



Blitzschutz für die Amateurfunkanlage: Beiträge aus dem old man No. 6, 7/8 und 9-2005 und 5-2006 von

- Hansjakob Frauenfelder und
- Fred Tinner, HB9AAQ

Ist ihr Haus gegen Blitzschlag geschützt?

Hansjakob Frauenfelder, Kapuzinerstrasse 6, 4500 Solothurn

Der Sommer steht vor der Tür und damit auch eine erhöhte Gewittertätigkeit. In der Schweiz ist seit dem 1. September 2004 die neue Blitzschutznorm SEV 4022:2004 und die neue VKF-Brandschutzrichtlinie in Kraft. Diese beiden neuen Bestimmungen sind auch für uns Funkamateure sehr wichtig.

Blitzschlag: Über 90% der Gebäude haben keinen Blitzschutz

Ist Ihnen bekannt, dass eine Blitzschutzanlage nur auf ausdrücklichen Wunsch des Eigentümers installiert wird? Für private Bauten gibt es keine gesetzliche Verpflichtung. Der Entscheid, das Eigenheim mit einer Blitzschutzanlage zurüsten, entspringt dem persönlichen Sicherheitsbedürfnis. Genauso wie man sich z.B. für eine Alarmanlage entscheidet.

Die Tatsache, dass Blitzschutzanlagen nur auf ausdrücklichen Wunsch des Eigentümers installiert werden, ist sicher ein Grund dafür, dass über 90% aller Gebäude in der Schweiz noch keinen Blitzschutz haben. Erstaunlich hingegen ist, dass die meisten Eigentümer dies nicht wissen oder sogar der Meinung sind, das neue Heim sei „sicher“ mit Blitzschutz ausgerüstet!

Prüfen Sie es selbst nach! Finden Sie auf Ihrem Dach keine Fangleiterdrähte und Klemmen, an der Dachrinne oder am Dachwasserablaufrohr keine Kontaktbriden (siehe Bilder 1 und 2), so ist Ihr Haus nicht gegen Blitzschlag geschützt. Wollen Sie das ändern?

So kommen Sie kostengünstig zu einer Blitzschutzanlage

Wird ein neues Haus geplant, müssen Sie als Bauherr vom Architekt die Ausschreibung der Blitzschutzanlage ausdrücklich verlangen. Da die Erdung für die Elektroinstallation obligatorisch erstellt werden muss, entstehen nur geringe Mehrkosten für die Blitzschutzanlage. In der Regel weniger als 0.5% der Bausumme. Soll ein bestehendes

Haus mit einer Blitzschutzanlage ausgerüstet werden, ist der Blitzschutzfachmann - in der Regel der Spengler - der richtige Ansprechpartner. Er wird aufgrund der aktuellen Normen und Richtlinien die Anlage fachgerecht planen und ein Angebot ausarbeiten.



Bild 1: Der äussere Blitzschutz besteht aus Fangleitungen auf dem Gebäudedach...

Blitzschutzpflicht für öffentliche Bauten

Die Statistik der kantonalen Gebäudeversicherungen spricht eine klare Sprache: Es gibt seit Jahrzehnten keine nennenswerten Schadenfälle an Gebäuden, die mit einer fachmännisch ausgeführten Blitzschutzanlage ausgerüstet sind. Wo grosse Sach- oder Personenschäden zu erwarten sind, ist deshalb der Blitzschutz in der Schweiz gesetzliche Pflicht: Schulen, Spitäler, Hochhäuser, Bauernhäuser, Museen, Hotels, Kirchen etc. gehören in diese Kategorie.

Unterstützung durch Gebäudeversicherungen

Natürlich haben die Gebäudeversicherer grosses Interesse daran, auch bei den Privatliegenschaften den Anteil von Blitzschutzanlagen zu erhöhen. Gegenwärtig subventionieren 16 kantonale Gebäudeversicherungen die Erstellung von Blitzschutzanlagen. Sie gewähren eine Kostenbeteiligung oder einen Rabatt bei der Versicherungsprämie. Es lohnt sich, vor Baubeginn mit den Spezialisten der Gebäudeversicherung Kontakt aufzunehmen. Diese stellen zurüsten, entspring dem persönlichen Sicherheitsbedürfnis. Genauso wie man sich z.B. für eine Alarmanlage entscheidet. Die Tatsache, dass Blitzschutzanlagen nur auf ausdrücklichen Wunsch des Eigentümers installiert werden, ist sicher ein Grund dafür, dass über 90% aller Gebäude in der Schweiz noch keinen Blitzschutz haben. Erstaunlich hingegen ist, dass auch Informationsmaterial sowie Adressen von ausgewiesenen Blitzschutzfachleuten zur Verfügung. Diese speziell ausgebildeten Spengler, Dachdecker oder Elektroinstallateure garantieren für eine fachmännische Installation nach den neuen Richtlinien des SEV

(Schweizerischer Elektrotechnischer Verein) und des VKF (Vereinigung kantonaler Feuerversicherungen).

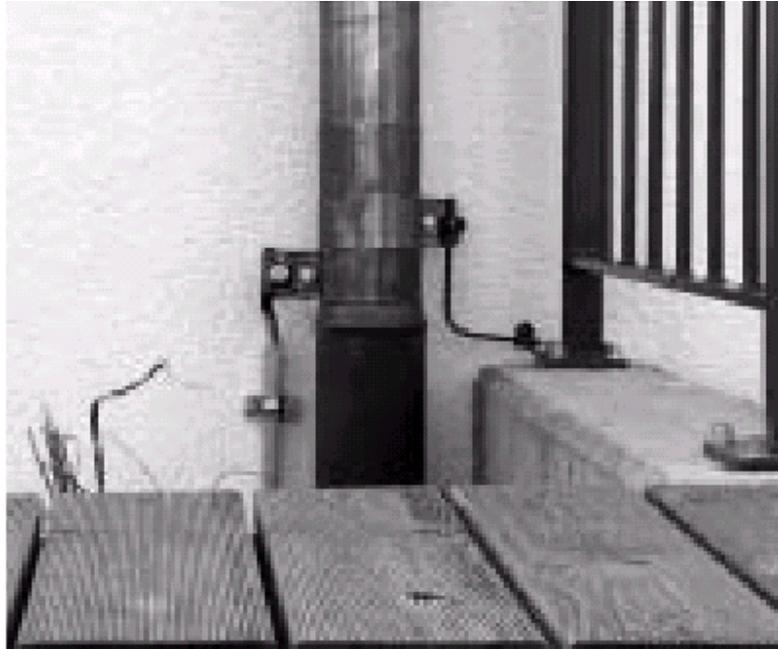


Bild 2: ...und Ableitungen an der Fassade.

Neue Normen, geprüftes Material und professionelle Montage

Seit 01.09.2004 sind die neue Blitzschutznorm SEV 4022:2004 und die neue KF-Brandschutzrichtlinie die verbindliche Grundlage für Planung, Installation und Kontrolle von Blitzschutzanlagen. Basierend auf den aktuellsten technischen Erkenntnissen wird Blitzschutz offiziell Teil der Gebäudesicherheitstechnik. Von entscheidender Bedeutung ist in diesem Zusammenhang, dass ausschliesslich geprüftes, blitzschlagtaugliches Material eingesetzt werden darf. Diese Blitzschutzbauteile müssen höchste mechanische, korrosions- und elektrotechnische Anforderungen erfüllen und mehrere Blitzschläge ohne Ausfall überstehen. Nicht geprüfte Produkte können beim ersten Blitzschlag verglühen (siehe Bild 3). Wichtig ist deshalb: Lassen Sie sich von Ihrem Installateur bestätigen, dass ausschließlich geprüftes Verbindungsmaterial gemäss der Europäischen Prüfnorm EN50164-1 der Qualitätsklasse H (Hoch = 100kA) zum Einsatz kommt. Die fachmännisch und normgerecht ausgeführte Installation mit geprüften Produkten ergibt einen uneingeschränkten Schutz - so wie Sie es sicher erwarten.

Mythos Blitz

Das Naturphänomen Blitz beschäftigt die Menschheit seit Jahrtausenden. Obwohl die Entstehung heute wissenschaftlich genau nachvollzogen und erklärt werden kann, ranken sich Geschichten und Irrglauben rund um den Blitz. Ein zentraler Irrtum ist die landläufige Meinung, dass sich der Blitz seinen Weg „sucht“ und vor allem in hohe Berggipfel, allein stehende Bäume, Türme, Seen, elektrische Leitungen und hohe

Gebäude einschlägt. Solche exponierte Einschlagstellen werden zwar bevorzugt, aber die Erfahrung zeigt, dass Blitze völlig unberechenbar sind und nach dem Zufallsprinzip



Bild 3: Nicht geprüfte Teile können beim ersten Blitzschlag verglühen.

überall einschlagen können. Also auch direkt neben einem hohen Turm oder unmittelbar neben einem grossen Baum. Es ist durchaus auch möglich, dass Blitze mehrmals am gleichen Ort einschlagen. In das Reich der Legenden gehört auch die Befürchtung, dass Blitzableiter den Blitz anziehen. Die Blitzschutzanlage leitet den Blitz ab und verhindert so eine Personengefährdung oder einen Brand, wenn der Blitz in das geschützte Gebäude einschlägt.

Wie gross ist die Chance auf einen "Volltreffer"?

In der Schweiz sind im Jura, der Voralpenregion und im Tessin besonders viele Blitzeinschläge zu verzeichnen. Zudem gibt es in allen Regionen bekannte Gewitterzüge. Die Gefahr ist flächendeckend. In der Schweiz schlagen statistisch gesehen jedes Jahr 5 Blitze pro Quadratkilometer ein - Tendenz stark steigend. Dieser statistische Wert basiert auf den Auswertungen des europäischen Blitzortungssystems. Dieses erfasst jeden Blitz nach Position und Stärke und ist die Informationsbasis der Versicherer. Durch Blitzschlag an Gebäuden werden jährlich rund 8.000 Schadenfälle mit Kostenfolge in Millionenhöhe registriert.

Der Verlust von Hab und Gut durch Blitzschlag ist in der Schweiz durch die Feuer- und Sachversicherer abgedeckt, aber das immaterielle Leid, welches ein teilweise oder vollständig abgebranntes Heim nach sich zieht, lässt sich nicht mit Zahlen und Ziffern berechnen. Durch Blitzschlag verursachte Gebäudeschäden sind eigentlich völlig unnötig, finden Brandschutzexperten. Denn eine normgerecht erstellte

Blitzschutzanlage schützt die Liegenschaft und ihre Bewohner sicher vor den zerstörerischen Kräften des Blitzschlags.

Die Urgewalt des Blitzschlages zeigt sich an den Folgen.

Wo der Blitz einschlägt, hinterlässt er immer Spuren der Zerstörung. Am häufigsten ist die Brandauslösung durch Blitzschlag. Bei der Einschlagstelle kann es bis zu 30.000 Grad Celsius heiss werden. Entladungen von vielen tausend Ampère setzen entzündliche Stoffe explosions-artig in Brand. Ebenfalls weiss man um die sprengende Wirkung des Blitzschlags, welche Kamine und ganze Hausfassaden einstürzen lässt. Bei der dritten Schadengruppe führen Überspannungen in Strom-, Telefon- oder Datenleitungen zur Beschädigung oder vollständigen Zerstörung von elektronischen Geräten und Anlagen.

Wie funktioniert die Blitzschutzanlage?

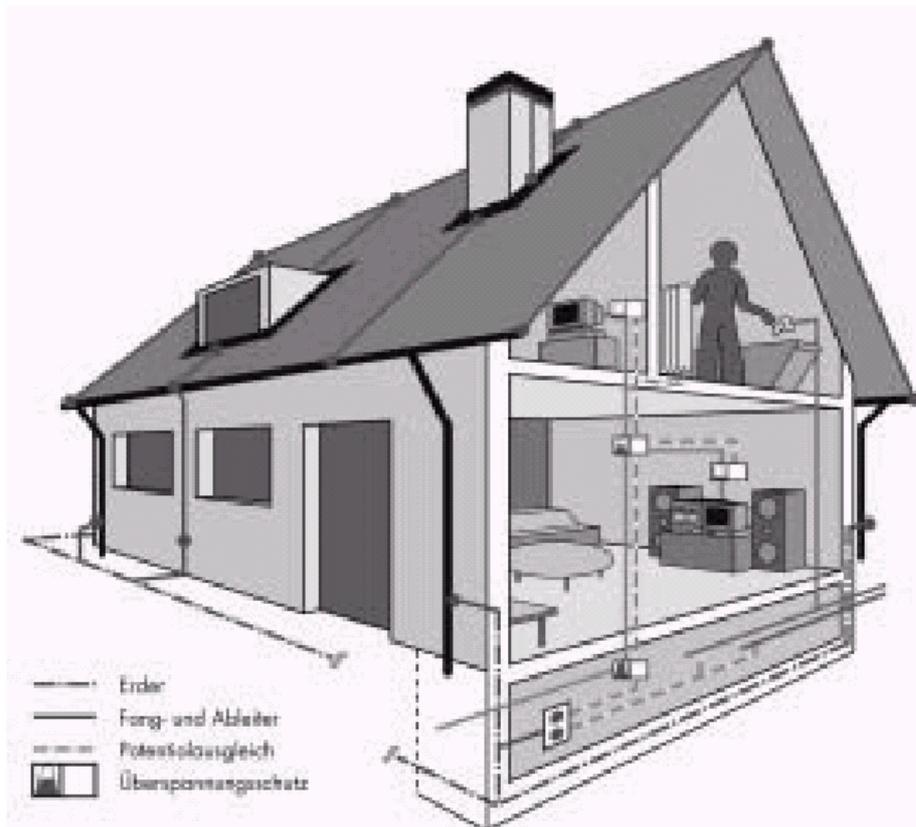


Bild 4: Blitzschutz-System:

Im Bild eine moderne Blitzschutzanlage mit Fang- und Ableiter auf dem Dach, Erder im Haussockel sowie Potentialausgleich und Überspannungsschutz im Hausinnern. Mit rund 0.5% der Bausumme (Neubau) können Blitzschäden vermieden werden.

Die fachgerecht installierte Blitzschutzanlage umfasst Schutzmassnahmen an der Gebäudehülle und im Innern des Gebäudes (siehe Bild 4). Der äussere Blitzschutz besteht aus Fangleitungen auf dem Gebäudedach und Ableitungen an der Fassade. Diese leiten den Blitzstrom zum sogenannten Erder. Der Erder ist beim Neubau für die elektrischen Installationen obligatorisch und wird ins Fundament gegossen. Bei frühzeitiger Absprache vor Baubeginn kann dieser Erder gleichzeitig auch für den

Blitzschutz verwendet werden. Ist bei älteren Gebäuden kein Erder vorhanden, wird um das zu schützende Objekt eine Ringleitung aus Kupferdraht in den Boden eingelegt oder es kommen so genannte Tiefenerder zum Einsatz. Der innere Blitzschutz besteht aus Potentialausgleich und Überspannungsschutz, welche die durch den Blitzschlag verursachten Überspannungen in den Leitungen und Installationen ebenfalls zum Erder ableiten.

Wichtig für Funkamateure mit Aussenantennen . Der Blitz kann überall mit verheerenden Folgen einschlagen. Eine professionelle Blitzschutzanlage schützt Gebäude und Bewohner.

- Lassen Sie ausschliesslich Blitzschutzmaterial der Qualitätsklasse H (Hoch = 100kA) gemäss Prüfnorm EN50164-1 einbauen.
- Lassen Sie sich durch einen spezialisierten Blitzschutz-Fachmann beraten. Adressen gibt Ihnen Ihre Gebäudeversicherung gerne.
- Erkundigen Sie sich vor Baubeginn bei Ihrer kantonalen Gebäudeversicherung nach den Bedingungen für Subventionen oder Prämienrabatte.
- Planen Sie bei Neubauten den Blitzschutz rechtzeitig ein, damit Sie den Erder für die elektrischen Installationen gleichzeitig auch für die Blitzschutzanlage benutzen können.

Amateurfunkantennen und Blitzschutz

Fred Tinner (HB9AAQ), Postfach 166, 9469 Haag

Im old man 06/2005 haben wir Sie über den Schutz von Gebäuden vor Blitzschlag und die in diesem Zusammenhang neuen Vorschriften orientiert. Im folgenden möchten wir Sie über die notwendigen Massnahmen informieren, wenn Sie eine Antennen auf Ihrem Hausdach oder neben dem Haus aufbauen.

In den Leitsätzen der neuen Blitzschutznorm SEV 4022:2004 werden Antennen im Artikel 10.1 unter spezielle Anlagen eingereiht. Dazu wird folgendes bemerkt:

- Antennen auf Gebäuden mit einer bestehenden Blitzschutzanlage sind auf kürzestem Wege an diese anzuschliessen
- Antennen auf Gebäuden ohne Blitzschutzanlage sind gemäss der europäischen Norm „Kabelverteilsysteme für Fernseh-, Ton- und interaktive Multimedia-Signale“ SN EN 50'083-1 an die Erdung und an den Potentialausgleich anzuschliessen (Art 10.4).
- Bei Gebäudeeintritt der Kabel ist ein, den anerkannten Regeln der Technik entsprechender, Überspannungsschutz erforderlich (Art. 10.2).
- Antennenkabel dürfen nicht durch feuer- und explosionsgefährdete Räume geführt werden (Art. 10.1).

Auf Grund dieser Leitsätze ist anzunehmen, dass jede Antenne mit einem Blitzschutz versehen werden muss. Setzt man sich aber mit den Richtlinien der „Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen VKF/AEAI“ auseinander – im Internet unter <http://bsvonline.vkf.ch/web/BSVonlineStart.asp?Sprache=d> – so findet man in den Brandschutzrichtlinien unter Blitzschutzanlagen Art. 3.2 i den Hinweis: „Mit Blitzschutzanlagen sind insbesondere Bauten und Anlagen mit wichtigen öffentlichen Kommunikationssystemen zu schützen“. Es ist so, dass technische Richtlinien genau regeln wie ein Blitzschutz erstellt werden muss, jedoch kann die kantonale Behörde nach Art. 3.3 bestimmen, ob ein Blitzschutz erstellt werden muss.

Aufgrund dieser Vorgaben empfehlen wir jedem Funkamateurl, der sich beim Bau einer Antenne zweifelsohne auch mit dem Blitzschutz beschäftigt, sich – wenn nichts in der Baubewilligung vermerkt ist – mit der zuständigen Stelle des Kantons, dem Amt für Feuerschutz, oder der Gebäude-Versicherungsanstalt in Verbindung zu setzen und sich nach den geltenden Regeln und Vorschriften zu erkundigen. Hier kann auch in Erfahrung gebracht werden, ob der Blitzschutz selber erstellt werden darf, und ob er nach der Erstellung geprüft werden muss. Es ist auch wichtig abzuklären, was in welchem Stadium (z. B. Erdleitungen vor dem Zudecken) geprüft werden muss. Eine genaue saubere Abklärung ist wichtig und verhindert mögliche Enttäuschungen bei einem Schadenfall.

Für Funkamateure gibt es grundsätzlich drei verschiedene Fälle beim Bau einer Antenne:

- Montage auf einem Mast der freistehend neben dem Wohnhaus steht
- Montage auf einem Haus das mit einer Blitzschutzanlage ausgerüstet ist
- Montage auf einem Haus das nicht mit einer Blitzschutzanlage ausgerüstet ist

Die Antenne befindet sich auf einem frei stehendem Mast

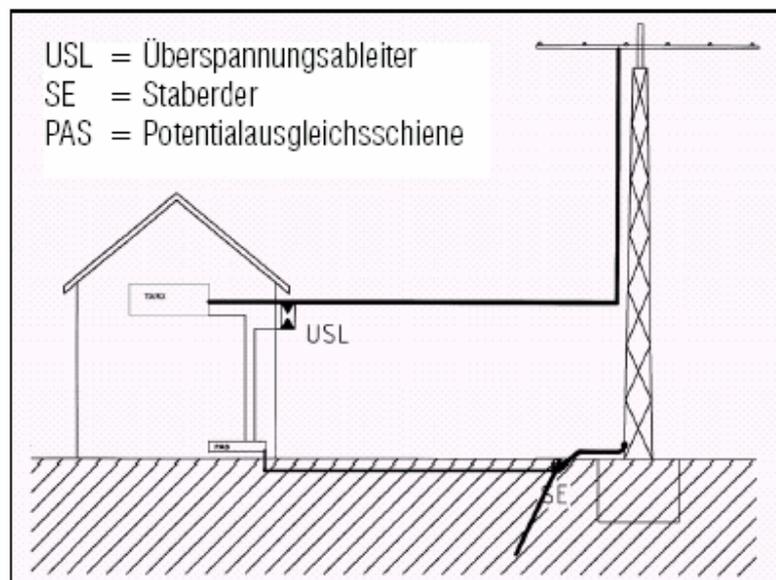


Bild 1: Antenne auf freistehendem Mast

Wird ein frei stehender Mast als Träger für die Antenne erstellt, so ist beim Bau des Mastfundamentes eine Fundamenterdung gemäss SEV 4113 und/oder ein Tiefenerder (Staberder) aus Kupfer oder nicht rostendem Stahl auf eine Mindestdiefe von 2.5 m einzubringen. Der Erdübergangswiderstand soll maximal 10 Ohm betragen.

Der metallene Mast kann nun mit einem Leiter aus Kupferdraht von mindestens 8 mm Durchmesser (50 mm^2) oder 20 mm - Kupferband von mindestens 3 mm Dicke (60 mm^2) angeschlossen werden. Damit ist der Blitzschutz für den Mast sichergestellt. Zusätzlich sollten Mast- und Gebäudeerdung miteinander verbunden werden. Tiefenerder sind handelsüblich und können wie alles übrige genormte Blitzschutz- und Erdungsmaterial, über den Fachhandel bezogen werden.

Nun geht es noch darum, die Antennenkabel für Hochfrequenz und gegebenenfalls das Steuerkabel für einen Rotor mit den nötigen Überspannungsableitern zu schützen. Die Ableiter sind unmittelbar an der Hauseinführung anzubringen und die Erdleiterverbindung soll möglichst kurz und direkt zur Gebäudeerdung führen (Bild 1).

Normkonforme Überspannungsableiter müssen eine hohe Ableitfähigkeit (z. B. Grobschutz an Stromversorgung: Ableitfähigkeit Blitzstossstrom $10/350 \text{ 25 kA / Pol}$) haben, sehr schnell auslösen ($< 20 \text{ ns}$) und eine minimale Restspannung aufweisen ($< 1200 \text{ V}$). Die Auswahl der richtigen Überspannungsableiter im Hochfrequenzbereich sollte unbedingt mit einem Fachspezialisten erfolgen, damit die Leistung der Antenne nicht beeinträchtigt wird.

Die Antenne befindet sich auf einem Haus mit Blitzschutzanlage

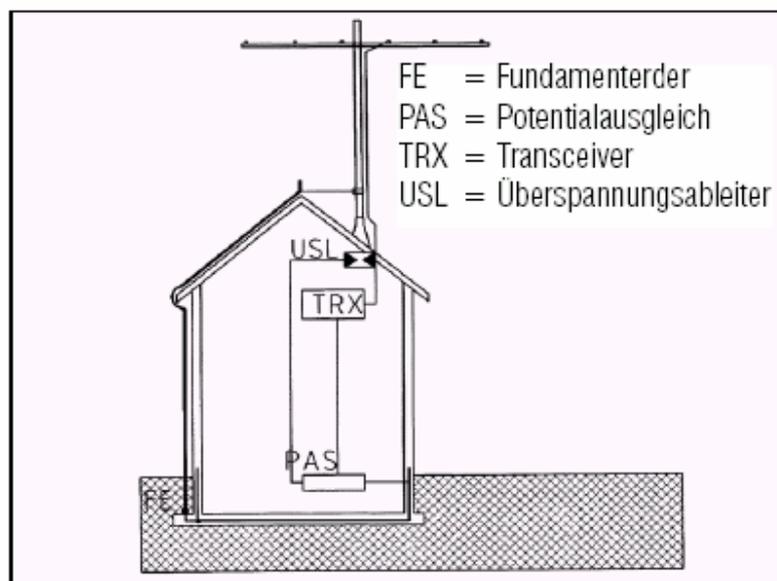


Bild 2: Antenne auf Hausdach bei bestehender Blitzschutzanlage

Dies ist wohl die einfachste und sicherste Lösung für die Blitzschutzterdung der Antenne. Hier wird der metallene Mast auf dem kürzesten Wege mit dem Fangleitersystem der Blitzanlage verbunden. Auch die Hochfrequenzkabel zur Antenne und allfällige Steuer- und/oder Rotorkabel werden über Überspannungsableiter ins Haus eingeführt und ebenfalls an der Hauseinführung mit der Gebäudeerdung respektive dem Potenzialausgleich verbunden (Bild 2).

Die Antenne befindet sich auf einem Haus ohne Blitzschutzanlage

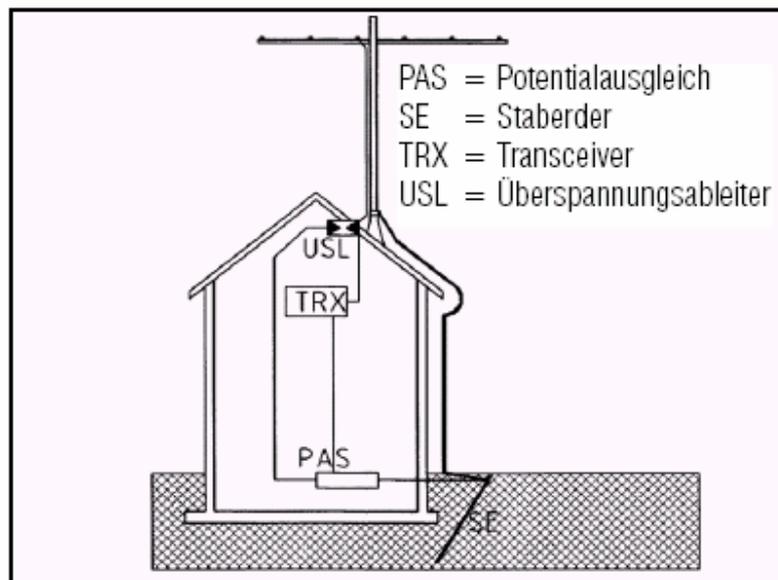


Bild 3: Antenne auf Hausdach ohne bestehenden Blitzschutz

Antennen auf Gebäuden ohne Blitzschutz müssen geerdet werden. Auch hier wird am einfachsten in einem Abstand von ca. 2 m vom Haus ein Tiefenerder – wie bereits beschrieben – in den Boden eingebracht. Dieser wird nun auf dem kürzesten Weg – aussen an der Gebäudehülle geführt (Ableiter) – mit der Antenne verbunden. Dazu ist vorzugsweise Kupferdraht von mindestens 6 mm Durchmesser blank oder verzinkt zu verwenden. Es kann auch ein anderes Leitermaterial gemäss Art. 5 der Norm SEV 4022:2004 eingesetzt werden.

Als „natürliche“ Ableitungen können auch Dachwasserablaufrohre und Dachrinnen verwendet werden, wenn die überlappenden Stossstellen mindestens eine Kontaktfläche von 100 cm² aufweisen und mindestens 5 cm überlappen / gesteckt sind (Bild 3).

Bei allen Ableitungen ist dafür zu sorgen, dass diese über genügend Querschnitt verfügen, stabil verlegt sind, insbesondere im Bereich, wo sie einfach berührt oder beschädigt werden können und, dass eventuelle Verbindungen ebenfalls mit geprüften Bauteilen erstellt werden. In der Regel sind alle nötigen Bauteile im Fachhandel erhältlich.

Drahtantennen

Drahtantennen werden oft zwischen irgendwelchen Tragwerken, wie Masten aus Holz oder Metall, Bäumen oder Bauten, aufgehängt. Werden metallene Masten verwendet, so empfiehlt es sich, diese je nach Umgebung und Situation zu erden. Die Drahtantenne selbst wird lediglich bei der Hauseinführung an den Überspannungsschutz angeschlossen, wobei dieser mit der Potentialausgleichsschiene verbunden ist.

Innenantennen

Für Innenantennen die unter dem Dach montiert sind, oder von denen kein Teil das Vordach überragt und von oben sichtbar ist, muss kein Blitzschutz erstellt werden.

Erdelektroden

Ein heikler, aber wichtiger Bestandteil eines Blitzschutzsystems bildet die Erdung. Dabei kommen hauptsächlich 3 Erdungssysteme in betracht,

- der Fundamenterder
- der Bänderder (Ringerder oder Strahlenerder)
- der Tiefenerder (Staberder)

Wird ein neues Haus gebaut so wird immer ein **Fundamenterder (FE)** für die Elektroinstallation eingebaut. Der Fundamenterder ist ein im Beton eingegossener Leiter nach den Grundsätzen der für verbindlich erklärten SEV Norm 4113.

FE-Anschlüsse für den Blitzschutz an der Aussenfassade müssen ausdrücklich vor Baubeginn verlangt und geplant werden. Sie werden nicht automatisch erstellt!

Bänderder (Ringerder oder Strahlenerder) sind in den Boden, in 70 cm Tiefe, rund um das Haus verlegte Kupferdrähte oder Kupferbänder mit einem Querschnitt von mindestens 50mm^2 , an die Ableitungen angeschlossen werden können. Kontrolleure wollen in der Regel solche Verbindungen vor dem Eindecken sehen.

An Stelle von Drähten oder Bändern aus Kupfer können auch solche aus nichtrostendem Stahl (V4A) verwendet werden. Bei Ringerdern ist zu berücksichtigen welche weiteren Metalle in nächster Nähe verlegt werden. Verschiedene Metalle können Elektrokorrosion verursachen die zur Zerstörung einzelner Werkstoffe führt, so dass spezielle Massnahmen (z. B. Isolation) getroffen werden müssen.

Das idealste Erdungsmittel für eine Antenne ist der **Tiefenerder**. Solche sind – wie bereits ausgeführt – im Handel erhältlich und können mit geeigneten Werkzeugen in die Erde vorgetrieben werden. Es sollten Tiefenerdersysteme aus Kupfer oder rostfreiem Stahl (V4A) verwendet werden. Bei Staberder aus verzinktem Stahl besteht hohe Korrosionsgefahr. Diese müssen darum mindestens alle 5 Jahre kontrolliert werden. Der Erdübergangswiderstand soll $< 10 \text{ Ohm}$ sein. Ist der Erdübergangswiderstand zu gross, so können auch mehrere Tiefenerder ingerammt und verbunden werden. Der Abstand muss dabei $> 1.5 \times L$ (L = Länge des Tiefenerders) sein. Durch die Parallelschaltung von Erdern kann der Erdübergangswiderstand wesentlich verringert werden.

Ableitungen

Als oberirdische Ableiter können folgende Materialien mit den angegebenen Minimalabmessungen verwendet werden:

Minimalabmessungen für Ableiter			
Material	Form	Ø / Dicke mm	Querschnitt mm ²
Kupfer blank oder verzinkt	Draht rund	6	28
	Flachband	2	40
Aluminium Alu-Legierung	Draht rund	9	64
	Flachband	3	70
Stahl, 0.05 verzinkt	Draht rund	8	50
	Flachband	2.5	50
Chromstahl V2A	Draht rund	8	50
	Flachband	2	60

Blitzstromtragende Verbindungen müssen entsprechend der Norm EN 50164-1 Klasse H ausgeführt werden. Dies garantiert Korrosionsbeständigkeit, ausreichende mechanische Festigkeit und gute elektrische Leitfähigkeit. Da Mauerwerk und Metalle nicht die gleiche Wärmeausdehnung aufweisen ist auch auf ausreichende Flexibilität zu achten.

Verbindungen einzelner Teile müssen durch Hartlöten, Schrauben oder genormte Pressverbindungen hergestellt werden. Natürlich können auch Dachwasserableitungen als Ableiter verwendet werden, wenn für deren Anschluss genormte Klemmverbinder verwendet werden und die Rohre genügend ineinander gesteckt sind so dass eine Kontaktfläche von mindestens 100 cm² sichergestellt ist. Sind die Rohre bemalt, so gelten Farb- oder PVC-Aufträge bis 0,5 mm als nicht isolierend. Die Materialstärke von Ablaufrohren muss für Kupfer und Stahl 0.5 mm, für Aluminium und Leichtmetall 0.7 mm betragen. Auch metallische Fassaden können ebenfalls als natürliche Ableiter verwendet werden sofern sie vertikal leitend verbunden sind. Natürlich müssen auch die Anschlüsse zum Antennenmast oder zu Überspannungsableiter mit den richtigen Elementen sorgfältig gestaltet werden (Kontaktbriden für Abwasserrohre, Erdungsbandschellen 17.5 bis 400 mm, Anschlussklemmen für Stahlträger, Kontaktelemente für Tiefenerder etc.). Im Fachhandel ist für jede Aufgabe das richtige Bauelement erhältlich, eine sorgfältige Auswahl erspart auch hier spätere Probleme.

Innerer Blitzschutz, Potentialausgleich, Überspannungsableitung

Fred Tinner (HB9AAQ), Postfach 166, 9469 Haag

Im old man 7/8 2005 wurde dargelegt, wie eine Antenne, ein freistehender oder ein auf dem Haus montierter Mast an die Blitzschutzanlage angeschlossen oder, sofern eine solche nicht vorhanden ist, geerdet werden muss. Im folgenden wird auf den „Inneren Blitzschutz“ und auf die speziellen Massnahmen der Kabeleinführung ins Haus

eingegangen. Obwohl der Mast geerdet ist, können auf den Kabeln Überspannungen auftreten, die angeschlossenen Geräte gefährden oder gar zerstören können.

1. Innerer Blitzschutz

In den Leitsätzen des SEV sind im Artikel 7 die Massnahmen des inneren Blitzschutzes dargelegt, sie verlangen die folgenden Massnahmen:

- in allen Fällen einen Potentialausgleich im Bereich der Erdung, der die von aussen eingeführten Leitungen umfassen muss
- bei hohen Gebäuden einen zusätzlichen Potentialausgleich im oberen Gebäudebereich
- Spezialmassnahmen in feuergefährdeten Bereichen. Antennenkabel dürfen nicht durch feuer- und explosionsgefährdete Räume geführt werden (Art. 10.1.1).

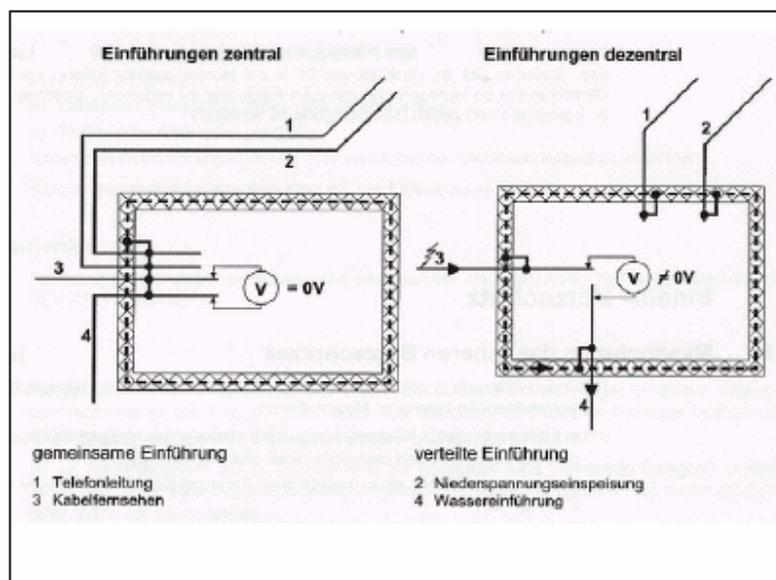


Bild 1: Zentrale oder dezentrale Kabeleinführung

Alle von Aussen in das Gebäude eingeführten metallischen Leiter, Wasser, PEN- oder Schutzleiter, Kabelschutzmäntel und Abschirmungen sind unmittelbar nach dem Gebäudeeintritt auf dem kürzesten Weg zu erden (Art. 7. 2. 1). Bild 1 zeigt das Prinzip bei zentraler oder dezentraler Einführung (A. Flury).

Kommunikationsleitungen - wie Antennen-, Signal-, Steuer- und Telefonkabel - sind in geeigneter Weise an die Erdung anzuschliessen. Kabelschirme beispielsweise direkt oder über Funkenstrecken, spannungsführende Leiter über Überspannungsschutzelemente (Art. 7.2.4).

Dies bedeutet, dass in den Gebäuden alle metallischen Installationen und Baukonstruktionen wie Wasser-, Gas- und Lüftungsrohre miteinander und mit Erdpotential verbunden sein müssen, so dass zwischen den einzelnen Elementen nie

elektrische Spannungen auftreten können, auch nicht solche, die durch statische Aufladung verursacht werden.

2. Überspannungsschutz

Während herannahende Gewitter, also elektrische Entladungen in grosser Entfernung als QRN störend empfunden werden, können Gewitter im näheren Umkreis auf unseren Antennen und Zuleitungen respektable Überspannungen verursachen. Überspannungen bis zu einigen 10 kV bei kleinen Strömen können durch indirekten Blitzschlag (Blitzschlag in bis zu mehreren Kilometern Entfernung) infolge galvanischer Einkopplung entstehen und können bereits zu Schäden insbesondere an Empfängern aber auch an Transistorendstufen führen. Auch „Wolke-Wolke“ - Blitze produzieren Spiegelentladungen und damit Überspannungen mit hohen Spannungsspitzen und letztlich verursachen Direkteinschläge hohe Spannungsspitzen bei Strömen bis zu 100 kA. Überspannungen können zu enormen Schäden an elektronischen Geräten aller Art führen. Man rechnet, dass ca. 30% aller Schäden an elektronischen Geräten auf Überspannungen zurückzuführen sind.

In den Leitsätzen der neuen Blitzschutznorm SEV 4022:2004 wird im Artikel 7.5.3 verlangt, dass Kommunikationsleitungen die ins Gebäude führen, mit Überspannungsableitern auszurüsten sind, die mit dem Potentialausgleich verbunden werden. Artikel 10.1 präzisiert weiter:

- Bei Gebäudeeintritt der Kabel ist ein, den anerkannten Regeln der Technik entsprechender, Überspannungsschutz erforderlich (Art. 10.1.2).

Grundsätzlich sollen Überspannungsableiter dort angebracht werden, wo die Kabel in das Gebäude eingeführt werden. Dabei ist es nicht wesentlich ob die Ableiter ausserhalb oder innerhalb der Gebäudewand montiert werden. Die Montage im Gebäudeinneren macht keinen besonderen Witterungsschutz erforderlich. Wichtig ist dass die Erdung gut ist und dass auftretende Überspannungen möglichst früh abgeleitet ohne durch das ganze Gebäude geleitet zu werden.

2.1 Überspannungsschutz von Steuerleitungen

Funkamateure haben es in der Regel mit Steuerleitungen z.B. für den Antennenrotor oder für mögliche Umschaltrelais und der HF-Antennenzuleitung, in Form eines Koaxialkabels oder Feeders zu tun.

Bei Steuerleitungen wird jede Ader beim Eingang in das Gebäude getrennt über ein Spannungsableiterelement geführt, wobei natürlich parallel geschaltete Leitungen, z.B. von Rotoren, gemeinsam über einen Ableiter geführt werden können. Entsprechende Geräte sind im Handel bei verschiedenen Herstellern erhältlich. Bild 2 zeigt das Innenleben eines „Hofi“ - Überspannungsableiters für Rotorkabel.

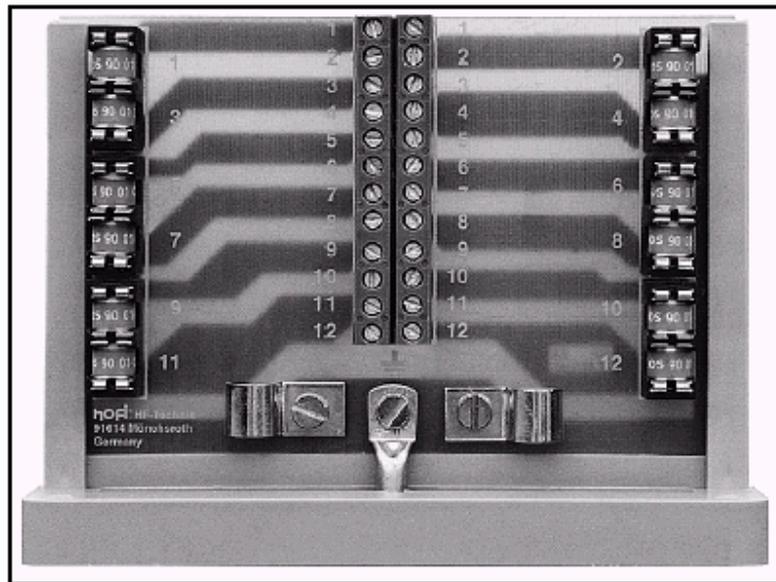


Bild 2:12-poliger Überspannungsableiter (hofi)

Als Ableiterelemente werden Funkenstrecken, gekapselte Funkenstrecken, getriggerte Funkenstrecken, Varistoren oder eine Kombination von Funkenstrecke und Varistor verwendet. Diese Elemente werden nach Erreichen der Zündspannung unter Leitung grosser Ströme niederohmig, so dass nur noch eine Spannung von wenigen Volt an den Elementen liegt.

2.2 Überspannungsschutz von Hochfrequenzleitungen

Ein Überspannungsschutz ist natürlich auf verschiedenste Arten möglich und ist abhängig von der Art der Antenne, der verwendeten Speiseleitungen und letztlich von der Arbeitsgewohnheit des Operators.

2.2.1 Ableit-Vorrichtungen

Oft werden in Hochfrequenzleitung Schutzvorrichtungen wie Ableitwiderstände von ca. 100 kOhm oder Ferritdrosseln als Ableitdrosseln mit einer Induktivität von 1 bis 2 mH eingesetzt, diese bewirken zwar eine Ableitung von statischen Aufladungen, stellen aber keinen Blitzschutz im Sinne der Blitzschutzvorschriften dar. Eine Drossel stellt für die Hochfrequenz einen hohen, für die statischen Aufladungen aber einen kleinen Widerstand dar.

Oft werden auch Diodenanordnungen als Ableitmassnahmen eingesetzt, solche Elemente haben aber nur auf der Empfängerseite Ihre Berechtigung.

Wird eine Antenne nur auf einer Frequenz oder einem Band benutzt, könnte auch eine $\lambda/4$ – Stickleitung gegen Erde eingesetzt werden. Eine solche, wie auch eine Drossel, stellt für die Arbeitsfrequenz ebenfalls einen grossen, für die statische Aufladung hingegen

einen kleinen Widerstand dar. Letztere könnte, bei Wahl genügender Querschnitte als Erdung bezeichnet werden.

2.2.2 Erdschalter

Die einfachste und vielleicht sicherste Lösung bildet ein Schalter, der die Antenne, wenn sie nicht in Betrieb ist, vom TRX galvanisch trennt und fest mit der Erde verbindet. Dabei wird der Mittelleiter des Koaxialkabels direkt mit der Erde verbunden. Bei Feederkabel - Leitungen werden beide Leiter über einen Schalter von Hand oder über ein Relais mit genügendem Schaltvermögen (Kleinschütz mit parallel geschalteten Kontakten) an Erde gelegt. Dabei kann ein Relais z. B. mit dem Hauptschalter der Station gekoppelt werden, so dass beim Ausschalten des Stations-Hauptschalters das Relais abfällt und die Antenne über die Ruhekontakte automatisch an Erde gelegt wird. Für die Betätigung eines solchen Schalters kann allenfalls eine noch freie Leitung eines Rotorkabels oder eine separate Steuerleitung verwendet werden (siehe old man 4/2004 Seite 19).

2.2.3 Grobschutz, Grobfunkenstrecke

Von verschiedenen Herstellern werden koaxiale Überspannungsableiter hergestellt (siehe Lieferhinweise am Schluss des Artikel) die für Impedanzen von 50 oder 75 Ohm ausgelegt und mit verschiedenen Anschlusssteckern (UHF, BNC, N) ausgerüstet sind. Die in den Überspannungsableitern eingebauten Ableitelemente sind meistens Gasentladungselemente, die bei langsamem Spannungsanstieg ($< 100\text{V/s}$) bei der entsprechenden Nennspannung zünden. Wird die Zündspannung erreicht, so bricht die Spannung auf die Glimmbrennspannung zusammen und wenn der Strom höher ansteigt, so fällt die Spannung auf die Bogenbrennspannung von ca. 10 – 20 Volt zusammen (Bild 3). Fällt die Spannung unter die Löschspannung erlischt der Lichtbogen und das Gasentladungselement ist wieder hochohmig, es ist dann mit einem kleinen Kondensator von einigen Picofarad vergleichbar.

Die richtige Dimensionierung von Überspannungsableitern ist sehr wichtig, denn dieser soll wirklich erst ansprechen wenn eine höhere statische Spannung als die höchste Spannungsspitze der Senderausgangsleistung ansteht.

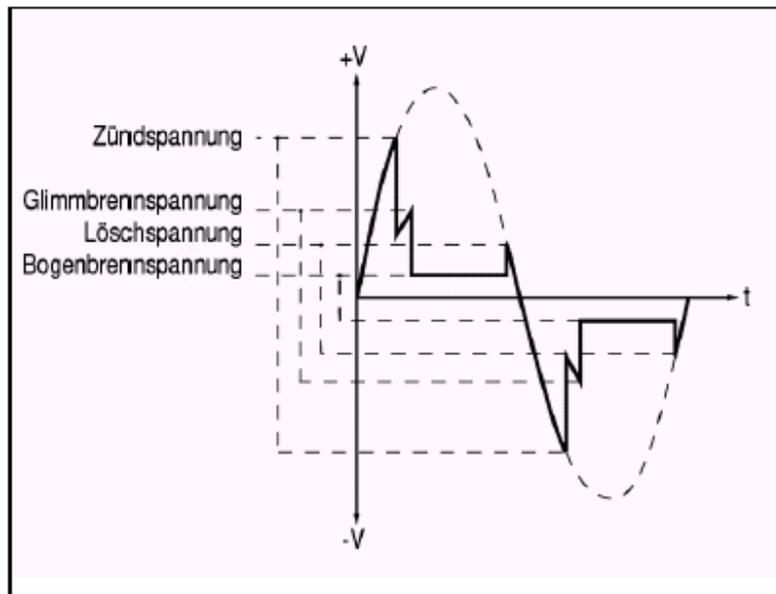
Die Spitzenspannung errechnet sich nach der Formel:

$$U_s = \sqrt{2} \cdot \sqrt{P_{\text{eff}} \cdot R_a}$$

mit: U_s = Spitzenspannung in V
 P_{eff} = Sendeleistung in Watt
 R_a = Impedanz der Antenne

Wäre die Leistung 300 Watt, $R_a = 50$ Ohm, so ist die Spitzenspannung 173 V. Leider ist es nicht immer so, dass die Impedanz 50 Ohm beträgt. Recht oft weisen unsere Antennen schlechtere Stehwellenverhältnisse (VSWR) als 1 : 1 auf. Stimmt das

Stehwellenverhältnis nicht, so entspricht auch die auftretende Spannung nicht mehr der obigen Rechnung sondern sie errechnet sich wie folgt:



(Bild 3, Funktion Überspannungsableiter, hofi).

$$U_s = (1+r) \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{P_{\text{eff}} \cdot R_a}$$

mit: U_s = Spitzenspannung in V
 r = Reflexionsfaktor, $r = \frac{R_a - Z}{R_a + Z}$
 Z = Impedanz des Antennenkabels

In der Regel werden Antennen bis maximal zu einem VSWR von 1 : 3 betrieben, was einem Reflexionsfaktor $r = (150 - 50) / (150 + 50) = 0.5$ entspricht und die maximale Spitzenspannung erreicht nach der obigen Formel ca. 260 Volt.

Werden mit einem Antennenanpassgerät Antennen angepasst, so kann natürlich die auf der Antennenzuleitung auftretende Spitzenspannung noch höher sein, es kann beim Abstimmen, übrigens auch bei automatischen Antennenanpassgeräten, kurzzeitig eine Totalreflexion ($r = 1$) auftreten, was zu einer Verdoppelung der Spannung führen kann. In unserem Beispiel würde das heissen, dass die maximal auftretende Spitzenspannung ca. 350 V betragen kann und man den Überspannungsableiter mit Vorteil auf diese Spannung auslegen würde. Um nicht die Zündspannung zu erreichen ist es auch empfehlenswert, mit kleinerer Leistung abzustimmen.

Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht der bei 50 Ohm, respektive 75 Ohm verschiedenen Leistungen und verschiedenen Stehwellenverhältnissen (VSWR) auftretenden Spannungen.

Tabelle 1: Spitzenspannungen U_s an $Z = 50 \text{ Ohm}$ respektive 75 Ohm

P_{eff}	$U_s (Z = 50 \ \Omega)$				$U_s (Z = 75 \ \Omega)$			
	VSWR 1:1	VSWR 1:2	VSWR 1:3	VSWR 1: ∞	VSWR 1:1	VSWR 1:2	VSWR 1:3	VSWR 1: ∞
100	100	133	150	200	122	163	184	245
200	141	188	212	283	173	230	260	346
300	173	230	260	346	212	282	318	424
400	200	266	300	400	245	326	367	490
500	224	297	335	447	274	364	411	548
750	274	364	411	548	335	446	503	671
1000	316	421	474	632	387	515	581	774

Auf Grund obiger Tabelle kann nun im Herstellerkatalog der richtige Überspannungsableiter ausgewählt und bestellt werden. Die Ansprechspannung soll möglichst niedrig, aber so gewählt werden, dass die im Normalbetrieb auftretende Spannung auf dem Kabel den Ableiter nicht zum Zünden bringt. Da bei HF und auch bei einem Blitzschlag die Anstiegsgeschwindigkeit bei $> 0.1 \mu\text{V/s}$ liegt, also schneller ist als 100 V/s , wird das Gasentladungselement erst bei einem höheren Wert (dynamische Zündspannung) zünden.

Überspannungsableiter werden normalerweise mit einem Qualitäts-Zertifikat geliefert, so dass einfach nachzukontrollieren ist, ob auch ein den Normen entsprechendes, anerkanntes Produkt geliefert wurde und eingebaut werden kann.

Der Überspannungsableiter (Bild 4) wird bei der Einführung des Kabels in das Gebäude montiert und dessen Erdanschluss wird mit dem Blitzschutz - Ableiter oder mit dem inneren Blitzschutz verbunden. Sie sind in der Regel so gestaltet, dass das Gasentladungselement leicht ausgewechselt werden kann, doch übersteht dieses mehrere Überschläge. Bei einem Direkteinschlag ist das Gasentladungselement aber aus Sicherheitsgründen auszuwechseln.

Überspannungsableiter in Standardausführung können normalerweise bis in den GHz – Bereich eingesetzt werden. Deren Reflexionsfaktor ist in der Regel klein ($r = < 0.025$). Für höchste Frequenzen bietet sich das koaxiale Kurzschlussfilter an, das statische Überspannungen oder einen Blitzschlag direkt über die stabile, kurze $\lambda/4$ - Leitung zur Erde ableitet.

2.7 Feederkabel – Einführungen

Ein kommerziell hergestellter Überspannungsschutz für Hühnerleitern oder Feederkabel wurde nicht gefunden, sicherlich weil die entsprechende Nachfrage zu gering ist und da, wegen der Störstrahlproblematik solcher Speiseleitungen, nur wenige Funkamateure diese einsetzen.

Ein kommerzieller Hersteller machte jedoch den folgenden Vorschlag: Es werden handelsübliche Überspannungsableiter mit Drahtanschluss und geeigneter Spannung verwendet (Epcos, Conrad, etc.). Je ein Ende der Ableiter wird dabei an die beiden Drähte der Hühnerleiter

angeschlossen, das andere Ende der Ableiter wird über einen entsprechend dimensionierten Leiter an Masse gelegt.

Da Amateure ja findige Leute sind, wird sicher der Eine oder Andere bald eine entsprechende Konstruktion in einem kleinen Gehäuse unterbringen und gelegentlich im old man beschreiben (siehe Schaltbeispiele von Epcos).

2.8 Feinschutz

Damit wäre eigentlich dem Paragraphen des Gesetzes Genüge getan, doch empfiehlt es sich auf der Geräteseite, also am Empfängereingang, noch einen Feinschutz in Form einer Ableitvorrichtung einzubauen, wie unter 2.2.1 Ableitvorrichtungen beschrieben.



Bild 4: Koaxiale Ableiter mit verschiedenen Anschlüssen (hofi)

2.9 Überspannungs- und Blitzschutz bei mobilen und portablen Anlagen

Für die Überspannungsableitung und den Blitzschutz bei Portabel-Einsatz, z. B. beim NMD, gibt die NMD - Fibel des HTC, Teil 1 auf den Seiten 61 bis 71 ausgezeichnete Hinweise. Die Fibel ist beim HTC erhältlich und kostet CHF 20.--. Im gleichen Werk werden ebenfalls nützliche Verhaltensregeln bei Gewittern im Freien und auf Bergen aufgezeigt.

3. Bezugsquellen

3.1 Material für den Blitzschutz

Material für den Blitzschutz kann normalerweise bei jeder Eisenwarenhandlung bezogen werden. Beim Einkauf ist darauf zu achten, dass den Normen entsprechendes, homologiertes Material gekauft und eingesetzt wird.

3.2 Überspannungsableiter

Auch hier sollten Geräte verwendet werden, die speziell für diesen Einsatz hergestellt wurden und mit Prüf-Zertifikaten geliefert werden. Solche sind bei folgenden Firmen

erhältlich, die mich auch bei meinen Recherchen in verdankenswerter Weise unterstützt haben:

- Arthur Flury AG, Deitingen www.aflury.ch
- hofi Hochfrequenztechnik GmbH & Co. KG www.hofi.de
- Huber-Suhner AG www.hubersuhner.ch
- Alpha Delta Communications, Inc. www.alphadeltacom.com
- Epcos AG www.epcos.de > Applications
- HTC NMD - Fibel www.htc.ch

Amateurfunkantennen und Blitzschutz

Fred Tinner (HB9AAQ), Postfach 166, 9469 Haag

Im Art. 10.4 der Blitzschutzleitsätze des SEV 4022:2004 wird auf die Schweizer- und Euro-Norm EN 50'083-1 (Kabelnetze für Fernsehsignale, Tonsignale und interaktive Dienste) verwiesen. Als Ergänzung zu den Beiträgen in den old man 07/08- und 09-2005 soll im folgenden auf die wesentlichen Punkte dieser Norm SN EN 50083-1 eingetreten werden.

Obwohl diese Norm die Sicherheitsanforderungen ortsfester Anlagen und Geräte, die vorwiegend dem Empfang, der Aufbereitung und der Verteilung von Ton- und Ferns Rundfunksignalen behandelt, gilt sie auch für ortsfeste Empfangs- und Sendeanlagen und die in solchen Anlagen installierten Geräte von Amateurfunkstationen.

Kabelverteilsysteme

Antenneninstallationen müssen derart geplant, konstruiert und installiert sein, dass bei normalem Betrieb, oder bei auftretenden Fehlern, Personen oder Sachen nicht gefährdet werden können, sei es durch elektrische Schläge, Körperverletzung oder Feuergefahr (Art. 3).

Die Anlage ist in Bezug auf mechanische Sicherheit, Berührungssicherheit stromführender Leiter richtig zu dimensionieren. Es empfiehlt sich mit entsprechend niedrigen Spannungen (max. 24 V AC oder 34 V DC) zu arbeiten.

Alle der Witterung ausgesetzten Teile müssen wetterfest sein. Das heisst, sie müssen UV-Strahlung (Teil des Sonnenlichtes), korrosiven Abgasen (z. B. aus Kaminen) und ungünstigen Temperaturen widerstehen, ohne dass Schäden eintreten die Personen oder Sachen gefährden können.

Auf den Aussenleitern von Kabeln (Mantel von Koaxialkabeln) oder an zugänglichen Metallteilen der HF-Leitungen dürfen keine gefährlichen Spannungen auftreten können. Metallische Umhüllungen von Geräten und Anlagenteilen (Gehäuse) müssen geerdet sein. Es empfiehlt sich, Antennen selbst so zu platzieren dass HF-führende Teile nicht berührt werden können.

Starkstrom - Verteilsysteme

Werden Anlagenteile in die Nähe von Starkstrom - Verteilsystemen gebracht, so sind die Vorschriften des Art. 8 der Schweizer-Norm SN EN 50083-1 zu beachten, insbesondere:

- der waagerechte Abstand eines Antennentragwerkes oder eines Antennenstandrohres (Mast) zum Starkstromverteilsystem darf einen Meter nicht unterschreiten.
- Der Abstand zwischen Antennenteilen und dem Starkstromverteilsystem darf nicht weniger als einen Meter betragen. Das mögliche Schwingen der Starkstromkabel muss dabei nicht mitberücksichtigt werden.
- Der Abstand zwischen leitfähigen Teilen der Kabelanlage und leitfähigen Teilen eines Starkstromverteilsystems, einschliesslich Teile der Trägerkonstruktion, mit Spannungen zwischen 50 und 1000 Volt muss mindestens 10 mm, bei Installationen in geschlossenen Räumen, und mindestens 20 mm, bei Installationen im Freien, betragen.

Atmosphärische Überspannungen Art. 10

Nach Art. 10 sind Antennen gegen statische atmosphärische Überspannungen und Blitzentladungen zu schützen wie dies in den erwähnten beiden Artikel im old man dargelegt wurde. In folgenden Fällen sind keine Schutzvorrichtungen erforderlich:

- für Aussenantennen die mehr als 2 m unterhalb der Dachkante angebracht sind
- Antennenanlagen die sich innerhalb des Gebäudes befinden

Antennen dürfen nicht auf Gebäuden errichtet werden, die leicht entzündbare Dachabdeckungen haben.

Antennenzuleitungen und Erdungsleiter dürfen nicht durch Räume geführt werden, die zur Lagerung **leicht entzündbarer Stoffe** wie Heu, Stroh oder ähnlichem dienen, oder in denen sich eine explosive Atmosphäre bilden kann.

Erdleiter

Die SN EN 50'083-1 sieht als geeignete Erdungsleiter folgende Massivdrähte vor:

- Kupfer, isoliert oder blank: 16 mm²
- Aluminium: 25 mm²
- Stahl: 50 mm²

Auch folgende natürliche Bauelemente können als Ableiter verwendet werden:

- metallische Installationen, wie durchgehende Wasser- oder Heizungsleitungen, sofern:
 - die örtlichen Vorschriften dies zulassen
 - die elektrisch leitende Verbindung dauerhaft (geschweisst) ausgeführt ist
 - die Abmessungen den Minimalanforderungen genügen
 - das Metallgerüst der baulichen Anlage
 - der durchverbundene Bewehrungsstahl (Betoneisen) des Gebäudes
- Fassaden, Geländer und Unterkonstruktionen von Metallfassaden vorausgesetzt, dass:
 - ihre Dimensionen den Ableitungsquerschnitten entspricht und ihre Dicke nicht weniger als 0.5 mm beträgt

- die elektrisch leitende Verbindung in der Senkrechten sichergestellt ist durch Schweißen, Hartlöten, Pressen, Schrauben, Verbolzen oder der Abstand zwischen 2 Elementen kleiner als 1 mm ist und die Überlappung von 2 Elementen mindestens 100 cm^2 beträgt.

Mechanische Festigkeit

Es versteht sich von selbst, dass eine Antennenanlage die entsprechende mechanische Festigkeit aufweisen muss um den äusseren Einflüssen stand zu halten.

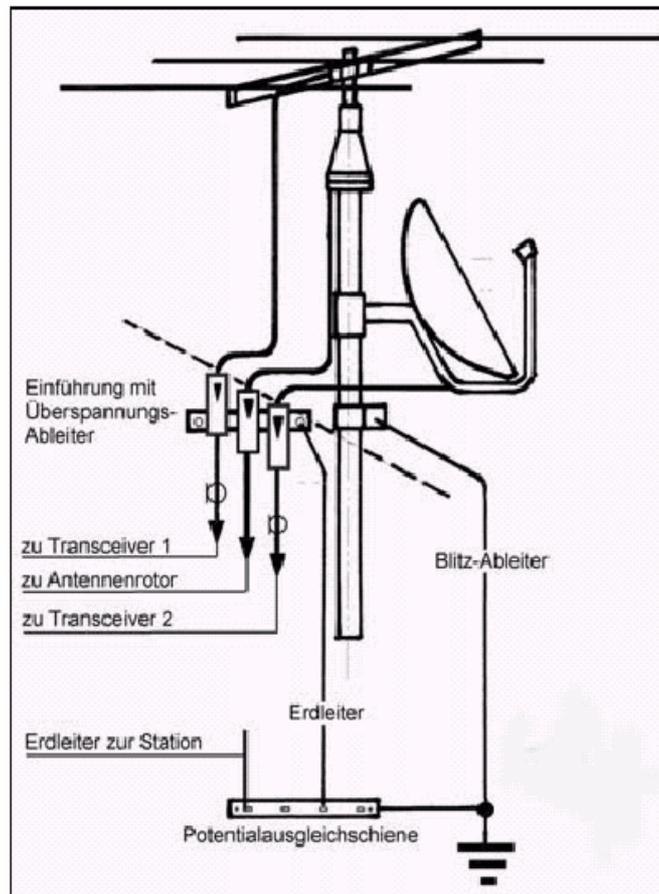


Bild 1: Beispiel für Erdung und Potentialausgleich von Antennen und Empfangsteilen

Die Antennenanlage ist derart zu erstellen, dass sie den maximal auftretenden Windkräften standzuhalten vermag, ohne zu brechen und ohne dass Teile der Antenne abgebrochen werden.

Das Biegemoment – verursacht durch alle Teile der Antenne inklusive Mast - an der Einspannstelle darf bei Masten bis zu max. 6 m freier Länge 1650 Nm nicht übersteigen. Die eingespannte Länge des Mastes (Länge zwischen 2 Befestigungspunkten) muss dabei mindestens einen Sechstel der freien Länge betragen (Bild 1).

Anmerkung: Ist die freie Länge mehr als 6 m oder das Biegemoment grösser als 1650 Nm, so ist in verschiedenen Gemeinden zwingend ein **Statiker** beizuziehen der die Sicherheit überprüft. Die örtlichen Bauvorschriften sind zu beachten (Föhntäler).

Wenn keine anderen Vorschriften bestehen (örtliche Baureglements), so wird der Berechnung bei Antennen mit einer Höhe von max. 20 m über Grund ein durch den Wind verursachter Staudruck von 800 N/m^2 , entsprechend einer Windgeschwindigkeit von 36 m/s oder 130 km/h, eingesetzt. Für höhere Antennen ist mit einem Staudruck von 1100 N/m^2 entsprechend einer Windgeschwindigkeit von 42 m/s oder 150 km/h, zu rechnen.

Die Windlast an der Antenne errechnet sich wie folgt:

$$W = c \cdot p \cdot A \quad (1)$$

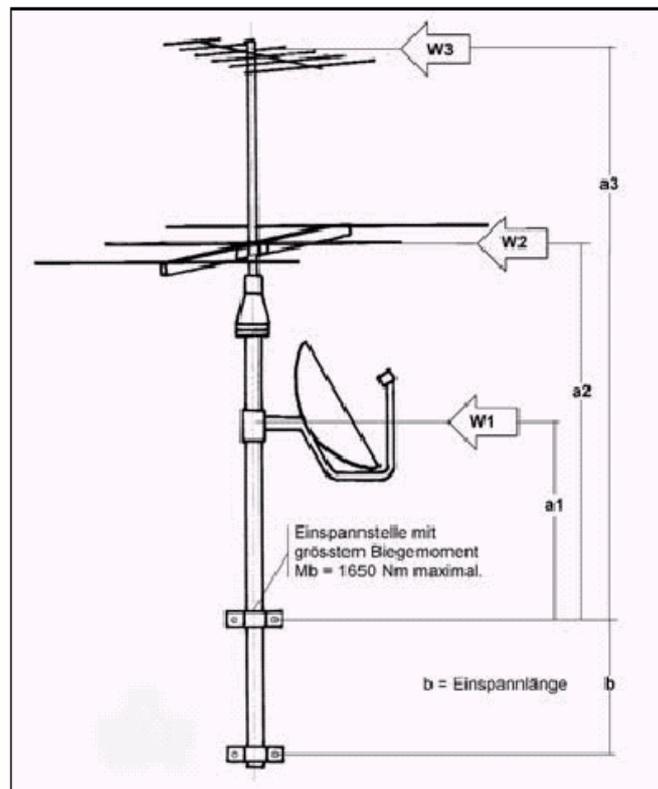


Bild 2: Biegemoment eines Antennenmastes

mit:

W = Windlast [N]

c = Beiwert ($c = 1.2$)

p = Staudruck [N/m^2]

A = dem Wind ausgesetzte Fläche [m^2]

Das an der Einspannstelle auftretende Biegemoment errechnet sich wie folgt (siehe Bild 2):

$$M_b = W_1 \cdot a_1 + W_2 \cdot a_2 + W_3 \cdot a_3 + \dots \quad (2)$$

mit:

M_b = Biegemoment [N/m]

$W_1, W_2 \dots$ = Windlast [N]

$a_1, a_2 \dots$ = Distanz Angriffspunkt des Staudruckes zur Einspannstelle [m]

Bei der Dimensionierung der **Mastkonstruktion** ist zu beachten:

Das maximale Biegemoment, welches auf die Tragkonstruktion (Mast) wirkt, darf 90% der Streckgrenze $\sigma_{0,2}$ nicht überschreiten. Dadurch wird der Mast bei Maximalbelastung nicht abgebrochen sondern lediglich verbogen.

$$M_b = 0.9 \cdot \sigma_{0,2} \cdot W_b \quad (3)$$

mit:

M_b = Biegemoment [N/m]

$\sigma_{0,2}$ = Streckgrenze [kg/m^2]

W_b = Widerstandsmoment [m^3]

Die Streckgrenze $\sigma_{0,2}$ ($R_{p0,2}$) ist abhängig vom verwendeten Material und mit dem Lieferanten Ihres Mastes oder mit dem Rohr- oder Materiallieferanten abzuklären

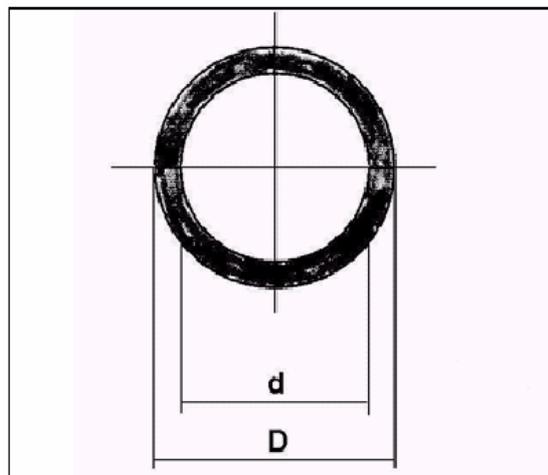


Bild 3: Innen- und Aussendurchmesser eines Mastrohres

Das Widerstandsmoment W_b ist abhängig vom Querschnitt und der Form des Mastes und errechnet sich für runde, konzentrische Rohre nach der Formel

$$W_b = \pi \cdot \frac{(D^4 - d^4)}{32 \cdot D} \quad (4)$$

mit:

W_b = Widerstandsmoment [m^3]

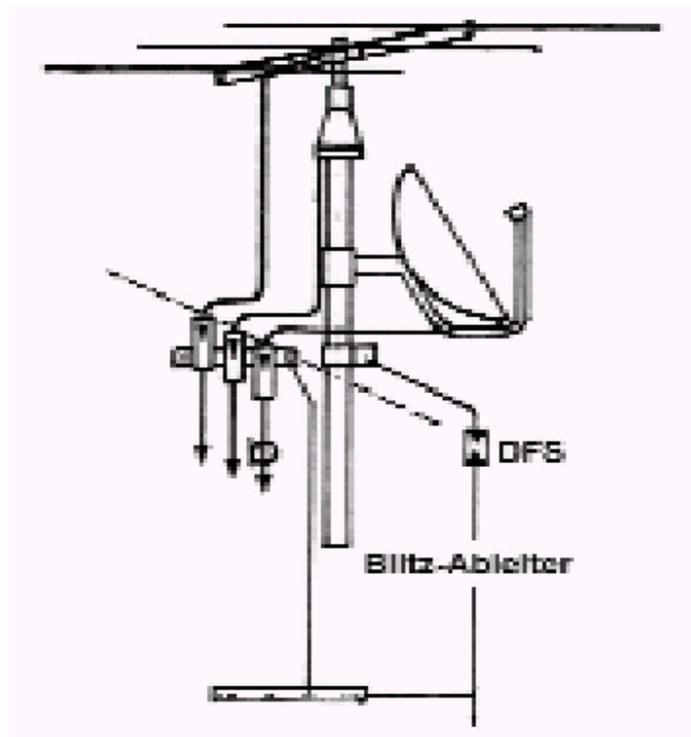
- D = Aussendurchmesser des Mastrohres [m]
d = Innendurchmesser des Mastrohres [m]

Die Durchmesser sind an der Einspannstelle wo das grösste Biegemoment auftritt gemessen. Das aus Gleichung (2) erhaltene Biegemoment M_b kann in Gleichung (3) eingesetzt werden um zum Widerstandsmoment W_b zu gelangen. Mit Gleichung (4) kann dann der erforderliche Aussendurchmesser D des Mastrohres errechnet werden.

Die Wandstärke des Mastrohres muss im Einspannbereich mindestens 2 mm betragen. Natürlich kann das Biegemoment durch das Anbringen von Abspannungen reduziert werden.

Nachtrag zu: Amateurfunkantennen und Blitzschutz, 4. Teil

Das im Artikel „Amateurfunkantennen und Blitzschutz, 4. Teil“ (old man 05/2006) erschienene Bild 1 wurde der Norm SN EN 50'083-1 entnommen. Von HB9TU wurde ich darauf aufmerksam gemacht, dass sich durch die entsprechende Anordnung von Blitzableiter und Erdleiter Erdschlaufen bilden die bei Empfang Störgeräusche erzeugen und somit den Empfang beeinträchtigen können.



Wird eine Installation mit koaxialen, geschirmten Kabeln konsequent durchgeführt, so können Erdschlaufen entstehen. Diese Erdschlaufen wirken dann wie grosse Antennendipole. Die Wirkung dieser Dipole wird zur Hauptsache von den Flächen bestimmt, die sie einschliessen. Führt man die Kabel nahe der Potentialrückführung - wie z.B. Stahlarmierungen in den Wänden, in Metallkanälen oder parallel zu Erdleitungen - so kann die negative Wirkung einer Erdschleife stark reduziert werden.

Eine weitere Ursache für Störungen sind in den Masseverbindungen fließende Ausgleichströme, die durch geringfügig abweichende Erdpotentiale (z. B. zwischen Antennenleitung und Schutzleiter) entstehen. Sie verursachen Spannungsabfälle auf den Masseverbindungen der Signalmasse. Diese Spannungsabfälle addieren sich zum Nutzsignal. Es ist aber auch möglich, dass Brummeinstreuungen durch äussere Magnetfelder oder Induktion entstehen. Wenn keine anderen Stromverbraucher an das Erdleitungsnetz der Funkstation angeschlossen sind, so dürften eigentlich bei Empfang kein Brumm und keine sonstige Erhöhung des Störpegels entstehen.

Wo die oben erwähnten Störeinstreuungen (erhöhter Geräuschpegel bei Empfang) auftreten, hilft oft ein Auftrennen des Antennenmast-Ableiters. In diesem Falle wird eine Funkenstrecke in den Ableiter eingebaut (siehe Bild 1). Solche Schutz-Funkenstrecken können im „Hamshop“ <http://www.hamshop.ch/> von HB9TU komplett montagefertig bezogen werden.

Bild 2 zeigt eine Schutzfunkenstrecke in geschlossener Ausführung (Schutzart IP54) für eine Ansprechwechselfrequenz von 10kV/50 Hz und einen Nennableitstrom von ca. 25kA.



Schutzfunkenstrecke Type DFS

Original:

22. 6. 2006

HB9AAQ