- Werkstoffe, Form und Mindestmaße von Fangeinrichtungen, Ableitungen und Erden
- Mindestmaße von Verbindungsleitern



Bild 2.15: Mögliche Ausführung der Verbindung der metallenen Attika-Abdeckung durch Überbrückung mit flexibler Leitung.

Zum blitzstromtragfähigen Anschluss von metallenen Dachelementen (z. B. Attiken) gibt es diverse Überbrückungs- und Anschlussbauteile. (Bild 2.15) Je nach Produkt können diese normkonform am Dachelement montiert werden. Hierzu stellt die Anwendungsnorm verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. (Bild 2.16)

Metallabdeckungen zum Schutz der Außenwand können als natürlicher Bestandteil der Fangeinrichtung verwendet werden, wenn ein Durchschmelzen am Einschlagpunkt des Blitzes akzeptiert wird. (Tabelle 2.6)

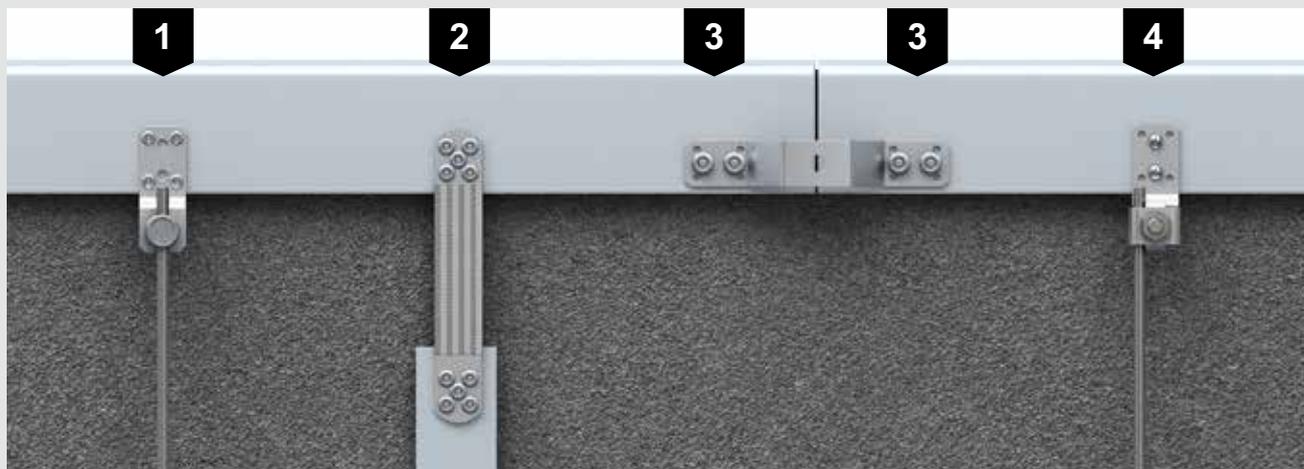


Bild 2.16: Verschraubung der metallenen Attika-Abdeckung, Quelle: VDE 0185-305-3, Beiblatt 1:2012-10

1	4 Blindnieten von 5 mm Durchmesser
2	5 Blindnieten von 3,5 mm Durchmesser
3	2 Blindnieten von 6 mm Durchmesser
4	2 Blechtreiberschrauben von 6,3 mm Durchmesser aus nichtrostendem Stahl, z. B. Werkstoffnummer 1.4301

Werkstoff	Dicke t mm (verhindert Durchlöchern, Überhitzung und Entzündung)	Dicke t mm (wenn das Verhindern von Durchlöcherung, Überhitzung und Entzündung nicht wichtig ist)
Blei	-	2,0
Stahl (rostfrei/verzinkt)	4	0,5
Titan	4	0,5
Kupfer	5	0,5
Aluminium	7	0,65
Zink	-	0,7

Tabelle 2.6: Mindestdicke von Metallblechen oder Metallrohren in Fangeinrichtungen nach VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3) Schutzklasse LPS: I bis IV



Bild 2.17: Korrekt eingehaltener Trennungsabstand (s) zwischen Ableitungseinrichtungen und Dachaufbauten

2.1.5 Trennungsabstand (s)

Alle metallischen Teile eines Gebäudes sowie elektrisch betriebene Geräte und deren Zuleitungen müssen mit in den Blitzschutz einbezogen werden. Diese Maßnahme ist notwendig, um gefährliche Funkenbildung zwischen der Fangeinrichtung und Ableitung einerseits sowie den metallischen Gebäudeteilen und Elektrogeräten andererseits zu vermeiden.

(Bild 2.17)

Was ist der Trennungsabstand?

Ist ein genügend großer Abstand zwischen dem vom Blitzstrom durchflossenen Leiter und den metallischen Gebäudeteilen vorhanden, so ist die Gefahr der Funkenbildung so gut wie ausgeschlossen. Dieser Abstand wird als Trennungsabstand (s) bezeichnet.

Bauteile mit direkter Verbindung zur Blitzschutz-Anlage

Innerhalb von Gebäuden mit durchverbundenen, bewehrten Wänden und Dächern oder mit durchverbundenen Metallfassaden und Metalldächern ist die Einhaltung eines Trennungsabstandes nicht notwendig. Metallische Komponenten, die keine leitende Fortführung in das zu schützende Gebäude haben und deren Abstand zum Leiter des äußeren Blitzschutzes weniger als einen Meter beträgt, müssen direkt mit der Blitzschutz-Anlage verbunden werden. Hierzu zählen zum Beispiel metallische Gitter, Türen, Rohre (mit nicht brennbarem bzw. explosivem Inhalt), Fassadenelemente usw.



Bild 2.18: Blitzschutz-Ableitung an einem Regenfallrohr



Bild 2.19: Direkter Anschluss der PV-Montagegestelle an die Blitzschutz-Ableitung

Anwendungsbeispiel 1: Blitzschutz (Bild 2.18)

Situation

Metallische Konstruktionen wie Montagegestelle (Bild 2.19), Gitter, Fenster, Türen, Rohre (mit nicht brennbarem bzw. explosivem Inhalt) oder Fassadenelemente ohne leitende Fortführung in das Gebäude.

Lösung

Verbinden der Blitzschutz-Anlage mit den metallischen Komponenten.

Leitungen, die in das Gebäude geführt werden, können Blitzteilströme führen. Am Gebäudeeintritt muss ein Blitzschutz-Potentialausgleich ausgeführt werden.

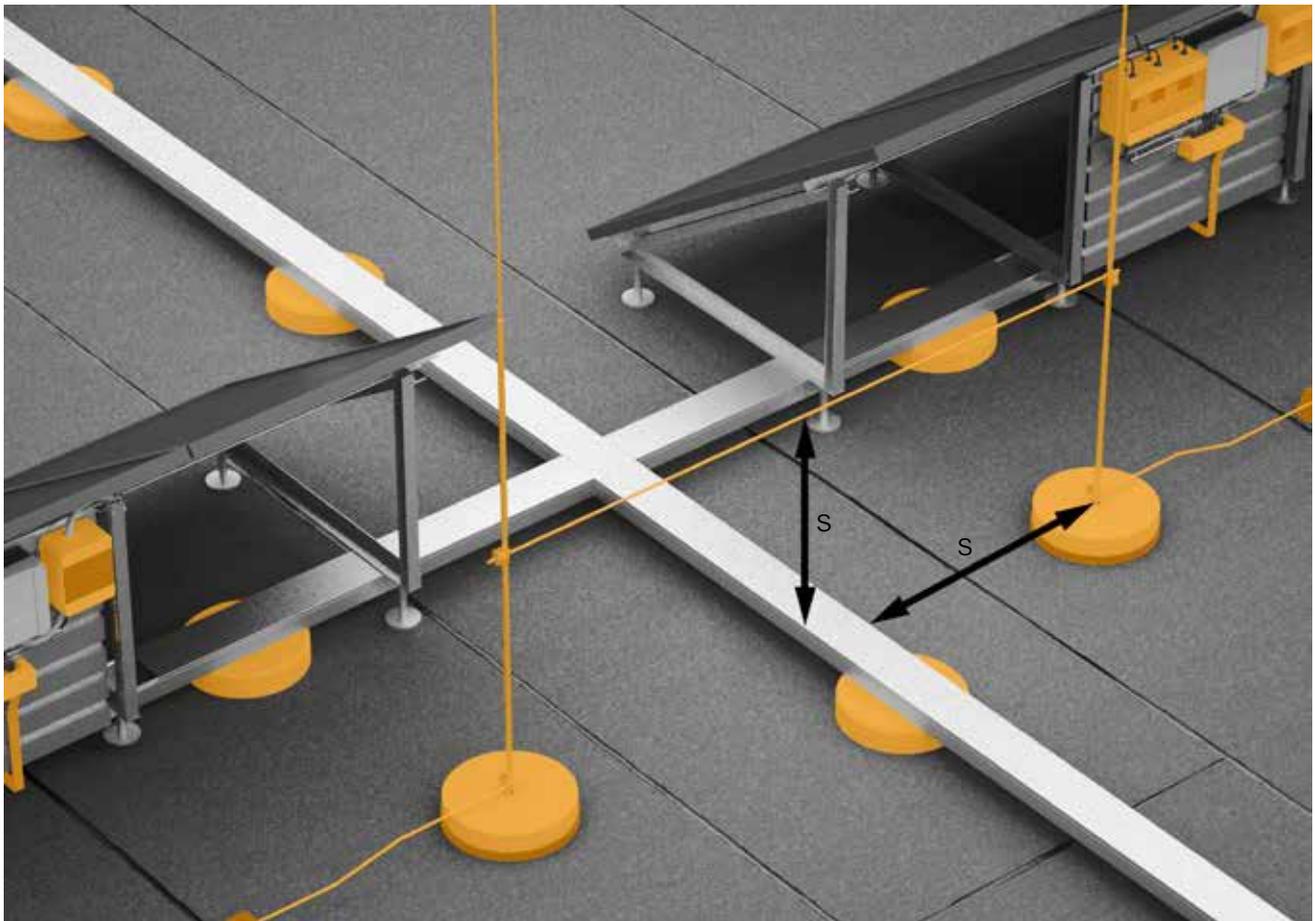


Bild 2.20: Isolierter Blitzschutz mit eingehaltenem Trennungsabstand (s)

Anwendungsbeispiel 2: Dachaufbauten (Bild 2.20)

Situation

Klimaanlagen, Photovoltaik-Anlagen, elektrische Sensoren/Aktoren oder metallische Entlüftungsrohre mit leitender Fortführung in das Gebäude.

Lösung

Isolieren mittels Trennungsabstand (s)

Hinweis

Induktiv eingekoppelte Überspannungen sind zu beachten.

$$s = k_i \frac{k_c}{k_m} L(m)$$

k_i	ist abhängig von der gewählten Schutzklasse des Blitzschutzsystems
k_c	ist abhängig von dem (Teil-) Blitzstrom, der in den Ableitungen fließt
k_m	ist abhängig von dem Werkstoff der elektrischen Isolation
$L(m)$	ist der vertikale Abstand von dem Punkt, an dem der Trennungsabstand s ermittelt werden soll, bis zum nächstliegenden Punkt des Potentialausgleichs

Formel zur Berechnung des Trennungsabstandes

Schritte zur Berechnung des Trennungsabstandes nach VDE 0185-305 (IEC 62305-3)

1. Schritt Ermitteln Sie den Wert des Koeffizienten k_i	<ul style="list-style-type: none"> • Schutzklasse I: $k_i = 0,08$ • Schutzklasse II: $k_i = 0,06$ • Schutzklasse III und IV: $k_i = 0,04$
2. Schritt Ermitteln Sie den Wert des Koeffizienten k_c (vereinfachtes System)	<ul style="list-style-type: none"> • 1 Ableitung (nur im Fall eines getrennten Blitzschutzsystems): $k_c = 1$ • 2 Ableitungen: $k_c = 0,66$ • 3 Ableitungen und mehr: $k_c = 0,44$ <p>Die Werte gelten für alle Typ B Erder und für die Typ A Erder, bei denen der Erderwiderstand der benachbarten Erderelektroden sich nicht um mehr als einen Faktor von 2 unterscheiden. Wenn der Erderwiderstand von einzelnen Elektroden um mehr als einen Faktor von 2 abweicht, soll $k_c = 1$ angenommen werden.</p>
3. Schritt Ermitteln Sie den Wert des Koeffizienten k_m	<ul style="list-style-type: none"> • Werkstoff Luft: $k_m = 1$ • Werkstoff Beton, Ziegel: $k_m = 0,5$ • OBO GFK Isolationsstangen: $k_m = 0,7$ <p>Wenn mehrere Isolierstoffe verwendet werden, wird in der Praxis der geringste Wert für k_m benutzt.</p>
4. Schritt Ermitteln Sie den Wert L	<p>L ist der vertikale Abstand von dem Punkt, an dem der Trennungsabstand (s) ermittelt werden soll, bis zum nächstliegenden Punkt des Potentialausgleichs.</p>

Tabelle 2.7: Berechnung des Trennungsabstandes nach VDE 0185-305 (IEC 62305-3)

Beispiel einer baulichen Anlage**Ausgangssituation:**

- Blitzschutzklasse III
- Gebäude mit mehr als 4 Ableitungen
- Werkstoff: Beton, Ziegel
- Höhe/Punkt, an dem Trennungsabstand berechnet werden soll: 10 m

Ermittelter Wert:

- $k_i = 0,04$
- $k_c = 0,44$
- $k_m = 0,5$
- $L = 10$ m

Berechnung Trennungsabstand:

$$s = k_i \times k_c / k_m \times L = 0,04 \times 0,44 / 0,5 \times 10 \text{ m} = 0,35 \text{ m}$$



Die Windlast beschreibt die Einwirkung auf Gebäude und installierte Anlagen. Sie muss bei der Planung berücksichtigt werden.

2.1.6 Windlast

Seit Jahrzehnten ist bei OBO Bettermann die Windlast beim äußeren Blitzschutz ein wichtiges Thema. Die hieraus resultierenden Berechnungsmodelle und Fangmastsysteme sind das Ergebnis von zahlreichen Untersuchungen und jahrelanger Erfahrung in der Entwicklung.

In den bisherigen Normen DIN 1055:2005 Teil 4: Windlasten und Teil 5: Schnee- und Eislasten sowie in der DIN 4131 „Antennentragwerke aus Stahl“ waren alle Lastannahmen auf Tragwerke in der Bundesrepublik Deutschland geregelt.

Die Eurocodes (EC) sind das Ergebnis der europäischen Normung im Bauwesen. EC 0 bis EC 9 umfassen Dokumente der Reihe DIN EN 1990 bis 1999. Dazu kommen die entsprechenden nationalen Anhänge (NA). Die NA enthalten die über die Eurocoderegelungen hinausgehenden, bislang in nationalen Normen erfassten Bestimmungen.

Nach Erscheinen der nationalen Anhänge der EC wurden die alten Normen mit einer entsprechenden Übergangsfrist ungültig. **(Tabelle 2.8)**

Alte Norm	Neue Norm
DIN 1055:2005-03 Teil 4: Windlasten	Eurocode 1: DIN EN 1991-1-4:2010-12: Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen; Windlasten + DIN EN 1991-1-4/NA: 2010-12
DIN 1055:2005-03 Teil 5: Schnee- und Eislasten	DIN EN 1991-1-3: 2010-12 -; Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen; Schneelasten + DIN EN 1991-1-3/NA: 2010-12
DIN V 4131:2008-09 Antennentragwerke aus Stahl	Eurocode 3: DIN EN 1993-3-1: 2010-12: Teil 3-1: Türme, Maste und Schornsteine - Türme und Maste + DIN EN 1993-3-1/NA: 2010-12

Tabelle 2.8: Beispiel der deutschen nationalen Normen zur Windlastberechnung

1. Schritt: Ermittlung der Windzone

Der zweite Faktor der Windlastermittlung ist die Windlastzone, in der das Objekt liegt. (Tabelle 2.9/Bild 2.21)

Zu folgenden Aspekten werden in den Normen keine Angaben gemacht:

- Fachwerkmaste und Türme mit nicht parallelen Eckstielen,
- abgespannte Maste und Kamine,
- Schrägseil- und Hängebrücken,
- Torsionsschwingungen.

Zone	Windgeschwindigkeit in m/s	Geschwindigkeitsdruck in kN/m ²
1	22,5	0,32
2	25,0	0,39
3	27,5	0,47
4	30,0	0,56

Tabelle 2.9: Basisgeschwindigkeiten und Geschwindigkeitsdrücke



Bild 2.21: Windzonen in Deutschland nach DIN EN 1991-1-4 NA

2. Schritt: Ermittlung der Geländekategorie (GK)

Ein Faktor für die Kalkulation von Windlasten sind die geländespezifische Lasten und Staudrücke.

(Tabelle 2.10)

Geländekategorie (GK)	Definition
Geländekategorie I	Offene See; Seen mit mindestens 5 km freier Fläche in Windrichtung; glattes, flaches Land ohne Hindernisse
Geländekategorie II	Gelände mit Hecken, einzelnen Gehöften, Häusern oder Bäumen, z. B. landwirtschaftliches Gebiet
Geländekategorie III	Vorstädte, Industrie- oder Gewerbegebiete; Wälder
Geländekategorie IV	Stadtgebiete, bei denen mindestens 15 % der Fläche mit Gebäuden bebaut sind, deren mittlere Höhe 15 m überschreitet

Tabelle 2.10: Geländekategorien nach DIN EN 1991-1-4

3. Schritt: Ermittlung der maximalen Böengeschwindigkeit

Grundsätzlich muss beim Einsatz von Fangstangen die Kipp- und Gleitsicherheit projektspezifisch dimensioniert werden. Die Referenzhöhe entspricht der Gebäudehöhe und 2/3 der Länge der Fangstange. Die maximale Böengeschwindigkeit ist am Projektstandort zu bestimmen.



Bild 2.22: Fangstange mit Standfuß

Böengeschwindigkeit in Windzone I				
Referenzhöhe in Meter	GK I in km/h	GK II in km/h	GK III in km/h	GK IV in km/h
0	112	105	100	93
5	122	108	100	93
10	136	124	103	93
16	136	124	111	93
20	139	128	115	98
30	145	134	122	106
40	149	139	128	112
70	157	148	139	126
100	162	155	147	135

Tabelle 2.11: Böengeschwindigkeiten Windzone I

Böengeschwindigkeit in Windzone II				
Referenzhöhe in Meter	GK I in km/h	GK II in km/h	GK III in km/h	GK IV in km/h
0	124	117	111	104
5	136	120	111	104
10	145	131	114	104
16	152	138	123	104
20	155	142	127	109
30	161	149	136	118
40	165	154	142	125
70	174	165	155	139
100	180	172	163	150

Tabelle 2.13: Böengeschwindigkeiten Windzone II

Böengeschwindigkeit in Windzone III				
Referenzhöhe in Meter	GK I in km/h	GK II in km/h	GK III in km/h	GK IV in km/h
0	137	129	122	114
5	149	132	122	114
10	159	144	126	114
16	167	152	135	114
20	170	156	140	119
30	177	164	149	129
40	182	170	156	137
70	192	181	170	153
100	198	189	180	165

Tabelle 2.12: Böengeschwindigkeiten Windzone III

Böengeschwindigkeit in Windzone IV				
Referenzhöhe in Meter	GK I in km/h	GK II in km/h	GK III in km/h	GK IV in km/h
0	149	140	133	124
5	163	144	133	124
10	174	157	137	124
16	182	166	148	125
20	186	170	153	130
30	193	179	163	141
40	198	185	170	150
70	209	198	185	167
100	216	206	196	180

Tabelle 2.14: Böengeschwindigkeiten Windzone IV

4. Schritt: Ermittlung der benötigten Betonsteine

Mit dem Wert der maximalen Böengeschwindigkeit lässt sich die Zahl der benötigten Betonsteine (10 oder 16 kg) je nach verwendeter Fangstange ermitteln. Der Wert in den Tabellen muss über der maximalen Böengeschwindigkeit des Standortes liegen.

Ein Beispiel

Die maximale Böengeschwindigkeit des Standortes beträgt 142 km/h.

Eine verjüngte Rohr-Fangstange Typ 101 VL2500 mit 2,5 m Fangstangenhöhe wird verwendet.

Da der Wert in der Tabelle 2.15 über der maximalen Böengeschwindigkeit des Standortes liegen muss (hier also über 142 km/h), ist der nächstmögliche Wert 164. Daraus ergibt sich, dass 3 Betonsteine zu je 16 kg verwendet werden müssen.

Anzahl Betonsteine für verjüngte Rohr-Fangstangen

Fangstangen- höhe m	1,5	2	2,5	3	3,5	4	benötigte Betonsteine
Typ	101 VL1500	101 VL2000	101 VL2500	101 VL3000	101 VL3500	101 VL4000	
Art.-Nr.	5401 98 0	5401 98 3	5401 98 6	5401 98 9	5401 99 3	5401 99 5	
Wind- geschwindigkeit km/h	117	-	-	-	-	-	1 x 10 kg
	164	120	95	-	-	-	2 x 10 kg
	165	122	96	-	-	-	1 x 16 kg
	-	170	135	111	95	-	2 x 16 kg
	-	208	164	136	116	102	3 x 16 kg

Anzahl Betonsteine für Fangstange einseitig angekuppelt

Fangstangen- höhe m	1	1,5	2	2,5	3	benötigte Betonsteine
Typ	101 ALU-1000	101 ALU-1500	101 ALU-2000	101 ALU-2500	101 ALU-3000	
Art.-Nr.	5401 77 1	5401 80 1	5401 83 6	5401 85 2	5401 87 9	
Wind- geschwindigkeit km/h	97	-	-	-	-	1 x 10 kg
	196	133	103	-	-	1 x 16 kg
	-	186	143	117	100	2 x 16 kg
	-	-	173	142	121	3 x 16 kg

Anzahl Betonsteine für Fangstange einseitig angekuppelt mit Anschlusslasche

Fangstangen- höhe m	1	1,5	benötigte Betonsteine
Typ	101 A-L 100	101 A-L 150	
Art.-Nr.	5401 80 8	5401 85 9	
Wind- geschwindigkeit km/h	100	-	1 x 10 kg
	192	129	1 x 16 kg
	-	177	2 x 16 kg
	-	214	3 x 16 kg

Tabelle 2.15: Erforderliche Anzahl der OBO Betonsteine

Windlasten und der isFang-Mast

Tabelle 2.16 verdeutlicht den Einfluss von Windzone, Referenzhöhe und Geländekategorie auf den isFang-Mast aus Aluminium (Art.-Nr. 5402 88 0) mit Dreibeinstativ (Art.-Nr. 5408 96 7).

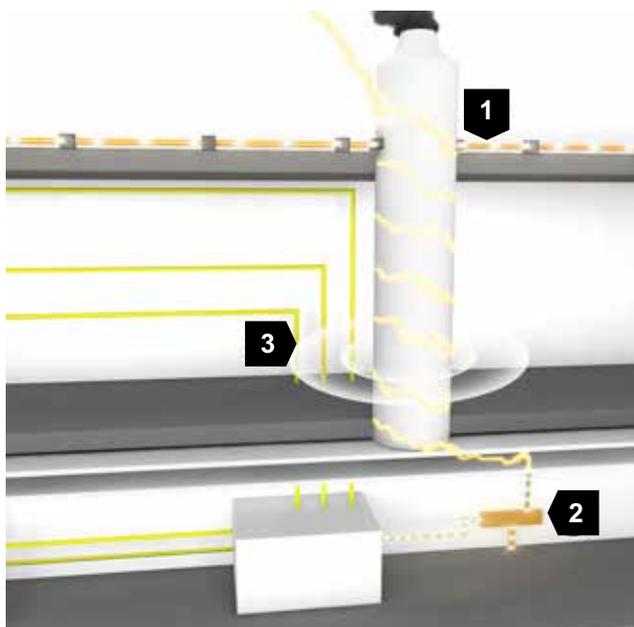
Die Anzahl der Betonsteine kann z. B. in Windzone 1 bei einer Referenzhöhe bis 10 m, bis 800 m über N.N. auf nur 6 Betonsteine (2 Betonsteine je Ausleger) reduziert werden.

Anzahl Betonsteine für isFang-Masten

Windzone	1			2		
	10	40	75	10	40	75
Geländekategorie I	12	15	-	15	-	-
Geländekategorie II	9	15	15	12	-	-
Geländekategorie III	9	12	15	9	15	-
Geländekategorie IV	6	9	12	9	12	15

Tabelle 2.16: Erforderliche Anzahl der OBO 16 kg Betonsteine nach EN 1991-1-4 und EN 1991-3-1





1	Blitzeinschlag, der Blitzstrom gelangt über metallische Bauteile in das Gebäude
2	An der Potentialausgleichsschiene wird der Blitzstrom in die Erdungsanlage geleitet
3	Überspannung in Energie- und Datenleitung durch elektromagnetische Einkopplungen

Bild 2.23: Gefahr durch nicht getrenntes System

2.1.7 Ausführungen von Fangeinrichtungen

Bei Fangeinrichtungen muss zwischen getrennten und nicht-getrennten Systemen unterschieden werden, wobei beide auch kombiniert werden dürfen. Nicht getrennte Systeme (Bild 2.23) werden direkt an dem zu schützenden Objekt montiert und die Ableitungen auf die Oberfläche der Anlage verlegt.

Getrennte Systeme (Bild 2.24) verhindern einen Direkteinschlag in das zu schützende Objekt bzw. an der Anlage geschehen. Dies kann mittels Fangstangen und -masten, aber auch durch Befestigung mit isolierenden GFK-Haltern (glasfaserverstärkter Kunststoff) am zu schützenden Objekt bzw. Anlage geschehen. Die Einhaltung des Trennungsabstandes (s) ist in beiden Fällen zu beachten. Sollte dies nicht möglich sein, stellt die isolierte, hochspannungsfeste isCon Leitung eine Möglichkeit dar, eine getrennte Fangeinrichtung in einem nicht-getrennten System abzubilden.



Bild 2.24: Getrenntes System mit GFK-Haltern



Bild 2.22: Isolierter Blitzschutz mit isFang

2.1.7.1 Isolierte, hochspannungsfeste Fangeinrichtungen

Das modulare Fangmastsystem OBO isFang bietet eine schnelle, und frei konfektionierbare Lösung für bis zu 10 m hohe isolierte Fangmasten für einen größtmöglichen Schutzwinkel.

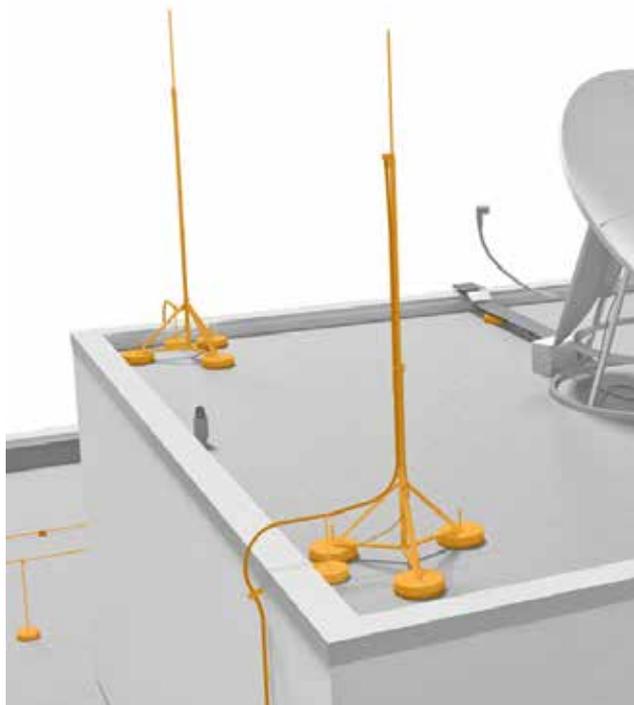


Bild 2.26: Fangmasten mit außenliegender isCon®-Leitung



Bild 2.27: Fangmast mit innenliegender isCon®-Leitung

2.1.7.1.1 Isolierte Fangmasten mit außenliegender isCon®-Leitung (Bild 2.26)

Die isoliert aufgebauten Fangmasten schützen elektrische und metallende Dachaufbauten unter Berücksichtigung des berechneten Trennungsabstandes (s) nach VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3). Eine isolierte Strecke von 1,5 Metern aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) gewährleistet einen ausreichenden Abstand zu allen Dachaufbauten. Auch komplexe Gebäudestrukturen können durch umfangreiches Systemzubehör geschützt werden.

2.1.7.1.2 Isolierte Fangmasten mit innenliegender isCon®-Leitung (Bild 2.27)

Der dreigeteilte, isoliert aufgebaute Fangmast aus Aluminium und GFK erlaubt die Verlegung der isCon®-Leitung (schwarz und lichtgrau) innerhalb des Fangmastes für eine perfekte Optik bei optimaler Funktion und bietet damit folgende Vorteile:

- aufgeräumte Optik durch innenliegende isCon®-Leitung
- 4 Varianten: 4 m bis 10 m Höhe
- inklusive Anschlusselement und Potentialanschluss im Mast
- bei freistehender Installation kombinierbar mit is-Fang-Fangmastständer mit seitlichem Auslass

Optisch ansprechender und funktional angepasster isolierter Fangmast für eine flexible, einfache und schnelle Installation. Durch die innenliegende isCon®-Leitung bietet der Fangmast nur eine minimale Windangriffsfläche und kann somit auch an hohen und windigen Stellen installiert werden. **(Bild 2.27)**

Tabelle 2.17 zeigt die erforderliche Anzahl der OBO 16 kg Betonsteine nach maximal zulässiger Böengeschwindigkeit und Fangstangenhöhe. Die Werte sind mit denen aus den Tabellen 2.11-2.14 zu vergleichen. Sollte der Wert kleiner sein, dann ist die Anzahl der Betonsteine entsprechend zu wählen.

Der isolierte Fangmast ist mittels $\geq 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ oder leitwertgleich an ein Bezugspotential anzuschließen. Das Bezugspotential darf nicht von Blitzstrom durchflossen sein und muss im Schutzwinkel der Blitzschutzanlage liegen. Der Potentialanschluss kann somit über metallene und geerdete Dachaufbauten, allgemein geerdete Teile der Gebäudestruktur sowie über den Schutzleiter des Niederspannungssystems erfolgen.

Anzahl Betonsteine für isolierte Fangmasten VA und AL

Fangstangenhöhe m	4	6	4	6	benötigte Betonsteine
Material	VA	VA	AL	AL	
Art.-Nr.	5408 94 2	5408 94 6	5408 94 3	5408 94 7	
Passender Fangmastständer Art.-Nr.	5408 96 8	5408 96 9	5408 96 6	5408 96 7	
Windgeschwindigkeit km/h	120	94	120	92	3 x 16 kg
	161	122	163	122	6 x 16 kg
	194	145	197	147	9 x 16 kg
	222	165	227	168	12 x 16 kg
	246	182	252	187	15 x 16 kg

Anzahl Betonsteine für isolierte Fangmasten mit Auslass

Fangstangenhöhe m	4	6	8	10	benötigte Betonsteine
Art.-Nr.	5408 93 8	5408 94 0	5408 88 8	5408 89 0	
Passender Fangmastständer Art.-Nr.	5408 93 0	5408 93 2	5408 90 2	5408 90 2	
Windgeschwindigkeit km/h	110	85	93	82	3 x 16 kg
	148	111	116	102	6 x 16 kg
	178	132	134	119	9 x 16 kg
	204	151	151	133	12 x 16 kg
	227	167	166	146	15 x 16 kg

Tabelle 2.17: Betonsteine für isolierte Fangmasten



Bild 2.28: Isolierte Fangeinrichtung mit Trennungsabstand (s)



Bild 2.29: Fangmast aus Aluminium

2.1.7.2 Getrennte Fangeinrichtungen

Mit dem getrennten Blitzschutz von OBO können Sie getrennte Fangeinrichtungen sicher, normgerecht und wirtschaftlich errichten. Dachüberragende metallische und elektrische Einrichtungen stellen mit ihren komplexen Konturen besondere Anforderungen an den Blitzschutz und die Einhaltung des Trennungsabstandes dar. **(Bild 2.28)**

2.1.7.2.1 Fangmasten aus Aluminium

Die 3-teilig aufgebauten Fangmasten von 4 m bis 8 m Länge aus Aluminium ergänzen das konventionelle Fangsystem aus Fangstange und -stein, welches bis zu einer Höhe von 4 Metern eingesetzt wird. Zur Befestigung der unterschiedlichen Fangmasten dienen diverse Halter zur Wand-, Rohr- und Eckrohrmontage sowie zwei Dreibeinstative mit unterschiedlichen Spreizbreiten. Die Zahl der FangFix-Steine kann je nach Windlastzone variieren. **(Tabelle 2.19)**

Anzahl Betonsteine isFang-Fangmast mit VA-Stativ

Fangstangen- höhe m	4	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	benötigte Beton- steine
Fangmast Art.-Nr.	5402 86 4	5402 86 6	5402 86 8	5402 87 0	5402 87 2	5402 87 4	5402 87 6	5402 87 8	5402 88 0	
Passender Fangmast- ständer Art.-Nr	5408 96 8	5408 96 8	5408 96 8	5408 96 8	5408 96 9	5408 96 9	5408 96 9	5408 96 9	5408 96 9	
Wind- geschwindig- keit km/h	143	124	110	99	104	96	89	83	78	3 x 16 kg
	193	168	148	133	138	127	117	109	102	6 x 16 kg
	232	202	178	159	165	151	139	129	121	9 x 16 kg
	266	231	203	182	188	172	159	147	138	12 x 16 kg
	296	257	226	202	208	191	176	163	152	15 x 16 kg

Tabelle 2.18: Erforderliche Anzahl der OBO Betonsteine

Anzahl Betonsteine isFang-Fangmast mit Alu-Stativ

Fangstangen- höhe m	4	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	benötigte Beton- steine
Fangmast Art.-Nr.	5402 864	5402 86 6	5402 86 8	5402 87 0	5402 87 2	5402 87 4	5402 87 6	5402 87 8	5402 88 0	
Passender Fangmast- ständer Art.-Nr	5408 96 6	5408 96 6	5408 96 6	5408 96 6	5408 96 7	5408 96 7	5408 96 7	5408 96 7	5408 96 7	
Wind- geschwindig- keit km/h	140	122	108	97	101	93	86	80	76	3 x 16 kg
	191	166	146	131	136	124	115	107	100	6 x 16 kg
	230	200	176	158	163	149	138	128	120	9 x 16 kg
	264	229	202	181	186	170	157	146	136	12 x 16 kg
	295	255	225	201	206	189	174	162	151	15 x 16 kg

Tabella 2.19: Erforderliche Anzahl der OBO Betonsteine

2.1.7.2.2 Tele-Fangmastsysteme bis 19,5 m Höhe

Über 19 Meter ragen sie in die Höhe – die Fangmaste des Systems irod von OBO. Das flexible System schützt hochempfindliche Biogas-Anlagen genauso zuverlässig wie freistehende PV-Anlagen oder Installationen in explosionsgefährdeten Bereichen vor direkten Blitzeinschlägen.

Der Vorteil von irod: Keine Schaufel und kein Bagger muss für Erdarbeiten bewegt und kein Betonfundament gegossen werden. Standfeste Betonsteine, jeweils 16 kg schwer, geben den Fangmasten und Ständern ausreichend Halt. Im Zuge der Installation lassen sich die Systeme durch die Gewindestangen ganz einfach ausrichten. Dank dieser Voraussetzungen eignet sich irod ideal zur Installation in bereits bestehenden Anlagen. **(Bild 2.30)**

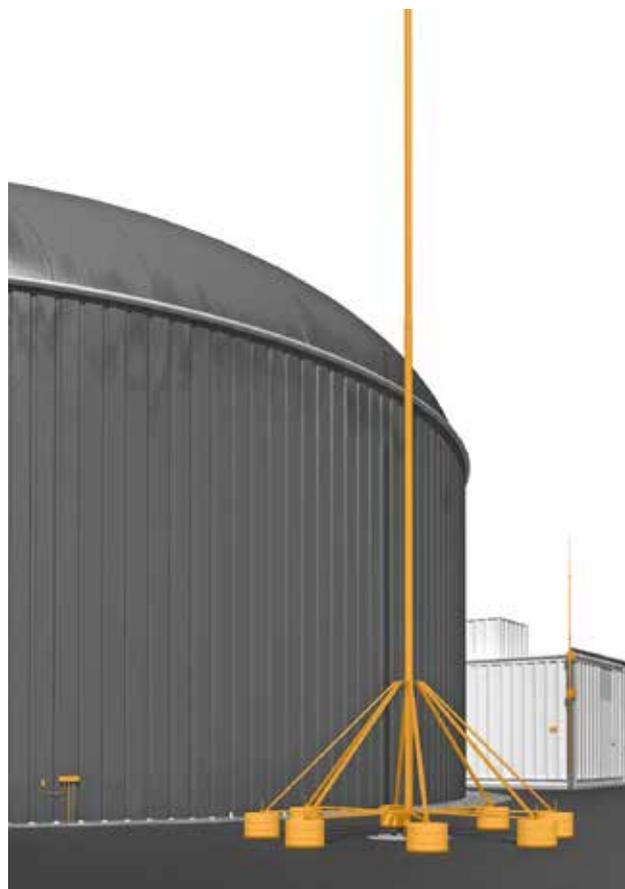


Bild 2.30: Tele-Fangmasten: Anwendung Biogas-Anlage

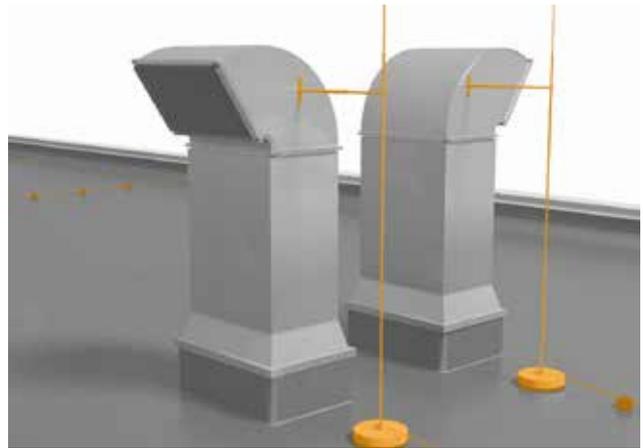


Bild 2.31: Fangstange mit verstellbarer Isoliertraverse

2.1.7.2.3 Systeme mit glasfaserverstärkten Haltern

Kern des Systems ist ein isolierender, glasfaserverstärkter Kunststoffstab, durch den der Trennungsabstand sicher hergestellt und ein unkontrollierter Überschlag mit gefährlicher Funkenbildung verhindert wird. So können keine Blitzteilströme in das Gebäude gelangen. (Bild 2.31)

Zwei Materialstärken für unterschiedliche Anwendungen

Das isolierte Blitzschutzsystem besteht aus GFK-Stangen mit 16 oder 20 mm Durchmesser. Die Eigenschaften sind in Tabelle 2.20 dargestellt.

16 mm GFK-Stangen	20 mm GFK-Stangen
0,75 - 1,5 und 3 m Länge	3, und 6 m Länge
UV-stabil	UV-stabil
lichtgrau	lichtgrau
Materialfaktor k_m : 0,7	Materialfaktor k_m : 0,7
Widerstandsmoment: > 400 mm ³	Widerstandsmoment: > 750 mm ³
Traglast: 54 N (1,5 m)	Traglast: 105 N (1,5 m)

Tabelle 2.20: Eigenschaften der isolierten GFK-Stangen

Besonders einfache Montage durch vorkonfektionierte Sets

Neben den modular aufgebauten Produkten bieten wir Ihnen vorinstallierte Sets für die gängigsten Installationsanforderungen an:

- Set mit zwei Befestigungsplatten
- Set mit Wandanschlusswinkeln
- Set zur Befestigung an Falzen
- Set zur Befestigung an Rohren

Bei der Berechnung des Trennungsabstandes muss bei GFK-Stangen der Materialfaktor $k_m = 0,7$ berücksichtigt werden



Bild 2.32: Beispiel: Fangsystem mit Iso-Combi-Set für Dreieck-Befestigung



Bild 2.34: Beispiel: Fangsystem mit Iso-Combi-Set für Falz-Befestigung



Bild 2.33: Beispiel: Fangsystem mit Iso-Combi-Set für V-Befestigung



Bild 2.35: Beispiel: Fangsystem mit Iso-Combi-Set für Rohr-V-Befestigung

Dreieck-Befestigung (Bild 2.32)

Iso-Combi-Set (Typ 101 3-ES-16, Art.-Nr.: 5408 97 6) für Dreieck-Befestigung zur Errichtung einer isolierten Fangeinrichtung im sicheren Trennungsabstand (s).

V-Befestigung (Bild 2.33)

Iso-Combi-Set (Typ 101 VS-16, Art.-Nr.: 5408 97 8) für Wand-Befestigung zur Errichtung einer isolierten Fangeinrichtung im sicheren Trennungsabstand (s) von bis zu 750 mm. Zur Montage an Wänden und Dachaufbauten mit zwei Befestigungsplatten. Zur Aufnahme von Fangstangen und Rundleitern mit 8, 16 und 20 mm Durchmesser.

Falz-Befestigung (Bild 2.34)

Iso-Combi-Set (Typ 101 FS-16, Art.-Nr.: 5408 98 0) für Falz-Befestigung zur Errichtung einer isolierten Fangeinrichtung im sicheren Trennungsabstand (s). Zur Montage an der Falz von Trägern und Dachaufbauten mit Falzklemmen bis zu 20 mm Falzstärke. Zur Aufnahme von Fangstangen und Rundleitern mit 8, 16 und 20 mm Durchmesser.

Rohr-V-Befestigung (Bild 2.35)

Iso-Combi-Set (Typ 101 RVS-16, Art.-Nr.: 5408 98 2) für Rohr-V-Befestigung zur Errichtung einer isolierten Fangeinrichtung im sicheren Trennungsabstand (s). Zur Montage an Rohren mit zwei Rohrschellen. Zur Aufnahme von Fangstangen und Rundleitern mit 8, 16 und 20 mm Durchmesser.

2.1.7.3 Installationsprinzip Gebäude mit Flachdach (Bild 2.36)

Das Maschenverfahren wird in der Regel bei Gebäuden mit Flachdächern eingesetzt. Dachaufbauten wie z. B. PV-Anlagen, Klimageräte, Lichtkuppeln oder Lüfter werden durch zusätzliche Fangstangen geschützt.

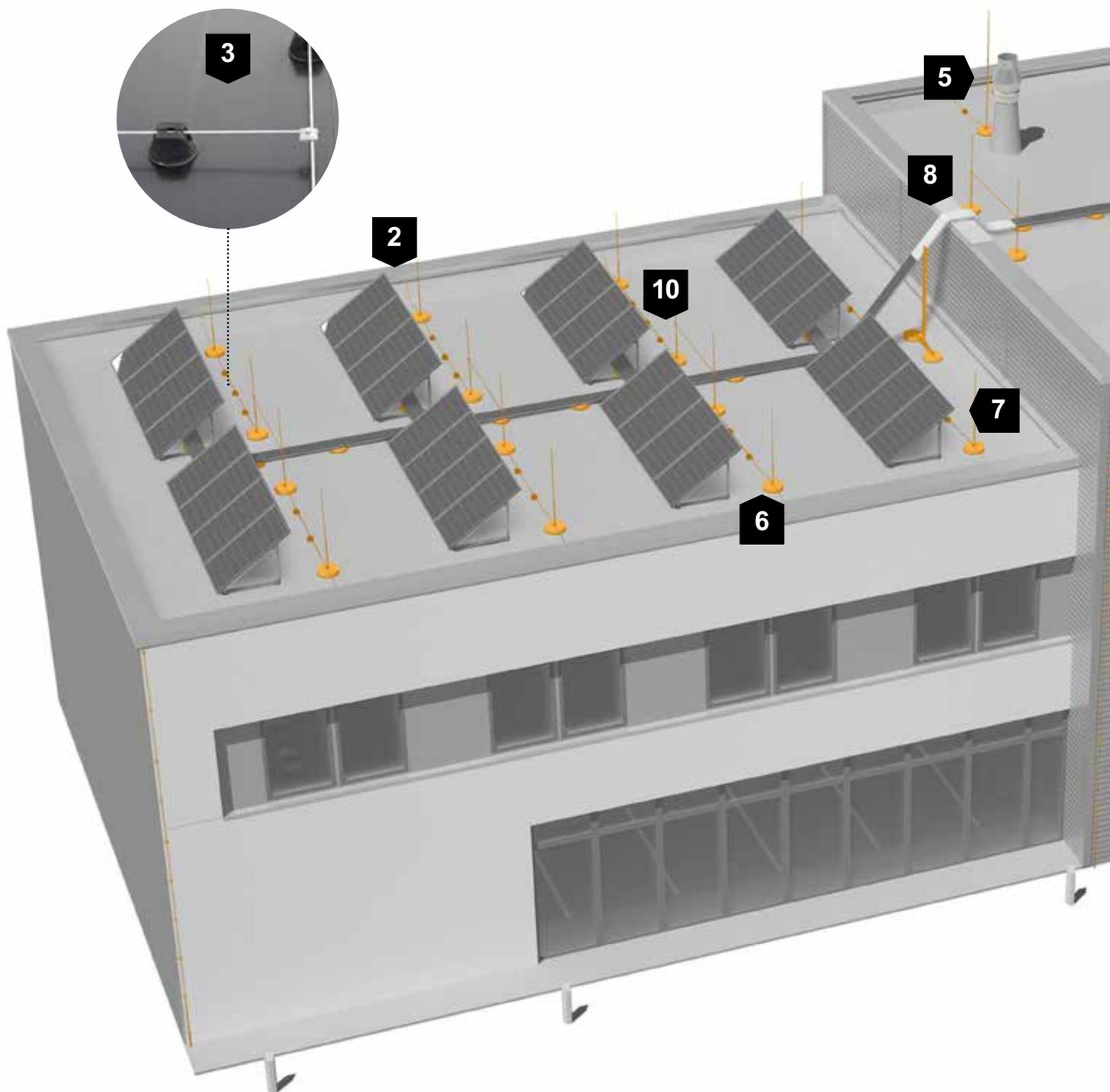
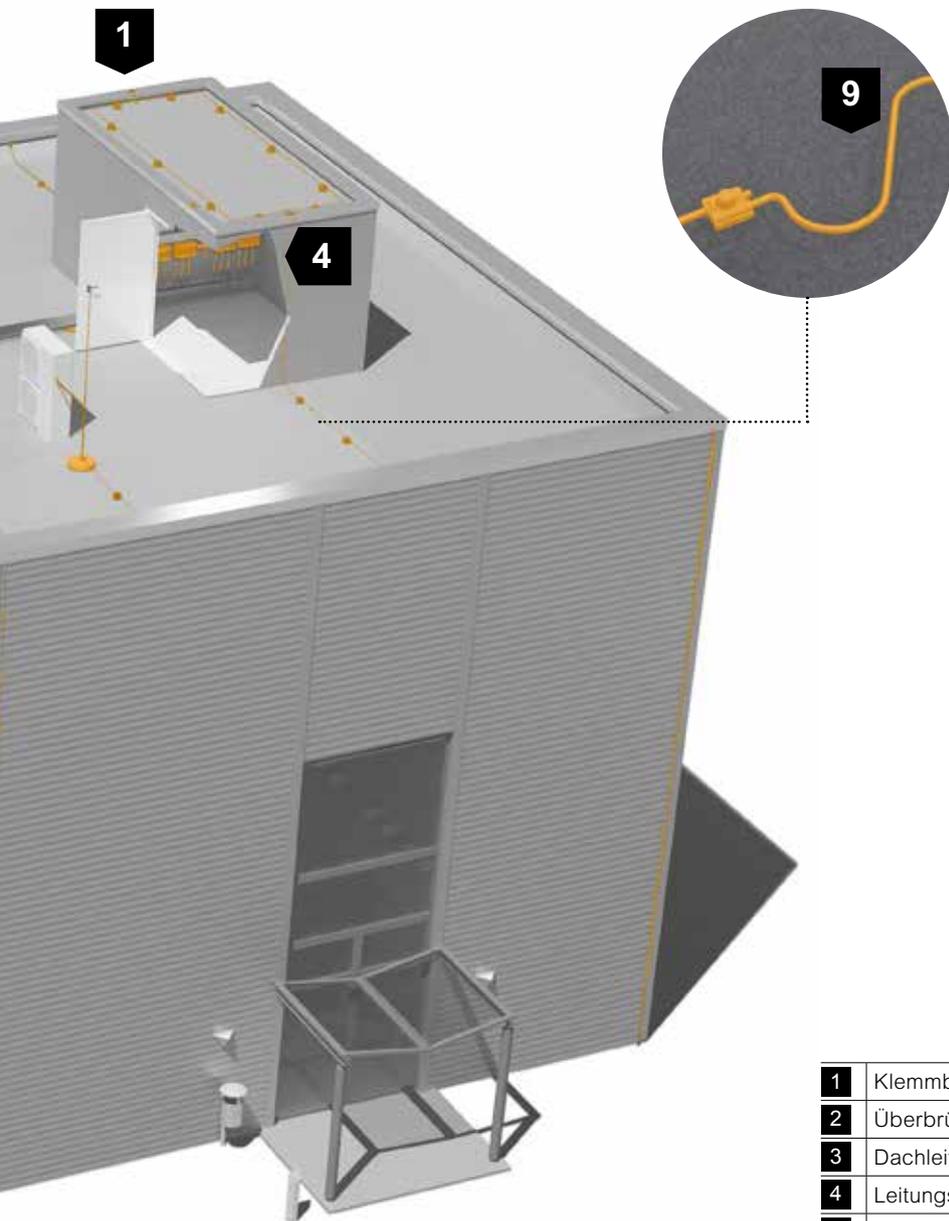


Bild 2.36: Beispielhaftes Gebäude mit Flachdach und Blitzschutzsystem

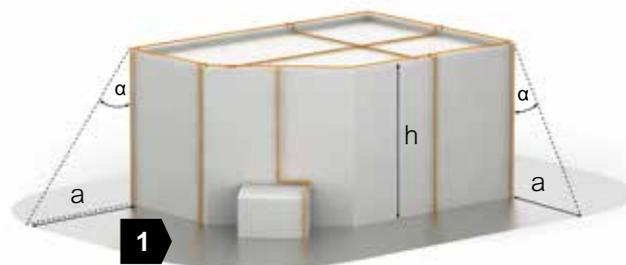


1	Klemmblock
2	Überbrückungsbauteil
3	Dachleitungshalter
4	Leitungshalter
5	Isolierter Abstandhalter
6	Standfuß Fangeinrichtung
7	Fangstange
8	Brandschutzbandage über isoliertem Attikablech
9	Dehnungsstück
10	Vario-Schnellverbinder

1. Schritt: Verlegung der Fangeinrichtung

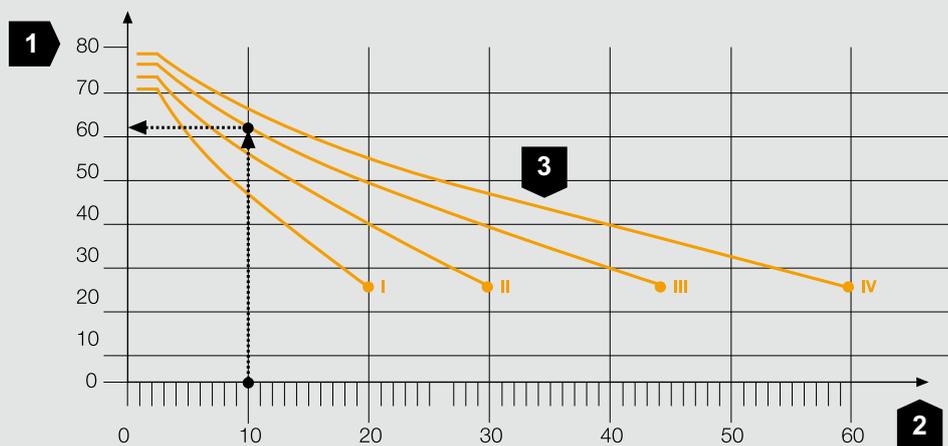
(Bild 2.37)

Zunächst wird ein Rundleiter an allen bevorzugten Einschlagstellen wie Firsten, Graten oder Kanten verlegt. Den geschützten Bereich ermitteln Sie wie folgt: Die Höhe des Gebäudes in das Diagramm übertragen und den Schutzwinkel ablesen. Er beträgt in unserem Beispiel 62° bei einer Schutzklasse III und einer Gebäudehöhe bis 10 m. Den Schutzwinkel übertragen Sie auf das Gebäude. Alle Gebäudeteile innerhalb dieses Winkels sind geschützt.



1	Geschützter Bereich
α	Schutzwinkel
a	Abstand des geschützten Bereiches
h	Höhe des Gebäudes

Bild 2.37: Verlegung der Fangeinrichtung



1	Blitzschutzwinkel α
2	Firsthöhe h in m
3	Blitzschutzklassen I, II, III, IV

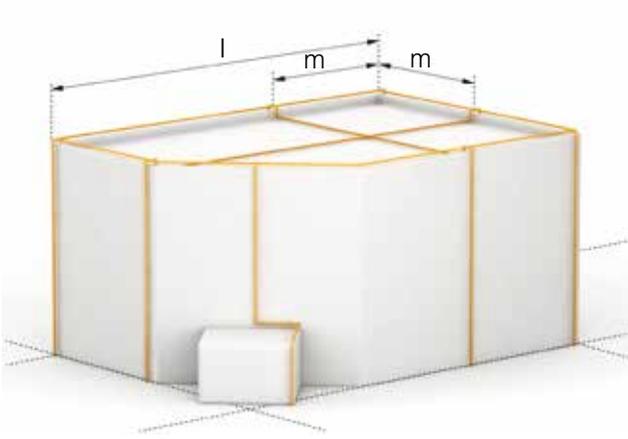
Bild 2.38: Hilfsdiagramm zu Schutzwinkelbestimmung nach VDE 0185-305 (IEC 62305)

2. Schritt: Bestimmen Sie den Schutzwinkel

Beispiel:

Die Höhe des Gebäudes (hier: 10 m) wird in die horizontale Achse des Diagramms (Bild 2.38) (siehe Punkt auf Achse „2“ in nebenstehender Grafik) eingetragen. Anschließend gehen Sie senkrecht nach oben,

bis Sie auf die Kurve Ihrer Blitzschutzklasse treffen (hier: III). Auf der senkrechten Achse „1“ können Sie nun den Schutzwinkel α ablesen. Er beträgt in unserem Beispiel 62°. Den Schutzwinkel übertragen Sie auf das Gebäude. Alle Gebäudeteile innerhalb dieses Winkels sind geschützt (siehe Bild 2.37).



l	Länge
m	Maschenweite

Bild 2.39: Maschenweite auf einem Flachdach

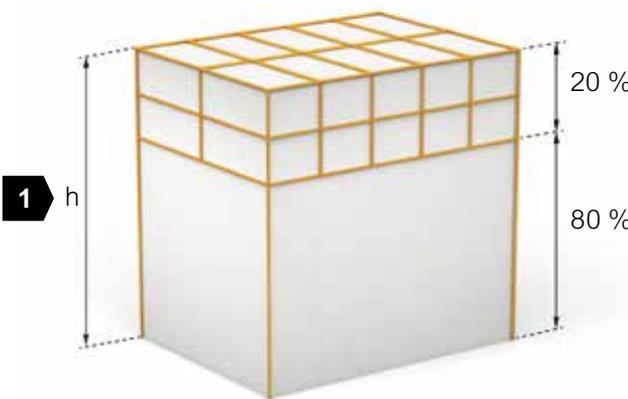
Blitzschutzklasse	Maschenweite
I	5 x 5 m
II	10 x 10 m
III	15 x 15 m
IV	20 x 20 m

Tabelle 2.21: Maschenweite nach Blitzschutzklasse

3. Schritt: Verlegung der Maschen

(Bild 2.39)

Je nach Blitzschutzklasse des Gebäudes gelten unterschiedliche Maschenweiten. In unserem Beispiel hat das Gebäude die Blitzschutzklasse III. Damit darf eine Maschenweite m von 15 x 15 m nicht überschritten werden. Wenn die Gesamtlänge l wie in unserem Beispiel größer als die in **Tabelle 2.3 auf Seite 47** angegebenen Leitungslängen ist, dann muss zusätzlich ein Dehnungsstück für temperaturbedingte Längenänderungen eingefügt werden.



1	Gebäudehöhe $h > 60$ m
---	------------------------

Bild 2.40: Maschenverfahren

4. Schritt: Schutz gegen seitlichen Einschlag

(Bild 2.40)

Ab einer Gebäudehöhe von 60 m und dem Risiko von hohen Schäden (z. B. bei elektrischen oder elektronischen Einrichtungen) empfiehlt sich die Errichtung einer Ringleitung gegen seitlichen Einschlag. Der Ring wird ab 80 % der Gebäudegesamthöhe installiert, die Maschenweite richtet sich – wie bei der Verlegung auf dem Dach – nach der Blitzschutzklasse, z. B. entspricht Blitzschutzklasse III einer Maschenweite von 15 x 15 m.

Die Rundleiter der Masche werden mit Dachleitungshaltern im Abstand von 1 m montiert. Bei ausreichender Materialstärke und -verbindung werden Attikableche als Fangeinrichtung und Masche verwendet.

2.1.7.4 Installationsprinzip Gebäude mit Satteldach/Spitzdach (Bild 2.41)

Die exponierten Stellen, z. B. der Dachfirst, Schornsteine und vorhandene Dachaufbauten, sind mit Fangeinrichtungen zu schützen.



Bild 2.41: Gebäude mit Satteldach und Blitzschutzsystem

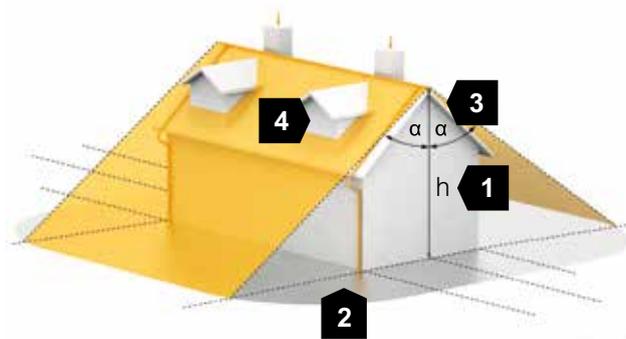


1	Dachleitungshalter für Firstziegel
2	Vario-Schnellverbinder
3	Dachleitungshalter
4	Rundleiter
5	Fangstange
6	Leitungshalter
7	Rinnenklemme

1. Schritt: Ermitteln Sie die Gebäudehöhe

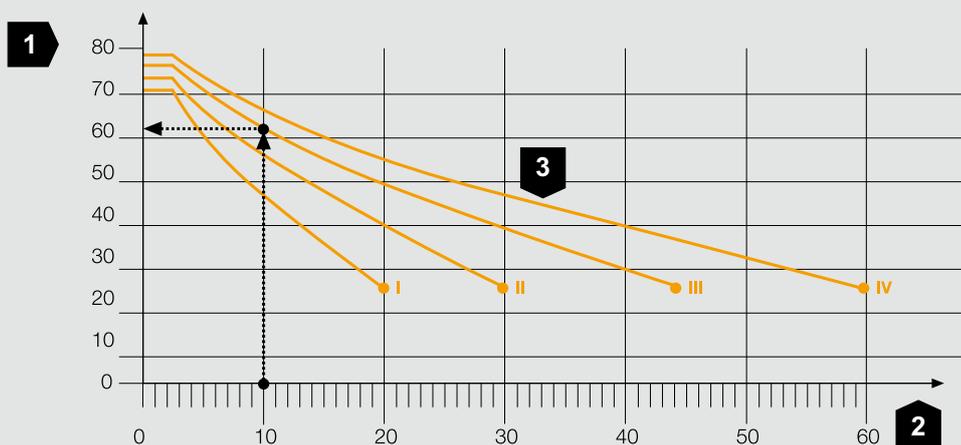
(Bild 2.42)

Ermitteln Sie die Firsthöhe des Gebäudes. Diese Höhe ist der Ausgangspunkt für die Planung der gesamten Blitzschutz-Anlage. Auf dem First wird die Firstleitung verlegt und bildet so das „Rückgrat“ der Fangeinrichtung. In unserem Beispiel beträgt die Gebäudehöhe 10 m. Alle Gebäudeteile, die nicht unterhalb des Schutzwinkels liegen, sind durch direkte Blitzeinschläge gefährdet.



1	h: Gebäudehöhe
2	geschützter Bereich
3	Schutzwinkel α
4	von der Firstleitung nicht geschützte Gauben

Bild 2.42: Schutzwinkelverfahren auf Dachfirst



1	Blitzschutzwinkel α
2	Firsthöhe h in m
3	Blitzschutzklassen I, II, III, IV

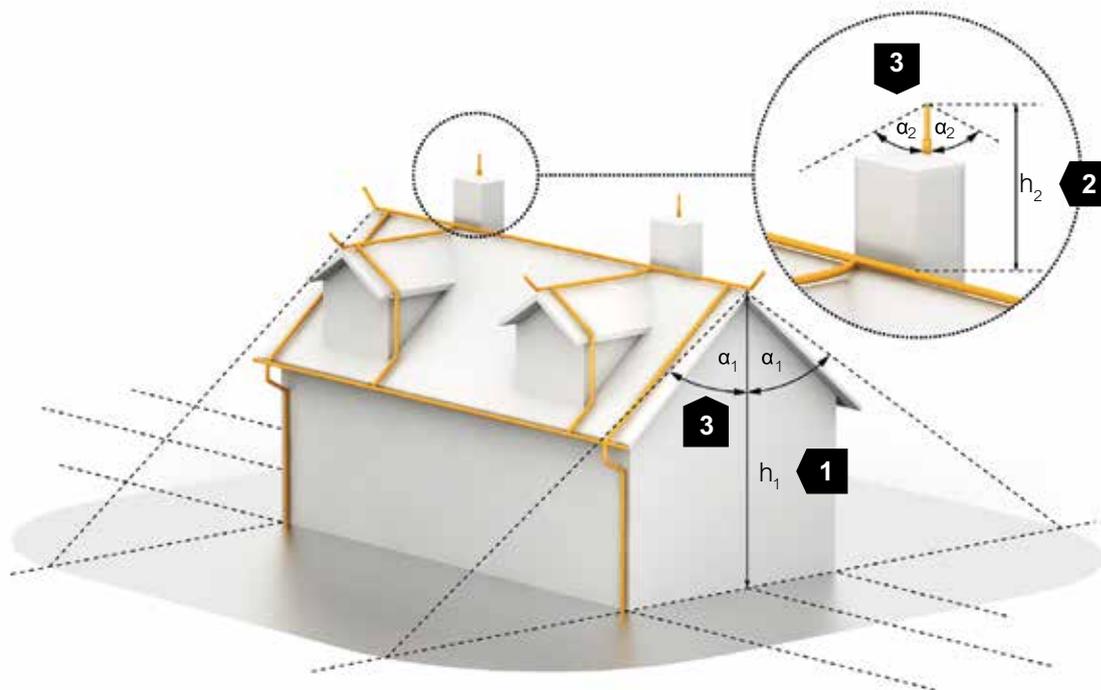
Bild 2.43: Hilfsdiagramm zu Schutzwinkelbestimmung

2. Schritt: Bestimmen Sie den Schutzwinkel

Beispiel:

Die Höhe des Gebäudes (hier: 10 m) wird in die horizontale Achse des Diagramms (Bild 2.43) (siehe Punkt auf Achse „2“ in obenstehender Grafik) eingetragen. Anschließend gehen Sie senkrecht nach oben, bis

Sie auf die Kurve Ihrer Blitzschutzklasse treffen (hier: III). Auf der senkrechten Achse „1“ können Sie nun den Schutzwinkel α ablesen. Er beträgt in unserem Beispiel 62°. Den Schutzwinkel übertragen Sie auf das Gebäude. Alle Gebäudeteile innerhalb dieses Winkels sind geschützt. (Bild 2.42)

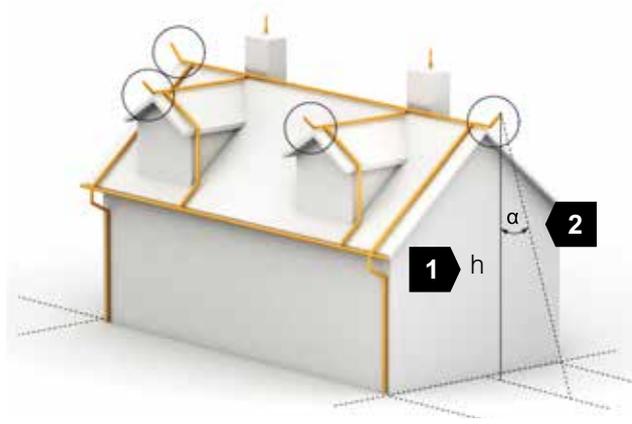


1	h_1 : Gebäudehöhe
2	h_2 : Fangstangenhöhe
3	Schutzwinkel α

Bild 2.44: Schutzwinkelverfahren an Fangstangen

3. Schritt: Gebäudeteile außerhalb des Schutzwinkels (Bild 2.41)

Gebäudeteile, die außerhalb des Schutzwinkels liegen, müssen zusätzlich geschützt werden. Der Schornstein in unserem Beispiel hat einen Durchmesser von 70 cm und benötigt somit eine 1,50 m lange Fangstange. Beachten Sie in jedem Fall den Schutzwinkel. Die Dachgauben erhalten eine eigene Firstleitung.



1	h: Gebäudehöhe
2	Schutzwinkel α

Bild 2.45: Fangeinrichtungen und Ableitungen

4. Schritt: Vervollständigung der Fangeinrichtung (Bild 2.45)

Führen Sie die Fangeinrichtung zur Ableiteinrichtung herunter. Die Enden der Firstleitung sollten überstehen und um 0,15 m nach oben gebogen werden. So sind eventuell herausragende Vordächer ebenfalls geschützt.

Folgende Dachaufbauten sind mit Fangeinrichtungen gegen direkte Blitzeinschläge zu schützen:

- metallische Materialien mit mehr als 0,3 m Höhe
- nichtleitende Materialien (z. B. PVC-Rohre) mit mehr als 0,5 m Höhe

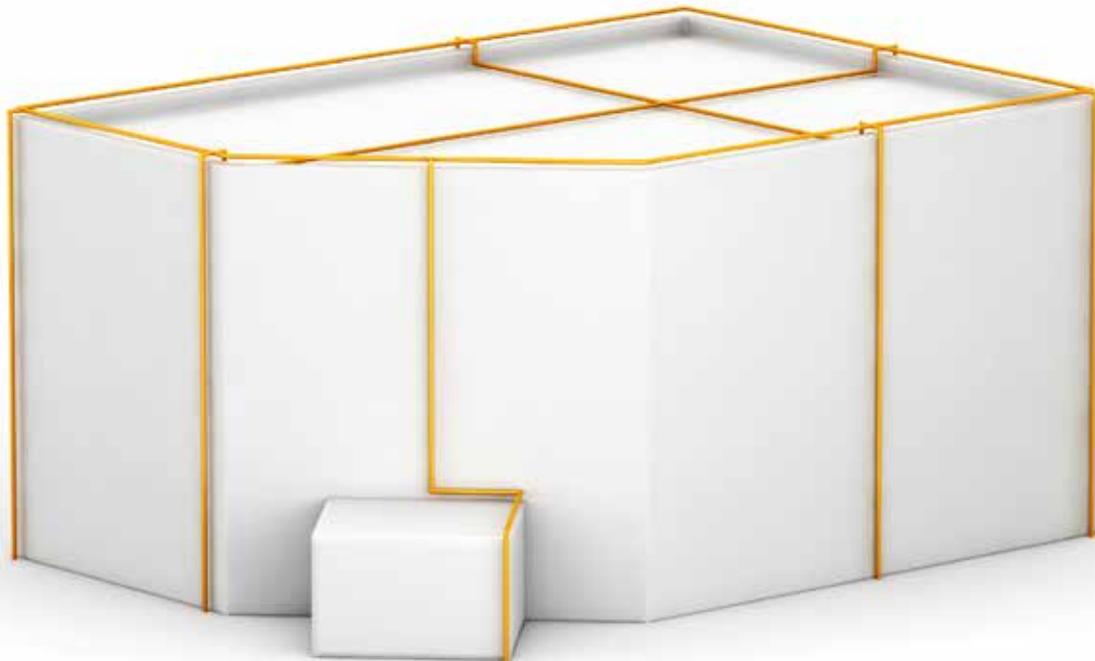


Bild 2.46: Ableitungseinrichtung nach VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3)

2.2 Ableitungen

Ableitungen sind der Teil des äußeren Blitzschutzes, der dazu bestimmt ist, den Blitzstrom von der Fangeinrichtung zur Erdungsanlage abzuleiten. (Bild 2.46) Um die Wahrscheinlichkeit von Schäden durch den Blitzstrom, der durch das Blitzschutzsystem fließt, zu verringern, sind die Ableitungen so anzubringen, dass vom Einschlagpunkt zur Erde:

- mehrere parallele Strompfade erstellt sind
- die Länge der Ableitungen so kurz wie möglich gehalten wird
- ein Potentialausgleich zwischen den leitenden Teilen der baulichen Anlage hergestellt wird.

Die Ableitungseinrichtung leitet den Blitzstrom von der Fangeinrichtung zur Erdungsanlage. Die Anzahl der Ableitungen ergibt sich aus dem Umfang des zu schützenden Gebäudes – es müssen aber in jedem Fall mindestens zwei Ableitungen geschaffen werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die Stromwege kurz und ohne Schleifen installiert werden. In der Tabelle (Tabelle 2.22) sind die Abstände zwischen den Ableitungen dargestellt und den entsprechenden Blitzschutzklassen zugeordnet.

2.2.1 Planungsmethoden

Die Ableitungen verbinden die Fangeinrichtung über eine kurze, direkte Verbindung mit dem Erdungssystem.

2.2.1.1 Anzahl und Anordnung

Die Ableitungen sollten vorzugsweise in der Nähe der Ecken der baulichen Anlage installiert werden. Um eine optimale Aufteilung des Blitzstroms zu erzielen, müssen die Ableitungen gleichmäßig um die Außenwände der baulichen Anlage verteilt werden.

(Bild 2.47)

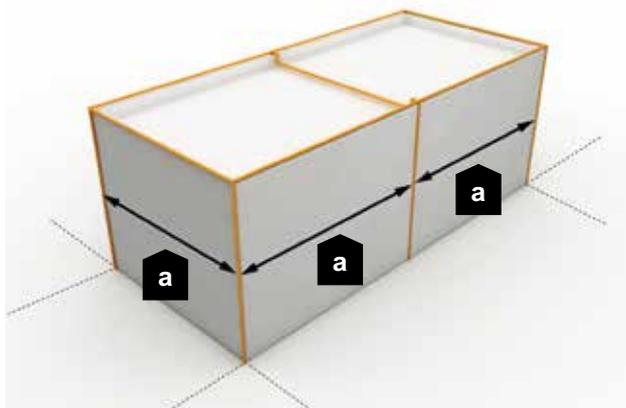


Bild 2.47: Abstand (a) zwischen den Ableitungen

Blitzschutzklasse	Abstand zwischen den Ableitungen
I	10 m
II	10 m
III	15 m
IV	20 m

Tabelle 2.22: Zuordnung der Blitzschutzklassen nach Abständen zwischen den Ableitungen

An der Verbindungsstelle jeder Ableitung zum Erdungssystem ist eine Messstelle vorzusehen. Die Messstellen sind zur eindeutigen Zuordnung z. B. mit Nummern zu kennzeichnen.



Bild 2.48: Messstelle an der Erdführung



Bild 2.49: Gebäude mit Glasfassade

Ableitungen: Besonderheiten

Ist es nicht möglich, Ableitungen an einer Seite oder einem Seitenteil des Gebäudes anzuordnen, sollten diese Ableitungen an den anderen Seiten ausgeführt werden. Die Abstände zwischen diesen Ableitungen sollten nicht kleiner als $\frac{1}{3}$ der Abstände in der **Tabelle 2.22** sein.

Allgemeines: nicht getrennte Ableitungen/ Anbindung von Innenstützen

Große, flache bauliche Anlagen (wie typische Industrieanlagen, Messehallen usw.) mit größeren Maßen als dem vierfachen Ableitungsabstand sollten mit zusätzlichen inneren Ableitungen mit einem Abstand von etwa 40 m, soweit möglich, ausgerüstet werden. Alle Innenstützen und alle inneren Zwischenwände mit leitenden Teilen, wie Stahlbewehrungsstäben, die nicht die Bedingungen für den Trennungsabstand erfüllen, sollten an geeigneten Stellen mit der Fangeinrichtung und der Erdungsanlage verbunden werden.

Wenn aufgrund architektonischer Gesichtspunkte die Ableitungen nicht auf der Oberfläche verlegt werden können, sollten sie z. B. in Spalten des Mauerwerkes installiert werden.

Dabei ist zu beachten:

- Putz kann durch Wärmedehnung beschädigt werden.
- Putz kann durch chemische Reaktionen verfärben.
- Abhilfe: PVC-umkleidete Leiter verhindern solche Flecken.

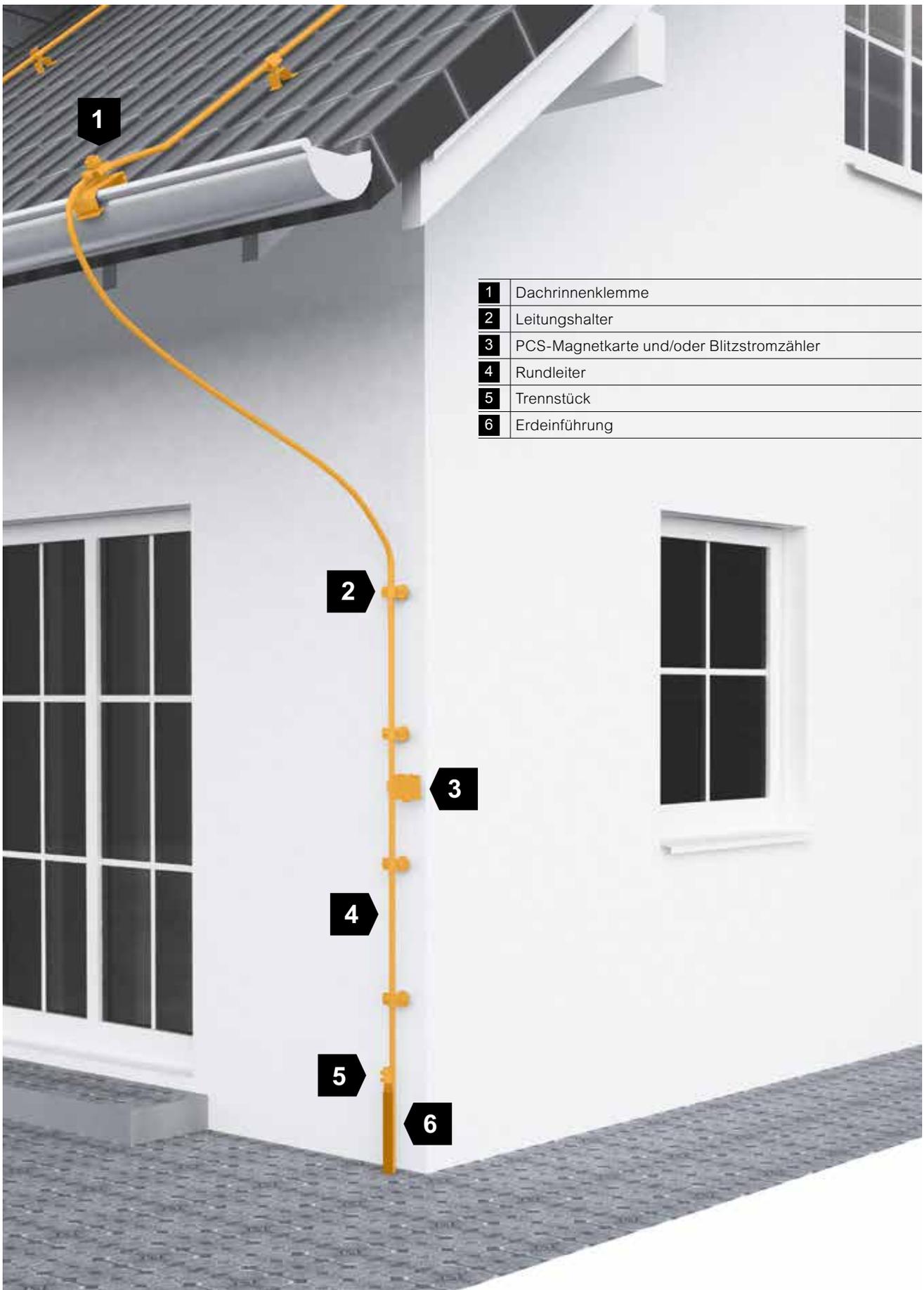


Bild 2.50: Installationsprinzip Ableitungseinrichtung

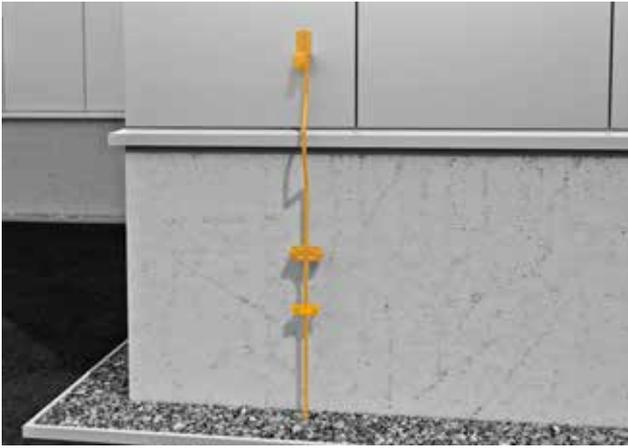


Bild 2.51: Beispiel: Vertikale Fassadenelemente

2.2.1.2 Nutzung natürlicher Bestandteile

Metallene Installationen können als natürliche Bestandteile einer Ableitungseinrichtung dienen, sofern:

- der elektrische Durchgang dauerhaft besteht,
- ihre Maße mindestens den Werten für normierte Ableitungen entsprechen. (Tabelle 2.5, Seite 51)
- Rohrleitungen mit brennbarem oder explosivem Inhalt sind nicht zulässig, wenn die Dichtungen in Flanschkupplungen nicht elektrisch leitend verbunden sind.

Voraussetzung für Fassadenelemente und metallene Konstruktionen:

- Ihre Maße müssen den Anforderungen an Ableitungen entsprechen und die Dicke der Metallbleche/-Rohre muss mindestens betragen.
- Ihr elektrischer Durchgang in senkrechter Richtung muss den Anforderungen entsprechen.
- Fassadenelemente können als Ableitungseinrichtung genutzt werden, wenn sie elektrisch durchverbunden sind.
- Die natürlichen Bestandteile für Ableitungseinrichtungen müssen nach VDE 0185-305-3 (IEC 62365-3) ausgeführt sein.

Bei Verwendung der natürlichen Ableitungen (z. B. Stahlbeton, Stahlstützen) ist eine Trennung der Blitzschutzanlage und der Erdungsanlage nicht möglich und Messstellen können entfallen.

Metallene und elektrisch verbundener Stahlbeton/Bewehrung können als natürliche Bestandteile einer Ableitungseinrichtung verwendet werden, wenn:

- in einem Stahlbetonfertigteile Verbindungsstelle vorgesehen sind.
- die Betonfertigteile auf der Baustelle während der Montage miteinander verbunden werden.
- bei Spannbeton das Risiko von unzulässigen mechanischen Einflüssen aufgrund des Blitzstromes berücksichtigt wird.



Bild 2.52: Beispiel: Nutzung von horizontal verbundenen Fassadenelementen als Ableitungseinrichtung

Metallene Installationen dürfen mit Isolierstoff umhüllt sein, z. B. einer Lackschicht.



Bild 2.53: Beispiel: Nutzung von bewehrten Betonstützen/ Ableitungseinrichtung

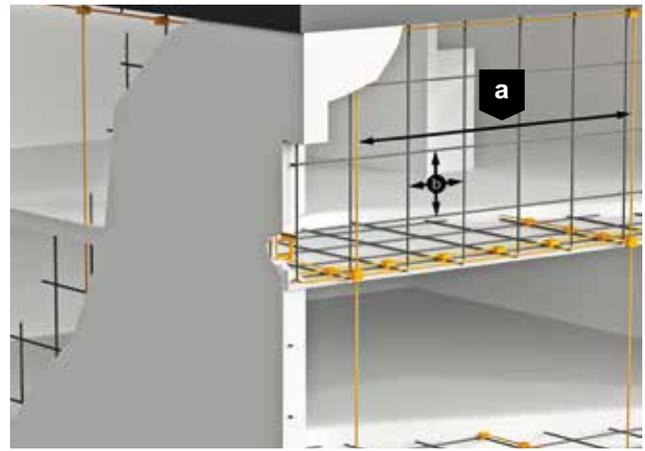
Bei baulichen Anlagen mit bewehrten Betonstützen oder -wänden (Bild 2.53), sind die Ableitungen in der Bewehrung zu verlegen. Die Ableitungen müssen dabei abschnittsweise verlegt werden. Dies erfordert eine genaue Koordinierung. Die Verbindungsstellen müssen sorgfältig mit Klemmverbindern erstellt werden. Die Ableitungen sind zusätzlich mit der Bewehrung zu verbinden.

Stahlbetonelemente eignen sich hervorragend als Ableitungseinrichtung, wenn die Nutzung rechtzeitig in der Planung vorgesehen wird. Bei der Herstellung der Stahlbetonelemente werden genaue Vorgaben benötigt. Die Ausführung muss überprüft und mit Fotos dokumentiert werden. Als Anschlusspunkte für Ableitungen und den Potentialausgleich sollten Erdungsfestpunkte verwendet werden.

Durchverbundene Bewehrung der baulichen Anlage

Sollte die Bewehrung bzw. der Stahlbeton der baulichen Anlage als natürliche Ableitung dienen, so sind diese mit Blitzschutzverbindungsbauteilen gemäß DIN EN 62561-1 (IEC 62561-1) mit der Fangeinrichtung zu verbinden. Auch eine blitzstromtragfähige Verbindung zur Erdungsanlage und mindestens zur Haupterdungsschiene müssen durchgeführt werden. Wenn die natürliche Ableitung auch als Schutz gegen LEMP (lightning electromagnetic impulse) optimiert sein soll, so sind entsprechende Maschen innerhalb der Anlage zu realisieren. Hierbei sind Maschenweiten von $a = 5\text{ m}$ und $b = 1\text{ m}$ empfohlen.

(Bild 2.54)



a	Maschenweite Ableitung = 5 m
b	Maschenweite Bewehrung = 1 m

Bild 2.54: Beispiel: Nutzung von bewehrten Betonstützen/ Ableitungseinrichtung

Bei Anlagen aus Betonfertigteilen und Spannbetonteilen muss der elektrische Durchgang mit einer Durchgangsprüfung zwischen dem oberen Teil und dem Erdboden durchgeführt werden.

Messung

Der elektrische Gesamtwiderstand sollte bei einer mit einer für diesen Zweck geeigneten Prüfeinrichtung (Gleichstromquelle, 10 A Messstrom) gemessen werden.

Es sind 2 Arten der Messung durchzuführen:

- Der Anschlusspunkt der Bewehrung zum nächsten Anschlusspunkt sollte der Widerstandswert kleiner als $< 10\text{ m}\Omega$ sein
- Der Anschlusspunkt der Bewehrung gegen die Haupt-Erdungsschiene sollte maximal $10\text{ m}\Omega$ pro Meter Gebäudehöhe nicht überschreiten.

Die Prüfungen sind am besten vor und nach der Betonbefüllung durchzuführen. Werden diese Werte nicht erreicht, darf der Bewehrungsstahl nicht als Ableitung benutzt werden. In diesem Fall wird die Errichtung einer äußeren Ableitung empfohlen. In baulichen Anlagen aus Betonfertigteilen muss der elektrische Durchgang des Bewehrungsstahls der einzelnen Betonfertigteile mit den benachbarten Betonfertigteilen sichergestellt werden.



Bild 2.55: Komponenten des isCon®-Systems

2.2.1.3 Hochspannungsfeste, isolierte Ableitung

Der Trennungsabstand bei modernen Gebäuden kann aus architektonischen Gründen oft nicht eingehalten werden. Hierbei und bei Industrieanlagen bietet die hochspannungsfeste, isolierte isCon-Leitung eine Lösung nach VDE 0185-305 (IEC 62305) und einen äquivalenten Trennungsabstand von 0,75 m in Luft sowie 1,5 m in festen Baustoffen.

Die Produktvorteile im Überblick:

- Ersetzt 0,75 m Trennungsabstand in der Luft
- Universell: einfache Konfektionierung auf der Baustelle
- Normkonform: Querschnitt 35 mm² Kupfer
- Geprüft: von unabhängigen Prüfinstitutionen
- Flammwidrig
- Witterungsbeständig
- Bis 150 kA Blitzstrom pro Ableitung
- Umweltgerecht: halogenfrei
- Geprüft: in Ex-Bereichen einsetzbar

Isolierte Ableitungen sind die beste Lösung, wenn Trennungsabstände aus konstruktiven oder architektonischen Gründen nicht eingehalten werden können.

Volle Flexibilität bei der Konzeption der Blitzschutzanlage

Die isCon®-Leitung ist eine hochspannungsfeste, gleitentladungsfreie Ableitung. Sie ermöglicht die Einhaltung eines Trennungsabstandes nach VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3) und kann einen Trennungsabstand von 0,75 Meter in der Luft und 1,5 Metern bei festen Baustoffen ersetzen. Eigenschaften, die von unabhängigen Prüfanstalten bestätigt wurden.

Aufbau der isCon-Leitung

Die OBO isCon®-Leitung besteht aus fünf Teilen. Die Kupferseele hat einen Querschnitt von 35mm² (mind. 25 mm² nach IEC 62305). Umschlossen ist sie von einer inneren Leitschicht und einer hochspannungsfesten VPE-Isolierung. Diese wiederum ist mit einer äußeren Leitschicht und einem zusätzlichen elektrisch schwach leitfähigen Material ummantelt. Der Blitzstrom fließt durch die Kupferseele ab. Für den Betrieb muss die Kupferseele mit dem schwach leitfähigen Mantel mittels selbst zu installierendem Anschlusselement verbunden werden. Nur das geprüfte Anschlusselement darf mit der Fangeinrichtung oder weiterführenden Ableitung des äußeren Blitzschutzes verbunden werden. Die Leitung muss im Schutzbereich der Fangeinrichtung liegen und mit dem ausgewiesenen Installationsmaterial in einem Abstand von maximal einem Meter befestigt werden. Wird eine Verlegung im Gebäude durchgeführt, so ist auf festgelegte Schutzmaßnahmen wie z. B. Brandschottungen zu achten.



Bild 2.56: Beispiel: Schutz einer Gas-Station mit isCon®-Leitung

2.2.2 Ausführungen

2.2.2.1 Nicht getrenntes Blitzschutzsystem

Wenn der notwendige Trennungsabstand zwischen der Blitzschutz-Anlage und den metallenen Systemen des Gebäudes bzw. der Anlage nicht eingehalten werden kann, sind weitere Maßnahmen notwendig. Zur Vermeidung von gefährlicher Funkenbildung und daraus resultierender Brandgefahr sind folgende Maßnahmen zu treffen:

- Sicherheitsabstand vergrößern
- Anzahl der Ableitungen erhöhen (neue Berechnung des Sicherheitsabstands!)
- Blitzstromtragfähige Verbindung zwischen den Systemen herstellen

2.2.2.2 Getrenntes Blitzschutzsystem

Getrennte Blitzschutzsysteme ermöglichen normgerechten Blitzschutz nach IEC 62305. Der nach Norm geforderte Trennungsabstand zu elektronischen Systemen kann durch die unterschiedlichen Ausführungen des isolierten Blitzschutzes eingehalten werden. (Bild 2.56 - 2.59) Durch die Einzelkomponenten und Systeme lassen sich je nach Anforderung die unterschiedlichsten Lösungen erstellen.



Bild 2.57: Getrennter Blitzschutz mit Isoliertraversen

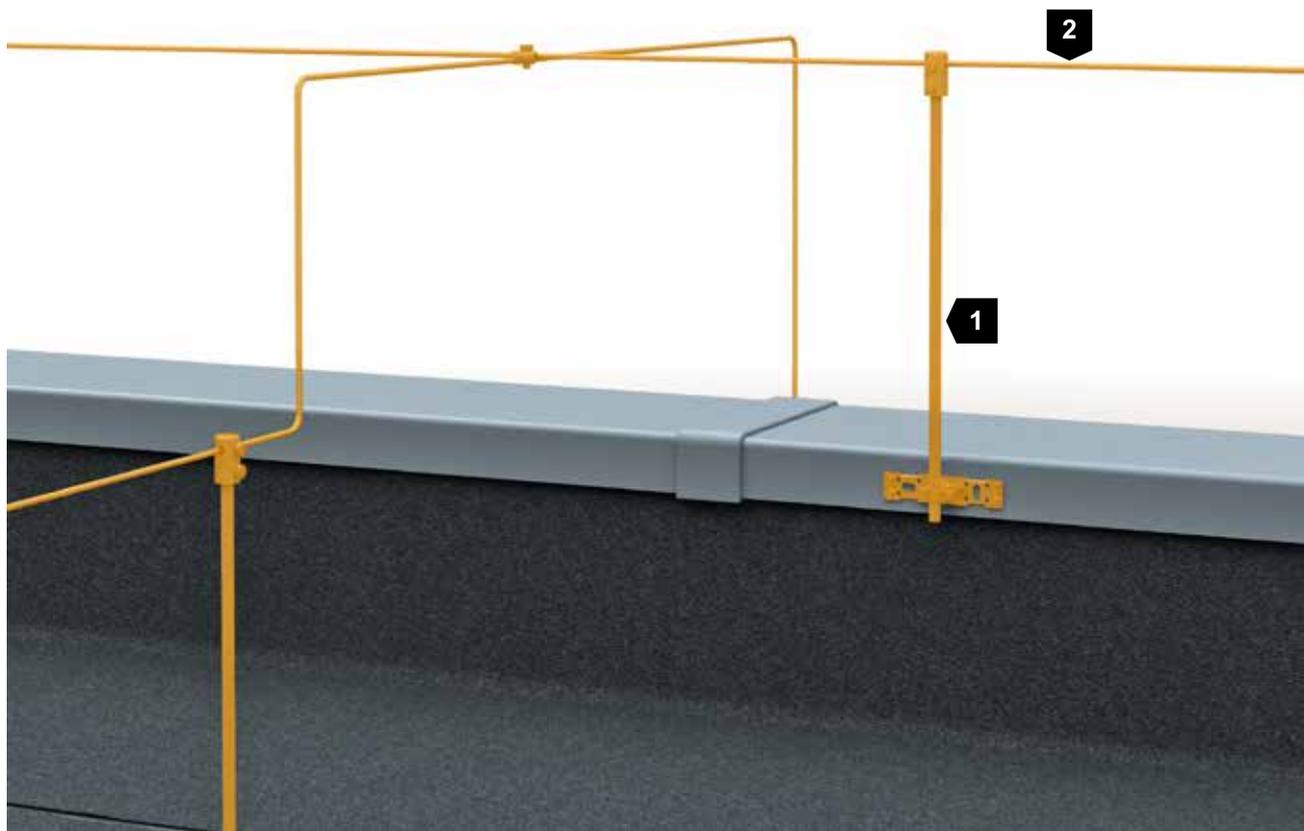


Bild 2.58: Getrennter Blitzschutz mit isCon®

In Anlagen mit erhöhter Explosions- oder Brandgefahr sind Funken zu vermeiden.



Bild 2.59: Getrennter Blitzschutz mit Fangstangen



1	Isolierter GFK-Halter
2	Rundleiter

Bild 2.60: Isolierter Blitzschutz mit GFK-Stangen

Isolierter Blitzschutz an einer Fangstange

Das Isolierte Blitzschutzsystem besteht aus GFK-Stangen mit 16 oder 20 mm Durchmesser:

- Für beide Varianten steht umfangreiches Systemzubehör zu Verfügung.
- Zwei Materialstärken
- Für unterschiedliche Anwendungen als „Set“ zu beziehen

16 mm GFK-Stangen	20 mm GFK-Stangen
0,75 - 1,5 und 3 m Länge	3 und 6 m Länge
UV-stabil	UV-stabil
lichtgrau	lichtgrau
Materialfaktor k_m : 0,7	Materialfaktor k_m : 0,7
Widerstandsmoment: > 400 mm ³	Widerstandsmoment: > 750 mm ³
Traglast: 54 N (1,5 m)	Traglast: 105 N (1,5 m)

Tabelle 2.23: Eigenschaften der isolierten GFK-Stangen

2.2.2.3 Hochspannungsfeste Ableitung isCon

Aufgaben einer isolierten, hochspannungsfesten Ableitung

Isolierte Ableitungen werden im äußeren Blitzschutz zur Verringerung bzw. Vermeidung des Trennungsabstandes nach VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3) eingesetzt. isCon® beherrscht einen äquivalenten Trennungsabstand von 0,75 m in Luft und 1,5 m bei festen Baustoffen.

Anforderungen:

- Blitzstromtragfähiger Anschluss der Ableitung an die Fangeinrichtung, Erdungsanlage oder an herkömmliche, in Richtung Erde weitergeführte blanke Ableitungen
- Einhaltung des notwendigen Trennungsabstandes (s) in den vom Hersteller angegebenen Grenzen durch eine ausreichende elektrische Spannungsfestigkeit der Ableitung sowohl im Bereich des Einspeisepunktes als auch im gesamten weiteren Verlauf
- Ausreichende Stromtragfähigkeit durch einen normkonformen Leiterquerschnitt der Ableitung (OBO isCon = 35 mm², Norm fordert mind. 25 mm²)

Normative Anforderungen

Aktuell nur die allgemeinen Anforderungen für

- VDE 0185-561 (IEC 62561) Blitzschutzbauteile – Teil 1: Anforderungen an Verbindungsbauteile z. B. Blitzstromtragfähigkeit der Verbindungsstellen
- VDE 0185-305 (IEC 62305) Blitzschutz – Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen z.B. Fangeinrichtung, mind. Querschnitte, Potentialausgleich
- Auf internationaler Ebene wird derzeit an einem Norm-Entwurf gearbeitet: IEC 62561: Lightning Protection System Components (LPSC) – Part 8: Requirements for components for isolated LPS
- Spezielle Anforderungen und Prüfungen von isolierten Ableitungen sind derzeit in keiner Norm beschrieben.

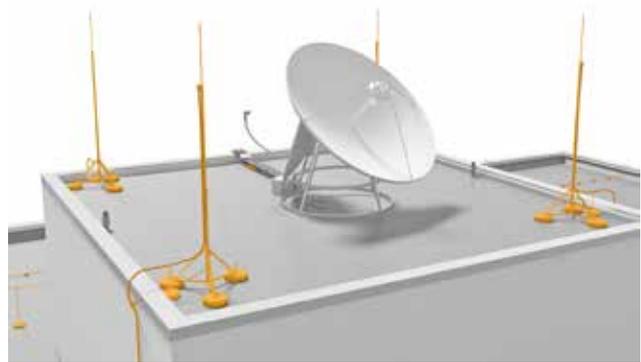


Bild 2.61: Getrennter Blitzschutz mit Fangstangen

isCon System: Einsatzgebiete – Anwendungsbeispiele

Isolierte Ableitungen sind Installationslösungen für den äußeren Blitzschutz, die vorrangig dort eingesetzt werden, wo der Trennungsabstand nicht eingehalten werden kann oder aus ästhetischen Gründen nicht angewendet wird. (Bild 2.61)

Anwendungsgebiete:

- Mobilfunkantennen
- Rechenzentren
- Erweiterungen von Blitzschutzsystemen
- Architektonische Lösungen
- Trennungsabstand nicht einhaltbar

Geometrie	Mindestquerschnitt ^a	Anmerkungen
Band	50 mm ²	Mindestdicke 2,0 mm
Rund ^a	50 mm ²	Durchmesser 8 mm
Seil	50 mm ²	Mindestdurchmesser jedes Drahtes 1,7 mm
Rund	200 mm ²	Durchmesser 16 mm

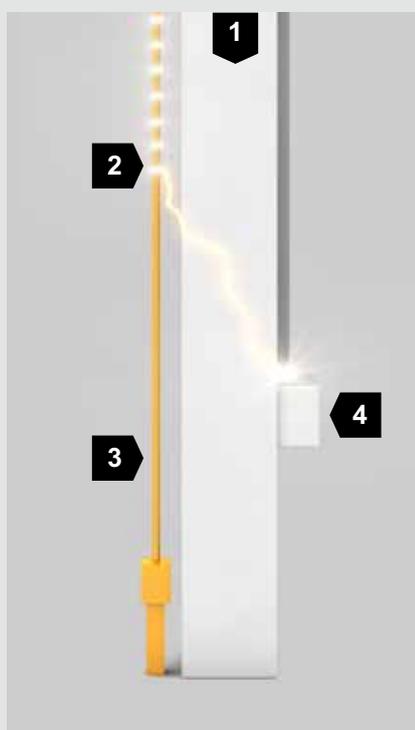
Tabelle 2.23: Mindestquerschnitte für Ableitungen

^a 50 mm² (8 mm Durchmesser) darf in gewissen Anwendungen auf 25 mm² reduziert werden, wenn die mechanische Festigkeit keine wesentliche Anforderung ist. In diesem Fall sollte der Abstand der Leitungshalter verringert werden.

Zweck der isolierten Ableitung

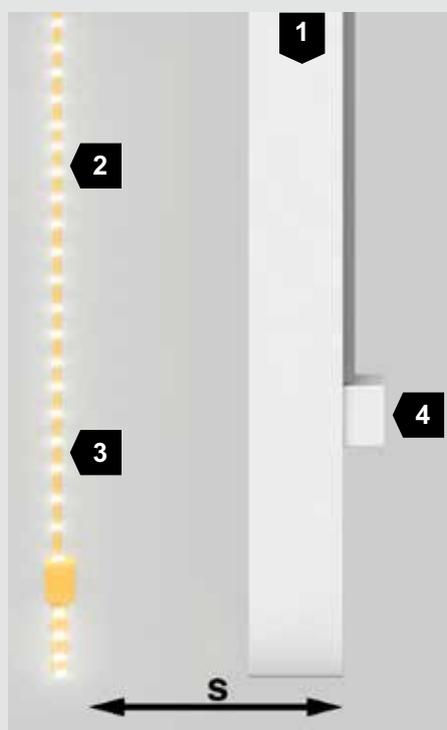
Im Fall eines direkten Blitzeinschlags kommt es bei einer nicht getrennten Blitzschutzinstallation zu Überschlügen auf geerdete metallene Konstruktionen oder in elektrischen Installationen.

Ein berechneter Trennungsabstand sichert bei einem getrennten System den Blitzstromfluss bis zur Erdungsanlage. Ist dies nicht realisierbar, so kann mittels einer hochspannungsfesten isolierten Ableitung (Bild 2.64) ein äquivalenter Trennungsabstand eingehalten werden.



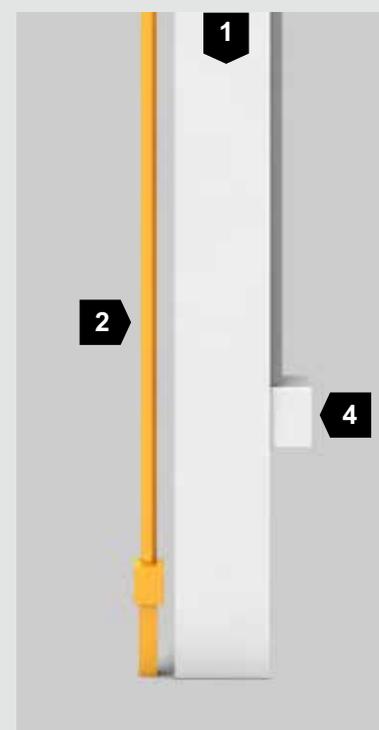
1	Mauerwerk
2	Blitzstrom
3	Ableitung 8 mm
4	Elektrische Installation

Bild 2.62: Blitzstrom koppelt in die elektrische Installation ein.



1	Mauerwerk
2	Blitzstrom
3	Ableitung 8 mm
4	Elektrische Installation
s	Trennungsabstand

Bild 2.63: Keine direkte Einkopplung



1	Mauerwerk
2	isCon®
3	Elektrische Installation

Bild 2.64: Keine direkte Einkopplung



*isCon® =
Insulated Conductor =
isolierte Ableitung*

1	Schwach leitfähiges EVA (Ethylen-Vinylacetat Copolymer), UV-beständig
2	Leitfähiges VPE (vernetztes Polyethylen)
3	Isolierung VPE (vernetztes Polyethylen)
4	35 mm ² Kupferleiter

Bild 2.65: Aufbau der hochspannungsfesten isolierten Ableitung OBO isCon®

OBO isCon-System

Isolierte Ableitungen werden im äußeren Blitzschutz zur Verringerung bzw. Vermeidung des Trennungsabstandes nach VDE 0185-305 (IEC 62305) eingesetzt. isCon® beherrscht einen äquivalenten Trennungsabstand von 0,75 m in Luft

- Isolierte Ableitungen verfügen im Gegensatz zu üblichen geschirmten Mittelspannungskabeln mit einem metallischen Schirm über eine schwachleitende Hülle zur Feldsteuerung, die eine Absteuerung der hohen Spannung im Bereich des Einspeisepunktes bewirkt. Ein Überschlag über den Kabelmantel der isolierten Ableitung wird somit verhindert.
- Nach dem ersten Potentialanschluss des Kabelmantels sichert die isolierte Ableitung den angegebenen äquivalenten Trennungsabstand.

Aufbau der hochspannungsfesten isolierten Ableitungen OBO isCon (Bild 2.65)

Die isCon® Leitung ist ein koaxial aufgebautes Einleiterkabel. Es besteht aus mehreren Schichten leitfähigen, schwachleitfähigen und isolierenden Materials sowie dem Innenleiter mit entsprechender Stromtragfähigkeit. Durch diesen Aufbau ist sowohl eine ausreichende Durchschlagsfestigkeit der Isolierung bei Blitzspannungsimpulsen als auch eine gezielte Manipulation der elektrischen Feldstärke an beiden Enden des Kabels gegeben. Hierdurch werden die ansonsten auftretenden Gleitentladungen verhindert.

Gleitentladungen ergeben sich immer an Grenzflächen zwischen einem festen und einem gasförmigen Isolierstoff. Durch die inhomogenen elektrischen Felder kommt es zu lokalen Feldstärkeüberhöhungen, die beim Erreichen der Gleitentladungs-Einsatzspannung eine Entladung entlang der Oberfläche des Kabels verursachen.



Bild 2.66: Prüfberichte zur isCon®-Leitung

Trennungsabstand

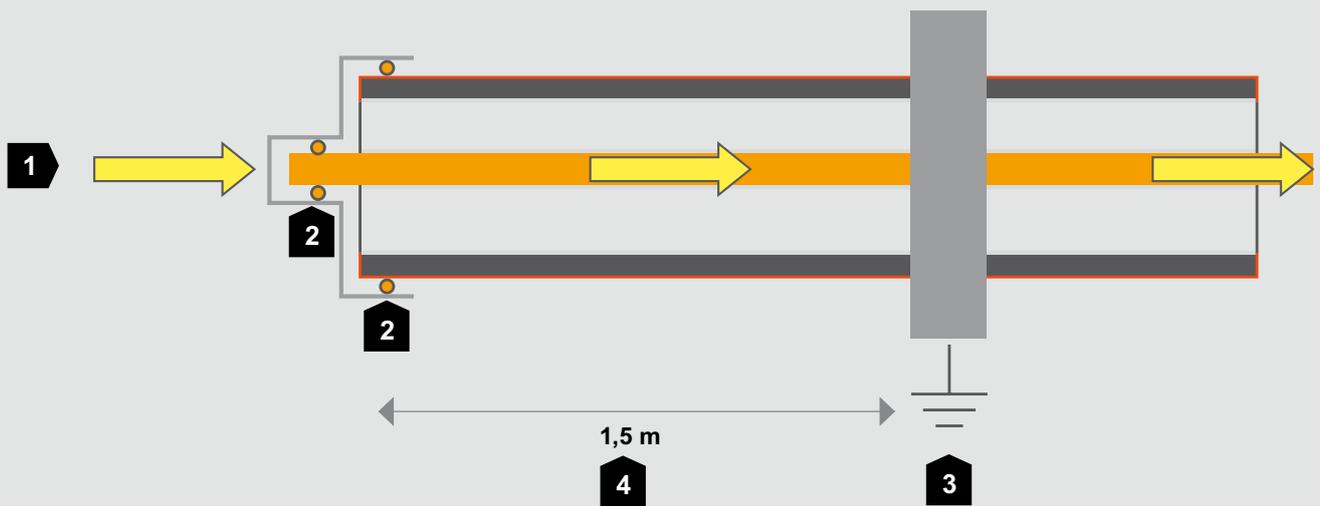
Berechnung des Trennungsabstandes nach VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3) Abschnitt 6.3 am Punkt des Anschlusses der isCon®-Leitung. Die Länge (l) ist vom Punkt des Anschlusses der isCon®-Leitung bis zur nächsten Ebene des Blitzschutz-Potentialausgleiches (z. B. Erdungsanlage) zu messen. Ob der errechnete Trennungsabstand (s) unter dem angegebenen äquivalenten Trennungsabstand der isCon®-Leitung liegt, muss geprüft werden. Wird der angegebene äquivalente Trennungsabstand überschritten, so müssen zusätzliche Ableitungen installiert werden.

Hinweis

Die Werte der Tabelle gelten für alle Typ B Erder und für die Typ A Erder, bei denen der Erdwiderstand der benachbarten Erderelektroden sich nicht um mehr als einen Faktor von 2 unterscheiden. Wenn der Erdwiderstand von einzelnen Elektroden um mehr als einen Faktor von 2 abweicht, soll $k_c = 1$ angenommen werden. Quelle: Tabelle 12 VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3).

LPS-Blitzschutzklasse	Anzahl der Ableitungen	Länge bei $s = 0,75 \text{ m}$
I	1	-
I	2	14,20
I	3 und mehr	21,30
II	1	12,50
II	2	18,94
II	3 und mehr	28,40
III + IV	1	18,75
III + IV	2	28,40
III + IV	3 und mehr	42,61

Tabelle 2.25: Berechnung der maximalen Leitungslänge beim Einsatz der isCon-Leitung. Angabe der Einheit (m)



1	Blitzstrom, mehrere kA
2	Anschluss von Kupferleiter und Mantel
3	Elektrische Verbindung zum Gebäude, leitende Struktur, lokalem PAS
4	Mindestabstand (kürzere Werte nach Berechnung möglich)

Bild 2.67: Funktion der isCon®-Leitung

**isCon®: Regeln für Planung und Installation:
parallele Ableitungen**

Bei einer Installation von mehreren parallel geführten isolierten Ableitungen wird eine Stromaufteilung erreicht. Durch den verringerten Stromaufteilungskoeffizienten k_c reduziert sich folglich der berechnete Trennungsabstand (s).

Um die magnetischen Felder möglichst gering zu halten und eine Beeinflussung der Leitungen untereinander zu vermeiden, ist ein Abstand zueinander von mindestens 20 cm empfehlenswert. Im Idealfall ist die zweite Leitung an der gegenüberliegenden Gebäudeseite zum Erdboden zu führen.

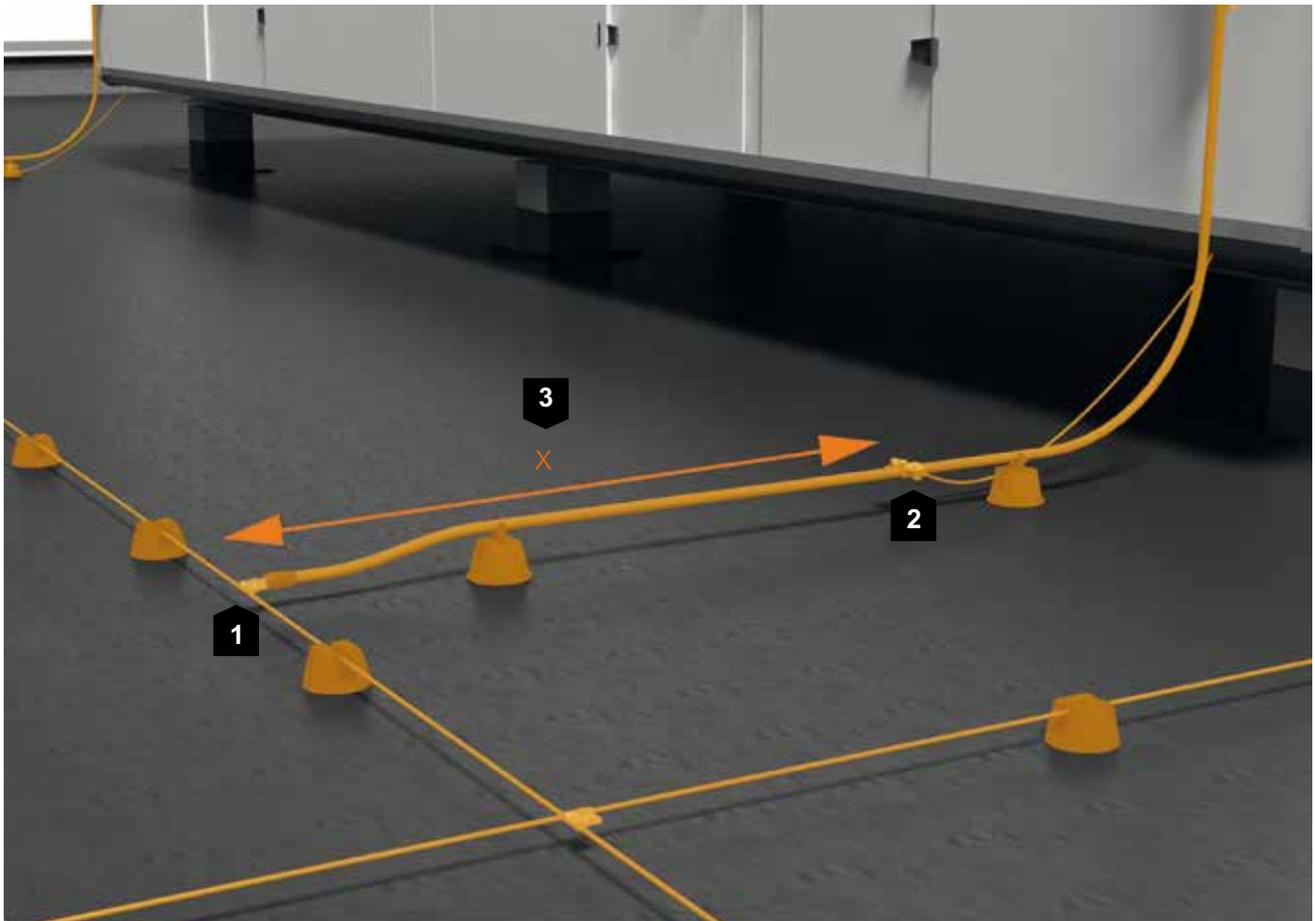
Bei direkt nebeneinander verlegten Leitungen wird die Induktivität der Gesamtanordnung nicht um den Faktor n verringert und der Stromaufteilungskoeffizient nicht entsprechend reduziert.

isCon®: Parallele Ableitungen

Eine genaue Berechnung des Trennungsabstandes belegt den möglichen Einsatz der isCon-Leitung, siehe [Tabelle 2.25 Seite 89](#).

Die hochspannungsfeste, isolierte isCon®-Leitung realisiert einen äquivalenten Trennungsabstand und erfüllt so die normativen Anforderungen.





1	Anschlusselement
2	Potentialanschluss mit z.B. Cu-Leitung $\geq 6 \text{ mm}^2$
3	x: Mindestabstand (kürzere Werte nach Berechnung möglich)

Bild 2.68: Anschluss isCon® an Masche

isCon®: Potentialanschluss

- Das Potentialsteuerungselement ist mittels $\geq 6 \text{ mm}^2$ Cu oder leitwertgleich an ein Bezugspotential anzuschließen. (Bild 2.68)
- Das Bezugspotential darf nicht Blitzstrom durchflossen sein und muss im Schutzwinkel der Blitzschutzanlage liegen.
- Der Potentialanschluss kann über eine lokale PAS, metallene und geerdete Dachaufbauten, geerdete Teile der Gebäudestruktur oder über den Schutzleiter des Niederspannungssystems erfolgen.
- Potentialausgleich (Anschluss $\geq 6 \text{ mm}^2$) kann bei Trennungsabstand $\leq 0,15\text{m}$ entfallen
- An beiden Anschlussbereichen ist im Verlauf des Anschlussbereiches der jeweils berechnete Trennungsabstand (s) zu metallenen Teilen einzuhalten.

In dem Bereich zwischen dem Anschlusselement und dem Potentialanschluss dürfen in einem Umkreis vom berechneten Trennungsabstand keine elektrisch leitfähigen oder geerdeten Teile angeordnet sein. Hierunter fallen z. B. metallene Konstruktionsteile und Leitungshalter sowie Armierungen. Liegt der berechnete Trennungsabstand (s) unterhalb von 75 cm in Luft, so kann der Abstand zwischen PA-Schelle und Anschlusselement (x) verringert werden.

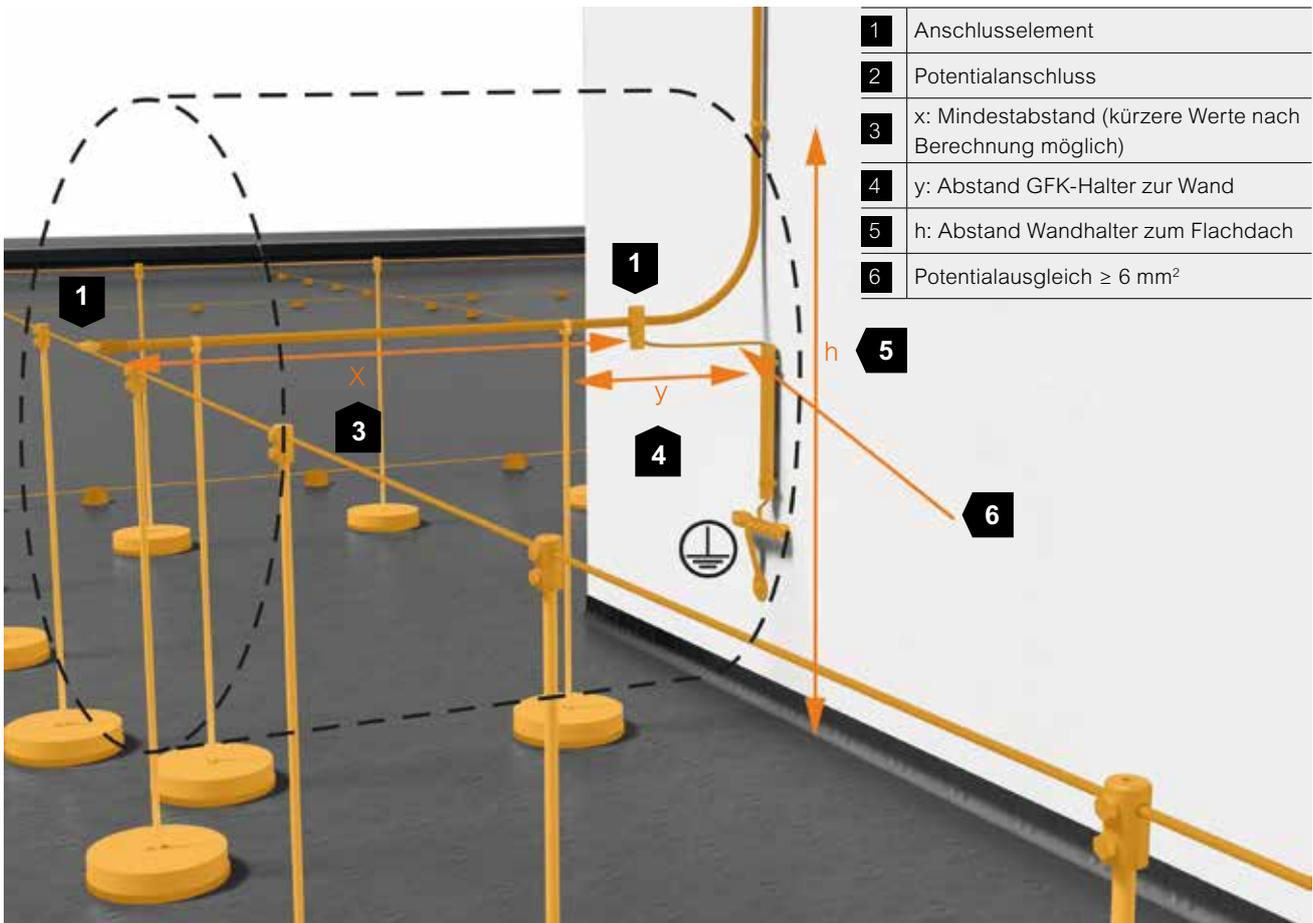


Bild 2.69: Beispiel: isCon®-Leitung an getrennter Ringleitung

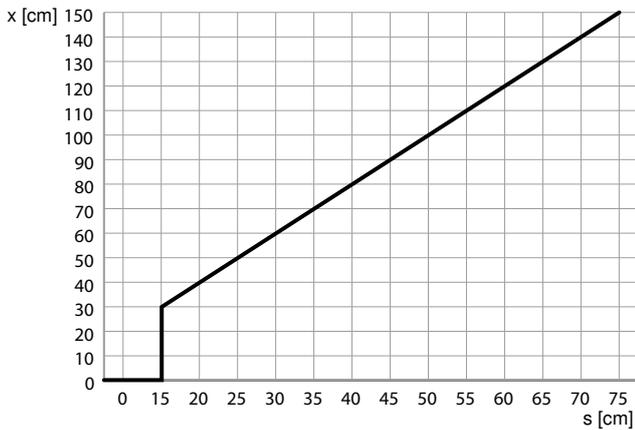


Tabelle 2.26: Minimal erforderlicher Abstand zwischen Anschlusselement und Potentialanschlussklemme für $s = 0,75 \text{ m}$ in Luft

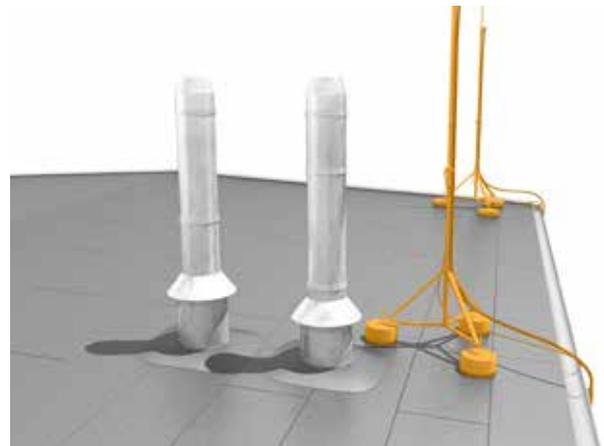


Bild 2.70: isFang-Fangmasten mit außen liegender isCon®-Leitung

In komplexen Installationen kann der erforderliche Trennungsabstand häufig nicht mehr mit konventionellen Ableitungen realisiert werden, da die baulichen Gegebenheiten nicht die erforderlichen Abstände zwischen den Fangeinrichtungen und den elektrischen Installationen zulassen. Um den erforderlichen Trennungsabstand dennoch einzuhalten, werden isoliert aufgebaute Blitzschutzsysteme, wie die OBO isCon®-Leitung, eingesetzt.

Geprüft: 0,75 m Trennungsabstand und bis zu 150 kA Blitzstrom

Nach dem ersten Potentialanschluss hinter dem Anschlusselement ersetzt die isCon®-Leitung einen äquivalenten Trennungsabstand von 0,75 Meter in Luft nach VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3). Eine Installation unmittelbar an metallenen und elektrischen Aufbauten ist somit möglich. Ein direkter Überschlag zwischen Ableitung und zu schützendem Objekt findet nicht statt.

Volle Flexibilität auf der Baustelle

Die OBO isCon®-Leitung ist flexibel einsetzbar. Geliefert wird die isCon®-Leitung auf Einwegkabelrollen. So kann der Anwender sie vor Ort zentimetergenau ablängen und nach Bedarf konfektionieren. Das heißt: keine Bestellung vorkonfektioniierter Fertiggabel, sondern flexibles Arbeiten nach den tatsächlichen Gegebenheiten auf der Baustelle. Um die Planung und Verlegung für die isCon®-Leitung fachgerecht ausführen zu können sind besondere Kenntnisse erforderlich. Diese werden mithilfe der aktuellen Installationsanweisung vermittelt, sie können aber auch in speziellen OBO Workshops vertieft werden.

Halogenfreiheit

Der Einsatz halogenfreier Kabel verhindert das Entstehen von korrosiven und giftigen Gasen im Bauwesen. Die Gase können erhebliche Schäden bei Menschen und Sachwerten hervorrufen. Die entstehenden Kosten durch die Korrosivität der Brandgase sind oftmals höher als die Kosten, die durch direkte Brandschäden entstehen. Die OBO isCon®-Leitung besteht aus halogenfreien Materialien.

Brennverhalten

Ein Feuer kann sich innerhalb von wenigen Minuten über ein nicht flammwidriges Kabel ausbreiten. Flammwidrig sind Kabel, die die Ausbreitung von Feuer verhindern und die nach Entfernung der Zündflamme von selbst erlöschen. Die Flammwidrigkeit der OBO isCon®-Leitung wurde gemäß DIN EN 60332-1-2 nachgewiesen.

Witterungsbeständigkeit

Der äußere Mantel der OBO isCon®-Leitung besteht aus einem sehr alterungsbeständigen Werkstoff (EVA = Ethylvinylacetat). Die Witterungsbeständigkeit wurde durch folgende Prüfungen bestätigt:

- Ozonbeständigkeit nach DIN EN 60811-2-1 Abschnitt 8
- Sunlight Resistance Test nach UL 1581 Abschnitt 1200
- Kälte-Schlagbeständigkeit nach DIN EN 60811-1-4 Abschnitt 8.5

Anwendungsbeispiel weichgedeckte Dächer

Weichgedeckte Dächer (Bild 2.71) wie z. B. Stroh, Schilf oder Reet erfordern einen erhöhten Schutz vor Blitzeinschlägen und daraus resultierender Brandgefahr.

Um ästhetischen Anforderungen der Bauherren gerecht zu werden, ist ein getrenntes Blitzschutzsysteme mittels isCon®-Leitung empfehlenswert. Die Fangeinrichtung wird mittels Fangmasten umgesetzt, die es erlauben, die Leitung innen zu verlegen (Typ isFang IN). Die graue Variante der isCon®-Leitung garantiert ein Höchstmaß an Schutz und ist im Bereich des Weichdaches zu verwenden. Die Leitung lässt sich so unter dem Weichdach verlegen.



Bild 2.71: weichgedecktes Dach mit isCon®

Anwendungsbeispiel Mobilfunkanlage

Installationen wie Mobilfunkanlagen müssen in das Blitzschutzkonzept eingebunden werden, das gilt besonders bei Nachrüstungen. (Bild 2.72)

Aufgrund räumlicher Einschränkungen sowie der Beeinflussung von Sendesignalen bietet sich der Aufbau der Blitzschutz-Anlage mittels isCon®-Leitung an. Eine einfache Einbindung in das vorhandene Blitzschutzsystem sowie ein separater Blitzschutz lassen sich leicht und normkonform umsetzen.

Ästhetische Aspekte

Für gut einsehbare Bereiche sowie überall, wo es auf Ästhetik ankommt, ist die Verlegung der isCon®-Leitung im Fangmasten zu empfehlen. (Bild 2.73) Der Potentialausgleich nach den ersten 1,5 Metern findet im Masten statt. Geerdet wird das gesamte Halterohr, somit ist ein umfangreicher Potentialausgleich gewährleistet. Eine einfache und optisch einwandfreie Installationslösung.



Bild 2.72: Mobilfunkmast mit isCon®-Leitung



Bild 2.73: Überwachungskamera mit isCon®-Leitung

Installationsprinzip isCon in explosionsgefährdeten Bereichen

In den Ex-Zonen 1 und 21 ist die OBO isCon®-Leitung nach dem ersten Potentialanschluss in regelmäßigen Abständen (0,5 Meter) mittels metallischer Leitungshalter (z. B. isCon H VA oder PAE) an den Potentialausgleich anzubinden. Der Potentialausgleich darf im Falle eines Blitzeinschlags nicht von Blitzstrom durchflossen werden und muss im Schutzwinkel der Blitzschutz-Anlage liegen.

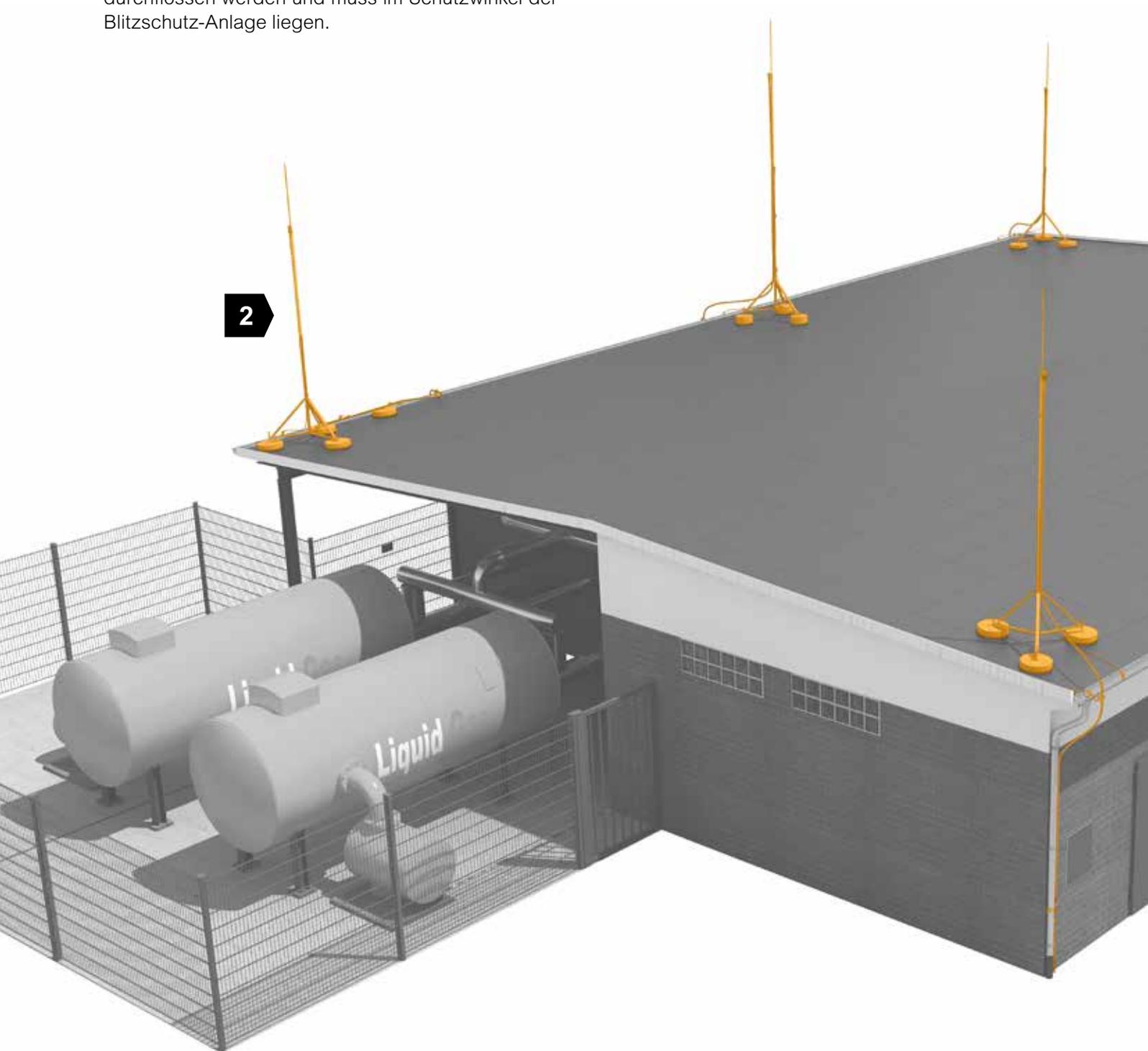
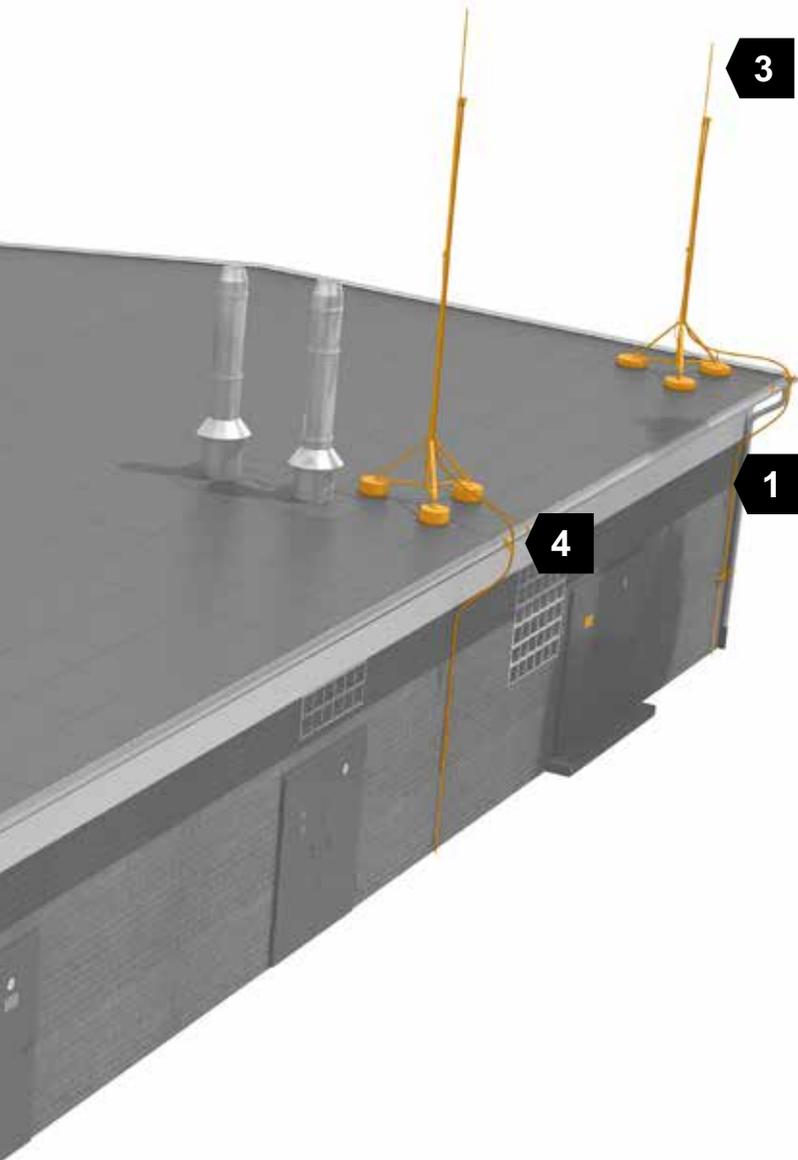


Bild 2.74: Installationsprinzip isCon® in explosionsgefährdeten Bereichen



1	isCon [®] -Leitung
2	isFang-Fangmast 4m mit außenliegender isCon [®] -Leitung
3	isFang-Fangmast 6m mit außenliegender isCon [®] -Leitung
4	Potentialanschluss



Bild 2.75: Verlegung eines Fundamenterders

2.3 Erdungssysteme

In den Normen wird für jede Anlage ein Erdungssystem gefordert.

Was ist mit „Erdungsanlage“ gemeint?

Die erforderlichen Definitionen findet man in der DIN VDE 0100-200 (IEC 60050-826) Errichten von Niederspannungsanlagen: Begriffe.

- „Gesamtheit, der zum Erden eines Netzes, einer Anlage oder eines Betriebsmittels verwendeten elektrischen Verbindungen und Einrichtungen.“
Sowie:
- „Leitfähiges Element, das in das Erdreich oder in ein anderes bestimmtes leitfähiges Medium, das in elektrischem Kontakt mit der Erde steht, eingebettet ist.“

Die Aufgaben einer Erdungsanlage sind:

- Ableiten des Blitzstromes in den Erdboden
- Potentialausgleich zwischen den Ableitungen
- Potentialsteuerung in der Nähe von leitenden Wänden der baulichen Anlage

Folgen einer nicht fachgerecht ausgeführten Erdungsanlage:

- Gefährliche Überspannungen am Potentialausgleich
- Kein gleichmäßiger Potentialverlauf am Erdsystem
- Zerstörung des Fundamentes durch zu geringe Ableitfläche des energiereichen Blitzstromes!
- Zerstörung des Fundamentes durch nicht fachgerecht ausgeführte Verbindungen (keine Klemmverbindung)
- Galvanische Einkopplung von hohen Blitzenergien

Erderanordnung nach VDE 0185-305-3

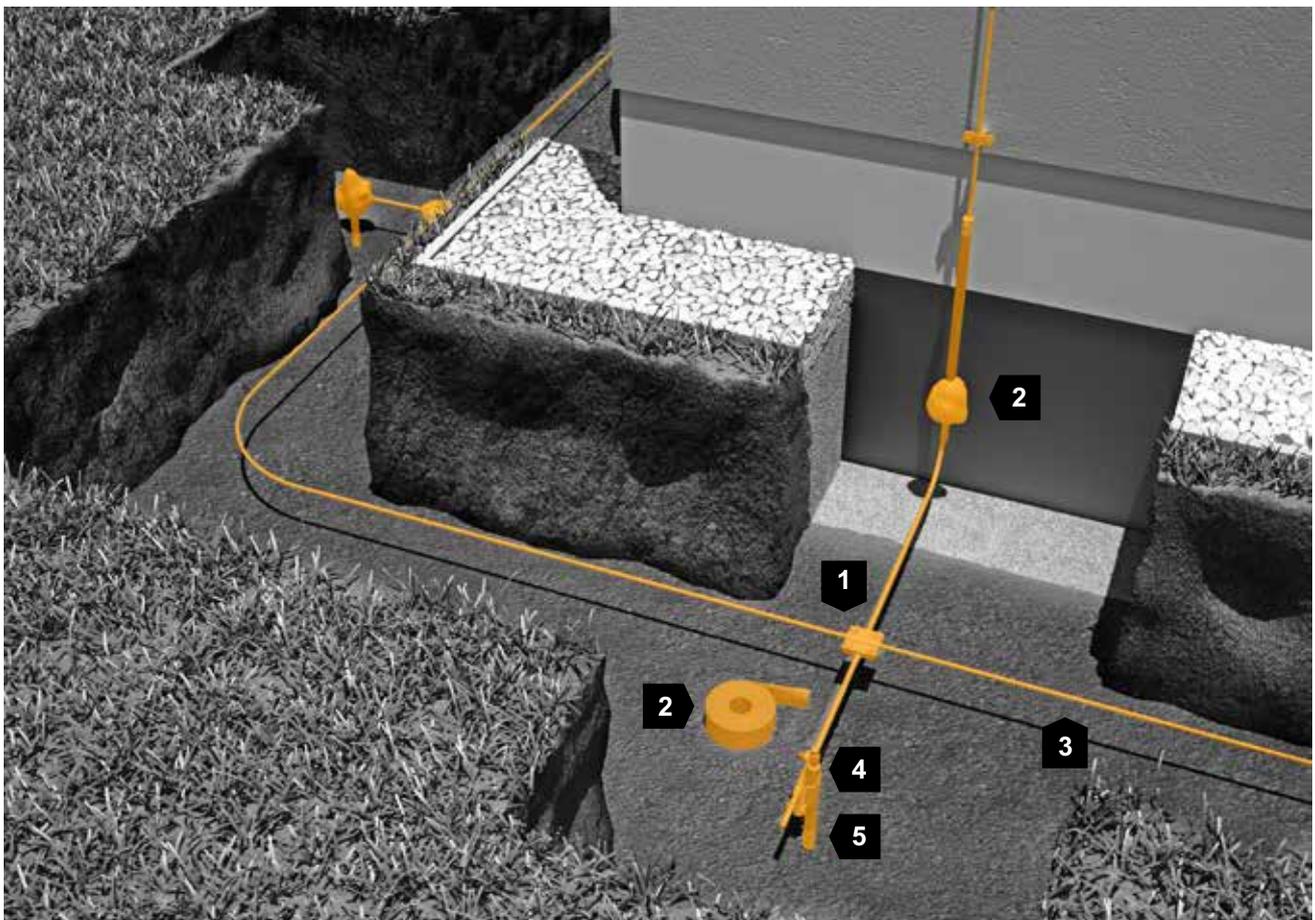
<p>Typ A</p> <ul style="list-style-type: none"> • Horizontalerder • Vertikalerder (Tiefenerder oder Staberder) 	<p>Typ B</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ringerder (Oberflächenerder) • Fundamenterder
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Bild 2.76: Systeme des äußeren und inneren Blitzschutzes

2.3.1 Planungsmethoden

Die VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3) fordert einen durchgehenden Blitzschutz-Potentialausgleich. Somit sind einzelne Erdungsanlagen miteinander zu verbinden, um ein globales Erdungssystem herzustellen.

Die Norm unterscheidet zwischen Typ A und Typ B Erdungsanlagen. Typ A sind vertikal oder horizontal Erder (Tiefenerder, Staberder). Typ B umfasst alle Oberflächenerder (Ringerder, Fundamenterder).



1	Kreuzverbinder
2	Korrosionsschutzbinde
3	Rundleiter
4	Anschlusschellen
5	Staberder (Korrosionsschutz für Verbinder beachten)

Bild 2.77: Typ A - Tiefenerder mit Ringpotentialausgleich

2.3.1.1 Typ A Tiefenerder Aufbau

Funktionsweise

Als Einzelerder wird je Ableitung ein Tiefenerder von 9,0 m Länge empfohlen, der mit einem Abstand von 1,0 m vom Fundament der baulichen Anlage verlegt wird.

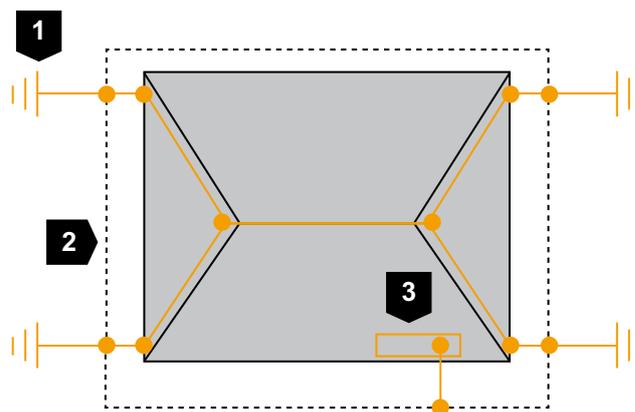
Als Mindestmaß (lt. DIN VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3)) für Erder Typ A gilt für die Blitzschutzklassen III und IV eine Länge von 2,5 m bei vertikaler Verlegung und 5 m bei horizontaler Verlegung. Tiefenerder werden je nach Bodenbeschaffenheit von Hand oder mit geeigneten Elektro-, Benzin- oder Lufthämmern ins Erdreich getrieben.

Alle Tiefenerder müssen mit einem Ringerder innerhalb oder außerhalb des Gebäudes verbunden und mit einer Einführung zur Potentialausgleichsschiene versehen werden.

Informationen zur Erderanordnung Typ A

- Tiefenerder werden im Allgemeinen senkrecht in größere Tiefen eingebracht. Sie werden in gewachsenen Boden eingetrieben, der im Allgemeinen erst unterhalb von Fundamenten anzutreffen ist.
- In dicht bebauten Gebieten lässt sich der spezifische Bodenwiderstand häufig nicht ermitteln. Hier genügt es, für die Ermittlung der Mindestlänge des Erders einen spezifischen Bodenwiderstand von 1.000 Ohm/m anzunehmen.
- In Erdungsanlagen Typ A ist die Mindestanzahl der Erder zwei.
- Erderanordnung Typ A: Verbindung außer- und innerhalb der baulichen Anlage
- Ableitungen werden nahe der Erdoberfläche miteinander verbunden. **(Bild 2.74)**

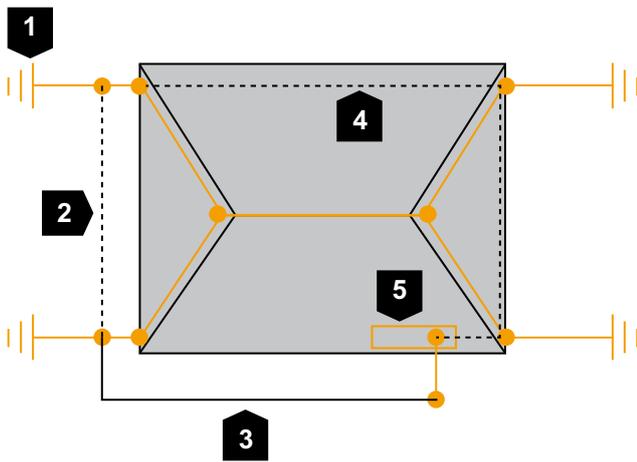
Die erforderlichen Erderlängen dürfen in mehrere, parallel geschaltete Längen aufgeteilt werden.



1	Tiefenerder Typ A
2	Verbindung im Erdreich
3	Haupterdungsschiene (HES)

Bild 2.78: Erdungsanlage Typ A: Verbindung außerhalb der baulichen Anlage

Die Strahlen- oder Tiefenerder Typ A erfüllen nicht die Forderung nach Potentialausgleich und Potentialsteuerung. Eine Erdungsanlage Typ A ist zweckmäßig für niedrige bauliche Anlagen (z. B. Einfamilienhäuser), bestehende bauliche Anlagen, für LPS mit Fangstangen oder Spannleitungen oder für ein getrenntes LPS. Diese Art der Anordnung umfasst Horizontal- und Vertikalerder, die mit jeder Ableitung verbunden ist.



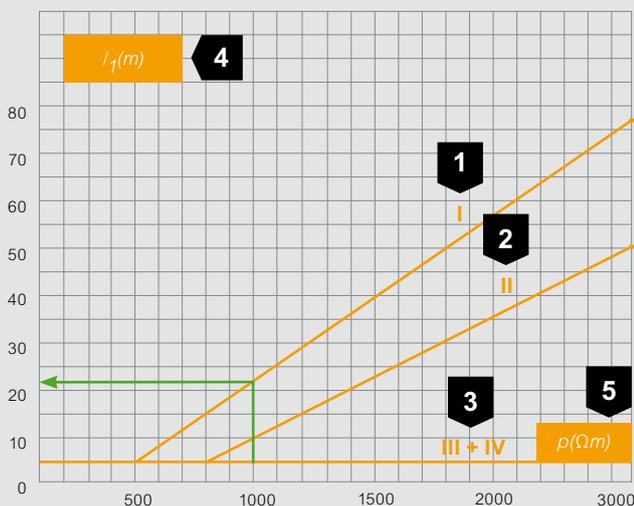
1	Tiefenerder Typ A
2	Verbindung im Erdreich
3	Verbindung auf Putz
4	Verbindung im Gebäude
5	Haupterdungsschiene (HES)

Bild 2.79: Erdungsanlage Typ A: Verbindung außer- und innerhalb der Anlage

Ist die Verbindung der Tiefenerder im Erdreich nicht möglich, kann diese auch im oder am Gebäude erfolgen. (Bild 2.79)

Verbindungsleitungen sollten so kurz wie möglich und nicht höher als 1 m über Erdniveau installiert werden. Würde die Verbindung des Blitzschutzpotentialausgleichs nur zu einem Einzelerder erfolgen, so könnten hohe Potentialdifferenzen zu den anderen Erdern auftreten. Hierdurch könnten unzulässige Funkenüberschläge oder lebensgefährliche Spannungsdifferenzen auftreten.

Die Mindestlänge jedes Erders – entsprechend der Schutzklasse des LPS – muss nicht beachtet werden wenn der Erdungswiderstand des Einzelerders $\leq 10 \Omega$ ist (Empfehlung). Die Mindestlänge jedes Erders beträgt I_1 für Horizontalerder und $0,5 \times I_1$ für Vertikalerder.



1	Blitzschutzklasse I
2	Blitzschutzklasse II
3	Blitzschutzklasse III + IV
4	Mindesterdlerlänge $l_1(m)$
5	spezifischer Erdwiderstand $\rho(\Omega m)$

Bild 2.80: Mindestlängen von Erdern

Beispiel

- Blitzschutzklasse 1
- Sand, Kies, obere Schichten (trocken) 1000 Ωm

Ergebnis (Bild 2.76)

- Blitzschutzklasse 1: 22 m
- Tiefenerder: 11 m

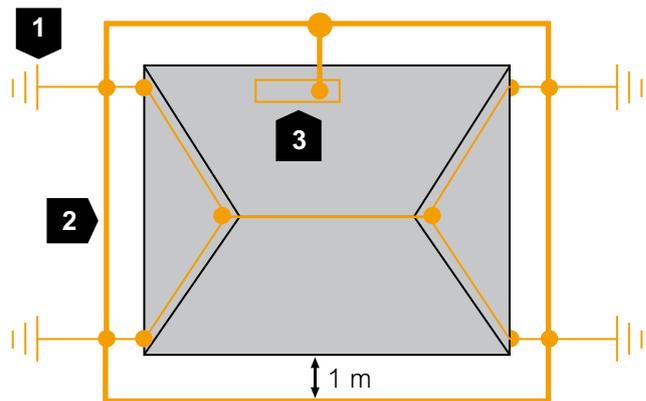
Werkstoffe

Als Werkstoffe können unter anderem folgende Materialien verwendet werden:

- Stäbe aus Edelstahl, Ø 20 mm
- Stäbe aus verzinktem Stahl, Ø 20 mm
- Stäbe aus kupferummanteltem Stahl, Ø 20 mm
- Rohre aus Edelstahl, Ø 25 mm
- Flachleiter aus verzinktem Stahl, 30 x 3,5 mm
- Flachleiter aus Edelstahl, 30 x 3,5 mm
- Rohre aus verzinktem Stahl, Ø 25 mm

Korrosionsschutz

In korrosionsgefährdeten Bereichen sollte nichtrostender Edelstahl mit einem Molybdän-Anteil $\geq 2\%$ verwendet werden, z. B. 1.4404 oder 1.4571. Lösbare Verbindungen im Erdreich müssen gegen Korrosion (plastische Korrosionsschutzbinde) geschützt werden.



1	Tiefenerder (optional)
2	Verbindung im Erdreich
3	Haupterdungsschiene (HES)

Bild 2.81: Installationsprinzip Ringerder

2.3.1.2 Typ B Ringerder

Der Typ B Ringerder wird um das zu schützende Gebäude verlegt. (Bild 2.81)

Funktionsweise

Ein Ringerder (Oberflächenerder) muss außerhalb der baulichen Anlage mit mindestens 80 % seiner Gesamtlänge mit der Erde in Kontakt sein. Dabei ist er als geschlossener Ring in einem Abstand von 1,0 m und einer Tiefe von 0,5 m (bzw. 0,8 m gemäß DIN 18014) um das Außenfundament der baulichen Anlage zu verlegen (siehe Bild 2.82). Ein Ringerder ist ein Erder nach Anordnung Typ B.

Werkstoffe

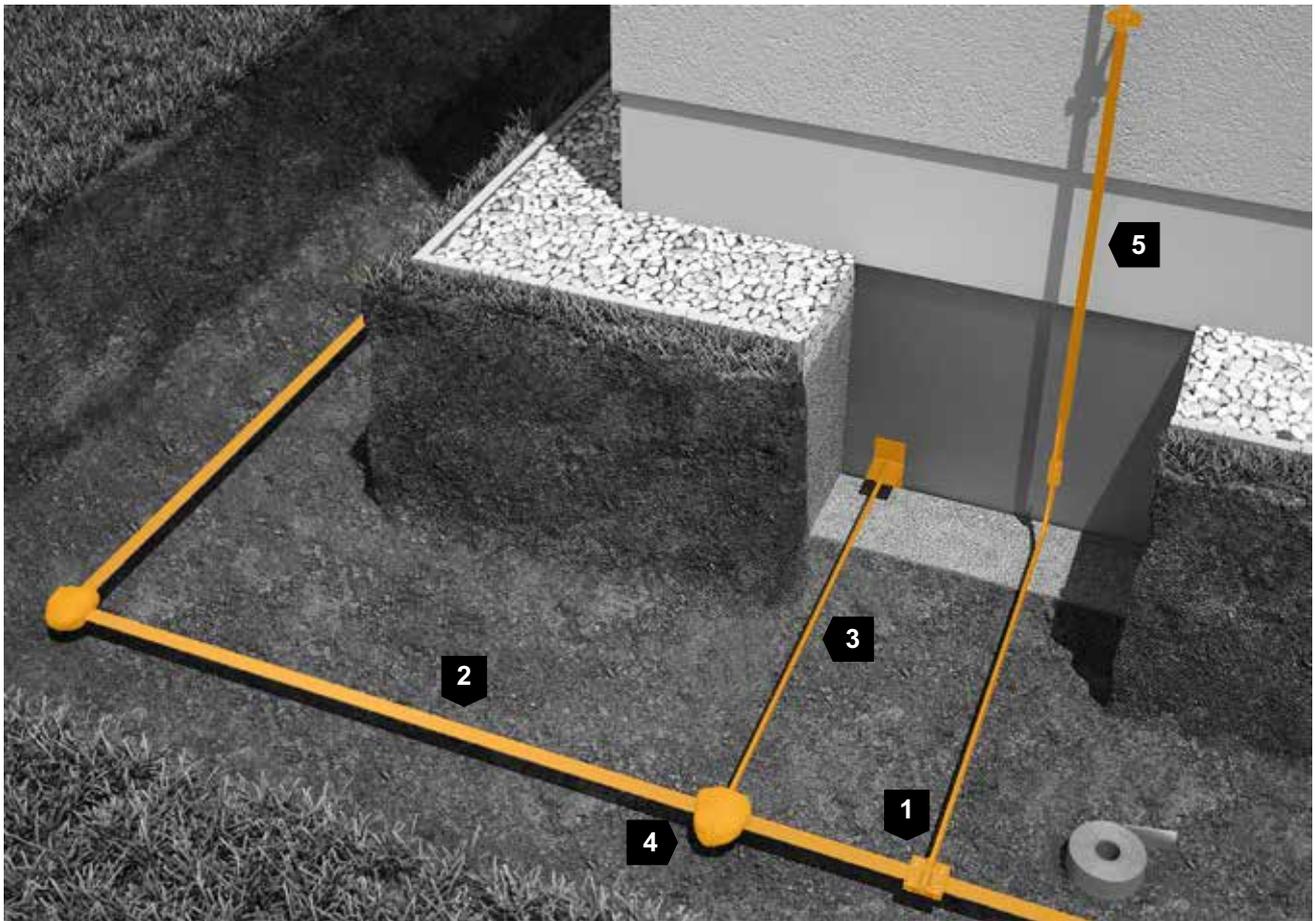
Als Werkstoffe können unter anderem folgende Materialien verwendet werden:

- Flachleiter aus Edelstahl, 30 x 3,5 mm
- Flachleiter aus verzinktem Stahl, 30 x 3,5 mm
- Rundleiter aus Kupfer, Ø 8 mm
- Rundleiter aus Edelstahl, Ø 10 mm
- Rundleiter aus verzinktem Stahl, Ø 10 mm

Korrosionsschutz

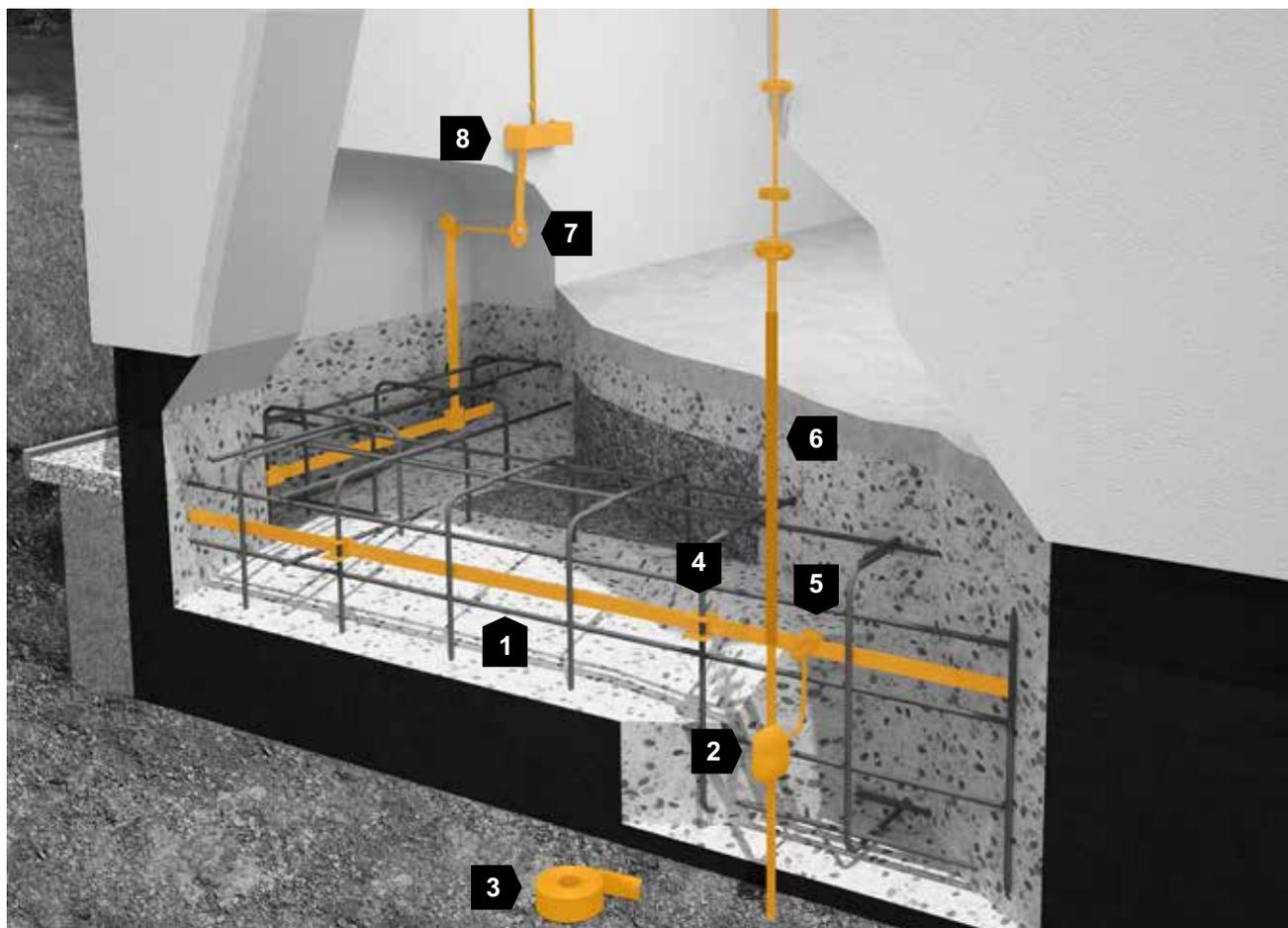
Im Erdreich sollte nichtrostender Edelstahl mit einem Molybdän-Anteil $\geq 2\%$ verwendet werden, z. B. 1.4404 oder 1.4571. Lösbare Verbindungen im Erdreich müssen gegen Korrosion (plastische Korrosionsschutzbinde) geschützt werden.

*Im Erdreich sollte nichtrostender
Edelstahl mit einem
Molybdän-Anteil $\geq 2\%$
eingesetzt werden!*



1	Kreuzverbinder
2	Flachleiter
3	Rundleiter
4	Korrosionsschutzbinde
5	Erdeinführungsstange

Bild 2.82: Typ B Ringerder



1	Flachleiter
2	Kreuzverbinder, mit Korrosionsschutz
3	Korrosionsschutzbinde
4	Anschlussklemme für Bewehrungsstähle
5	Kreuzverbinder
6	Erdeinführungsstange
7	Erdungsfestpunkt
8	Haupterdungsschiene (HES)

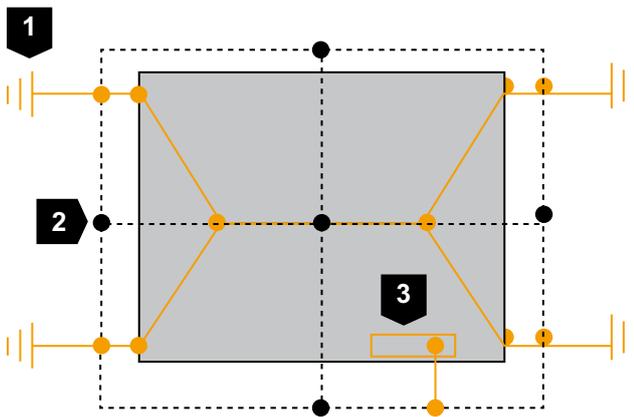
Bild 2.83: Typ B Fundamenterder

2.3.1.3 Typ B Fundamenterder

Der Fundamenterder ist Bestandteil der elektrischen Gebäudeinstallation.

Funktionsweise

Ein Fundamenterder (Bild 2.83) ist ein Erder, der in das Betonfundament einer baulichen Anlage eingebettet ist. Er gilt u.a. dann als Blitzschutzerder, wenn die benötigten Anschlussfahnen für die Verbindung der Ableitungen aus dem Fundament herausgeführt sind. Der Bandstahl ist im Abstand von ca. 2 m mit der Bewehrung zu verbinden. Als Grundlage zum Aufbau des Fundamenterders dient die DIN 18014. Keilverbinder dürfen nicht in mechanisch verdichtetem Beton eingesetzt werden.



1	Tiefenerder (optional)
2	Ringerder
3	Haupterdungschiene (HES)

Bild 2.84: Installationsprinzip Fundamenterder mit Funktionspotentialausgleichsleiter

Um eine saubere Führung zu erzielen, ist bei der Installation des Fundamenterder der Einsatz von Bandhaltern zu empfehlen. Die Halter sind in einem Abstand von ca. 2 m zu setzen.

Verbinden Sie gemäß DIN 18014 die Fundamenterder aller Einzelfundamente im untersten Geschoss zu einem geschlossenen Ring. Fügen Sie, wenn nötig, Querleitungen ein, um ein Raster von 20 x 20 m zu erstellen. Ist die notwendige Erdfähigkeit des Erders im Fundament nicht gegeben, ist zusätzlicher ein vermaschter Ringerder zu installieren. Der Fundamenterder wird zum Funktionspotentialausgleichsleiter. (Bild 2.80)

Das ist der Fall beim Verwenden von:

- wasserundurchlässigen Beton nach DIN 206-1 und 1045-2 (Weiße Wanne)
- Bitumenabdichtungen (Schwarze Wanne) z. B. Bitumenbahnen
- kunststoffmodifizierter Bitumendickbeschichtung (KMB)
- schlagzähen Kunststoffbahnen
- Wärmeisolierung (Perimeterdämmung) auf der Unterseite und Seitenwänden der Fundamente
- zusätzlich eingebrachten, kapillarbrechenden, schlecht elektrisch leitenden Bodenschichten z.B. aus Recyclingmaterial, Glasschotter

Weitere Informationen siehe Kapitel 2.3.2

Dieser vermaschte Ringerder ist mit dem Funktionspotentialausgleichsleiter zu verbinden und muss außerhalb oder unterhalb der Bodenplatte wie folgt ausgeführt werden:

- Maschenweite von 10 x 10 m mit Blitzschutzmaßnahmen
- Maschenweite 20 x 20 m ohne Blitzschutzmaßnahmen

Werkstoffe

Fundament/ Funktionspotentialausgleichsleiter

Als Werkstoffe können unter anderem folgende Materialien verwendet werden:

- Flachleiter aus verzinktem Stahl, 30 x 3,5 mm
- Flachleiter aus Edelstahl, 30 x 3,5 mm
- Kupferseil, 50 mm²
- Rundleiter aus verzinktem Stahl, Ø 10 mm
- Rundleiter aus Edelstahl, Ø 10 mm

Anschlussfahnen

Anschlussfahnen sind aus dauerhaft korrosionsgeschützten Materialien auszuführen. Es müssen entweder feuerverzinkte Stähle mit Kunststoffummantelung oder nichtrostende Edelstähle mit einem Molybdän-Anteil $\geq 2\%$ verwendet werden, z. B. 1.4404 oder 1.4571. Anschlussfahnen sind während der Bauphase mit Schutzkappen auffällig zu kennzeichnen, z. B. mit dem OBO ProtectionBall.

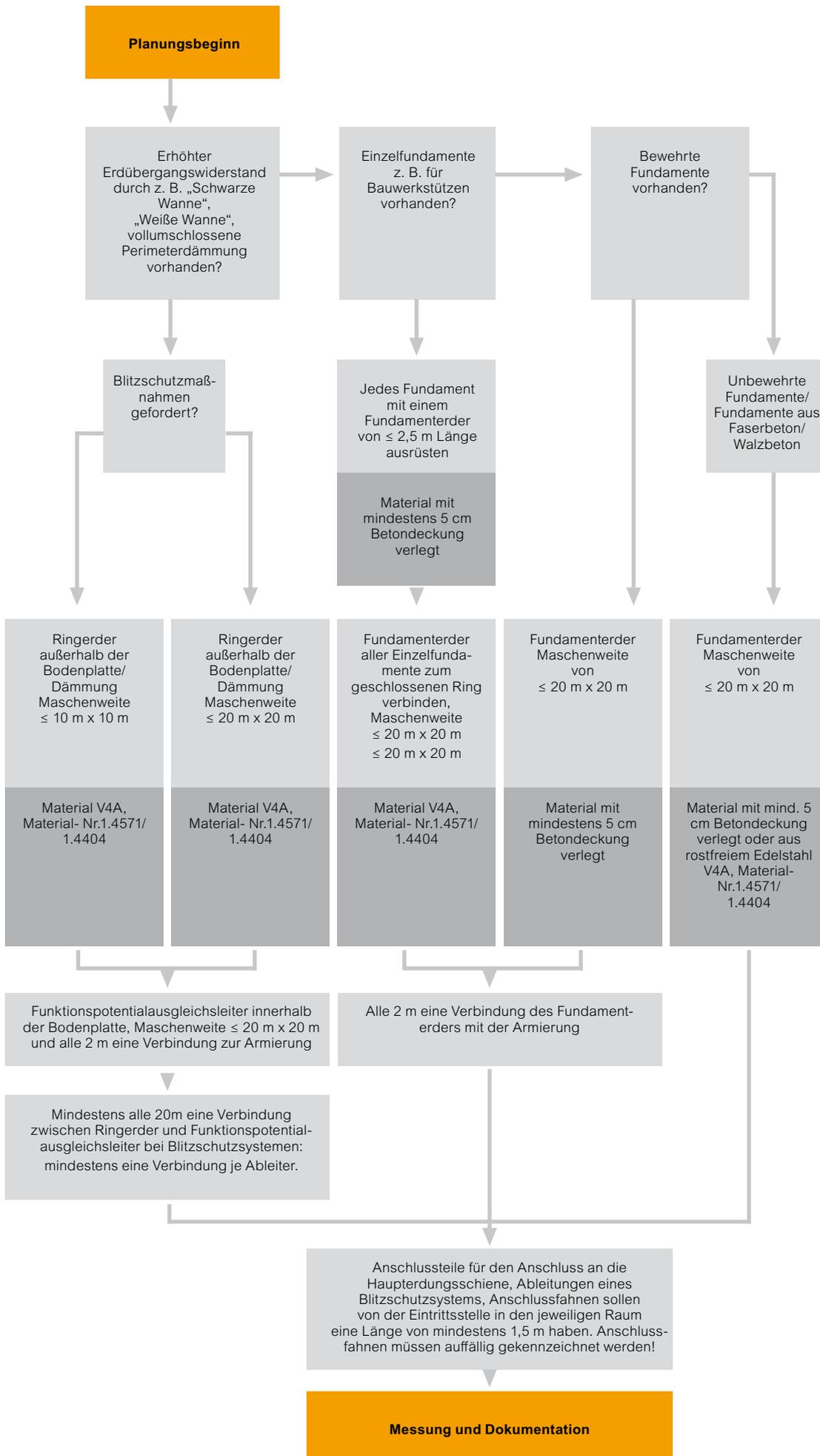
Ringerder

Als Werkstoffe für den vermaschten Ringerder können folgende Materialien verwendet werden:

- Flachleiter aus Edelstahl, 30 x 3,5 mm
- Rundleiter aus Edelstahl, Ø 10 mm
- Kupferseil, 50 mm²



Bild 2.85: OBO ProtectionBall, Art.-Nr. 5018 01 4 zur Kennzeichnung von Erdungsfahnen



Mit der folgenden Planungshilfe kann man projektspezifisch die Maschenweiten und Ausführungen der Fundamenterdungsanlage festlegen.



Bild 2.86: Druckwasserdichte Wanddurchführung DW RD10, Art.-Nr. 2360 04 1

Verbindungssteile

Werden Verbindungen im Erdreich durchgeführt, z.B. beim Ringerder, sind diese dauerhaft korrosionsbeständig auszuführen. Hier empfiehlt sich der Einsatz von Edelstahl mit einem Molybdänanteil $\geq 2\%$, z.B. 1.4404 oder 1.4571. Außerdem sind diese Verbinder zusätzlich mit einer Korrosionsschutzbinde zu versehen.

Verbindungen zwischen Fundamenterder/Funktionspotentialausgleichsleiter zur Bewehrung sowie zwischen Funktionspotentialausgleichsleiter und Ringerder als auch zu den Anschlussfahnen können Schraub-, Klemm- oder Schweißverbindungen sein. Rödelerverbindungen sind nicht zulässig. Es sind nur geprüfte Verbindungsbauteile entsprechend DIN EN 62561-1 (IEC 62561-1) einzusetzen.

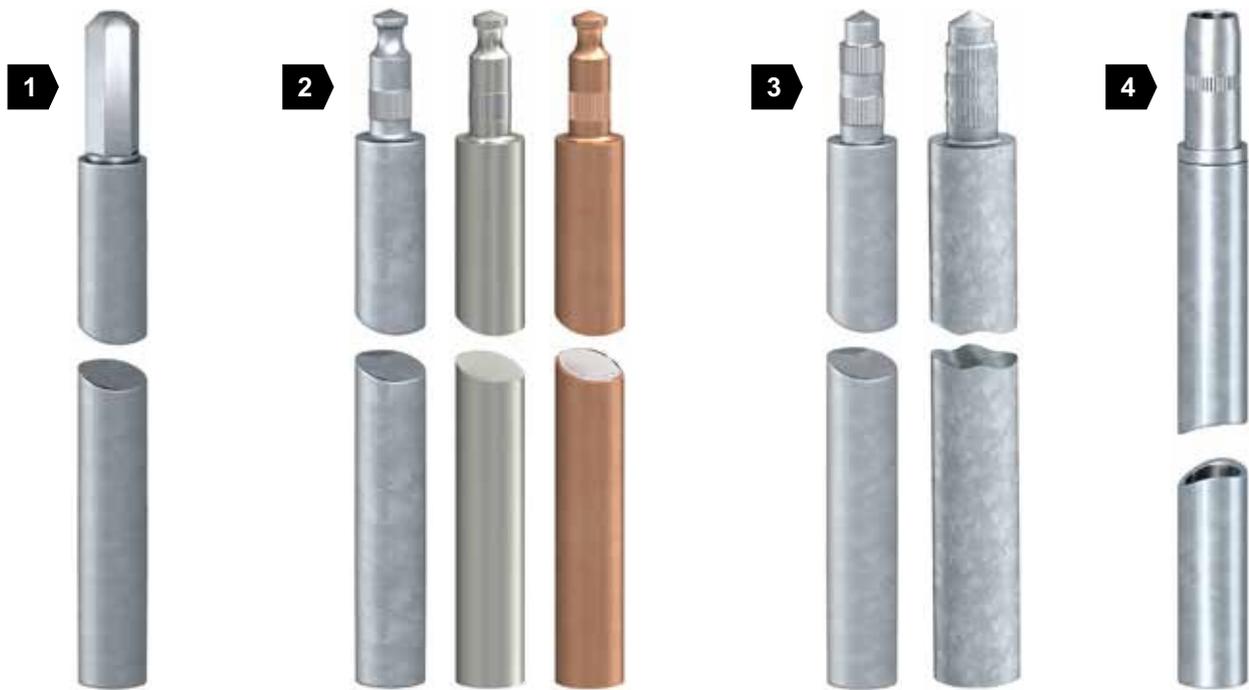
Anschlüsse des Ringerders in das Gebäude sollten oberhalb des höchsten Grundwasserpegels durchgeführt werden. Alternativ sind druckwasserdichte Wanddurchführungen vom Typ OBO DW RD10 zu verwenden. (Bild 2.86)

Korrosionsschutz

Innerhalb von Wannenabdichtungen und zur Perimeterdämmung (DIN 18014) sowie in korrosionsgefährdeten Bereichen muss grundsätzlich nichtrostender Edelstahl mit einem Molybdän-Anteil $\geq 2\%$ verwendet werden, z. B. 1.4404 oder 1.4571. Lösbare Verbindungen im Erdreich müssen gegen Korrosion (plastische Korrosionsschutzbinde) geschützt werden.

2.3.2 Ausführungen

Erdungsanlagen können entweder aus einem Typ A oder aus einem Typ B Erder bestehen. Zu beiden gibt es unterschiedliche Ausführungsformen, die je nach Anwendungsfall variieren.



1	Typ OMEX
2	Typ BP
3	Typ Standard
4	Typ LightEarth

Bild 2.87: Tiefenerdervarianten

2.3.2.1 Tiefenerder

Bei Tiefenerdern unterscheidet man nach der Art der Verbindung der einzelnen Tiefenerder, nach dem Außendurchmesser und nach dem Material.

Tiefenerder bestehen aus kombinierbaren Einzelstäben mit einer Länge von 1,5 m. Die Verbindung besteht aus einer Kupplung mit Bohrung und Zapfen. Dies hat den Vorteil, dass die Kupplung bei der Installation selbst schließt und eine mechanische und elektrische gute Verbindung hergestellt wird. Beim Eintreiben der Tiefenerder wird das Erdreich um den Tiefenerder herum verdichtet. Dies hat einen guten elektrischen Kontakt zur Folge. (Bild 2.87)

Zum Eintreiben der Tiefenerder werden üblicherweise Schlagwerkzeuge verwendet. Die mögliche Eindringtiefe der Tiefenerder hängt von verschiedenen geologischen Gegebenheiten ab.

Da Tiefenerder in Bodenschichten eindringen, in denen eine konstante Feucht- und Temperaturumgebung herrscht, werden stabile Widerstandswerte erreicht.

2.3.2.2 Schwarze Wanne

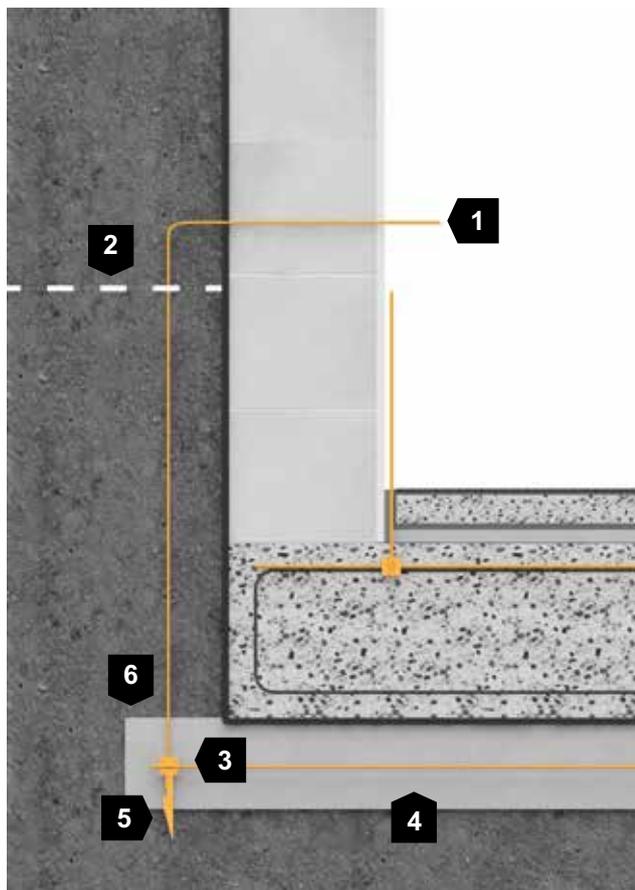
Die schwarze Wanne ist eine das Bauwerk im erdbe-rührten Bereich allseitig umschließende Abdichtung aus Bitumen oder Kunststoff. Da hier die Erdfähigkeit des Fundamentersders nicht mehr gegeben ist, muss ein zusätzlicher vermaschte Ringerder erstellt werden. Im Fundament muss ein Funktionspotentialausgleichsleiter erstellt werden. Anschlussfahnen müssen druckwasserdicht oder oberhalb des höchsten Grundwasserpegels in das Bauwerk geführt werden.

(Bild 2.88)

2.3.2.3 Weiße Wanne

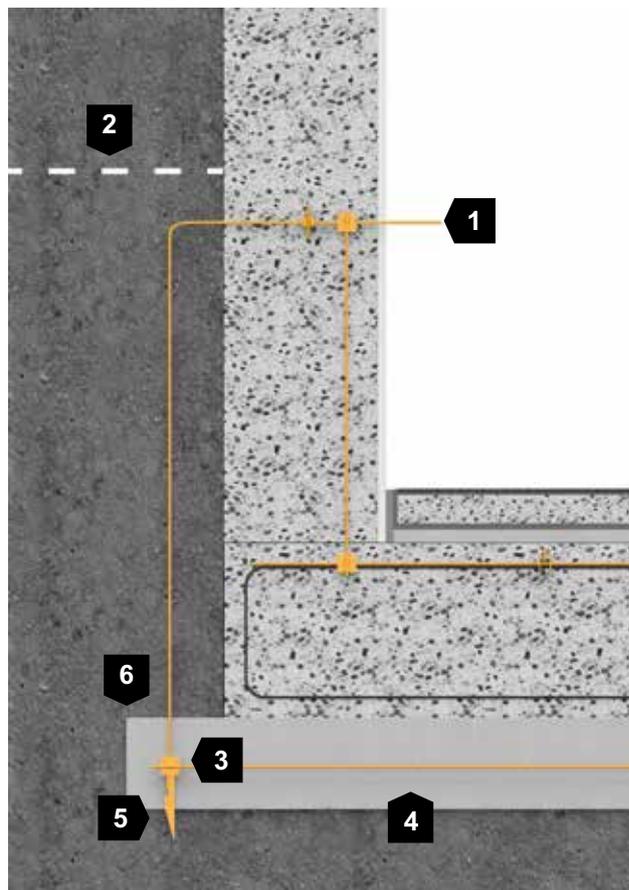
Die weiße Wanne ist eine Konstruktion aus wasserundurchlässigem Beton (WU-Beton), d. h. nicht die gesamte Dicke des Betons kann von Wasser durchdrungen werden. Da hier die Erdfähigkeit des Fundamentersders nicht mehr gegeben ist, muss ein zusätzlicher Ringerder erstellt werden. Als WU-Beton wird Beton von Güten wie C20/25 oder C25/30 bezeichnet.

(Bild 2.89)



1	Anschlussfahne mind. 1,50 m
2	Höchster Grundwasserstand
3	Ringerder
4	Sauberkeitsschicht
5	Abstandhalter
6	mind. 5 cm Betonumhüllung gilt als Korrosionsschutz

Bild 2.88: Schwarze Wanne



1	Anschlussfahne mind. 1,50 m
2	Höchster Grundwasserstand
3	Ringerder
4	Sauberkeitsschicht
5	Abstandhalter
6	mind. 5 cm Betonumhüllung gilt als Korrosionsschutz

Bild 2.89: Weiße Wanne



Bild 2.89: Isolierte Bodenplatte (Perimeterdämmung, hier: blau)

2.3.2.4 Perimeterdämmung

Hierbei handelt es sich um eine Wärmedämmung, die den erdberührten Bereich des Bauwerkes von außen umschließt. Sie besteht regelmäßig aus Polyurethan-Schaumplatten oder Glasschotter.

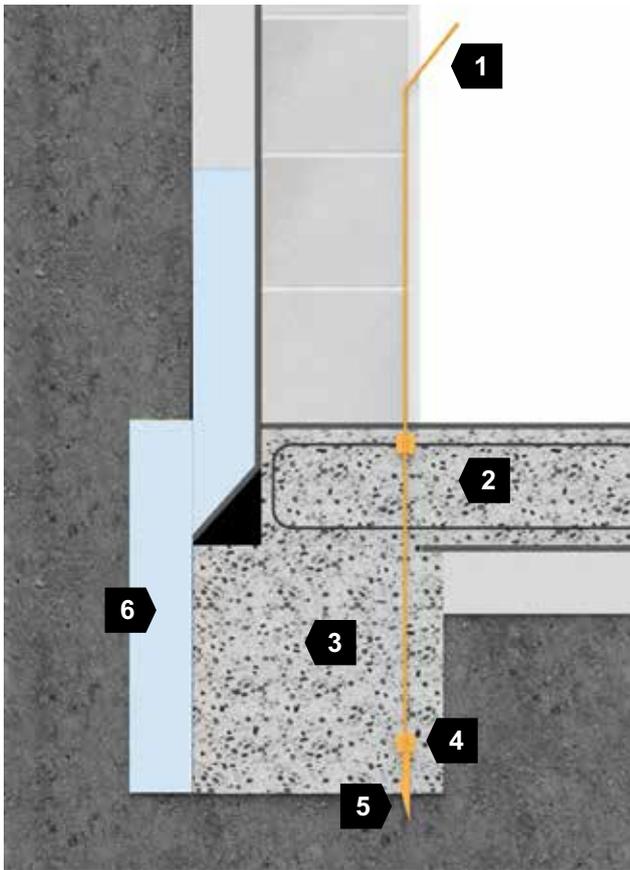
Sollte eine allseitig umschlossene Perimeterdämmung des Bauwerkes vorhanden sein, d. h. alle umfassenden Wände, Streifenfundamente und die Fundamentsohle, so ist die Funktion des Fundamenterders nicht mehr erfüllt.

Da hier die Erdfähigkeit des Fundamenterders nicht mehr gegeben ist, muss ein zusätzlicher vermaschter Ringerd erstellt werden. Im Fundament muss ein Funktionspotentialausgleichsleiter erstellt werden. Anschlussfahnen müssen druckwasserdicht oder oberhalb des höchsten Grundwasserpegels in das Bauwerk geführt werden.

Wird die Perimeterdämmung nur an den Umfassungswänden ausgeführt, ist die Erdfähigkeit oftmals noch gegeben. Der Fundamenterder kann im Beton ausgeführt werden. (Bild 2.89)

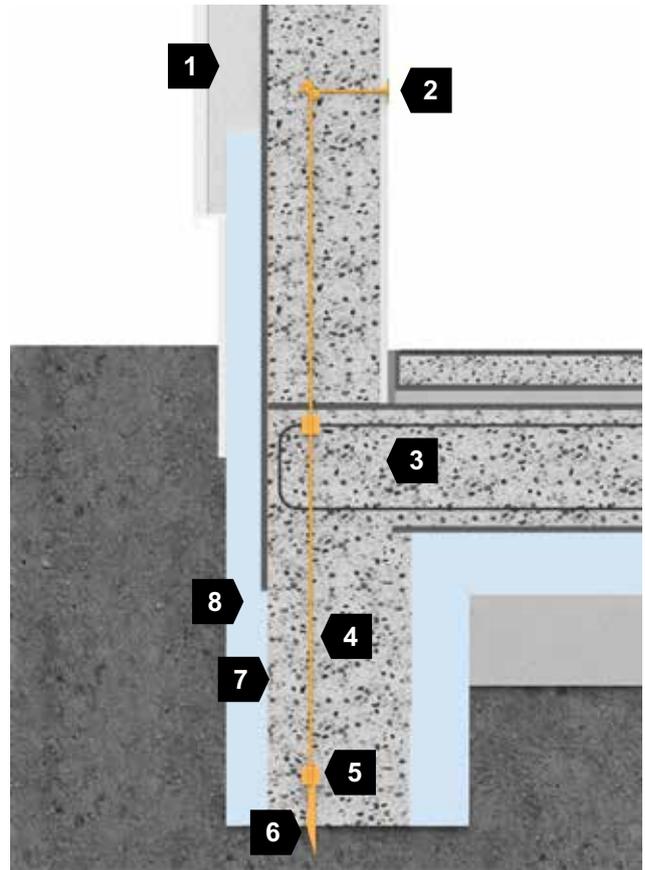
Um die Erdfähigkeit sicherzustellen, ist die Verwendung von wasserundurchlässigem Beton anzuschließen.

Werden die Außenwände und die Fundamentplatte mit einer Perimeterdämmung umschlossen, hat der Erder in der Bodenplatte noch bedingt Erderwirkung, wenn das Streifenfundament unten offen ist.



1	Anschlussfahne, mind. 1,50 m
2	Bodenplatte
3	Streifenfundament
4	Fundamenterder
5	Abstandhalter
6	Perimeterdämmung

Bild 2.90: Perimeterdämmung nur an den Umfassungswänden



1	Dämmung
2	Erdungsfestpunkt
3	Bewehrte Bodenplatte
4	Streifenfundament
5	Fundamenterder
6	Abstandhalter
7	mind. 5 cm Betonumhüllung gilt als Korrosionsschutz
8	Perimeterdämmung

Bild 2.91: Perimeterdämmung seitlich und unterhalb der Fundamentplatte



Bild 2.92: Beispiel Noppenbahn

Einfluss von Kunststofffolien auf den Erdungswiderstand

Generell ist hier eine negative Beeinflussung zwischen dem Streifenfundament bzw. der Fundamentplatte und dem Erdreich gegeben.

„Einfache“ Folien

- Bei einfachen Folien ist die Fundamenterderwirkung beeinträchtigt
- Erdungswiderstand ist dennoch meistens noch ausreichend. Der Fundamenterder ist als Erder im Streifenfundament bzw. in der Fundamentplatte wirksam.

Kunststoffnoppenbahnen

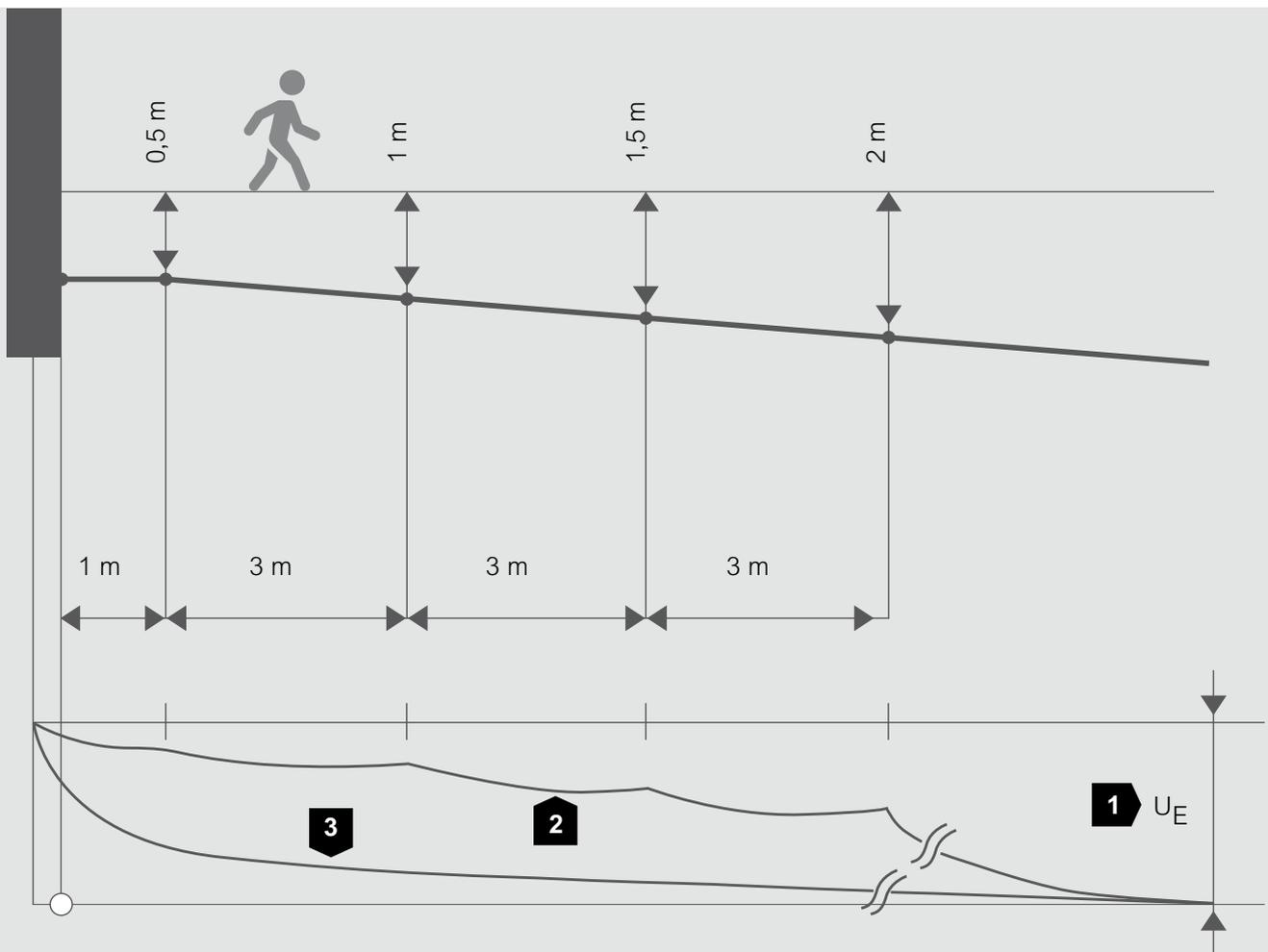
- bestehen aus Spezial-Polyäthylen mit hoher Dichte. Bei einer Überlappung der einzelnen Bahnen verschlechtert sich die Erdfähigkeit des Fundamenterders.
- Weitere Noppenbahnen an den Außenwänden ergeben eine sehr hohe elektrische Isolationswirkung. Damit ist die Erdfähigkeit des Fundamenterders nicht mehr gegeben.

Da hier die Erdfähigkeit des Fundamenterders nicht mehr gegeben ist, muss ein zusätzlicher vermaschter Ringerder erstellt werden. (Bild 2.92)

2.3.2.5 Potentialsteuerung

Die Potentialsteuerung reduziert die Schrittspannung in der Nähe von Masten oder den Ableitungen an einem Gebäude. Es werden zusätzliche Erderleitungen verlegt und maschenförmig miteinander verbunden.

Der Blitzstrom wird durch das metallene Maschensystem verteilt und der Spannungsfall sowie die resultierende Schrittspannung werden reduziert. Mit der Entfernung vom Mast oder der Ableitung wird die Erderleitung um jeweils 0,5 m tiefer verlegt. (Bild 2.93) Typische Abstände zwischen den Erdern sind 3 m.



1	Erdungsspannung U_E
2	gesteuert
3	ungesteuert

Bild 2.93: Potentialsteuerung an einem Leuchtenmast

Schrittspannung und Berührungsspannung

Die Schrittspannung wird von einem Menschen bei einem Schritt von 1 m überbrückt. Der Strom fließt hierbei von Fuß zu Fuß über den Körper. Die Berührungsspannung wird von einem Bauteil (z. B. die Ableitung) zum Erdpotential überbrückt.

Der Strom fließt hierbei von der Hand zum Fuß über den Körper. (Bild 2.94) Beide Spannungen können dem Körper schaden. Eine Reduzierung durch eine Potentialsteuerung oder Isolierung ist notwendig.

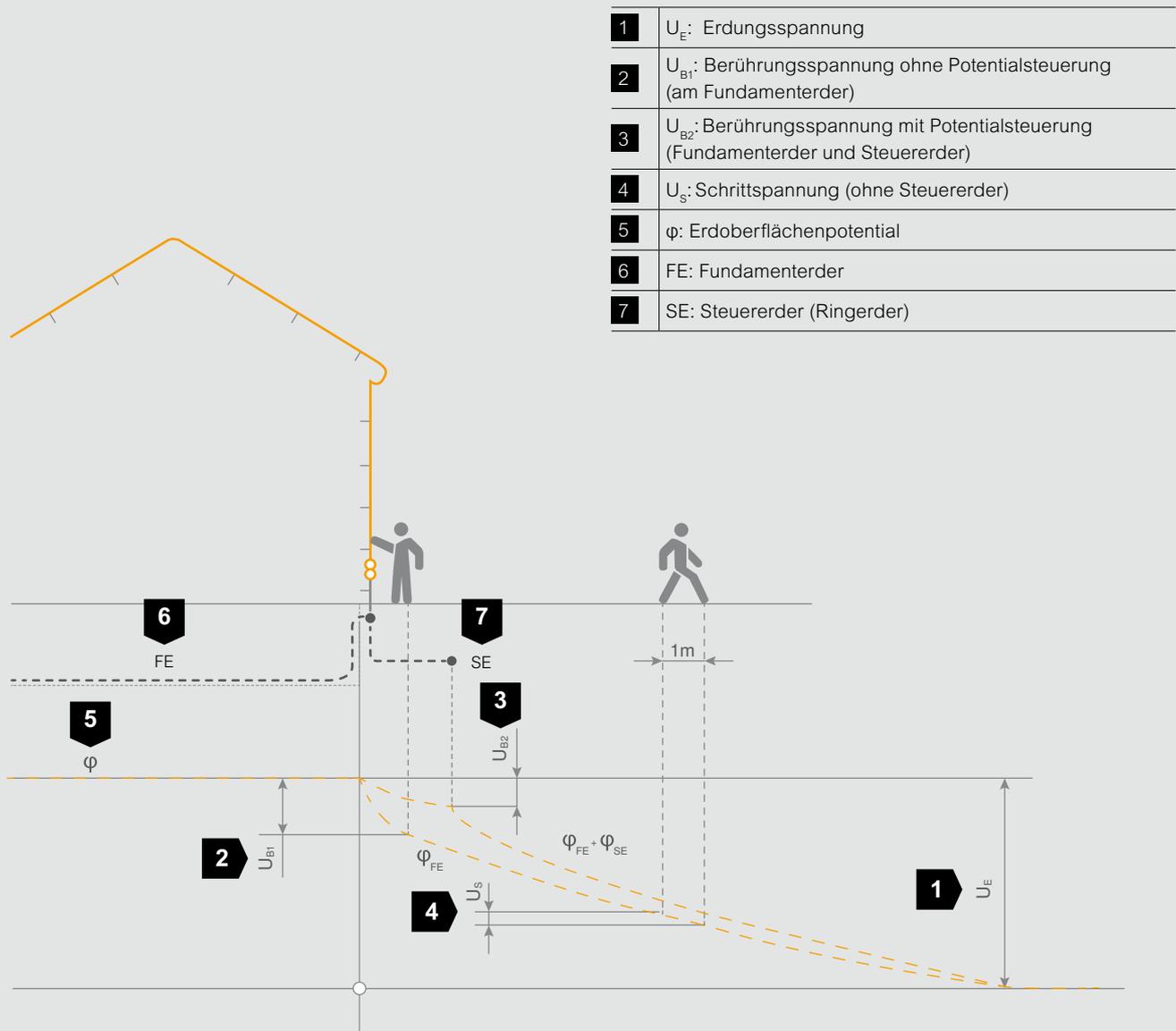


Bild 2.94: Erdoberflächenpotential und Spannungen beim stromdurchflossenen Fundamenteiter FE und Steuererder SE

2.4 Werkstoffe und Korrosionsschutz

Im äußeren Blitzschutz werden vorzugsweise folgende Materialien eingesetzt: feuerverzinkter Stahl, nicht rostender Stahl, Kupfer und Aluminium. Alle Metalle, die unmittelbar mit dem Erdboden oder Wasser in Verbindung stehen, können durch Streuströme oder aggressiven Böden korrodieren.

Unter Korrosion versteht man die Reaktion eines metallenen Werkstoffes mit seiner Umgebung, die zu einer Beeinträchtigung der Eigenschaften des Werkstoffes führt.

Ursachen von Korrosion

Korrosion entsteht durch die Verbindung unterschiedlicher Metalle im Erdboden, Wasser oder Salzsäure, z.B. Aluminium Rundleiter als Ableitung und Kupfer/Stahl als Erdungsmaterial. Eine andere Ursache ist die Einbettung gleicher Metalle in unterschiedlichen Umgebungen, z. B. Stahl in Erdboden und Beton.

Die Mindestquerschnitte, die Bauform und der Werkstoff sind abhängig von der jeweiligen Anwendung.

Werkstoff	Form	Mindestmaße
Kupfer verzintetes Kupfer	Band massiv Rund massiv b Seil b Rund massiv	20 x 2,5 mm ø 8 mm 50 mm ² ø 15 mm
Aluminium	Rund massiv Seil	ø 8 mm 50 mm ²
Kupferbeschichtete Aluminiumlegierung	Rund massiv c	ø 8 mm
Aluminiumlegierung	Band massiv Rund massiv Seil b Rund massiv	20 x 2,5 mm ø 8 mm 50 mm ² ø 15 mm
Feuerverzinkter Stahl	Band massiv Rund massiv Seil b Rund massiv	20 x 2,5 mm ø 8 mm 50 mm ² ø 15 mm
Kupferbeschichteter Stahl c	Rund massiv Band massiv	ø 8 mm 20 x 2,5 mm
Nichtrostender Stahl a	Band massiv Rund massiv Seil b Rund massiv d	20 x 2,5 mm ø 8 mm 50 mm ² ø 15 mm

- a** Chrom ≥ 16 %; Nickel ≥ 8 %; Kohlenstoff ≤ 0,08 %
- b** Durchmesser 8 mm darf in bestimmten Anwendungen auf 25 mm² (Durchmesser 6 mm) reduziert werden, wenn die mechanische Festigkeit keine wesentliche Anforderung ist.
- c** Mindestens 70 µm Kupfereauflage mit 99,9 % Kupfergehalt
- d** Anwendbar für Fangstangen und Basis

Tabelle 2.27: Werkstoff, Form und Mindestmaße von Fangleitungen, Fangstangen, Erdführungsstangen und Ableitungen

2.4.1 Werkstoffe für Fangeinrichtungs- und Ableitungssysteme

Im äußeren Blitzschutz werden vorzugsweise folgende Materialien eingesetzt: feuerverzinkter Stahl, nicht rostender Stahl, Kupfer und Aluminium.

Korrosion

Korrosionsgefahr tritt insbesondere bei Verbindungen unterschiedlicher Werkstoffe auf. Aus diesem Grund dürfen oberhalb verzinkter Oberflächen oder oberhalb von Aluminiumteilen keine Kupferteile eingebaut werden, da sonst durch Regen oder andere Einflüsse abgetragene Kupferteilchen auf die verzinkte Oberfläche gelangen könnten. Zudem entsteht ein galvanisches Element, das die Kontaktfläche schneller korrodieren lässt. Ist eine Verbindung zwischen zwei unterschiedlichen Werkstoffen erforderlich, die nicht empfohlen wird, können Zweimetall-Verbinder (Bild 2.95) verwendet werden.

Das Beispiel (Bild 2.96) zeigt den Einsatz von Zweimetall-Verbindern an einer Kupferdachrinne, an die ein Aluminium-Rundleiter angeschlossen ist. Stellen mit erhöhter Korrosionsgefahr, wie Einführungen in den Beton oder ins Erdreich, müssen korrosionsschutz ausgeführt werden. An Verbindungsstellen in der Erde muss als Korrosionsschutz eine geeignete Beschichtung aufgebracht werden.



Bild 2.95: Vario-Zweimetall-Schnellverbinder mit Bi-Metall-Zwischenplatte (Kupfer/Aluminium)

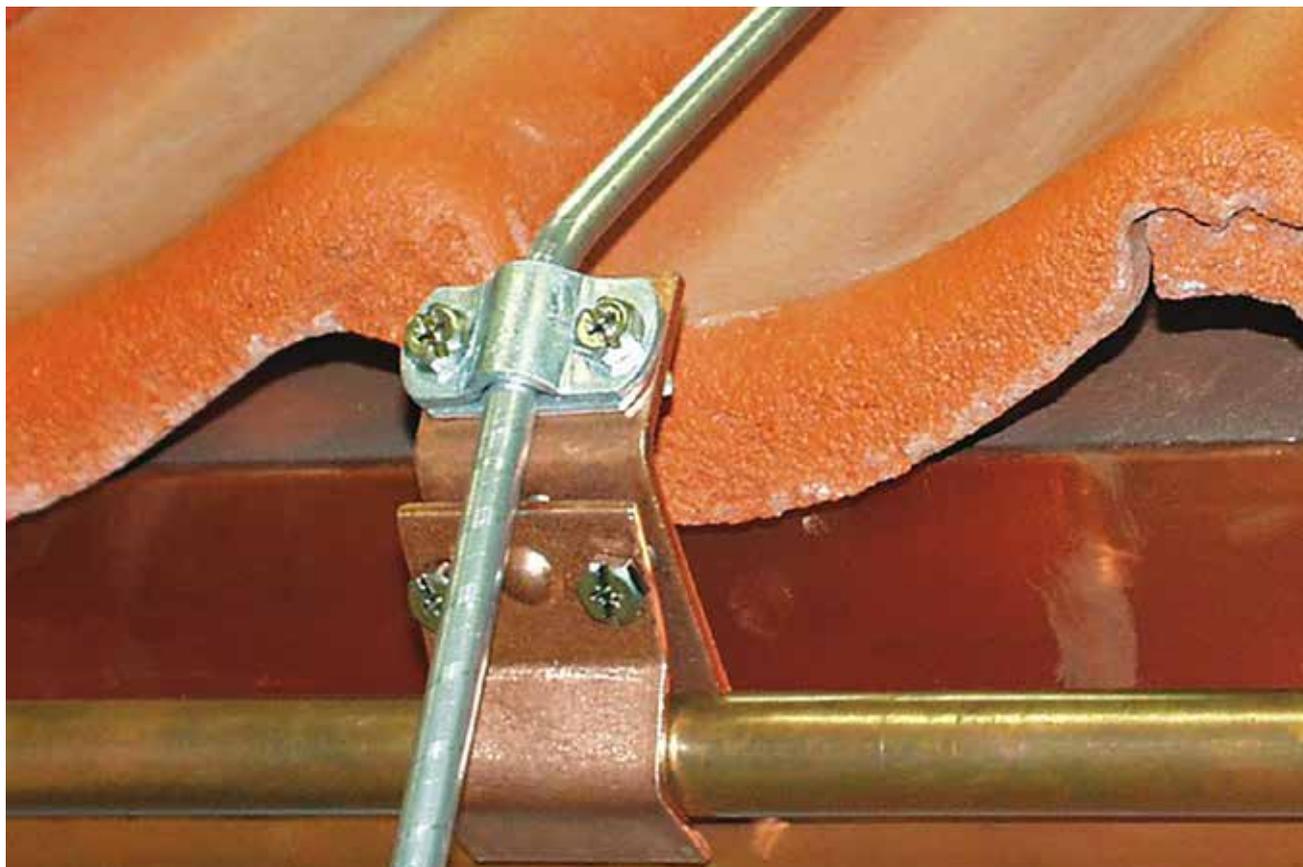


Bild 2.96: Zweimetall-Dachrinnenklemme (Aluminiumrundleiter und Kupferdachrinne)

Aluminium darf nicht unmittelbar (ohne Abstand) auf, im oder unter Putz, Mörtel oder Beton und auch nicht im Erdreich verlegt werden. In der Tabelle „Materialkombinationen“ sind mögliche Metallkombinationen im Hinblick auf Kontaktkorrosion in Luft bewertet.

	Stahl, verzinkt	Aluminium	Kupfer	Edelstahl	Titan	Zinn
Stahl, verzinkt	ja	ja	nein	ja	ja	ja
Aluminium	ja	ja	nein	ja	ja	ja
Kupfer	nein	nein	ja	ja	nein	ja
Edelstahl	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Titan	ja	ja	nein	ja	ja	ja
Zinn	ja	ja	ja	ja	ja	ja

Tabelle 2.28: Erlaubte Materialkombinationen (nein = erhöhte Korrosion)

Die Mindestquerschnitte,
die Bauform und der Werkstoff,
sind abhängig von der
bauseitigen Anwendung.

2.4.2 Werkstoffe für Erdungssysteme

Werkstoff	Form	Mindestmaße		
		Staberder	Erdleiter	Plattenerder
Kupfer verzinntes Kupfer	Seil Rund massiv Band massiv Rund massiv Rohr Platte massiv Gitterplatte	∅ 15 mm ∅ 20 mm	50 mm ² ∅ 8 mm 20 x 2,5 mm	500 x 500 mm 600 x 600 mm
Feuerverzinkter Stahl	Rund massiv Rund massiv Rohr Band massiv Platte massiv Gitterplatte Profil a	∅ 14 mm ∅ 25 mm 290 mm ²	∅ 10 mm 30 x 3 mm	500 x 500 mm 600 x 600 mm
Blanker Stahl ^b	Seil Rund massiv Band massiv	∅ 8 mm	70 mm ² ∅ 10 mm 25 x 3 mm	
Kupferbeschichteter Stahl	Rund massiv c Rund massiv d Rund massiv d Band massiv	∅ 14 mm	∅ 8 mm ∅ 10 mm 30 x 3 mm	
Nichtrostender Stahl ^e	Rund massiv Rund massiv Band massiv	∅ 15 mm	∅ 10 mm 30 x 3,5 mm	

- a** Es sind unterschiedliche Profile mit einem Querschnitt von 290 mm² und einer Mindestdicke von 3 mm zugelassen, z.B. Kreuzprofile.
- b** Muss in einer Tiefe von mindestens 50 mm in Beton eingebettet sein.
- c** Bei mindestens 250 µm Kupferauflage mit 99,99 % Kupfergehalt.
- d** Bei mindestens 70 µm Kupferauflage mit 99,99 % Kupfergehalt.
- e** Chrom ≥ 16 %; Nickel ≥ 5 %; Molybdän ≥ 2 %; Kohlenstoff ≤ 0,08 %.

Tabelle 2.29: Werkstoff, Form und Querschnitt von Erdern nach VDE 0185-561-2 (IEC 62561-2)



Bild 2.97: BET-Blitzstromgenerator und BET-Prüfzeichen

2.5 Geprüfte Blitzschutzbauteile

Verbindungsbauteile

Bauteile für Blitzschutz-Anlagen werden nach der VDE 0185-561-1 (IEC 62561-1) „Anforderungen für Verbindungsbauteile“ auf ihre Funktion geprüft. Nach einer Konditionierungsphase von insgesamt 10 Tagen werden die Bauteile mit drei Stoßströmen belastet. Die Blitzschutzbauteile für Fangeinrichtungen werden mit 3 x limp 100 kA (10/350) geprüft. Dies entspricht der Prüfklasse H.

Die Bauteile für Ableitungen, über die sich der Blitzstrom aufteilen kann (mind. zwei Ableitungen) und Verbindungen im Erdungssystem, werden mit 3 x limp 50 kA (10/350) geprüft. Dies entspricht der Prüfklasse N.

Prüfklasse	Geprüft mit	Anwendung
VDE 0185-561-1 (IEC 62561-1)	3 limp 100 kA (10/350)	Fangeinrichtung
VDE 0185-561-1 (IEC 62561-1)	3 limp 50 kA (10/350)	Mehrere (mindestens zwei) Ableitungen, über die sich der Blitzstrom aufteilen kann.

Tabelle 2.30: Prüfklassen von Verbindungsbauteilen

3

Der Blitzschutz-Potentialausgleich stellt den inneren Blitzschutz im Gebäude dar. Beim Blitzeinschlag entsteht ein Spannungsfall am Erdungswiderstand und gefährliche Spannungsunterschiede zwischen den metallenen Gebäudeteilen und den Energie- und Daten-Leitungen müssen vermieden werden. Der Potentialausgleich verbindet alle metallenen Installationen (Gas- und Wasserleitungen, ...), die elektrischen Anlagen (Energie- und Daten-Leitungen), das Blitzschutzsystem und die Erdungsanlage direkt oder mittels Blitzstrom-Ableiter miteinander.

Die Blitzstrom-Ableiter sollten möglichst direkt an der Eintrittsstelle in die bauliche Anlage eingesetzt werden. Somit wird sichergestellt, dass kein Blitzstrom in die Anlage verschleppt wird und dieser zu Störungen an elektrischen Systemen führt. Zum Schutz der elektronischen Geräte müssen den Blitzstrom-Ableitern noch Überspannungs-Ableiter nachgeschaltet werden. Diese Überspannungs-Ableiter reduzieren die Überspannung auf einen sehr niedrigen und für Endgeräte verträglichen Schutzpegel.

Kapitel 3: Das innere Blitzschutzsystem

3.	Das innere Blitzschutzsystem	122
3.1	Potentialausgleichssysteme	123
3.1.1	Planungsmethoden	123
3.1.2	Ausführungen	125
3.1.2.1	Industrieanwendungen	126
3.1.2.2	Wohnhaus und Büroanwendungen	126
3.1.2.3	Explosionsgefährdete Bereiche	127
3.2	Überspannungsschutzsysteme für Energiesysteme	128
3.2.1	Blitzentladungen	128
3.2.1.1	Schalhandlungen SEMP	129
3.2.1.2	Statische Entladungen ESD	129
3.2.2	Arten von Überspannung	129
3.2.2.1	Transienten Überspannungen	129
3.2.2.2	Temporäre und permanente Überspannungen	129
3.2.3	Planungsmethoden	129
3.2.3.1	Blitzschutz-zonen-Konzept	130
3.2.3.1.1	Typenklassen der Überspannungsschutzgeräte	131
3.2.3.1.2	Richtige Auswahl der Überspannungsschutzgeräte	132
3.2.3.2	Schutzgeräte in unterschiedlichen Netzsystemen	133
3.2.3.3	Auswahlkriterien	135
3.2.3.4	Installationsvorschriften	137
3.2.3.4.1	Mindestquerschnitte für den Blitzschutz-Potentialausgleich	137
3.2.3.4.2	Anschlusslänge und die alternative V-Verdrahtung	137
3.2.3.4.4	Vorsicherung	140
3.2.3.5	Schutzkreis	141
3.2.4	Ausführungen	141
3.2.4.1	Installation (RCD)	141
3.2.4.1.1	Windenergieanlagen	142
3.2.4.2	Wohn- und Industrieanwendungen	143
3.2.4.3	PV-Anlagen	143
3.2.4.4	LED Straßenbeleuchtungssysteme	150
3.2.4.4.1	Innenbeleuchtung in Gebäuden und Hallen	153
3.3	Überspannungsschutzsysteme für Daten- und Informationstechnik	155
3.3.1	Planungsmethoden	155
3.3.1.1	Topologien	157
3.3.1.2	Störeinflüsse auf informationstechnische Systeme	158
3.3.1.3	Gebäude und Raumschirmung	163
3.3.1.4	Kabelschirmung	164
3.3.1.5	Übertragungseigenschaften	168
3.3.1.6	Symmetrische und asymmetrische Datenübertragung	172
3.3.1.7	Geräteschutzklassen	172
3.3.2	Installation von Datenleitungsschutzgeräten	175
3.3.2.1	Potentialausgleich von Datenleitungen	175
3.3.2.2	Mess- Steuer- und Regeltechnik (MSR)	176
3.3.2.3	Telekommunikation	179
3.3.2.4	Hochfrequenztechnik	183
3.3.2.5	Datentechnik	189

3. Das innere Blitzschutz-System

Ob im Berufsleben oder im Privatbereich: Unsere Abhängigkeit von elektrischen und elektronischen Geräten nimmt immer mehr zu. Datennetze in Unternehmen oder bei Hilfseinrichtungen wie Krankenhäusern und Feuerwehr sind lebensnotwendige Adern für den längst unverzichtbaren Informationsaustausch in Echtzeit. Sensible Datenbestände, z. B. von Bankinstituten oder Medienverlagen, brauchen sicher funktionierende Übertragungswege.

Eine latente Bedrohung für diese Anlagen bilden nicht nur direkte Blitzeinschläge. Bedeutend häufiger werden die elektronischen Geräte von heute durch Überspannungen beschädigt, deren Ursachen entfernte Blitzenladungen oder Schaltvorgänge großer elektrischer Anlagen sind.

Auch bei Gewittern werden kurzfristig hohe Energiemengen freigesetzt. Diese Spannungsspitzen können über alle Arten von elektrisch leitenden Verbindungen in ein Gebäude eindringen und enorme Schäden verursachen. (Bild 3.1)

Die aktuellen Statistiken und Schätzungen der Sachversicherer zeigen: Die Höhe der Schäden durch Überspannungen ohne Folge- und Ausfallkosten hat aufgrund der gestiegenen Abhängigkeit von den elektronischen Geräte längst bedrohliche Ausmaße angenommen. Es ist daher nicht verwunderlich, dass die Sachversicherer Schadensfälle immer häufiger prüfen und Vorrichtungen zum Schutz vor Überspannungen vorschreiben. Informationen zu den Schutzmaßnahmen enthält z. B. die Richtlinie VdS 2010.



Überspannungsschutzgeräte erhöhen die Verfügbarkeit elektronischer Anlagen.

Bild 3.1: Überspannungsschaden an einer Platine

Das innere Blitzschutzsystem oder auch das Überspannungsschutzkonzept ist Bestandteil der aktuellen Normen und Stand der Technik.

Übersicht der aktuellen Normen:

- Innerer Blitzschutz
VDE 0185-305-4 (IEC 62305-4)
- Überspannungsschutz
VDE 0100-534 (IEC 60364-5-53)

3.1 Potentialausgleichssysteme

Durch einen fachgerechten Potentialausgleich werden gefährliche Berührungsspannungen zwischen Anlagenteile verhindert.

Normative Anforderungen an den Potentialausgleich:

- VDE 0100-410 (IEC 60364-4-41)
Potentialausgleich
- VDE 0100-540 (IEC 60364-5-54)
Schutzpotentialausgleichsleiter
- VDE 0100-701 (IEC 60364-7-701)
Badezimmer
- VDE 0100-702 (IEC 60364-7-702)
Schwimmbäder
- VDE 0100-705 (IEC 60364-7-705)
Landwirtschaft
- VDE 0800 (IEC 61784)
Fernmeldeanlagen
- VDE 0855-1 (IEC 60728-11)
Antennenerdung
- VDE 0185-305 (IEC 62305)
Blitzschutz-Potentialausgleich
- Fundamenterder DIN 18014
Blitzschutz-Potentialausgleich

Man unterscheidet hierbei zwischen Schutzpotentialausgleich und zusätzlichem Schutzpotentialausgleich.

Schutzpotentialausgleich

Alle fremden leitfähigen Teile müssen, sobald sie ins Gebäude geführt werden, miteinander verbunden werden, um Potentialunterschiede zu vermeiden.

Einbindung aller fremden leitfähigen Teile an die Haupterdungsschiene (HES)

- Fundamenterder
- Blitzschutzterdung
- Leiter für den Schutzpotentialausgleich
- Schutzleiter der Elektroanlage
- metallene Wasser-, Gas- und Heizungsleitungen
- Antennenerdung
- metallene Teile des Gebäudes wie z. B. Klimakanäle, Aufzugsschienen, etc.
- metallene Kabelschirme

Zusätzlicher Schutzpotentialausgleich

Der Blitzschutz-Potentialausgleich ist eine Erweiterung zum Schutzpotentialausgleich. Hierbei wird zusätzlich bei alle Zuleitungen der Niederspannungsanlage und Informationstechnik ein Potentialausgleich mittels Überspannungsschutzgeräten realisiert.

Bei Anlagen mit besonderen Umgebungsbedingungen, z. B. in explosionsgefährdeten Bereichen, oder wenn dies direkt normativ gefordert wird, ist ein zusätzlicher Schutzpotentialausgleich auszuführen.

Alle gleichzeitig berührbaren Körper fest angebrachter (ortfester) Betriebsmittel in unmittelbarer Nähe des Aufstellungsortes müssen mit allen gleichzeitig berührbaren fremden leitfähigen Teilen verbunden werden. Dies betrifft u. a. den Funktionspotentialausgleichsleiter nach DIN 18014 sowie die metallene Hauptbewehrung von Stahlbeton.

3.1.1 Planungsmethode

Zur Vermeidung von Potentialunterschieden sind folgende Anlagenteile durch Potentialausgleichsleiter nach VDE 0100-540 (IEC 60364-5-54) über die Haupterdungsschiene zu verbinden:

- elektrische leitfähige Rohrleitungen
- andere leitfähige Bauteile
- Schutzleiter
- Funktionserdungsleiter

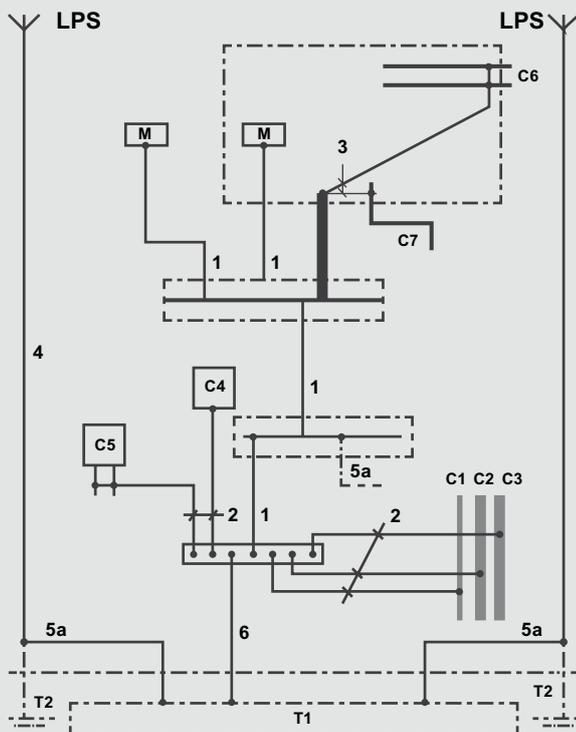
Die Haupterdungsschiene ist im Hauptanschlussraum bzw. in der Nähe der Hausanschlüsse vorzusehen. In jedem Gebäude müssen der Erdungsleiter und die folgenden leitfähigen Teile über die Haupterdungsschiene zum Schutzpotentialausgleich verbunden werden:

- metallene Rohrleitungen von Versorgungssystemen
- fremde leitfähige Teile der Gebäudekonstruktion
- metallene Zentralheizungs- und Klimasysteme
- Schutzleiter der Elektroanlage
- metallene Verstärkungen von Gebäudekonstruktionen aus bewehrten Beton

Die Schutzpotentialausgleichsleiter müssen dabei den Anforderungen der DIN VDE 0100-410/- 540 (IEC 60364-441/ IEC 60364-5-54) entsprechen. Beim Blitzschutz-Potentialausgleich müssen die Leiter des Potentialausgleichs für höhere Ströme dimensioniert werden. Die Querschnitte sind nach VDE 0185-305 (IEC 62305) auszulegen.

Forderung an den Potentialausgleich:

- *Trennbarkeit der Leiter,*
- *Zuverlässige Verbindung,*
- *Nur mit Werkzeug lösbar*



M	Körper (elektr. Betriebsmittel)
C	fremdes leitfähiges Teil
B	Haupterdungsschiene
T1	Fundamenterder
T2	Erder für Blitzschutz
LPS	Blitzschutzsystem
1	Schutzleiter (PE)
2	Schutzpotentialausgleichsleiter zur Verbindung mit der Haupt-Erdungsschiene
3	Schutzpotentialausgleichsleiter (für den zusätzlichen Schutzpotentialausgleich)
4	Ableitung Blitzschutz
5	Erdungsleiter
5a	Funktionserdungsleiter für Blitzschutz
C4	Klimaanlage
C5	Heizung
C6/C7	Metallene (Ab-) Wasserrohre in einem Badezimmer

Bild 3.2: Potentialausgleich einer baulichen Anlage

Potentialausgleich nach DIN VDE 0100-410/-540 (IEC 60364-4-41 und IEC 60364-5-54)

Schutzleiter müssen in geeigneter Weise gegen mechanische Beschädigungen, chemische oder elektrochemische Zerstörungen sowie elektrodynamische und thermodynamische Kräfte geschützt werden. Schaltgeräte dürfen nicht in den Schutzleiter eingefügt werden. Verbindungen für Prüfzwecke sind zulässig.

3.1.2 Ausführungen

Jedes System hat bezogen auf den Potentialausgleich andere Umgebungsanforderungen und normative Forderungen. Um einen fachgerechten Potentialausgleich herzustellen, sind somit unterschiedliche Bauteile zu verwenden. Potentialausgleichsschienen und Erdungsschellen sind hierbei wichtige Hauptbestandteile einer Installation. Im Rahmen des Blitzschutz-Potentialausgleichs haben diese die Anforderungen und Prüfungen der VDE 0185-561-1 (IEC 62561-1) zu erfüllen.

Werkstoff	Querschnitt von Leitern, die innere metallene Installationen mit der Potentialausgleichsschiene verbinden
Kupfer	6 mm ²
Aluminium	10 mm ²
Stahl	16 mm ²

Tabelle 3.1: Mindestmaße von Leitern

Mindestquerschnitte nach VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3) zum Blitzschutzpotentialausgleich

Werkstoff	Querschnitt von Leitern, die verschiedene Potentialausgleichsschienen miteinander oder mit der Erdungsanlage verbinden
Kupfer	16 mm ²
Aluminium	25 mm ²
Stahl	50 mm ²

Tabelle 3.2: Mindestmaße von Leitern, Schutzklasse I bis IV



Bild 3.3: OBO „BigBar“ Potentialausgleichsschiene für Industrieanwendungen



Bild 3.5: Potentialausgleichsschiene 1809



Bild 3.4: OBO „927“ Banderdungsschelle



Bild 3.6: Potentialausgleichsschiene 1801

3.1.2.1 Industrieanwendungen

In der industriellen Umgebung ist es besonders wichtig, dass die eingesetzten Produkte thermisch und mechanisch stabil sind. Hier kann die OBO Potentialausgleichsschiene 1802 „BigBar“ problemlos als Haupterdungs- oder Potentialausgleichsschiene eingesetzt werden.

OBO 1802 „BigBar“: (Bild 3.3)

- geprüft mit 100 kA (10/350) nach VDE 0185-561-1 (IEC 62561-1)
- im Innen- und Außenbereich anwendbar
- Version aus rostfreiem Edelstahl oder Kupfer
- 5 – 20 polige Versionen verfügbar
- Schnellmontage mit Schlossschrauben

Für die Anbindung metallischer Rohrleitungen an den Potentialausgleich werden üblicherweise Banderdungsschellen wie die 927 OBO Banderdungsschelle (Bild 3.4) eingesetzt. Diese bieten viele Montagevorteile gegenüber Rohrschellen. Durch das Spannband aus rostfreiem Edelstahl sind sie für viele Rohrdurchmesser und Werkstoffe geeignet.

3.1.2.2 Wohnhaus und Bürogebäude

Auch wenn die Umgebungsbedingungen in den privaten Wohnhäusern und in Bürogebäuden geringere Anforderungen stellen, muss auch hier sichergestellt sein, dass keine gefährlichen Berührungsspannungen auftreten können. Als Haupterdungsschiene oder Potentialausgleichsschiene erfüllen die Typen 1801 und 1809 Potentialausgleichsschienen (Bild 3.5 und 3.6) alle Anforderungen an diese Applikationen. Alle üblichen Querschnitte können kontaktsicher angeschlossen werden. Für spezielle Anwendungen bietet OBO eine Potentialausgleichsschiene Typ 1809 NR aus nachwachsenden Rohstoffen und bleifreier Kontaktleiste an.



Bild 3.7: EX PAS - Potentialausgleichsschiene für explosionsgefährdete Bereiche

3.1.2.3 Explosionsgefährdete Bereiche

Für Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen ist ein Potentialausgleich laut VDE 0165-1 (IEC 60079-14) gefordert. Alle Körper elektrischer leitfähiger Teile müssen an das Potentialausgleichssystem angeschlossen werden. Verbindungen zum Potentialausgleich sind gegen selbsttätiges lockern gemäß VDE 0165-1 (IEC 60079-14) und den Technischen Regeln für betriebliche Sicherheit (TRBS) 2152 Teil 3 zu sichern.

Nach TRBS 2152 Teil 3 und VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3) müssen die Ableitwege des Blitzes so ausgeführt werden, dass eine Erwärmung oder zündfähige Funken bzw. Sprühfunken nicht zur Zündquelle der explosionsfähigen Atmosphäre werden können.



Innovativ. Einzigartig. Patentiert.

Explosionsgefährdete Bereiche Zone 1/ 21 sowie 2/ 22

Die einzigartige Potentialausgleichsschiene Typ EX PAS (Bild 3.7) (Potentialausgleichsschiene für explosionsgefährdete Bereiche) wird für den Blitzschutz-Potentialausgleich nach VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3) und den Schutz-/Funktionspotentialausgleich nach DIN VDE 0100 Teil 410/540 eingesetzt. Dank des geschützten Designs kann die Potentialausgleichsschiene im Rahmen der Errichtung nach VDE 0165 Teil 1 (IEC 60079-14) und der VDE 0185-305-3 (IEC 62305-3) in EX-Zonen 1/ 21 und 2/ 22 eingesetzt werden.

Die Zündfunkenfreiheit in explosionsfähiger Atmosphäre ist in Anlehnung an die VDE 0185-561-1 (IEC 62561-1) nach Explosionsgruppe IIC und geprüft und kann somit auch für die Explosionsgruppe IIA und IIB eingesetzt werden. Die Potentialausgleichsschienen EX PAS besitzen keine eigene potentielle Zündquelle und fallen somit nicht unter die europäische Richtlinie 94/9/EG. Es wird bestätigt, dass die Potentialausgleichsschienen TYP EX PAS für den Einsatz in den explosionsgefährdeten Bereichen Zone 1/2 (Gase, Dämpfe, Nebel) sowie Zone 21/ 22 (Stäube) geeignet sind.

Die EX PAS (Potentialausgleichsschiene für explosionsgefährdete Bereiche) bietet folgende Vorteile:

- zündfunkenfrei
- unabhängig geprüft bis 75kA
- Explosionsgruppen, IIC, IIB und IIA

3.2 Überspannungsschutzsystem für Energiesysteme

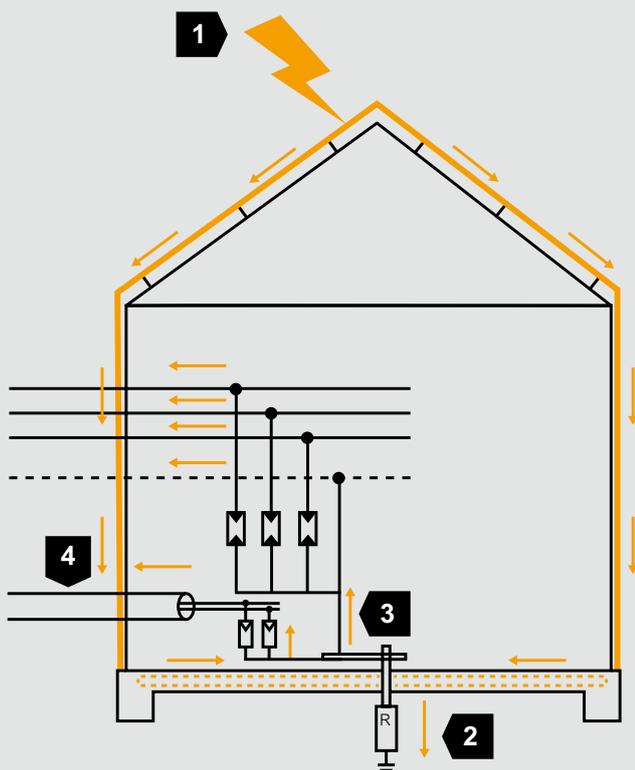
Sehr hohe Überspannungen entstehen hauptsächlich durch direkte Blitzeinschläge oder durch Blitzeinschläge in der Nähe von Energiesystemen. Zusätzlich erzeugen Blitzströme, in einem Abstand von einigen 100 Metern, durch die kapazitiven, induktiven und galvanischen Einkopplungen in Leerschleifen unzulässige Überspannungen. In einem Radius von bis zu 2 km werden hohe Überspannungen eingekoppelt. Schaltvorgänge von induktiven Lasten erzeugen im Mittel- oder Niederspannungsnetz gefährliche Überspannungen. Weitere Informationen zu den Schadensarten (S1 - S4) siehe Kapitel 1.3 ab Seite 15.

3.2.1 Blitzentladungen

(LEMP: Lightning Electro Magnetic Impulse)

Nach der internationalen Blitzschutznorm IEC 62305 werden direkte Blitzeinschläge bis zu 200kA sicher abgeleitet. Der Strom wird in die Erdungsanlage eingekoppelt und durch den Spannungsfall am Erdungswiderstand wird die Hälfte des Blitzstromes in die innere Installation eingekoppelt. Der Blitzteilstrom teilt sich wiederum auf die eingeführten Energieleitungen (Anzahl der eingeführten Adern der Energieleitung) und zu ca. 5 % in die vorhandenen Datenleitungen auf.

Der Spannungsfall am Erdungswiderstand ergibt sich aus dem Produkt des Blitzteilstroms (i) und des Erdungswiderstandes (R). Diese Potentialdifferenz steht dann zwischen der örtlichen Erde (Potentialausgleich) und den in der Ferne geerdeten aktiven Leitern an.



Die höchsten Überspannungen werden durch Blitzeinschläge erzeugt. Nach der VDE 0185-305 (IEC 62305) werden Blitzeinschläge mit Blitz-Stoßströmen von bis zu 200kA (10/350 μ s) simuliert.

1	Einschlag	100 %	$I_{imp} = \max 200kA$ (IEC 62305)
2	Erdungssystem	~ 50 %	$I = 100kA$ (50 %)
3	Elektrische Installation	~ 50 %	$I = 100kA$ (50 %)
4	Datenleitung	~ 5%	$I = 5kA$ (5%)

Bild 3.8: Typische Aufteilung des Blitzstrom

Beispiel Aufteilung Erde

Anlage: 50% - 50%

$i = 50 \text{ kA}$; $R=1 \text{ Ohm}$

$U = i \times R=50.000\text{A} \times 1 \text{ Ohm}=50.000\text{V}$

U	Überspannung
i	Impuls-Stoßstrom
R	Erdungswiderstand

Die Spannungsfestigkeit der Bauteile wird überschritten und es kommt zum unkontrollierten Überschlag. Nur Überspannungsableiter können diese gefährlichen Spannungen sicher ableiten.

3.2.1.1 Schalthandlungen

(SEMP: Switching electromagnetic pulse)

Schalthandlungen entstehen durch das Schalten großer induktiver und kapazitiver Lasten, Kurzschlüsse und Unterbrechungen im Energiesystem. Dies ist die am häufigsten auftretende Ursache von Überspannungen. Durch diese Überspannungen werden Stoßströme von bis zu 40kA (8/20 μs) simuliert. Die Quellen sind z. B. Motoren, Vorschaltgeräte oder industrielle Lasten.

3.2.1.2 Statische Entladungen

(ESD: Electrostatic discharge)

Elektrostatische Entladungen werden durch Reibung erzeugt. Beim Laufen auf Teppichboden entsteht eine Ladungstrennung, die jedoch für Menschen ungefährlich ist. Elektronische Bauteile können aber gestört und zerstört werden. Hier ist ein Potentialausgleich zur Vermeidung der Ladungstrennung notwendig.

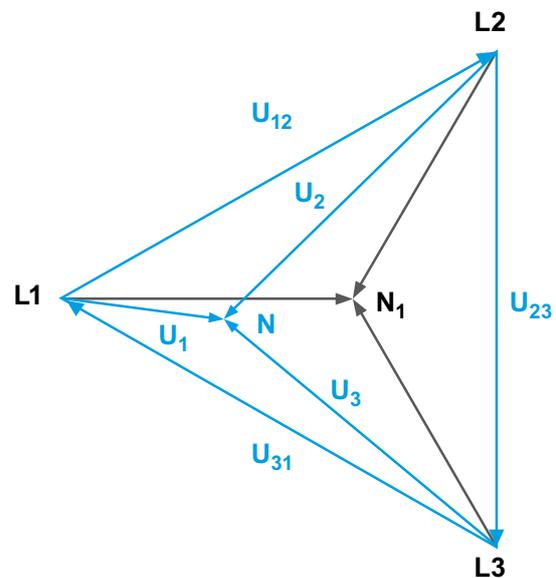
3.2.2 Arten von Überspannungen

3.2.2.1 Transiente Überspannungen

Transiente Überspannungen sind kurzzeitige Überspannungen im Mikro-Sekunden-Bereich. Blitze und Schalthandlungen erzeugen hohe transiente Überspannungen, gegen deren Auswirkung Überspannungsschutzgeräte schützen.

3.2.2.2 Temporäre und permanente Überspannungen

Temporäre oder zeitweilige Überspannungen entstehen durch Netzfehler. Zum Beispiel durch eine Neutralleiter-Unterbrechung wird eine unzulässige Spannungserhöhung im Drehstromnetz erzeugt. Die Spannung übersteigt die maximal zulässige Nennspannung und elektronische Geräte werden beschädigt und installierte Überspannungsschutzgeräte können nicht vor diesen lang anstehenden Netzfrequenzen schützen. Diese netzfrequenten Fehler stehen im Zeitraum von mehreren Sekunden bis Stunden an.



U1	Phase (L1) gegen Neutralleiter (N)
U2	Phase (L2) gegen Neutralleiter (N)
U3	Phase (L3) gegen Neutralleiter (N)
U12	Phase (L1) gegen Phase (L2)
U23	Phase (L2) gegen Phase (L3)
U31	Phase (L3) gegen Phase (L1)

Bild 3.9: Auswirkung einer Neutralleiterunterbrechung: Sternpunktverschiebung bei Unsymmetrie

3.2.3 Planungsmethoden

Die Blitzschutznorm VDE 0185-305 (IEC 62305) beschreibt im Teil 4 den Schutz von elektrischen und elektronischen Systemen. Des Weiteren werden Überspannungsschutz-Maßnahmen in den Sicherheits- und Installationsnormen VDE 0100 (IEC 60364) als wichtige Schutzmaßnahme in Niederspannungs-Anlagen gefordert.

3.2.3.1 Blitzschutzzonen-Konzept

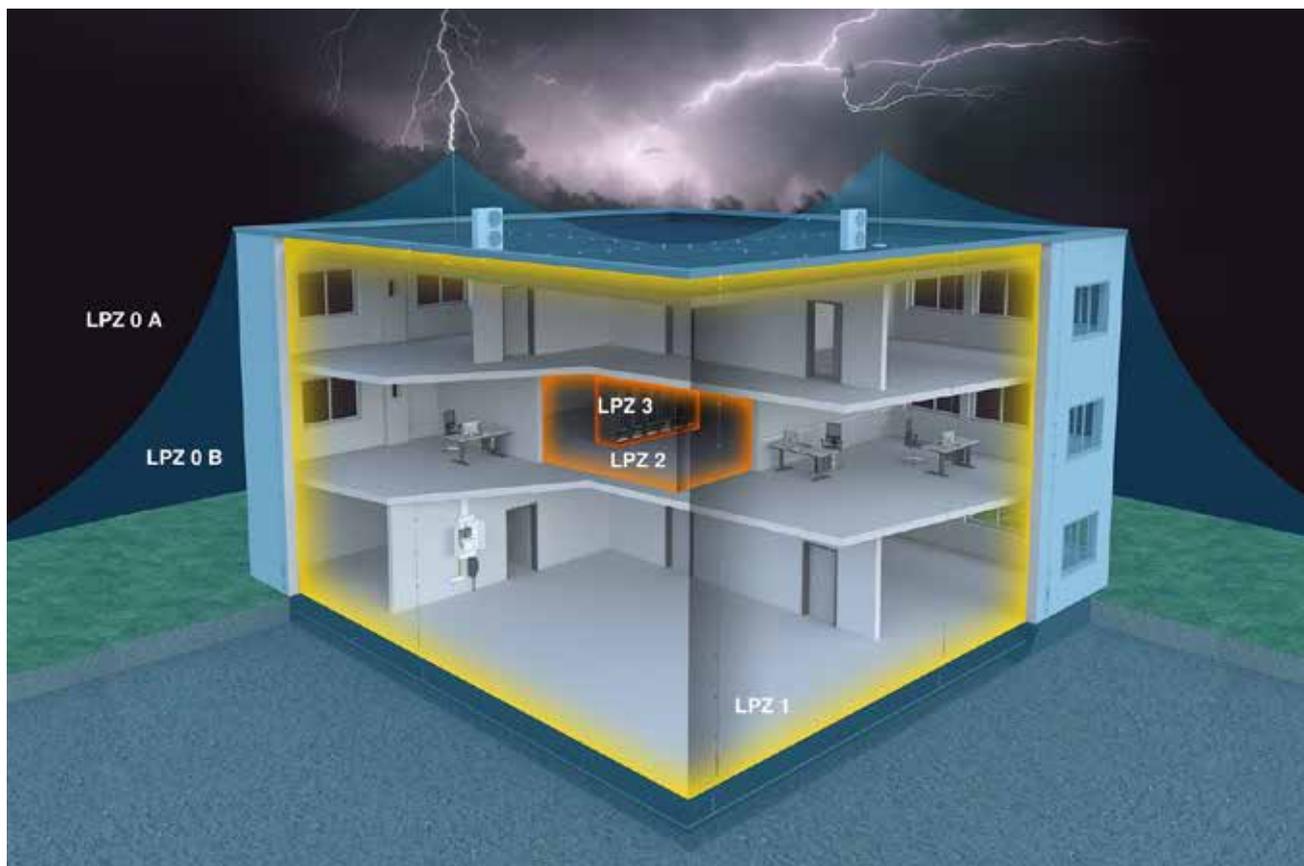
Als sinnvoll und wirkungsvoll hat sich das Blitzschutzzonen-Konzept (LPZ = lightning protection zone) erwiesen, das in der internationalen Norm VDE 0185-305-4 (IEC 62305-4) beschrieben wird. Grundlage des Blitzschutzzonen-Konzeptes ist das Prinzip, Überspannungen stufenweise auf einen ungefährlichen Pegel zu reduzieren, bevor sie Endgeräte erreichen und dort Schäden anrichten können. Um dies zu erreichen, wird das gesamte Energienetz eines Gebäudes in Blitzschutzzonen unterteilt.

Bereiche und Gebäudeteile in denen die gleichen Schutzniveaus notwendig sind, werden als Zone definiert. An jedem Übergang von einer Zone zur Anderen wird ein Potentialausgleich ausgeführt. Metallene Teile werden direkt an den Potentialausgleich ange-

schlossen und zwischen den aktiven Leitern und dem Erdpotential wird ein Überspannungsschutz installiert, der der jeweils benötigten Anforderungskategorie (Typ 1, 2 oder 3) entsprechen muss.

Vorteile des Blitzschutzzonen-Konzeptes

- Minimierung der Überspannungs-Einkopplungen in andere Leitungssysteme durch Ableitung der energiereichen und gefährlichen Blitzströme direkt am Gebäude-Eintrittspunkt und am Zonenübergang der Leitungen.
- Örtlicher Potentialausgleich innerhalb der Schutzzone.
- Reduzierung von Störungen durch magnetische Felder.
- Wirtschaftliches und gut planbares, individuelles Schutzkonzept für Neu-, Aus- und Umbauten.



LPZ 0 A	Ungeschützter Bereich außerhalb des Gebäudes. Direkte Blitzeinwirkung, keine Abschirmung gegen elektromagnetische Störimpulse LEMP (Lightning Electromagnetic Pulse)
LPZ 0 B	Durch äußere Blitzschutzanlage geschützter Bereich. Keine Abschirmung gegen LEMP
LPZ 1	Bereich innerhalb des Gebäudes. Geringe Teilblitzenergien möglich.
LPZ 2	Bereich innerhalb des Gebäudes. Geringe Überspannungen.
LPZ 3	Bereich innerhalb des Gebäudes (kann auch das metallische Gehäuse eines Verbrauchers sein) Keine Störimpulse durch LEMP sowie Überspannung.

Bild 3.10: Einteilung des Gebäudes in Blitzschutzzonen (LPZ) lightning protection zone

3.2.3.1.1 Typenklassen der Überspannungsschutzgeräte

OBO-Überspannungsschutzgeräte (SPD = surge protective device) sind gemäß VDE 0675-6-11 (IEC 61643-11) in die drei Typenklassen Typ 1, Typ 2 und Typ 3 (class I, class II und class III) unterteilt. In diesen Normen sind Richtlinien sowie Anforderungen und Prüfungen für Überspannungsschutzgeräte festgelegt, die in Wechselstromnetzen mit Nennspannungen bis 1000 V AC und Nennfrequenzen zwischen 50 und 60 Hz eingesetzt werden.

T1



Blitzstromableiter Typ 1

Blitzstromableiter vom Typ 1 / class I werden am Gebäudeeintritt eingesetzt. Der Anschluss erfolgt parallel zu den Außenleitern des Energienetzes. Der direkte Blitzeinschlag wird mit Prüfimpulsen von bis zu 100 kA der Impulsform 10/350 µs simuliert. Der Schutzpegel muss hier unter 4000V liegen. Nach Abstimmung mit dem örtlichen Energieversorger und der VDN-Richtlinie ist auch der Einsatz vor der Hauptzähleinrichtung möglich.

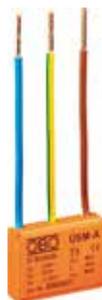
T2



Überspannungsableiter Typ 2

Überspannungsableiter vom Typ 2 / class II werden in Haupt- und Unterverteilungen eingesetzt. Die Schutzgeräte müssen vor einem Fehlerstrom-Schutz (RCD) eingesetzt werden, da dieser sonst den abgeleiteten Stoßstrom als Fehlerstrom interpretiert und den Stromkreis unterbricht. Die Überspannungen werden mit Prüfimpulsen von üblicherweise 20 kA der Impulsform 8/20 µs simuliert. Zum Schutz von empfindlichen Steuerungen muss der Schutzpegel unter 1500V liegen.

T3



Überspannungsableiter Typ 3

Überspannungsableiter vom Typ 3 / class III werden zum Schutz gegen induktive Einkopplungen und Schaltüberspannungen in den Endgerätestromkreisen eingesetzt. Diese Überspannungen treten hauptsächlich zwischen Phase (L) und Neutraleiter (N) auf. Durch die Y-Schaltung werden der L - und N-Leiter über Varistoren geschützt und die Verbindung zum PE-Leiter mit einer Funkenstrecke hergestellt. Mit dieser Schutzschaltung werden Querüberspannungen abgeleitet, ohne dass der Fehlerstromschutzschalter (RCD) einen Fehlerstrom interpretiert und abschaltet. Die Überspannungen werden mit den Hybrid-Prüfimpulsen von bis zu 20 kV und 10 kA der Impulsform 1,2/50 µs und 8/20 µs simuliert. Zum Schutz von empfindlichen Steuerungen muss der Schutzpegel unter 1500V liegen. Ein Überspannungsschutzkonzept berücksichtigt alle elektrisch leitenden Verbindungen und ist in Stufen aufgebaut. Die Schutzstufen bauen aufeinander auf und jede Stufe reduziert den Energieinhalt der Überspannung.

3.2.3.1.2 Richtige Auswahl der Überspannungsschutzgeräte

Diese Einteilung in Typen ermöglicht die Auswahl der Schutzgeräte in Hinblick auf die unterschiedlichen Anforderungen bezüglich Einsatzort, Schutzpegel und Strombelastbarkeit. Eine Übersicht über die Zonenübergänge ergibt sich aus der **Tabelle 3.3**. Sie verdeutlicht gleichzeitig, welche OBO-Überspannungsschutzgeräte mit welcher Funktion in das Energieversorgungsnetz eingebaut werden können.

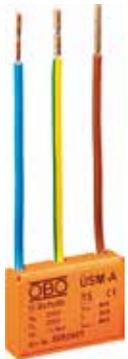
Zonenübergang	Schutzeinrichtung und Gerätetyp	Produktbeispiel	Produktabbildung
LPZ 0 B zu LPZ 1	Schutzeinrichtung zum Zweck des Blitzschutzpotentialausgleiches nach VDE 0185-305 (IEC 62305) bei direkten oder nahen Blitzeinschlägen. Geräte: Typ 1 (class I), z. B. MCD50-B max. Schutzpegel nach Norm: 4 kV OBO Schutzpegel: < 1,3kV Installation z. B. in der Hauptverteilung/am Gebäudeeintritt	MCD Art.-Nr.: 5096 87 9	T1 
LPZ 1 zu LPZ 2	Schutzeinrichtung zum Zweck des Blitzschutzpotentialausgleiches nach VDE 0185-305 (IEC 62305) bei direkten oder nahen Blitzeinschlägen. Geräte: Typ 2 (class II), z. B. V20 max. Schutzpegel nach Norm: 1,5 kV OBO Schutzpegel: < 1,3kV Installation z. B. in der Hauptverteilung/am Gebäudeeintritt	V20 Art.-Nr.: 5095 25 3	T2 
LPZ 2 zu LPZ 3	Schutzeinrichtung, bestimmt zum Überspannungsschutz ortsveränderlicher Verbrauchsgereäte an Steckdosen und Stromversorgungen. Geräte: Typ 3 (class III), z. B. ÜSM-A max. Schutzpegel nach Norm: 1,5 kV OBO Schutzpegel: < 1,3kV Installation z. B. am Endverbraucher	ÜSM-A Art.-Nr.: 5092 45 1	T3 

Tabelle 3.3: Zonenübergänge

3.2.3.2 Schutzgeräte in unterschiedlichen Netzsystemen

4-Leiter-Netze, TN-C-Netzsystem

Im TN-C Netzsystem wird die elektrische Anlage durch die drei Außenleiter (L1, L2, L3) und den kombinierten PEN-Leiter versorgt. Der Einsatz wird in der VDE 0100-534 (IEC 60364-5-53) beschrieben. (Bild 3.11)

Blitzstromableiter Typ 1

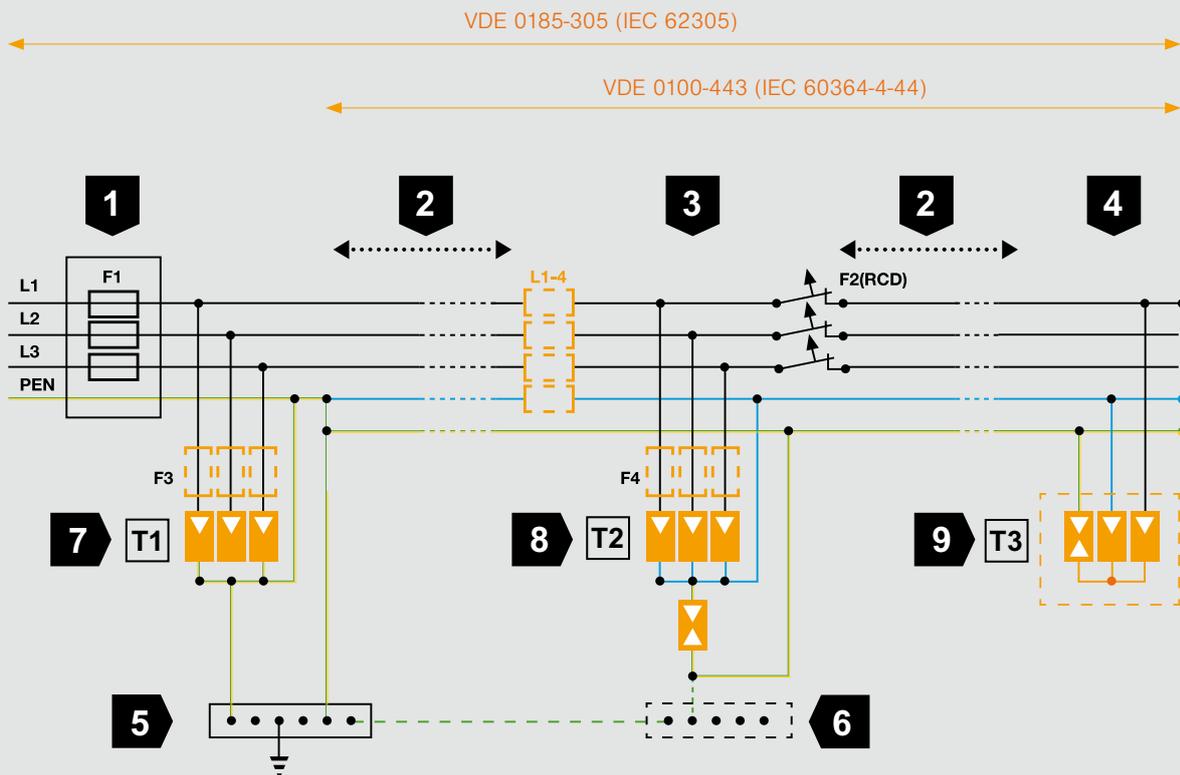
Blitzstromableiter vom Typ 1 und Kombiableiter werden 3-polig (z. B. dreimal MCD 50-B) eingesetzt.

Überspannungsableiter Typ 2

Überspannungsableiter vom Typ 2 werden in der 3+1-Schaltung (z. B. V20 3+NPE) eingesetzt. Bei der 3+1-Schaltung werden die Außenleiter (L1, L2, L3) über Ableiter an den Neutralleiter (N) angeschlossen. Der Neutralleiter (N) wird über eine Summenfunkenstrecke mit dem Schutzleiter (PE) verbunden.

Überspannungsableiter Typ 3

Überspannungsableiter vom Typ 3 werden in den Endgerätestromkreisen eingesetzt. Durch eine Y-Schaltung werden der L- und N-Leiter über Varistoren geschützt und die Verbindung zum PE-Leiter mit einer Summenfunkenstrecke hergestellt (z. B. ÜSM-A).



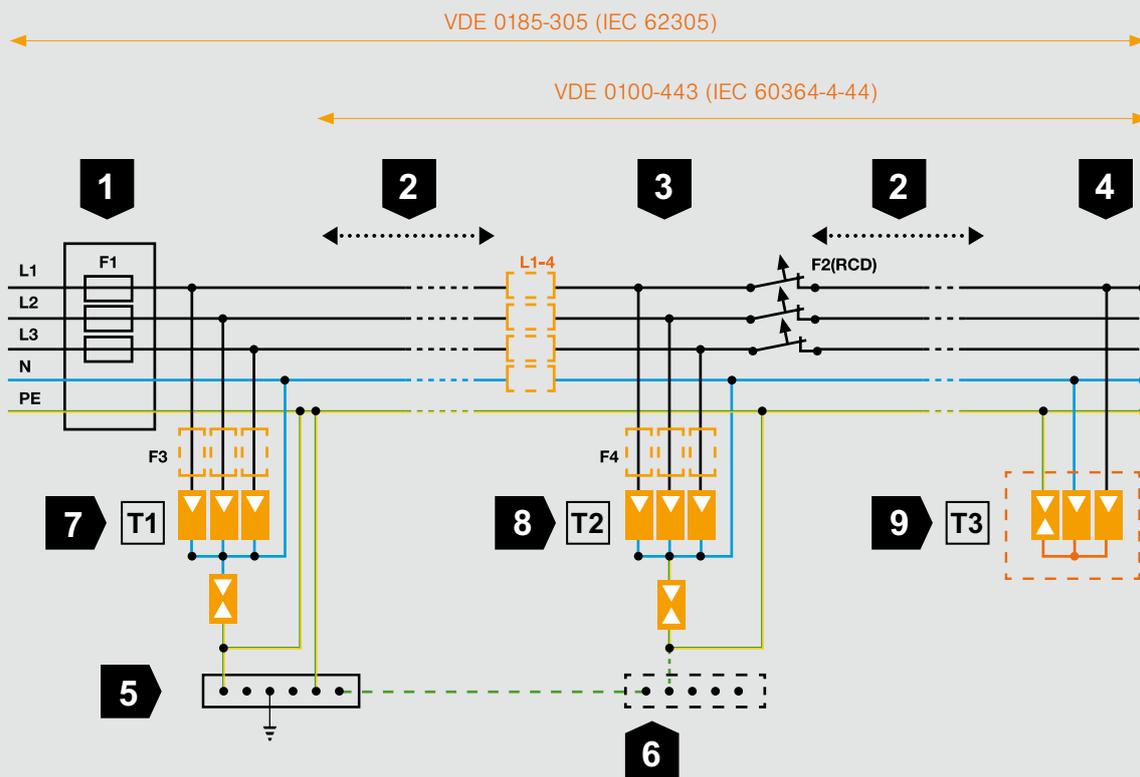
1	Anlagensicherung F1
2	Leitungslänge zwischen den Ableitern
3	Stromkreisverteiler z. B. Unterverteilung
4	Endstromkreis
5	Haupterdungsschiene (HES)

6	lokale Potentialausgleichsschiene (PAS)
7	Typ 1 (class I) Überspannungs-Ableiter
8	Typ 2 (class II) Überspannungs-Ableiter
9	Typ 3 (class III) Überspannungs-Ableiter

Bild 3.11: 4-Leiter-Netze, TN-C-Netzsystem und Anwendungsbereich der Normen

5-Leiter-Netze, TN-S und TT-Netzsystem

Im TN-S-Netzsystem wird die elektrische Anlage durch die drei Außenleiter (L1, L2, L3), den Neutralleiter (N) und den Erdleiter (PE) versorgt. Im TT-Netz dagegen wird die elektrische Anlage durch die drei Außenleiter (L1, L2, L3), den Neutralleiter (N) und den lokalen Erdleiter (PE) versorgt. Der Einsatz wird in der VDE 0100-534 (IEC 61643-11) beschrieben.



1	Anlagensicherung F1
2	Leitungslänge zwischen den Ableitern
3	Stromkreisverteiler z. B. Unterverteilung
4	Endstromkreis
5	Haupterdungsschiene (HES)

6	lokale Potentialausgleichsschiene (PAS)
7	Typ 1 (class I) Blitzstromableiter
8	Typ 2 (class II) Überspannungs-Ableiter
9	Typ 3 (class III) Überspannungs-Ableiter

Bild 3.12: 5-Leiter-Netze, TN-S und TT-Netzsystem

Vorteile der 3+1 Schaltung:

- Universell für TN- und TT- Netze geeignet
- Isolierende Funkenstrecke zwischen Neutralleiter (N) und Erde (PE)
- Niedriger Schutzpegel zwischen Phase (L) und Neutralleiter (N)

Blitzstromableiter Typ 1

Blitzstromableiter vom Typ 1 werden in der 3+1-Schaltung (z. B. dreimal MC 50-B und einmal MC 125-B NPE) eingesetzt. Bei der 3+1-Schaltung werden die Außenleiter (L1, L2, L3) über Ableiter an den Neutralleiter (N) angeschlossen. Der Neutralleiter (N) wird über eine Summenfunkenstrecke mit dem Schutzleiter (PE) verbunden. Nach Abstimmung mit dem örtlichen Energieversorger und der VDN-Richtlinie ist auch der Einsatz vor der Hauptzählereinrichtung möglich.

Überspannungsableiter Typ 2

Überspannungsableiter vom Typ 2 werden in der 3+1-Schaltung (z. B. V20 - 3+NPE) eingesetzt. Bei der 3+1-Schaltung werden die Außenleiter (L1, L2, L3) über Ableiter an den Neutralleiter (N) angeschlossen.

Der Neutralleiter (N) wird über eine Summenfunkenstrecke mit dem Schutzleiter (PE) verbunden. Die Ableiter müssen vor einem Fehlerstrom-Schutz (RCD) eingesetzt werden, da dieser sonst den abgeleiteten Stoßstrom als Fehlerstrom interpretiert und den Stromkreis unterbricht.

Überspannungsableiter Typ 3

Überspannungsableiter vom Typ 3 werden zum Schutz gegen Schaltüberspannungen in den Endgerätestromkreisen eingesetzt. Diese Querüberspannungen treten hauptsächlich zwischen L und N auf. Durch eine Y-Schaltung werden der L- und N-Leiter über Varistoren geschützt und die Verbindung zum PE-Leiter mit einer Summenfunkenstrecke hergestellt (z. B. ÜSM-A). Mit dieser Schutzschaltung zwischen L und N wird bei Querüberspannungen kein Stoßstrom gegen PE geleitet, der RCD interpretiert somit auch keinen Fehlerstrom. Die entsprechenden technischen Daten finden Sie in den Produktseiten.

3.2.3.3 Auswahlkriterien (Spannungsfestigkeit der Endgeräte - Schutzpegel) Auswahlhilfe

Für die Installationsbereiche ist nach der Installations-Norm VDE 0110 (IEC 60664) die Bemessungs-Stoßspannungs-Festigkeit gegenüber transienten Überspannungen festgelegt. Die Spannungsfestigkeit der Endgeräte ist mit den Schutzpegeln der Blitzstrom- und Überspannungsschutzgeräte zu koordinieren. Die Isolationskoordination ist nach VDE 0110 (EN 60664) auszuführen.

Nennspannung des Stromversorgungssystems ¹ (Netz) nach IEC 60038 ³		Spannung Leiter zu Neutralleiter abgeleitet von der Nennwechsel- oder Nenngleichspannung bis einschließlich v	Bemessung Stoßspannung ² v			
			Überspannungskategorie ⁴			
dreiphasig	einphasig		I	II	III	IV
	120/240	50	330	500	800	1500
		100	500	800	1500	2500
		150	800	1500	2500	4000
230/400 277/480		300	1500	2500	4000	6000
400/690		600	2500	4000	6000	8000
1000		1000	4000	6000	8000	12 000

- ¹ Zur Anwendung auf bestehende abweichende Niederspannungsnetze und deren Nennspannungen siehe Anhang B
- ² Betriebsmittel mit dieser Bemessungs-Stoßspannung dürfen in Anlagen in Übereinstimmung mit IEC 60364-4-443 verwendet werden.
- ³ Der Strich / bezeichnet ein Dreiphasen-4-Leitersystem. Der tiefere Wert ist die Spannung, Leiter zu Neutralleiter, während der höhere Wert die Spannung, Leiter zu Leiter ist. Wo nur ein Wert angegeben ist, bezieht er sich auf Dreiphasen-3-Leitersysteme und bezeichnet die Spannung Leiter zu Leiter.
- ⁴ Zur Erläuterung der Überspannungskategorien siehe 2.2.2.1.1.

Tabelle 3.4: Bemessungs-Stoßspannung für Betriebsmittel nach Installationsnorm VDE 0110 (IEC 60664)

Die Bemessungsstoßspannung ist abhängig von der Überspannungskategorie und beträgt z. B. im Falle der Überspannungskategorie I für einen einphasigen Anschluss an einem 230-V-Wechselstromnetz 1,5 kV minimal. Ein Überspannungs-Ableiter muss die Spannung auf diesen oder einen kleineren Wert begrenzen.

Der Schutzpegel eines Überspannungs-Ableiters stellt die maximal auftretende Spannung bei Belastung mit Nenn-Stoßstrom dar. Ist der auftretende Stoßstrom-Impuls kleiner als der Nenn-Stoßstrom, sinkt auch die Ansprechspannung und somit auch der Schutzpegel.

Erforderlicher Schutzpegel für 230/400V Betriebsmittel nach VDE 0100-443 (IEC 60364-4-443)

1	Betriebsmittel am Speisepunkt der Anlage
2	Betriebsmittel als Teil der festen Installation
3	Betriebsmittel zum Anschluss an die feste Installation
4	Besonders zu schützende Betriebsmittel
5	Installationsort, z. B. Hauptverteilung
6	Installationsort, z. B. Unterverteilung
7	Installationsort, z. B. Endgeräte
8	Vorgabe (grüne Linie)
9	OBO Schutzgeräte (orange Linie)

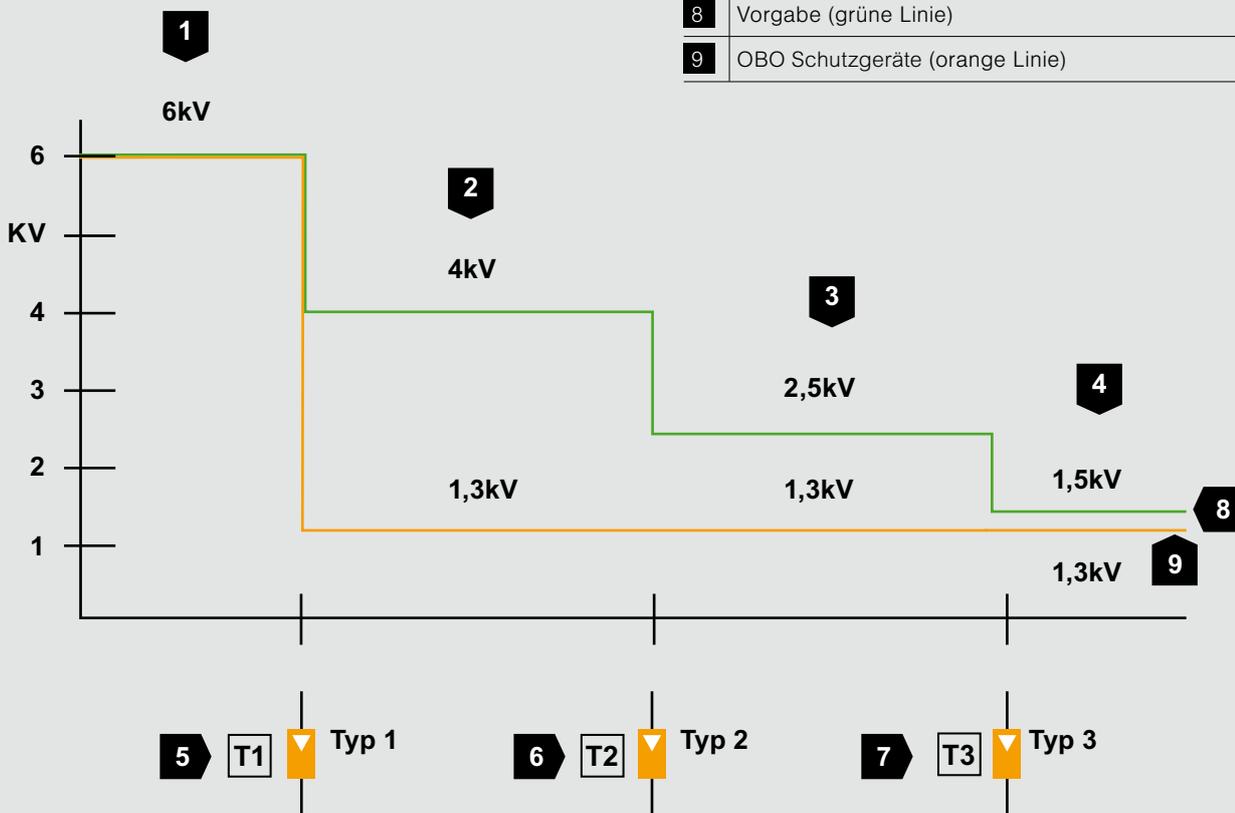


Bild 3.13: Isulationskoordination nach VDE 0110-1 (EN 60664-1)

3.2.3.4 Installationsvorschriften

Die Installationsnorm für Überspannungsschutzgeräte VDE 0100-534 (IEC 60364-5-53) behandelt den Schutz gegen Überspannungen aus indirekten und fernen Blitzeinschlägen sowie aus Schaltheandlungen. Nach Norm wird der Begriff Überspannungsschutzeinrichtung (ÜSE) und Überspannungsschutzgerät (ÜSG) sowie in internationaler Ausführung als surge protective device (SPD) verwendet. Es werden Auswahl- und Errichtungshinweise zur Erhöhung der Verfügbarkeit von Niederspannungsanlagen gegeben. In Gebäuden mit einem äußeren Blitzschutzsystem gemäß VDE 0185-305 (IEC 62305) müssen die von außen eingeführten Versorgungsleitungen an den Zonenübergängen von Blitzschutzzone 0 auf Zone 1 mit Überspannungsschutzgeräten vom Typ 1 in den Blitzschutzpotentialausgleich einbezogen werden.

In Gebäuden ohne Blitzschutzsystem beschreibt die VDE 0100-443 (IEC 60364-4-43) den Einsatz und die Notwendigkeit von Überspannungsschutzgeräten.

3.2.3.4.1 Mindestquerschnitte für den Blitzschutz-Potentialausgleich

Die Länge der Anschlussleitung bei Überspannungsschutzgeräten ist ein wesentlicher Bestandteil der Installationsnorm VDE 0100-534 (IEC 60364-5-53). Für den Schutz der Anlagen und Geräte muss die maximal auftretende Überspannung auf Werte kleiner / gleich der Stoßspannungsfestigkeit der zu schützenden Geräte liegen. Der Schutzpegel der Überspannungsschutzgeräte und der Spannungsfall auf den Zuleitungen muss in der Summe unter der Spannungsfestigkeit bleiben. Um den Spannungsfall auf der Zuleitung zu minimieren, müssen die Leitungslänge und somit deren Induktivität möglichst gering gehalten werden. Die VDE 0100-534 (IEC 60364-5-53) empfiehlt eine gesamte Anschlusslänge am Überspannungsschutzgerät kleiner als 0,5 m und maximal 1 m.

Für den Blitzschutz-Potentialausgleich sind folgende Mindestquerschnitte zu beachten: Für Kupfer gilt ein Leitungsquerschnitt von 16 mm², für Aluminium 25 mm² und für Eisen 50 mm². Am Blitzschutzzonenübergang von LPZ 0B nach LPZ 1 müssen alle metallenen Installationen in den Potentialausgleich mit einbezogen werden. Aktive Leitungen müssen über geeignete Überspannungsableiter geerdet werden.

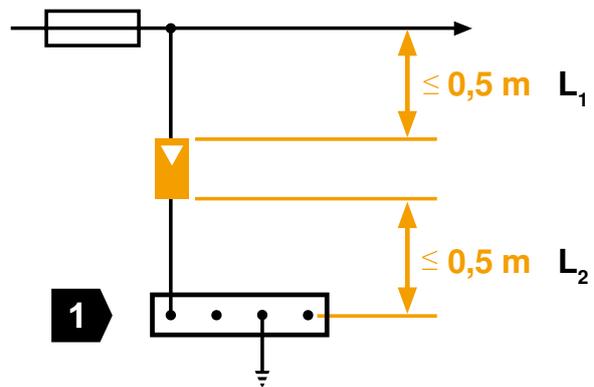


Bild 3.14: Maximale Länge der Zuleitung nach VDE 0100-534 (IEC 60364-5-53)

1	Haupterdungsschiene oder Schutzleiterschiene
L ₁	Zuleitung zum Schutzgerät
L ₂	Verbindung Schutzgerät zum Potentialausgleich

3.2.3.4.2 Anschlusslänge, alternative V-Verdrahtung und Querschnitte

Wird das Überspannungs-Schutzgerät durch eine Überspannung geschaltet, dann werden die Zuleitungen, Sicherung und das Schutzgerät vom Stoßstrom durchflossen. An den Impedanzen der Leitungen wird ein Spannungsfall erzeugt. Hierbei ist die ohmsche Komponente gegenüber der induktiven Komponente vernachlässigbar.

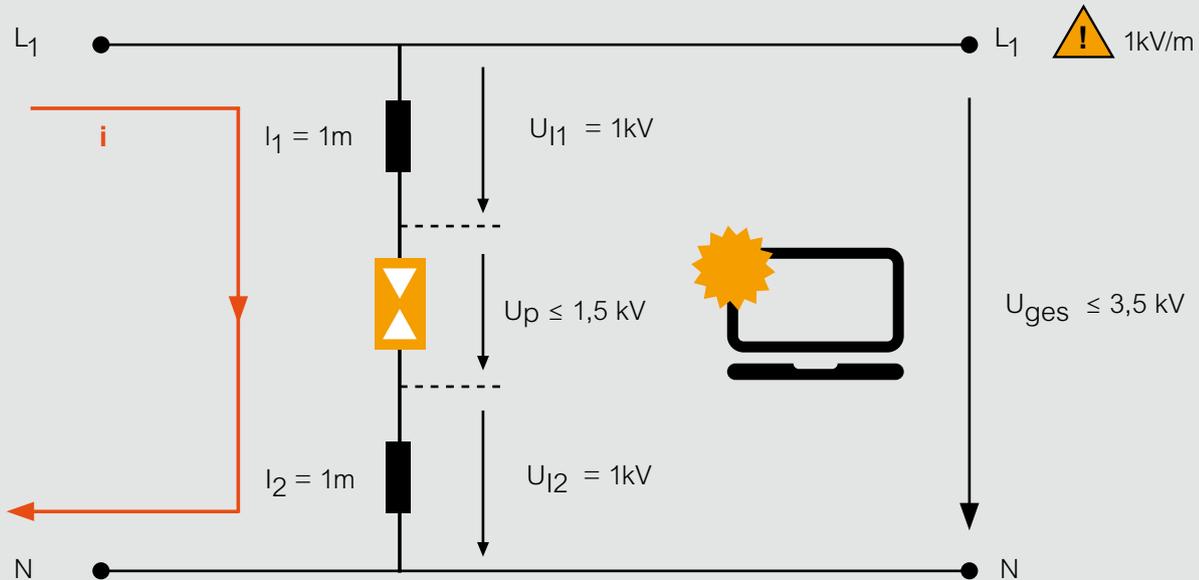


Bild 3.15: Spannungsfall auf der Zuleitung bei Stoßstrombelastung ($i = \text{Blitzstrom}$, $U_{ges} = \text{Überspannung am Schutzgerät}$)

Die Länge der Anschlussleitungen sind zu berücksichtigen. Aufgrund der Induktivität L treten bei schnell steigendem Strom (100-200 kA/ μs) hohe Spannungsanstiege auf. Annahme: 1 kV pro m

Für den dynamischen Spannungsfall U_{dyn} gilt hierbei die Gleichung:

$$U_{dyn} = i \times R + (di/dt) L$$

$$U_{dyn} = 10 \text{ kA} \times 0,01 \text{ Ohm} + (10 \text{ kA} / 8 \mu\text{s}) \times 1\mu\text{H}$$

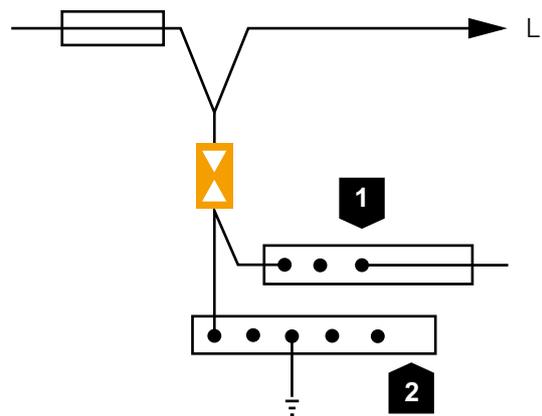
$$U_{dyn} = 100 \text{ V} + 1.250 \text{ V} = 1.350 \text{ V}$$

U_{dyn}	Spannungsfall auf der Leitung
i	Impuls-Stoßstrom
R	ohmscher Leitungswiderstand
di/dt	Δ Stromänderung / Δ Zeit
L	Induktivität der Leitung (Annahme: 1 $\mu\text{H/m}$)

Der dynamische Spannungsfall U_{dyn} ergibt sich aus dem Produkt der induktiven Komponente und der Stromänderung zur Zeit (di/dt). Diese transienten Überspannungen sind einige 10 kV hoch.

V-Verdrahtung

Als Alternative wird zum Anschluss von Überspannungs-Schutzgeräten eine V-förmige Anschlussstechnik genannt. Dabei werden keine separaten Leitungsabzweige zum Anschluss der Schutzgeräte verwendet.



1	Schutzleiterschiene
2	Hauptpotentialausgleichsschiene

Bild 3.16: V-Verdrahtung

Die Anschlussleitung zum Schutzgerät ist für einen optimalen Schutzpegel sehr entscheidend. Laut IEC-Installationsrichtlinie müssen die Länge der Stichleitung zum Ableiter und die Länge der Leitung vom Schutzgerät zum Potentialausgleich jeweils weniger als 0,5 m betragen. Sind die Leitungen länger als 0,5 m, muss eine V-Verdrahtung gewählt werden.

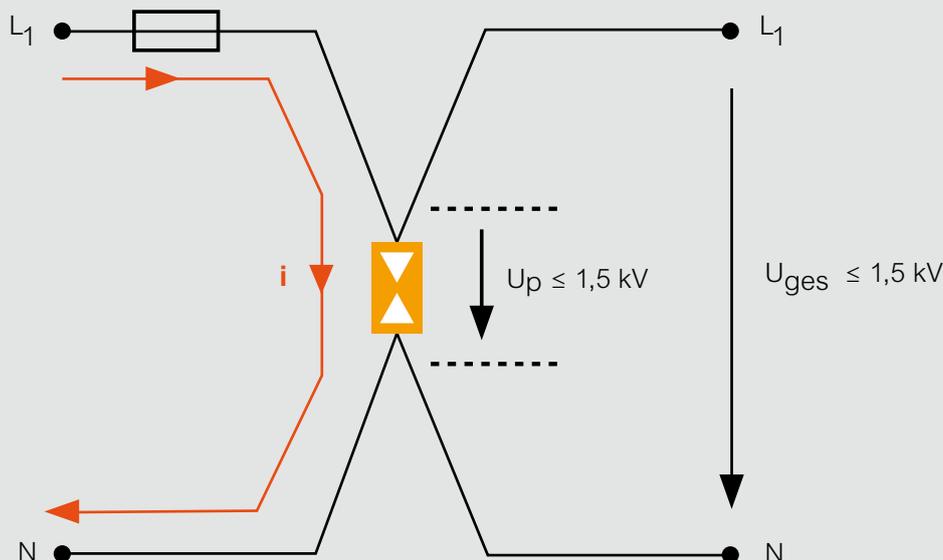
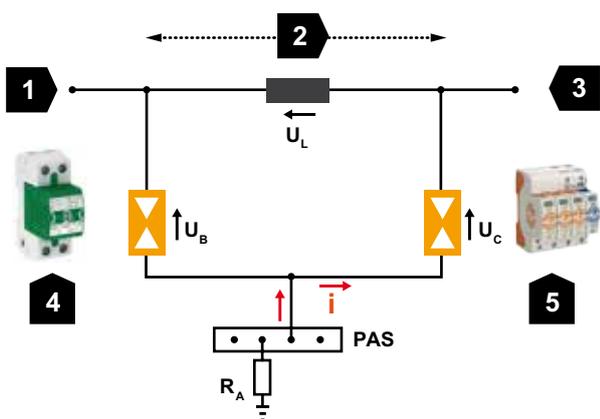


Bild 3.17: V-Verdrahtung an einem Überspannungsableiter nach VDE 0100-534 (IEC 60634-5-53)
(i=Blitzstrom | U_{ges} =Überspannung am Schutzgerät)



1	Netzversorgung
2	Leitungslänge
3	Verbraucher
4	Blitzstrom-Ableiter MC 50-B mit der Ansprechspannung 2 kV
5	Überspannungs-Ableiter V20 mit der Ansprechspannung 1,3 kV

Bild 3.18: Koordinierter Einsatz der Schutzgeräte

Blitzstrom- und Überspannungsableiter übernehmen verschiedene Aufgaben. Während die T2 Überspannungsableiter auf Varistor-Basis sehr schnell ansprechen und die gefährliche Überspannung begrenzen, übernehmen die T1 Blitzstromableiter auch maximale Blitzströme und können diese bis zum direkten Einschlag zerstörungsfrei ableiten. Diese Ableiter müssen koordiniert eingesetzt werden. Diese Koordination wird durch die vorhandene Leitungslänge oder spezielle Blitzstrom-Ableiter (MCD-Reihe) gewährleistet. So können z. B. im Protection-Set die Ableiter Typ 1 und Typ 2 (Klassen B und C) direkt nebeneinander eingesetzt werden.

Beispiel

1. Leitungslänge > 5 m
Keine zusätzliche Entkopplung erforderlich
2. Leitungslänge < 5 m
Entkopplung einsetzen: MC 50-B VDE + LC 63 + V20-C

Alternativ

MCD 50-B + V20-C
keine zusätzliche Entkopplung erforderlich
(z. B. Protection-Set)

Werkstoff	Querschnitt von Leitern, die verschiedene Potentialausgleichsschienen miteinander oder mit der Erdungsanlage verbinden	Querschnitt von Leitern, die innere metallene Installationen mit der Potentialausgleichsschiene verbinden
Kupfer	16 mm ²	6 mm ²
Aluminium	25 mm ²	10 mm ²
Stahl	50 mm ²	16 mm ²

Tabelle 3.5: Mindestmaße von Potentialausgleichsleitern, Schutzklasse I bis IV

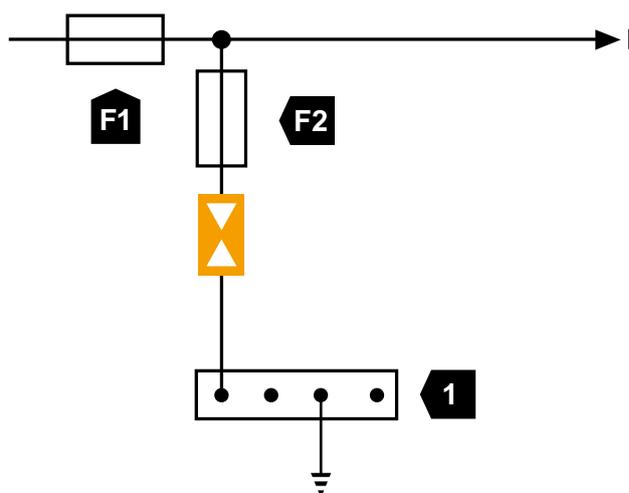
Querschnitte

Nach VDE 0100-534 (IEC 60364-5-53) müssen Blitzstromableiter vom Typ 1 bzw. Typ 1+2 mit einem blitzstromtragfähigen Querschnitt von mindestens 16 mm² Kupfer angeschlossen werden. Überspannungsschutzgeräte vom Typ 2 sind mit einem Mindestquerschnitt von 4 mm² Kupfer bzw. dem marktüblichen minimalen Anschlussquerschnitt von 6 mm² anzuschließen. Zusätzlich sind die maximal auftretenden Kurzschlussströme am Einbauort zu beachten.

3.2.3.4.4 Vorsicherung

Zum Schutz bei Kurzschlüssen in Überspannungsschutzgeräten wird eine Vorsicherung (F 2) eingesetzt. OBO weist zu allen Geräten eine maximale Sicherung aus. Besitzt eine in der Anlage vorgelagerte Sicherung (F 1) jedoch einen kleineren oder gleichen Wert als der maximale Sicherungsstrom, so ist eine separate Sicherung/Backup-Sicherung (F 2) vor dem Überspannungsschutzgerät nicht notwendig. Ist der Wert der Anlagen-sicherung (F 1) größer, muss eine Sicherung vor dem Schutzgerät gemäß dem angegebenen maximalen Sicherungswert eingesetzt werden. Die Sicherung (F 2) vor dem Schutzgerät sollte möglichst auf den maximalen Wert ausgelegt werden. Die Impulsbelastbarkeit von Sicherungen steigt mit größer werdenden Sicherungs-Nennwerten.

Kleine Sicherungen können durch energiereiche Stoßströme zerstört werden.



1	Haupterdungsschiene
F1	Anlagensicherung
F2	Backup-Sicherung

Bild 3.19: Vorsicherung an Überspannungsschutzgerät

3.2.3.5 Schutzkreis

Nur ein wirkungsvoller Schutzkreis als lückenlose Überspannungsschutzmaßnahme verhindert gefährliche Potentialunterschiede an zu schützenden Geräten bzw. Anlagen. Für ein Überspannungsschutz-Konzept müssen die zu schützenden Geräte oder Anlagenteile erfasst und nach Möglichkeit in Überspannungsschutz-Zonen (LPZ = lightning protection zone) zusammengefasst werden - alle in die festgelegte Schutzzone.

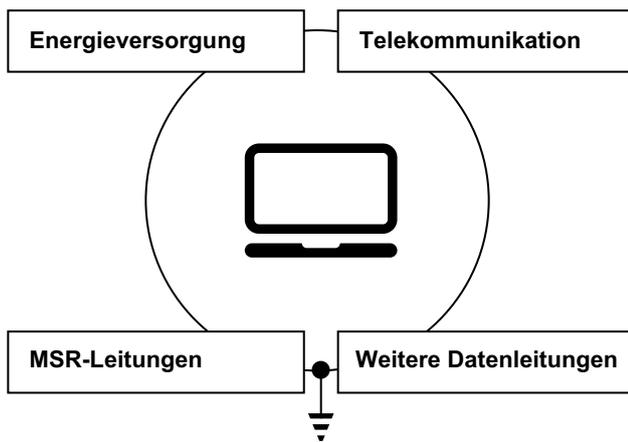


Bild 3.20: Schutzkreis um ein elektronisches Gerät

Stromkreise, die in den Potentialausgleich eingebunden werden müssen:

- Energieversorgungs-Leitungen
- Netzwerk- und Daten-Leitungen
- Telekommunikations-Leitungen
- Antennen-Leitungen
- Steuerleitungen
- Metalle Leitungen
(z. B.: Wasser- und Abwasserrohre)

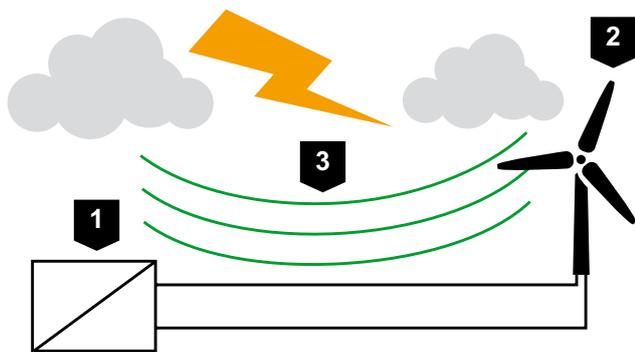
Die Leitungen müssen direkt bzw. mit geeigneten Ableitern in den örtlichen Potentialausgleich eingebunden werden. Das beste Blitz- und Überspannungsschutz-Konzept ist wirkungslos, wenn nicht alle elektrischen und metallenen Leitungen, die in das Gebäude oder den Schutzkreis eintreffen, mit in das Schutzkonzept einbezogen werden.

3.2.4 Ausführungen

Bereits bei der Planung von baulichen und elektrischen Anlagen müssen die Maßnahmen zum Blitz- und Überspannungsschutz sowie die anderen Maßnahmen wie z. B. der bauliche Brandschutz beachtet und aufeinander abgestimmt werden. Die Forderungen der Gesetze wie z.B. der Landesbauordnung und der aktuellen Normen sind zu beachten. Die Schutzkonzepte sind zwischen dem Planer, der Fachkraft für Blitzschutz und Elektrotechnik und dem Betreiber/Bauherren abzustimmen. Zusätzlich sollten die Forderungen der Versicherungen und Netzbetreiber einfließen.

3.2.4.1 Installation bei vorhandenen Fehlerstrom-Schutzschaltern (RCD)

Überspannungsschutzgeräte erzeugen für den Bruchteil einer Sekunde einen allpoligen Potentialausgleich. Die Überspannungs-Ableiter sind zur Erreichung der maximalen Verfügbarkeit vor den RCD Schutzgeräten einzusetzen. Somit wird der Stoßstrom vorher zur Erde abgeleitet und eine Fehlauflösung wird minimiert. Im TT-Netz ist der Einsatz vor dem RCD nach VDE 0100-534 (IEC 60364-5-53) nur mit der sogenannten 3+1 Schaltung erlaubt. Hier werden die drei Außenleiter über die Überspannungs-Ableiter zum Neutral-Leiter geschaltet und zur Erde wird eine isolierende N-PE Funkenstrecke eingesetzt. Kann der Einsatz der Überspannungs-Ableiter erst nach dem RCD erfolgen, ist ein stoßstrom-fester RCD einzusetzen.



1	Trafostation / Netzanschluss
2	Windenergieanlage
3	Einkopplungen durch Blitzströme

Bild 3.21: Blitz- und Überspannungsschutz-Maßnahmen bei Windenergieanlagen

Kapitel 3.2.2.1 Windenergieanlagen

Gemäß IEC 62305 können bei einer Blitzentladung Stoßströme bis zu einigen hundert kA fließen. Die hohen Impulsströme mit schnellen Anstiegszeiten verursachen ein sich zeitlich änderndes Magnetfeld, welches sich konzentrisch um den Blitzkanal ausbreitet. Dieses sich zeitlich ändernde Magnetfeld durchsetzt Leiterschleifen von energie- und informationstechnischen Systemen innerhalb einer Windkraftanlage. Die sich ausbildenden Gegeninduktivitäten M können hohe Überspannungen induzieren, welche die eingesetzte Elektronik stören oder gar zerstören können. Der physikalische Zusammenhang basiert auf dem Induktionsgesetz und kann wie folgt dargestellt werden.

M entspricht der Gegeninduktivität der Leiterschleife. Je größer die Fläche M, bzw. je höher und schneller die Anstiegszeit des Blitzstromes, desto höher wird die zu erwartende eingekoppelte Überspannung.

$$u = M \times \frac{di}{dt}$$

M	Gegeninduktivität
di/dt	Stromänderung/Zeit

Schutzmaßnahmen in energietechnischen Systemen

Um empfindliche Elektronik innerhalb der Windkraftanlage zu schützen, ist ein Überspannungsableiter des Typs 2 unerlässlich. Für den Einsatz dieser Ableiter sind jedoch gemäß der VDE 0100-534 technische Anforderung zu berücksichtigen, die im Folgenden näher erläutert werden. Eine grundlegende Forderung von Windkraftbetreibern ist, dass das elektronische Versorgungssystem EMV (elektromagnetische Verträglichkeit) fest ausgeführt wird, um Störströme auf Leitungsschirmen und auf dem PE zu vermeiden. In Windkraftanlagen lassen sich unterschiedliche Ausführungen von Netzen und auch Spannungen vorfinden. Dies können 230/400V als auch 400/690V Netze sein. Speziell für die 400/690V Netze sind besondere Anforderungen an den Überspannungsschutz zu beachten.

Betrachtung der Sensorik von Windkraftanlagen

Windkraftanlagen auf dem heutigen Stand der Technik verwenden sogenannte Pitchregelungen. Die elektronischen Steuerungen und die Drehzahlüberwachung sind durch einen Blitz- und Überspannungsschutz gegen Ausfälle zu schützen.

Empfohlene Installationsorte in Windkraftanlagen

Da die einkoppelnde Überspannung stets auf beiden Seiten der Leitung anliegt, gilt es, jeden Teilnehmer innerhalb der Struktur zu schützen. Da gerade in großen Windkraftanlagen lange Leitungswege mit großen Flächen entstehen, sollten die empfindlichen Geräte innerhalb des Busses jeweils unmittelbar vor dem Endgerät mit einem Überspannungsschutz (SPD) beschaltet werden. Speziell in Bereichen mit hoher Luftfeuchtigkeit und niedrigen Temperaturen können Vereisungen am Sensor auftreten, die das Messsignal negativ beeinflussen können. Bei Anwendung in solchen Gebieten verfügen die meisten Sensoren über ein Heizsystem. Solche Sensoren benötigen einen SPD, der neben dem eigentlichen Messsignal auch für hohen Nennlaststrom ausgelegt ist. Eine platzsparende Lösung bietet OBO Bettermann mit der MDP. Dieser leistungsstarke Überspannungsableiter, welcher für den Einsatz in Windkraftanlagen entwickelt wurde, ist durch seine geringe Einbaubreite und den hohen Anforderungen von Nennlastströmen bis zu 10A einsetzbar. Dadurch können Sensoren selbst mit hohen Bandbreiten auf einfache, aber effektive Weise geschützt werden.

3.2.4.2 Wohn- und Industrieanwendungen

Transiente Überspannungen durch Blitzeinschläge und Schaltheandlungen sind Ursache für den Ausfall und die Zerstörung von elektronischen Geräten. Schäden an den Endgeräten im Wohnbereich sowie der Ausfall von computergesteuerten Anlagen von der Industrie, über das Gewerbe bis zur Landwirtschaft erzeugen Ausfallzeiten, kostspielige Reparaturen oder gar den Verlust wichtiger Dateien wie Dokumente und Fotos im Computer oder von Anfragen und Aufträgen von Kunden. Überspannungsschutzmaßnahmen sollten für folgende Geräte und Anlagen (Bild 3.22) getroffen werden:

Antennenanlagen

- Kabelanschluss
- Antennen
- TV, Video- und DVD-Recorder bis Hifi-Anlage

Telefonanlagen

- Analog
- ISDN NTBA
- IP-TK-Anlagen

Gebäudetechnik

- Heizungssteuerung
- Solar- und Photovoltaik-Anlagen
- Gebäudeautomation

Endgeräte

- Computer
- Haushaltgeräte, Einbruchmeldeanlagen etc.

Der Einsatz von Überspannungsschutzgeräten erhöht die Verfügbarkeit.



Bild 3.22: Haus mit Blitzschutz-Anlage und innerem Blitzschutzsystem

3.2.4.3 PV-Anlagen (Bild 3.23)

PV-Anlagen können durch Überspannungen ausfallen und die prognostizierten Ziele werden nicht erreicht. Zur Sicherung der Investition müssen die notwendigen versicherungstechnischen Fragen geklärt werden. Nur eine geschützte Anlage kann den Belastungen standhalten und dauerhaft sicher Energie produzieren. So fordern die Sachversicherer in der VdS-Richtlinie 2010 für PV-Anlagen ab 10 kWp eine Blitzschutz-Anlage und inneren Überspannungsschutz.

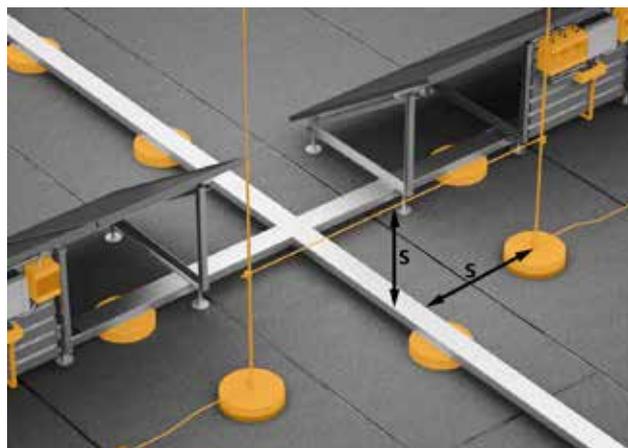


Bild 3.23: PV-Anlage im Schutzbereich der Fangeinrichtung im Trennungsabstand (s)

Beschattung durch Blitzschutzsystem vermeiden

Beschattung (Bild 3.22)

Die Position der Fangmasten oder Fangstangen ist so zu wählen, dass keine Verschattung der PV-Module stattfindet. Ein Kernschatten kann Leistungseinbußen des gesamten Strings nach sich ziehen. Eine Fangstange muss mindestens 108 x Durchmesser vom PV-Modul entfernt stehen (DIN EN 62305-3 Bbl. 5).

Durchmesser der Fangeinrichtung (m)	Abstand der Fangeinrichtung zum PV-Modul (m)
0,008	0,86
0,010	1,08
0,016	1,73

Tabelle 3.6: Mindestabstand von Fangeinrichtungen zur Vermeidung eines Kernschattens

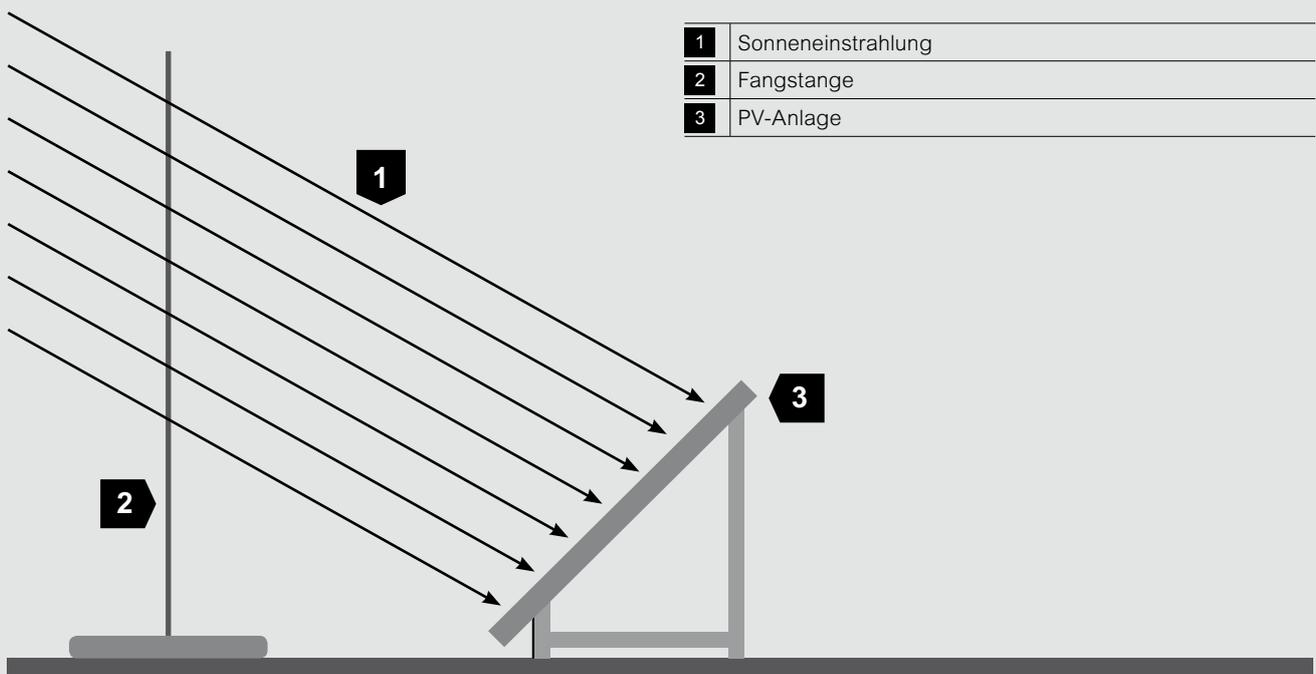


Bild 3.22: Beschattung eines PV-Moduls durch eine Fangstange

Vier Schritte für umfassenden Schutz

Schritt 1:

Trennungsabstand prüfen

Kann der geforderte Trennungsabstand nicht eingehalten werden, müssen die metallenen Teile blitzstromtragfähig miteinander verbunden werden.

Schritt 2:

Schutzmaßnahmen prüfen

Beispiel: Maßnahmen zum Blitzschutz-Potentialausgleich werden auf der DC- und AC-Seite eingesetzt, z. B. Blitzstromableiter (Typ 1)

Schritt 3:

Datenleitungen einbeziehen

Datenleitungen müssen in das Schutzkonzept mit einbezogen werden.

Schritt 4:

Potentialausgleich durchführen

Am Wechselrichter muss ein lokaler Potentialausgleich durchgeführt werden.



Übersicht der Schutzmaßnahmen					
Ausgangssituation	Maßnahme	Trennungsabstand nach DIN EN 62305 eingehalten	Potentialausgleich	Überspannungsschutz	Beispielhafte Produktabbildung
<ul style="list-style-type: none"> Äußere Blitzschutz-Anlage (gemäß DIN EN 0185-305) 	Blitzschutz-System nach DIN EN 62305 anpassen	Ja	min. 6 mm²	DC: Typ 2	
				AC: Typ 1	
		Nein	min. 16 mm²	DC: Typ 1	
				AC: Typ 1	
<ul style="list-style-type: none"> Keine äußere Blitzschutz-Anlage Erdleitungsanschluss 	Prüfung der Forderungen: LBO, VdS 2010, Risikoanalyse, ...	-	min. 6 mm²	DC: Typ 2	
				AC: Typ 2	

Auswahlhilfe Energietechnik AC-Kombiableiter und Überspannungsschutz; Typ 1+2, Typ 2 und Typ 3

		Installationsort 1 Installation in der Hauptverteilung / Kombinierte Verteilung Basisschutz / Typ 1, Typ 2				
Ausgangssituation	Gebäudetyp	Beschreibung	Typ	Art.-Nr.	Prüf- zeichen	Produkt- Abbildung
<ul style="list-style-type: none"> Keine äußere Blitzschutz-Anlage Erdleitungsanschluss 	Privatgebäude	TN/TT Typ 2 + 3 2,5 TE Nachzählerbereich	V10 Compact	5093 38 0 Seite: 44		
		TN/TT Typ 2 + 3 4 TE Nachzählerbereich	V10-C 3+NPE	5093 39 1		
	Mehrfamilienhaus/ Industrie, Gewerbe	TN/TT Typ 2 4 TE Nachzählerbereich	V20-3+NPE-280	5095 25 3 Seite: 42	VDE	
		V20-3+NPE+FS-280 mit Fernsignalisierung	5095 33 3 Seite: 42	VDE		
<ul style="list-style-type: none"> Äußere Blitzschutz-Anlage (gemäß DIN EN 0185-305) 	Gebäude der Blitzschutz-Klasse III und IV (z. B. Wohn- Büro- u. Gewerbegebäude)	TN/TT Typ 1 + 2 4 TE Nachzählerbereich	V50-3+NPE-280	5093 52 6 Seite: 41		
		V50-3+NPE+FS-280 mit Fernsignalisierung	5093 53 3 Seite: 41			
<ul style="list-style-type: none"> Freiluftanschluss 	Gebäude der Blitzschutz-Klasse I bis IV (z. B. Industrie)	TN-C Typ 1 6 TE Vor- oder Nachzählerbereich	MCD 50-B 3	5096 87 7 Seite: 40		
		TN-S Typ 1 8 TE Vor- oder Nachzählerbereich	MCD 50-B 3+1	5096 87 9 Seite: 40		

A Lösungskatalog Photovoltaik 2014 / de / 16/05/2014 (LLExport_01622) / 16/05/2014

Installationsort 2 Installation in der Unterverteilung Mittelschutz / Typ 2 nur erforderlich wenn Abstand $\geq 10m$			
Beschreibung	Typ	Art.-Nr.	Produkt-Abbildung
TN/TT Typ 2 + 3 2,5 TE	V10 Compact	5093 38 0 Seite: 44	
	V10 Compact-AS, mit akustischer Fernsignalisierung	5093 39 1	
TN/TT Typ 2 4 TE	V20-3+NPE-280	5095 25 3 Seite: 42	
	V20-3+NPE+FS-280 mit Fernsignalisierung	5095 33 3 Seite: 42	
TN/TT Typ 2 4 TE	V20-3+NPE-280	5095 25 3 Seite: 42	
	V20-3+NPE+FS-280 mit Fernsignalisierung	5095 33 3 Seite: 42	
TN/TT Typ 2 4 TE	VC20-3+NPE-280	5095 25 3 Seite: 42	
	V20-3+NPE+FS-280 mit Fernsignalisierung	5095 33 3 Seite: 42	

Installationsort 2 Installation vor dem Endgerät Feinschutz / Typ 3				
Beschreibung	Typ	Art.-Nr.	Prüf-zeichen	Produkt-Abbildung
Steckbar	FC-D	5092 80 0	VDE	
	FC-TV-D	5092 80 8	VDE	
	FS-SAT-D	5092 81 6	VDE	
	FC-TAE-D	5092 82 4	VDE	
	FC-ISDN-D	5092 81 2	VDE	
	FC-RJ-D	5092 82 8	VDE	
	CNS-3-D-D	5092 70 1		
	Festinstallation	ÜSM-A	5092 45 1	
ÜSM-A-2		5092 46 0		
ÜSS 45-o- RW		6117 47 3		
Reiheneinbau in Verteilung	V10 Com- compact L1/L2/L3/N	5093 38 0 Seite: 44		
	VF230- AC/DC	5097 65 0 Seite: 43		
	VF 230-AC- FS mit Fernsi- gnalisierung	5097 85 8 Seite: 43		

Auswahlhilfe Photovoltaik-Systemlösungen

Energietechnik Typ 2, Schutz der DC-Seite								
Ausgangssituation	Max DC-Spannung	Max. Anzahl der MPP pro WR	Max. Anzahl der Strings pro MPP Klemmstelle	Anschluss (DC-Seite)	Ausführung	Typ	Art.-Nr.	Produkt-Abbildung
<ul style="list-style-type: none"> • Keine äußere Blitzschutz-Anlage • Erdleitungsanschluss <p>Benötigt wird:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Überspannungsschutz Typ2 • Blitzschutz-Potentialausgleich 6,5 mm² 	600 V	1	1In/1Out	MC4 Stecker		VG-C DCPH-Y1000	5088 67 0 Seite: 55	
	1000 V	1	1In/1Out	MC4 Stecker		VG-C DCPH-Y1000	5088 67 2 Seite: 55	
		1	2	Klemmen	Trennschalter	VG-C DC-TS1000	5088 66 0 Seite: 53	
		1	4	Klemmen	4 Sicherungshalter unbestückt	VG-C PV1000KS4	5088 65 4 Seite: 52	
		1	6	Klemmen	6 Sicherungen 8 A	VG-C DCPH1000-6S	5088 65 2 Seite: 52	
		1	8	Klemmen		VG-C DCPH1000-4K	5088 65 0 Seite: 54	
		1	10	Klemmen		VG-C DCPH-MS1000	5088 69 1	
		2	2In/1Out	MC4 Stecker		VG-C DCPH1000-21	5088 64 6 Seite: 50	
		2	4	Klemmen		VG-CPV1000K 22	5088 56 8	
		2	6	Klemmen		VG-CPV 1000K 330	5088 58 2 Seite: 51	
		3	2In/1Out	MC4 Stecker		VG-C DCPH1000-31	5088 64 8 Seite: 50	
		3	6	Klemmen		VG-CPV 1000K 333	5088 58 5 Seite: 51	

Die Auswahlhilfe AC-Kombiableiter und Überspannungsschutz finden Sie im Kapitel Überspannungsschutz in der Energietechnik.

Energietechnik Typ 1+2, Schutz der DC-Seite								
Ausgangssituation	Max DC-Spannung	Max. Anzahl der MPP pro WR	Max. Anzahl der Strings pro MPP Klemmstelle	Anschluss (DC-Seite)	Ausführung	Typ	Art.-Nr.	Produkt-Abbildung
<ul style="list-style-type: none"> • Äußere Blitzschutzanlage gemäß DIN EN 0185-305 <p>Benötigt wird:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Blitz- und Überspannungsschutz Typ 1+2 • Blitzschutz-Potentialausgleich 16 mm² • Trennungsabstand konnte nicht eingehalten werden 	600 V	1	1 0	Klemme		VG-BC DCPH-MS600	5088 69 3	
		1	1In/1Out	MC4 Stecker		VG-BC DCPH-Y600	5088 67 6 Seite: 55	
	900 V	1	1In/1Out	MC4 Stecker		VG-BC DCPH-Y900	5088 67 8 Seite: 55	
		1	2	Klemmen	Trennschalter	VG-BC DC-TS900	5088 63 5 Seite: 53	
		1	8	Klemmen		VG-BC DCPH900-4K	5088 63 2 Seite: 54	
		1	1 0	Klemmen		VG-BC DCPH-MS900	5088 69 2	
		2	2In/1Out	MC4 Stecker		VG-BC DCPH900-21	5088 62 5 Seite: 50	
		2	4	Klemmen		VG-BCPV900K 22	5088 56 6	
		2	6	Klemmen		VG-BCPV 900K 330	5088 57 6 Seite: 51	
		3	2In/1Out	MC4 Stecker		VG-BC DCPH900-31	5088 62 9 Seite: 50	
3	6	Klemmen		VG-BCPV 900K 333	5088 57 9 Seite: 51			

Datentechnik							
Ausgangssituation		RJ 45	Klemme	Typ	Art.-Nr.	Produkt-Abbildung	
	<ul style="list-style-type: none"> • Keine äußere Blitzschutz-Anlage • Erdleitungsanschluss 	●		ND-CAT6A/EA	5081 80 0 Seite: 46		
	<ul style="list-style-type: none"> • Äußere Blitzschutz-Anlage (gemäß DIN EN 62305) 		●	FRD 24 HF	5098 57 5 Seite: 47		

3.2.4.4 LED Straßenbeleuchtungs-Systeme



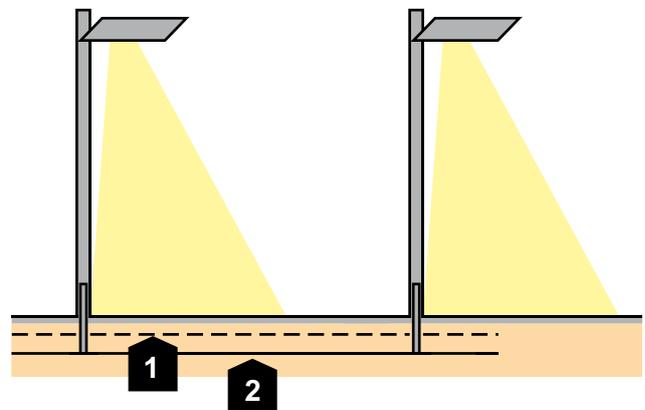
Bild 3.25

Schäden und Reparaturkosten

Im Bereich der Straßenbeleuchtung verursacht der Austausch der defekten Bauteile neben den Kosten der Hardware auch hohe Kosten für den Einsatz von Hubsteiger und Personal. Vorgeschaltete Überspannungsschutzgeräte reduzieren die Impulse und schützen die Leuchte. Straßenzüge werden über zentrale Verteilerkästen versorgt, in denen die Steuerungen und Schutzkomponenten eingebaut sind. Die Versorgungsspannung wird im Anschlussraum des Masts über Erdkabel eingespeist. Vom Anschlussraum wird die Leuchte versorgt.

Ausführung der Erdungsanlagen

Bei einer neu zu erstellenden Installation kann das Versorgungskabel durch einen darüber liegenden optionalen Erdungsleiter gegen Zerstörung durch Blitzströme im Erdreich geschützt werden. Nach der aktuellen Blitzschutznorm VDE 0185-305-3 Deutsches Beiblatt 2 (IEC 62305-3) ist dieser Erdungsleiter 0,5 Meter über dem Versorgungskabel anzuordnen. Durch den Erdungsleiter werden Potentialunterschiede ausgeglichen und Überschlüge zum Versorgungskabel minimiert. (Bild 3.24) zeigt den über dem Versorgungskabel mitgeführten Erdungsleiter.



1	Erdungsleiter unisoliert
2	Versorgungskabel

Bild 3.26 Leitungsführung

Installationsort des Blitz- und Überspannungsschutzes

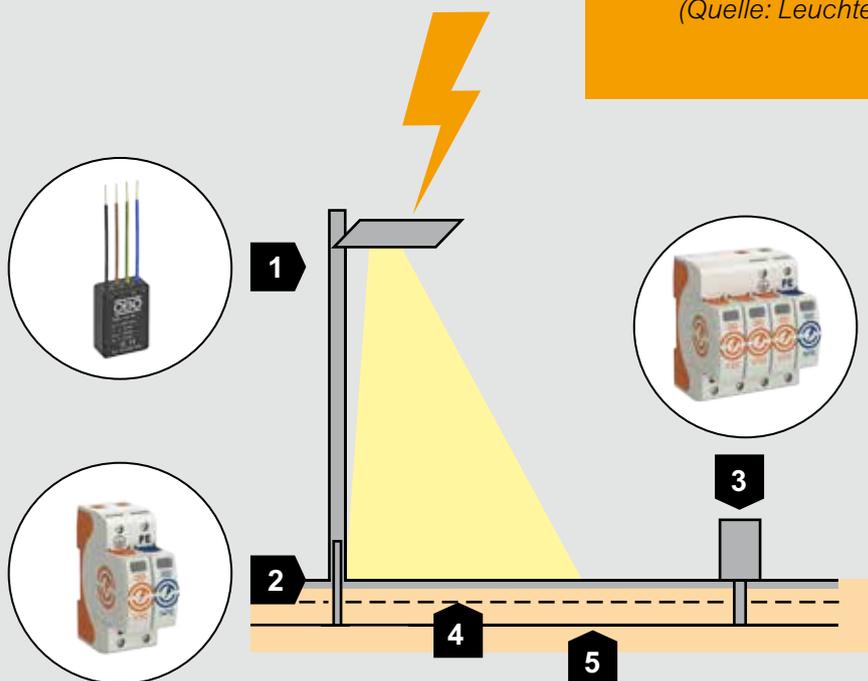
Der Einsatz von Überspannungsschutz ist zum sicheren Betrieb notwendig. Nach amerikanischem ANSI- und IEEE-Standard wird für die Beleuchtung im Außenbereich eine Stoßspannungsfestigkeit von 20 kV bei einer Stoßstrombelastung von 10 kA genannt. Entscheidend für die Schutzwirkung ist jedoch, dass der Schutzpegel des Überspannungsschutzgerätes unterhalb der Stoßspannungsfestigkeit der Leuchtmittel und des LED-Treibers liegt. Überspannungsschutzgeräte müssen der Prüf-Norm VDE 0675 (IEC 61643-11) entsprechen und Stoßströme von mehreren tausend Ampere mehrfach zerstörungsfrei ableiten können. Nach Prüfnorm muss jedes Schutzgerät thermisch überwacht und im Defektfall sicher abgetrennt werden. In der Leuchten-Norm „Fpr EN 60598-1: 2012-11 Leuchten

– Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen“ ist unter Punkt 4.32 festgelegt: „Überspannungsschutzeinrichtungen müssen IEC 61643 entsprechen.

Bei einem direkten Blitzeinschlag in die Mastleuchte (Bild 3.25) fließt ein großer Teil des Blitzstromes direkt ins Erdreich und erzeugt eine Potentialdifferenz zum Versorgungskabel. Leistungsstarke Blitzstrom- / Kombiableiter können die energiereichen Ströme ableiten.

Überspannungsschutzeinrichtungen müssen der VDE 0675 (IEC 61643) entsprechen

(Quelle: Leuchten-Norm EN 60598-1)

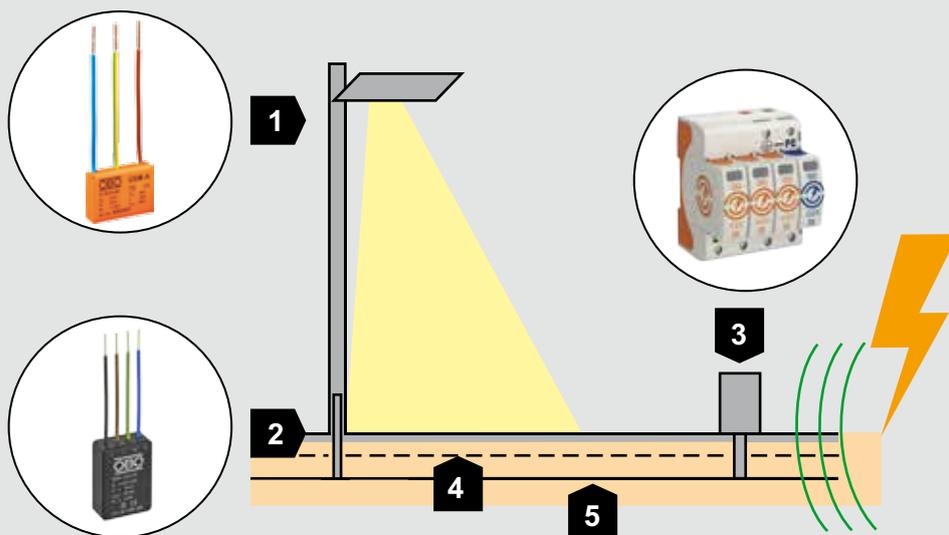


	Installationsort	Beschreibung	Schutzgerät	Art.-Nr.
1	Lampenkopf mit LED-System, vor dem LED-Treiber	Überspannungsschutz Typ 2	ÜSM-LED 230	5092 48 0
2	Anschlussraum der Mastleuchte	Überspannungsschutz Typ 1 + 2	Kombiableiter V50	5093 52 2
3	Steuerschrank mit Elektronik, Einspeisung	Überspannungsschutz Typ 1 + 2	Kombiableiter V50	5093 52 6
4	Erdungsleiter unisoliert	Flach- oder Rundleiter	5018 73 0	
5	Versorgungskabel			

Bild 3.27 Direkter Blitzeinschlag in die Mastleuchte

Ferner Einschlag und induktive Einkopplung

Ein Blitzeinschlag in einem Umkreis von bis zu 1,5 km erzeugt eine Überspannung, die leitungsgebunden über das Versorgungskabel die Beleuchtung trifft (Bild 3.26) . Diese Überspannungen sind energieärmer als der direkte Blitzeinschlag, können aber auch elektronische Bauteile zerstören. Induktive Einkopplungen werden durch einen metallischen Mast und durch eine Leuchte mit Metallgehäuse deutlich minimiert. Auch hier sind die leitungsgebundenen Überspannungsimpulse aus dem Versorgungsnetz zu betrachten. Der Überspannungsschutz im Mast-Anschlussraum ist in diesem Fall leicht zugänglich und einfach überprüfbar.



	Installationsort	Beschreibung	Schutzgerät	Art.-Nr.
1	Lampenkopf mit LED-System, vor dem LED-Treiber	Überspannungsschutz Typ 2	ÜSM-LED 230	5092 48 0
		Alternativ: Überspannungsschutz Typ 3	ÜSM-A 230	5092 45 1
2	Anschlussraum der Mastleuchte	Überspannungsschutz Typ 2	ÜSM-LED 230	5092 48 0
3	Steuerschrank mit Elektronik, Einspeisung 3-Phasen	Überspannungsschutz Typ 2	V20 3+NPE-280	5095 25 3
	Alternativ: Steuerschrank mit Elektronik, Einspeisung 1-Phase	Überspannungsschutz Typ 2	V20 1+NPE-280	5095 25 1
4	Erdungsleiter unisoliert	Flach- oder Rundleiter	5018 73 0	
5	Versorgungskabel			

Bild 3.28: Ferner Einschlag und induktive Einkopplung



Bild 3.29: LED-Beleuchtungssystem in einem Parkhaus

3.2.4.4.1 Innenbeleuchtung in Gebäuden und Hallen

LED-Beleuchtungssysteme von Industrieanlagen und Verwaltungsgebäuden werden in der Regel durch hohe Spannungen zerstört, die induktiv eingekoppelt oder durch Schaltheandlungen verursacht werden.

Ob ein äußeres Blitzschutzsystem erforderlich ist, lässt sich durch eine Risikoanalyse nach VDE 0185-305 (IEC 62305) ermitteln. Bei einem Blitzschutzsystem müssen die Versorgungsleitungen, am Gebäudeeintritt, mit geeigneten Blitzstrom-Ableitern geschützt werden. Davon unabhängig sollte der Überspannungsschutz für das gesamte Beleuchtungssystem installiert werden.

Bei Industrie- und Sporthallen werden die Leuchten in großer Höhe eingesetzt. Nach einem Schaden können die Leuchtmittel oder die LED-Treiber nur mit hohen Kosten instand gesetzt werden. Da die am Arbeitsplatz geforderte Mindestbeleuchtungsstärke zu Unfällen oder Fehlern führen kann, ist sofortiger Handlungsbedarf vorhanden.

Die in der Regel sehr langen Zuleitungen besitzen ein hohes Potential zur induktiven Einkopplung von Überspannungen.

Überspannungsschutzgeräte sind in die versorgende Unterverteilung einzusetzen. Oft sind die Leuchten jedoch mehr als 10 m von dieser Verteilung entfernt. Zum Schutz der LED-Treiber und der Leuchtmittel ist dann ein Schutzgerät unmittelbar vor den elektronischen Bauteilen notwendig. Werden die Leuchten z. B. direkt unter die Kabeltragsysteme montiert, kann der Überspannungsschutz auch in einem Kabelabzweigkasten vor den Leuchten eingesetzt werden. Um die schirmende Funktion der metallenen Kabeltragsysteme zu nutzen, müssen diese beidseitig in den Potentialausgleich eingebunden werden.

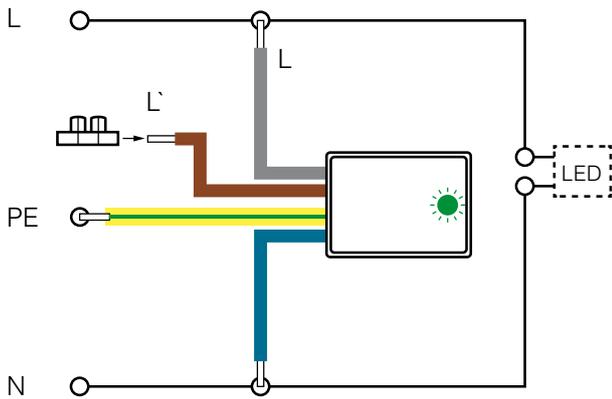
Anschluss des Schutzgerätes

Das Schutzgerät ÜSM-LED 230 kann seriell oder parallel zu den Leuchten installiert werden. Durch die unterschiedliche Schaltung kann die Verfügbarkeit maximiert werden (paralleler Anschluss) oder beim Defekt am Schutzgerät die Leuchte abgeschaltet werden (serieller Anschluss).

Paralleler Anschluss (Bild 3.27)

Das Überspannungsschutzgerät wird vor die LED Leuchte geschaltet.

Ausfallverhalten: Die Anzeige am ÜSM-LED erlischt. Der Überspannungsschutz wird abgetrennt. Die LED-Leuchte leuchtet ohne Schutz weiter.



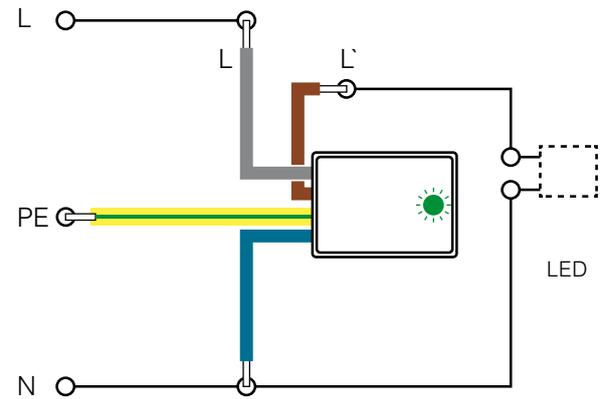
L	Phase Zuleitung
L'	Phase aus dem Schutzgerät (Abschaltung bei Ausfall)
PE	Erde
N	Neutralleiter
LED	Leuchte

Bild 3.30: Paralleler Anschluss (max. Verfügbarkeit)

Serieller Anschluss (Bild 3.28)

Der Überspannungsschutz wird in Reihe zur LED Leuchte geschaltet.

Ausfallverhalten: Die Anzeige am ÜSM-LED erlischt. Der Überspannungsschutz und der Stromkreis (L') werden abgetrennt. Der Ausfall wird durch das Erlöschen der Leuchte signalisiert. Ein geeignetes Schutzgerät vor den elektronischen LED-Treibern stellt eine sichere Barriere gegen Überspannungen dar. So wird die Lebensdauer der LED-Leuchten gewährleistet und die Investition gesichert.



L	Phase Zuleitung
L'	Phase aus dem Schutzgerät (Abschaltung bei Ausfall)
PE	Erde
N	Neutralleiter
LED	Leuchte

Bild 3.31: Serieller Anschluss (Abschaltung der Leuchte)

Im gewerblichen Bereich und bei der Straßenbeleuchtung lassen sich bei langen Laufzeiten, trotz des höheren Anschaffungspreises, enorme Kosten für die Energie einsparen. Der Return of Invest kann sich jedoch aufgrund eines vorzeitigen Ausfalls durch einen Überspannungsschaden weiter in die Zukunft verschieben. Durch geeignete Schutzmaßnahmen lassen sich die Investitionen schützen.

1	Energieleitung
2	Datenleitung
3	Potentialausgleich

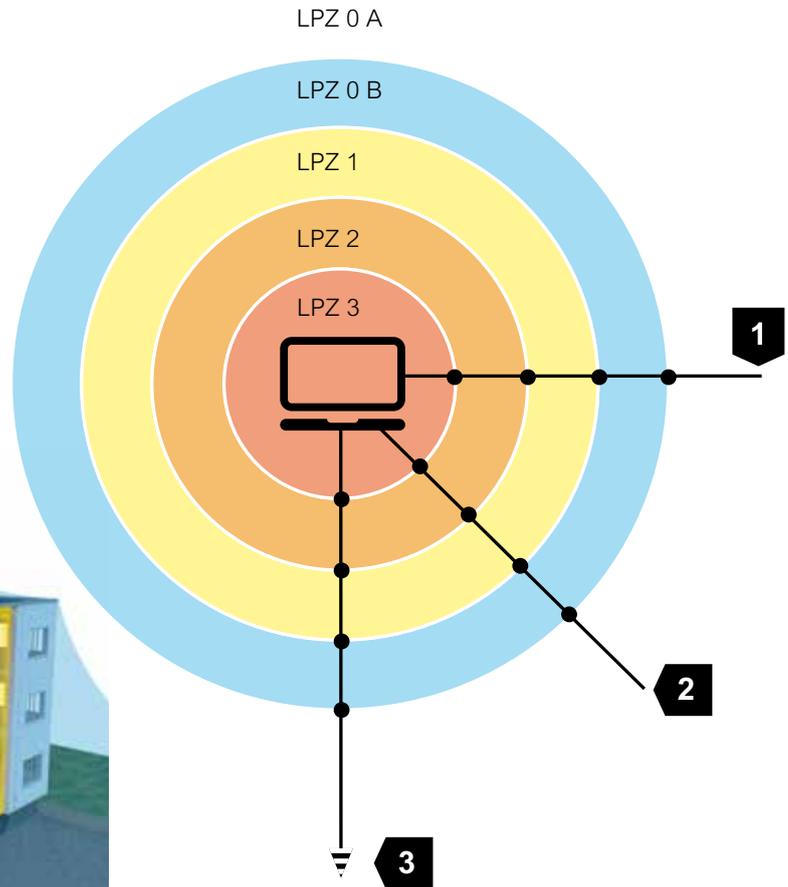
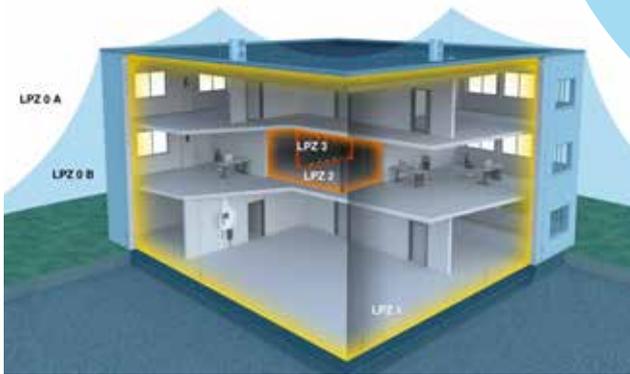


Bild 3.32: Schutzprinzip nach dem Blitzschutzzonen-Konzept

3.3 Überspannungsschutzsysteme für Daten- und Informationstechnik

Die Systeme der Daten- und Informationstechnik umfassen ein weites Spektrum. Nahezu jedes elektronische System, mit dem Informationen verarbeitet werden, hat einen sehr hohen Stellenwert. Immer größere Datenmengen werden gespeichert und müssen innerhalb kürzester Zeit und ständig zur Verfügung stehen. Umso wichtiger ist es geworden, auch diese Systeme gegen gefährliche Überspannungen zu schützen. Um den Ausfall oder gar eine Zerstörung der Anlagen zu verhindern, müssen diese in das Blitz- und Überspannungsschutzkonzept einbezogen werden.

3.3.1 Planungsmethoden

Grundlagen

Kommunikations- und informationstechnische Anlagen sind heutzutage die Lebensadern nahezu jedes Unternehmens. Überspannungen, die durch galvanische, kapazitive oder induktive Kopplungen in Da-

tenleitungen auftreten, können im schlimmsten Fall Einrichtungen der Informations- und Kommunikationstechnik zerstören. Um solche Ausfälle zu vermeiden, müssen geeignete Schutzmaßnahmen getroffen werden.

Aufgrund der Vielzahl gängiger Informations-, Telekommunikations- und Messsysteme ist die Auswahl des geeigneten Überspannungsschutzgerätes in der Praxis häufig schwierig. Folgende Faktoren müssen berücksichtigt werden:

- Das Anschluss-Stecksystem des Schutzgerätes muss zu dem Gerät passen, das geschützt werden soll.
- Parameter wie höchster Signalpegel, höchste Frequenz, maximaler Schutzpegel und Installationsumgebung müssen berücksichtigt werden.
- Das Schutzgerät darf nur geringfügige Auswirkungen wie Dämpfung und Reflektion auf die Übertragungsstrecke ausüben.

Schutzprinzip

Ein Gerät ist nur gegen Überspannungen geschützt, wenn alle mit dem Gerät verbundenen Energie- und Datenleitungen an den Übergängen der Blitzschutz-zonen in den Potentialausgleich einbezogen werden (**Bild 3.29**) (lokaler Potentialausgleich). OBO Bettermann bietet ein lückenloses Programm erprobter, funktionssicherer und zuverlässiger Datenleitungs-schutzgeräte für die gängigen Telekommunikations- und informationstechnischen Systeme.

Normen in der Daten- und Informationstechnik

Im Bereich der Daten- und Telekommunikationstechnik spielen unterschiedlichste Standards eine Rolle. Von gebäudestrukturierter Verkabelung über den Potentialausgleich bis hin zur EMV sind unterschiedlichste Normen zu berücksichtigen. Anbei sind einige wichtige Normen aufgeführt.

Norm	Inhalt
VDE 0845-3-1 (IEC 61643-21)	Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung Teil 21: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Telekommunikations- und signalverarbeitenden Netzwerken. Leistungsanforderung und Prüfverfahren.
VDE 0845-3-2 (IEC 61643-22)	Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung Teil 22: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Telekommunikations- und signalverarbeitenden Netzwerken. Auswahl- und Anwendungsprinzipien
DIN EN 50173-1	Informationstechnik – Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen.
DIN VDE 0845-1	Schutz von Fernmeldeanlagen gegen Blitzeinwirkung, statische Aufladungen und Überspannungen aus Starkstromanlagen – Maßnahmen gegen Überspannungen.
DIN VDE 0845-2	Schutz von Einrichtungen der Informationsverarbeitungs- und Telekommunikationstechnik gegen Blitzeinwirkung, Entladung statischer Elektrizität und Überspannungen aus Starkstromanlagen – Anforderungen und Prüfungen von Überspannungsschutzeinrichtungen
DIN EN 50310 (VDE 0800-2-310)	Anwendung von Maßnahmen für Erdung und Potentialausgleich in Gebäuden mit Einrichtungen der Informationstechnik.
EN 61000-4-5 (VDE 08457-4-5)	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4–5: Prüf- und Messverfahren– Prüfung der Störfestigkeit gegen Stoßspannungen.
EN 60728-11 (VDE 855-1)	Kabelnetze für Fernsehsignale, Tonsignale und interaktive Dienste– Teil 11: Sicherheitsanforderungen (IEC 60728-11:2005).

Tabelle 3.7 Normen mit Bezug auf Überspannungsschutz in der Informationstechnik

Vergleich

Wie bei den Überspannungsschutzgeräten der Energietechnik, gibt es auch im Bereich Datenleitungs-schutz eine Unterscheidung der Geräte nach Klassen. Diese können ebenfalls in die verschiedenen Blitzschutz-zonen eingeteilt werden.

	Überspannungs-schutz-Energietechnik	Überspannungs-schutz-Daten-leitungsschutz
Prüfstandard IEC	IEC 61643-11	IEC 61643-21
Anwendungs-prinzipien IEC	IEC 61643-12	IEC 61643-22
LPZ 0B/1 (10/350 µs)	Class I	Class D1
LPZ 1/2 (8/20 µs)	Class II	Class C2
LPZ 2/3 (8/20 µs)	Class III	Class C2/C1

Tabelle 3.8: Gegenüberstellung der Normen für Überspannungsschutzgeräte

3.3.1.1 Topologien

In der Informationstechnik verwenden die Geräte zur elektrischen Kommunikation miteinander Kabel, die unterschiedliche Verkabelungsarten, genannt „Topologien“, verwenden. Je nach Topologie muss Überspannungsschutz entsprechend geplant werden. Im Folgenden werden die gängigsten Topologien sowie die dazu passenden Einsatzorte der Überspannungsschutzgeräte dargestellt.

Bus-Topologie (Bild 3.30)

Bei der Bus-Topologie werden alle Teilnehmer parallel geschaltet. Der Bus muss am Ende reflexionsfrei abgeschlossen werden. Typische Anwendungen sind 10Base2, 10Base5 sowie Maschinensteuerungen wie z. B. PROFIBUS und Telekommunikationssysteme wie ISDN.

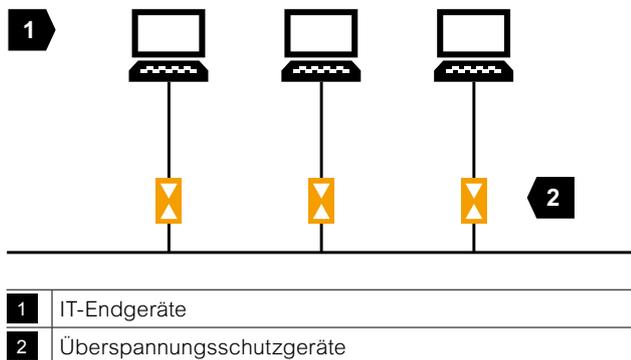
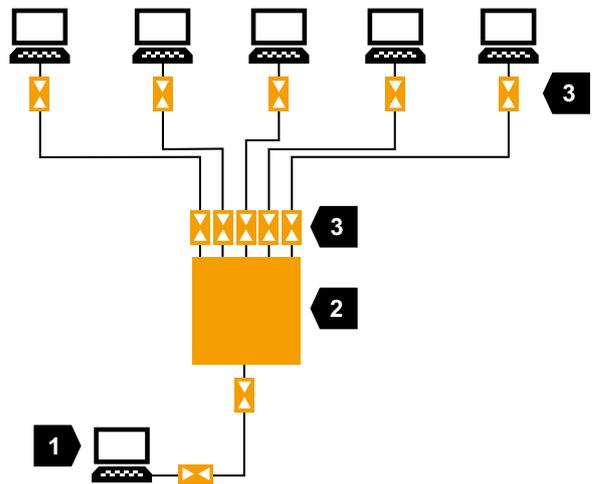


Bild 3.33: Bus-Topologie

Stern-Topologie (Bild 3.31)

Bei der Stern-Topologie wird von einem zentralen Sternpunkt (HUB oder Switch) jede Arbeitsstation mit einem separaten Kabel versorgt. Typische Anwendungen sind 10BaseT und 100BaseT aber auch 10 Gbit Anwendungen.

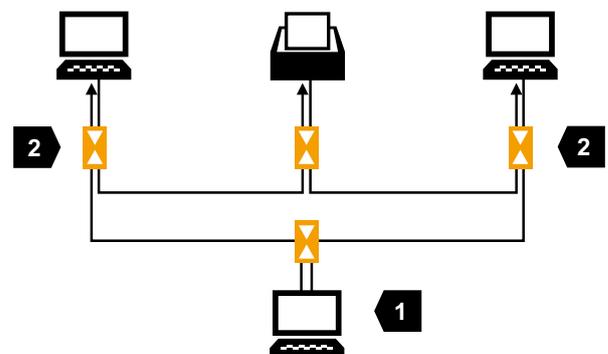


1	Server
2	Switch/Hub
3	Überspannungsschutzgeräte

Bild 3.34: Stern-Topologie

Ring-Topologie (Bild 3.32)

Bei der Ring-Topologie wird jede Arbeitsstation über ein ringförmiges Netz mit genau einem Vorgänger und einem Nachfolger verbunden. Der Ausfall einer Station führt zu einem kompletten Netzwerkausfall. Ring-Netze nutzt man z. B. bei Token-Ring-Anwendungen.



1	Server
2	Überspannungsschutzgeräte

Bild 3.35: Ring-Topologie

3.3.1.2 Störeinflüsse auf informationstechnische Systeme

Blitzströme und Überspannungen können auf verschiedene Art in Datenleitungen eingekoppelt werden. Es besteht die Möglichkeit, dass die Transienten oder Blitzströme durch den Blitz direkt übertragen werden, oder durch Leitungen, bei denen bereits Störfaktoren eingekoppelt sind.

Da auch ohne die Einwirkung von Blitzen Überspannungen entstehen können, bspw. bei Schalthandlungen im Versorgungsnetz, müssen Endgeräte und Kabel grundsätzlich eine bestimmte Spannungsfestigkeit besitzen, die voraussetzt, dass das Gerät bzw. das Kabel trotz kurzer Überspannung noch weiter betrieben werden kann. In der folgenden Tabelle sind die üblichen Spannungsfestigkeitswerte von gängigen Endgeräten / Kabeln aufgeführt.

Elektrotechnische Komponenten besitzen grundsätzlich eine bestimmte Spannungsfestigkeit

Anwendung	Übliche Spannungsfestigkeit	OBO Überspannungsschutz Schutzpegel
TK-Endgeräte/Teilnehmer	1,5 kV	< 600 V
MSR-Endgeräte	1 kV	< 600 V
Fernsprech-Teilnehmerkabel (Sternvierer)		
• Ader-Ader	0,5 kV	< 300 V
• Ader-Schirm	2 kV	< 300 V
Installationskabel – Fernmeldeanlagen (F-vYAY)		
• Ader-Ader	0,5 kV	< 60 V
• Ader-Schirm	2 kV	< 800 V
Fernmeldekabel – Schlauchdraht – Sprechanlagen		
• Ader-Ader	1 kV	< 60 V
• Ader-Schirm	1 kV	< 600 V
CAT7-Kabel		
• Ader-Ader	2,5 kV	< 120 V
• Ader-Schirm	2,5 kV	< 700 V
Installationsdatenleitung – J-Y(ST)Y		
• Ader-Ader	0,5 kV	< 60 V
• Ader-Schirm	2 kV	< 800 V
Rangierdraht – TK-Verteiler	2,5 kV	< 1 kV
Profibus Kabel	1,5 kV	< 800 V
Koaxialkabel 50 Ohm	2 kV - 10 kV	< 800 V
SAT-Koaxialkabel 75 Ohm	2 kV	< 800 V
Brandmeldekabel J YY BMK (JB-YY)		
Ader-Ader	0,8 kV	< 60 V
Ader-Schirm	0,8 kV	< 600 V

Tabelle 3.9 Spannungsfestigkeit von Komponenten der Informationstechnik

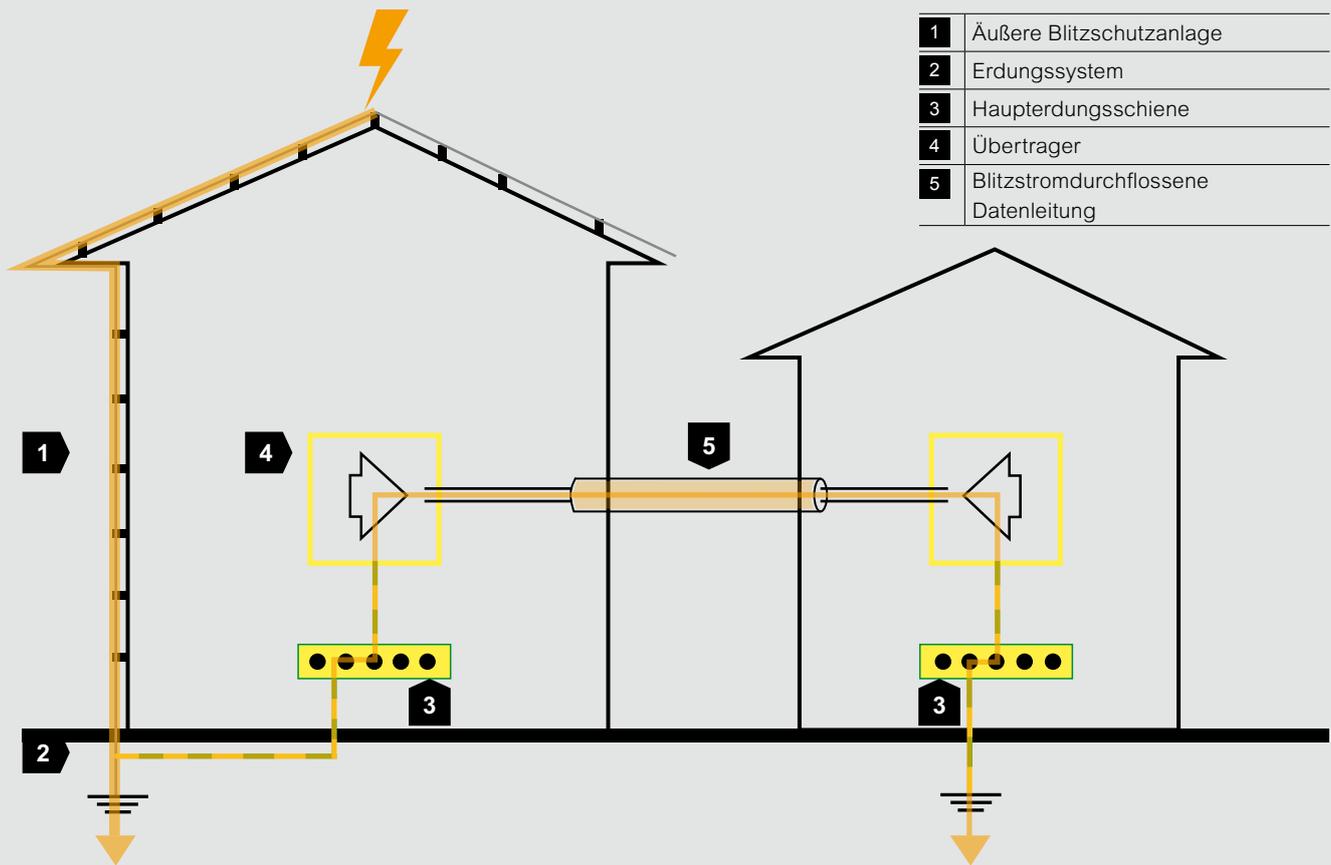


Bild 3.36 Galvanische Einkopplung in eine Datenleitung über die äußere Blitzschutzanlage

Galvanisch

Gelangt ein Blitzstrom, z. B. bei einem Blitzeinschlag direkt in die Leitung, spricht man von einer galvanischen Kopplung. (Bild 3.36)

Fließt der Blitzstrom bei einem Einschlag in eine Fangstange über die äußere Blitzschutzanlage gegen Erde, gelangt ca. 50% des Blitzstromes über den häuslichen Potentialausgleich in das Gebäude und koppelt somit galvanisch ein.

Dabei ist nicht immer die externe Blitzschutzanlage der Grund für eingekoppelte Blitzströme: Prinzipiell kann jede im Haus endende externe Leitung Blitzströme einkoppeln. Beispielsweise bei einem Einschlag in eine Trafostation oder durch eine Freileitung, die mit dem Haus verbunden ist. Auch die Telekommunikationsleitung kann von außerhalb Blitzströme einfließen lassen. Selbst die EMV-unempfindlichen Lichtwellenleiterkabel können durch einen verbauten Nagetierschutz aus Metall durch diesen zum Blitzstromleiter werden.

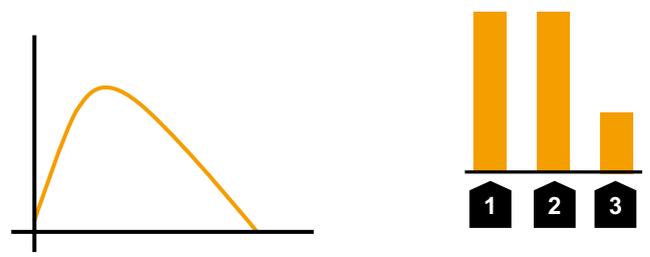
Die Überspannungsschutzgeräte leiten den Blitzstrom der ankommenden Kabel dann über den Potentialausgleich gegen Erde ab. (Bild 3.37)

Der eingekoppelte Blitzstrom weist eine hohe Energie bei einer hohen Frequenz auf. Durch den Kurvenverlauf mit der Wellenform 10/350 µs ist diese Art der Einkopplung von kurzer Dauer.

Es ist zu beachten, dass bei ankommenden Leitungen auch die vermeintlichen Schutzelemente wie Schirm, Nagetierschutz etc. blitzstromtragfähig an den Potentialausgleich angeschlossen werden.



1	TK-line
---	---------



1	Energie
2	Frequenz
3	Zeit

Bild 3.37: Eigenschaften einer galvanischen Einkopplung

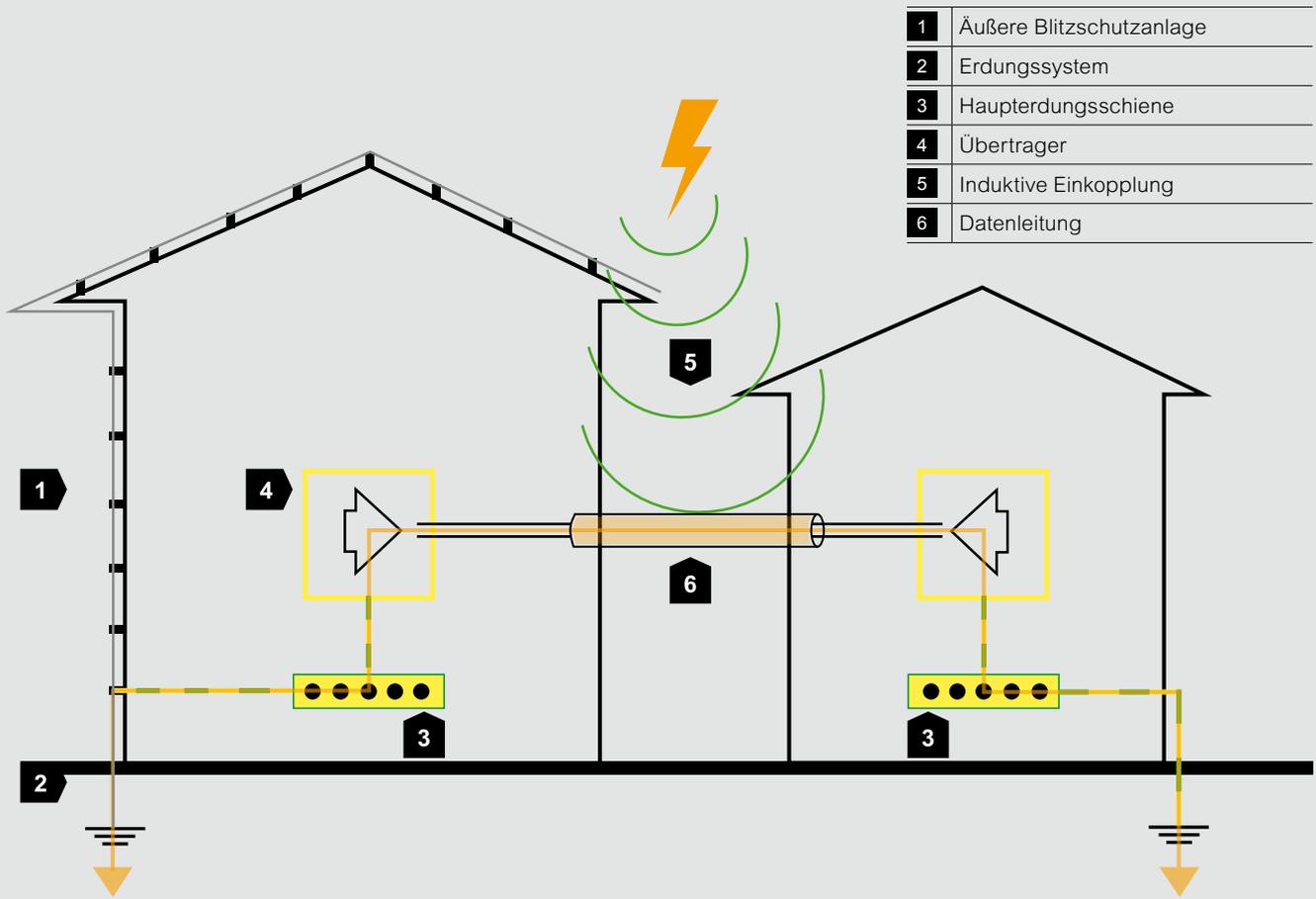


Bild 3.38: Induktive Einkopplung bei Direktinschlag

Induktiv

Ein stromdurchflossener Leiter erzeugt um sich herum ein Magnetfeld. Fließt ein hoher Blitzstrom, ist das Magnetfeld dementsprechend größer und koppelt sich in in der Reichweite befindliche Leiter bzw. Leiterschleifen ein. Auch entfernte Blitzeinschläge senden elektromagnetische Wellen aus, die sich in Leiterschleifen einkoppeln. (Bild 3.38)

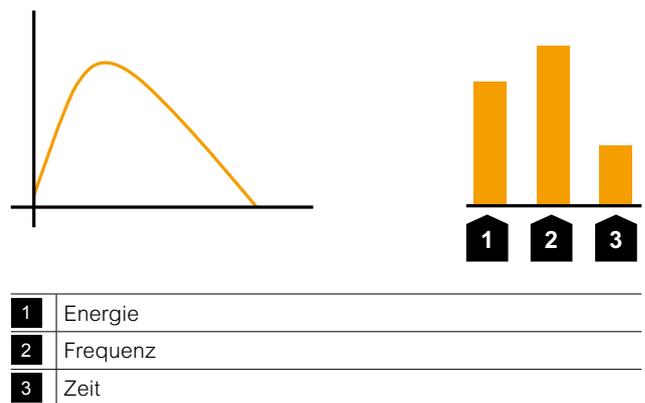
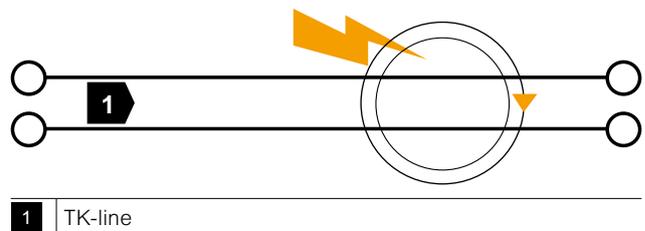


Bild 3.39 Induktive Einkopplung durch einen Blitzeinschlag

Somit wird eine Überspannung induziert, die angeschlossene elektrische Geräte stören oder beschädigen kann. Gerade bei Datenleitungen führt dies oft zur Zerstörung der daran angeschlossenen empfindlichen Elektronik. Ähnlich wie beim Blitzstrom ist von einer hohen Frequenz sowie kurzen Impulsdauer auszugehen. Die induzierten Überspannungen haben die Wellenform $8/20 \mu\text{s}$. Im Vergleich zum $10/350 \mu\text{s}$ -Impuls ist die Energie geringer. (Bild 3.40)

Doch nicht nur Blitzströme induzieren Störspannungen, sondern jegliche elektrische Leiter, die mit Strömen durchflossen sind. Als Beispiel kann man eine 230V-Energieleitungen nennen:

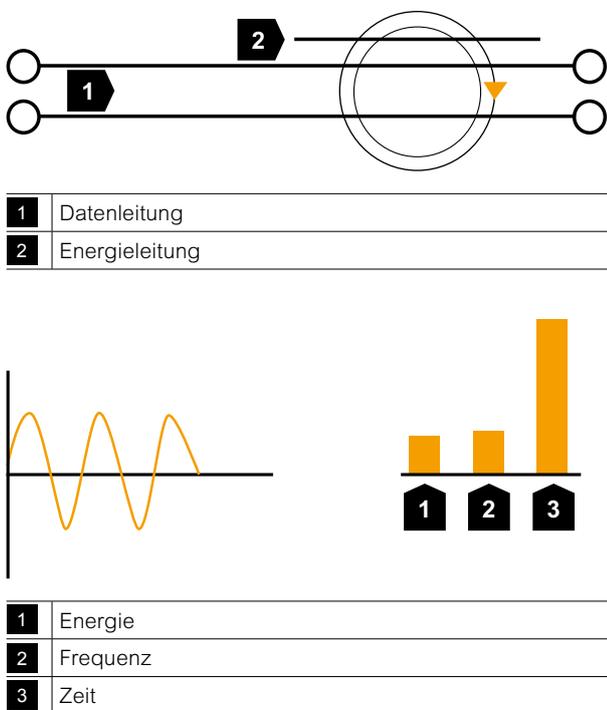


Bild 3.40: Induktive Einkopplung durch eine parallel verlegte Energieleitung

Liegt die Kommunikationsleitung innerhalb des magnetischen Feldes eines elektrischen Leiters, kann eine Störspannung induziert werden. Die Größe der induzierten Störspannung an der Kommunikationsleitung ist sowohl abhängig von dem Leiter des magnetischen Feldes, als auch vom Aufbau der Kommunikationsleitung. Eine Schirmung der Kommunikationsleitung kann die induzierten Störgrößen erheblich senken.

Vom Grundprinzip her funktioniert Induktion von Leitern wie folgt: (Bild 3.41)

Ein Strom (I), der durch einen elektrischen Leiter fließt, erzeugt ein Magnetfeld, das den Leiter umgibt. Wenn man eine Schleife aus einem elektrischen Leiter formt und diese in ein veränderliches Magnetfeld taucht, lässt sich eine Spannung (U) an den Leitenden messen. Je nachdem wie groß das Magnetfeld bzw. die eingetauchte Leiterschleife ist, desto größer oder kleiner ist die induzierte Spannung.

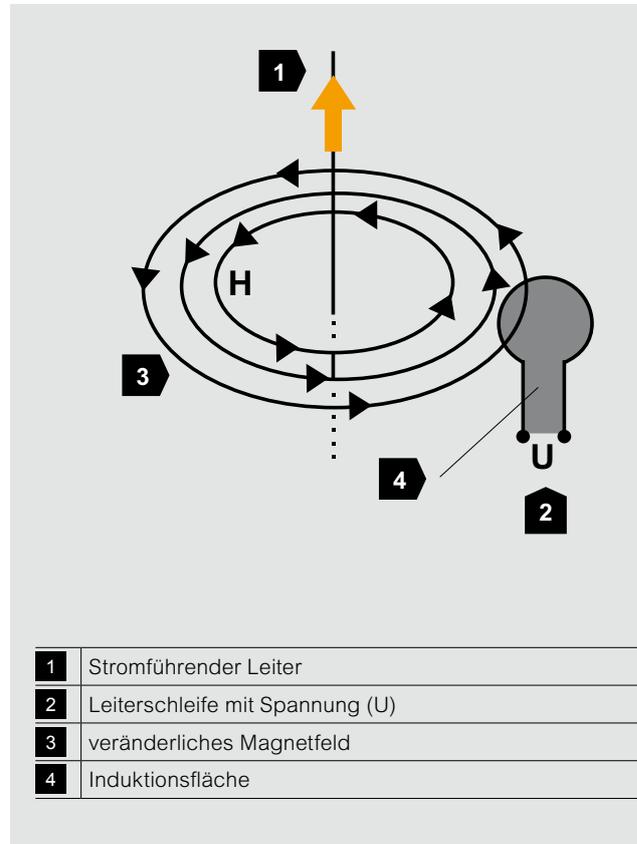


Bild 3.41: Induktion in einer Leiterschleife

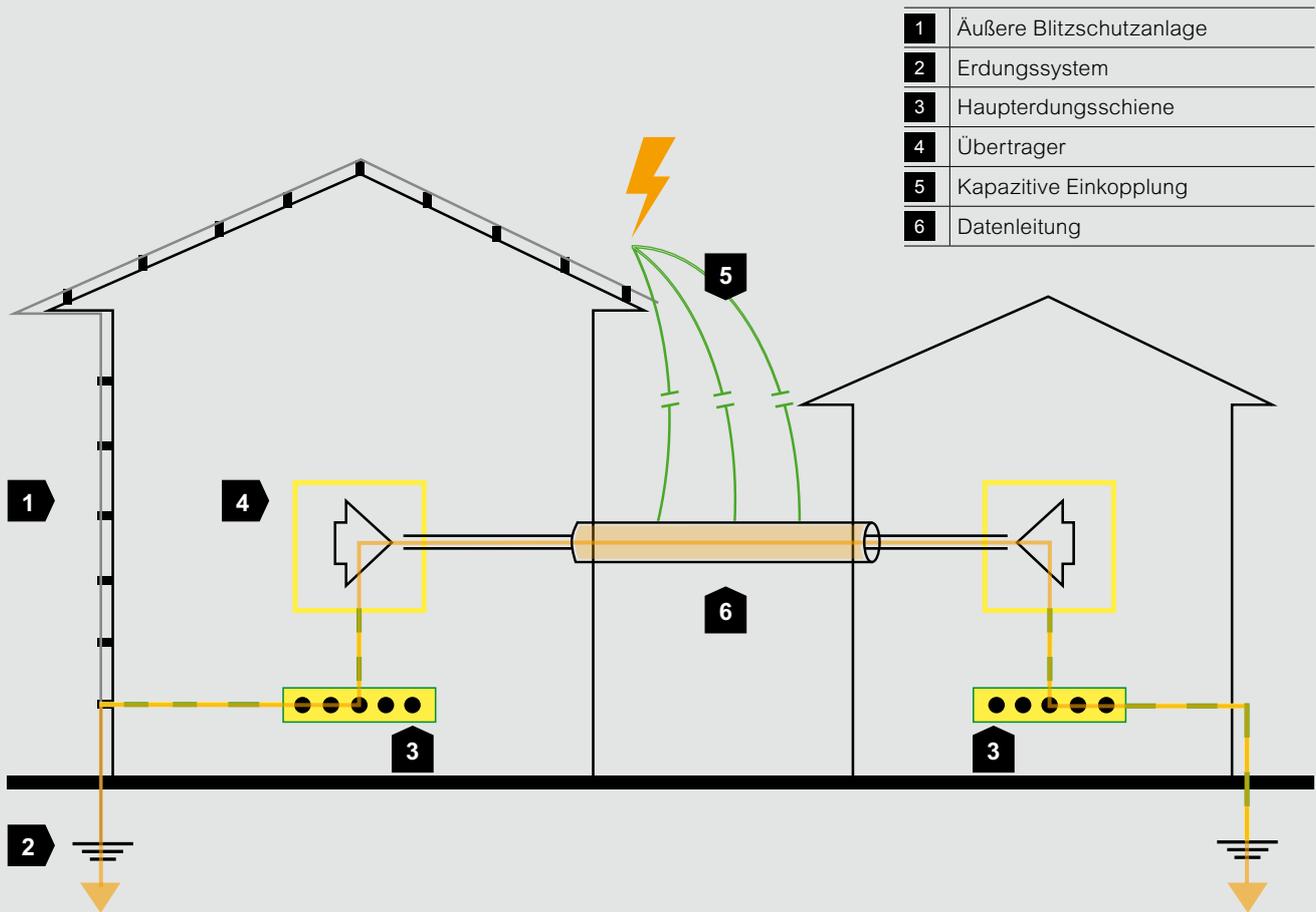


Bild 3.42: Kapazitive Einkopplung bei Direkteinschlag

Kapazitiv

Kapazitive Einkopplung erfolgt, wenn zwischen zwei Punkten mit hohem Potenzialunterschied eine Spannung anliegt. Der Ladungstransport über das Medium, welches sich zwischen den Punkten befindet, versucht die Potenziale auszugleichen und erzeugt dadurch eine Überspannung. (Bild 3.42)

3.3.1.3 Gebäude- und Raumschirmung

Kritische Infrastrukturen, wie Rechenzentren, Kraftwerke, chemische Anlage oder Systeme der Energie- und Wasserversorgung können gegen die Auswirkungen von elektromagnetischen Wellen durch geschirmte Räume geschützt werden.

Zur Abschirmungen müssen alle Wände, die Decke und der Boden mit leitfähigen Materialien (z. B.: Stahlbleche oder Kupferfolien) ausgeschlagen werden. Türen und Fenster müssen durch Federkontakte mit der Schirmung der Wände verbunden werden. Zusätzlich sind alle Kabeldurchführungen geschirmt auszuführen.



Bild 3.43: Mobilfunkmast



Bild 3.44: Anschluss der Kabelschirme mit der SAS Bügelschelle zum Anschluss des Schirmgeflechtes und MDP Überspannungsschutzgeräten

3.3.1.4 Kabelschirmung (Bild 3.44)

Zur Kabelschirmung werden Folien- und Geflechtschirmungen und Kombination aus beiden verwendet. Folienschirmungen haben Vorteile bei hohen Frequenzen, während Geflechtschirmungen bei niedrigen Frequenzen Vorteile bieten. Die Qualität der Schirmung wird in der Schirmdämpfung bzw. dem Schirmungsmaß ausgewiesen. Vorhandene Kabel und Leitungen können auch durch geerdete Kabeltrag- oder metallene Rohrsysteme geschirmt werden. In den letzten Jahren hat der Einsatz elektronischer Schaltungen stetig zugenommen. Ob in Industrieanlagen, Medizin, Haushalt, in Telekommunikationsanlagen, Kraftfahrzeugen oder elektrischen Gebäudeinstallationen – überall finden sich leistungsstarke elektrische Apparate und Anlagen, die immer größere Ströme schalten, höhere Funkreichweiten erzielen und noch mehr Energie auf weniger Raum transportieren können.

Kann ein beidseitiger direkter Anschluss des Kabelschirms aus technischen Gründen und zur Vermeidung von 50 Hz „Brummschleifen“ nicht ausgeführt werden, sollte eine Seite direkt und die zweite indirekt geerdet werden. Durch die indirekte Erdung über einen Gasableiter wird der Kabelschirm im normalen Betrieb einseitig isoliert. Bei großen Einkopplungen kann über den gezündeten Gasableiter ein Potentialausgleich erfolgen. (Bild 3.45)

Doch mit dem Einsatz modernster Technologie steigt auch die Komplexität der Anwendungen. Dies hat zur Folge, dass immer mehr gegenseitige Beeinflussungen (elektromagnetische Störungen) von Anlagenteilen, Kabeln und Leitungen auftreten können, die zu Schäden und wirtschaftlichen Verlusten führen.

Hier spricht man von der elektromagnetischen Verträglichkeit EMV:

Die elektromagnetische Verträglichkeit EMV ist die Fähigkeit einer elektrischen Einrichtung, in ihrer elektromagnetischen Umgebung zufriedenstellend zu funktionieren, ohne diese Umgebung, zu der auch andere Einrichtungen gehören, unzulässig zu beeinflussen (VDE 0870 -1). In der Normung wird die elektromagnetische Verträglichkeit durch die EMV-Richtlinie 2004/108/EG erfasst. Dies bedeutet, dass elektrische Betriebsmittel als Störquelle elektromagnetische Störungen ausstrahlen (Emission), die von anderen Geräten oder Einrichtungen, die als Empfänger (Störsenke) fungieren, aufgenommen werden (Immission). Dadurch kann eine Störsenke sehr stark in ihrer Funktion beeinträchtigt werden, was im schlimmsten Fall zum Totalausfall und wirtschaftlichen Verlusten führen kann. Die Störungen können sich sowohl leitungsgebunden als auch durch elektromagnetische Wellen ausbreiten.

Datenleitung ohne Schirm

Zur Sicherstellung der EMV ist ein systematischer Planungsansatz erforderlich. Die Störquellen müssen identifiziert und quantifiziert werden. Die Kopplung beschreibt die Ausbreitung der Störung von der Störquelle bis zum beeinflussten Gerät, der Störsenke. Die Aufgabe der EMV-Planung ist es, die Verträglichkeit durch die notwendigen Maßnahmen an der Quelle, am Kopplungsweg oder an der Störsenke sicherzustellen. Planer und Installateure werden im Tagesgeschäft immer häufiger mit dieser Thematik konfrontiert. Die EMV stellt somit einen grundlegenden Faktor schon bei der Planung der Installation und Verkabelung dar.

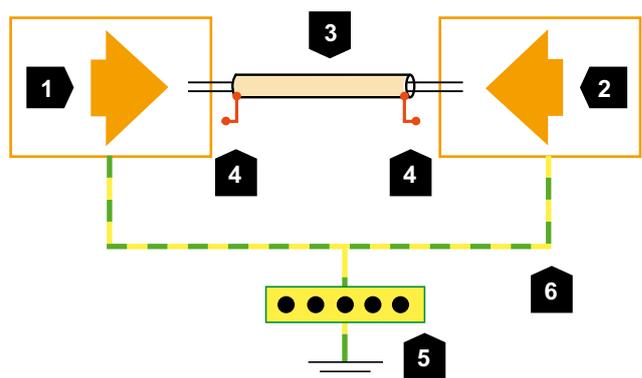
Aufgrund der sehr hohen Komplexität der elektromagnetischen Verträglichkeit müssen die Probleme der EMV unter Verwendung vereinfachender Hypothesen sowie unter Zuhilfenahme von Modellen und durch Rückgriff auf Versuche und Messungen analysiert und gelöst werden.

Kabeltrag-Systeme und ihr Beitrag zur EMV

Kabeltrag-Systeme können einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der EMV liefern. Sie sind passiv und leisten daher einen nachhaltigen und sicheren Beitrag zur EMV dadurch, dass Leitungen innerhalb von Kabeltrag-Systemen verlegt bzw. durch Kabeltrag-Systeme abgeschirmt werden. Bei Verlegung von Leitungen innerhalb von Kabeltrag-Systemen wird die galvanische Einkopplung und die Einkopplung durch elektrische und magnetische Felder in Leitungen stark vermindert. Kabeltrag-Systeme liefern damit einen Beitrag zur Verminderung der Kopplung von der Quelle zur Senke. Die Schirmwirkungen von Kabeltrag-Systemen können durch den Kopplungswiderstand und die Schirmdämpfung quantifiziert werden. Damit erhält der Planer die für das EMV-Engineering wichtigen Engineering-Parameter von Kabeltrag-Systemen.

Bei verteilten Systemen treten Leitungslängen von mehreren hundert Metern auf. Je nach Kabelart werden bei Datenkabeln zum Schutz der Signalleitungen vor Störungen Schirme eingesetzt. Dieser sollte an den Potentialausgleich angeschlossen werden, um die eingekoppelten Störeinflüsse ableiten zu können. Im Folgenden werden die verschiedenen Schirmungsarten vorgestellt.

(Bild 3.42)



1	Gerät 1
2	Gerät 2
3	Datenleitung
4	Nicht-angeschlossener Schirm
5	Potentialausgleichsschiene
6	Erdverbindung

Bild 3.45: Kabel ohne angeschlossenen Schirm

Beispiel:

Zwischen unterschiedlichen Komponenten einer Anlage ist ein elektrisches Feld. Dabei rufen die parasitären Kapazitäten Störströme hervor, die einen Einfluss auf benachbarte Leitungen haben:

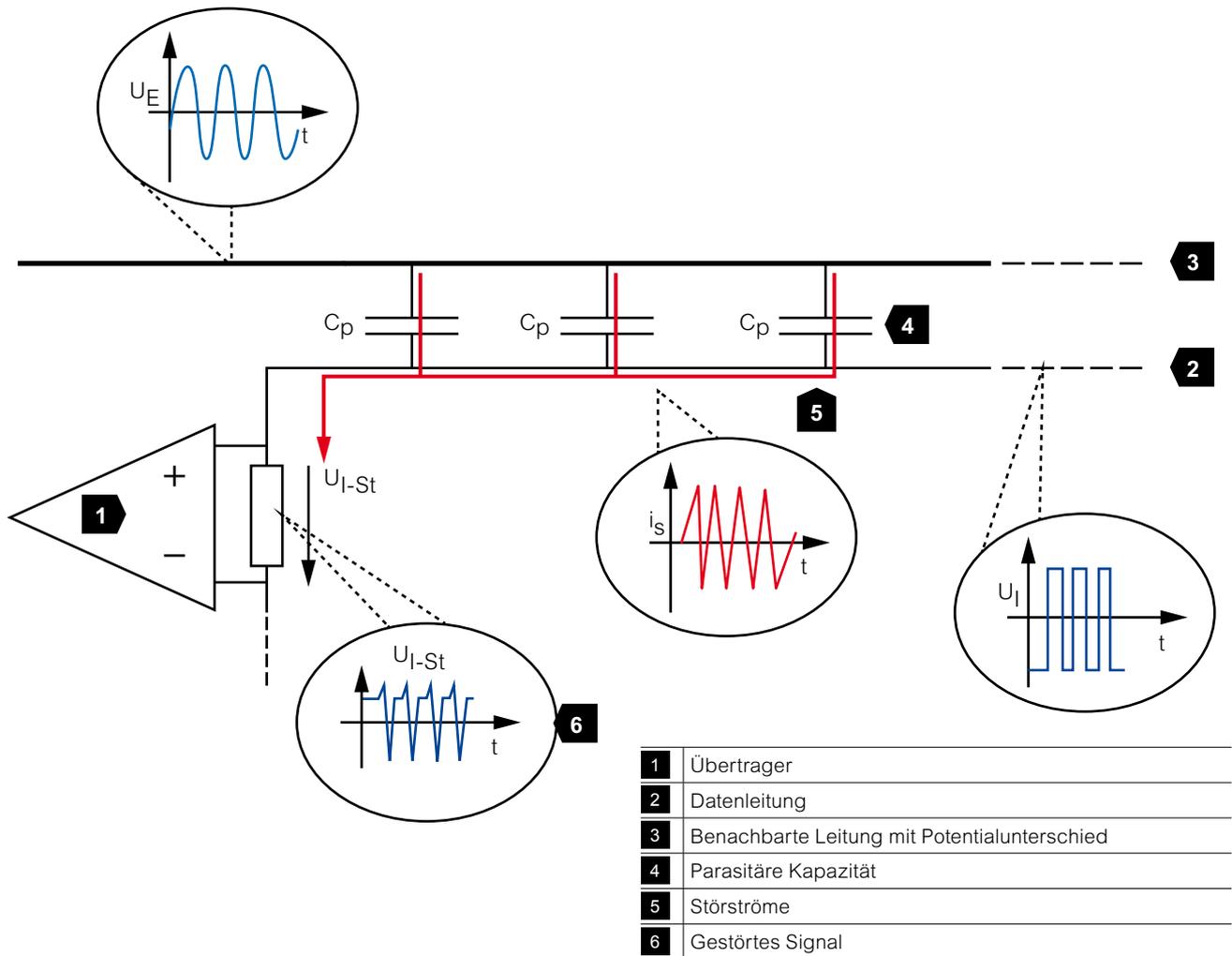


Bild 3.46: Auswirkung einer kapazitiven Einkopplung auf einen Übertrager

Ein nicht angeschlossener Schirm schützt das System nicht gegen den Einfluss von Störungen, z. B.:

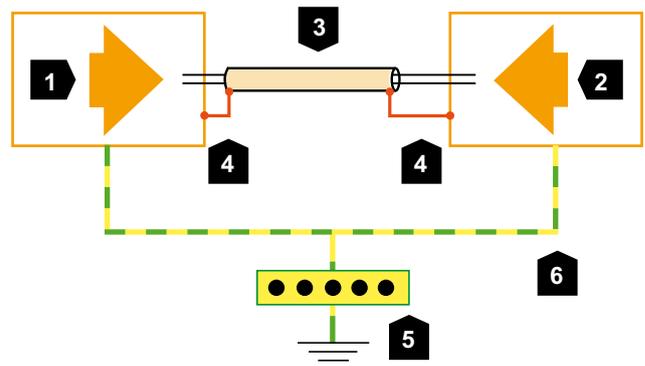
- Übersprechen
- induktive Kopplung
- kapazitive Kopplung

Die Spannungen U_I und U_E beziehen sich auf absolute Schutzerde. Über den parasitären Kapazitäten C_p fließt der Strom I_S über den Übertrager zur Masse. Die dadurch entstehende Störspannung überlappt mit der Eingangsspannung und stört die Übertragung. Parasitäre Kapazitäten entstehen z.B. innerhalb des HF-Bereichs.

Datenleitung mit Schirm

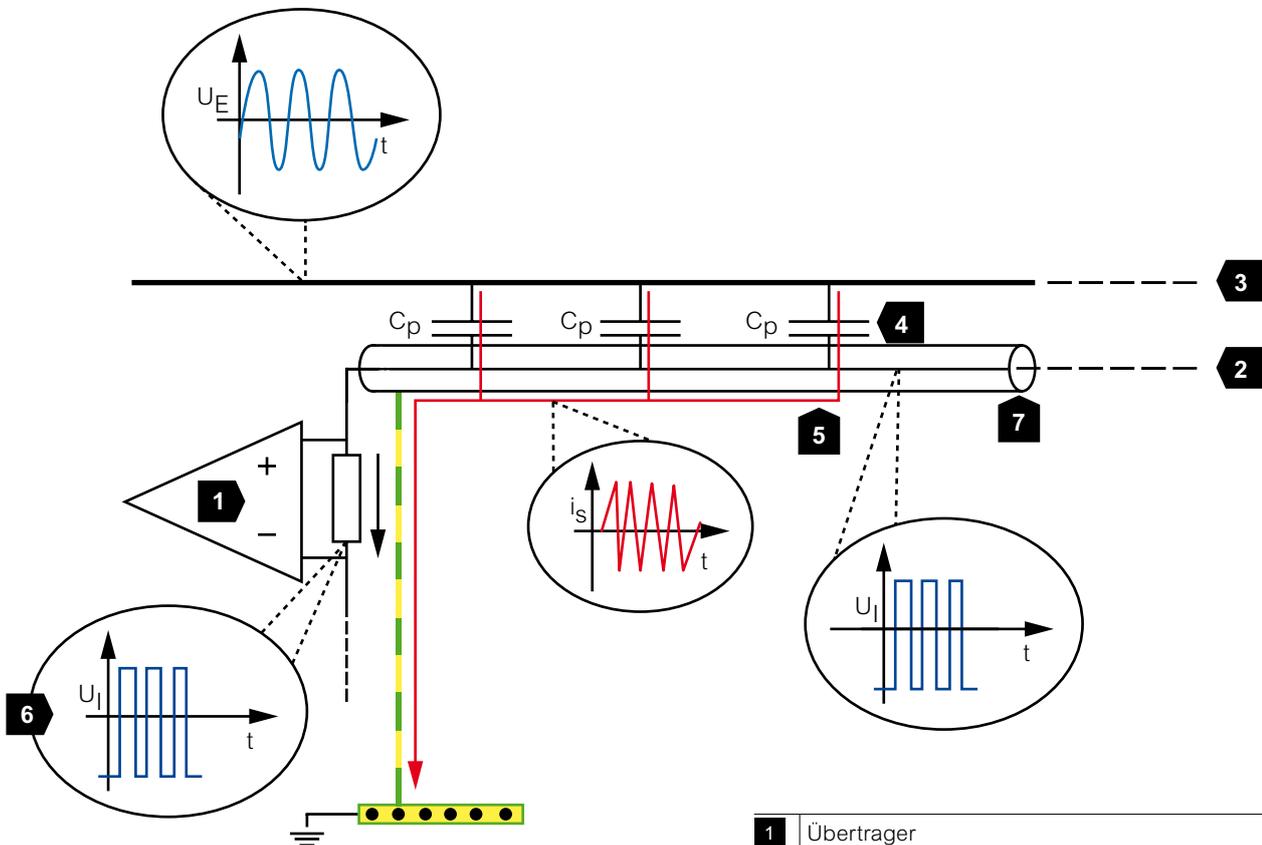
Während der Verlegung der Leitung ist darauf zu achten, dass die Schirmverbindung durchgehend verbunden und an beiden Enden geerdet ist. Ein einseitig geerdeter Leitungsschirm wirkt nur gegen kapazitive Einkopplungen. Beidseitig geerdete Schirme wirken auch gegen induktive Kopplungen.

Durch die Anbindung wird das Kabel gegen kapazitive und induktive Einkopplungen geschirmt. Je nach Kopplungswiderstand des Kabels bzw. Schirmquerschnitt ist der Schirm blitzstromtragfähig.



1	Gerät 1
2	Gerät 2
3	Datenleitung
4	Beidseitig angeschlossener Schirm
5	Potentialausgleichschiene
6	Erdverbindung

Bild 3.47: Beidseitig geerdeter Kabelschirm



1	Übertrager
2	Datenleitung
3	Benachbarte Leitung mit Potentialunterschied
4	Parasitäre Kapazitäten
5	Störströme
6	Störungsfreies Signal
7	Schirm zum Ableiten der Störströme

Bild 3.48: Kapazitive Einkopplung auf den Übertrager wird durch Schirmwirkung verhindert

Durch den Einsatz der Leitungsschirmung können die Störeinflüsse minimiert werden, indem die Ströme der parasitären Kapazitäten über den Schirm abgeleitet werden. (Bild 3.47)

Jedoch können Ausgleichsströme auf dem Schirm fließen. Dies passiert, wenn der Erdwiderstand der verschiedenen Erdungssysteme unterschiedlich ist und somit ein Potentialunterschied herrscht. Durch die Verbindung beider Systeme durch den Schirm, versuchen die Ausgleichsströme den Potentialunterschied aufzulösen. Bei größeren Potentialunterschieden fließen größere Ausgleichsströme. Ist dieser zu hoch und kann vom Schirm nicht getragen werden, kann dies zu Kabelbrand führen. In TN-C-Netzen kann es zudem zu starken Störungen auf der Datenleitung kommen.

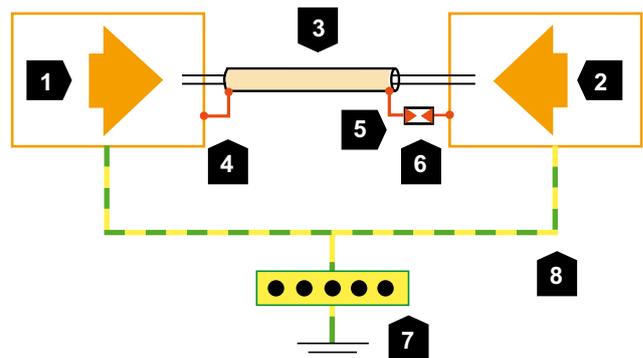
Datenleitung mit einseitig indirekter Erdung

Eine Maßnahme, um Ausgleichsströme zu vermeiden, ist das indirekte Erden eines Endes des Schirms. Der Schirm wird mittels Gasableiter an den Potentialausgleich angeschlossen. Da der Gasableiter einen Widerstand von mehreren Gigaohm besitzt, besteht keine direkte Verbindung der Erdungssysteme und somit, der Fluss von Ausgleichsströmen aufgrund hoher Impedanz auf der einen Seite vermieden.

Im Falle von Blitzeinwirkung auf den Schirm wird der Gasableiter aktiv. Da das andere Ende niederohmig bzw. direkt an den Potentialausgleich angeschlossen ist, kann der Blitzstrom, bzw. die Überspannung an beiden Enden abgeleitet werden. Der Schirm wird somit nicht einseitig voll belastet.

3.3.1.5 Übertragungseigenschaften

Datenleitungen sind aufgrund sensibler Signalpegel besonders anfällig gegenüber Störungen. Diese können zu Verbindungsfehlern führen oder das Signal vollständig abreißen lassen. Werden Eingriffe in die Leitung vorgenommen, wie zum Beispiel der Einsatz von Anschlussdosen, Steckern, Adaptern oder aber auch bei einem zu geringen Biegeradius, ist immer von Signalverlusten auszugehen. Sind die Verluste zu groß, können bestimmte Übertragungsstandards nicht mehr eingehalten werden. Auch das Einbringen von Überspannungsschutzgeräten ist ein Eingriff in die Leitung.



1	Gerät 1
2	Gerät 2
3	Datenleitung
4	Direkt angeschlossener Schirm
5	Indirekt angeschlossener Schirm
6	Gasableiter
7	Potentialausgleichschiene
8	Erdleiter

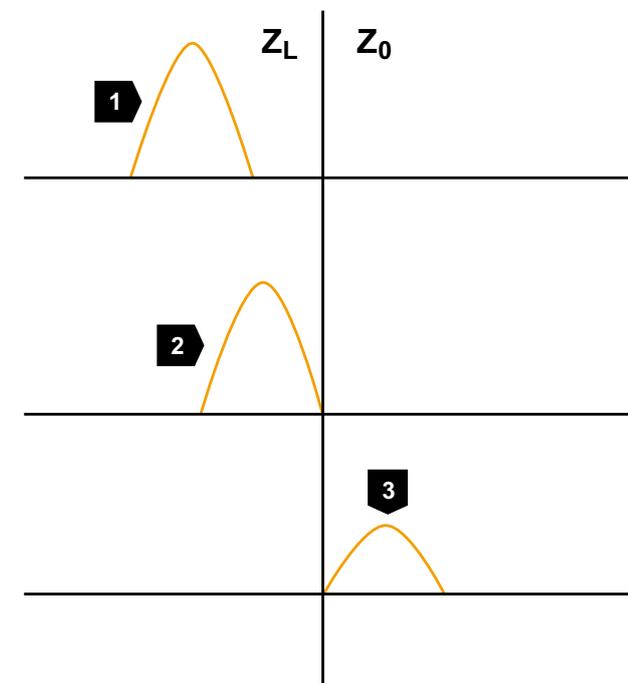
Bild 3.49: Einseitig indirekte Erdung

Um Verluste möglichst gering zu halten, müssen die Leitungen auf ihre Übertragungseigenschaften überprüft werden.

Die Übertragungseigenschaften können mit entsprechenden Messgeräten ermittelt werden. Wichtig ist, dass das Messgerät, die Anschlusskabel sowie das Überspannungsschutzgerät den gleichen Wellenwiderstand haben, um zu starke Reflexionen und Dämpfungen an den Stoßstellen zu vermeiden. Zudem ist eine Kalibrierung notwendig, damit die Messergebnisse nicht verfälscht werden. Im Folgenden sind wichtige Übertragungseigenschaften dargestellt:

Einfügedämpfung (insertion loss) (Bild 3.50)

Die Einfügedämpfung beschreibt die Dämpfung des Systems vom Eingang zum Ausgang. Sie zeigt die Übertragungsfunktion des Systems und in ihr lässt sich der 3-dB-Punkt wiederfinden.

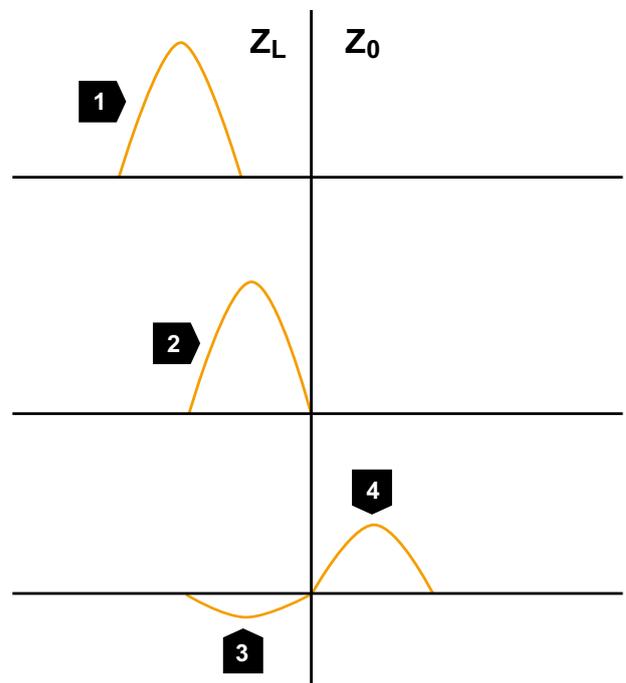


1	Ankommende Welle
2	Welle trifft auf Wellenwiderstandsänderung
3	Welle wird an Stoßstelle gedämpft
Z_L	Impedanz des ankommenden Kabels
Z_0	Impedanz nach Stoßstelle

Bild 3.50: Gedämpfte Welle

Reflektierte Leistung (return loss) (Bild 3.51)

Dieser Parameter gibt in dB an, wie viel Eingangsleistung zurück reflektiert wird. Bei gut angepassten Systemen liegen diese Werte um -20 dB in 50-Ω-Systemen. Dieser Wert ist bei Antennenanlagen wichtig. Weicht der Wellenwiderstand ab, treten an der Stoßstelle Reflexionen auf. Der Verbraucher kann nicht mehr die volle Leistung aufnehmen, da die reflektierte Leistung auf der Leitung zur speisenden Quelle zurück läuft.



1	Ankommende Welle
2	Welle trifft auf Wellenwiderstandsänderung
3	Welle wird teilweise reflektiert und läuft zurück
4	gedämpfte Welle
Z_L	Impedanz des ankommenden Kabels
Z_0	Impedanz nach Stoßstelle

Bild 3.51: Reflektierte Welle (return loss)

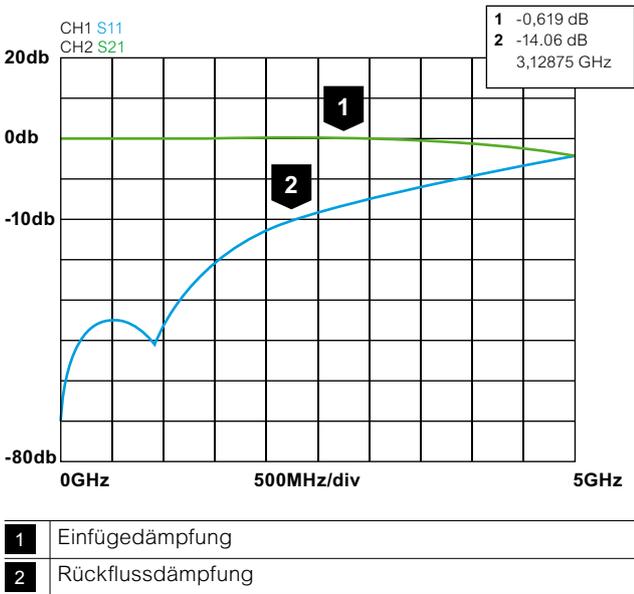


Bild 3.52: Diagramm: Einfügedämpfung und Rückflussdämpfung dargestellt mittels eines Netzwerkanalysators.

Das Diagramm (Bild 3.52) zeigt die gemessene Einfüge- sowie Rückflussdämpfung eines coaxialen Ableiters gemessen mittels eines Hochfrequenz-Netzwerkanalysators.

VSWR

Das Stehwellenverhältnis (Voltage Standing Wave Ratio) ist das Verhältnis von einer hinlaufenden zu einer rücklaufenden Welle. Gründe für stehende Wellen ergeben sich z. B., wenn das Kabel nicht mit der Kabelimpedanz abgeschlossen, oder wenn zwei Kabel unterschiedlicher Kabelimpedanzen miteinander verbunden werden: Bspw. ein 50 Ohm Koaxkabel mit einem 75 Ohm Koaxkabel.

Liegt eine Fehlanpassung vor, z. B. bei offenem oder kurzgeschlossenem Ende eines Kabels, kann dies zur Verdopplung oder Auslöschung der Signalwelle führen.

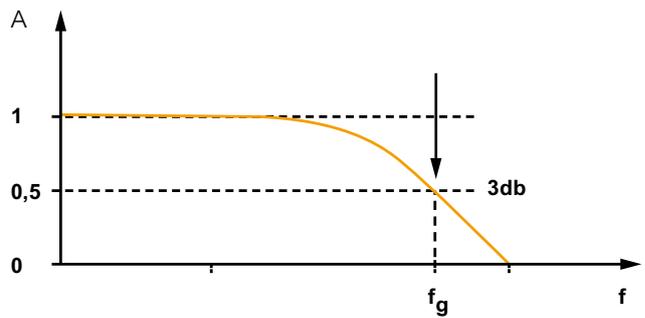
Bandbreite

Die Bandbreite B bezeichnet die Differenz zweier Frequenzen, die ein Frequenzband bilden. Die Bandbreite wird meist als die Breite des Frequenzbandes definiert, wo die Dämpfung der Leistung kleiner 3 dB ist.

Oftmals wird in der Datentechnik die Bandbreite als Datenmenge bezeichnet. Dies ist jedoch die Datenrate. Datenrate und Bandbreite unterscheiden sich oftmals.

Grenzfrequenz f_g (Bild 3.50)

Die Grenzfrequenz f_g beschreibt das frequenzabhängige Verhalten der Ableiter. Kapazitive bzw. induktive Eigenschaften der Bauteile sorgen für eine Dämpfung des Signals zu höheren Frequenzen hin. Der kritische Punkt wird hierbei als Grenzfrequenz f_g bezeichnet. Ab diesem Punkt hat das Signal 50 % (3 dB) seiner Eingangsleistung verloren. Die Grenzfrequenz wird mithilfe von bestimmten Messkriterien ermittelt. Wenn keine Angabe vorhanden ist, bezieht sich die Grenzfrequenz meistens auf so genannte 50-Ω-Systeme.



A	Signalamplitude
f	Frequenz
f_g	Grenzfrequenz bei 3db

Bild 3.53: Grenzfrequenz f_g

NEXT

Durch kapazitive oder induktive Kopplungen können Signalanteile von einem Adernpaar auf ein anderes Paar eingekoppelt werden und Störungen verursachen. Dieser Effekt wird als Nahnebensprechen (NEXT: Near End Cross Talk) bezeichnet. Übertragungsstandards wie zum Beispiel die Netzwerkklassen nach EIA/TIA 568A/B bzw. EN 50173-1 geben Grenzwerte für das NEXT Verhalten vor, die ein Übertragungsweg nicht überschreiten darf. Die aufgeführten Diagramme zeigen das Übertragungsverhalten von hochwertigen und minderwertigen Kabeln.

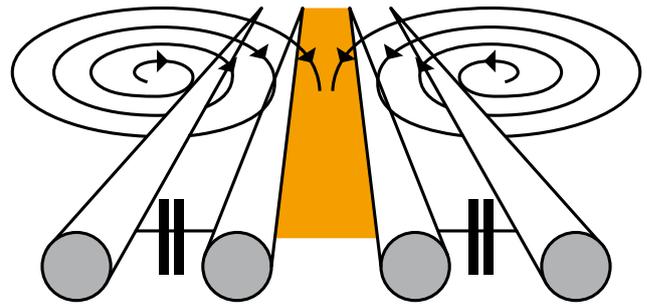
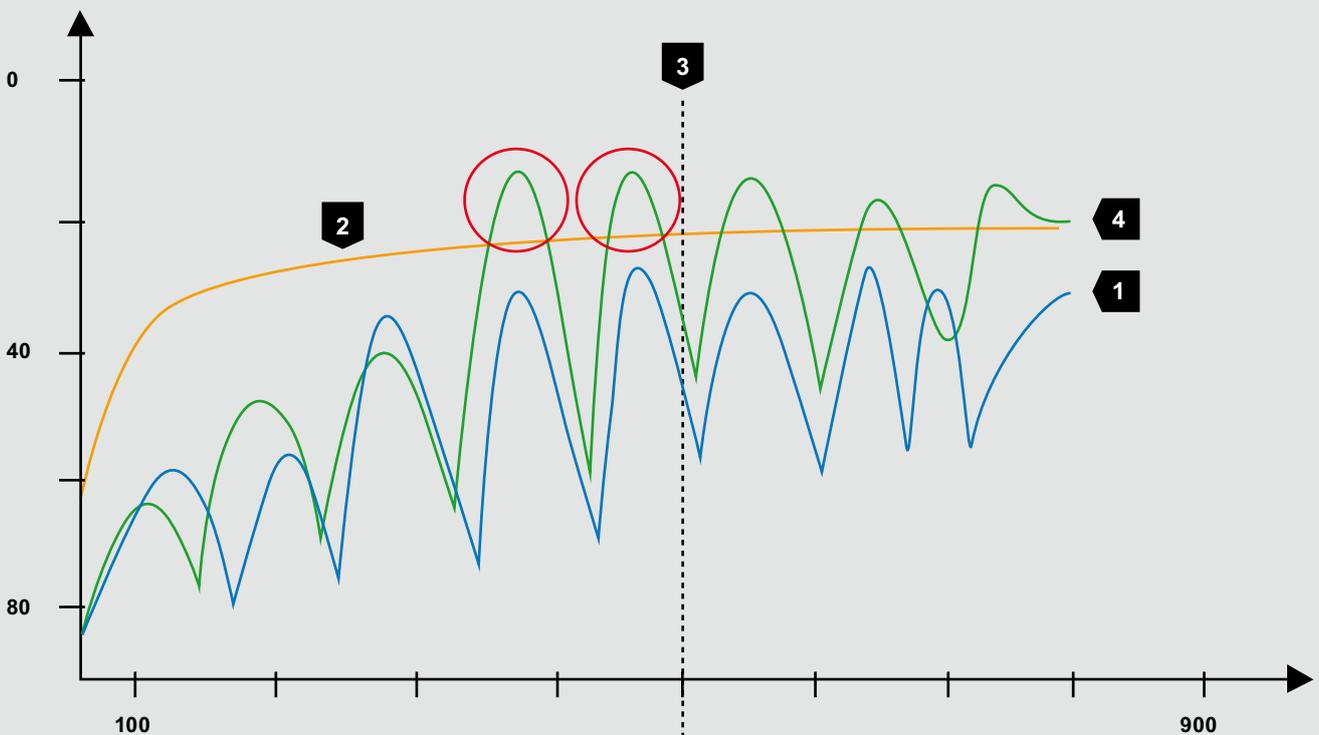


Bild 3.54: Nebensprechen der Adernpaare



1	Gute NEXT Werte
2	Grenzwerte
3	Relevantes Frequenzspektrum
4	Schlechte NEXT Werte

Bild 3.55 Schematische Darstellung einer NEXT-Messung: Gegenüberstellung von guten und schlechten NEXT-Werten



Bild 3.53 Asymmetrische Leitung



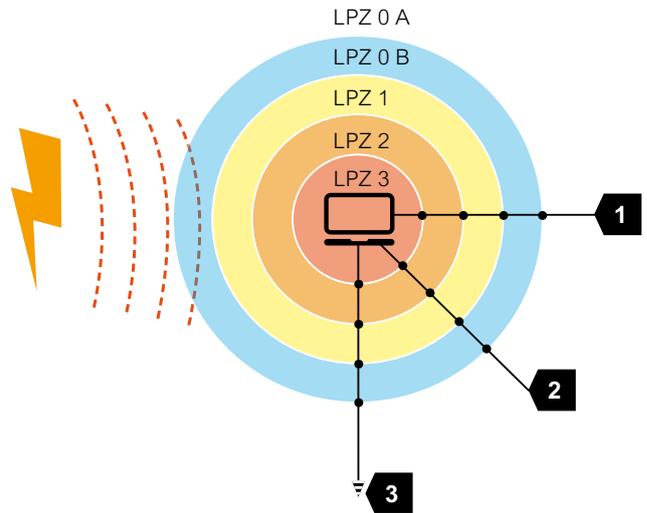
1	Kabelmantel
2	Aderisolation von Ader A
3	Aderisolation von Ader B
4	Leiter von Ader A/B

Bild 3.57: Symmetrische Leitung

3.3.1.6 Symmetrische und asymmetrische Datenübertragung

Asymmetrische Schnittstellen (Bild 3.56) haben eine Datenleitung und eine Masseleitung. Die Signalspannung ändert sich gegenüber einem Bezugspotential bzw. Masse.

Bei der symmetrischen Datenübertragung (Bild 3.57) werden anstatt einer Datenleitung, zwei Datenleitungen für ein Signal verwendet, z. B. bei Twisted Pair-Kabeln. Die eine Leitung ist der anderen um 180° phasenverdreht. Wird nun auf eine Signalleitung eine Störung eingekoppelt, koppelt sie sich auch auf die zweite Ader ein. Durch die Phasenverschiebung hebt sich das Störsignal durch eine Differenzbildung beider Signalleitungen nahezu auf. In Bezug auf Übertragungssystemen, wie z. B. DSL, spricht man ebenfalls von (a)symmetrisch bzw. (a)synchron. Hier ist die Symmetrie bzw. die Synchronität der Datenrate gemeint. So unterscheidet sich die Datenrate beim Downlink/Download meist erheblich von der vom Uplink/Upload. Zum Beispiel können bei ADSL Daten schneller herunter geladen als herauf geladen werden. Bei SDSL haben beide Datenraten die gleiche Geschwindigkeit.



1	Energieleitung
2	Datenleitung
3	Potentialausgleich

Bild 3.58: Durchlauf von Kabeln durch alle Blitzschutzzonen

3.3.1.7 Geräteschutzklassen

Blitz- und überspannungsgefährdete Objekte werden in sogenannte Lightning Protection Zones eingeteilt. Sinn dieser LPZs ist es, die Amplitude des Blitzstromes bzw. der Überspannung von Zone zu Zone zu verringern, um sie mindestens auf den gleichen Wert der Spannungsfestigkeit der jeweiligen Geräte zu bringen. Dabei durchlaufen die verschiedenen Zuleitungen wie Energie- oder Datenleitungen oftmals alle Zonen. (Bild 3.58)

Für jede dieser Zonen muss das Überspannungsschutzgerät passend ausgewählt werden. Die Schutzklasse der OBO-Überspannungsschutzgeräte ist auf vielen Produkten gekennzeichnet.



- 1 Ungeschützte Seite
- 2 Schutzklasse Basisschutz
- 3 Geschützte Seite/Gerät

Bild 3.59: LPZ 0 B - 2, Endbezeichnung B = Basisschutz, rote Farbkennung

Basisschutz (Bild 3.59)

Basisschutzgeräte sind Blitzstromableiter der Klasse 1, die direkte Blitzströme und Überspannungen ableiten können. Die einstufige Schutzschaltung beinhaltet Gasableiter. Diese Geräte werden dort installiert, wo die Leitungen in das Gebäude eingeführt werden. Sie dienen zum Ableiten von Blitzströmen mit der Wellenform 10/350µs, die von außerhalb des Gebäudes über die Datenleitungen eingekoppelt werden.



- 1 Ungeschützte Seite
- 2 Schutzklasse Basisschutz
- 3 Geschützte Seite/Gerät

Bild 3.60: LPZ 0 B - 3, Endbezeichnung C = Combi-Protection, blaue Farbkennung

Feinschutz (Bild 3.60)

Bei den Feinschutzgeräten werden durch Überspannungsimpulse Transzorbioden begrenzt. Die Erdung der Geräte erfolgt über leistungsstarke Gasableiter. Die Entkopplung zum Basis- und Feinschutz ist dann gegeben, wenn der Leitungsweg zwischen Basis- und Feinschutzgerät mindestens fünf Meter beträgt. Feinschutzgeräte sollten immer direkt am zu schützenden Gerät installiert werden.



- 1 Ungeschützte Seite
- 2 Schutzklasse Basisschutz
- 3 Geschützte Seite/Gerät

Bild 3.61: LPZ 1 - 3, Endbezeichnung: F = Feinschutz, grüne Farbkennung

Kombischutz (Bild 3.61)

Bei den Kombischutzgeräten werden die Transienten durch Gasableiter bzw. Transzorbioden begrenzt, die durch Widerstände entkoppelt sind. Sie entsprechen der Klasse 1, 2 und 3, bzw. der Kategorie D1 und C2 der Norm DIN EN 61643-21. Die Geräte können als Basisschutz im Bereich der Leitungseinführung im Gebäude, oder als Feinschutz direkt vor dem Endgerät installiert werden. Bei letzterem ist zu beachten, dass der Abstand zu dem zu schützenden Gerät nicht mehr als 10 Meter betragen sollte. Ist dies der Fall, muss vor dem Gerät ein weiterer Feinschutz installiert werden.

Ausführungen

Um die ordnungsgemäße Funktion von Datenleitungsschutzgeräten zu gewährleisten, müssen bei der Installation verschiedene Aspekte berücksichtigt werden. Diese werden in den folgenden Kapiteln erläutert.

Auswahl des Überspannungsschutzgerätes

Um das Überspannungsschutzgerät für eine bestimmte Applikation passend auszuwählen, bietet OBO Bettermann im Anhang eine umfangreiche Auswahlhilfe an, die Ihnen die richtige Wahl des Überspannungsschutzgerätes erheblich erleichtert. Sollte die gewünschte Schnittstelle nicht aufgeführt sein, müssen folgende technische Eigenschaften der Signalschnittstelle überprüft und mit den Merkmalen des Überspannungsschutzgerätes verglichen werden:

1. Art des Systems (Telekommunikationsanwendung, MSR, ...)
2. Polarität bzw. Anzahl der benötigten Aderanschlüsse
3. Höchste zulässige Dauerspannung des Überspannungsschutzgerätes
4. Höchster zulässiger Laststrom des Überspannungsschutzgerätes
5. Unterstützter Frequenzbereich
6. Installationsort und Montagemöglichkeiten (Hutschiene, Zwischenstecker, ...)
7. Benötigte Schutzklasse (Basisschutz, Feinschutz, Kombischutz)

Ein unpassendes Überspannungsschutzgerät kann die eigentliche Applikation erheblich beeinträchtigen, beispielsweise bei einer zu hohen Dämpfung des Signalkreises. Übersteigt die Spannung oder der Laststrom des Systems die Merkmale des Überspannungsschutzgerätes, kann dieses durch Überlastung zerstört werden.

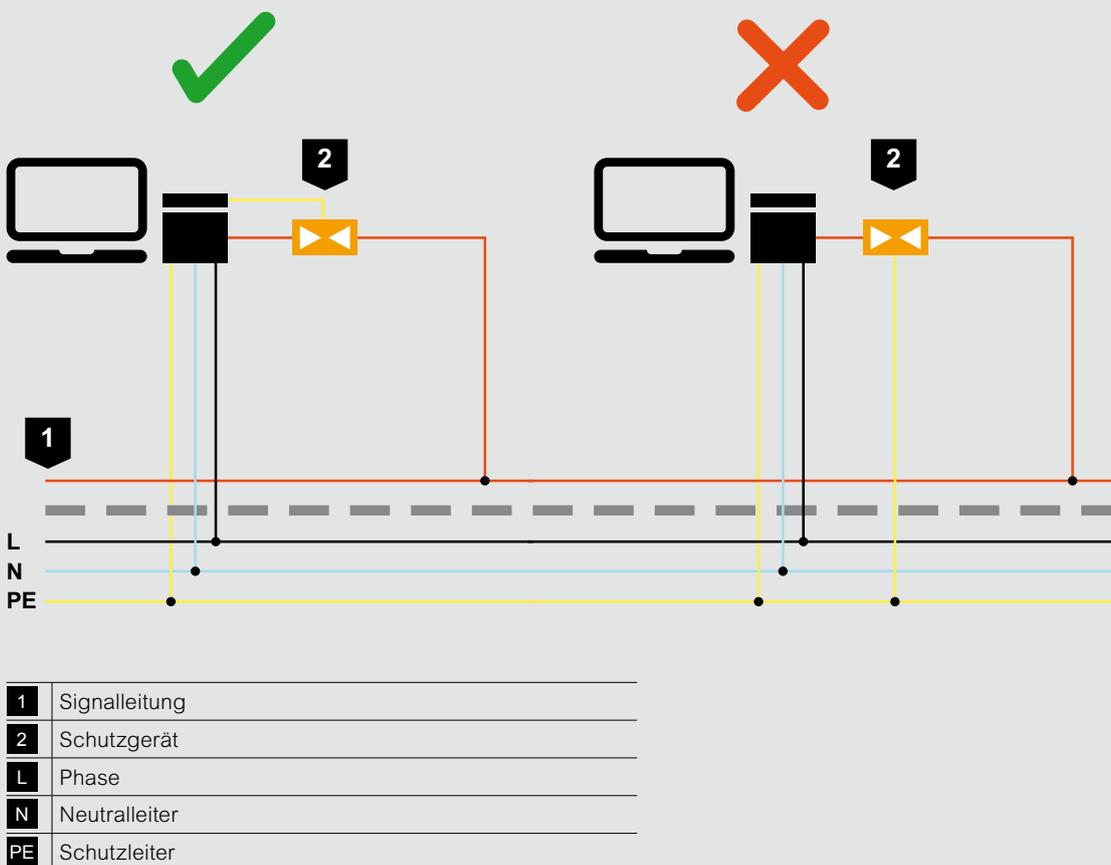


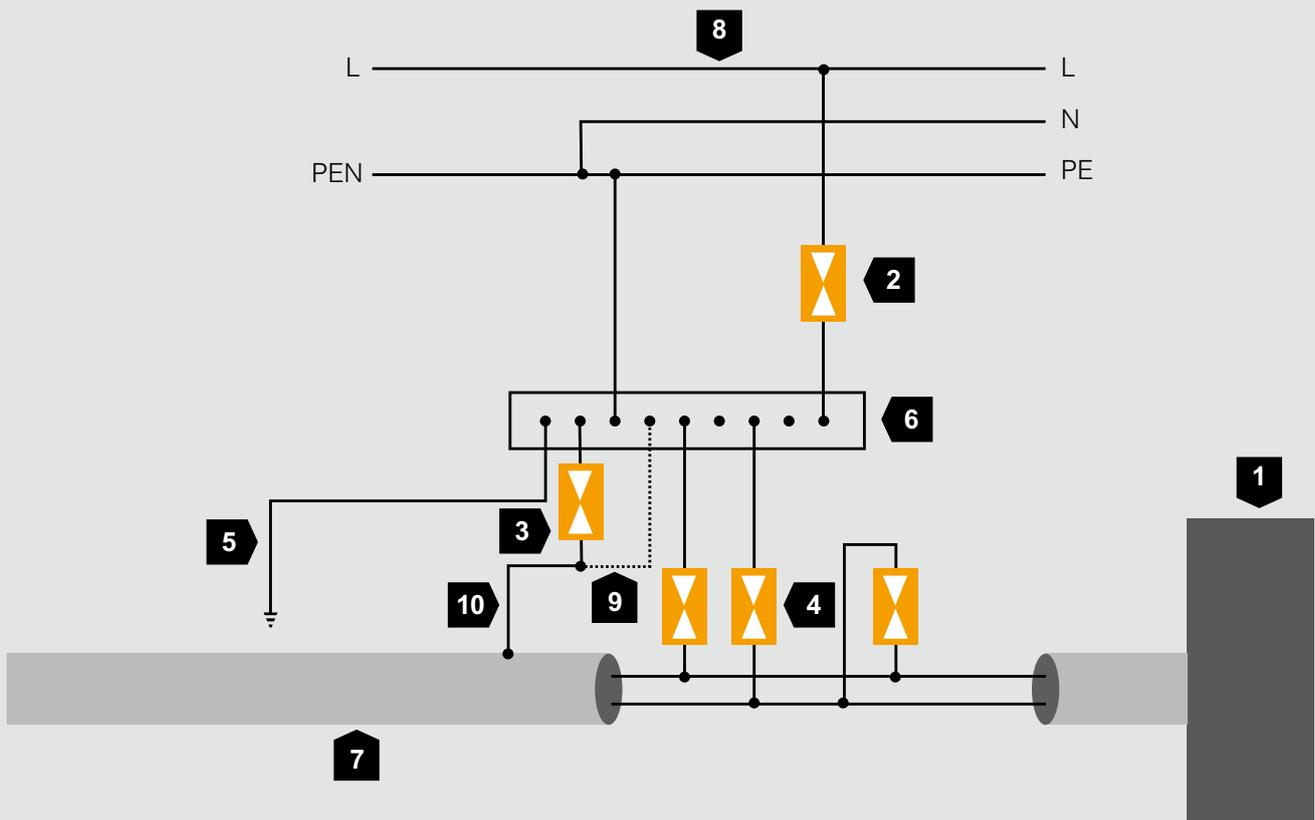
Bild 3.62: Installationsbeispiel mit richtigem und falschem Potentialanschluss am Schutzgerät

3.3.2 Installation von Datenleitungs-schutzgeräten

Werden die Leitungslängen zu lang ausgeführt, kommt es aufgrund der Induktivität der Leitung zu einem Spannungsfall, welcher sich negativ auf den Schutzpegel des Überspannungsschutzgerätes auswirkt. Dieser kann so stark ansteigen, dass der Spannungsfestigkeitswert des jeweiligen Endgerätes überschritten und das Gerät trotz Überspannungsschutz geschädigt wird.

3.3.2.1 Potentialausgleich von Datenleitungen

Im Gegensatz zur Energietechnik treten im Bereich der Datentechnik Längs- und Querspannungen auf, die durch geeignete Ableiter mit spannungsbegrenzenden Bauteilen minimiert werden müssen. Damit geringer Schutzpegel erreicht werden, müssen diese Überspannungsschutzgeräte auf kürzestem Wege in den Potentialausgleich eingebunden werden. Auf lange Leitungswege ist hierbei zu verzichten. Die beste Lösung ist der lokale Potentialausgleich. (Bild 3.63) Das Einbinden der Schirme ist ebenfalls von elementarer Bedeutung. So kann eine komplette Schirmwirkung gegen kapazitive und induktive Kopplung nur erfolgen, wenn der Schirm beidseitig niederimpedant in den Potentialausgleich eingebunden wird.



1	Zu schützendes Gerät / TK-Leitung
2	Überspannungsschutzgerät (Energietechnik)
3	Gasentladungs-Ableiter (indirekte Schirmung)
4	Gasentladungs-Ableiter
5	Verbindung zum Potentialausgleich
6	Potentialausgleichsschiene

7	Telekommunikationsleitung
8	Elektrische Energieleitung
9	Direkte Verbindung zum Potentialausgleich (bevorzugt)
10	Leitfähiger Schirm der Datenleitung
L	Phase
N	Neutralleiter
PE	Schutzleiter

Bild 3.63 Potentialausgleich von Datenleitungen

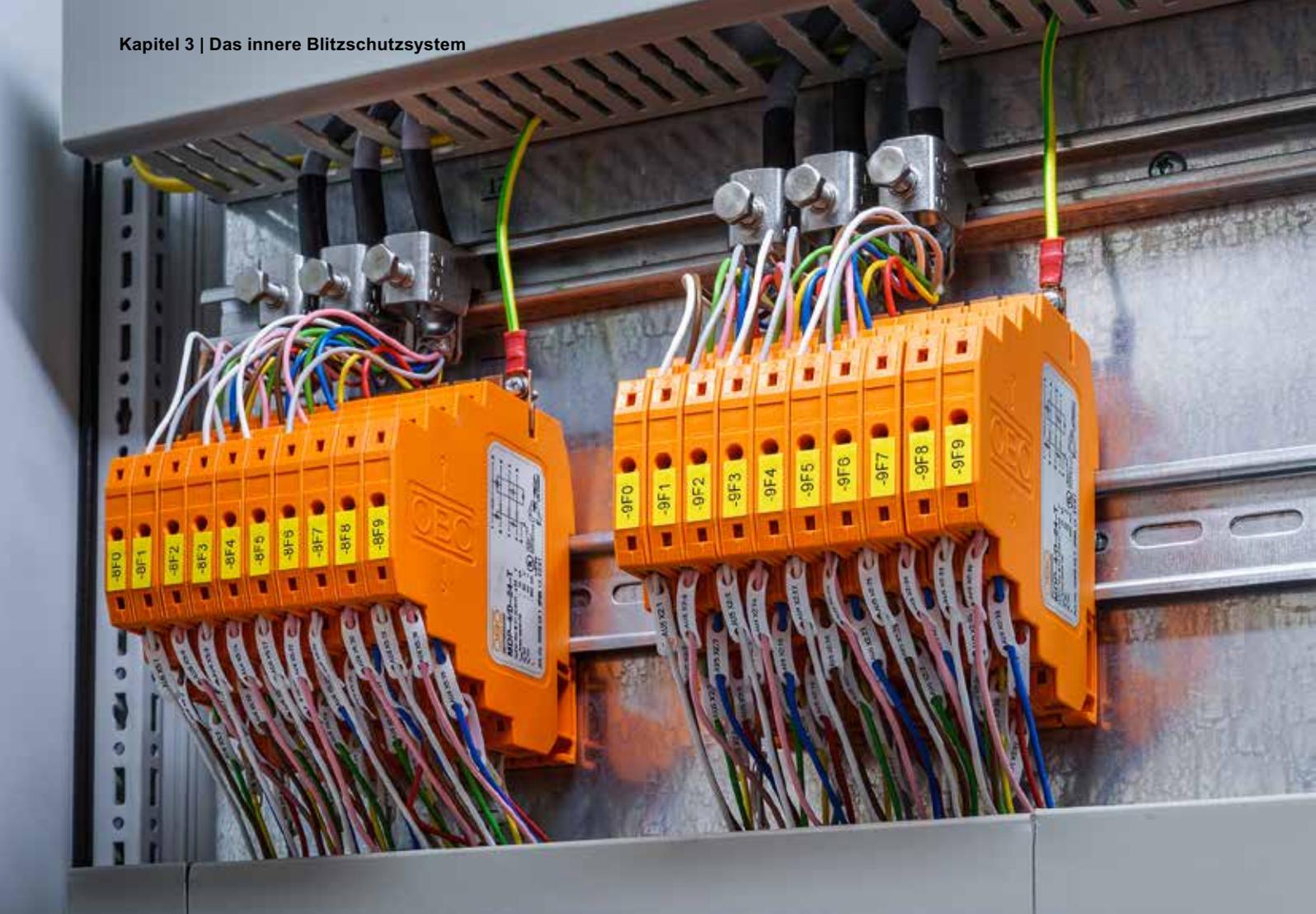


Bild 3.64 Installationen der MDP-Blitzbarriere im Schaltschrank

3.3.2.2 Mess-, Steuer- und Regeltechnik (MSR)

Mess-, Steuer-, Regeltechnik und Feldbussysteme ermöglichen die automatisierte Steuerung von Produktionslinien oder die Fernüberwachung von verschiedensten Sensoren und Aktoren. Heutzutage bildet diese Technik das Herz eines jeden modernen Industrieunternehmens. Ein Ausfall wäre mit hohen finanziellen Verlusten verbunden. Um dies zu vermeiden, müssen die Systeme vor Überspannungen durch induktive und kapazitive Einkopplungen gesichert werden.

Die Blitzbarrieren TKS-B, FRD, FLD, FRD2 und FLD2 schützen elektronische Mess-, Steuer- und Regelanlagen vor Überspannungen. In Bereichen, wo eine besonders schmale Einbaubreite bei gleichzeitig hoher Polzahl benötigt wird, kommen die Blitzbarrieren des Typs MDP zum Einsatz.

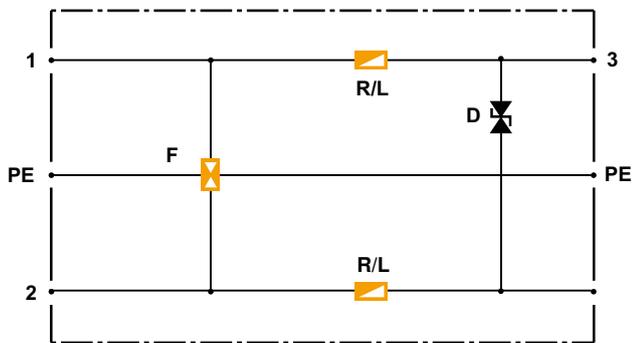


Bild 3.65: Schaltbild der Blitzbarriere FRD/FLD

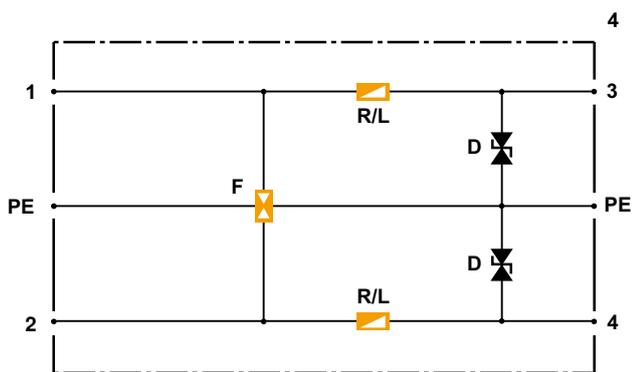


Bild 3.66: Schaltbild der Blitzbarriere FRD2/FLD2

Typenreihe FRD/FLD (Bild 3.65)

Die Blitzbarrieren der Typenreihe FRD und FLD sowie auch MDP sind für sogenannte massefreie (asymmetrische, potentialfreie) Doppeladersysteme konzipiert. Dies sind Systeme, deren Signalkreise kein gemeinsames Bezugspotential mit anderen Signalkreisen haben, wie z. B. 20-mA-Stromschleifen. Diese Geräte können universell eingesetzt werden.

Typenreihe FRD2/FLD2 (Bild 3.66)

Die Blitzbarrieren der Typenreihe FRD2 und FLD2 sind Schutzgeräte für den Einsatz in massebezogenen (symmetrischen, potentialbezogenen) Einzeladersystemen.

Massebezogene Systeme sind Signalkreise, die ein gemeinsames Bezugspotential mit anderen Signalkreisen haben. In diesen Systemen können neben der Masse noch zwei weitere Datenleitungen geschützt werden. Die Entscheidung für FRD (mit ohmscher Entkopplung) oder FLD (mit induktiver Entkopplung) ist abhängig vom zu schützenden System.

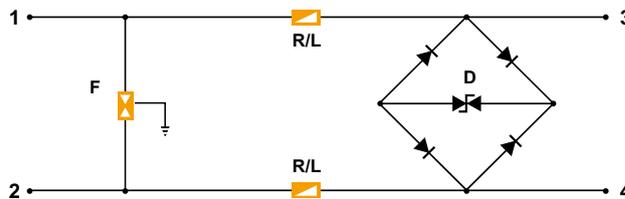


Bild 3.67: Grundschutzschaltung im Messkreis

Verwendung von Blitzbarrieren in Messkreisen

(Bild 3.67)

Bei der Verwendung von Blitzbarrieren in Messkreisen sollte geprüft werden, ob eine Widerstandserhöhung zulässig ist. Bedingt durch die Entkopplung, kann es bei den Typen FRD und FRD2 zu Widerstandserhöhungen in den Messkreisen kommen. Dies kann bei Messungen mit Stromschleifen zu Messfehlern führen. Deshalb sollten hier Geräte des Typs FLD/FLD2 bzw. MDP verwendet werden. Auch der maximale Betriebsstrom sollte überprüft werden, damit die Entkopplungselemente, bedingt durch die Verlustleistung, nicht thermisch zerstört werden.

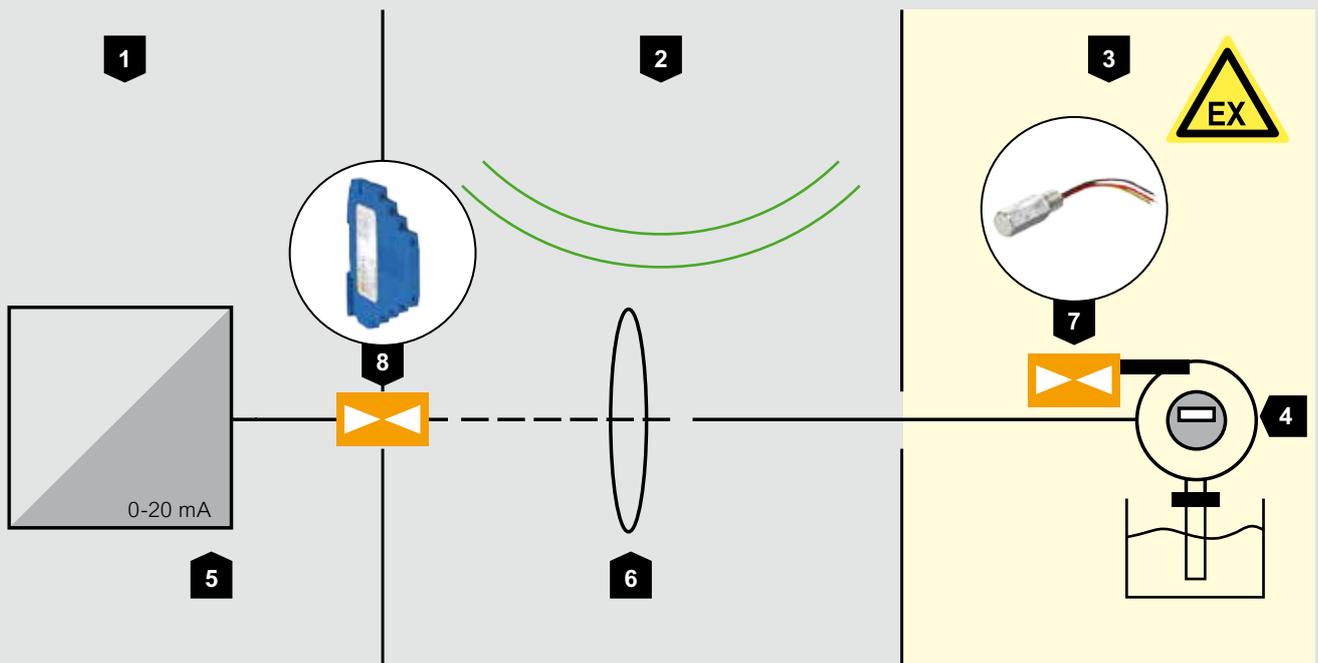
Bei Ableitern mit integrierten Induktivitäten zur Entkopplung kommt es bei hohen Übertragungsfrequenzen zu einer Dämpfung des Signals. Daher sollte für den Einsatz in Messkreisen mit hohen Übertragungsfrequenzen Blitzbarrieren mit ohmschen Entkopplungselementen der Vorzug gegeben werden.

Überspannungsschutz für explosionsgefährdete Bereiche (Bild 3.68)

In explosionsgefährdeten Bereichen ist Überspannungsschutz ein wichtiges Thema. Hier gilt es, aufwändige Messtechnik gegen den Einfluss von Überspannungen durch atmosphärische Entladungen zu schützen. Gerade sensible Messtechnik, deren Leitungen häufig im Feld verlaufen, ist bedroht von Überspannung bzw. Blitzeinschlägen. Wie diese häufig aufgebaut sind, zeigt das nachfolgende Applikationsbild einer 0-20 mA Schnittstelle.



Bild 3.66: Sensor mit Petrol Field Protector (siehe Punkt 7 in Bild 3.68)



1	Geschützte Seite
2	Feld
3	Ex-Bereich Zone 1,2
4	Geschützter Sensor
5	Signalquelle
6	Einkopplung
7	Überspannungsschutzgerät am Sensor (z.B. FDB)
8	Überspannungsschutzgerät vor der Signalquelle (z.B. MDP)

Bild 3.68: Anwendungsbeispiel – Schutz einer MSR-Signalleitung im EX-Bereich



Bild 3.69: Schutz eines ISDN + DSL-Anschlusses mittels TeleDefender

3.3.2.3 Telekommunikation

Die Einsatzgebiete der Telekommunikation sind heute vielseitig. Viele Menschen verbinden den Begriff ausschließlich mit dem klassischen Telefon. Doch das Spektrum reicht viel weiter. Der Begriff bezeichnet vielmehr die Übertragung jeglicher Informationen mittels technischer Infrastrukturen über eine bestimmte Distanz. Bspw. gehört das Feld der Hochgeschwindigkeitsübertragungen per Glasfaser genau so zum Thema Telekommunikation wie das Versenden eines Faxes.

Telefonsysteme

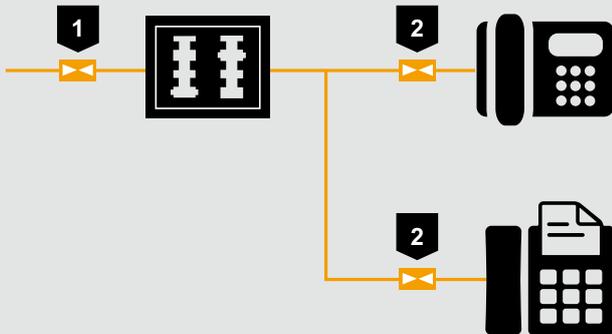
Die heutigen Telefonsysteme sind vielfach auch Schnittstellen für verschiedene Datendienste wie z. B. das Internet. Viele technische Endgeräte, die diesen Zugang ermöglichen, sind direkt in die Leitungen geschaltet und müssen dementsprechend in das Überspannungsschutzkonzept einbezogen werden. Da es mittlerweile verschiedene Systeme gibt, muss der Schutz dieser Geräte selektiv ausgewählt werden. Man unterscheidet zwischen drei wesentlichen Systemen.

Standard-Analog-Anschluss

Der Standard-Analog-Anschluss bietet keine Zusatzdienste wie andere Systeme. Ein Telefon, oder auch mehrere, werden sternförmig verdrahtet und klingeln bei einem eingehenden Anruf gleichzeitig. Der Zugang über das Internet erfolgt über ein separates Modem. Da der Analog-Anschluss ohne technisches Zubehör nur einen Kanal zur Verfügung stellt, ist während des Telefonierens kein Zugang zum Internet bzw. während des Surfers im Internet kein Telefongespräch möglich.

ISDN (Integrated Services Digital Network System)

Im Gegensatz zum analogen Anschluss bietet ISDN über ein spezielles Bus-System (S0-Bus), das zwei Kanäle zur Verfügung stellt, die Möglichkeit, zwei Gespräche gleichzeitig zu führen. Es ist dem Anwender somit auch möglich, während des Telefonierens im Internet zu surfen, und dies mit höheren Datenraten als beim analogen Anschluss (64 kBit/s bei einem Kanal). Darüber hinaus bietet ISDN andere Dienste wie Makeln, Rückruf usw.



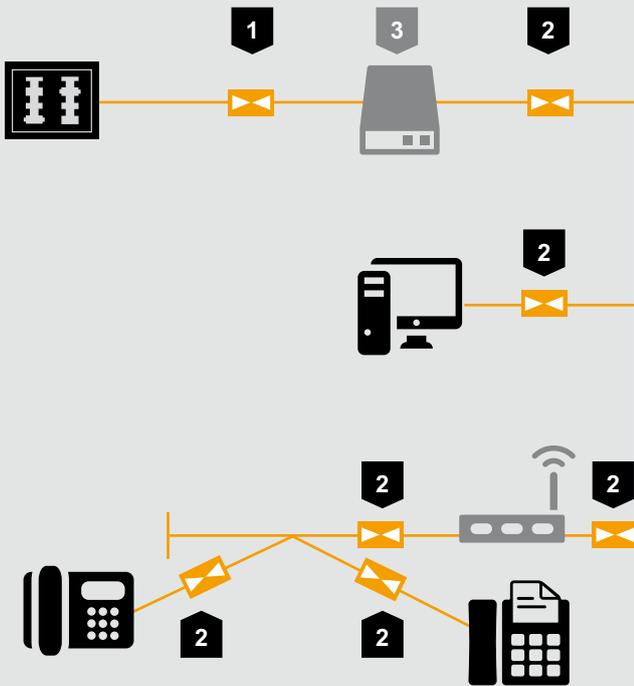
	Gerät	Artikel Nr.
1	TKS-B oder TD-4/I	5097 97 6 5081 69 0
2	RJ11-TELE 4-F	5081 97 7

Bild 3.70: Schutz eines analogen Telefonanschlusses

Analog Anschluss (Bild 3.70)

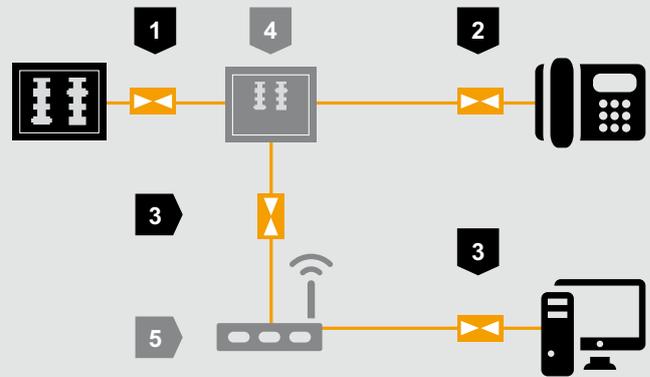
Analoges Telefon-System

- Eine Leitung (Ohne Systemanschluss)
- Geringer Datendurchsatz (56 kbit/s)



	Gerät	Artikel Nr.
1	TKS-B oder TD-4/I	5097 97 6 5081 69 0
2	ND-CAT6A/EA	5081 80 0
3	NTBA	-

Bild 3.71: Schutz eines ISDN-Anschlusses



	Gerät	Artikel Nr.
1	TKS-B oder TD-2D-V	5097 97 6 5081 69 8
2	RJ11-TELE 4-F	5081 97 7
3	ND-CAT6A/EA	5081 80 0
4	Splitter	-
5	DSL Modem	-

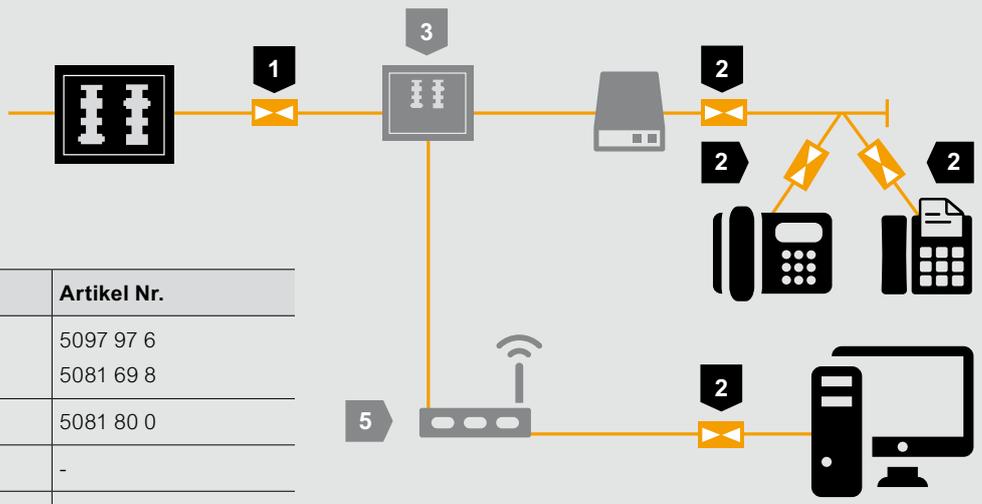
Bild 3.72: Schutz eines DSL+ analogen Telefonanschlusses

DSL-System (Digital Subscriber Line)

Das wohl mittlerweile meist verwendete System ist das DSL-System. Über Splitter werden Sprach- und Datenkanal voneinander getrennt und der Datenkanal wird auf ein spezielles Modem (NTBBA) geführt, das über eine Netzwerkkarte mit dem PC verbunden ist. Die Datenrate des DSL-Systems liegt über dem Analog- und ISDN-System und erlaubt somit ein schnelles Herunterladen von Musik und Filmen aus dem Internet.

Da es beim DSL auch verschiedene Varianten wie ADSL und SDSL gibt, wird das allgemeine DSL auch als XDSL bezeichnet. XDSL erlaubt die Verwendung von analogen Telefonen ohne zusätzliche Hardware sowie eine Kombination mit ISDN. Im folgenden Schaltbild ist dargestellt, wie man einen typischen ISDN- / Analog- + DSL-Anschluss schützen kann. (Bild 3.70-3.74) Einen umfassenden Überblick finden Sie in den Auswahlhilfen ab Seite 196.

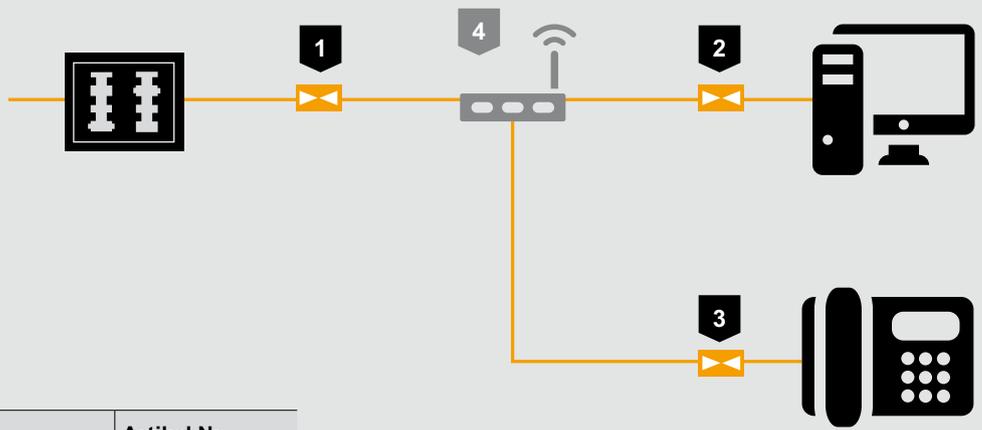
DSL Anschluss in Kombination mit einem ISDN-Anschluss



	Gerät	Artikel Nr.
1	TKS-B oder TD-2D-V	5097 97 6 5081 69 8
2	ND-CAT6A/EA	5081 80 0
3	NTBA	-
4	Splitter	-
5	DSL Modem	-

Bild 3.73: Schutz eines ISDN + DSL-Anschlusses mittels TeleDefender

IP-Anschluss



	Gerät	Artikel Nr.
1	TD-2D-V	5081 69 8
2	ND-CAT6A/EA	5081 80 0
3	ND-CAT6A/EA (IP-/ISDN- Telefon)	5081 80 0
3	RJ11-TELE 4-F (analoges Telefon)	5081 97 7
4	IP-Modem	-

Bild 3.74: Schutz eines IP-Anschlusses

3.3.2.4 Hochfrequenztechnik

Die Hochfrequenztechnik findet häufig Anwendung in Systemen zur drahtlosen Übertragung von Informationen wie Sprach-, Daten- oder Videoanwendungen. Ein paar der bekanntesten Technologien werden in dieser Sektion aufgeführt:

GSM

GSM steht für Global System for Mobile Communications und ist ein weltweiter Standard für voll-digitale Mobilkommunikation. Das Einsatzgebiet liegt hauptsächlich in der reinen Telefonie zwischen Mobilfunkteilnehmern. Es bietet aber auch die Möglichkeit, von leitungs- und paketvermittelte Datenübertragung. GSM wurde 1992 in Deutschland eingeführt.

UMTS / LTE

Das Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) ermöglicht im Vergleich zu GSM einen viel höheren Datendurchsatz. Der Standard der dritten Generation ermöglicht eine Übertragungsgeschwindigkeit von 42 Mbit/s bei HSDPA+ bzw. bis zu 300 Mbit mit dem Standard der vierten Generation LTE (Long Term Evolution). LTE wird auch dazu genutzt, ländliche Regionen mit Breitbanddatendiensten zu versorgen und die sogenannten „weißen Flecke“ (Regionen mit weniger als 1 Mbit/s Datenanschluss) zu beseitigen.

TETRA / BOS

TETRA ist ein Standard für digitalen Bündelfunk und bedeutet terrestrial trunked radio. Mit dieser Technologie können nicht nur klassische Sprachübertragungen übermittelt werden, sondern auch Daten-, Signalisierungs- und Positionierungsdienste. Es ist somit vielseitig einsetzbar. Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) nutzen ebenfalls diesen Dienst.

GPS

Das Global Positioning System ist ein Satellitensystem zur Positionsbestimmung. Der wohl bekannteste Einsatzbereich dieser Technik ist der in Navigationssystemen.

SAT-TV

SAT-TV nutzt wie GPS ein Satellitensystem als Übertragungstechnik und dient zur Übermittlung von analogen und digitalen Fernsehprogrammen. Zum Empfang wird eine Satellitenschüssel und ein LNB (Low Noise Block) benötigt, welcher die Frequenzen der Satellitenübertragung in Frequenzen umwandelt, die in Koaxialkabeln genutzt werden können.



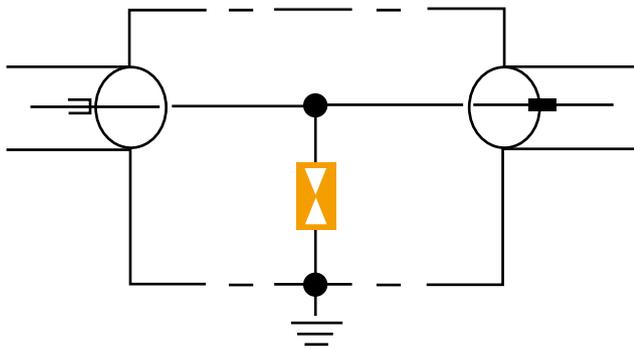


Bild 3.75: Koaxiales Überspannungsschutzgerät mit Gasableiter

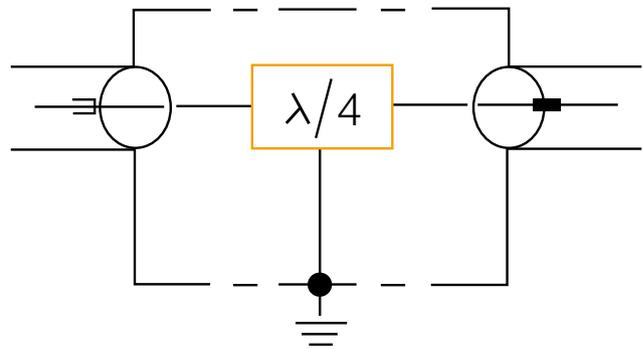


Bild 3.76: Koaxiales Überspannungsschutzgerät mit Lambda/4 Technologie

Diese empfindlichen Hochfrequenzsysteme müssen vor Blitzströmen und Überspannungen geschützt werden. Hier bieten sich z. B. die DS-Koaxialüberspannungsableiter von OBO Bettermann an. Diese zeichnen sich durch ein optimales Übertragungsverhalten mit niedrigen Dämpfungswerten aus und werden seriell in den Übertragungsweg eingebunden. Sie sind verfügbar für alle gängigen Anschlüsse. Bei koaxialen Ableitern unterscheidet man zwischen Überspannungsschutzgeräten mit Gasableiter oder mit Lambda/4-Technologie.

Koaxiale Überspannungsschutzgeräte mit Gasableiter

Die erste Variante sind koaxiale Überspannungsschutzgeräte mit Gasableiter. (Bild 3.75) Über diese ist es möglich, ab einer Frequenz von 0 Hz bzw. DC zu übertragen. Sie sind für so gut wie alle Stecksysteme verfügbar. Die Einsatzgebiete sind somit vielseitig. Zudem lässt sich der Gasableiter bei Defekt austauschen. Durch die Kapazität des Gasableiters sind sie allerdings in ihrer Bandbreite beschränkt: So liegt die Grenzfrequenz bei derzeit ca. 3 GHz. Es lassen sich also z. B. keine WLAN-Signale nach dem 802.11n-Standard mit einer Frequenz von bis zu 5,9 GHz übertragen.

Überspannungsableiter mit Lambda/4-Technologie

Eine andere Variante sind Überspannungsableiter mit Lambda/4-Technologie. (Bild 3.76) Diese Ableiter sind Bandpassfilter und lassen nur einen bestimmten Frequenzbereich passieren. Für Signale außerhalb des unterstützten Frequenzbereiches stellt dieser Ableitertyp einen galvanischen Kurzschluss dar. Der Vorteil dieser Technologie ist die Unterstützung von Frequenzen bis ca. 6 GHz und der sehr geringe Schutzpegel von ca. 30 V. Zudem haben sie nahezu keinen Wartungsaufwand, da der Einsatz eines Gasableiters entfällt.

Der Nachteil ist, dass sich keine DC-Speisespannung auf der Signalleitung übertragen lässt und der Einsatzbereich meist nur auf eine Applikation beschränkt ist, je nachdem, ob die benötigten Frequenzen im unterstützten Frequenzbereich liegen.

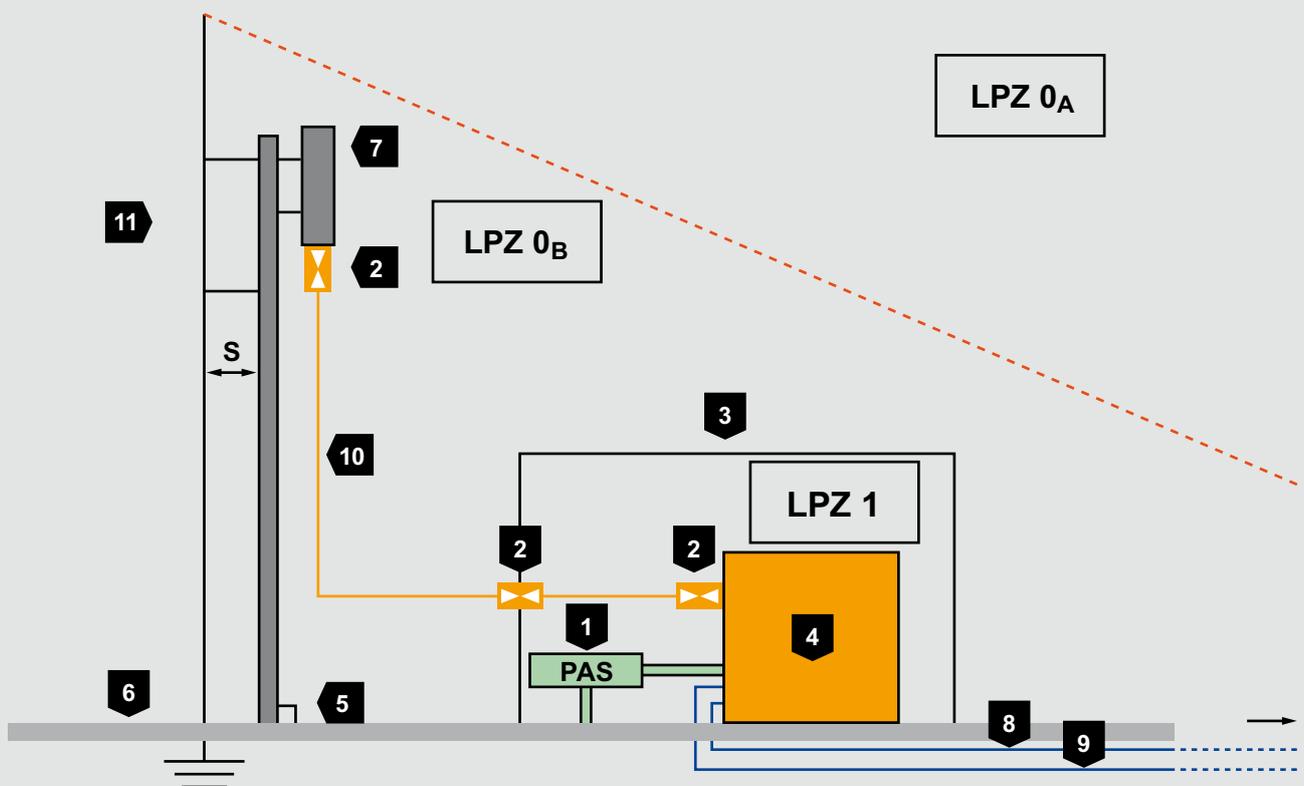
Normen zum Blitzschutz von Antennenanlagen

Die Richtlinien zum Anschluss einer Antenne (Bild 3.77) an die Blitzschutzanlage sind in verschiedenen Normen beschrieben:

- DIN EN 60728-11 VDE 0855-1:2011
Nach DIN EN 60728-11 VDE 0855-1:2011-06
Erlaubt zu Abschnitt 11, ersetzt die Antennen-
anlage keine Blitzschutzanlage. Das Auftreten
von Teilblitzströmen durch Direkteinschlag und
induktive Einkopplung ist bekannt. Im Falle eines
nicht getrennten Blitzschutzes beschreibt diese
Norm die Mindestanforderungen.

- IEC 62305-3 DIN VDE 0185-305-3
Der Antennenmast auf dem Dach einer baulichen
Anlage sollte nur mit der Fangeinrichtung verbun-
den werden, wenn die Antennenanlage nicht im
Schutzbereich der Fangeinrichtung liegt. Um
Überspannungen zu begrenzen, sollten Über-
spannungsschutzgeräte installiert werden.

Wie Blitzschutz bei einer Antennenanlage realisiert werden kann, zeigt folgendes Bild:



1	Potentialausgleichsschiene (Energie- und Datentechnik)
2	Koaxiale Schutzgeräte (variabel)
3	Geschirmtes Gebäude
4	Sender/ Empfänger
5	Anschlussfahne
6	Fundamenterder
7	Antenne
8	Energieleitung
9	Datenleitung
10	Koaxialleitung
11	Fangeinrichtung mit Trennungsabstand (s)

Bild 3.77 Schutz einer Antennenanlage

Wegen des isolierten Aufbaus fließt kein Teilblitzstrom über die Antennenleitung. (Bild 3.78) Voraussetzung ist, dass der Trennungsabstand (s) eingehalten wird. Am Gebäudeeintritt müssen Energie- und Datenleitung in den Blitzschutzpotentialausgleich einbezogen werden. Bei Direkteinschlag in die isolierte Fangeinrichtung kann es aufgrund des Potentialanstiegs am Erder sowie der unterschiedlichen Erdungssysteme zu Teilblitzströmen auf dem Kabel kommen. Hier sind gezielt Blitzstromableiter einzusetzen. Um Überschläge vom Schirm des Kabels auf die Signalleitung zu vermeiden, gleicht der Blitzstromableiter die Potenziale von Schirm und Signalleitung aus.

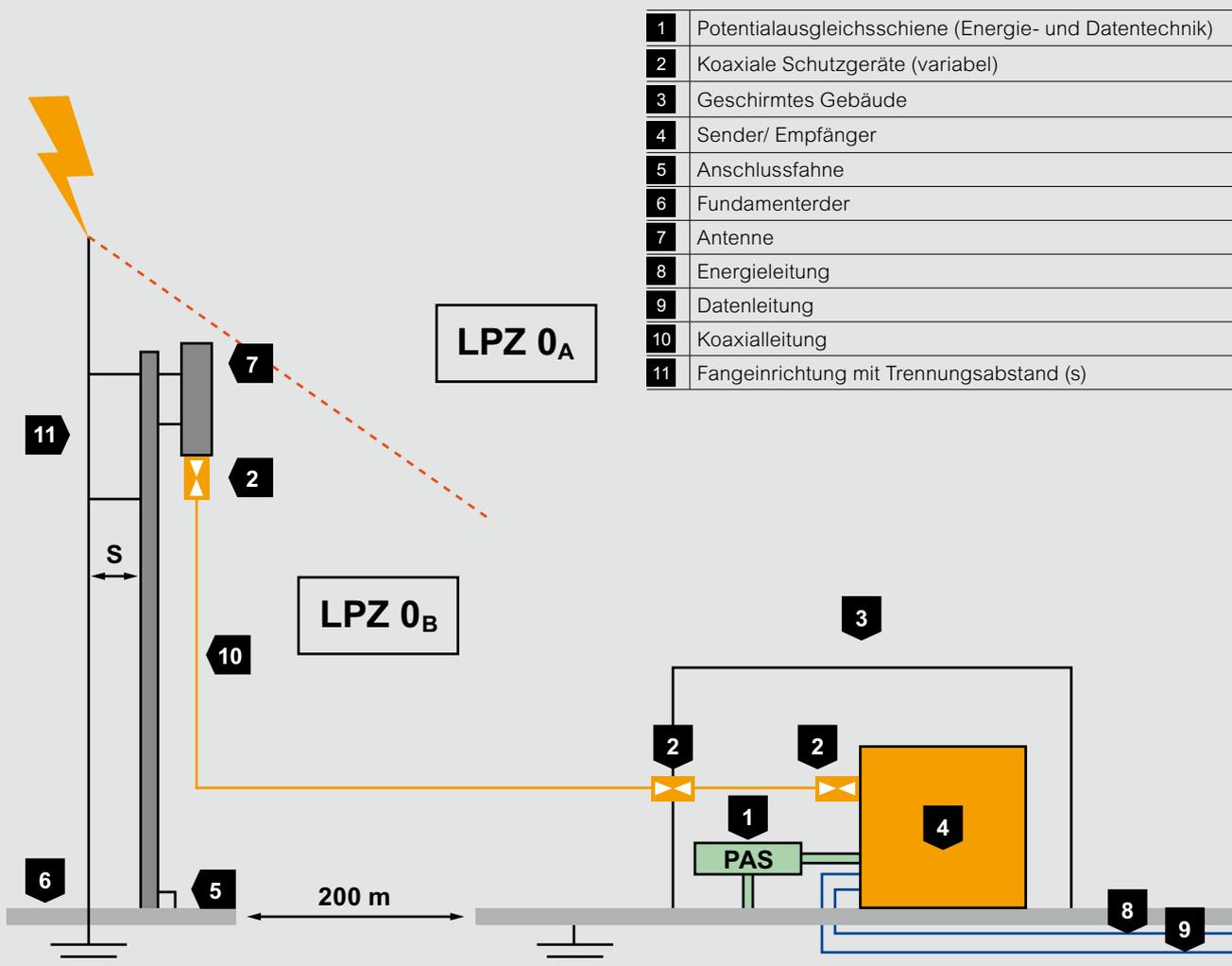
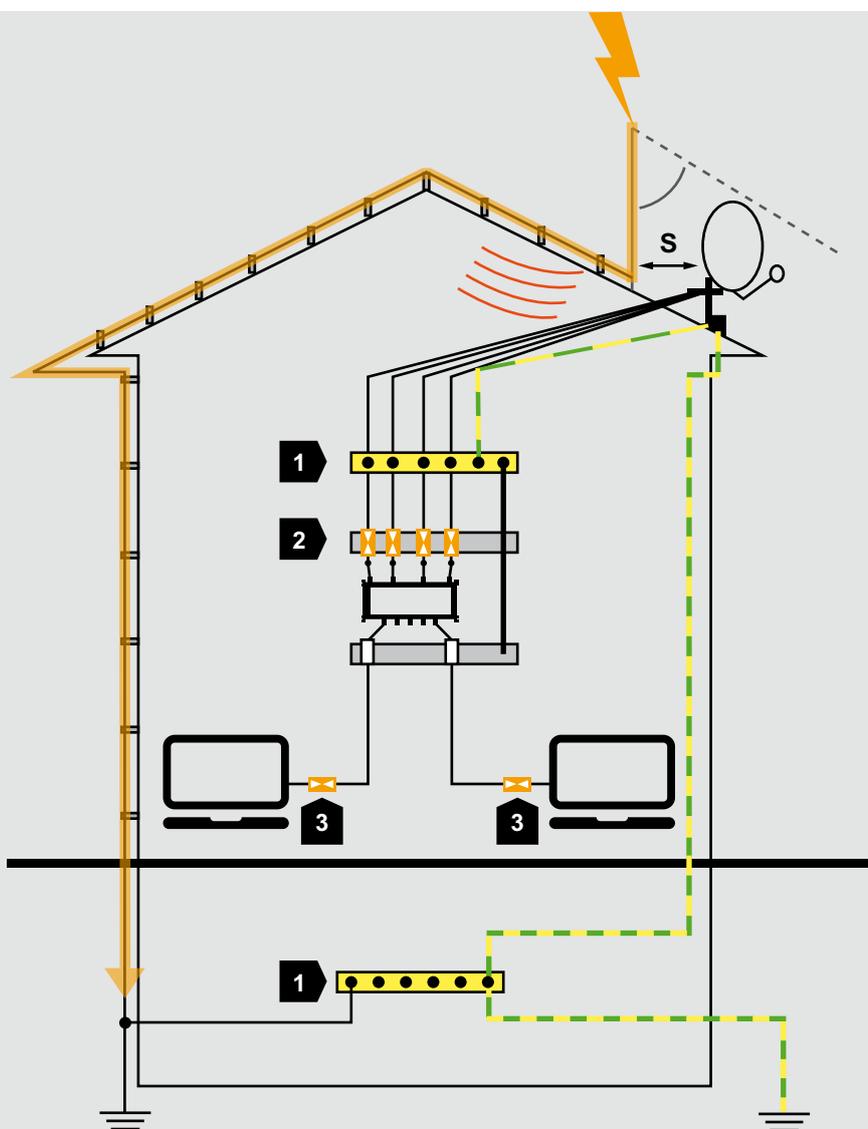


Bild 3.78: Isolierter Blitzschutz an Antennenanlage und unterschiedlichen Erdungssystemen

Satelliten-Anlagen (Bild 3.79)

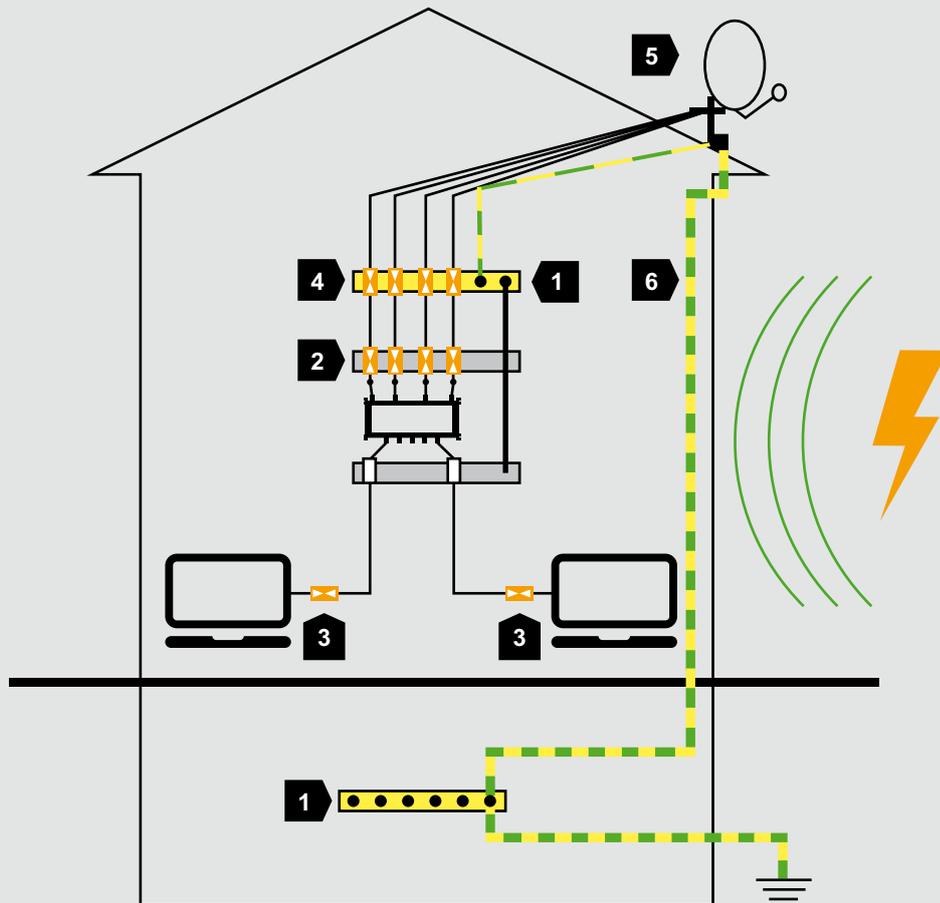
SAT-Anlagen bzw. Antennen gehören zu Objekten, die häufig auf Dächern installiert und als exponierte Objekte neben den Fangstangen ausgeführt sind. Gerade aus diesem Grund müssen diese Anlagen vor direkten Blitzeinschlägen mittels Fangstangen geschützt werden, um nicht selber als Blitzfangeinrichtung zu dienen. Idealerweise befindet sich nach Aufbau des Blitzschutzsystems die SAT-Antenne innerhalb des Schutzwinkels der Fangstange. In diesem Falle besteht keine Gefahr von einem Direkteinschlag in die SAT-Leitungen.

Jedoch werden bei einem Einschlag in die Fangstange Überspannungen eingekoppelt. Diese Überspannungen können beispielsweise mit einem Überspannungsschutzgerät wie dem OBO TV 4+1 (zum Schutz von bspw. Multiswitches) oder FC-SAT-D (zum Schutz eines TV-Gerätes) sicher auf einen für das zu schützende Gerät ungefährlichen Pegel begrenzt werden. Als wichtige Voraussetzung gilt, dass auch der Trennungsabstand (s) zwischen Fangstange und Antennenanlage eingehalten wird. Der Blitz- und Überspannungsschutz einer SAT-Anlage wird in folgendem Bild gezeigt:



	Gerät	Art.-Nr.
1	Potentialausgleichsschiene z. B. OBO 1801 VDE	5015 65 0
2	Koaxialer Überspannungsschutz z. B. TV 4+1	5083 40 0
3	Feinschutzgerät für SAT- und 230 V-Zuleitung z. B. OBO FC-SAT-D	5092 81 6

Bild 3.79: Stromverlauf bei Direkteinschlag in der Nähe einer SAT-Antenne



Gerät	Art.-Nr.
1 Potentialausgleichsschiene z. B. OBO 1801 VDE	5015 65 0
2 Koaxialer Überspannungsschutz z. B. TV 4+1	5083 40 0
3 Feinschutzgerät für SAT- und 230 V-Zuleitung z. B. OBO FC-SAT-D	5092 81 6
4 Blitzstromableiter OBO DS-F	5093 27 5 / 5093 27 2
5 Antennenerdung 4mm ² Cu	-
6 Erdungsleiter mind. 16mm ² Cu	-

Bild 3.80: Induktion von Überspannung in ein SAT-System

Durch Koordination der Blitz- und Überspannungsschutz-Komponenten können Blitzströme und Überspannungen sicher abgeleitet werden. Besitzt das Gebäude keinen äußeren Blitzschutz, besteht durch die exponierte Installation der SAT-Anlage die Gefahr des Direkteinschlages wie bei einer Fangstange. Aus

diesem Grund muss der Überspannungsschutz mit Blitzstromableitern der Klasse D1 ergänzt werden. Neben der üblichen Antennenerdung mit 4mm² Cu, muss die Antennenanlage zusätzlich mit einem mind. 16mm² Cu Erdungsleiter mit der Haupterdungsschiene verbunden sein.

3.3.2.5 Datentechnik

Das Anwendungsgebiet der Datentechnik ist vielseitig. Es reicht von der einfachen Druckerinstallation am PC bis hin zu komplexen Rechnernetzen mit mehreren tausend Clients. Dabei muss unabhängig vom tatsächlich vorliegenden Szenario der Einsatz von Überspannungsschutz unter Berücksichtigung der Datenschnittstellen sorgfältig geplant werden.

Ethernet

Ethernet ist heutzutage die Standardtechnologie bei vernetzten Rechnersystemen. Die spezifizierten Datenübertragungsraten reichen von 10 Mbit/s bis aktuell 10 Gbit/s und können sowohl über klassische Kupferleitungen als auch über Glasfaserleitungen übertragen werden. Auch Kabel- und Steckerformen wie der RJ45-Anschluss sind in diesem Standard eingebunden.

Schnittstellen

Externe Geräte wie Drucker, Scanner oder auch Steueranlagen, die über serielle bzw. parallele Schnittstellen angesteuert werden, müssen zusätzlich in das Überspannungsschutzkonzept eingebunden werden.

Es gibt eine Vielzahl von Schnittstellen für unterschiedliche Anwendungen: von Busleitungen für die Telekommunikation und den Datenaustausch bis hin zu einfachen Endgeräten wie Drucker oder Scanner. OBO bietet auch hier eine Vielzahl an Schutzgeräten, die sich je nach Art der Anwendung kinderleicht installieren lassen.

• RS232-Schnittstelle

Die RS232 ist eine häufig verwendete Schnittstelle. Oft wird sie zum Beispiel für Modems und andere Peripheriegeräten verwendet. Weitgehend verdrängt wurde dieser Anschluss mittlerweile jedoch durch die USB-Schnittstelle. Für Steuerleitungen wird allerdings nach wie vor häufig der RS232-Standard genutzt.

• RS422-Schnittstelle

RS422 ist ein serieller Hochgeschwindigkeits-Standard, der für die Kommunikation zwischen maximal zehn Teilnehmern geeignet ist und busförmig ausgelegt wird. Das System kann für maximal acht Datenleitungen ausgelegt werden, wobei immer zwei als Sende- und Empfangsleitungen verwendet werden.

• RS485-Schnittstelle

Die Industrie-Bus-Schnittstelle RS485 unterscheidet sich nur geringfügig von der RS422. Der Unterschied liegt darin, dass die RS485 mithilfe eines Protokolls den Anschluss mehrerer Sender und Empfänger (bis zu 32 Teilnehmer) erlaubt. Die maximale Länge dieses Bussystems liegt bei der Verwendung von Twisted-Pair-Kabeln bei rund 1,2 km bei einer Datenrate von 1 MBit/s (abhängig von den seriellen Controllern).

• TTY-System

Im Gegensatz zu der RS232 oder anderen seriellen Schnittstellen ist das TTY-System nicht spannungsgesteuert, sondern liefert einen eingepprägten Strom (4-20mA). Auf diese Weise können Leitungslängen von bis zu mehreren hundert Metern realisiert werden.

• V11-Schnittstelle

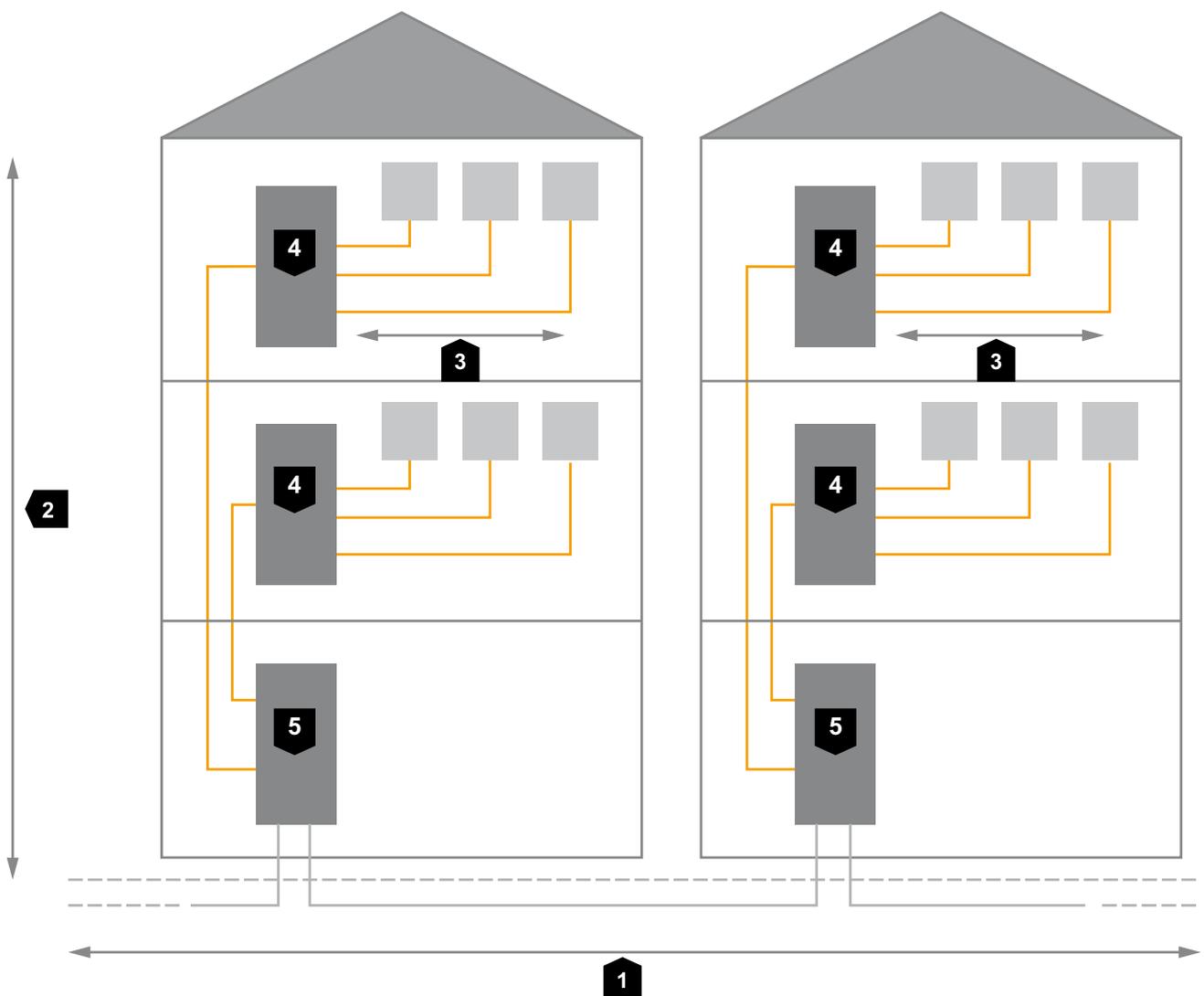
V11 ist die deutsche Bezeichnung für die RS422. Die amerikanische Benennung ist allerdings die gebräuchlichere.

• V24-Schnittstelle

V24 ist die deutsche Bezeichnung für die RS232. Die amerikanische Benennung ist allerdings die gebräuchlichere.

Strukturierte Verkabelung

Der Standard der strukturierten Verkabelung legt fest, wie eine universelle Gebäudeverkabelung (UGV) realisiert wird. Das Wort „universell“ legt dabei den Schwerpunkt auf eine anwendungsneutrale Verkabelung. Das heißt, dass die Leitungen nicht nur für einen bestimmten Dienst wie z. B. ausschließlich Netzwerkverbindungen installiert werden, sondern für viele unterschiedliche (Sprache, Daten, Audio, Fernmeldeanlagen, MSR, ...). Der Vorteil ist, dass sich die Anwendung der Leitung ohne Aufwand schnell wechseln lässt, ohne neue Leitungen installieren zu müssen. Dieser Standard ist nach CENELEC EN 50173-1 genormt.



1	Primärverkabelung
2	Sekundärverkabelung
3	Tertiärverkabelung
4	EV: Etagenverteiler
5	GV: Gebäudeverteiler

Bild 3.81 Grundprinzip einer strukturierten Verkabelung

Eine strukturierte Verkabelung ist in drei Teilbereiche gegliedert:

1. Primärverkabelung

Die Primärverkabelung dient zur Verbindung von Gebäudekomplexen (horizontal). Der Anschlusspunkt ist der Gebäudeverteiler (GV). Ein Merkmal der Primärverkabelung kann eine große Entfernung aufgrund unterschiedlicher Standorte der Gebäude sein. Auch die Geschwindigkeit der Verbindung spielt eine wichtige Rolle. Damit hohe Übertragungsraten realisiert werden können, wird häufig in diesem Teilbereich auf die Glasfasertechnik als Übertragungsmedium gesetzt, da diese höhere Datenraten als die herkömmlichen Kupferleitungen bietet und zudem störunanfälliger gegenüber elektromagnetische Impulse ist.

2. Sekundärverkabelung

Als Sekundärverkabelung wird die Verbindung der einzelnen Stockwerke eines Gebäudes bezeichnet (vertikal). Die Etagenverteiler sind mit dem Gebäudeverteiler direkt verbunden und bieten gleichzeitig Anschlussmöglichkeiten für die verschiedenen Endgeräte bzw. Anschlussdosen. Als Übertragungsmedium wird auch hier auf die Glasfasertechnologie gesetzt.

3. Tertiärverkabelung

Als Übertragungsmedium wird hier alternativ zur Kupfer-Netzwerkverkabelung auf die Glasfasertechnologie gesetzt. Die innerhalb eines Stockwerkes realisierte Verkabelung von den Endgeräten bzw. Anschlussdosen zu den Etagenverteilern nennt man Tertiärverkabelung (horizontal). Hier werden verschiedene Übertragungsmedien eingesetzt. Bei Fiber-to-the-Desk liegt eine Glasfaserverbindung zwischen Etagenverteiler und Endgerät vor. Am weitesten verbreitet ist allerdings die klassische Verbindung per Twisted-Pair-Kabeln.

Um einen fehler- und zerstörungsfreien Betrieb dieser Infrastruktur zu gewährleisten, sollte Blitz- und Überspannungsschutz installiert werden. Gerade dann, wenn das zutreffende Gebäude mit einem äußeren Blitzschutz ausgerüstet ist, ist die Gefahr ausgehend von Blitzströmen und Überspannungen besonders hoch. Wird der Trennungsabstand (s) nicht eingehalten, kann es zu Überschlägen von der äußeren Ableitung auf innere Leitungen bspw. innerhalb eines Brüstungskanals kommen, die entlang der Gebäudewand installiert sind.

Bei Gebäuden mit einem äußeren Blitzschutz-System ist ein innerer Schutz gegen Blitzteilströme und Überspannungen notwendig.

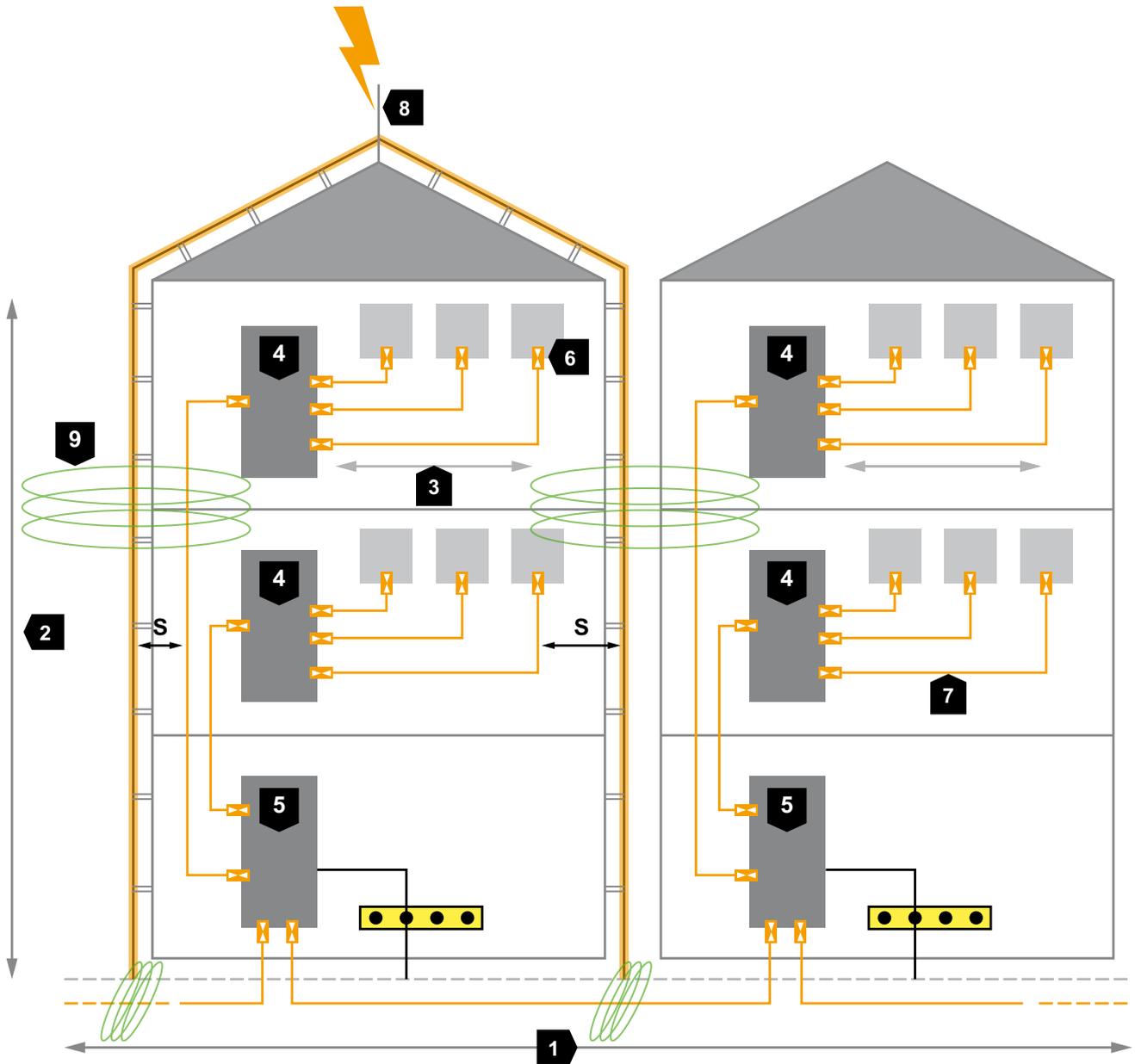


Bild 3.82: Prinzipielle Blitzstrom- und Überspannungsaufteilung in einem Gebäude mit strukturierter Verkabelung

1	Primärverkabelung
2	Sekundärverkabelung
3	Tertiärverkabelung
4	EV: Etagenverteiler
5	GV: Gebäudeverteiler
6	Überspannungsschutz
7	Datenleitungen (orange)
8	Äußerer Blitzschutz (grau)
9	Induktive Einkopplung

Das Schaubild zeigt nur den Schutz von Datenleitungen. Energieleitungen müssen zusätzlich geschützt werden.

Der Anschluss der Primärverkabelung an die Gebäudeverteiler sowie die Verbindungen von Gebäudeverteiler zu Etagenverteiler sind nur zu schützen, wenn als Leitungen Kupferkabel verwendet werden. Eine Ausnahme sind Lichtwellenleiter mit metallischen Elementen wie z. B. einem Nagetierschutz. Diese können ebenfalls Blitzströme und Überspannungen in das Gebäude einkoppeln. Diese Metalllemente müssen Blitzstromtragfähig an den Potentialausgleich angeschlossen werden.

Die folgenden Bilder zeigen, wie der OBO Net Defender zum Schutz von Netzwerkinfrastruktur und Endgeräten eingesetzt werden kann:



*Bild 3.82 Schutzvorschlag am Endgerät .
Um den Schutzpegel gering zu halten, nutzt das Überspannungsschutzgerät als PE-Verbindung den Schutzleiter des PC-Gehäuses*



*Bild 3.81 Schutzvorschlag am Switch mit Patchfeld.
Die Überspannungsschutzgeräte sind über die Hutschiene geerdet.*

Auswahlhilfe HF, Video und SAT-TV

Technologie	Anschluss	geschützte Adern	Frequenzbereich	Typ	Geschlecht	Art.-Nr.	Schutzart
CATV	F	1	0 - 863 MHz	DS-F	m/w	5093 27 5	Kombischutz
					w/w	5093 27 2	Kombischutz
DCF 77	SMA	1	0 - 3,7 GHz	DS-SMA	w/w	5093 27 7	Kombischutz
	BNC	1	0 - 2,2 GHz	DS-BNC	m/w	5093 25 2	Kombischutz
					w/w	5093 23 6	Kombischutz
					m/m	5093 26 0	Kombischutz
DCS 1800	SMA	1	0 - 3,7 GHz	DS-SMA	w/w	5093 27 7	Kombischutz
	N	1	0 - 3 GHz	DS-N	m/w	5093 99 6	Kombischutz
					w/w	5093 98 8	Kombischutz
	BNC	1	0 - 2,2 GHz	DS-BNC	m/w	5093 25 2	Kombischutz
					w/w	5093 23 6	Kombischutz
					m/m	5093 26 0	Kombischutz
DOCSIS	F	1	0-863 MHz	DS-F	m/w	5093 27 5	Kombischutz
					w/w	5093 27 2	Kombischutz
DVB-T / Terrestrisch	F	1	0-863 MHz	DS-F	m/w	5093 27 5	Kombischutz
					w/w	5093 27 2	Kombischutz
	F	1	0,5 - 2,8 GHz	TV4+1	w	5083 40 0	Feinschutz
Funkanlagen	UHF	1	0 - 1,3 GHz	S-UHF	m/w	5093 02 3	Kombischutz
					w/w	5093 01 5	Kombischutz
	BNC	1	0 - 2,2 GHz	DS-BNC	m/w	5093 25 2	Kombischutz
					w/w	5093 23 6	Kombischutz
					m/m	5093 26 0	Kombischutz
	N	1	0 - 3 GHz	DS-N	m/w	5093 99 6	Kombischutz
					w/w	5093 98 8	Kombischutz
	SMA	1	0 - 3,7 GHz	DS-SMA	w/w	5093 27 7	Kombischutz
	7/16	1	0 - 3 GHz	DS-7 16	m/w	5093 17 1	Kombischutz
	F	1	0 - 863 MHz	DS-F	m/w	5093 27 5	Kombischutz
				w/w	5093 27 2	Kombischutz	
	TNC	1	0 - 4 GHz	DS-TNC	m/w	5093 27 0	Kombischutz
GPS	SMA	1	0 - 3,7 GHz	DS-SMA	w/w	5093 27 7	Kombischutz
	BNC	1	0 - 2,2 GHz	DS-BNC	m/w	5093 25 2	Kombischutz
					w/w	5093 23 6	Kombischutz
					m/m	5093 26 0	Kombischutz
	N	1	0 - 3 GHz	DS-N	m/w	5093 99 6	Kombischutz
					w/w	5093 98 8	Kombischutz
	7/16	1	0 - 3 GHz	DS-7 16	m/w	5093 17 1	Kombischutz
	TNC	1	0 - 4 GHz	DS-TNC	m/w	5093 27 0	Kombischutz
GSM 900 / 1800	SMA	1	0 - 3,7 GHz	DS-SMA	w/w	5093 27 7	Kombischutz
	BNC	1	0 - 2,2 GHz	DS-BNC	m/w	5093 25 2	Kombischutz
					w/w	5093 23 6	Kombischutz
					m/m	5093 26 0	Kombischutz
	N	1	0 - 3 GHz	DS-N	m/w	5093 99 6	Kombischutz
					w/w	5093 98 8	Kombischutz
	TNC	1	0 - 4 GHz	DS-TNC	m/w	5093 27 0	Kombischutz
	7/16	1	0 - 3 GHz	DS-7 16	m/w	5093 17 1	Kombischutz

Auswahlhilfe HF, Video und SAT-TV

Technologie	Anschluss	geschützte Adern	Frequenzbereich	Typ	Geschlecht	Art.-Nr.	Schutzart
LTE	SMA	1	0 - 3,7 GHz	DS-SMA	w/w	5093 27 7	Kombischutz
	N	1	0 - 3 GHz	DS-N	m/w	5093 99 6	Kombischutz
					w/w	5093 98 8	Kombischutz
	TNC	1	0 - 4 GHz	DS-TNC	m/w	5093 27 0	Kombischutz
	7/16	1	0 - 3 GHz	DS-7 16	m/w	5093 17 1	Kombischutz
PCS 1900	SMA	1	0 - 3,7 GHz	DS-SMA	w/w	5093 27 7	Kombischutz
	BNC	1	0 - 2,2 GHz	DS-BNC	m/w	5093 25 2	Kombischutz
					w/w	5093 23 6	Kombischutz
					m/m	5093 26 0	Kombischutz
	N	1	0 - 3 GHz	DS-N	m/w	5093 99 6	Kombischutz
					w/w	5093 98 8	Kombischutz
	7/16	1	0 - 3 GHz	DS-7 16	m/w	5093 17 1	Kombischutz
SAT-TV	F	1	0 - 863 MHz	DS-F	m/w	5093 27 5	Kombischutz
					w/w	5093 27 2	Kombischutz
	F	1	0,5 - 2,8 GHz	TV4+1	w	5083 40 0	Feinschutz
	F	3	0 - 863 MHz	FC-SAT-D	m/w	5092 81 6	Feinschutz
C-Band	N	1	0 - 6 GHz	DS-N-6	m/w	5093 98 8	Kombischutz
Sky DSL	F	1	0 - 863 MHz	DS-F	m/w	5093 27 5	Kombischutz
					w/w	5093 27 2	Kombischutz
TETRA / BOS	SMA	1	0 - 3,7 GHz	DS-SMA	w/w	5093 27 7	Kombischutz
	BNC	1	0 - 2,2 GHz	DS-BNC	m/w	5093 25 2	Kombischutz
					w/w	5093 23 6	Kombischutz
					m/m	5093 26 0	Kombischutz
	N	1	0 - 3 GHz	DS-N	m/w	5093 99 6	Kombischutz
					w/w	5093 98 8	Kombischutz
	7/16	1	0 - 3 GHz	DS-7 16	m/w	5093 17 1	Kombischutz
TV	F	1	0 - 863 MHz	DS-F	m/w	5093 27 5	Kombischutz
					w/w	5093 27 2	Kombischutz
	F	3	0 - 863 MHz	FC-TV-D	m/w	5092 80 8	Feinschutz
UMTS	SMA	1	0 - 3,7 GHz	DS-SMA	w/w	5093 27 7	Kombischutz
	BNC	1	0 - 2,2 GHz	DS-BNC	m/w	5093 25 2	Kombischutz
					w/w	5093 23 6	Kombischutz
					m/m	5093 26 0	Kombischutz
	N	1	0 - 3 GHz	DS-N	m/w	5093 99 6	Kombischutz
					w/w	5093 98 8	Kombischutz
		TNC	1	0 - 4 GHz	DS-TNC	m/w	5093 27 0
	7/16	1	0 - 3 GHz	DS-7 16	m/w	5093 17 1	Kombischutz
Video/CCTV	BNC	1	0 - 65 MHz	Koax B-E2 MF-F	m/w	5082 43 2	Feinschutz
				Koax B-E2 MF-C	m/w	5082 43 0	Kombischutz
	BNC	1	0 - 160 MHz	Koax B-E2 FF-F	m/m	5082 43 4	Feinschutz
	RJ45 + Power	8/2	0 - 100 MHz	PND-2in1-F	-	5081 06 0	Feinschutz
WLAN (2,4 GHz)	SMA	1	0 - 3,7 GHz	DS-SMA	w/w	5093 27 7	Kombischutz
	N	1	0 - 3 GHz	DS-N	m/w	5093 99 6	Kombischutz
					w/w	5093 98 8	Kombischutz
	TNC	1	0 - 4 GHz	DS-TNC	m/w	5093 27 0	Kombischutz
WLAN (> 5 GHz) Standard: a/h, n, ac	N	1	0 - 6 GHz	DS-N-6	m/w	5093 98 8	Kombischutz
WiMAX	N	1	0 - 6 GHz	DS-N-6	m/w	5093 98 8	Kombischutz

Auswahlhilfe Datentechnik

Technologie	Anschluss	geschützte Adern	Typ	Art.-Nr.	Schutzart	
Arcnet	BNC	1	KoaxB-E2 FF-F	5082 43 4	Feinschutz	
	BNC	1	KoaxB-E2 MF-F	5082 43 2	Feinschutz	
	BNC	1	KoaxB-E2 MF-C	5082 43 0	Kombischutz	
ATM	RJ45	8	ND-CAT6A/EA	5081 80 0	Feinschutz	
	RJ45	8	RJ45 S-ATM 8-F	5081 99 0	Feinschutz	
Ethernet	bis Klasse 6A / EA	RJ45	ND-CAT6A/EA	5081 80 0	Feinschutz	
	bis Klasse 5 / D	RJ45	RJ45 S-ATM 8-F	5081 99 0	Feinschutz	
	10 Base 2 / 10 Base 5	BNC	1	KoaxB-E2 FF-F	5082 43 4	Feinschutz
		BNC	1	KoaxB-E2 MF-F	5082 43 2	Feinschutz
		BNC	1	KoaxB-E2 MF-C	5082 43 0	Kombischutz
Energie + Datenleitung	RJ45 + Power	8/2	PND-2in1-F	5081 06 0	Feinschutz	
FDDI, CDDI	RJ45	8	ND-CAT6A/EA	5081 80 0	Feinschutz	
	RJ45	8	RJ45 S-ATM 8-F	5081 99 0	Feinschutz	
Industrial Ethernet	RJ45	8	ND-CAT6A/EA	5081 80 0	Feinschutz	
	RJ45	8	RJ45 S-ATM 8-F	5081 99 0	Feinschutz	
	Aderanschluss	20	LSA-B-MAG	5084 02 0	Basisschutz	
	Aderanschluss	2	LSA-BF-180	5084 02 4	Kombischutz	
	Aderanschluss	2	LSA-BF-24	5084 02 8	Kombischutz	
Power over Ethernet	RJ45	8	ND-CAT6A/EA	5081 80 0	Feinschutz	
Token Ring	RJ45	8	ND-CAT6A/EA	5081 80 0	Feinschutz	
	RJ45	8	RJ45 S-ATM 8-F	5081 99 0	Feinschutz	
	BNC	1	KoaxB-E2 FF-F	5082 43 4	Feinschutz	
	BNC	1	KoaxB-E2 MF-F	5082 43 2	Feinschutz	
	BNC	1	KoaxB-E2 MF-C	5082 43 0	Kombischutz	
RS232, V24	Aderanschluss	2	MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Kombischutz	
	Aderanschluss	4	MDP-4 D-24-EX	5098 43 2	Kombischutz	
	Aderanschluss	2	FDB-2 24-M	5098 38 0	Kombischutz	
	Aderanschluss	2	FDB-2 24-N	5098 39 0	Kombischutz	
	Aderanschluss	2	FRD 24 HF	5098 57 5	Feinschutz	
	Aderanschluss	2	FRD 24	5098 51 4	Feinschutz	
	Aderanschluss	4	MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Kombischutz	
	Aderanschluss	4	MDP-4 D-24-EX	5098 43 2	Kombischutz	
	Aderanschluss	4	ASP-V24T 4	5083 06 0	Feinschutz	
	Stecker	9	SD09-V24 9	5080 05 3	Feinschutz	
	Stecker	15	SD15-V24 15	5080 15 0	Feinschutz	
	Stecker	25	SD25-V24 25	5080 27 4	Feinschutz	
	VG Any LAN	RJ45	8	ND-CAT6A/EA	5081 80 0	Feinschutz
Voice over IP	RJ45	8	ND-CAT6A/EA	5081 80 0	Feinschutz	
4-adrige informationstechnische Systeme	RJ45	4	RJ45 S-E100 4-B	5081 00 1	Basisschutz	
	RJ45	4	RJ45 S-E100 4-C	5081 00 3	Kombischutz	
	RJ45	4	RJ45 S-E100 4-F	5081 00 5	Feinschutz	

Auswahlhilfe Telekommunikation

Technologie	Anschluss	geschützte Adern	Montage / Bemerkung	Typ	Art.-Nr.	Schutzart
a/b - analog	RJ11	4	diverse	RJ11-TELE 4-C	5081 97 5	Kombischutz
	RJ11	4	diverse	RJ11-TELE 4-F	5081 97 7	Feinschutz
	RJ45	4	diverse	RJ45-TELE 4-C	5081 98 2	Kombischutz
	RJ45	4	diverse	RJ45-TELE 4-F	5081 98 4	Feinschutz
	Aderanschluss	2	Hutschiene	TD-2/D-HS	5081 69 4	Kombischutz
	Aderanschluss	4	Wandmontage	TD-4/I	5081 69 0	Kombischutz
	Aderanschluss	4	Wandmontage	TD-4/I-TAE-F	5081 69 2	Kombischutz
	Aderanschluss	2	Wandmontage	TD-2D-V	5081 69 8	Kombischutz
	Aderanschluss	20	LSA	LSA-B-MAG	5084 02 0	Basisschutz
	Aderanschluss	2	LSA	LSA-BF-180	5084 02 4	Kombischutz
	Aderanschluss	2	Hutschiene	TKS-B	5097 97 6	Basisschutz
	Aderanschluss	2	Steckdose	FC-TAE-D	5092 82 4	Feinschutz
ADSL	Aderanschluss	20	LSA	LSA-B-MAG	5084 02 0	Basisschutz
	Aderanschluss	2	LSA	LSA-BF-180	5084 02 4	Kombischutz
	Aderanschluss	2	Hutschiene	TD-2/D-HS	5081 69 4	Kombischutz
	Aderanschluss	4	Wandmontage	TD-4/I	5081 69 0	Kombischutz
	Aderanschluss	4	Wandmontage	TD-4/I-TAE-F	5081 69 2	Kombischutz
	Aderanschluss	2	Wandmontage	TD-2D-V	5081 69 8	Kombischutz
	Aderanschluss	2	Hutschiene	TKS-B	5097 97 6	Basisschutz
ADSL2+	Aderanschluss	20	LSA	LSA-B-MAG	5084 02 0	Basisschutz
	Aderanschluss	2	LSA	LSA-BF-180	5084 02 4	Kombischutz
	Aderanschluss	2	Wandmontage	TD-2D-V	5081 69 8	Kombischutz
	Aderanschluss	2	Hutschiene	TKS-B	5097 97 6	Basisschutz
SDSL / SHDSL	Aderanschluss	20	LSA	LSA-B-MAG	5084 02 0	Basisschutz
	Aderanschluss	2	LSA	LSA-BF-180	5084 02 4	Kombischutz
	Aderanschluss	2	Wandmontage	TD-2D-V	5081 69 8	Kombischutz
	Aderanschluss	2	Hutschiene	TKS-B	5097 97 6	Basisschutz
VDSL	Aderanschluss	20	LSA	LSA-B-MAG	5084 02 0	Basisschutz
	Aderanschluss	2	LSA	LSA-BF-180	5084 02 4	Kombischutz
	Aderanschluss	2	Wandmontage	TD-2D-V	5081 69 8	Kombischutz
	Aderanschluss	2	Hutschiene	TKS-B	5097 97 6	Basisschutz
VDSL2	Aderanschluss	20	LSA	LSA-B-MAG	5084 02 0	Basisschutz
	Aderanschluss	2	LSA	LSA-BF-180	5084 02 4	Kombischutz
	Aderanschluss	2	Wandmontage	TD-2D-V	5081 69 8	Kombischutz
	Aderanschluss	2	Hutschiene	TKS-B	5097 97 6	Basisschutz
ISDN - Basisanschluss (U _{ko})	Aderanschluss	2	Hutschiene	TD-2/D-HS	5081 69 4	Kombischutz
	Aderanschluss	4	Wandmontage	TD-4/I	5081 69 0	Kombischutz
	Aderanschluss	4	Wandmontage	TD-4/I-TAE-F	5081 69 2	Kombischutz
	Aderanschluss	20	LSA / nur MIT LSA-A-LEI oder LSA-T-LEI verwendbar	LSA-B-MAG	5084 02 0	Basisschutz
	Aderanschluss	2	LSA / nur MIT LSA-A-LEI oder LSA-T-LEI verwendbar	LSA-BF-180	5084 02 4	Kombischutz
	Aderanschluss	2	Hutschiene	TKS-B	5097 97 6	Basisschutz
	RJ11	4	diverse	RJ11-TELE 4-C	5081 97 5	Kombischutz

Auswahlhilfe Telekommunikation

Technologie	Anschluss	geschützte Adern	Montage / Bemerkung	Typ	Art.-Nr.	Schutzart
ISDN - Basisanschluss (U_{k0})	RJ11	4	diverse	RJ11-TELE 4-F	5081 97 7	Feinschutz
	RJ45	4	diverse	RJ45-TELE 4-C	5081 98 2	Kombischutz
	RJ45	4	diverse	RJ45-TELE 4-F	5081 98 4	Feinschutz
ISDN - Basisanschluss (S_0)	RJ45	8	diverse	ND-CAT6A/EA	5081 80 0	Feinschutz
	Aderanschluss	20	LSA	LSA-B-MAG	5084 02 0	Basisschutz
	Aderanschluss	2	LSA	LSA-BF-180	5084 02 4	Kombischutz
	Aderanschluss	2	LSA	LSA-BF-24	5084 02 8	Kombischutz
	RJ11 / Stecker	4	Steckdose	FC-ISDN-D	5092 81 2	Feinschutz
ISDN - Primärmultiplexanschluss (S_{2m}/U_{2m})	RJ11	4	diverse	RJ11-TELE 4-C	5081 97 5	Kombischutz
	RJ11	4	diverse	RJ11-TELE 4-F	5081 97 7	Feinschutz
	RJ45	4	diverse	RJ45-TELE 4-C	5081 98 2	Kombischutz
	RJ45	4	diverse	RJ45-TELE 4-F	5081 98 4	Feinschutz
	Aderanschluss	20	LSA	LSA-B-MAG	5084 02 0	Basisschutz
	Aderanschluss	2	LSA	LSA-BF-180	5084 02 4	Kombischutz
Datex-P	Federklemme	4	Hutschiene	MDP-4 D-24-T-10	5098 43 3	Kombischutz
G.703 / G.704	RJ45	8	diverse	RJ45 S-ATM 8-F	5081 99 0	Feinschutz
	Aderanschluss	20	LSA	LSA-B-MAG	5084 02 0	Basisschutz
	Aderanschluss	2	LSA	LSA-BF-180	5084 02 4	Kombischutz
	Aderanschluss	2	LSA	LSA-BF-24	5084 02 8	Kombischutz
	Aderanschluss	2	Hutschiene	TKS-B	5097 97 6	Basisschutz
	Aderanschluss	2	Hutschiene	TD-2/D-HS	5081 69 4	Kombischutz
	Aderanschluss	4	Wandmontage	TD-4/I	5081 69 0	Kombischutz
	Aderanschluss	4	Wandmontage	TD-4/I-TAE-F	5081 69 2	Kombischutz
E1	RJ45	8	diverse	RJ45 S-ATM 8-F	5081 99 0	Feinschutz
	Aderanschluss	20	LSA	LSA-B-MAG	5084 02 0	Basisschutz
	Aderanschluss	2	LSA	LSA-BF-180	5084 02 4	Kombischutz
	Aderanschluss	2	LSA	LSA-BF-24	5084 02 8	Kombischutz
diverse TK-Anlagen	Aderanschluss	20	LSA	LSA-B-MAG	5084 02 0	Basisschutz
	Aderanschluss	2	LSA	LSA-BF-180	5084 02 4	Kombischutz
	Aderanschluss	2	LSA	LSA-BF-24	5084 02 8	Kombischutz
	Aderanschluss	2	Hutschiene	TKS-B	5097 97 6	Basisschutz
	Aderanschluss	2	Hutschiene	TD-2/D-HS	5081 69 4	Kombischutz
	Aderanschluss	4	Wandmontage	TD-4/I	5081 69 0	Kombischutz
	Aderanschluss	4	Wandmontage	TD-4/I-TAE-F	5081 69 2	Kombischutz
	RJ11	4	diverse	RJ11-TELE 4-C	5081 97 5	Kombischutz
	RJ11	4	diverse	RJ11-TELE 4-F	5081 97 7	Feinschutz
	RJ45	4	diverse	RJ45-TELE 4-C	5081 98 2	Kombischutz
	RJ45	4	diverse	RJ45-TELE 4-F	5081 98 4	Feinschutz
	RJ45	8	diverse	RJ45 S-ATM 8-F	5081 99 0	Feinschutz
	RJ45	8	diverse	ND-CAT6A/EA	5081 80 0	Feinschutz
	RJ11 / Stecker	4	Steckdose	RC-RJ-D	5092 82 8	Feinschutz

Auswahlhilfe MSR-Systeme

Schnittstelle		Anschluss	ge- schützte Adern	Montage		FS ¹	Typ	Art.-Nr.	Schutzart
(0)4-20mA		Federklemme	2	Hutschiene			MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Kombischutz
		Federklemme	2	Hutschiene	✓		MDP-4 D-24-EX	5098 43 2	Kombischutz
		Federklemme	4	Hutschiene			MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Kombischutz
		Federklemme	4	Hutschiene	✓		MDP-4 D-24-EX	5098 43 2	Kombischutz
		Aderanschluss	2	Gewinde - metrisch	✓		FDB-2 24-M	5098 38 0	Feinschutz
		Aderanschluss	2	Gewinde - NPT	✓		FDB-2 24-N	5098 39 0	Feinschutz
		Aderanschluss	2	LSA			LSA-B-MAG	5084 02 0	Basisschutz
		Aderanschluss	2	LSA			LSA-BF-24	5084 02 8	Kombischutz
		Schraubklemme	2	Hutschiene			FLD 24	5098 61 1	Feinschutz
0-10 V		Federklemme	2	Hutschiene			MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Kombischutz
		Federklemme	2	Hutschiene	✓		MDP-4 D-24-EX	5098 43 2	Kombischutz
		Aderanschluss	2	Gewinde - metrisch	✓		FDB-2 24-M	5098 38 0	Feinschutz
		Aderanschluss	2	Gewinde - NPT	✓		FDB-2 24-N	5098 39 0	Feinschutz
		Schraubklemme	2	Hutschiene			FRD 24	5098 51 4	Kombischutz
Diverse Gleich- strom- kreise	Erd- potenzialfrei	Federklemme	2	Hutschiene			FLD 5	5098 60 0	Kombischutz
		Federklemme	2	Hutschiene			FLD 12	5098 60 3	Kombischutz
		Federklemme	2	Hutschiene			FLD 24	5098 61 1	Kombischutz
		Federklemme	2	Hutschiene			FLD 48	5098 63 0	Kombischutz
		Federklemme	2	Hutschiene			FLD 60	5098 63 8	Kombischutz
		Federklemme	2	Hutschiene			FLD 110	5098 64 6	Kombischutz
	Gemeinsames Bezugs- potential	Federklemme	2	Hutschiene			FLD 2-5	5098 86 7	Kombischutz
		Federklemme	2	Hutschiene			FLD 2-12	5098 80 8	Kombischutz
		Federklemme	2	Hutschiene			FLD 2-24	5098 81 6	Kombischutz
		Federklemme	2	Hutschiene			FLD 2-48	5098 82 4	Kombischutz
		Federklemme	2	Hutschiene			FLD 2-110	5098 85 9	Kombischutz
Diverse frequenz- abhän- gige Schalt- kreise	Erd- potenzialfrei	Federklemme	2	Hutschiene			FRD 5 HF	5098 57 1	Kombischutz
		Federklemme	2	Hutschiene			FRD 24 HF	5098 57 5	Kombischutz
		Federklemme	2	Hutschiene			FRD 5	5098 49 2	Kombischutz
		Federklemme	2	Hutschiene			FRD 12	5098 50 6	Kombischutz
		Federklemme	2	Hutschiene			FRD 24	5098 51 4	Kombischutz
		Federklemme	2	Hutschiene			FRD 48	5098 52 2	Kombischutz
		Federklemme	2	Hutschiene			FRD 110	5098 55 7	Kombischutz
Diverse frequenz- abhän- gige Schalt- kreise	Gemeinsames Bezugs- potential	Federklemme	2	Hutschiene			FRD 2-24	5098 72 7	Kombischutz
RS232, V24		Federklemme	2	Hutschiene			MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Kombischutz
		Federklemme	4	Hutschiene	✓		MDP-4 D-24-EX	5098 43 2	Kombischutz
		Federklemme	4	Hutschiene			MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Kombischutz
		Federklemme	4	Hutschiene	✓		MDP-4 D-24-EX	5098 43 2	Kombischutz
		Aderanschluss	2	Gewinde - metrisch	✓		FDB-2 24-M	5098 38 0	Feinschutz

¹ Fernsignalisierung

Auswahlhilfe MSR-Systeme

Schnittstelle	Anschluss	ge- schützte Adern	Montage		FS ¹	Typ	Art.-Nr.	Schutzart
RS232, V24	Aderanschluss	2	Gewinde - NPT	✓		FDB-2 24-N	5098 39 0	Feinschutz
	Schraubklemme	2	Hutschiene			FRD 24	5098 51 4	Feinschutz
	Steckklemme	4	Sonstige			ASP-V24T 4	5083 06 0	Feinschutz
	SUB-D-9	9	Stecker			SD09-V24 9	5080 05 3	Feinschutz
	SUB-D-15	15	Stecker			SD15-V24 15	5080 15 0	Feinschutz
	SUB-D-25	25	Stecker			SD25-V24 25	5080 27 4	Feinschutz
RS422, V11	Aderanschluss	2	Gewinde - metrisch	✓		FDB-2 24-M	5098 38 0	Feinschutz
	Aderanschluss	2	Gewinde - NPT	✓		FDB-2 24-N	5098 39 0	Feinschutz
	Schraubklemme	2	Hutschiene			FRD 24	5098 51 4	Kombischutz
	Federklemme	2	Hutschiene			MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Kombischutz
	Federklemme	2	Hutschiene	✓		MDP-4 D-24-EX	5098 43 2	Kombischutz
	Federklemme	4	Hutschiene			MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Kombischutz
	Federklemme	4	Hutschiene	✓		MDP-4 D-24-EX	5098 43 2	Kombischutz
RS485	Federklemme	2	Hutschiene			MDP-2 D-5-T	5098 40 4	Kombischutz
	Federklemme	2	Hutschiene	✓		MDP-4 D-5-EX	5098 43 2	Kombischutz
	Federklemme	4	Hutschiene			MDP-4 D-5-T	5098 41 1	Kombischutz
	Federklemme	4	Hutschiene	✓		MDP-4 D-5-EX	5098 43 2	Kombischutz
	Schraubklemme	2	Hutschiene			FRD 5 HF	5098 57 1	Kombischutz
	Steckklemme	4	Sonstige			ASP-V11EI 4	5083 08 7	Feinschutz
	SUB-D-9	9	Stecker			SD-09-V11 9	5080 06 1	Feinschutz
Binärsignale, erdpotenzialfrei	Federklemme	2	Hutschiene			MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Kombischutz
	Federklemme	2	Hutschiene	✓		MDP-4 D-24-EX	5098 43 2	Kombischutz
	Aderanschluss	2	Gewinde - metrisch			FDB-2 24-M	5098 38 0	Kombischutz
Binärsignale, erdpotenzialfrei	Aderanschluss	2	Gewinde - NPT			FDB-2 24-N	5098 39 0	Kombischutz
	Schraubklemme	2	Hutschiene			FRD 5 HF	5098 57 1	Kombischutz
	Schraubklemme	2	Hutschiene			FRD 5	5098 49 2	Kombischutz
	Schraubklemme	2	Hutschiene			FLD 5	5098 60 0	Kombischutz
Binärsignale, gemeinsa- mes Bezugspotential	Schraubklemme	2	Hutschiene			FRD 2-24	5098 72 7	Kombischutz
	Schraubklemme	2	Hutschiene			FLD 2-24	5098 81 6	Kombischutz
2-polige Strom- versorgungen 5V	Federklemme	4	Hutschiene			MDP-4 D-5-T-10	5098 41 3	Kombischutz
2-polige Strom- versorgungen 12V	Schraubklemme	2	Hutschiene			VF12-AC-DC	5097 45 3	Feinschutz
	Schraubklemme	2	Hutschiene		✓	VF12-AC/DC-FS	5097 45 4	Feinschutz
2-polige Strom- versorgungen 24V	Schraubklemme	2	Hutschiene			VF24-AC/DC	5097 60 7	Feinschutz
	Schraubklemme	2	Hutschiene		✓	VF24-AC/DC-FS	5097 82 0	Feinschutz

¹ Fernsignalisierung

Auswahlhilfe MSR-Systeme

Schnittstelle	Anschluss	ge- schützte Adern	Montage		FS ¹	Typ	Art.-Nr.	Schutzart
2-polige Strom- versorgungen 48V	Schraubklemme	2	Hutschiene			VF48-AC/DC	5097 61 5	Feinschutz
	Schraubklemme	2	Hutschiene		✓	VF48-AC/DC-FS	5097 82 2	Feinschutz
2-polige Strom- versorgungen 60V	Schraubklemme	2	Hutschiene			VF60-AC/DC	5097 62 3	Feinschutz
	Schraubklemme	2	Hutschiene		✓	VF60-AC/DC-FS	5097 82 4	Feinschutz
2-polige Strom- versorgungen 110V	Schraubklemme	2	Hutschiene			VF110-AC/DC	5097 63 1	Feinschutz
2-polige Strom- versorgungen 230V	Schraubklemme	2	Hutschiene			VF230-AC/DC	5097 65 0	Feinschutz
	Schraubklemme	2	Hutschiene		✓	VF230-AC-FS	5097 85 8	Feinschutz
	Schraubklemme	2	Hutschiene		✓ ²	VF2-230-AC/ DC-FS	5097 93 9	Feinschutz
PT 100	Federklemme	2	Hutschiene			FLD 5	5 98 60 0	Kombischutz
	Federklemme	2	Hutschiene			FLD 2-5	5098 79 4	Kombischutz
	Federklemme	4	Hutschiene			MDP-4 D-5-T-10	5098 41 3	Kombischutz
PT 1000	Federklemme	2	Hutschiene			FLD 5	5098 60 0	Kombischutz
	Federklemme	2	Hutschiene			FLD 2-5	5098 79 4	Kombischutz
	Federklemme	4	Hutschiene			MDP-4 D-5-T-10	5098 41 3	Kombischutz
TTL	Federklemme	2	Hutschiene			FRD 12	5098 60 3	Kombischutz
	Federklemme	2	Hutschiene			MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Kombischutz
	SUB-D-9	9	Stecker			SD09-V24 9	5080 05 3	Feinschutz
	SUB-D-15	15	Stecker			SD15-V24 15	5080 15 0	Feinschutz
	SUB-D-25	25	Stecker			SD25-V24 25	5080 27 4	Feinschutz

¹ Fernsignalisierung, ² leckstromfrei

Auswahlhilfe BUS-Systeme

Schnittstelle		Anschluss	geschützte Adern	Montage		Prüfbar	FS ¹	Typ	Art.-Nr.	Schutzart
ADVANT		Federklemme	4	Hutschiene		✓		MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Kombischutz
ARCNET		RJ45	8	Hutschiene				ND-CAT6A/EA	5081 80 0	Feinschutz
AS-I	Datenleitung	Federklemme	2	Hutschiene		✓		MDP-2 D-24-T-10	5098 42 5	Kombischutz
	Spannungsversorgung	Federklemme	2	Hutschiene		✓		VF24-AC/DC	5097 60 7	Feinschutz
		Federklemme	2	Hutschiene		✓	✓	VF24-AC/DC-FS	5097 82 0	Feinschutz
BITBUS		Federklemme	4	Hutschiene		✓		MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Kombischutz
BLN		Federklemme	2	Hutschiene		✓		MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Kombischutz
		Federklemme	2	Hutschiene				FRD 24 HF	5098 57 5	Feinschutz
CAN Bus	Datenleitung	Federklemme	3	Hutschiene		✓		MDP-3 D-5-T	5098 40 7	Kombischutz
	Spannungsversorgung	Federklemme	2	Hutschiene		✓		VF24-AC/DC	5097 60 7	Feinschutz
		Federklemme	2	Hutschiene		✓	✓	VF24-AC/DC-FS	5097 82 0	Feinschutz
CAN open	Datenleitung	Federklemme	4	Hutschiene		✓		MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Kombischutz
	Spannungsversorgung	Federklemme	2	Hutschiene		✓		VF24-AC/DC	5097 60 7	Feinschutz
		Federklemme	2	Hutschiene		✓	✓	VF24-AC/DC-FS	5097 82 0	Feinschutz
C-BUS		Federklemme	2	Hutschiene				MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Kombischutz
		Federklemme	2	Hutschiene				FRD 24 HF	5098 57 5	Kombischutz
CC-Link	Datenleitung	Federklemme	4	Hutschiene		✓		MDP-4-D-24-T	5098 43 1	Kombischutz
	Spannungsversorgung	Federklemme	2	Hutschiene		✓		VF24-AC/DC	5097 60 7	Feinschutz
		Federklemme	2	Hutschiene		✓	✓	VF24-AC/DC-FS	5097 82 0	Feinschutz
Data Highway Plus		Federklemme	4	Hutschiene		✓		MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Kombischutz
Device Net	Datenleitung	Federklemme	4	Hutschiene		✓		MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Kombischutz
	Spannungsversorgung	Federklemme	2	Hutschiene		✓		VF24-AC/DC	5097 60 7	Feinschutz
		Federklemme	2	Hutschiene		✓	✓	VF24-AC/DC-FS	5097 82 0	Feinschutz
Dupline		Federklemme	2	Hutschiene		✓		MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Kombischutz
		Federklemme	2	Hutschiene				FRD 24 HF	5098 57 5	Kombischutz
E-BUS		Federklemme	2	Hutschiene		✓		MDP-2 D-48-T	5098 44 2	Kombischutz
		Federklemme	2	Hutschiene				FRD 48	5098 52 2	Feinschutz
EIB		Federklemme	2	Hutschiene		✓		MDP-2 D-24-T-10	5098 42 5	Kombischutz
		Federklemme	4	Hutschiene		✓		MDP-4 D-24-T-10	5098 43 3	Kombischutz
		Federklemme	2	Hutschiene				TKS-B	5097 97 6	Basisschutz
ET 200		Federklemme	2	Hutschiene				FRD 5	5098 49 2	Feinschutz
		Federklemme	2	Hutschiene		✓		MDP-2 D-5-T	5098 40 4	Kombischutz
		Federklemme	4	Hutschiene		✓		MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Kombischutz
FIPIO / FIPWAY		Federklemme	4	Hutschiene		✓		MDP-4 D-5-T	5098 41 1	Kombischutz
Foundation Fieldbus		Federklemme	2	Hutschiene		✓		MDP-2 D-48-T	5098 45 0	Kombischutz
		Federklemme	2	Hutschiene	✓	✓		MDP-4 D-48-EX	5098 45 2	Kombischutz
		Federklemme	2	Gewinde - metrisch	✓			FDB-2 24-M	5098 38 0	Kombischutz
		Federklemme	2	Gewinde - NPT	✓			FDB-2 24-N	5098 39 0	Kombischutz
FSK		Federklemme	2	Hutschiene				FRD 5	5098 49 2	Feinschutz
		Federklemme	2	Hutschiene		+		MDP-2 D-5-T	5098 40 4	Kombischutz
Genius		Federklemme	4	Hutschiene		+		MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Kombischutz

¹ Fernsignalisierung

Auswahlhilfe BUS-Systeme

Schnittstelle	Anschluss	ge- schützte Adern	Montage		Prüf- bar	Überspannungs- schutz	Artikel- nummer	Schutzart
HART	Federklemme	2	Hutschiene			FRD 24	5098 51 4	Kombischutz
	Federklemme	2	Hutschiene		✓	MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Kombischutz
	Federklemme	4	Hutschiene		✓	MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Kombischutz
	Federklemme	4	Hutschiene	✓		MDP-4 D-24-EX	5098 43 2	Kombischutz
	Aderanschluss	4	Gewinde - metrisch	✓		FDB-2 24-M	5098 38 0	Feinschutz
	Aderanschluss	4	Gewinde - NPT	✓		FDB-2 24-N	5098 39 0	Feinschutz
IEC-BUS	Federklemme	4	Hutschiene		✓	MDP-4 D-5-T	5098 41 1	Kombischutz
Interbus Inline (I/O)s	Federklemme	4	Hutschiene		✓	MDP-4 D-24-T	5098 42 2	Kombischutz
Interbus Loop	Federklemme	2	Hutschiene		✓	MDP-4 D-24-T-10	5098 43 3	Kombischutz
KNX	Federklemme	2	Hutschiene		✓	MDP-2 D-24-T-10	5098 42 5	Kombischutz
	Federklemme	4	Hutschiene		✓	MDP-4 D-24-T-10	5098 43 3	Kombischutz
	Federklemme	2	Hutschiene			TKS-B	5097 97 6	Basisschutz
LON	Federklemme	2	Hutschiene			FRD 48	5098 52 2	Kombischutz
	Federklemme	2	Hutschiene		✓	MDP-2 D-48-T	5098 44 2	Kombischutz
LRE	Federklemme	2	Hutschiene			FRD 5	5098 49 2	Kombischutz
	Federklemme	2	Hutschiene		✓	MDP-2 D-5-T	5098 40 4	Kombischutz
LUXMATE	Federklemme	4	Hutschiene			MDP-4 D-5-T	5098 41 1	Kombischutz
M-BUS	Federklemme	2	Hutschiene			FRD 24	5098 51 4	Kombischutz
	Federklemme	2	Hutschiene		✓	MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Kombischutz
Melsec Net 2	BNC	1	Sonstige			DS-BNC m/w	5093 25 2	Basisschutz
	BNC	1	Sonstige			DS-BNC w/w	5093 23 6	Basisschutz
	BNC	1	Sonstige			DS-BNC w/m	5093 26 0	Basisschutz
MODBUS	Federklemme	4	Hutschiene		✓	MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Kombischutz
MPI Bus	Federklemme	2	Hutschiene			FRD 5	5098 49 2	Kombischutz
	Federklemme	2	Hutschiene		✓	MDP-2 D-5-T	5098 40 4	Kombischutz
	Federklemme	4	Hutschiene		✓	MDP-4 D-5-T	5098 41 1	Kombischutz
N1 LAN	Federklemme	2	Hutschiene			FRD 5	5098 49 2	Kombischutz
	Federklemme	2	Hutschiene		✓	MDP-2 D-5-T	5098 40 4	Kombischutz
	Federklemme	20	Hutschiene			LSA-B-MAG	5084 02 0	Basisschutz
	Federklemme	2	Hutschiene			LSA-BF-24	5084 02 8	Kombischutz
N2 BUS	Federklemme	2	Hutschiene			FRD 2-5	5098 79 4	Kombischutz
	Federklemme	2	Hutschiene		✓	MDP-2 D-5-T	5098 40 4	Kombischutz
novaNet	Federklemme	2	Hutschiene			FRD 12	5098 60 3	Kombischutz
	Federklemme	2	Hutschiene		✓	MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Kombischutz

Auswahlhilfe BUS-Systeme

Schnittstelle		Anschluss	geschützte Adern	Montage		Prüfbar	FS ¹	Überspannungsschutz	Artikelnummer	Schutzart
P-BUS, Prozess Bus, Panel Bus	Datenleitung	Federklemme	2	Hutschiene				FRD 24 HF	5098 57 5	Kombischutz
		Federklemme	2	Hutschiene		✓		MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Kombischutz
	Spannungsversorgung	Federklemme	2	Hutschiene		✓		VF24-AC/DC	5097 60 7	Feinschutz
		Federklemme	2	Hutschiene		✓	✓	VF24-AC/DC-FS	5097 82 0	Feinschutz
P-NET		Federklemme	4	Hutschiene		✓		MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Kombischutz
Procontic CS31		Federklemme	2	Hutschiene				FRD 12	5098 60 3	Kombischutz
		Federklemme	2	Hutschiene		✓		MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Kombischutz
Procontic T200		Federklemme	4	Hutschiene		✓		MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Kombischutz
Profibus DP		Federklemme	2	Hutschiene		✓		MDP-2 D-5-T	5098 40 4	Kombischutz
		Schraubklemme	2	Hutschiene				FRD 5 HF	5098 57 1	Kombischutz
		SUB-D-9	9	Stecker				SD09-V24 9	5080 05 3	Feinschutz
Profibus PA		Federklemme	2	Hutschiene		✓		MDP-2 D-48-T	5098 44 2	Kombischutz
		Federklemme	4	Hutschiene	✓			MDP-4 D-48-EX	5098 45 2	Kombischutz
		Aderanschluss	2	Gewinde - metrisch	✓			FDB-2 24-M	5098 38 0	Feinschutz
		Aderanschluss	2	Gewinde - NPT	✓			FDB-2 24-N	5098 39 0	Feinschutz
Profinet		Federklemme	8	Hutschiene				ND-CAT6A/EA	5081 80 0	Feinschutz
SafetyBUS p		Federklemme	4	Hutschiene		✓		MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Kombischutz
SDLC		Federklemme	4	Hutschiene		✓		MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Kombischutz
SIGMALOOP (SIGMA-SYS)		Federklemme	2	Hutschiene				FRD 24	5098 51 4	Kombischutz
		Federklemme	2	Hutschiene		✓		MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Kombischutz
SIGMANET (SIGMASYS)		Federklemme	2	Hutschiene				FRD 24	5098 51 4	Kombischutz
		Federklemme	2	Hutschiene		✓		MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Kombischutz
SINEC L1		Federklemme	4	Hutschiene		✓		MDP-4 D-5-T	5098 41 1	Kombischutz

¹ Fernsignalisierung

Auswahlhilfe BUS-Systeme

Schnittstelle	Anschluss	geschützte Adern	Montage		Prüfbar	Typ	Art.-Nr.	Schutzart
SINEC L2	Federklemme	2	Hutschiene			FRD 5 HF	5098 57 1	Kombischutz
	Federklemme	2	Hutschiene		✓	MDP-4 D-5-T	5098 41 1	Kombischutz
	SUB-D-9	9	Stecker			SD09-V24 9	5080 05 3	Feinschutz
SS97 SINIX	Federklemme	4	Hutschiene		✓	MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Kombischutz
SUCONET	Federklemme	4	Hutschiene		✓	MDP-4 D-24-T	5098 43 1	Kombischutz
	Schneidklemme	20	LSA			LSA-B-MAG	5084 02 0	Basisschutz
	Schneidklemme	2	LSA			LSA-BF-24	5084 02 8	Feinschutz
TTL	Federklemme	2	Hutschiene			FRD 24	5098 51 4	Kombischutz
	Federklemme	2	Hutschiene		✓	MDP-2 D-24-T	5098 42 2	Kombischutz
	SUB-D-9	9	Stecker			SD09-V24 9	5080 05 3	Feinschutz
	SUB-D-15	15	Stecker			SD15-V24 15	5080 15 0	Feinschutz
	SUB-D-25	25	Stecker			SD25-V24 25	5080 27 4	Feinschutz
U-BUS	Federklemme	4	Hutschiene			2x TKS-B	5097 97 6	Basisschutz

4

Jede Blitzschutzanlage muss nach der Installation einer Abnahmeprüfung unterzogen werden. Zusätzlich ist in regelmäßigen Abständen die Funktionstüchtigkeit zu prüfen. Ausserdem ist das gesamte System nach einem Blitz- oder Überspannungseignis zu prüfen. Nach der aktuellen Blitzschutznorm VDE 0185-305 (IEC 62305) sind sowohl die Fang- und Ableitungen, als auch das Erdungs-System und der Blitzschutzpotentialausgleich zu prüfen.

Neben einer optischen Prüfung der Anlage und deren Übereinstimmung mit der Dokumentation sind die Durchgangswiderstände zu messen. Die Dokumentation ist bei jeder Prüfung und Wartung zu ergänzen.

Kapitel 4: Prüfung, Wartung und Dokumentation

4.	Prüfung, Wartung und Dokumentation	208
4.1	Äußeres Blitzschutzsystem	209
4.2	Inneres Blitzschutzsystem	212

4. Prüfung, Wartung und Dokumentation

Blitzschutz-Anlagen müssen, auch nach der Abnahmeprüfung, in regelmäßigen Abständen auf ihre Funktionstüchtigkeit überprüft werden, um eventuelle Mängel festzustellen und gegebenenfalls Nachbesserungen vorzunehmen. Die Prüfung umfasst die Kontrolle der technischen Unterlagen und das Besichtigen und Messen des Blitzschutz-Systems.

Die Prüfungen und Wartungen sollten unter Zugrundelegung der Norm und der technischen Grundsätze der VDE 0185-305 Teil 3 (IEC 62305-3) durchgeführt werden.

Die Prüfungen beinhalten auch die Kontrolle des inneren Blitzschutzes. Hierzu gehört auch die Kontrolle des Blitzschutzpotentialausgleichs und der angeschlossenen Blitz- und Überspannungsableiter. Ein Prüfbericht oder Prüfbuch dient zur Dokumentation von Prüfungen und Wartungen von Blitzschutzsystemen und muss bei jeder Prüfung oder Wartung ergänzt oder neu erstellt werden.

Der Betreiber bzw. Eigentümer einer baulichen Anlage trägt die Verantwortung für die Sicherheit und sofortige Mängelbeseitigung. Die Prüfung muss durch eine Fachkraft durchgeführt werden.



Bild 4.1: Trennstelle an einer Metallfassade

4.1 Äußeres Blitzschutzsystem

Prüfkriterien

- Kontrolle aller Unterlagen und Dokumentationen, einschließlich der Übereinstimmung mit den Normen.
- Allgemeiner Zustand von Fang- und Ableit-einrichtungen, sowie aller Verbindungsbauteile (keine losen Verbindungen), Durchgangswiderstände überprüfen.
- Prüfung der Erdungsanlage und der Erdungswiderstände inkl. Übergänge und Verbindungen.
- Prüfen des inneren Blitzschutzes inkl. Überspannungsableiter und Sicherungen.
- Allgemeiner Zustand des Korrosionsgrades.
- Sicherheit der Befestigung der Leitungen des LPS und deren Bauteile.
- Dokumentation aller Änderungen und Erweiterungen des LPS sowie der Änderungen an der baulichen Anlage.

*Kritische Anlagen
(z. B. EX-Anlagen)
sind jährlich zu prüfen.*

Schutzklasse	Sichtprüfung (Jahr)	Umfassende Sichtprüfung (Jahr)	Umfassende Sichtprüfung bei kritischen Situationen (Jahr)
I und II	1	2	1
III und IV	2	4	1

Tabelle 4.1: Kritische Situationen sind z. B. bauliche Anlagen, die sensible Systeme beinhalten oder Bürogebäude, Geschäftshäuser sowie Plätze, auf denen sich eine größere Anzahl Menschen aufhält.



Bauteile für Blitzschutz-Anlagen werden nach der VDE 0185-561-1 (IEC 62561-1) geprüft.

Bild 4.2: BET Blitzstromgenerator

Bauteile für Blitzschutz-Anlagen werden nach der VDE 0185-561-1 (IEC 62561-1) „Anforderungen für Verbindungsbauteile“ auf ihre Funktion geprüft. Nach einer Konditionierungsphase von insgesamt 10 Tagen, werden die Bauteile mit drei Stoßströmen belastet. Die Blitzschutzbauteile für Fangeinrichtungen werden mit $3 \times I_{imp} 100 \text{ kA (10/350)}$ geprüft. Dies entspricht der Prüfklasse H.

Die Bauteile für Ableitungen, über die sich der Blitzstrom aufteilen kann (mind. zwei Ableitungen) und Verbindungen im Erdungssystem, werden mit $3 \times I_{imp} 50 \text{ kA (10/350)}$ geprüft, das entspricht der Prüfklasse N.

Prüfklasse	Geprüft mit	Anwendung
H nach VDE 0185-561-1 (IEC 62561-1)	$3 \times I_{\text{imp}} 100 \text{ kA (10/350)}$	Fangeinrichtung
N nach VDE 0185-561-1 (IEC 62561-1)	$3 \times I_{\text{imp}} 50 \text{ kA (10/350)}$	Mehrere Anwendungen, über die sich der Blitzstrom aufteilen kann, mindestens zwei Ableitungen

Tabelle 4.2: Prüfklassen von Verbindungsbauteilen



Bild 4.3: PCS-Sensor an einer Ableitung

Prüfung von Blitzschutz-Anlage mit dem PCS-System

Der Peak-Current-Sensor (PCS) ist ein Spitzenstromsensor, der in Form einer Magnetkarte Impulsströme erfasst und fest speichert. Somit findet eine Kontrolle statt, ob ein Blitz in die Blitzschutz-Anlage eingeschlagen hat und welcher maximale Blitzstrom geflossen ist. Wird das PCS-System zwischen der Schnittstelle vom Potentialausgleich zur Erdungsanlage montiert, kann auch der in ein Gebäude eingekoppelte Blitzstrom gemessen werden. Die Ergebnisse können Aufschluss über eventuelle Schäden in der Elektroinstallation geben.

Die PCS-Karte wird mit einem Kartenhalter auf den Rundleiter aufgerastet und so in einem definierten Abstand montiert. Der Messbereich der Karte liegt zwischen 3–120 kA. Das Magnetkartenlesegerät bietet die Möglichkeit, die Peak-Current-Sensoren auszuwerten. Der entsprechende Spitzenstromwert wird auf dem Display angezeigt.

Alternativ bietet OBO Bettermann den Service des Auslesens für Sie mit an. In diesem Fall wenden Sie sich bitte an Ihre OBO Bettermann-Vertretung oder das jeweilige Tochterunternehmen.



Ein hochwertiger Prüfkoffer für den sicheren Transport und die Dokumentation der Prüfergebnisse ist Bestandteil dieser Innovation von OBO Bettermann.

Bild 4.4 Life-Control-Prüfgerät

4.2 Inneres Blitzschutzsystem

Prüfung von Überspannungsschutzgeräten innerhalb von Datenleitungen

Oftmals ist es notwendig, die Funktionalität der Überspannungsschutzgeräte innerhalb der Datenleitung zu überprüfen. Besonders wichtig ist dabei, dass die eigentliche Prüfung der Schutzgeräte keinen negativen Einfluss auf das Datensignal hat.

Das von OBO Bettermann entwickelte Prüfgerät Life Control erlaubt das Überprüfen der Schutzgeräte im eingebauten Zustand, ohne das Datensignal zu beeinflussen. Ein schmaler Prüfstift ermöglicht den Kontakt mit der eingebauten Blitzbarriere. Der integrierte Mikroprozessor zeigt das Prüfergebnis auf dem OLED-Display an und verdeutlicht es zusätzlich mit akustischen Signalen. Eine zuschaltbare LED innerhalb des Prüfstiftes ist ein weiteres Feature und ermöglicht die Orientierung auch im dunkelsten Schaltschrank.

Prüfung der Ableiteroberteile V50, V25, V20 und V10

Das ISOLAB-Prüfgerät ermöglicht das Überprüfen der Ableiteroberteile V50, V25, V20 und V10. Mittels eines Drehreglers kann der entsprechende OBO Bettermann-Ableiter ausgewählt werden. Anschließend wird das Oberteil des jeweiligen Kombi- bzw. Überspannungsableiters in die entsprechende, im Gerät vorgesehene, Öffnung gesteckt. Über die Prüftaste wird anschließend der Varistor auf seine Funktionsfähigkeit hin überprüft. Neben der Ableiterprüfung unterstützt das ISOLAB ebenfalls die Möglichkeit der Isolationsprüfung nach VDE 0100-610.

5

Kapitel 5: Kleines Überspannungs-ABC

Begriff	Norm-Text
Ableiter	Ableiter sind Betriebsmittel, die im Wesentlichen aus spannungsabhängigen Widerständen und/oder Funkenstrecken bestehen. Beide Elemente können in Reihe oder parallel geschaltet sein oder auch einzeln verwendet werden. Ableiter dienen dazu, andere elektrische Betriebsmittel und elektrische Anlagen vor Überspannungen zu schützen.
Ableiter Bemessungsspannung U_c	Die Bemessungsspannung ist für Ableiter ohne Funkenstrecke der maximal zulässige Effektivwert der Netzspannung an den Ableiterklemmen. Die Bemessungsspannung kann ständig am Ableiter anliegen, ohne seine Betriebseigenschaften zu verändern.
Abtrennvorrichtung	Die Abtrennvorrichtung trennt den Ableiter bei Überbeanspruchung vom Netz bzw. von der Erdungsanlage, so dass eine Brandgefahr vermieden wird und signalisiert gleichzeitig die Abschaltung des Schutzgerätes.
100-%-Ansprechblitzstoßspannung	Die 100-%-Ansprechblitzstoßspannung ist der Wert der Blitzstoßspannung $1,2/50 \mu s$, die zum Durchschalten des Ableiters führt. Bei dieser Prüfspannung muss das Überspannungs-Schutzgerät bei zehn Beanspruchungen zehnmal ansprechen.
Ansprechzeit (t_a)	Die Ansprechzeit charakterisiert im Wesentlichen das Ansprechverhalten der einzelnen Schutzelemente, die in Ableitern verwendet werden. Abhängig von der Steilheit du/dt der Stoßspannung oder di/dt des Stoßstromes können sich die Ansprechzeiten in bestimmten Grenzen variieren.
Blitzschutzpotentialausgleich	Der Blitzschutzpotentialausgleich ist eine wesentliche Maßnahme zur Verringerung der Brand- und Explosionsgefahr im zu schützenden Raum bzw. Gebäude. Erreicht wird der Blitzschutzpotentialausgleich mithilfe von Potentialausgleichsleitungen oder Ableitern, die die äußere Blitzschutz-Anlage, Metallteile des Gebäudes oder Raumes, die Installation, die fremden, leitenden Teile sowie die elektrischen Energie- und Telekommunikationsanlagen zusammenschließen.
Blitzschutz-System (LPS)	Als Blitzschutz-System (Lightning Protection System - LPS) wird das gesamte System bezeichnet, das zum Schutz eines Raumes oder Gebäudes gegen die Auswirkungen eines Blitzschlages eingesetzt wird. Dazu zählt sowohl der äußere als auch der innere Blitzschutz.
Blitzschutzzone (LPZ)	Als Blitzschutzzone (Lightning Protection Zone - LPZ) werden jene Bereiche bezeichnet, in denen das elektromagnetische Umfeld des Blitzes zu definieren und zu beherrschen ist. An Zonenübergängen sind alle Leitungen und metallenen Teile in den Potentialausgleich einzubeziehen.
Blitzstoßstrom (I_{imp})	Als Blitzstoßstrom (Blitzstromtragfähigkeit pro Pfad) wird ein standardisierter Stoßstromverlauf der Wellenform $10/350 \mu s$ bezeichnet. Er bildet mit seinen Parametern - Scheitelwert - Ladung - spezifische Energie die Beanspruchung durch natürliche Blitzströme nach. Blitzstromableiter des Typ 1 (ehemals Anforderungsklasse B) müssen solche Blitzströme ableiten können, ohne zerstört zu werden.
Durchgangswiderstand pro Pfad, Längswiderstand	Der Durchgangswiderstand pro Pfad gibt die ohmsche Widerstandserhöhung des Leituzuges pro Ader an, die durch den Einsatz des Überspannungsschutzgerätes hervorgerufen wird.
Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)	Betriebsmittel zum Schutz gegen elektrischen Schlag und zum Brandschutz (z. B. FI-Schutzschalter).
Kurzschlussfestigkeit	Das Überspannungsschutzgerät muss den Kurzschlussstrom führen können, bis dieser entweder durch das Gerät selbst oder durch eine interne oder externe Abtrennvorrichtung oder durch den netzseitigen Überstromschutz (z. B. Vorsicherung) unterbrochen wird.
LPZ	siehe „Blitzschutzzone“
Nennableitstoßstrom (I_n)	Als Nennfrequenz wird die Frequenz bezeichnet, für die ein Betriebsmittel bemessen ist, nach der es benannt ist und auf die sich andere Nenngrößen beziehen.
Nennfrequenz (f_n)	Als Nennfrequenz wird die Frequenz bezeichnet, für die ein Betriebsmittel bemessen ist, nach der es benannt ist und auf die sich andere Nenngrößen beziehen.

Begriff	Norm-Text
Nennspannung (U_n)	Die Nennspannung ist der Spannungswert, für den ein Betriebsmittel ausgelegt ist. Dabei kann es sich um einen Gleichspannungswert oder den Effektivwert einer sinusförmigen Wechselspannung handeln.
Nennstrom (I_n)	Der Nennstrom ist der maximal zulässige Betriebsstrom, der dauernd über die dafür gekennzeichneten Anschlussklemmen geführt werden darf.
Netzfolgestromlöschvermögen (I_f)	Der Folgestrom - auch Netzfolgestrom genannt - ist der Strom, der nach einem Ableitvorgang durch das Überspannungsschutzgerät fließt und vom Netz geliefert wird. Der Folgestrom unterscheidet sich deutlich vom Dauerbetriebsstrom. Die Höhe des Netzfolgestromes ist abhängig von der Zuleitung vom Transformator zum Ableiter.
Potentialausgleich	Elektrische Verbindung, die die Körper elektrischer Betriebsmittel und fremde leitfähige Teile auf gleiches oder annähernd gleiches Potential bringt.
Potentialausgleichsschiene (PAS)	Eine Klemme oder Schiene, die dafür vorgesehen ist, die Schutzleiter, die Potentialausgleichsleiter und gegebenenfalls die Leiter für die Funktionserdung mit der Erdungsleitung und den Erdern zu verbinden.
Restspannung (U_{res})	Der Scheitelwert der Spannung, die über den Klemmen des Überspannungsschutzgerätes während oder unmittelbar nach dem Fließen des Ableitstoßstromes auftritt.
Schutzpegel (U_p)	Der Schutzpegel ist der höchste Momentanwert der Spannung an den Klemmen des Überspannungsschutzgerätes vor dem Ansprechen.
SPD	Surge Protective Device - englische Bezeichnung für ein Überspannungsschutzgerät.
Temperaturbereich	Der Betriebstemperaturbereich gibt an, innerhalb welcher Temperaturgrenzen eine einwandfreie Funktion des Überspannungsschutzgerätes gewährleistet ist.
Überspannung	Eine Überspannung ist eine kurzzeitig zwischen Leitern oder zwischen einem Leiter und Erde auftretende Spannung, die den höchsten zulässigen Wert der Betriebsspannung um ein Vielfaches überschreitet, aber nicht Betriebsfrequenz hat. Sie kann durch Gewitter sowie durch (Erd- oder Kurzschlüsse) entstehen.
Überspannungsableiter Typ 1	Ableiter, die durch ihren besonderen Aufbau in der Lage sind, Blitz- bzw. Blitzteilströme bei Direkteinschlägen abzuleiten.
Überspannungsableiter Typ 2	Ableiter, die in der Lage sind, Überspannungen abzuleiten, die durch Fern- bzw. Naheinschläge oder Schalthandlungen hervorgerufen werden.
Überspannungsableiter Typ 3	Ableiter, die für den Überspannungsschutz einzelner Verbraucher oder Verbrauchergruppen dienen und direkt an Steckdosen eingesetzt werden.
Übertragungsfrequenz (f_g)	Die Übertragungsfrequenz gibt an, bis zu welcher Frequenz die Einfügungsdämpfung des eingesetzten Betriebsmittels kleiner als 3 dB ist
Überspannungsschutzgerät (ÜSG)	Ein Gerät, das dazu bestimmt ist, transiente Überspannungen zu begrenzen und Stoßströme abzuleiten. Es enthält mindestens ein nichtlineares Bauelement. Überspannungsschutzgeräte werden im allgemeinen Sprachgebrauch auch als Ableiter bezeichnet.
Vorsicherung vor den Ableitern	Ableitern muss eine Vorsicherung vorgeschaltet werden. Wenn die vorgeschaltete Sicherung größer als die maximal zulässige Vorsicherung der Ableiterelemente ist (siehe technische Daten der Geräte), muss der Ableiter selektiv mit dem erforderlichen Wert abgesichert werden.
Zeitweilige Überspannung (TOV)	Als zeitweilige Überspannung (Temporary Overvoltage - TOV) bezeichnet man zeitweilige (temporäre) Überspannungen, die aufgrund von Fehlern innerhalb des Mittel- und Niederspannungsnetzes entstehen können.
	Differenzierung: LPL = BKZ = Blitzschutzklasse LPZ = Blitzschutzzone LPS = Lightning Protection System = Blitzschutzsystem Wichtig: Einheitliche Terminologie bei Fachbegriffen/Abkürzungen

Anzugsmomente	
M5	4Nm
M6	6Nm
M8	12Nm
M10	20Nm

Detaillierte Angaben zu den Anzugsmomenten können bei Bedarf angefordert werden.

Haftungsausschluss

Der Verlag übernimmt keinerlei Gewähr für die Aktualität, Korrektheit, Vollständigkeit oder Qualität der bereitgestellten Informationen. Haftungsansprüche gegen den Verlag, welche sich auf Schäden materieller oder ideeller Art beziehen, die durch die Nutzung oder Nichtnutzung der dargebotenen Informationen bzw. durch die Nutzung fehlerhafter und unvollständiger Informationen verursacht wurden, sind grundsätzlich ausgeschlossen, sofern seitens des Verlags kein nachweislich vorsätzliches oder grob fahrlässiges Verschulden vorliegt. Alle Angebote sind freibleibend und unverbindlich. Der Verlag behält es sich ausdrücklich vor, Teile der Seiten oder das gesamte Angebot ohne gesonderte Ankündigung zu verändern, zu ergänzen, zu löschen oder die Veröffentlichung zeitweise oder endgültig einzustellen.

Der Verlag erklärt hiermit ausdrücklich, dass zum Zeitpunkt der Linksetzung keine illegalen Inhalte auf den zu verlinkenden Seiten erkennbar waren. Auf die aktuelle und zukünftige Gestaltung, die Inhalte oder die Urheberschaft der gelinkten/verknüpften Seiten hat der Verlag keinerlei Einfluss. Deshalb distanziert er sich hiermit ausdrücklich von allen Inhalten aller gelinkten /verknüpften Seiten, die nach der Linksetzung verändert wurden. Diese Feststellung gilt für alle innerhalb des eigenen Internetangebotes gesetzten Links und Verweise sowie für Fremdeinträge in vom Verlag eingerichteten Gästebüchern, Diskussionsforen und Mailinglisten. Für illegale, fehlerhafte oder unvollständige Inhalte und insbesondere für Schäden, die aus der Nutzung oder Nichtnutzung solcherart dargebotener Informationen entstehen, haftet allein der Anbieter der Seite, auf welche verwiesen wurde, nicht derjenige, der über Links auf die jeweilige Veröffentlichung lediglich verweist.

Alle innerhalb des Internetangebotes genannten und ggf. durch Dritte geschützten Marken unterliegen uneingeschränkt den Bestimmungen des jeweils gültigen Kennzeichenrechts und den Besitzrechten der jeweiligen eingetragenen Eigentümer. Allein aufgrund der bloßen Nennung ist nicht der Schluss zu ziehen, dass Markenzeichen nicht durch Rechte Dritter geschützt sind! Das Urheberrecht für veröffentlichte, vom Verlag selbst erstellte Inhalte und Objekte bleibt allein beim Verlag. Eine Vervielfältigung oder Verwendung solcher Grafiken und Texte in anderen elektronischen oder gedruckten Publikationen ist ohne ausdrückliche Zustimmung des Verlags nicht gestattet.

Sofern innerhalb des Internetangebotes die Möglichkeit zur Eingabe persönlicher oder geschäftlicher Daten (Emailadressen, Namen, Anschriften) besteht, so erfolgt die Preisgabe dieser Daten seitens des Nutzers auf ausdrücklich freiwilliger Basis. Die Inanspruchnahme und Bezahlung aller angebotenen Dienste ist - soweit technisch möglich und zumutbar - auch ohne Angabe solcher Daten bzw. unter Angabe anonymisierter Daten oder eines Pseudonyms gestattet. Die Nutzung der im Rahmen des Impressums oder vergleichbarer Angaben veröffentlichten Kontaktdaten wie Postanschriften, Telefon- und Faxnummern sowie eMail-Adressen durch Dritte zur Übersendung von nicht ausdrücklich angeforderten Informationen ist nicht gestattet. Rechtliche Schritte gegen die Versender von sogenannten Spam-Mails bei Verstößen gegen dieses Verbot sind ausdrücklich vorbehalten.

OBO BETTERMANN GmbH & Co. KG
Hüingser Ring 52
D-58710 Menden
Telefon: 0049-2373-89-0
Telefax: 0049-2373-89-238
E-Mail: info@obo.de
Internet: www.obo.de

Vertretungsberechtigte Geschäftsführer: Ulrich Bettermann,
Andreas Bettermann, Markus Arens, Dr. Jens Uwe Drowatzky

Registergericht: Amtsgericht Arnsberg
Registernummer: HRA 4854
Umsatzsteuer-Identifikationsnummer gemäß § 27 a
Umsatzsteuergesetz:
DE 811 792 270
Haftungsausschluss

Die OBO BETTERMANN GmbH & Co. KG stellt die Inhalte dieser Internetseiten mit großer Sorgfalt zusammen und sorgt für deren regelmäßige Aktualisierung. Die Angaben dienen dennoch nur der unverbindlichen allgemeinen Information und ersetzen nicht die eingehende individuelle Beratung.

Die OBO BETTERMANN GmbH & Co. KG übernimmt keine Gewähr für die Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der Informationen auf diesen Seiten oder den jederzeitigen störungsfreien Zugang. Wenn wir auf Internetseiten Dritter verweisen (Links), übernehmen wir keine Verantwortung für die Inhalte der verlinkten Seiten. Mit dem Betätigen des Verweises verlassen Sie das Informationsangebot der OBO BETTERMANN GmbH & Co. KG. Für die Angebote Dritter können daher abweichende Regelungen gelten, insbesondere hinsichtlich des Datenschutzes. Weiterhin schließen wir die Haftung bei Serviceleistungen, insbesondere beim Download von zur Verfügung gestellten Dateien auf den Internetseiten der OBO BETTERMANN GmbH & Co. KG, für leicht fahrlässige Pflichtverletzungen aus.

Datenschutz

Sämtliche auf der Website der OBO BETTERMANN GmbH & Co. KG erhobene persönlichen Daten werden ausschließlich zu Ihrer individuellen Betreuung, der Übersendung von Produktinformationen oder der Unterbreitung von Serviceangeboten gespeichert und verarbeitet. Die OBO BETTERMANN GmbH & Co. KG sichert zu, dass Ihre Angaben entsprechend den geltenden datenschutzrechtlichen Bestimmungen vertraulich behandelt werden.

Copyright

Sämtliche Texte, Bilder und andere auf der Internetseite veröffentlichten Werke unterliegen - sofern nicht anders gekennzeichnet - dem Copyright der OBO BETTERMANN GmbH & Co. KG, Menden. Jede Vervielfältigung, Verbreitung, Speicherung, Übermittlung, Sendung und Wieder- bzw. Weitergabe der Inhalte ist ohne unsere schriftliche Genehmigung ausdrücklich untersagt.



OBO BETTERMANN GmbH & Co. KG
Postfach 1120 · D-58694 Menden

Kundenservice Deutschland
Tel.: 0 23 73/89-15 00
Fax: 0 23 73/89-77 77

www.obo.de

THINK CONNECTED.

