

Verfahren für die Auslegung von Fangeinrichtungen: Schutzwinkel, Masche, Blitzkugel (Quelle: VDE)

Schutzbereich von Fangeinrichtungen des Äußeren Blitzschutzes – das Blitzkugel-Verfahren

Wie werden Fangeinrichtungen geplant?

Die Fangeinrichtungen eines Blitzschutzsystems haben die Aufgabe, die möglichen Einschlagstellen festzulegen und unkontrollierte Einschläge an anderen Stellen zu vermeiden.



www.vde.com/schutzbereich-fangeinrichtungen

Metallene Teile einer baulichen Anlage können als sogenannte natürliche Bestandteile der Fangeinrichtungen verwendet werden. Dazu gehören z. B. Verkleidungen aus Metallblech an Außenwänden und auf Dächern, Bewehrungen von Stahlbetonbauten, Regenrinnen, Verzierungen, Geländer sowie Rohre und Behälter. Dazu müssen diese metallenen Teile die für Fangeinrichtungen vorgesehene Materialquerschnitte bzw. Blechdicken aufweisen.

Durch ihre Integration in das Blitzschutzsystem können architektonische Aspekte leichter berücksichtigt werden.

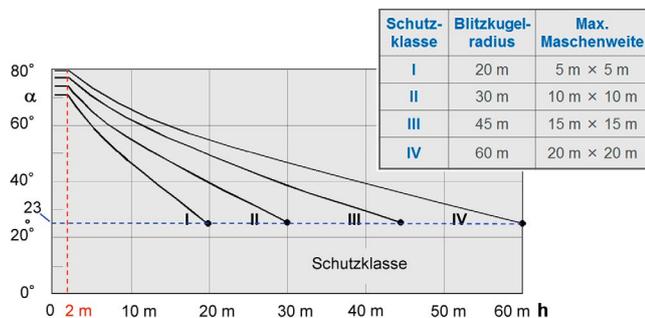
Planungsverfahren: Masche, Schutzwinkel, Blitzkugel

Bei der Festlegung der Anordnung und der Lage von Fangeinrichtungen können drei Verfahren genutzt werden:

- Das **Maschen-Verfahren** ist zur Planung des Schutzes von ebenen Flächen geeignet.
- Das **Schutzwinkel-Verfahren** ist für die meisten Gebäude mit einfacher Form zweckmäßig.
- Das **Blitzkugel-Verfahren** ist die universelle Planungsmethode, die insbesondere für geometrisch komplizierte Anwendungsfälle empfohlen wird. Es ist eine hervorragende Methode, blitzeinschlaggefährdete Bereiche festzulegen, wenn ein Modell für das betreffende Gebäude oder eine entsprechend genaue dreidimensionale Beschreibung für eine numerische Simulation vorhanden ist. Liegt das zu untersuchende Gebäude in unmittelbarer Nachbarschaft zu weiteren Gebäuden bzw. Objekten, so ist eine Nachbildung der Umgebung unerlässlich. Damit wird die Annahme unrealistischer Seiteneinschläge in das zu untersuchende Gebäude und damit eine unnötige Überdimensionierung von Fangeinrichtungen verhindert.

Das Blitzkugel-Verfahren beruht auf dem elektro-geometrischen Modell, einer aus der Blitzphysik heraus erarbeiteten Modellvorstellung, die weiter unten beschrieben wird.

Die Werte des Schutzwinkels α , der Blitzkugelradius r und die Maschenabmessungen w in Abhängigkeit von der gewählten Schutzklasse sind in DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) in Tabelle 2 (Bild) angegeben.



Schutzwinkel, Blitzkugel-Radius und Maschenweite von Fangeinrichtungen in Abhängigkeit von der Blitzschutzklasse (Quelle: VDE)

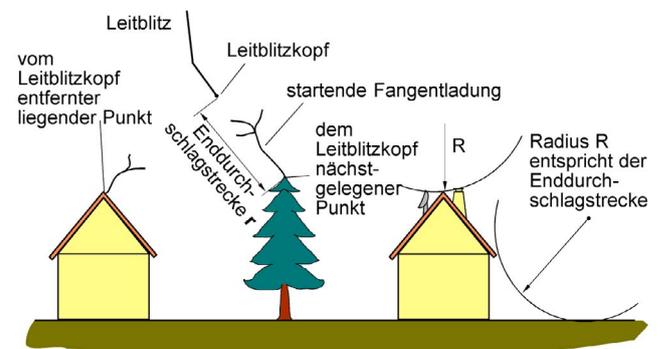
Das elektro-geometrische Modell

Bei Wolke-Erde-Blitzen wächst ein Leitblitz schrittweise in Ruckstufen von der Wolke in Richtung Erde voran.

Hat sich der Leitblitz bis auf einige 10 bis einige 100 Meter der Erde genähert, wird die elektrische Isolationsfähigkeit der bodennahen Luft überschritten. Es beginnt von der Erde bzw. von dort befindlichen Objekten eine weitere, dem Leitblitz ähnliche Leader-Entladung in Richtung Leitblitzkopf zu wachsen: die Fangentladung. Damit wird die Einschlagstelle des Blitzes festgelegt (Bild).

Den Startpunkt der Fangentladung und damit die spätere Einschlagstelle bestimmt vor allem der Leitblitzkopf. Der Leitblitzkopf kann sich nur bis zu einem bestimmten Abstand der Erde nähern. Dieser wird bestimmt durch die ständig steigende elektrische Bodenfeldstärke während des Annäherns des Leitblitzkopfs. Der kleinste Abstand zwischen Leitblitzkopf und Startpunkt der Fangentladung wird Enddurchschlagstrecke genannt. Unmittelbar nach dem Überschreiten der elektrischen Isolationsfähigkeit an einer Stelle entsteht die Fangentladung, die zum Enddurchschlag führt und die Enddurchschlagstrecke überwindet.

Basierend auf der Beobachtung der Schutzwirkung von Erdseilen und Hochspannungsmasten wurde das sogenannte elektro-geometrische Modell erstellt. Es gründet auf der Hypothese, dass sich der Leitblitzkopf den Objekten auf der Erde willkürlich und unbeeinflusst bis auf die Enddurchschlagstrecke annähert. Die Einschlagstelle wird dann von dem Objekt festgelegt, das die kürzeste Entfernung zum Leitblitzkopf aufweist. Die von dort startende Fangentladung setzt sich durch.



Das elektro-geometrische Modell: startende Fangentladung, die die Einschlagstelle festlegt (Quelle: VDE)

Zusammenhang Schutzklasse und Blitzkugel-Radius

In erster Näherung besteht eine Proportionalität zwischen dem Scheitelwert des Blitzstroms und der im Leitblitz gespeicherten elektrischen Ladung. Weiterhin ist auch die elektrische Bodenfeldstärke bei heranwachsendem Leitblitz in erster Näherung von der im Leitblitz gespeicherten Ladung abhängig.

Der Zusammenhang zwischen dem Scheitelwert I des Blitzstroms und der Enddurchschlagstrecke lässt sich damit wie folgt beschreiben:

$$R = 10 \cdot I^{0,65} \text{ mit } R \text{ in m, } I \text{ in kA.}$$

Diese Enddurchschlagstrecke wird nun als **Radius der Blitzkugel** verwendet.

Der Blitzschutz von Gebäuden ist in der DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) beschrieben. Diese Norm definiert u. a. die Einteilung in **Schutzklassen** und legt die daraus resultierenden Blitzschutzmaßnahmen fest. Sie unterscheidet vier Schutzklassen: Schutzklasse I bietet den größten, Schutzklasse IV den im Vergleich geringsten Schutz.

Mit der Schutzklasse einher geht das Beherrschen von Blitzströmen bis zu einem **minimalen Stromsichelwert**, d. h. Blitzströme oberhalb des Wertes werden durch die Fangeinrichtungen sicher eingefangen, Blitzströme mit kleineren Scheitelwerten können noch neben den Fangeinrichtungen einschlagen. Dies kann auch vereinfacht als Einfangwirksamkeit E_i der Fangeinrichtungen verstanden werden. Damit wird ausgedrückt, welcher Anteil der zu erwartenden Blitzeinschläge durch die Fangeinrichtungen sicher beherrscht wird.

Die Tabelle zeigt die Zusammenhänge zwischen Schutzklasse, Einfangwirksamkeit E_i der Fangeinrichtungen, Enddurchschlagstrecke = Blitzkugel-Radius und Blitzstrom-Sichelwert.

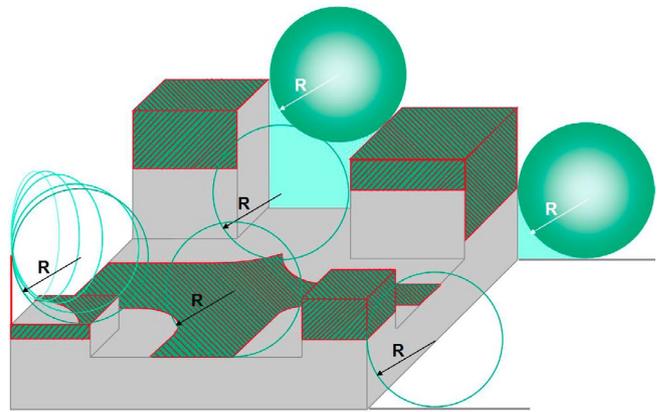
Untersuchungen mit numerischen Verfahren zeigen, dass die Einfangwirksamkeiten von Fangstangen, die nach dem Blitzkugel-Verfahren geplant und installiert wurden, wesentlich höher sind als die in der Tabelle angegebenen Werte. Das Blitzkugel-Verfahren ist sehr konservativ aufgebaut und liefert dem Planer alle möglichen Stellen für einen Einschlag oberhalb des für die Blitzschutzklasse genannten Blitzstrom-Sichelwertes, ohne allerdings für die einzelnen Stellen eine Einschlagwahrscheinlichkeit mitzuliefern. Die Werte der Einfangwirksamkeiten sind also Mindestwerte; mit dem Blitzkugel-Verfahren liegt man stets auf der sicheren Seite.

Schutzklasse	Einfangwirksamkeit	Enddurchschlagstrecke	minimaler Blitzstromsichelwert
I	99%	20 m	3 kA
II	97%	30 m	5 kA
III	91%	45 m	10 kA
IV	84%	60 m	16 kA

Beziehungen zwischen Schutzklasse, Einfangwirksamkeit der Fangeinrichtungen, Enddurchschlagstrecke (Blitzkugel-Radius) und minimalem Blitzstromsichelwert I (Quelle: VDE)

Das Blitzkugel-Verfahren

Basierend auf der Hypothese des elektro-geometrischen Modells, dass sich der Leitblitzkopf den Objekten auf der Erde willkürlich und unbeeinflusst bis auf die Enddurchschlagstrecke annähert, lässt sich ein allgemeines Verfahren ableiten, das eine Überprüfung des Schutzraums beliebiger Anordnungen gestattet.



Blitzkugel-Verfahren bei einem Gebäudekomplex mit stark gegliederter Oberfläche: Die schraffierten Flächen sind mögliche Einschlagstellen des Blitzes, die durch Fangeinrichtungen geschützt werden müssen. (Quelle: VDE)



Blitzkugel-Verfahren mit einem Modell: Eine Kugel entsprechend einem Blitzkugel-Radius von 45 m kann neben der Turmspitze auch das Kirchenschiff an mehreren Stellen berühren. An allen Berührungstellen sind Blitzeinschläge möglich. (Quelle: VDE)

Dazu wird eine fiktive „Blitzkugel“ verwendet, eine Kugel mit einem Radius, der mit der Enddurchschlagstrecke gemäß der gewählten Schutzklasse identisch ist. Im Mittelpunkt dieser Blitzkugel befindet sich gedanklich der Leitblitzkopf, zu dem sich Fangentladungen von den verschiedenen Objekten auf der Erde aus bilden.

Die Blitzkugel wird nun um und über das zu schützende Objekt „gerollt“. Dies kann an einem maßstäblichen (Computer-) Modell z. B. im Maßstab 1:100 erfolgen, das die äußeren Konturen und ggf. Fangeinrichtungen dreidimensional nachbildet (Bild, Bild). Je nach Standort des zu untersuchenden Objekts ist es ebenfalls notwendig, die umliegenden Gebäude und Objekte mit einzubeziehen, da diese als natürliche Schutzmaßnahmen für das zu untersuchende Objekt wirksam sein könnten.

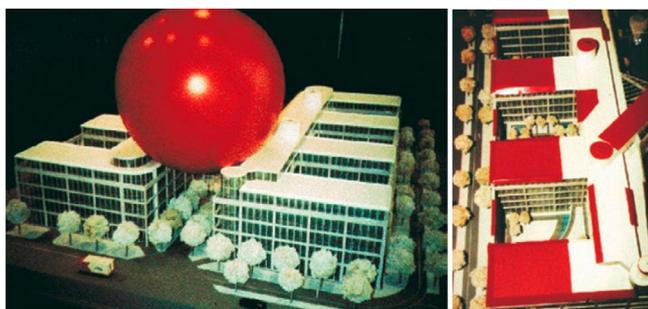
Alle Berührungspunkte sind mögliche Einschlagstellen des Blitzes; sie werden farblich markiert. So werden auch Bereiche sichtbar, die durch Seiteneinschläge gefährdet sind. Die natürlichen Schutzräume, die sich aufgrund der Geometrie des zu schützenden Objekts und seiner Umgebung ergeben, werden ebenfalls deutlich; an diesen Stellen kann auf die Montage von Fangeinrichtungen in der Regel verzichtet werden. Zu beachten ist dabei allerdings, dass an Turmspitzen auch schon Blitzfußspuren an Stellen festgestellt wurden, die durch das Überrollen der Blitzkugel nicht direkt berührt wurden. Dies wird u. a. darauf zurückgeführt, dass bei Mehrfachblitzen der Fußpunkt des Blitzes aufgrund der Windverhältnisse gewandert ist. Es kann demnach vorkommen, dass sich um die ermittelten Einschlagstellen herum ein Bereich in der Größenordnung von etwa einem Meter ausbildet, in dem ebenfalls Blitzeinschläge möglich sind.

Beispiel DAS-Verwaltungsgebäude, München

Während der Planung des neuen DAS-Verwaltungsgebäudes in München-Neuperlach kam das Blitzkugel-Verfahren zum Einsatz, um bei dieser komplexen Gebäudegeometrie die blitzeinschlaggefährdeten Bereiche zu identifizieren. (Bild) Als Anforderung an das Blitzschutzsystem wurde die Schutzklasse I festgelegt, d. h. der Blitzkugel-Radius betrug im Modell 20 cm.

An den Stellen, an denen die Blitzkugel Gebäudeteile berührt, kann ein direkter Blitzeinschlag mit dem minimalen Stromsichelwert von 3 kA auftreten. Dort sind geeignete Fangeinrichtungen erforderlich. Darüber hinaus wurden Fangeinrichtungen zum Schutz von elektrischen Einrichtungen z. B. auf dem Gebäudedach eingeplant.

Durch die Anwendung des Blitzkugel-Verfahrens wurden Fangeinrichtungen an den Stellen vermieden, wo sie aus physikalischer Sicht nicht erforderlich sind. Auf der anderen Seite konnte der Schutz vor direkten Einschlägen dort noch verbessert werden, wo es notwendig ist.



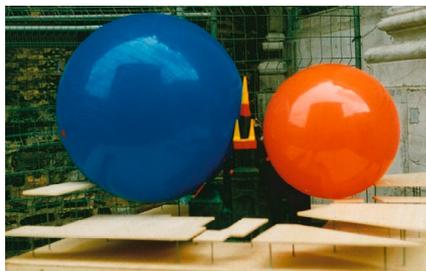
DAS-Verwaltungsgebäude: Modell mit Blitzkugel der Schutzklasse I (links); blitzeinschlaggefährdete Bereiche rot gefärbt (rechts) (Quelle: VDE)

Beispiel Aachener Dom

Direkt neben dem Aachener Dom befindet sich ein Modell im Maßstab 1:100, das den Besuchern die Geometrie des Bauwerks besser begreiflich machen soll. Auf dieses Modell wurde das Blitzkugel-Verfahren angewendet. Ziel war es, den Aufwand für zusätzliche Fangeinrichtungen zu ermitteln, wenn eine höhere Blitzschutzklasse angewendet wird, hier Schutzklasse II anstatt Schutzklasse III.

Der Dom befindet sich mitten in der Aachener Altstadt. Einige der benachbarten hohen Gebäude bieten dem Aachener Dom einen natürlichen Schutz vor Blitzeinschlägen. Sie werden im Modell maßstabgerecht nachgebildet. Das Bild zeigt das ergänzte Modell mit den beiden Blitzkugeln für die Schutzklasse II (rot, Radius 30 cm) und III (blau, Radius 45 cm).

Zuerst wird die **blaue Kugel (Schutzklasse III)** über das Modell gerollt und die Berührungsf lächen werden gelb markiert. Anschließend wird die **rote Blitzkugel (Schutzklasse II)** über das Modell gerollt. Sie berührt das Modell an Stellen, die von der blauen Blitzkugel mit dem größeren Radius nicht berührt wurden. Diese Bereiche werden rot markiert.



Aachener Dom: Modell mit Umgebung und Blitzkugeln der Schutzklasse II und III (Quelle: VDE)



Aachener Dom: Blitzeinschlaggefährdete Bereiche für die Schutzklassen II (rot) und III (gelb) in der Draufsicht (Quelle: VDE)

Diese Untersuchung zeigt:

- Die umliegenden Gebäude und der Dom selbst bilden Schutzräume für viele Dachflächen. So ist z. B. das Dach des Oktogon zur Hälfte durch die benachbarte Turmspitze des Doms geschützt (Bild).
- Seiteneinschläge gefährden nur wenige Bereiche des Doms.
- Die rot markierten Flächen zeigen die Bereiche, bei denen Blitzeinschläge auftreten können, wenn die Schutzklasse II anstatt Schutzklasse III angewendet wird. Dies betrifft insbesondere die Seitenflächen des Turms (Bild). Auffallend ist, dass nur wenige Flächen rot gefärbt sind, d. h. die flächenmäßige Zunahme der blitzeinschlaggefährdeten Bereiche fällt sehr gering aus. Dies ist einerseits dem Baustil des Doms, der keine größeren glatten Flächen kennt, und andererseits der Umgebung geschuldet.

Literatur

- DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3): Blitzschutz – Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen
- Hasse, P.; Wiesinger, J.; Zischank, W.: Handbuch für Blitzschutz und Erdung. Pflaum Verlag München. 5. Auflage 2006
- Kern A.; Wettingfeld J.: Blitzschutzsysteme 1 – Allgemeine Grundsätze, Risikomanagement, Schutz von baulichen Anlagen und Personen. VDE-Schriftenreihe Band 44. VDE-Verlag, 2014.
- DIN EN 62305-1 (VDE 0185-305-1): Blitzschutz – Teil 1: Allgemeine Grundsätze
- Kern A.: Das dynamische elektro-geometrische Modell zur detaillierten Berechnung der Einschlagwahrscheinlichkeit in Fangeinrichtungen – 3 Fallstudien. VDE Fachbericht 72: 11. VDE/ABB-Blitzschutztagung. VDE Verlag, 2015.
- VDB-Info 12: Blitzkugelverfahren – Untersuchung von blitzeinschlaggefährdeten Bereichen am Beispiel des Aachener Doms. 1998.

Hinweis

Diese VDE Information enthält allgemeine technische Empfehlungen zum Blitz- und Überspannungsschutz. Eine eigene Überprüfung der jeweils erforderlichen Handlungsweise durch den Nutzer bleibt daher immer unentbehrlich.

Der VDE hat diese VDE Information mit großer Sorgfalt verfasst. Dennoch kann der VDE weder eine explizite noch eine implizite Gewährleistung für die Korrektheit, Vollständigkeit oder Aktualität des Dokuments übernehmen. Die Anwendung dieses Dokuments geschieht in dem Bewusstsein, dass der VDE für Schäden oder Verluste jeglicher Art nicht haftbar gemacht werden kann.

Die **Blitzschutznormen** (u. a. DIN EN 62305) werden erarbeitet vom Komitee 251 Blitzschutzsysteme und Blitzschutzbauteile der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE. Es wird empfohlen, die Fassungen mit dem neuesten Ausgabedatum anzuwenden. Bezug: VDE VERLAG GMBH oder Beuth-Verlag GmbH

Der Blitzschutz in der Praxis



Unter dieser Bezeichnung gibt der VDE Ausschuss Blitzschutz + Blitzforschung eine Merkblattsammlung für Blitzschutz-Fachkräfte heraus. Diese VDE Information ist Bestandteil von „Der Blitzschutz in der Praxis“.

[www.vde.com/
blitzschutz-in-der-praxis](http://www.vde.com/blitzschutz-in-der-praxis)

Herausgeber + Kontakt

VDE Verband der Elektrotechnik
Elektronik Informationstechnik e.V.
Ausschuss für Blitzschutz und
Blitzforschung (VDE ABB)
Stresemannallee 15
60596 Frankfurt
www.vde.com/blitzschutz

Diese VDE Information wurde unter der
Lizenz CC BY 3.0 DE veröffentlicht.