



12.7 Blitzschutz

Blitzschutzanlagen sollen Gefahren und Schäden durch Blitzeinwirkung vermeiden.

12.7.1 Entstehung des Blitzes

Voraussetzung für das Entstehen des Blitzes ist eine Konzentration elektrischer Ladungen innerhalb einer Gewitterwolke. Gewitter entstehen durch warmfeuchte Luft, die mit großer Geschwindigkeit aufsteigt und sich mit zunehmender Höhe abkühlt. Durch Kondensation des Wasserdampfes bilden sich dann große Gewitterwolken. Beim Unterschreiten der Null-Grad-Grenze werden die Wassertropfen zu Eis in Form von Schnee, Hagel- oder Graupelkörnern. Die Eisteilchen fallen gegen den Aufwind und geben dabei Ladungsteilchen ab. Ein Wolkengebilde mit zwei oder drei übereinander angeordneten Ladungsgebieten entgegengesetzter Polarität bezeichnet man als **Gewitterzelle** (Bild 1).

In der Gewitterzelle ergeben sich große elektrische Feldstärken zwischen den unterschiedlichen Ladungsansammlungen innerhalb der Wolke sowie in den Ladungsgebieten zwischen der Wolke und der Erde.

Zur Blitzentladung kommt es, wenn die elektrische Feldstärke an einer Stelle die elektrische Durchschlagfestigkeit der Luft überschreitet.

Man unterscheidet **Erde-Wolke-Blitze** (Aufwärtsblitze), bei denen die Blitzverästelungen nach oben zeigen (Bild 2), **Wolke-Erde-Blitze** (Abwärtsblitze) mit Verästelungen nach unten und **Wolke-Wolke-Blitze**.

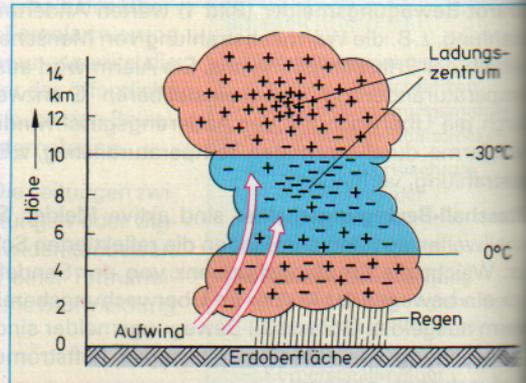


Bild 1: Ladungsverteilung einer Gewitterzelle

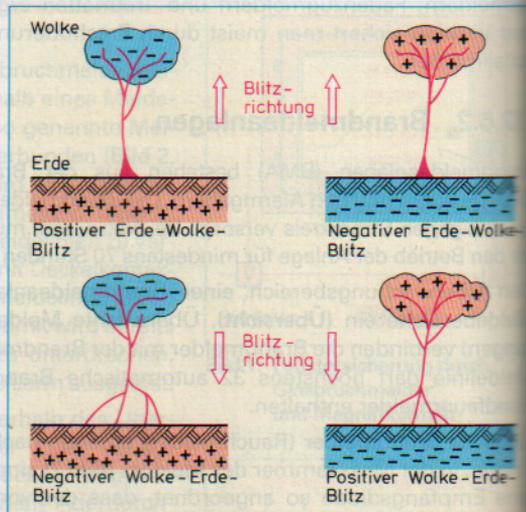


Bild 2: Aufwärtsblitze und Abwärtsblitze

12.7.2 Wirkungen des Blitzstromes

Der **Blitzstrom** hat thermische, dynamische, elektromagnetische und akustische Wirkungen. Die Blitzstromstärke bei der Hauptentladung liegt zwischen 10 kA und 100 kA. Der Hauptentladung können in kurzen Abständen weitere Entladungen mit Stromstärken bis zu einigen 100 A folgen. Die in einem Blitzschlag transportierte Elektrizitätsmenge kann Werte von 10 Coulomb bis über 400 Coulomb erreichen.

Thermische Wirkungen des Blitzstromes zeigen sich z.B. an Blechverkleidungen, aus denen Löcher herauschmelzen. Dynamische Beanspruchungen können sich an Elementen von Antennen durch parallele Stromwege auswirken. Bei Direkteinschlägen in Blitzschutzanlagen entstehen durch den steilen Anstieg des Blitzstromes in den Ableitungen starke elektromagnetische Felder. In Leiterschleifen der Elektroinstallation, z.B. aus der Antennenleitung und der Netzleitung eines Fernsehgerätes gebildet, können dabei hohe Überspannungen induziert werden, die angeschlossene elektronische Geräte zerstören.

Der Einschlag eines Blitzes in die Erdungsanlage hebt das Potenzial des Gebäudes mit seinen metallenen Installationen gegenüber der nicht Blitzstrom führenden Erde stark an. Ein Blitzstrom von z.B. 80 kA bewirkt am Blitzschutzterder mit einem Erdungswiderstand von 5Ω einen Spannungsfall von 400 kV. Eine Spannung in dieser Höhe führt zu Überschlüssen innerhalb der Gebäudeinstallation und zur Zerstörung der Leiterisolierungen.

12.7.3

Den Geb...
DE 018E...
schutz.

Der ord...
schutz so...
ten an c...
Brand od...
tern.

Der inne...
zum äuß...
elektrom...
gen des...
Anlage a...

Zum Sch...
Rechenze...
der Gebä...
men zur...
Verträgli...

sollen d...
angeordn...
dass elek...
sichen c...
von Blitzi...
trächtig t...

12.7.3.

Der äuß...
tungen, /...
tl. Fang...
(Bild 2) o...

Der äu...
tungen...
stromes:

Fangeinr...

20 m sch...
stange d...
45° festg...
muss so...
tauliche...

bereiche...
tungen s...
gen Rau...
Fangleit...
dann zul...
halb des...

z.B. bei...
von min...
gen auf (...
werden i...

LEMP, Abk...



27.3 Gebäude-Blitzschutz

Der Gebäude-Blitzschutz gliedert man nach DIN VDE 0185 in den **äußeren** und den **inneren Blitzschutz**.

Der ordnungsgemäß ausgeführte äußere Blitzschutz soll bei einem Blitzeinschlag (**LEMP¹**) Schäden an der geschützten baulichen Anlage durch Brand oder durch mechanische Zerstörung verhindern.

Der innere Blitzschutz (**Seite 401**) wird zusätzlich zum äußeren Blitzschutz ausgeführt. Er soll die elektromagnetischen und elektrischen Auswirkungen des Blitzstromes innerhalb der geschützten Anlage auf ungefährliche Werte begrenzen.

Zum Schutz von Datenverarbeitungsanlagen, z. B. Rechenzentren, Fernmeldeanlagen oder Anlagen der Gebäudeleittechnik, sind zusätzliche Maßnahmen zur Sicherstellung der **Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV)** notwendig (**Seite 402**). Diese sollen durch Abschirmung und durch gestaffelt angeordnete Schutzeinrichtungen sicherstellen, dass elektronische Geräte durch die elektromagnetischen oder elektrischen Auswirkungen infolge von Blitzeinschlägen in ihrer Funktion nicht beeinträchtigt oder zerstört werden.

27.3.1 Äußerer Blitzschutz

Der äußere Blitzschutz besteht aus Fangeinrichtungen, Ableitungen und der Erdungsanlage (**Bild 1**). Fangeinrichtungen werden als **Fangstangen** (**Bild 2**) oder als **Fangleitungen** (**Bild 3**) ausgeführt.

Der äußere Blitzschutz umfasst alle Einrichtungen zum Auffangen und Ableiten des Blitzstromes in die Erdungsanlage.

Fangeinrichtungen mit einer Höhe von höchstens 20 m schützen einen Bereich, der unter der Fangstange durch eine Kegelform mit einem Winkel von 45° festgelegt ist (**Bild 2**). Die Höhe der Fangstange muss so bemessen sein, dass die zu schützende bauliche Anlage vollständig innerhalb des Schutzbereiches liegt. Der **Schutzbereich** unter Fangleitungen schließt sich unter 45° zu einem zeltförmigen Raum (**Bild 3**). Blitzschutzanlagen mit einer Fangleitung auf dem First des Gebäudes sind nur dann zulässig, wenn sich alle Gebäudeteile innerhalb des Schutzbereiches befinden. Dies lässt sich z. B. bei einem Satteldach mit einer Dachneigung von mindestens 45° erreichen (**Bild 3**). Fangleitungen auf Gebäuden mit einer Dachneigung unter 45° werden in Form von Maschen angeordnet (**Bild 4**).

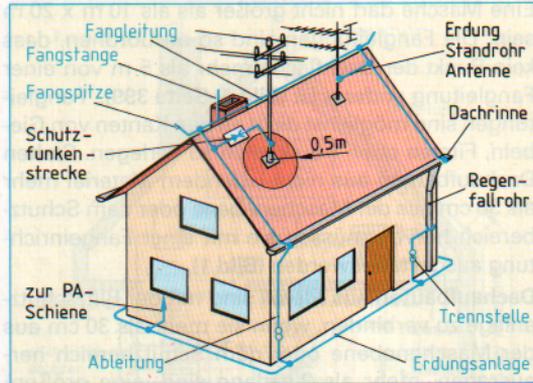


Bild 1: Blitzschutzanlage

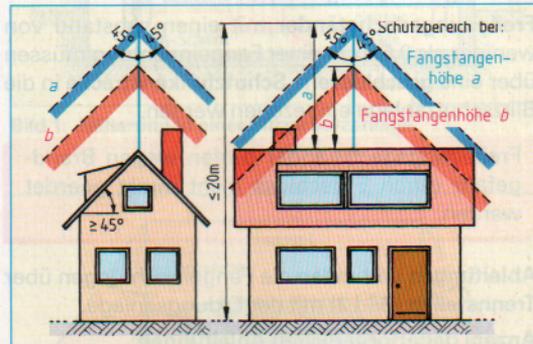


Bild 2: Schutzbereich unter Fangstangen (Höhe a ausreichend, Höhe b nicht ausreichend)

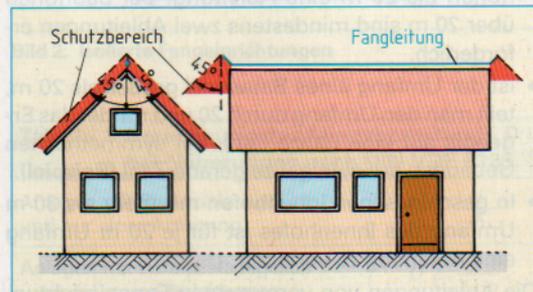


Bild 3: Schutzbereich unter Fangleitungen

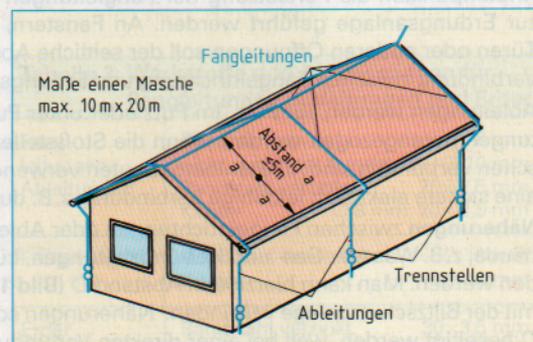


Bild 4: Fangleitungen in Maschen angeordnet

¹LEMP, Abkürzung für Licht-Elektro-Magnetischer Puls



Eine Masche darf nicht größer als 10 m x 20 m sein. Die Fangleitungen sind so anzuordnen, dass kein Punkt der Dachfläche mehr als 5 m von einer Fangleitung entfernt ist (**Bild 4, Seite 399**). Fangleitungen sind möglichst dicht an den Kanten von Giebeln, Firsten oder Traufkanten zu verlegen. Stehen Dachaufbauten aus nicht leitendem Material mehr als 30 cm aus der Maschenebene oder dem Schutzbereich hervor, müssen sie mit einer Fangeinrichtung ausgestattet werden (**Bild 1**).

Dachaufbauten aus Metall sind mit der Blitzschutzanlage zu verbinden, wenn sie mehr als 30 cm aus der Maschenebene oder dem Schutzbereich herausragen, mehr als 2 m lang sind, eine größere Fläche als 1 m² haben oder weniger als 0,5 m von einer Fangeinrichtung entfernt sind.

Freileitungsdachständer mit einem Abstand von weniger als 0,5 m zu einer Fangeinrichtung müssen über eine **geschlossene Schutzfunkenstrecke** in die Blitzschutzanlage einbezogen werden.

Freileitungsdachständer dürfen wegen Brandgefahr durch Erdschluss nicht direkt geerdet werden.

Ableitungen verbinden die Fangeinrichtungen über **Trennstellen** (**Bild 2**) mit der Erdungsanlage.

Anzahl der erforderlichen Ableitungen:

- An Bauwerken mit einem Umfang von weniger als 20 m, z. B. bei Schornsteinen, genügt bei Bauhöhen bis 20 m eine Ableitung. Bei Bauhöhen über 20 m sind mindestens zwei Ableitungen erforderlich.
- Ist der Umfang eines Bauwerks größer als 20 m, teilt man den Umfang durch 20 und rundet das Ergebnis auf eine ganze Zahl, bei symmetrischen Gebäuden auf eine ganze gerade Zahl (**Beispiel**).
- In geschlossenen Innenhöfen mit mehr als 30 m Umfang des Innenhofes ist für je 20 m Umfang eine Ableitung zu verlegen.

Die Ableitungen von vermaschten Fangeinrichtungen (**Bild 2**) sollen nach Möglichkeit an den Eck- und Knotenpunkten als Fortsetzung der Fangleitungen zur Erdungsanlage geführt werden. An Fenstern, Türen oder anderen Öffnungen soll der seitliche Abstand zu Ableitungen mindestens 0,5 m betragen. Die Verbindung zwischen Fangeinrichtung und Erdungsanlage muss möglichst kurz sein.

Ableitungen werden auf Putz, im Putz oder unter Putz verlegt. Metallene Regenfallrohre dürfen als Ableitungen herangezogen werden, wenn die Stoßstellen der Regenfallrohre gelötet oder durch genietete Laschen verbunden sind. In Stahlbetonbauten verwendet man die Bewehrungsstähle als Ableitungen, wenn eine sichere elektrisch leitfähige Verbindung, z. B. durch Verschweißen der Bewehrungsstähle, möglich ist.

Näherungen zwischen Fangeinrichtungen oder Ableitungen und metallenen Installationssystemen im Gebäude, z. B. Wasser-, Gas- und Heizungsleitungen, Lüftungskanälen oder Aufzugschienen, müssen vermieden werden. Man kann hierzu den Abstand D (**Bild 1, Seite 401**) vergrößern oder die metallene Installation mit der Blitzschutzanlage verbinden. Näherungen sollen aber vorzugsweise durch Erhöhen des Abstandes D beseitigt werden, weil bei einer direkten Verbindung der Installationssysteme mit der Blitzschutzanlage elektrische Einrichtungen bereits durch Blitzteilströme beschädigt werden können.

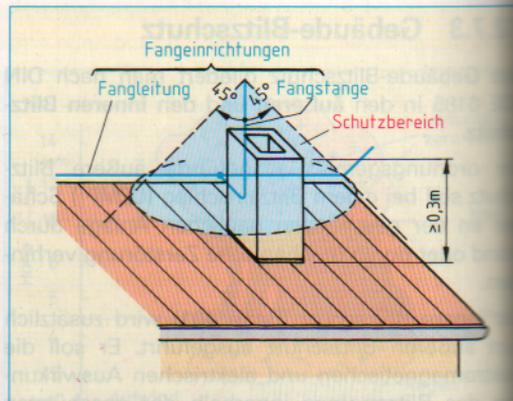


Bild 1: Schutz von Dachaufbauten durch Fangstangen

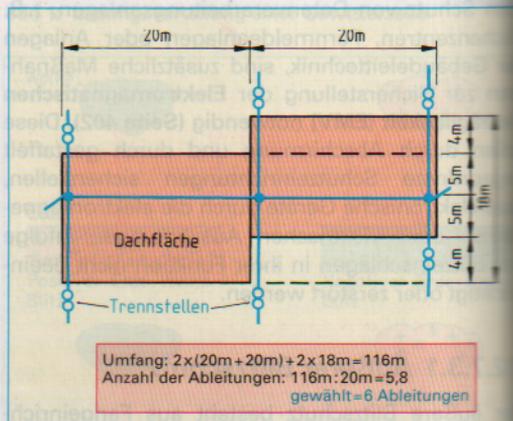


Bild 2: Ableitungen einer Blitzschutzanlage (Beispiel)

Beispiel:

Ein Gebäude mit den Abmessungen aus **Bild 2** soll eine Blitzschutzanlage erhalten. Berechnen Sie die Anzahl der erforderlichen Ableitungen.

Lösung:

Gebäudeumfang: $2 \cdot (20\text{ m} + 20\text{ m}) + 2 \cdot 18\text{ m} = 116\text{ m}$

Anzahl der Ableitungen: Gebäudeumfang : 20
= 116 m : 20 m = 5,8

Die Blitzschutzanlage für das Gebäude (**Bild 2**) muss **sechs Ableitungen** erhalten.



Wenn man den Abstand D (Bild 1) nicht vergrößern, verbindet man elektrische Einrichtungen meist über geschlossene Trennfunkstrecken mit der Blitzschutzanlage. Zur Berechnung des Mindestabstandes D wird die Länge l der Ableitung von der Näherungsstelle (Stelle des geringsten Abstandes zwischen Blitzschutzanlage und leitfähigen Installationssystemen) bis zur Potentialausgleichsebene gemessen (Bild 1). Formeln zur Berechnung des Mindestabstandes D bei Näherung siehe Tabelle 1. Mindestquerschnitte und Leiterwerkstoffe für Fangleitungen, Ableitungen und Erder sind Tabelle 2 entnehmen.

Isolierte Fangeinrichtungen bestehen aus Fangstangen, Fangleitungen oder Fangnetzen, die keine Verbindung mit der baulichen Anlage haben. Das schützende Gebäude muss jedoch völlig im Schutzbereich der Fangeinrichtung liegen (Bild 2). Als Schutzbereich einer Fangstange mit einer Höhe bis 10 m gilt der kegelförmige Raum um die Fangstange mit einem Schutzwinkel von 45° (Bild 2, Seite 399). Für den Teil einer Fangstange mit einer Höhe über 10 m beträgt der Schutzwinkel 30°. Zum Schutz von explosivstoffgefährdeten Bereichen, z.B. Sprengstofflagern oder explosionsgefährdeten Bereichen (Seite 312), werden meist isolierte Fangeinrichtungen verwendet.

Die Erdungsanlage ist so einzurichten, dass ein möglichst kleiner Erdungswiderstand erreicht wird. Erdungsanlagen sind korrosionsfest und kontaktlos auszuführen. Sie müssen ohne Mitverwendung von metallischen Leitungssystemen, z.B. eines Wasserrohrnetzes, für sich alleine wirksam sein. Erder für Erdungsanlagen werden als Bandener, z.B. als Ringerder, meist jedoch als Fundamenterder, ausgeführt. Fundamenterder (Bild 1, Seite 286) müssen die notwendigen Anschlüsse für die Ableitungen der Blitzschutzanlage und einen Anschluss für den Blitzschutz-Potentialausgleich (Bild 1) haben.

27.3.2 Innerer Blitzschutz

Der innere Blitzschutz soll elektrische Anlagen, leitfähige Installationen und Anlagenteile im Innern von baulichen Anlagen gegen die Auswirkungen des Blitzstromes, z.B. seiner elektrischen und magnetischen Felder, schützen. Er besteht aus dem Blitzschutz-Potentialausgleich und dem Schutz elektrischer Anlagen vor Überspannungen. Durch den Potentialausgleich werden alle leitfähigen Systeme, z. B. Wasser-, Gas-, Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage, über die Potentialausgleichschiene mit dem Fundamenterder verbunden.

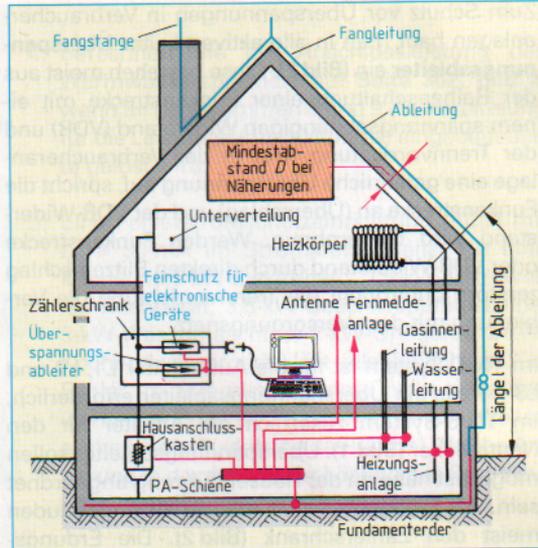


Bild 1: Näherung in einer Blitzschutzanlage

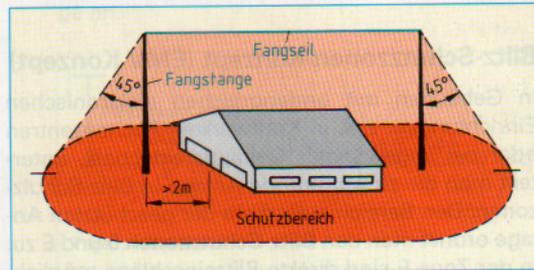


Bild 2: Isolierte Fangeinrichtungen

Tabelle 1: Berechnung des Mindestabstands D bei Näherungen nach DIN VDE 0185

Anlagen mit Potentialausgleich und nur einer Ableitung	$D \geq \frac{l}{5}$
Anlagen mit Potentialausgleich und mehreren Ableitungen	$D \geq \frac{l}{7 \cdot n}$
l Länge; D Abstand; n Anzahl der Ableitungen	

Tabelle 2: Werkstoffe und Abmessungen für Fangleitungen, Ableitungen und Erder

Fangleitungen, Ableitungen	Rundstahl verzinkt	Ø 8 mm
	nicht rostender Rundstahl	Ø 10 mm
	Bandstahl verzinkt	20×2,5 mm
	Kupfer	Ø 8 mm, 20×2,5 mm
Fangstangen	Rundstahl verzinkt	Ø 16 mm
	Kupfer	Ø 16 mm
Erder	Bandstahl verzinkt	30×3,5 mm
	Kupfer	Ø 8 mm, 25×2 mm

Wiederholen - Anwenden - Vertiefen



Zum Schutz vor Überspannungen in Verbraucheranlagen baut man in alle aktiven Leiter **Überspannungsableiter** ein (Bild 2). Diese bestehen meist aus der Reihenschaltung einer Funkenstrecke mit einem spannungsabhängigen Widerstand (VDR) und der Trennvorrichtung. Tritt in der Verbraucheranlage eine gefährliche Überspannung auf, spricht die Funkenstrecke an (Überschlag) und der VDR-Widerstand wird niederohmig. Werden Funkenstrecke oder VDR-Widerstand durch direkten Blitzeinschlag zerstört, unterbricht die Trennvorrichtung die Verbindung mit dem Versorgungsnetz.

Im TN-C-System ist für die Außenleiter L1, L2 und L3 jeweils ein Überspannungsableiter erforderlich, im TN-S-System zusätzlich ein Ableiter für den Neutralleiter (Bild 1). Überspannungsableiter sollen möglichst nahe an der Hauseinführung angeordnet sein. Als Einbauort wählt man in Wohngebäuden meist den Zählerschrank (Bild 2). Die Erdungsleitung der Ableiter ist mit der Potenzialausgleichschiene, im TN-System zusätzlich mit dem PEN-Leiter, zu verbinden.

Blitz-Schutzonen-Konzept (EMV-Konzept)

In Gebäuden mit umfangreichen elektronischen Einrichtungen, z. B. in Kraftwerken, Rechenzentren oder bei angewandter Gebäudeleittechnik, unterteilt man die zu schützende Anlage in Blitz-Schutzonen. Den Bereich außerhalb der geschützten Anlage ordnet man den **Blitz-Schutzonen 0** und E zu. In der Zone E sind direkte Blitzeinschläge möglich. Auf die Zonen 0 und E, in denen bei Blitzeinschlägen hohe elektromagnetische Felder wirken, folgen innerhalb des Gebäudes Schutzonen mit abnehmender Gefährdung. Schutzonen können kostengünstig durch Verbinden der Baustahlarmierung in Form von **Schirmkäfigen** gebildet werden. Die Armierung aller Außenwände schirmt die Blitz-Schutzzone 1 ab. Die Bewehrungsstähle innen liegender Räume bilden z. B. den Schirmkäfig der Blitz-Schutzzone 2 und wirken wie ein faradayscher Käfig (Seite 70). Die Bewehrungsstähle einschließlich aller verbundenen Metallteile, wie Metallverkleidungen, bezieht man in den Blitzschutz-Potenzialausgleich ein.

Alle energietechnischen und datentechnischen Leitungen werden an den Übergängen der Blitz-Schutzonen mit Überspannungsableitern ausgerüstet. Am Übergang zwischen Blitz-Schutzzone 0 und 1, also an der Eintrittsstelle in das Gebäude, werden so genannte **Blitzstromableiter** angebracht. Sie können hohe Blitzströme, z. B. bis 100 kA, ableiten. An den Schnittstellen zwischen den Blitz-Schutzonen 1 und 2 setzt man Überspannungsableiter ein. Sie können meist nur kleine Blitzströme führen, haben aber einen niedrigeren Schutzpegel. Durch diesen gestaffelten Einsatz der Überspannungsschutzgeräte wird die Gefährdung durch Überspannung in Richtung zum Endgerät hin geringer.

Wiederholungsfragen

- 1 Welche Anlagenteile umfasst a) der äußere und b) der innere Blitzschutz?
- 2 Beschreiben Sie den Schutzbereich a) unter einer Fangstange, b) unter einer Fangleitung.
- 3 Ermitteln Sie die Anzahl der Ableitungen bei einem Gebäudeumfang von 140 m bei a) symmetrischem Grundriss und b) unsymmetrischem Grundriss.

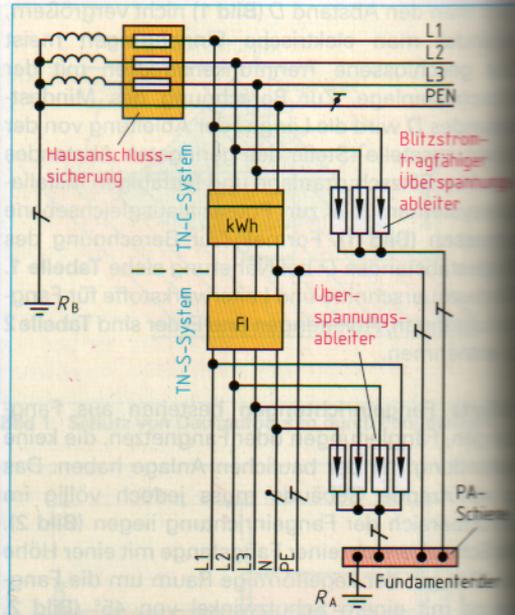


Bild 1: Überspannungsschutz im TN-System

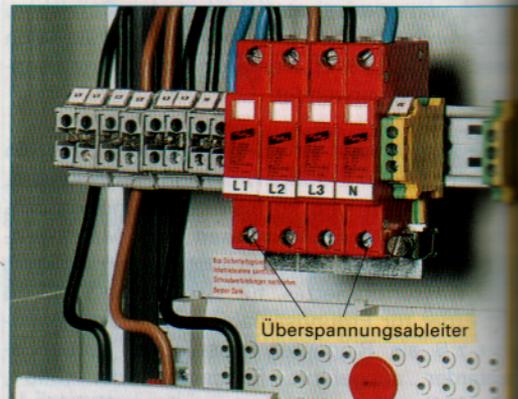


Bild 2: Überspannungsableiter

7. Ein Raum mit einer Fläche von 20 m^2 wird mit Leuchtstofflampen 58 W mit einem Lichtstrom je Lampe von 5200 lm ausgeleuchtet. Die geforderte mittlere Beleuchtungsstärke soll 300 lx betragen. Der Leuchtenbetriebswirkungsgrad beträgt 60% , der Raumwirkungsgrad 81% . Berücksichtigen Sie eine normale Verminderung der Beleuchtungsstärke. Berechnen Sie die notwendige Lampenanzahl.
2. Die 7-Takt-Schaltung eines Strahlungsheizkörpers zeigt **Bild 1**. Berechnen Sie die Leistungsaufnahme bei den Schaltstufen 6 bis 1, wenn der Heizkörper an $AC 230 \text{ V}$ angeschlossen wird. Die Widerstandswerte der Heizleiter betragen $R_1 = 117 \Omega$, $R_2 = 124 \Omega$ und $R_3 = 69 \Omega$.

4. Berechnen Sie die Anschlussleistung des Warmwasserspeichers auf **Seite 362, Bild 2**, wenn an den Klemmen 8 und 9 die Verbindung für die Leistungsumschaltung **a)** eingebaut und **b)** gelöst wird.
5. Eine Fehlerstromschutzeinrichtung (RCD) mit $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$ im Stromkreisverteiler für eine Küche ($10,5\text{-kW}$ -Elektroherd, $1,5\text{-kW}$ -Mikrowellen-Kochgerät, $3,5\text{-kW}$ -Geschirrspülmaschine, 3-kW -Waschmaschine, 2-kW -Grillgerät, 2-kW -Kochendwassergerät) löst gelegentlich aus. Ein Fehler im Stromkreis konnte nicht gefunden werden. **a)** Erklären Sie die wahrscheinliche Ursache für die Auslösung des RCD. **b)** Welche Änderung in der Anlage zur Lösung des Problems ist eventuell notwendig?

6. **a)** Berechnen Sie den Pegel L_A an der Antennensteckdose A (**Bild 2**). **b)** Ist der Pegel ausreichend? Falls nein, geben Sie Lösungsvorschläge an.

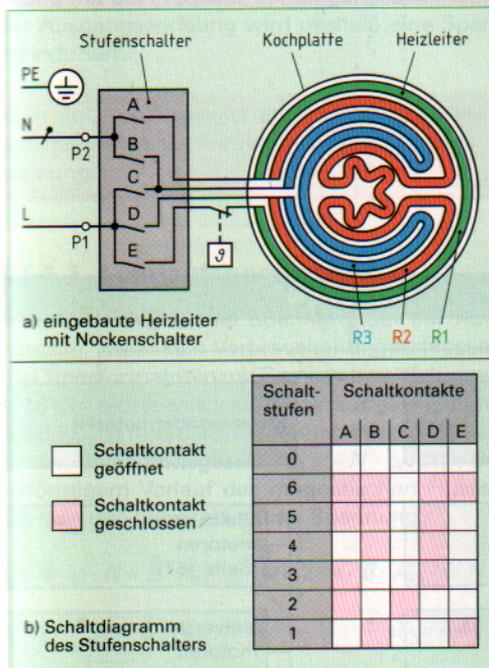


Bild 1: 7-Takt-Schaltung eines Strahlungsheizkörpers

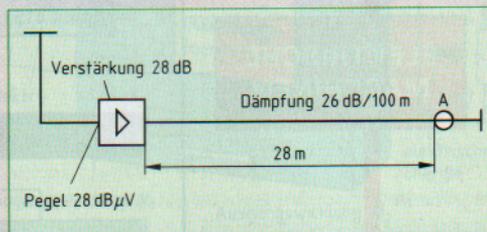


Bild 2: Empfangsanlage

3. Damit bei Mikrowellengeräten (**Seite 370**) die Strahlungssicherheit gewährleistet ist, müssen Lochdurchmesser im Strahlungsraum kleiner als $0,05 \cdot \lambda$ sein ($\lambda = \text{Wellenlänge}$). **a)** Berechnen Sie den maximal zulässigen Lochdurchmesser. **b)** Beurteilen Sie die Strahlungssicherheit der Mikrowellengeräte.

7. Wie erfolgt die Einstellung einer Parabolantenne für Satellitenempfang?
8. Ein EIB-Teilnehmer besitzt die physikalische Adresse 4.9.28. Erklären Sie die Bedeutung der Zahlen für diese Adresse.
9. Eine Familie plant ihr analoges Telekommunikationssystem auf ISDN (**Seite 385**) umzustellen. Folgende Geräte sind vorhanden: ein analoges Funktelefon, ein Faxgerät Gruppe 3, ein Computer und Telefonanschluss für ein erwachsenes Kind und ein Computer für die Eltern. Ein weiteres ISDN-Telefon soll demnächst angeschafft werden. Die Familie hat 4 MSN beantragt. **a)** Welche Vorteile bringt der ISDN-Anschluss der Familie? **b)** Wie sind die MSN zu verteilen? **c)** Welche Anschaffungen muss die Familie machen? **d)** Wie viel weitere ISDN-Geräte könnten noch angeschlossen werden?