

Erdung und Potenzialausgleich in Antennenanlagen.

Eine Zusammenfassung für die Praxis im IT-Handwerk von Heinz A. Kleiske (01.11.2003)

(Zu beachten sind in der Hauptsache die Normen VDE 0855/EN 50083, VDE 0100 und die Vornorm VDE V 0185)

Auch der erfahrene Praktiker ist nicht immer sicher, was derzeit als Stand der Technik in bezug auf die Anwendung von Normen und Vorschriften anzusehen ist. Daher scheint es geboten, die hier für den Praktiker zu beachtenden Punkte herauszustellen. Die Norm VDE 0855 mit Stand 1994 ist derzeit die noch in der Hauptsache anzuwendende Vorschrift. Hier ist klar ausgesagt, dass alle im gefährdeten Bereich eines Bauwerks befindlichen Antennenanlagen mit einer Erdungseinrichtung zu versehen sind, um bei Blitzeinwirkung größere Schäden zu verhindern. Ankommende und abgehende Antennenkabel, das Antennenstandrohr und sonstige Komponenten der Antennen- oder BK- Anlage sind in den Potenzialausgleich des Hauses einzubeziehen. Die VDE 0100 mit ihren grundsätzlichen Aussagen und die Vornorm VDE V 0185 sollten dem Elektrofachmann bekannt sein und ggf. zur Anwendung kommen.

Getrennt zu betrachten sind zunächst:

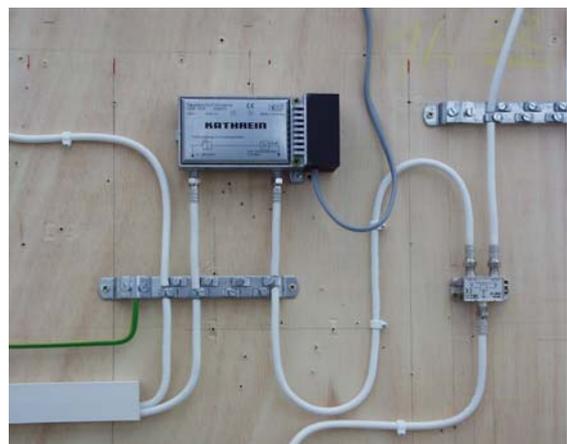
1. die Aufgaben des **Potenzialausgleichs** zur Vermeidung von gefährlichen Spannungen zwischen metallenen Teilen im Gebäude -
2. die Aufgabe der **Erdung** einer Antennenanlage zum Schutz vor größeren Schäden durch Blitzeinschlag -
3. die Aufgaben der **Blitzschutzanlage** eines Gebäudes, die zum größtmöglichen Schutz des gesamten Gebäudes installiert wird.

Uns interessieren in der Regel die Aufgaben 1 und 2.

1.) **Der Potenzialausgleich (PA)** in Antennen- und BK- Anlagen mit elektrischen Komponenten (z.B. dem angeschlossenen TV Gerät, Receiver, Multischalter, dem BK-Verstärker usw.) ist immer erforderlich, und soll mittels PA- Schienen (Abb.) dafür sorgen, dass Spannungsverschleppungen von ggf. spannungsführenden Teilen einer elektrischen Anlage (z.B. des defekten TV- Gerätes oder Receivers, deren Fehler beim VDE- Test nicht erkannt wurden) vermieden werden.



Durch Isolations- oder sonstige Fehler, über Rohre, Abschirmmäntel von Koaxialkabeln oder sonstige metallenen Verbindungen übertragene Spannungen gegenüber einem anderen Potenzial sollen vermieden werden. Durch Verbindung von Heizungs-, Wasser- und sonstigen Installationsrohren untereinander mit 6-25 qmm Kupferdraht (je nach Querschnitt der Schutzleiter), und dem weiteren Anschluss der Koaxialkabelabschirmungen, der Verstärker, Multi-



schalter, sonstiger Geräte und des Antennenstandrohres mit 4 qmm Kupferdraht (gelb-grün) an die dafür vorgesehenen PA- Schraubverbindungen und PA- Schienen, werden diese Potenzialdifferenzen verhindert, da ja alle PA- Leitungen im Hausanschlussraum zentral mit der **Haupterdungsschiene (HES)** eines Gebäudes verbunden

sind. Der Schutz muss auch bei ausgebauten Komponenten erhalten bleiben! Bei BK- Anlagen ist dieser PA gleich hinter dem Hausübergabepunkt vorzunehmen, weitere Stichleitungen o.ä. müssen hier nicht beachtet werden. In der Praxis ist die HES die Sammelschiene, an der neben dem Hauptschutzleiter (PEN) des Energieversorgers auch die PA- Leitungen von Wasser- und Heizungsrohren, und das verzinkte Bandeisen des Fundamenterders elektrisch und mechanisch sicher angeschlossen sind. Durch diese zentrale Zusammenschaltung können keine ggf. gefährlichen Spannungen mehr zwischen zwei Kabeln, Rohren, Geräten o.ä. auftreten. Hier muss auch die Potenzialausgleichsleitung der Antennenanlage und/ oder des BK-Anschlusses angeschlossen werden (4 qmm). Auch die Potenzialausgleichsleitung vom ggf. externen Kreuzprofilender, der außerhalb des Hauses in die Erde getrieben wurde, muss hier angeschlossen werden, da auch zwischen dem Anschluss des Fundamenterders an der HES und dem außen eingebrachten externen Erder eine Potentialdifferenz auftreten kann. **Diese Leitung sieht man in der Praxis so gut wie nie, ist nach VDE 0855 aber Bestandteil des PA und sollte in Erdnähe vom Erder zur HES geführt werden.** Diese Verbindung soll im Falle eines Blitzeinschlages gefährliche Schrittspannungen im Bereich zwischen Fundamenterder und dem Kreuzprofilender außerhalb des Hauses verhindern. Zu beachten ist hier, dass bereits durch geringe Potentialdifferenzen zwischen diesen beiden Erdern der resultierende Ausgleichsstrom zur galvanischen Zersetzung des externen Erders führen kann, weshalb hier eine Trennfunkstrecke eingebaut werden sollte, die bei Blitzeinschlag niederohmig wird, aber ansonsten galvanisch trennt. Aus ungünstig installierten Potenzialausgleichsleitungen (Schleifenbildung)

resultierende Empfangsstörungen, z.B. bei Hochfrequenzanlagen (Funk), kann man ebenso durch geeignete Trennfunkstrecken (Abb.) im Bereich der Erdungsleitungen kompensieren. Siehe Fachkataloge!



2.) **Der Erder** ist für die Erdung einer Antenne oder sonstigen im ungeschützten Bereich eines Gebäudes angebrachten leitfähigen, ggf. elektrischen Anlage vorgeschrieben. Die Antenne ist übrigens eine elektrische Anlage! Auch die uns nur am Rande interessierenden Edelstahl- Abgasrohre für nachträglich eingebaute Kamine müssten geerdet werden. Diese befinden sich meistens in einem ungeschützten Bereich, so dass ein Blitz ins Haus gelangen und gefährlich werden kann. Als Elektrofachkraft sollte man dem für solche Hinweise dankbaren, stolzen Kaminbesitzer diesen Hinweis geben und seine Fachkompetenz beweisen. Antennen auf dem Dach oder in der Dachfläche, egal wie hoch oder wie tief sie angebracht sind, sind in jedem Fall mit einer Erdungsanlage zu versehen. Im Regressfall wird der Elektrofachmann von Sachverständigen vor Gericht mit dem Stand der Technik zum Zeitpunkt der Errichtung einer Anlage konfrontiert und hat ggf. schlechte Karten, wenn er zum einen nicht den Normen entsprechend gearbeitet hat, oder den Auftraggeber nicht unmissverständlich über seine Pflicht zur Einhaltung der einschlägigen Vorschriften und Normen unterrichtet hat. Selbst wenn Wettbewerber dieses unterlassen und dadurch scheinbar günstiger anbieten können, sollte man hier konsequent sein, und ggf. die schriftlich quittierte Aufklärung über die Folgen zum Nutzen aller Beteiligten fordern. Nebenbei lässt sich mit einer fachlich fundierten Beratung zum Schutz von Leib, Leben,

Geräten und Bauwerken Geld verdienen, so dass sich eine engagierte Argumentation lohnt.

Ein z.B. verwendeter Kreuzprofilender (Abb.) muss 2,5 m lang sein!



Für den Fall eines zu harten Bodens sind statt eines 2,5 m Erders zwei mit 1,5 m Länge im Abstand von ca. 3 m in den Boden einzubringen. Der Erder ist wegen der höheren Bodenfeuchte und dem damit geringeren Widerstand zum Erdreich im Abstand von mindestens 1 m vom Fundament, außerhalb des Gebäudes, in die Erde zu schlagen. Ein einzelner 2 m oder 1,5 m Kreuzerder ist nicht ausreichend, auch wenn er einfacher zu verarbeiten ist. Alternativ können die seltener benutzten Band- oder sonstigen Erder entsprechend der VDE 0855/EN50083 verwendet werden. **Wasserleitungsrohrnetze** u.ä. sind **als Erder in keinem Fall** zulässig, da wegen des zunehmenden Einsatzes von Kunststoffrohren die Verbindung zum Erdreich fehlt. Im Erdreich liegende, metallene Rohrnetze sind als Erder jedoch generell zulässig, sofern die Mindestbedingungen eingehalten werden.

Als Erdungsleiter (EL) ist z.B. 16 qmm Kupfer, blank oder isoliert, als **massiver Volldraht** zu verwenden. Auch wenn die Beschaffung des Volldrahtes gelegentlich Schwierigkeiten macht - er ist vorgeschrieben! Volldraht deshalb, weil sich die grob- oder feindrahtigen Leiter im Falle der Durchströmung mit Blitzströmen im hohen Kilo- Ampere Bereich in Wohlgefallen auflösen und auch nicht sichergestellt ist, dass alle Einzeldrähte beim Anschluss großflächig erfasst werden. Auch 25 qmm Aluminium in isolierter Ausführung oder 50 qmm Stahl (8 mm Runddraht), verzinkt, sind

zugelassen aber schwerer zu verarbeiten. Dieser Erdungsleiter sollte nicht zu dicht neben anderen elektrischen Leitungen liegen, da im Falle der Blitzstromableitung zerstörerische Spannungen in den ggf. parallel laufenden Leitungen induziert werden könnten und Funkenüberschläge möglich wären. Der EL ist auf kürzestem, möglichst senkrecht und möglichst außerhalb des Gebäudes z.B. mit Pfannenbefestigungen (Abb.) zu einem auch außerhalb des Gebäudes gelegenen



Erderanschluss zu führen. Zunehmend sollen die Fundamente der auch außen liegende Anschlusspunkte bekommen, die dann optimal zu nutzen wären. Verbindungen eines Kupfer- EL mit dem verzinkten Kreuzprofilender



sind wegen der elektrochemischen Reaktionen (Spannungsdifferenz zwischen verschiedenen Metallen) so herzustellen, dass durch Verwendung von Korrosionsschutzbinden (Abb.) eine Elektrolytbildung (durch Eindringen von Erdfeuchte) innerhalb der Anschlüsse verhindert wird. Wird dieses nicht berücksichtigt, ist eine zerstörende Korrosion und die Unwirksamkeit der Erdung unvermeidlich. Die Verarbeitung dieser Binde nimmt man wegen der nötigen sorgfältigen Verschmierung mittels Einmalhandschuhen vor, so dass sich die Binde an Erderanschlussklemme, den Erdungsleiter und die Erderanschlussfahne hermetisch anschmiegt und ein Eindringen von Feuchtigkeit sicher verhindert wird. **Als Erdungsleiter – nicht** als Erder - verwendet werden können auch **metallene Wasserrohrnetze**, sofern sichergestellt ist, dass 1. keine isolierenden Teilstücke vorhan-

den sind (Widerstand messen), dass 2. der Rohrnetzinhaber zustimmt und 3. keine weiteren baurechtlichen Bestimmungen dem entgegenstehen. Bei späteren Änderungen am Rohrnetz muss sichergestellt werden, dass die Funktion als Erdungsleiter erhalten bleibt und der Elektrofachmann dieses erneut prüft. **Wegen der o.a. Auflagen sollte man von dieser Art Erdungsleiter absehen**, jedoch bei hohen Gebäuden gleichwohl in Erwägung ziehen. Gasrohrleitungen sind selbstverständlich nicht verwendbar, da im Falle eines Blitzes Explosionsgefahr bestehen würde. Verwendet werden können auch Stahlskelette, die ggf. mit Kreuzverbindern (Abb.) elektrisch verbunden werden, wobei allerdings auch Spalten von maximal 1 mm zugelassen sind, sofern sich mindestens 100 qmm Fläche zur Weiterleitung der Blitzenergie an den Erder gegenüber stehen. Regenfallrohre und Dachrinnen sind als Erdungsleiter dann erlaubt, wenn sie hartverlötet und nicht nur gesteckt sind. Selbstverständlich muss das Fallrohr über eine zugelassene Bandschelle



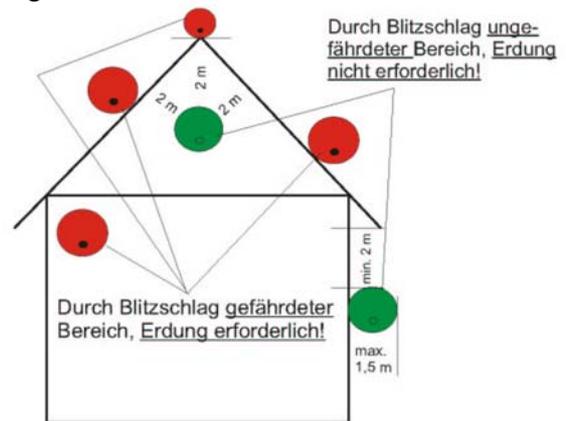
Selbstverständlich muss das Fallrohr über eine zugelassene Bandschelle



(Abb.) mit wirksamer Fläche von 100 qmm an den o.a. Erder angeschlossen werden. **Als Erdungsleiter sollte nicht verwendet werden** der gelb-grüne 16 qmm Kupferdraht, den unsere Kollegen aus der Elektrotechnik bei der Neubauinstallation freundlicherweise zu Zwecken des Potenzialausgleichs von der HES bis hoch unters Dach gelegt haben. Für diesen Zweck hätten allerdings auch 4 qmm genügt. Die R + F Leute finden das toll und glauben, dass dieser gelb-grüne Draht wegen des 16 qmm Querschnitts der

qmm Querschnitts der Erdungsleiter sei und bereits an einem geeigneten Erder endet. Da wir zum einen nicht wissen, wo und wie dieser Draht verlegt wurde - er dürfte für Erdungsleiterzwecke nämlich nur auf kürzestem Wege - möglichst außerhalb eines Gebäudes - senkrecht, mit ggf. entsprechend großen Biegeradien zum Erder (auch Fundamenterder) führen und darf nicht durch Räume geführt werden, die ggf. brennbare Stoffe enthalten. All dieses ist für den Zweck des Potenzialausgleichs nicht unbedingt zu beachten, so dass wir diese Leitung wirklich nur zum Zwecke des PA unserer ankommenden und abgehenden Koaxialkabel und der elektrischen Geräte (Verstärker, Multiswitch, ggf. Standrohr usw.) nutzen sollten. Hier muss die Elektrofachkraft ggf. vor Ort entsprechend der nachvollziehbaren Leitungsführung und sonstiger Fakten verantwortlich entscheiden.

Keine Erdung benötigen Antennen, die innerhalb eines Gebäudes angebracht sind, oder aber außerhalb eines Gebäudes im geschützten Bereich liegen.



Im geschützten Bereich befindet sich eine Antenne, wenn die äußersten Kanten z.B. einer Satelliten-Außen-einheit mindestens 2 m von allen Dach- und Gebäudekanten entfernt sind, und das äußerste Ende z.B. des LNB nicht weiter als 1,5 m von der Hauswand weg ist. Eine Dachkante kann die Dachrinne längs eines Sattel-

daches, die kurze Dachrinne oben am Krüppelwalmdach, aber auch die Dachhautkante ohne eine Dachrinne und das Firstende an den Giebeln eines Hauses sein. Wenn man bequem vom Balkon aus eine Sat.- Anlage installieren möchte, muss darauf geachtet werden, dass die mehr oder weniger steil geneigten Dachkanten rechts und links an den Giebelseiten eines Satteldachhauses mindestens auch 2 m entfernt sind. Der Abstand von 2 m sollte sogar von senkrechten Gebäudekanten eingehalten werden, da Blitze durchaus auch seitlich wirksam werden können. Die genannten Entfernungen ergeben sich aus der Annahme, dass sich von den Gebäudekanten ausgehend ein Schutzwinkel von ca. 45 Grad ergibt, unter dem die angebrachten Anlagenteile vor Blitzeinschlag sicher sind. **Satelliten- Antennen sollte man nach alledem möglichst im geschützten Bereich eines Gebäudes anbringen.**

3.) Nun zur **VDE V 0185**, die dann angewendet werden sollte, **wenn am Gebäude ein äußerer Blitzschutz vorhanden ist.** Diese Vornorm stellt den Stand der Technik dar und empfiehlt, dass z.B. Sat.- Anlagen nicht direkt geerdet werden. Vielmehr sind diese mittels einer Fangeinrichtung, unter Einhaltung eines zu berechnenden Trennungsabstandes (damit es nicht zu gefährlichen Funkenstrecken kommt), vom Standrohr isoliert, zu schützen. Diese Fangeinrichtung ist dann mit dem äußeren Blitzschutz des Hauses fachmännisch mit den dafür vorgesehenen Materialien zu verbinden.

Entsprechend der Höhe der Fangeinrichtung ergeben sich unterschiedliche Schutzwinkel. Im Schutzwinkel eines äußeren Blitzschutzes, z.B. an einem hohen Kirchturm, wären theoretisch alle Anlagen innerhalb dieses Schutzkegels ohne zusätzliche Kosten geschützt. Das kompliziertere „Blitzku-

gelverfahren“ mit Kugelradien entsprechend der nach bestimmten Formeln errechneten Blitzschutzklassen würde hier jedoch ggf. zu anderen Ergebnissen kommen, da sich der Schutzbereich bis an die Berührungspunkte zwischen der gedachten, oder modellmäßig angelegten Kugel und dem Gebäude erstreckt. Siehe VDE V 0185!

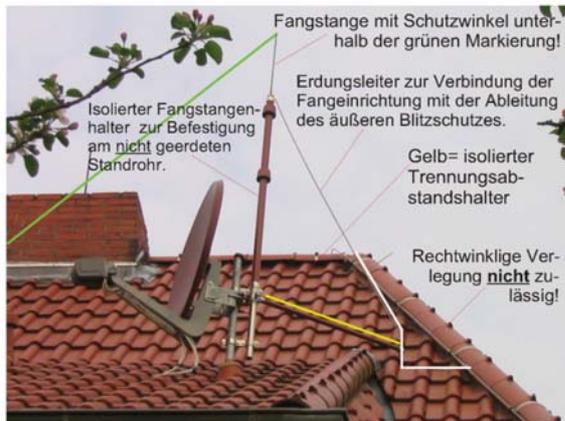


Geschützter Bereich unterhalb des grünen Winkels!

Ungeerdetes Standrohr auf einem Gebäude ohne äußeren Blitzschutz. Anwendung von isolierten Trennungsabstandshaltern zur Aufnahme der Fangstange (Schutzwinkelwirkung) mit Verbindung zur hartverlöteten Dachrinne, die als Teilstück des Erdungsleiters fungiert.

Im Idealfall jedoch würde der Blitz bevorzugt in die Fangeinrichtung schlagen und über den außerhalb des Hauses verlegten Erdungsleiter gefahrlos in die Erde abgeleitet werden, sofern denn der Erdungs-/ Blitzstromleiter nicht gerade, wie bei genauerer Betrachtung des folgenden Bildes zu sehen, rechtwinklig abgelenkt verläuft, und den Blitz an dieser Stelle sicher nicht korrekt zur Erde ableitet. Die im kegelförmigen Schutzbereich (entsprechend des Schutzwinkels der Fangeinrichtung), darunter befindliche Antenne oder sonstige elektrische oder metallene Einrichtung (Klimaanlage, Lüftungsmotor u.ä.) würde nicht beschä-

digt werden, Blitzströme oder Teilströme nicht in die Anlage gelangen, Komponenten und angeschlossene Endgeräte nicht beschädigt werden.



Ungeerdetes Standrohr, mit isolierter Fangstangenhalterung und aufgesetzter Fangstange mit Anschluss an den äußeren Blitzschutz. Zusätzlicher, isolierter Trennungsabstandshalter für den EL, wobei der EL nicht im rechten Winkel, sondern nur im angemessenen Bogen an die Ableitung herangeführt werden darf. (Siehe VDE V 0185)

Eine **VDE-Vornorm** ist das Ergebnis einer Normungsarbeit, die wie alle anderen DKE-Arbeitsergebnisse mit sicherheitstechnischen Festlegungen durch eine VDE-Klassifikation gekennzeichnet ist. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung der neuen Vornormen (1.11.2002) wurden gleichzeitig alle veralteten Normen, Vornormen und die bisher veröffentlichten Entwürfe der Blitzschutz-Reihe VDE 0185 zurückgezogen. Mit dieser Maßnahme wurde sichergestellt, dass der Stand der Technik zum Blitzschutz nun auf einer einheitlichen und aktuellen Basis wiedergegeben wird.

(DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE)

Es sollte ja das Ziel unserer Erdungsmaßnahmen sein, dass materielle oder gar Personenschäden durch Blitzeinwirkung verhindert werden. Die Empfehlungen der bisher gebräuchlichen VDE 0855 lassen das Eintreten der Blitzspannungen in die Anlage und

deren Weiterverbreitung über das Koaxialkabelnetz und den PA- Leitungen noch zu und können nur größere Schäden, z.B. am Gebäude verhindern. Bei Anwendung der VDE V 0185 bleibt der Blitz draußen, Endgeräte in der Regel intakt, teurer Ausfall von Technik wird vermieden. Der Potentialausgleich muss bei Anwendung dieser Norm - wie sonst auch - VDE gemäß installiert werden.

Selbst wenn kein äußerer Blitzschutz vorhanden ist, sollte nach neuester Auffassung eine Fangeinrichtung nach VDE V 0185 der herkömmlichen Erdung nach VDE 0855 vorgezogen werden, da mit Fangeinrichtung die PA- Leitungen, Koaxialkabel und Endgeräte gar nicht erst mit zerstörerischen Spannungen belastet werden. Diese ist dann mittels bereits benannter Erdungsleiter auf kürzestem Wege mit zulässigen Erden zu verbinden. Da u.U. das notwendige Installationsmaterial wie EL- Halterungen für die verschiedensten Dacheindeckungen, isolierte Halter für die Fangstangen, Flachdach- Leitungsstützen (Abb.) usw.



noch weitestgehend unbekannt ist, sollte man sich z.B. von Fa. DEHN und Söhne den Katalog kommen lassen, gleichzeitig die Blitzplaner CD anfordern und die Einzelheiten genauestens studieren. www.dehn.de

Über all diese Empfehlungen und Normen hinaus ist natürlich der Sachverständand der Elektrofachkraft gefragt, da nicht alle Einzelheiten hinsichtlich der mechanischen und elektrischen dauerhaften Sicherheit beschrieben werden können. Auch ist es nicht möglich alle Aspekte der Zusammenarbeit des äußeren und inneren Blitzschutzes zu beleuchten. Wichtig zu wissen ist, dass über den äußeren Blitzschutz hinaus eine Menge für die innere Sicherheit getan werden kann, da ja

längst nicht alle Schäden über die direkte Blitzeinwirkung erfolgen, sondern viel häufiger über induktive Einwirkung auf Netzleitungen, Koaxialkabel, TK- Leitungen usw. hervorgerufen werden und auch aus sonstigen Spannungsüberhöhungen, Abschaltungen und Wiedereinschaltungen des Energieversorgers oder benachbarten Großverbrauchern resultieren können. Grob-, Mittel- und Feinschutzeinrichtungen, sowie unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlagen (USV) von verschiedenen Herstellern schützen ggf. davor, dass Betriebsanlagen, EDV- Systeme u.ä. kostspielig ausfallen, Daten vernichtet werden usw. Im professionellen Bereich sollten diese Einrichtungen zum Standard gehören!

Selbst wenn Versicherungen häufig noch ohne Prüfung der Einhaltung hier relevanter Normen, eigener VDS Bedingungen und ggf. vorgeschriebener Schutzeinrichtungen zahlen, kann das im Einzelfall anders sein. Für den nicht korrekt arbeitenden Handwerker könnte der Schaden schnell zur Existenzbedrohung werden.

Bei kleineren Schäden, werden Versicherer lieber zahlen, als einen Sachverständigen zu Rate ziehen, da die Kosten unverhältnismäßig hoch wären. Da aber die Versicherungsbedingungen eine dem Stand der Technik entsprechende Installation als Leistungsvoraussetzung annehmen, d.h. von verantwortlichen Fachkräften errichtet, kommt es spätestens bei größeren materiellen, oder gar Personenschäden zu solchen Untersuchungen, die sehr schnell die Ursachen aufdecken.

Der Blitz, ein atemberaubendes Schauspiel, aber auch gefährlich!

Der Blitz ist nur wenige Zentimeter dick, hat aber die Leuchtkraft von 1 Million 100-Watt Glühlampen!

Wie hoch sind Spannung, Stromstärke und Energieinhalt des Blitzes?

Bevor es zur Blitzentladung kommt, können zwischen Gewitterwolken und der Erde Spannungen von einigen 100 Millionen Volt auftreten. Im Blitz selbst fließen dann in Sekundenbruchteilen Ströme, die in seltenen Fällen bis zu einigen 100.000 Ampere betragen.

Blitze entstehen in Gewitterzellen. Diese können mehrere Kilometer Durchmesser und Höhe haben. Durch den starken Aufwind im Innern der Gewitterzelle werden positive und negative Ladung getrennt. Dies führt zu einer elektrischen Entladung, die wir als Blitz wahrnehmen. Die Blitzhäufigkeit nimmt innerhalb Deutschlands von Norden nach Süden zu. Durchschnittlich wird jeder Quadratkilometer 4 mal pro Jahr vom Blitz getroffen. Insgesamt sind dieses 1.000.000 (1 Million) Blitzeinschläge pro Jahr allein in der Bundesrepublik. Schäden in Millioenhöhe sind die Folge.

Auch Personenschäden sind häufig zu beklagen!

Achten Sie darauf, dass die von Ihnen zu verantwortenden elektrischen Anlagen den geltenden Vorschriften genügen!

Denken Sie an die Ausfallzeiten und Datenverluste in EDV- Anlagen, achten Sie auf die hier zusätzlich zu empfehlenden Maßnahmen des äußeren und inneren Blitzschutzes!

Die Elektrofachkraft handelt eigenverantwortlich auf Basis der für den Einzelfall relevanten, aktuellen Normen und der technischen Gegebenheiten im Einzelfall.

Kommentare und Interpretationen von mir erfolgen ohne Gewähr!

(Quellen: VDE, ABB, de, DEHN +Söhne)



Erweiterte Darstellung der zu berücksichtigenden Punkte bei Erdung und Potenzialausgleich einer Antennenanlage in Anlehnung an Bild 8 der VDE 0855/ DIN EN 50083-1/März 1994 von Heinz A. Kleiske.

