

## Aus heiterem Himmel

Wo ein Blitz letztlich einschlägt, lässt sich nicht sagen – wie man Gebäude vor Blitzeinschlägen schützen kann, schon.

**B**litze sind eine Sache von Augenblicken. Innerhalb weniger Mikrosekunden erreicht der Strom seinen Scheitelwert – meistens zwischen 10 und 40 kA, manchmal auch 200 kA oder mehr. Dann klingt er innerhalb von 0,1 bis 1 ms wieder ab. Dort, wo die Hauptentladung, der noch mehrere Entladungen folgen können, die Erdoberfläche getroffen hat, ist nichts mehr wie zuvor – zumindest wenn es keine Schutzvorkehrungen gab: Findet der Blitzstrom an seinem Einschlagpunkt keinen elektrisch gut leitenden Weg zur Erde, kann er die von ihm durchflossenen Gegenstände so stark erhitzen, dass sie Feuer fangen. Oder es kommt durch die schnelle Verdunstung von Restfeuchtigkeit im Gegenstand sogar zur Explosion.

Gut beraten ist da, wer sein Haus mit einem Blitzschutz versieht. Gesetzlich verpflichtet sind private Hauseigentümer hierzu meist nicht. Anders sieht es bei öffentlichen Gebäuden wie Schulen, Kaufhäusern oder Museen aus. Auch bei Kraftwerken oder Industrieanlagen sind Blitzableiter Pflicht. In Schutzklassen ist festgelegt, welche Stromamplituden der Blitzschutz noch sicher ableiten können muss (Tab.).

Entlädt sich ein Blitz, kommt es zum Potentialausgleich zwischen Wolke und Wolke bzw. Wolke und Erde. Dem sichtbaren Blitz gehen



Andy Man/Fotolia.com

In Deutschland blitzt es im Mittel zwei Millionen Mal pro Jahr. Dieses eindrucksvolle Schauspiel lässt sich genießen,

mehrere Vorentladungen voraus, die in Richtung Erdoberfläche laufen: Bei dem zunächst entstehenden Leitblitz bildet sich durch Stoßionisation der Luftmoleküle ein elektrisch leitender Kanal. Die Vorentladungen sind zwar zum Erdboden hin gerichtet, variieren aber leicht ihre Richtung und können sich auch aufspalten. Kurz bevor sie den Erdboden erreichen, steigen mehrere Fangentladungen auf, die ihren Ursprung an exponierten Objekten – etwa Bäumen, Masten oder Hochhausdächern – haben (Abb. 1a). Trifft eine Fangentladung auf eine Vorentladung, schließt sich der Blitzkanal zwischen Wolke und Erdboden. Es kommt zur Hauptentladung, die als der eigentliche

wenn Blitzschutzsysteme die Gebäude vor Einschlag bewahren.

Blitz wahrgenommen wird, der in das Objekt einschlägt.

Der Abstand zwischen dem Anfangspunkt der Fangentladung und dem Leitblitzkopf heißt Enddurchschlagstrecke. Sie liefert die Ausgangsbasis für die Planung eines Blitzschutzes. Denn aus Beobachtungen weiß man, dass der Leitblitzkopf sich zufällig bis auf diese Entfernung der Einschlagstelle nähert. Die Einschlagstelle des Blitzes ist dabei durch das Objekt festgelegt, das am nächsten zum Leitblitzkopf liegt. Daher wurden Blitzschutzklassen definiert, denen sog. Blitzkugeln zugeordnet sind, deren Radien den typischen Enddurchschlagstrecken entsprechen. Ein Planer von Fangeinrichtungen schaut dann, an wel-

Charakteristika der Blitzschutzklassen						
Blitzschutzklasse	Typisches Bauwerk, das in diese Blitzschutzklasse fällt	kleinster Scheitelwert $I_{min}$ des Blitzstroms in kA	maximaler Scheitelwert $I_{max}$ des Blitzstroms in kA	Wahrscheinlichkeit, dass der Strom $I < I_{max}$	Einfangwirksamkeit für $I > I_{min}$	Enddurchschlagstrecke in m (gerundet)
I	Industrieanlage (Explosionsgefahr)	$\geq 3$	200	0,99	0,99	20
II	Hochhäuser > 100 m, Industrieanlage (erhöhte Brandgefahr)	$\geq 5$	150	0,98	0,97	30
III	Hochhäuser > 22 m, Kindergärten, Hochregallager, Gefängnisse, Kirchen	$\geq 10$	100	0,97	0,91	45
IV	Pflege- und Kinderheime	$\geq 16$	100	0,97	0,84	60

Tab. Blitzschutzklasse I bietet den größten Schutz, da sie zu 99 % auch vor Blitzströmen ab 3 kA schützt (Werte empirisch ermittelt). Diese kleinen Blitze sind schwer zu beherrschen, da sie erst spät den Einschlagpunkt festlegen und

daher einen kleinen Blitzkugelradius erfordern.  $I_{min}$  bestimmt den Blitzkugelradius einer Schutzklasse,  $I_{max}$  ist der maximale Scheitelstrom, bis zu dem ein Blitzschutzsystem der jeweiligen Schutzklasse sicher schützt. Die Einfangwirk-

samkeit gibt also den Anteil der Blitzeinschläge an, die durch die Fangeinrichtung sicher beherrscht werden.

VDE, DIN EN 62305-1, Verb. d. Schadenversich.

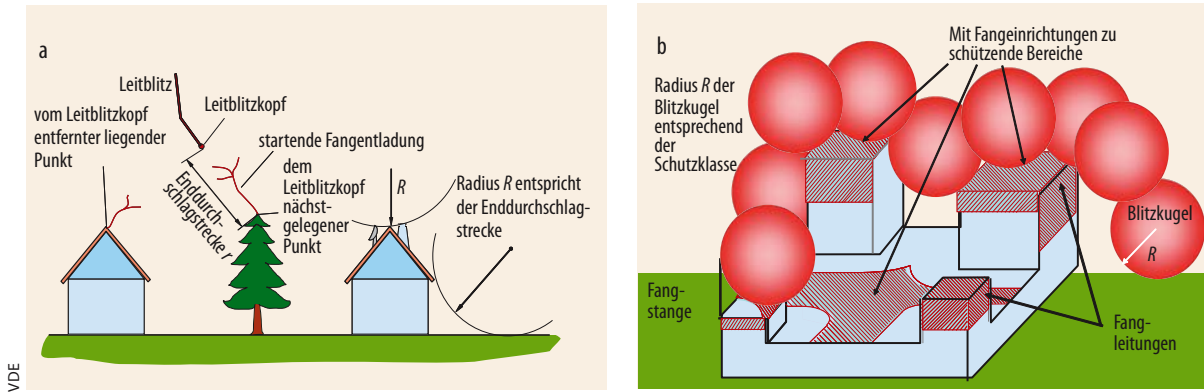


Abb. 1 Die Enddurchschlagstrecke, also der Abstand zwischen Leitblitzkopf und Startpunkt der Fangentladung, legt den

Blitzkugelradius fest (a). Um eine Blitzschutzklasse zu erreichen, lässt man eine Kugel mit zugehörigem Blitzkugelradius

über das zu schützende Gebäude „wandern“ (b). An den Berührungspunkten sind Fangrichtungen erforderlich.

chen Stellen die Blitzkugel z. B. ein Gebäude berührt (Abb. 1b): Dort sind die Fangrichtungen – Stangen, Drähte oder andere Metallteile – anzubringen. Von ihnen laufen die ebenfalls metallenen Ableitungen an der Gebäudeaußenwand zur Erdungsanlage, die den Blitzstrom in das Erdreich leitet.

Der äußere Blitzschutz und alle Leitungen, die Strom führen können, müssen an einen gemeinsamen Potentialausgleich angeschlossen sein. Hierzu gehören Strom-, Telefon-, Gas- und Wasserleitungen, die in das Gebäude hineinführen. Die Einkopplung von Überspannungen ins Leitungsnetz eines Gebäudes kann induktiv, kapazitiv oder galvanisch (die Ströme zweier Stromkreise fließen über eine gemeinsame Impedanz) erfolgen. Je nach Komplexität der Installationen ist der innere Blitzschutz ein- oder mehrstufig – also über Verteiler geregelt.

**Schutz vor Überspannung**

Zum Potentialausgleich von elektrischen Leitungen dienen Überspannungsschutzgeräte. Bei vieradrigen Zuleitungen z. B. werden drei Adern mit Überspannungsschutzgeräten beschaltet; die vierte ist der kombinierte Schutz- und Nullleiter. Eine europäische Norm unterscheidet drei Typen von Überspannungsschutzgeräten, die verschiedene Eingangsspannungsfestigkeiten garantieren, also festlegen, wie hoch das Spannungsniveau ist, das sie auf Verbraucherseite bereitstellen. Die Norm sieht vor, dass die erste Stufe des Überspannungsschutzes mithilfe einer

Funkenstrecke auf 6 kV begrenzt wird. Damit lassen sich Brände vermeiden. Als Funkenstrecken dienen Gasableiter, die aus einem Glas- oder Keramikkörper mit zwei Metallanschlüssen bestehen und mit einem Edelgas gefüllt sind. Fortgeschrittene Schutzgeräte beinhalten eine Funkenstrecke, die relativ träge auf Spannungsspitzen reagiert, und einen Varistor, der zwar innerhalb einer Nanosekunde anspricht, aber nur geringere Ströme ableiten kann.

Varistoren sind spannungsabhängige Widerstände, die winzige Metalloxidkörnchen enthalten. Zwischen diesen bilden sich an den Berührungspunkten Sperrschichten aus. Liegt eine äußere Spannung an, entsteht ein elektrisches Feld, das die Sperrschichten abbaut. Dadurch sinkt der Widerstand. Solche Kombinationen aus Funkenstrecke und Varistor müssen die Eingangsspannungsfestigkeit auf 2,5 kV senken, in der Praxis erreichen moderne Geräte sogar 1,3 bis 1,5 kV.

Ein weiteres Bauelement, das zum Überspannungsschutz in Steckdosen und Endgeräten dient, sind Suppressordioden. In Durchlassrichtung verhalten sie sich wie normale Dioden, in Sperrrichtung werden sie ab einer bestimmten Spannung plötzlich niederohmig. Strom-Spannungs-Charakteristik und Aufbau ähneln denen einer Z-Diode, allerdings haben Suppressordioden eine steilere Kennlinie bei großen Strömen, und die Spannung steigt bei sehr hohen Strömen weniger als bei Z-Dioden. Sie können nur kleine elektrische Energien abfangen, sprechen aber innerhalb von Nanosekunden an.

So gerüstet, widersteht ein Gebäude nicht nur fast jedem Blitzeinschlag, auch die elektronischen Systeme sind vor einem Ausfall sicher. Da lässt sich die Naturgewalt eines Blitzes gelassen hinter der Fensterscheibe sitzend bestaunen.<sup>1)</sup>

Michael Vogel

1) Reyno Thormählen von der Hans Thormählen GmbH & Co., Großenmeer, und Wolfgang Zischank von der Universität der Bundeswehr München, Neubiberg, danke ich für wertvolle Hinweise.

**FLUGZEUGE IM GEWITTER**

Statistisch gesehen wird ein Flugzeug etwa einmal im Jahr vom Blitz getroffen – bevorzugt an Nase, Flügelen, Leitwerk oder Höhenruder. Der Vergleich mit einem Faradayschen Käfig hinkt zunehmend, da Verbundwerkstoffe immer mehr das Aluminium verdrängen. Airbus und Boeing setzen auf kohlenstoffaserverstärkte Kunststoffe (CFK), z. B. an Teilen von Rumpf und Tragflächen, denn in der Luftfahrt hat ein geringeres Leergewicht spürbar niedrigere Energiekosten zur Folge.

Die Aluminiumaußenhaut konnte als Ableiter dienen und brachte daher für den äußeren Blitzschutz ideale Voraus-

setzungen mit. Doch der spezifische elektrische Widerstand von Kohlenstoffasern ist rund tausendmal höher als der von Aluminium. Daher werden für den äußeren Blitzschutz dünne Metalldrähte bzw. -gitter aus Aluminium oder Kupfer in die äußere Schicht des Verbundwerkstoffs eingearbeitet. Solche Gitter wiegen nur 100 g/m<sup>2</sup> und leiten die Blitzströme zuverlässig ab. Die Auslegung des kompletten Blitzschutzes für ein Flugzeug ist eine aufwändige Simulation, an die sich Tests mit einzelnen Bauteilen anschließen. Dank Faserverbundwerkstoffen ist dieser Aufwand sogar noch gestiegen.

Michael Vogel, vogel\_m@gmx.de