

Das Naturereignis Blitzschlag aus bau- und versicherungstechnischer Sicht

Dipl.-Ing. Fritz Spalke

Der Wunsch des Menschen, sich vor dem Blitz zu schützen, ist sicher so alt wie die Menschheit selbst. Daß die Menschen seit jeher Angst vor diesem Naturereignis hatten, geht schon daraus hervor, daß sich im Wortschatz altindogermanischer Völker bereits ein Wort oder mindestens eine Umschreibung für Blitz und Donner findet.

Sprachbeispiel

Der Blitz hieß früher *blic*. Dieses Wort stammt von dem indogermanischen *bhlei*, dem Leuchten. Im lautnachahmenden Wort Donner steckt das lateinische *tonare*; der Name des altgermanischen Gottes Donar – nordisch Thor –, der im Gewitter Donnerkeile schleudert, geht auf diesen Stamm zurück.

Fulmen oder *fulgur* hieß der Blitz im alten Rom, eine Wortableitung aus der Stammform *fulgere* = glänzen. Das italienische *fulmine* und *tuono* für Blitz und Donner sind ganz nahe an der lateinischen Form; hier war der Donner *tonitrus* von *tonare*. *Lightning* und *thunder* heißen die beiden im Englischen; *éclair* und *tonnerre* in Frankreich, *Relámpago* sagen die Spanier und Portugiesen zum Blitz und *trueno* zum Donner, sicher ein abgewandeltes *tonare*.

Ganz anders ist es im skandinavischen Sprachraum. Im Dänischen heißt der Blitz *Lyn* von *lyne* = blitzen; der Donner wird *Torden* genannt. Sehr nahe an dem indogermanischen Stamm *bhlei* blieben die Schweden mit ihrem *Blixt* für Blitz.

Die Altgriechen verglichen den Blitz mit dem Leuchten der Sterne = Aster und nannten ihn *Astarpe*. *Bromos*, das griechische Wort für Lärm, stand *Pate* für den lautnachahmenden *Bronte* = Donner.

Zermalmen bedeutet bei den Russen *molot*; sie trauten dem Blitz wohl sehr viel zu, als sie ihm den Namen *Molnja*, der *Zermalmende*, gaben. Den Donner vergleicht der Russe mit Getöse und gab ihm den gleichlautenden Namen *Grom*.

Schließlich noch zum Ungarischen, der mit dem Finnischen verwandten nichtindogermanischen Sprache in Europa. Die *Madjaren* verwandelten das Licht *világítás* in *villám* = Blitz und das Brummen und Grollen, *dörmög* in *dör-gés*, das ist der Donner.

Mythologie und Geschichte

In der griechischen Mythologie finden wir die Kyklopen *Steropes*, den Blitz und *Brontes*, den Donner; beide hatten nur ein einziges rundes Feuerauge.

Der jüdische Gesetzgeber Moses (um 1300 v. Chr.) soll nach der Legende ein exzellenter Experimentator gewesen sein. Er hat einen großen Kondensator mit atmosphärischer Elektrizität geladen; widerspenstige Zeitgenossen seien durch Entladungsschläge bestraft worden. An hohen Feiertagen setzte sich Moses in einen Metallkäfig und ließ sich zusammen mit der vergoldeten Bundeslade an dem Kondensator vorbeitragen. Die überschlagenden Funken schädigten ihn nicht, was ihm beim Volk Ehrfurcht und Bewunderung einbrachte.

In seiner „Geschichte der Juden“ erwähnt der Geschichtsschreiber *Josephus Flavius* (37–100 n. Chr.), daß der salomonische Tempel eine Holzkonstruktion gewesen sei, dessen Außenwände samt Dach reich mit Goldplatten verziert waren. Zur Sammlung des Regenwassers führten vom Dach zahlreiche Metallröhren in Zysternen. Obwohl der Tempel sehr exponiert lag, sei während seines Bestehens von 925–587 v. Chr., also 338 Jahre lang, kein einziger Blitzschaden aufgetreten.

Von *Donatus*, einst Bischof von *Carthago* – er starb im 4. nachchristlichen Jahrhundert –, erzählt uns die Legende, er könne Blitze einfangen. Sein Bild wird daher in mancher Stube oft als Hinterglasmalerei angetroffen.

Jupiter war bei den Römern der Schützer des Staates und des Hauses. Die *Hauswurz* (*sempervivum tectorum*) soll ihm zu Ehren auch *Jupiterbart* (*Jovis barba*) genannt worden sein. Der Glaube, daß man gegen Blitzschlag geschützt war, wenn man sie auf dem Hausdach anpflanzte, findet sich da und dort auch heute noch.

Die Grafen von *Andechs* besaßen ein ganz besonders blitzschützendes Mittel; sie erhielten es von Kaiser *Karl dem Großen*. Diesem soll ein Engel das Siegeskreuz überreicht haben. Es war von „erprobter Kraft gegen Gewitter“. Die Grafen von *Andechs* und später die *Benediktiner* bewahrten es daher an sicherem Ort hinter einer dreifach ver-

schlossenen Tür. Nur bei nahendem Gewitter wurde es hervorgeholt. Unglücklicherweise fand man die Schlüssel nicht, als es am 3. Mai 1669 schon bedrohlich nahe blitzte. Kirche und Kloster wurden damals durch einen zündenden Blitzschlag eingeäschert.

Anfänge des Blitzschutzes

Der stete Gedanke, sich vor Blitzen zu schützen, führte schon sehr früh zu Vorschlägen zum Blitzschutz. In seinem Werk „Geschichte Roms“ führte *Titus Livius*, der als Geschichtsschreiber um die Zeitenwende in Rom gelebt hat, in vielen Beispielen an, daß sich der Blitz vornehmlich die höchsten Bauwerke Roms als Einschlagziel aussuchte. Mit dieser anmaßend hohen Bebauung habe man den Zorn *Jupiters* heraufbeschworen. Der römische Senat ordnete daher an, daß jeder zündende Blitzschlag, der im römischen Imperium ein Gebäude zerstörte, gemeldet werden mußte. Der Magistrat von Rom hielt sich an die alten Weissagungen und schrieb für die betroffenen Orte Buß- und Bettage, Gebete und Tieropfer vor. Nicht selten mußten dabei 20–30 Ziegen und Böcke ihr Leben lassen.

Durch das Läuten der Kirchenglocken versuchte man auch noch im Mittelalter, Gottes Zorn zu mildern. Die jahrhundertlang dabei gesammelten Erfahrungen waren jedoch schlecht; dies ermunterte *Georg Christoph Lichtenberg* (1742 bis 1799), Physikprofessor in Göttingen, zu der gegenteiligen Empfehlung: „Man stellt während des Gewitters das Läuten der Kirchenglocken ein ... Durch das Läuten wird der Materiezufluß vermehrt. Im Jahre 1718 schlug das Gewitter in der Nacht vom 14. zum 15. April von *Landernau* bis nach *St. Paul de Leon* in der Bretagne in 24 Kirchen ein, in denen man läutete, und tötete verschiedene Personen, die die Glocken zogen. Die Kirchen hingegen, in denen man dieses nicht tat, blieben verschont.“

Lichtenberg warnte auch vor heftigem Luftdurchzug in Gebäuden während eines Gewitters. „Ehe das Gewitter aufkommt, so versucht man das Zimmer oder den Ort des Aufenthaltes durch Öffnung der Türen und Fenster mit reiner Luft zu füllen, damit der Blitz genötigt werde, an den Wänden zu bleiben. Man

vermeide sorgfältig alles Schwitzen an irgendeinem Teile des Leibes. Wenn das Gewitter da ist, schließe man Türen und Fenster.“ Daß ein Schlafender gegen Blitzschlag besser geschützt sei, war die verbreitete Meinung im Altertum. Diese Ansicht wird in Plutarch's Tischreden des 1. Jahrhundert n. Chr. damit erklärt, daß „der Körper im Schlafe lockerer und ohne Lebensgeister sei und daher dem sanft und geschwind hindurchfahrenden Blitz keinen gefährlichen Widerstand entgegensetzen könne“.

Doch Lichtenberg behauptete auch hier wiederum das Gegenteil: „Ich rate, bei einem nahen Donnerwetter in der Nacht das Bett zu verlassen, um das Schwitzen zu vermeiden. Man hält zwar, wie wohl ganz irrig, das Bett wegen der Feder für einen sicheren Aufenthalt. Wenn man aber Beispiele hat, wo der Blitz das Bett entzündet und die Personen getötet hat, so wird man sich doch wohl bewegen lassen, diesen sehr gefährlichen Ort zu fliehen.“

Da soll sich noch einer auskennen, resignierte der Volksmund und sagte: „Duck dich, laß' vorübergahn, das Wetter will sein Willen han.“

Das Wesen des Blitzes

Erst um die Mitte des 18. Jahrhunderts hat man das Wesen des Blitzes erkannt. In einer Zeit, in der man durch Experimentieren mit geriebenem Bernstein Reibungselektrizität erzeugte, wobei das beliebte Knistern und Leuchten wahrzunehmen war, stellte Benjamin Franklin aus Philadelphia in exakt durchgeführten Versuchen fest, daß die Materie des Blitzes mit der durch Reibung erzeugten Elektrizität übereinstimmen müsse.

Bei seinem geplanten Schilderhaus-Experiment aus dem Jahre 1750 hatte er vorgeschlagen, aus einer isoliert stehenden Versuchsperson beim Vorüberziehen der Wolken elektrisches Feuer zu entnehmen. Zu diesem Experiment kam es wohl wegen der starken Gefährdung der Versuchsperson nicht. Zwei Jahre später wurde der französische Botaniker und Physiker Thomas François Dalibard veranlaßt, den Bericht Franklins zu übersetzen. Angeregt hierdurch ließ Dalibard am 10. Mai 1752 auf hügeligem Gelände in Marly-la-Ville eine 12 m hohe Eisenstange mit vergoldeter Spitze errichten, die gegen die Erde durch Weinflaschen und Seidenschnüre isoliert war. Am 12. Mai 1752 gelang es Dalibards uner-schrockenem Gehilfen Coiffier, während eines vorbeiziehenden Gewitters elektrische Funken von nahezu 4 cm Länge aus dieser Eisenstange herauszuziehen.

Gewitterphysik

Die Voraussetzungen für die Entstehung von Gewittern sind heute bekannt; die endgültige Erforschung des Blitzphänomens ist jedoch keineswegs abgeschlossen. Es würde zu weit führen, hier auf Einzelheiten einzugehen; dennoch soll das Naturereignis Blitz in ein paar Sätzen auch aus physikalischer Sicht dargestellt werden.

Zum besseren Verständnis des Naturereignisses Blitz könnte man sich einen Funkenüberschlag vorstellen, der ohne Elektroden im Wolkenraum entsteht. Dieser Entladungsdurchbruch bildet sich aus, wenn die Stärke des elektrischen Feldes in den Wolken einige 100 kV/m überschreitet. Raumladunggebiete mit verschiedenen Vorzeichen stoßen in den Wolken zusammen. An diesen Berührungsstellen bilden sich die ersten leitfähigen Entladungskanäle. Die Kanalbildung schreitet nach beiden Seiten fort, sobald der erste Initialkanal gebildet ist.

Wenn dieser Kanal dem Erdboden nahe genug gekommen ist, wächst ihm von der Erde her die Fangentladung entgegen, bei deren Berührung mit dem Initialkanal es sodann zur stromstarken Hauptentladung kommt. Eine Hauptentladung läuft fast immer in sehr unterschiedlich stromstarken Teilentladungen ab; bei etwa der Hälfte aller Blitze sind es zwei Teilentladungen, die in sehr kurzen Zeitabständen von 0,01– 0,3 Sekunden aufeinanderfolgen. Sieben und mehr solcher Teilentladungsfolgen sind selten; sie finden sich nur bei etwa jedem zehnten Blitz. Diese rasche Folge von unterschiedlich stromstarken Entladungen erzeugt beim Beobachter den Eindruck des „Zuckens“ des Blitzes, das vielfach auch mit einem „Flackern“ umschrieben wird. Der abwärts gerichtete negative Ladungsvorstoß aus der Wolke leitet die Kanalbildung ein; das Vordringen der positiven Ladung vom Boden vollzieht sodann die Hauptentladung. Jede Teilentladung besteht in ihrem Aufbau aus diesem Schema. J.H. Hagenguth hat mit rasch bewegter Kamera festgehalten, daß die Fließrichtung der Kanalbildung im Hochgebirge oder bei sehr hohen Gebäuden gerade umgekehrt sein kann; sie erfolgt von unten nach oben (Aufwärtsblitz).

Die Wirkung eines Blitzes besteht aus vier Komponenten:

- der thermischen (Hitze)
- der akustischen (Donner)
- der elektrodynamischen (Kräfteentstehung)
- der elektrochemischen (galvanische Zersetzung)

Als schadenstiftend kann eigentlich nur die thermische Komponente der Blitzwirkung in Betracht gezogen wer-

den. Sie ist es, die zunächst den Blitz und später dann seine Folgen an Gebäuden und anderen Gegenständen sichtbar macht.

Ist der Blitzstrom in einen Leiter eingetreten, dann hängt es von der Höhe des Widerstandes ab, ob sich die thermische Komponente schadenstiftend auswirkt. Je höher der Widerstand ist, der dem Blitzstrom innerhalb des Leiters entgegenwirkt, desto höher ist die Energiemenge, die beim Stromdurchgang als Wärme frei wird. Diese kann in Holz oder im Mauerwerk an Stellen, an denen sich Feuchtigkeit angesammelt hat (Saftbahnen, Spalten) infolge der plötzlichen Verdampfung der Flüssigkeit zur Zersplitterung von Hölzern oder zu explosionsartigen Absprennungen von Mauerwerksteinen führen (sog. „kalte“, d. h. nicht zündende Blitzschläge).

Auch schlechte Kontakte im Verlauf eines Blitzweges, wie sie z. B. bei Stoßstellen von Regenrohren oder auch bei Greiferschienen in Scheunen zu finden sind, setzen dem Blitzstrom so hohe Widerstände entgegen, daß durch den dabei erfolgten Wärmeumsatz Metallteile glühend als Spritzfunken abgeschleudert werden. Diese führen dann in Räumen mit leicht entzündbarem Inhalt (Heu, Stroh und auch Spinnweben, mit Heuteilchen angereichert) zur Zündung. Besonders gefährlich werden diese Spritzfunken in explosionsgefährdeten Räumen.

Auch der Blitzkanal selbst führt nicht immer zur Zündung. So sind z. B. stromstarke, aber kurz dauernde Blitzentladungen allein hinsichtlich der Entzündung der an der Einschlagstelle vorhandenen, leicht entzündbaren Umgebung bei weitem ungefährlicher als eine lang andauernde, aber stromschwache Entladung. Bei sehr stromstarken und daher auch hell aufleuchtenden Blitzen sind es aber häufig die vom geblendeten Auge kaum mehr wahrnehmbaren, stromschwachen, aber länger andauernden Nachentladungen, die schließlich dann zünden.

Im schlecht leitenden Erdboden kann es bei Blitzeinschlag zur Verglasung des Quarzanteiles, z. B. in einem sandigen Erdreich, kommen (sog. Blitzröhren oder Fulgurite).

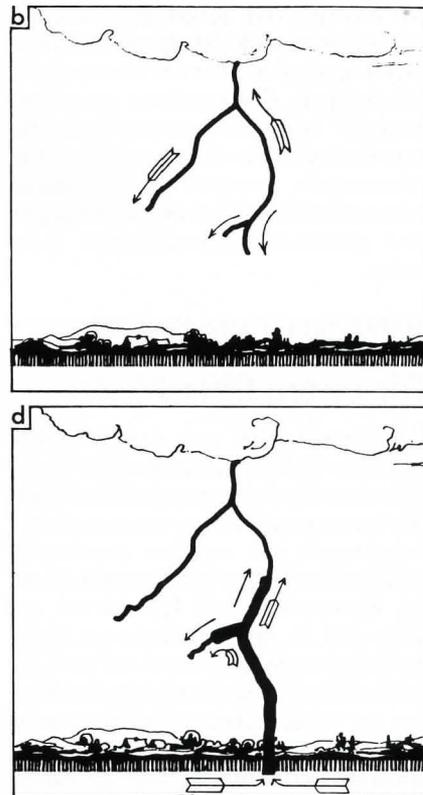
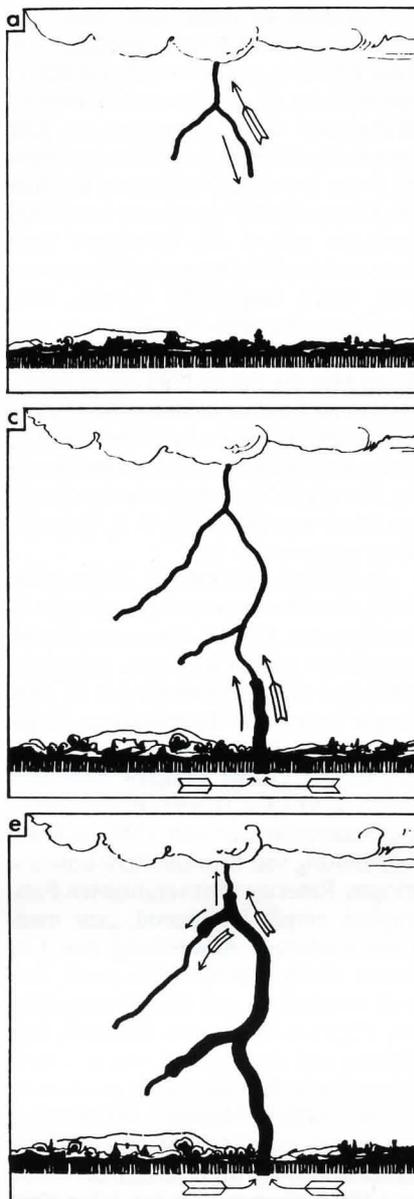
Der Donner, der einem Blitz folgt, ist die akustische Komponente des Blitzes. Es handelt sich dabei eigentlich um einen scharfen „Explosionsknall“, der beim Erlöschen des Blitzes (Entladungsschluß) entsteht, wenn der bisher durch die elektrodynamischen Kräfte des Stromflusses auf engem Raum komprimierte sog. heiße Blitzkern „explodiert“. Die dabei entstehenden Druckentlastungskräfte liegen im Bereich von bis 30 Pascal; ihre Reichweite ist auf das unmittelbare Umfeld des Blitzkanales begrenzt. Das typische, manchmal länger anhaltende, dumpfe Donnerrollen ist

die Wirkung des Echos, das der Schall des an sich scharfen, kurzen Explosionsknalles von der Erde, den Wolken oder anderen ungleich schallbrechenden Schichten zurückgibt. Schadenauslösend kann jedenfalls ein Donner nicht sein; dennoch erreichen die Sachversicherer manchmal schon sehr abenteuerlich anmutende Berichte von Gebäudeeigentümern, mit denen sie ihren Entschädigungsanspruch, z. B. für die Reparatur von Lichtschächten, die durch den Donner von Kelleraußenwänden abgesprengt worden sein sollen, zu begründen versuchen. In diesen Fällen fehlte schließlich immer der für die Eintrittspflicht der Sachversicherer in ihren Allgemeinen Versicherungsbedingungen geforderte unmittelbare Übergang des Blitzes auf versicherte Sachen.

Zu der eingangs erwähnten Überschreitung der Feldstärke in den Wolken kommt es, wenn im Sommer stark erwärmte, mit Feuchtigkeit angereicherte Luftmassen vom Boden aufsteigen und dabei die kühleren, spezifisch schweren Luftmassen verdrängen. Bei den in der Höhe vorhandenen, geringeren Temperaturen kondensiert der Wasserdampf, es bilden sich Haufenwolken. Aufwinde können auch dadurch entstehen, daß die Luft über ein ansteigendes Gelände hinwegzieht und angehoben wird, oder daß sich kältere Luftschichten unter wärmere schieben und sie hochdrücken - Okklusion -. Bei diesen Vorgängen, bei denen die Reibung von Niederschlagsteilchen und die Bildung von Eiskristallen eine große Rolle spielen, kommt es zu einer elektrostatischen Aufladung der Atmosphäre und zu Niederschlägen als Regen, Graupeln oder Hagel.

Die Stromstärke des Blitzes beträgt meist etwa 20 000 Ampere, sie kann in seltenen Fällen Werte bis zu 200 000 Ampere und darüber erreichen. Nur etwa ein Viertel der Blitze endet auf der Erde. Blitze innerhalb der Wolken haben Stromstärken von nur etwa 20 bis zu einigen 100 Ampere. Die Temperatur des Blitzes beträgt zwischen 15 000 und 30 000 °C.

Seit Jahren wird in einigen Ländern die Anzahl der Gewitter, der Blitze und Blitzeinschläge durch Zählungen mit den international standardisierten „CIGRE“-Zählstationen festgestellt. Bahnbrechende Arbeit auf diesem Gebiet leistete die Blitzbeobachtungs- und Forschungsstelle auf dem Monte San Salvatore bei Lugano im Tessin. Auch in der Bundesrepublik Deutschland sind von der Technischen Hochschule in Darmstadt mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft etwa 60 derartige Blitzzählstellen eingerichtet worden. Südbayern gehört nach den meteorologischen Statistiken zu den gewitterreichsten Gebieten der Bundesrepublik. Im Allgäu wurden im Durch-



← Stromrichtung
← Vorwachsrichtung

Bild 1: Phasen der Blitzentwicklung: Vor- und Hauptentladung eines Erdblitzes in ebenem Gelände (aus „Blitzschutz“ 8. Auflage).

schnitt jährlich etwa 7 Blitze je Quadratkilometer Bodenfläche gezählt. Bemerkenswert ist dabei auch das deutliche Süd-Nord-Gefälle in der Zahl der jährlich registrierten Blitze, die sich zwischen Erde und Wolke oder umgekehrt entladen. Während es im süddeutschen Raum an rund 35 Gewittertagen bis zu 5,5 Blitzen je Quadratkilometer kommt, nimmt die Gewitter- und Blitzhäufigkeit ab, je weiter man nach Norden geht. So sind es z. B. in Nordbayern an rund 25 Gewittertagen 4,7, in Schleswig-Holstein an ebenfalls rund 25 Gewittertagen nur mehr drei Blitze je Quadratkilometer; im südlichen Schweden nimmt die Häufigkeit der Gewittertage auf jährlich etwa 10 ab, wobei die Blitzanzahl sogar den Wert von 1,0 pro Quadratkilometer merklich unterschreitet.

Es erhebt sich nun die Frage, wo Blitze am meisten einschlagen. Häufigste „Ziele“ der Wolke-Erde-Blitze sind zweifellos Gebäude oder andere Gegenstände (Bäume, Masten), die exponiert stehen, das Gelände erheblich überragen und dem Blitz eine gutleitende Bahn

anbieten. Dies schließt aber nicht aus, daß auch niedrige, neben höheren Gegenständen stehende Gebäude vom Blitz getroffen werden. Seitliche Einschläge sind gleichfalls vorgekommen. Die Schutzwirkung von Bäumen, z. B. der Buchen, oder die Anziehungskraft anderer Baumarten, wie der Eichen oder



Bild 2: Blitzröhren (Fulgurite).

der Fichten, von denen man weichen oder flüchten sollte, ist eher eine des Reimes wegen, nicht aber aus wissenschaftlich belegten Erkenntnissen getroffene Aussage. Besondere Anziehungskräfte von geologischen Gegebenheiten, wie Wasseradern, unterirdische Hohlräume oder natürliche radioaktive Strahlungen, sind gleichfalls wissenschaftlich nicht belegt.

Die ersten Blitzableiter

Nachdem man sich bereits in der Mitte des 18. Jahrhunderts an die physikalischen Grunderkenntnisse des Gewitters herangetastet hatte, war es natürlich naheliegend, sich auch um den Schutz vor Blitzeinschlägen zu kümmern. Stand der Wissenschaft und Technik um die Mitte des 18. Jahrhunderts war: Hohe Auffangstangen aus Metall auf dem zu schützenden Gebäude müssen den Blitz aus der Wolke ziehen. Eine metallische Leitung muß den Blitzstrom um das Gebäude herumführen, und da neben Metall vor allem das Wasser leitet, muß die Ableitung möglichst im Wasser (gemeint war das Grundwasser) enden.

Der Prämonstratensermonch und Naturforscher Prokop Divisch aus Senftenberg in Ostböhmen ließ den ersten Blitzableiter der Welt im Jahre 1754 auf dem Kloster Brendlitz bei Znaïm in Mähren errichten: Ein Jahr später unterbreitete Divisch bei Hof in Wien den Vorschlag einer staatlichen Förderung des Blitzableiterbaues. Eine Kommission, die sich hauptsächlich aus Mathematikern zusammensetzte, lehnte dieses Vorhaben jedoch als Gottlosigkeit ab. Die verängstigten Bauern gingen sogar soweit, daß sie bereits errichtete Blitzableiter wieder zerstörten. 15 Jahre später gelang es einem Freund von Divisch, dem Hofmathematiker Abbé Marci, die Genehmigung für die Errichtung einer Blitzschutzanlage auf einem Haus in Penzing bei Wien zu erhalten.

In Deutschland war es der Hamburger Arzt Reimarus, der für den Blitzableiter warb. Als erstes Gebäude erhielt die St. Jakobikirche in Hamburg im Jahre 1769 einen „Wetterableiter“. In München war es im Jahre 1776 das Gasthaus „Schwarzer Adler“ des Weinwirts Karlo Albert, das auf Veranlassung des Geistlichen Rates und Gelehrten Peter von Osterwald einen Gebäude-Blitzableiter erhielt. Der fortschrittlich denkende Verleger Cotta ließ im Frühjahr 1798 auf dem Anwesen des Dichters Friedrich von Schiller in Jena einen Ableiter errichten. G. Ch. Lichtenberg meinte dazu etwas boshaft: „Daß in den Kirchen gepredigt wird, macht deswegen die Blitzableiter auf ihnen nicht unnötig. Paradox wäre es dagegen, einen Galgen mit einem Blitzableiter zu versehen“.

Nachdem es mehr und mehr zur Errichtung von Blitzschutzanlagen um diese Zeit kam, nahmen sich die Behörden etwa um die Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert dem Blitzschutz an. Der bayerische Kurfürst Karl-Theodor führte als erster unter den deutschen Fürsten die „Wetterableiter“ in seinem Lande ein. Zunächst sollten die Münchner Residenz und das Sommerschloß Nymphenburg damit ausgerüstet werden. Dies gelang aber nur unter Waffenschutz, weil sich die Bevölkerung widersetzte. Erst als im Mai des Jahres 1785 das kurpfälz-bayerische Intelligenzblatt einen Erfolg vermelden konnte, trat ein Fortschritt in dieser eher zurückhaltenden Gesinnung ein. Im kurpfälzisch-bayerischen Intelligenzblatt war seinerzeit z. B. folgende Notiz zu lesen:

„In Weyarn brach den 5. dieses nach halbe acht Uhr abends ein fürchterliches Gewitter aus. Gleich die ersten zween Blitzstreich treffen in einem Zwischenraum von etwa 3 Minuten den in dem Turme im vorigen Herbstmonat aufgerichteten Ableiter.“ Das Kloster blieb unbeschädigt! Dieses Ereignis half dem Kurfürsten in der „Bayerischen allgemeinen Feuerordnung“ von 1791, auch die Empfehlung von Blitzableitern unterzubringen. Einer der dort verankerten Paragraphen empfahl dringend, „zur menschenmöglichen Abwendung des Unglücks durch Blitzstrahlen nach und nach wenigstens an die Hauptgebäuden, Kirchen, Schlössern, Klöstern, Rathäusern und dergl. Orten von geschickten und in Sachen genügsam erfahrenen Leuten Wetter-Ableiter aufzustellen, und ist der unfehlbar große Nutzen von den Ortsbeamten und Pfarrern dem Volk begreiflich zu machen“. Im Jahre 1797 konnte das kurpfälzisch-bayerische Intelligenzblatt vermelden, daß „Bayern eine von jenen Provinzen Deutschlands ist, wo dieses vortreffliche Verfahrensmittel gegen die Schädlichkeit der Blitze am meisten eingeführt und verbreitet wurde“.

Langsam, aber stetig erkannten alle Länder den Nutzen der Blitzableiter-Anlagen. Zahlreich waren auch die Anleitungen für den Blitzableiterbau.

Wo sind nun nach den derzeitigen Erkenntnissen Blitzschutz-Anlagen erforderlich?

Bei der Klärung dieses Erfordernisses spielen sowohl Höhe und Umgebung als auch Bauart, Nutzung und Inhalt der zu schützenden Gebäude eine Rolle. In der Bayerischen Bauordnung wird gefordert, daß „bauliche Anlagen, bei denen nach Lage, Bauart oder Nutzung Blitzein-

schlag leicht eintreten oder zu schweren Folgen führen kann, mit dauernd wirksamen Blitzschutzanlagen zu versehen sind“ (Art. 17 (5) Bay. BO.).

Gebäude und Lagerstätten müssen nach dieser gesetzlichen Vorschrift eine Blitzschutzanlage erhalten, wenn sie die Umgebung wesentlich überragen (z. B. Hochhäuser, hohe Kamine, Türme). Desgleichen müssen bauliche Anlagen, die besonders brand- und explosionsgefährlich sind, Blitzschutzanlagen erhalten. Zu diesen Anlagen zählen Holzbearbeitungsbetriebe, Mühlen, Lack- und Farbenfabriken, Munitions- und Zündholzfabriken, Feuerwerkereien, Munitions- und Sprengstofflager, Lager brennbarer Flüssigkeiten und Gasbehälter, größere oder einzelstehende, landwirtschaftliche Gebäude; Gebäude mit weicher Bedachung; Versammlungsstätten (Kirchen, Theater, Lichtspieltheater, Lehranstalten, Konzert-, Sporthallen), Kasernen, sonstige Fabriken, Großgaragen, Krankenhäuser, Hotels, Bahnhöfe, Warenhäuser oder sonstige Gebäude für größere Menschenansammlungen, Museen, Gebäude unter Denkmalschutz, Archive, Büchereien, Gemäldesammlungen und andere Gebäude, die einen besonderen Wert oder Wertinhalt besitzen.

Funk- und Fernsehantennen sind in die Blitzschutzanlage einzubeziehen; dadurch wird die in VDE 0855 Teil 1 vorgeschriebene Erdung von Antennenanlagen erreicht.

Aufbau einer Blitzschutzanlage

Schließlich soll auch noch dargestellt werden, wie Blitzschutzanlagen aufgebaut sind. Schon Moses bediente sich der physikalischen Erkenntnis, daß ein metallener Käfig, wie ihn insbesondere Faraday zur Aufhebung des elektrischen Feldes im Inneren eines allseitig metallenen verschlossenen Raumes benutzte, einen vollkommenen Schutz vor Stromschlägen bot.

Bei der Errichtung einer Blitzschutzanlage auf einem Gebäude wird im Grunde nichts anderes als ein weitmaschiger Faraday'scher Käfig nachgebaut.

Aufgabe der Blitzschutzanlage

Ist es, der mit ihr ausgestatteten Sache einen wirksamen Schutz vor dem Übergang des Blitzstromes auf sie zu gewährleisten. Die in diese Richtung zielenden Anstrengungen des Blitzschutzes erfaßten bis vor kurzem im wesentlichen nur

den äußeren Blitzschutz; der innere Blitzschutz erlangte erst mit der Anreicherung der Gebäude mit hochempfindlichen elektronischen Geräten seine Bedeutung. Eine ganze Reihe von Schadenbeispielen zeigt mit Deutlichkeit, welchen Stellenwert heute der innere Blitzschutz und der Schutz gegen kritische Überspannungen einnimmt.

Äußere Blitzschutzmaßnahmen

erstrecken sich auf Fangeinrichtungen, Ableitungen, Erdungsanlage, die Trennstellen für Meßzwecke und ggf. auf horizontale Verbindungen der einzelnen Ableitungen bei hohen Gebäuden.

Fangeinrichtungen

nehmen den Blitzstrom aus der Luft auf. Alle auf dem Dach des Gebäudes befestigten metallenen Gegenstände, wie z. B. Stangen, Leitungen, Flächen oder sonstige Körper, können als Auffangeinrichtungen dienen. Andere hervorstehende Teile, wie Kamine, Türmchen und dergl., sind zweckmäßig mit Auffangeinrichtungen zu versehen. Auf die früher schon üblichen hohen Auffangstangen sollte nach neuen Forschungsergebnissen nicht mehr verzichtet werden (in diesem Zusammenhang darf auch auf den gleichfalls in diesem Heft veröffentlichten Beitrag „Neuzeitlicher Blitzschutz“ von Dipl.-Ing. Walter Wessel aufmerksam gemacht werden).

Ableitungen

haben die Aufgabe, den Blitzstrom aus der Fangeinrichtung auf geradem und elektrisch gut leitendem Weg in die Erdungsanlage einzuleiten; sie können an den Gebäudeaußenwänden oder in entsprechend ausgestatteten Mauerwerksschlitzen auch innerhalb der Außenwände geführt werden. Wichtig dabei ist, daß die Ableitungen gleichmäßig auf die Außenwände verteilt sind. Der Abstand der einzelnen Ableitungen darf 20 m nicht überschreiten. Bei Gebäuden mit einer Höhe von 30 m ist die horizontale Verbindung der Ableitungen mit entsprechenden Bauteilen erforderlich, die in vertikalen Abständen von ebenfalls höchstens 20 m anzubringen sind. Außenwandbekleidungen aus Metall sowie deren metallene Tragkonstruktionen sind ebenso wie Fenster und Fensterbleche o. ä. an diese Ableitungs-

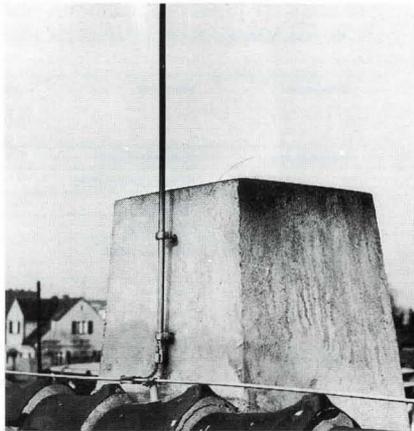


Bild 3: Auffangstange einer Blitzschutzanlage am Kaminkopf.

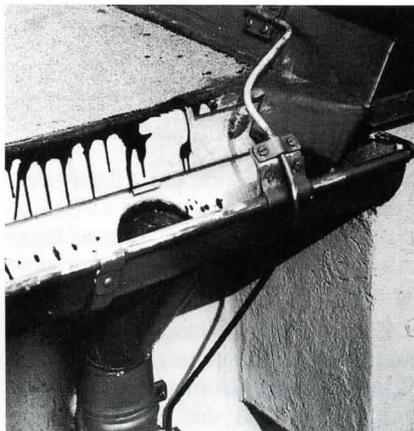


Bild 4: An Mauerabdeckung und Regenrinne angeschlossene Ableitung.



Bild 5: Fundamenterder mit Erdungsleitung zur Potentialausgleichschiene.

einrichtung anzuschließen. Die horizontalen Ableitungsverbinder dienen dem Schutz gegen seitliche Blitzeinschläge.

In Gebäuden mit besonders wichtigen elektronischen Einrichtungen, z. B. in Rechenzentren mit EDV-Anlagen oder mit besonders empfindlichen Geräten der MSR-Technik (Meß-, Steuer- und Regeltechnik), ist die Maschenweite der Fangeinrichtungen und der Ableitungen von 20 m auf höchstens 5–7 m zu reduzieren. Diese Verdichtung des Faraday'schen Käfigs bringt eine Vermehrung der Ableitungen mit sich.

Die Erdungsanlage

leitet den Blitzstrom in das Erdreich ab. Sie besteht aus nicht isolierten, metallenen Leitungen (Erder genannt), die in das Erdreich eingebettet sind und mit ihm in leitender Verbindung stehen. Erder können sein: Metallbänder oder -drähte (Banderder, Ringerder), in das Erdreich eingetriebene Rohre oder Stäbe (Staberder) oder ein in die Fundamente eingelegtes Stahlband (Fundamenterder). Sind mehrere Erder vorhanden, werden sie zweckmäßig zusammengeschlossen (Erdungssammelleitung). Die Banderder und die Erdungssammelleitung sollen möglichst 1 m vom Fundament entfernt und mindestens 0,5 m tief im Erdreich liegen. Die Erdungsanlage ist so anzuordnen und zu bemessen, daß ein möglichst niedriger Erdungswiderstand erreicht wird und auf lange Zeit sichergestellt bleibt. Hiervon hängt die einwandfreie Wirkung einer Blitzschutzanlage wesentlich ab.

Baustoffe für Blitzschutzanlagen

Als Baustoffe für die Auffangeinrichtungen und Ableitungen können verzinktes Eisen, auch Kupfer oder Aluminium, als Runddraht oder in Bandform verwendet werden.

Die Erdungsanlage sollte man nur in verzinktem Rund- oder Bandstahl ausführen lassen; Kupfer ist hierfür nicht zu empfehlen, es sei denn, es wird Rundkupfer mit Bleimantel verwendet. Aluminium ist für Erdungsanlagen unzulässig. Drahtseile aus Eisen oder Aluminium dürfen für die gesamte Blitzschutzanlage nicht verwendet werden.

Maßnahmen für den inneren Blitzschutz

zielen darauf ab, die bei einem Blitzschlag gegenüber dem Erdpotential erzeugten erheblichen Spannungen in metallenen Bauteilen gefahrlos abzuleiten und so der Bildung von Lichtbögen oder dem unkontrollierten Fließen von Ausgleichsströmen zu begegnen.

Der Potentialausgleich, bei dem alle metallenen Installationen und elektrischen Anlagen über eine Potentialausgleichs-Schiene auf kürzestem Wege mit der Erdungsanlage direkt bzw. über Trennfunknestrecken oder über Spannungsschutzgeräte verbunden sind, ist wesentlicher Bestandteil des inneren Blitzschutzes.

ÜBERSICHT ÜBER DIE GEBRÄUCHLICHEN WERKSTOFFE UND ABMESSUNGEN VON ANLAGENTEILEN IN BLITZSCHUTZANLAGEN

| Anlagenteil | Werkstoff | Mindestmaße ∅ (mm) | Breite (mm) | Dicke (mm) | Querschnitt (mm ²) |
|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| Fangleitungen | verzinkter Stahl ¹⁾ | 8 | 20 | 2,5 | 50 ²⁾ |
| | nichtrostender Stahl | 10 | 30 | 3,5 | |
| | Kupfer | 8 | 20 | 2,5 | 35 ²⁾ |
| | Aluminium | 10 | 20 | 4,0 | 35 ²⁾ |
| Blecheindeckung als Fangeinrichtung | verzinkter Stahl ¹⁾ | | | 0,5 | |
| | Kupfer | | | 0,3 | |
| | Zink | | | 0,7 | |
| | Aluminium | | | 0,5 | |
| Ableitungen | verzinkter Stahl ¹⁾ | 8 10 ³⁾ 16 ⁴⁾ | 20 30 ³⁾ | 2,5 3,5 ³⁾ | |
| | nichtrostender Stahl | 12 ³⁾ 16 ⁴⁾ | 30 | 3,5 4,0 ³⁾ | |
| | Kupfer | 8 | 20 | 2,5 | 16 ⁵⁾ |
| | Aluminium (Leichtmetall) | 10 | 20 | 4,0 | 25 ⁶⁾ |
| | | | | | |
| Erder und Erdungsleitungen | verzinktes Stahlband ¹⁾ | | | 3,0 | 100 |
| | Kupferband | | | 2,0 | 50 |
| | Rundkupfer mit Bleimantel | 8 (Kupfer) | | 1,0 (Bleimantel) | 35 |
| | | | | | |

1) Zinkauflage (feuerverzinkt) bei Flachstahl 70 µm
Zinkauflage (feuerverzinkt) bei Rundstahl 50 µm
2) Seile als Fangleitungen
3) Bei Fabrikschornsteinen oder verdeckter Verlegung
4) Bei Fabrikschornsteinen im Rauchgasbereich
5) Als Kabel NYY nach VDE 0271
6) Als Kabel NAYY nach VDE 0271

An die Potentialausgleichs-Schiene sind auch die planmäßig spannungsführenden Leiter von Starkstromanlagen anzuschließen, nicht jedoch direkt, sondern nur über Überspannungs-, Ventil- oder funkenstreckenlose Metalloxid-Ableiter.

Die besonders empfindlichen Geräte der MSR- oder EDV-Technik müssen mit einem Feinschutz versehen sein; dazu dienen MSR-Schutzgeräte mit extrem niedriger Ansprechschwelle, die den Anschluß zur Potentialausgleichs-Schiene herstellen.

Antennenanlagen, welche die Dachfläche überragen, sind bevorzugte Einschlagstellen und müssen deshalb in die Blitzschutzanlage einbezogen werden. Dies gilt auch für Antennenanlagen, die nach dem Bau der Blitzschutzanlage errichtet werden. Antennenanlagen auf Gebäuden ohne Blitzschutzanlagen sind nach den VDE-Bestimmungen 0855 zu erden.

Für jede Blitzschutzanlage müssen Planungsunterlagen angefertigt werden. Sie dienen für Entwurf, Bau, Unterhalt und Überwachung und müssen alle Angaben enthalten, die für den Bau der Blitzschutzanlage wichtig sind.

Eine Blitzschutzanlage kann erst dann als fertiggestellt gelten, wenn der Erbauer durch eine Messung den Nachweis eines hinreichend niedrigen Erdungswiderstandes erbracht und die festgestellten Werte in einen für den Besteller bestimmten Prüfbericht eingetragen hat. Die Abnahmeprüfung und die regelmäßigen Prüfungen sollten durch neutrale Sachverständige durchgeführt werden. Die Prüfung hat sich zu erstrecken auf die mechanische Festigkeit, die fachtechnisch richtige Ausführung und die Messung des Gesamtwiderstandes und des Erdungswiderstandes von einzelnen Erdern, soweit eine Trennung vorhanden oder möglich ist. Kann der metallene Zusammenhang von Gebäudeleitungen durch Besichtigung nicht festgestellt werden, ist er durch eine Widerstandsmessung zu prüfen.

Eine bedingungsgemäß unter Verwendung einwandfreier Werkstoffe in fachgerechter Arbeit hergestellte und abgenommene Blitzschutzanlage hat eine lange Lebensdauer. Bei gewöhnlichen Gebäuden und landwirtschaftlichen Anwesen genügen deshalb Prüfungen in mehrjährigen Intervallen. Lediglich bei hohen baulichen Anlagen wie Fabrikschornsteinen, Aussichtstürmen und baulichen Anlagen für größere Ansammlungen von Menschen, sind 2-3jährige Fristen angezeigt.

Zum Schluß soll nun das Naturereignis Blitz aus versicherungstechnischer Sicht betrachtet werden. Die Sachversicherung im Bereich der Gebäude- und Mobiliar-Feuerversicherung unterschei-

det bei den im Sinne der Allgemeinen Versicherungsbedingungen (AVB) entschädigungspflichtigen Blitzschlägen zwischen den zündenden und den nicht zündenden.

Zündende Blitzschläge sind ein Produkt aus der Zündenergie des Blitzes (Komponenten: Stromstärke und Entladungsdauer) und der Entzündbarkeit der unmittelbaren Umgebung der Einschlagstelle. Für die Ausbreitung des durch den Blitzschlag entfachten Feuers spielen Bauart und betriebliche Nutzung des betroffenen Gebäudes ebenso wie die Lage des Objektes zu Nachbargebäuden und die Besiedlungsdichte im Umfeld des Anwesens eine wesentliche Rolle.

Bei den nicht zündenden Blitzschlägen fehlt im allgemeinen die leichte Entflammbarkeit der unmittelbaren Umgebung der Einschlagstelle. Nicht zündende Blitzschläge richten aber mitunter dennoch beträchtliche Schäden an; sie bleiben zwar im wesentlichen auf die Einschlagstelle und den weiteren Weg, den der Blitz zur Erde nimmt, beschränkt. Zündende Blitzschläge finden dagegen in dem durch sie entfachten Feuer eine beträchtliche Vervielfachung.

Im Rahmen dieser Betrachtung darf ein Vergleich des Schadenverlaufes aus der Ursache „Blitzschlag“ in städtischen und ländlichen Gebieten nicht fehlen. Blitzschläge, die auf städtische Gebäude niedergehen, bleiben aus verschiedenen Gründen ohne die schwerwiegenden Gebäudeschäden, die ein zündender Blitzschlag in ein ländliches Anwesen hat. Das sind einmal die bereits erwähnten Merkmale der baulichen Beschaffenheit der betroffenen Objekte und deren Inhalt, zum anderen liegen in den städtischen Baugebieten auch hinsichtlich der Höhenlage der einzelnen Gebäude beträchtliche Unterschiede vor.

Während die in ländlichen Baugebieten liegenden landwirtschaftlichen Anwesen häufig als einzige, einzelstehende markante Erhebungen mit baulichem Charakter angesehen werden müssen, finden sich in städtischen Baugebieten eine ganze Reihe von Objekten, welche die große Zahl der umgebenden Gebäude deutlich überragen (z. B. Kirchtürme, Fabrikschornsteine o. ä.).

Die Anzahl der in Bayern auf die Erde im Jahr niedergehenden Blitzschläge liegt bei durchschnittlich 4,7 pro Quadratkilometer. Trotz der höheren Einschlagszahl, die in städtischen Baugebieten durch die großflächige Ausdehnung der Städte gegeben ist, bleiben diese Blitzeinschläge meistens ohne oder wenigstens nur mit geringen Folgen. Dies rührt hauptsächlich daher, daß exponierte Objekte in Städten häufiger mit Blitzschutzanlagen ausgerüstet sind als vergleichbare auf dem Land. Auf diese Weise wird ein Teil der 4,7 Blitzeinschläge je Quadratkilometer unbemerkt unschädlich gemacht. Weiterhin kommt dem städtischen Bereich zugute, daß ein Blitzeinschlag kaum Verhältnisse antreffen wird, wie sie in landwirtschaftlichen Anwesen gang und gäbe sind. Auch die Auffangkapazität, die in der städtischen Bausubstanz ihre Begründung in Form von elektrisch leitenden Baustoffen von Dächern oder anderen metallenen Gegenständen, z. B. geerdete Fernsehantennen, hat, kompensiert einen Großteil der Blitzenergie, bevor sie den Gebäuden Schäden zufügen könnte. In den meisten Fällen bleiben diese Schäden unbedeutend; dies erklärt auch die statistische Feststellung, daß das Verhältnis der zündenden zu den nicht zündenden Blitzschlägen, die auf städtische Gebäude niedergehen, bei 1 : 30 liegt; im landwirtschaftlichen Bereich muß dieser Verhältniswert dagegen bei 1 : 3 angedeutelt werden.