

2. Vortrag Krakau, 1965Physikalische Bestimmung des Auffanggebietes eines Blitzableiters-

An Schutzraumtheorien besteht kein Mangel. Die meisten dieser Theorien krankten jedoch daran, dass ihnen Hypothesen zu Grunde gelegt wurden, deren Richtigkeit niemand beweisen kann. Mit der Erkenntnis, dass die Blitzentladung bei Abwärtsblitzen durch einen fortschreitenden und relativ gutleitenden Leitblitz eingeleitet wird, ist dies anders geworden.

Dr. Golde¹⁾ und Mr. Davis²⁾ haben auf den Zusammenhang zwischen der elektrischen Ladung des Leitblitzkanals und dem Scheitelwert des Stosstromes bei der Entladung dieses Kanals hingewiesen, und damit eine Grundlage für die physikalische Begründung des Auffangbereiches von Blitzableitern geschaffen, die nachstehend ausgebaut werden soll.

Wenn die in der Hochspannungstechnik bekannten Polaritätseinflüsse der Stab- Stab- oder der Stab-Platte-Funkenstrecken grosser Schlagweite berücksichtigt werden, so scheint heute eine begründete Beurteilung des Schutzbereiches irgendwelcher Blitzableiter, seien es solche für Gebäude oder für Hochspannungsleitungen, möglich zu sein.

Der Gedankengang ist für die im Flachland wichtigen Abwärtsblitze folgender.

Der Ursprung des Blitzkanals befindet sich zwischen positiven und negativen Raumladungsgebieten in den Wolken. Der nach unten vorwachsende Leitblitz hat gegenüber der Erde eine Spannung, die gegeben ist durch das Potential des Ursprungsortes des Blitzes, korrigiert durch die Zuflüsse positiver und negativer Ladung beim Vorwachsen des Leitblitzes und durch den Spannungsabfall längs diesem. Der letztere entspricht dem Spannungsabfall in einem Gleichstromlichtbogen und dürfte nach allgemeinen Schätzungen nicht höher liegen als ca. 20 V/cm oder 2 kV/m oder 2 MV/km Blitzbahn.

Die Zuflüsse positiver und negativer Ladungen zum Leitblitzkanal hängen von der Polarität des Kanals relativ zu seiner Umgebung und von der Vorwachsengeschwindigkeit des Leitblitzes nach unten und nach oben ab. Denn es ist zu bedenken, dass der zwischen den \pm Wolkenladungen entstehende Leitblitz stets nach oben und unten vorwächst. Abgesehen von Blitzeinschlägen in hochfliegende Flugzeuge ist natürlich der nach unten wachsende Leitblitz für uns der wichtigere und gefährlichere. Für den häufigeren Fall, wo die positiven Wolkenladungen in der Ebene, die negativen in den untern Wolken-schichten sitzen, werden dem nach unten wachsenden Blitzkanal mehr negative, dem nach oben wachsenden Blitzkanal mehr positive Ladungen zuströmen. Wenn wir den Unterschied dieser \pm Zuströmung in 1. Näherung vernachlässigen, so dürfte die Spannung des nach unten wachsenden Blitzkopfes nicht stark verschieden sein vom Potential des Blitzursprunges zwischen den Wolken.

Die Spannung des Blitzkanals gegen Erde bestimmt nun die Grösse der Ladung des untern Teils des Kanals pro Längeneinheit. Andererseits bestimmt diese Ladung wieder den Scheitelwert des Blitzstromes, der nach der Verbindung mit der Erde zustandekommt; denn wir kennen aus der Dauer des Stossstromes und der Länge des Blitzkanales wenigstens die Grössenordnung der Geschwindigkeit, mit welcher der Rückblitz (main stroke) von der Erde aus den Kanal entlädt.

Der Hauptgedanke, der die Grösse des Auffangbereiches eines Blitzableiters zu schützen gestattet, ist nun der folgende. Wenn die Spannung des vorwachsenden Blitzkopfes gegen Erde bekannt ist, so lässt sich durch Extrapolation der Schlagweite-Kurven die grösstmögliche Entfernung des Blitzkopfes von der Erde angeben, bei der es zum elektrischen "Durchschlag" zwischen beiden kommen muss. Solche Schlagweite-Kurven sind für die Stab-Stab- und die Stab-Platte-Funkenstrecken bei Stossspannungen bis ca. 6 MV gemessen worden, dagegen bei Gleichspannungen nur bis zu wenigen MV. Dabei wurden mittlere Feldstärken bis herunter zu ca. 3 kV/cm bzw. 300 kV/m gemessen ^{x)}. Unter der Voraussetzung, dass diese mittleren Feldstärken auch für den Durchschlag bei noch grösseren Spannungen zwischen Blitzkopf und Erdboden zu Grunde

gelegt werden dürfen, ergibt sich somit für jede spezifische Ladung des Kanals, d.h. für jeden nachher entstehenden Blitzstromscheitelwert eine gewisse Distanz vom Erdboden, bei der ein "Durchschlag" dieser Strecke eintritt. Wie dieser "Durchschlag" entsteht, ist an sich belanglos, wenn nur die Beziehung Schlagweite/Spannung aus den Labormessungen bei wenigen MV extrapoliert werden darf. Diese Extrapolation erstreckt sich etwa vom Gebiet weniger MV bis zu 50 MV. Nun liegen allerdings Anhaltspunkte vor, dass gerade in diesem Bereich die Extrapolation nicht mehr zulässig ist, weil bereits bei einigen MV Gleichspannung ausnahmsweise abnormal grosse Schlagweiten beobachtet wurden³⁾. Diese deuten darauf hin, dass bereits bei diesen Spannungen eine "räumliche Gleit-Entladung" einsetzt, die schon um 1900 von M. Töpfer vermutet und zur Erklärung der 10...20 km langen horizontalen Blitzkanäle herangezogen wurden.

Für die Beurteilung des Auffangbereiches von Blitzableitern müssen somit beide Möglichkeiten betrachtet werden, erstens jene der Gültigkeit der Extrapolation, im 2. Fall die Abweichung von der Gültigkeit, im Sinne nach wesentlich grösseren Schlagweiten bei gegebener Spannung.

a.) Mittlere Ueberschlagsfeldstärke 300 kV/m.

Der "Durchschlag" tritt ein:

bei ca. 10 m bei 3 MV Blitzkopfspannung,	bezw. beim entsprechenden Blitzstromscheitelwert,
oder ca. 33 m bei 10MV " " "	bezw. beim entsprechenden Blitzstromscheitelwert,
oder ca. 100 m " 30MV " " "	bezw. beim entsprechenden Blitzstromscheitelwert.

Die 1. Näherung zur Bestimmung des Auffangbereiches eines Blitzableiters besteht nun darin, dem Blitzkopf eine Kugel mit ihrem Zentrum im Blitzkopf und mit einem der Blitzkopfspannung entsprechenden Radius zuzuordnen und sie mit dem Leitblitz mitwandern zu lassen.

Das 1. leitende und geerdete Objekt, das von der ideellen "Schlagweitekugel" berührt wird, zeigt an, wo die grösste Wahrscheinlichkeit des Blitzeinschlages besteht.

Als 2. Näherung müsste der Polaritätseinfluss der Stab-Platten-Funkenstrecke berücksichtigt werden. In der Hochspannungstechnik ist bekannt, dass die Durchschlagsspannung einer positiven Spitze bzw. eines positiven Stabes gegenüber einer Platte nur ungefähr halb so gross ist als beim negativen Stab gegenüber der Platte. Wird die Erde als Platte betrachtet, so wäre beim positiven Blitz eine bis doppelt so grosse Schlagweite zu erwarten als beim negativen Blitz. Das heisst, die Schlagweitekugel wäre für positive Blitze mit ungefähr doppeltem Radius zu verstehen.

In jedem Fall kann mit obigen Ueberlegungen beurteilt werden, ob z.B. eine hohe Blitzableiterstange, oder ein Erdseil, oder die Auffangdrähte eines Daches vom Blitz eher erfasst werden als darunter oder daneben liegende, zu schützende Objekte. Beispiele sind z.B. vom Unterzeichneten³⁾, sowie von Herrn F. Schwab, Assistent des Hochspannungslabors der ETH in einem Aufsatz im Bull. SEV 1964, Nr. 3 angegeben worden^{4) 5)}.

b) Mittlere Durchschlagsfeldstärke kleiner als 300 kV/m
(Blitz als Gleitentladung).

In diesem Fall wird der Entscheid, wann oder wo der "Durchschlag" vom Blitzkopf zur Erde bei gegebener Blitzkopfspannung (Blitzstromscheitelwert) eintreten wird, in grösserer Höhe über dem Boden getroffen. Die "Schlagweitekugel" erhält bei gegebener Blitzkopfspannung einen grösseren Radius. Es ist offensichtlich, dass in diesem Fall geerdete Objekte in grösserem Horizontalabstand vom Blitzkanal von Blitz getroffen werden können. Der Auffangbereich von Blitzableitern wächst in diesem Fall. Oder für den Fall des Monte San Salvatore: Die Chance, grosse Blitzströme zu messen, wird grösser, weil ein grösserer Umkreis die Blitze in die Messtürme leitet.

e) Wahrscheinlichkeit von a) und b): Der Vorgang nach a), d.h. die Zugrundelegung einer mittleren Durchschlagsfeldstärke von ca. 300 kV/m dürfte bei kleinen Blitzkopfspannungen, d.h. bei kleinen Blitzströmen von einigen kA sehr wahrscheinlich sein.

Bei sehr grossen Blitzströmen dagegen ist das Auftreten des Falles b), d.h. Vorwachsen bei kleinerer Feldstärke infolge des Zustandekommens einer "Gleitentladung" wahrscheinlich.

Zugleich ist ersichtlich, dass die Dimensionierung von Blitzableitern nach a) auch in den Fällen b) mit erhöhter Wahrscheinlichkeit Schutz gewährleistet. Es empfiehlt sich, bis über den Vorwachsmechanismus mehr bekannt ist, nach 2) zu dimensionieren, wie das Herr Schwab in seinem Aufsatz getan hat. Als Folge ergibt sich z.B. dass ein Firstdraht mit Traufekanten am Dachrand einen unvergleichlich bessern Gebäudeblitzschutz darstellt als eine hohe Auffangstange auf dem Dach.

Andere Beispiele, Erdseile usw., können grafisch leicht nach a) beurteilt werden, viel einfacher als mit der Berechnung.

-
- 1) R.H. Golde, Theoretische Betrachtungen über den Schutz von Blitzableitern
ETZ-A 82 (1961) 20.
 - 2) R. Davis, Frequency of Lightning Flashovers on Overhead Lines CERL, Leatherhead 1962
 - 3) K. Berger, Elektrische Anforderungen an Höchstspannungsleitungen
Bull. SEV 1963, Nr. 18, S. 749-754
 - 4) F. Schwab, Blitzsichere Freileitungen,
Bull. SEV 1964, Nr. 3, S. 87-90, mit Literaturverzeichnis.
 - 5) F. Schwab, Berechnung der Schutzwirkung von Blitzableitern und Türmen,
erscheint im Bull. SEV im Sommer 1965.