

Hinweise zur Positionierung von Fangeinrichtungen, Bedeutung und Vorzüge des Blitzkugelverfahrens

Information on the positioning of air-termination devices, the importance and advantages of the rolling sphere method

Dipl.-Ing. Jürgen Wettingfeld, W. Wettingfeld GmbH & Co. KG, Krefeld, Deutschland, info@wettingfeld.org
B.-Eng. Hendrik Wettingfeld, W. Wettingfeld GmbH & Co. KG, Krefeld, Deutschland, info@wettingfeld.org

Kurzfassung

Für die Anwendung des Blitz-Kugelverfahrens stehen mittlerweile hervorragende CAD-Tools zur Verfügung, mit deren Hilfe auch Fangeinrichtungen für komplexe bauliche Anlagen geplant werden können. Vorteile sind dabei die genaue Vorgabe von Punkten wo Blitz einschläge stattfinden sollen und häufig vereinfacht sich auch die Berechnung von Trennungsabständen. Darüber hinaus ist das CAD-unterstützte Blitzkugelverfahren auch zur Gefahrenbereichsanalyse geeignet.

Abstract

Excellent CAD tools are now available for the application of the rolling sphere method, which can also be used to design air-termination devices for complex structural systems. Advantages are the exact specification of points where lightning strikes should occur and often the calculation of separation distances is simplified. In addition, the CAD-supported rolling sphere method is also suitable for hazard area analysis.

1 Historie

Zwischen 1745 und 1778 erfolgten die ersten Installationen von Blitzschutzanlagen. Sehr schnell wurde das Prinzip des Äußeren Blitzschutzes entwickelt, das aus Fangeinrichtungen, Ableitungen und Erdungsanlage bestand.

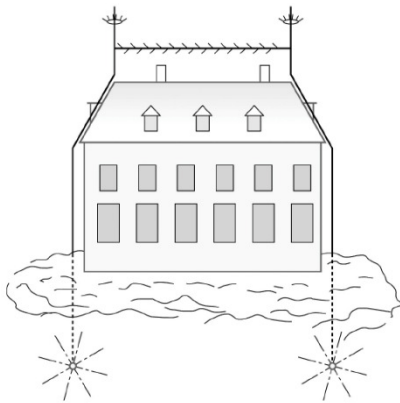


Bild 1: Gebäudeblitzschutz von G. Ch. Lichtenberg (1778) [1]

Frühzeitig ergaben sich erste Erkenntnisse, die mit dem heutigen Blitzkugelverfahren vergleichbar sind (Bild 2). Man erkannte die Bedeutung der Entfernung zwischen Leitkopf des Blitzes und Einschlagstelle: „Hier ist auch bei steileren Dächern der Weg „a-b“ kleiner als „a-c“, es liegt daher auch hier die Gefahr nahe, dass die Traufkante als Einschlagstelle vor der Firstkante bevorzugt wird“ [2].

Mit Hilfe dieser Erkenntnisse wurden Grundsätze ermittelt, die auch in der ABB-Richtlinie bis zur 8. Auflage [3] und in der DIN VDE 0185 [4] gültig waren:

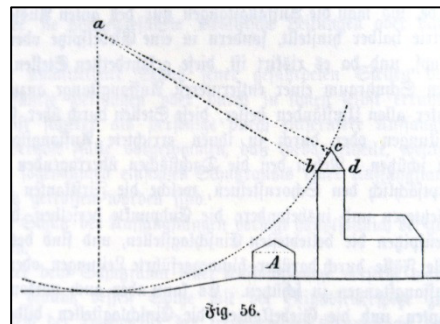


Bild 2: „Blitzkugelverfahren“ stand 1899 (siehe [2], Fig. 56 mit Erläuterungen)

„Vom Blitz bevorzugte Einschlagstellen sind erfahrungsgemäß:

- Turm- und Giebelspitzen
- Firste und Grate
- Schornsteine, Dunstschlote und sonstige Dachaufbauten
- Die Giebelkanten von First zur Traufe
- Die Traufkanten bei flachen Dächern und freistehenden baulichen Anlagen“

Die Planung von Fangeinrichtungen konzentrierten sich auf das Schutzwinkelverfahren (durch die Nutzung von Fangspitzen und Fangstangen) und insbesondere auf die Anwendung des Maschenverfahrens. Kann man das Schutzwinkelverfahren noch aus dem Blitzkugelverfahren physikalisch begründet ableiten, so ergab sich die Wirk-

samkeit des Maschenverfahrens in erster Linie aus Erfahrungswerten.

Trotz Beachtung von vorgegebenen Schutzwinkeln und Maschenweiten konnte es vorkommen, dass Blitzeinschläge in das vermeintlich „geschützte“ Volumen stattfanden. Die Fangeinrichtung war in solchen Fällen also unvollständig. Wie das erkannt und vermieden werden kann, zeigt die Anwendung des sog. Blitzkugelverfahrens (siehe Hasse [1].)

2 Blitzkugelverfahren

Obwohl das Blitzkugelverfahren schon lange wissenschaftlich anerkannt ist und u.a. von Hasse und Wiesinger 1977 [5] detailliert beschrieben wurde, fand es in der DIN VDE 0185 [4] von 1982 nur eingeschränkt Beachtung.

Erst mit der Veröffentlichung der Übergangsnorm DIN VDE V 0185-3 [7] nahm die Bedeutung des Blitzkugelverfahrens zu. Endgültig setzte sich das Blitzkugelverfahren dann ab 2006 mit der Veröffentlichung der DIN EN 62305 [6] durch und ist mittlerweile als universelle und physikalische begründete Planungsmethode anerkannt. Bild 3 und Bild 4 zeigen das Prinzip des Blitzkugelverfahrens, das in verständlicher Form in [8] detailliert beschrieben wird.

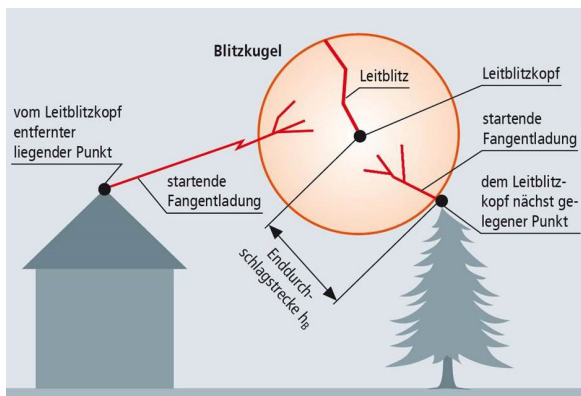


Bild 3: Prinzipielle Darstellung der Funktion des Blitzkugelverfahrens [10]

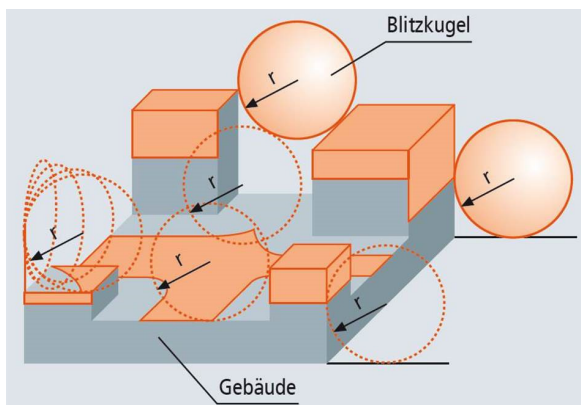


Bild 4: Schematische Anwendung des Blitzkugelverfahrens [10]

Akzeptanz und Anwendung des Blitzkugelverfahrens nahmen in dem Maße zu, wie sich die Anwendung moderner CAD-Programmen durchsetzte. Musste man früher auf Modelle zugreifen (Bild 5), so kann man mittlerweile mit Hilfe von 3-D-CAD-Programmen auch komplexe bauliche Strukturen nachbilden und unter Blitzschutzaspekten detailliert untersuchen (Bild 6).

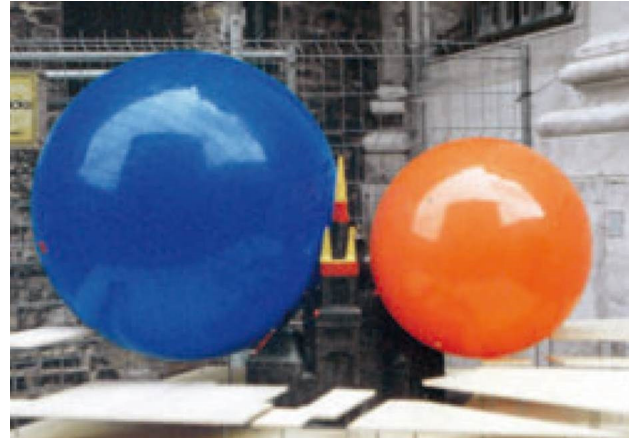


Bild 5: Anwendung des Blitzkugelverfahrens mit Hilfe eines Modells des Aachener Doms (Quelle: Prof. Dr.-Ing. Alexander Kern, Jülich)

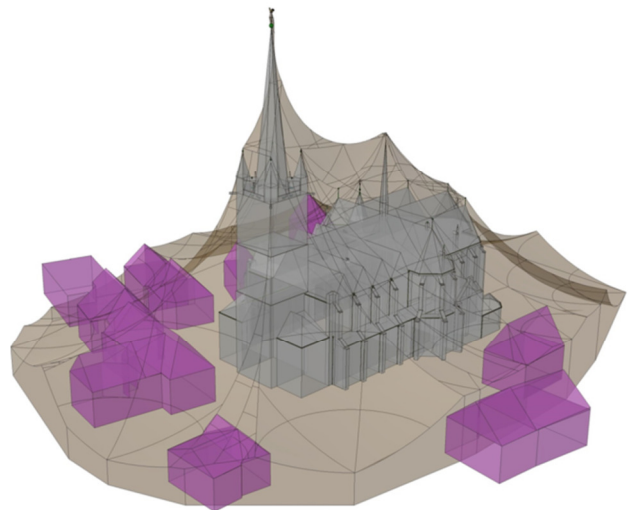


Bild 6: Anwendung des Blitzkugelverfahrens mittels 3-D-CAD-Modell

3 Das Blitzkugelverfahren in der Praxis

Mit Hilfe des Blitzkugelverfahrens kann man sehr gut herausfinden:

- Wo kann der Blitz einschlagen?
- Welche Flächen sind gefährdet?
- Wo sind die Grenzen der Blitzschutzzonen 0A, OB oder 1 (Bild 7)

Schützt man eine bauliche Anlage nach dem Maschenverfahren, dann kann man einen möglichen Einschlagpunkt für den Blitz nicht definieren. Auch die Berechnung des erforderlichen Trennungsabstandes muss in der Regel für

viele Situationen oder den „worst case“ erfolgen. Berücksichtigt man Einschlagpunkte in der Dachmitte, dann sind die Trennungsabstände in der Regel größer als bei einem Blitzeinschlag am Dachrand in die Attikabrüstung.

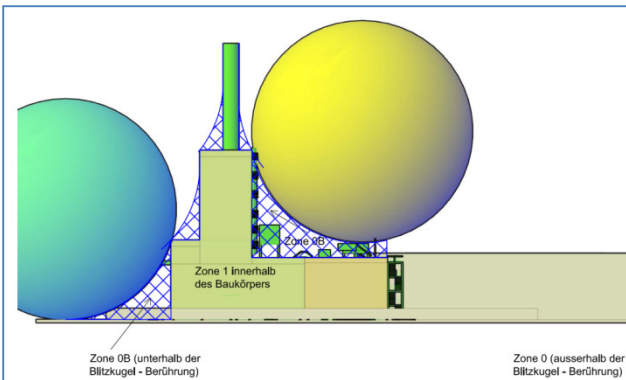


Bild 7: Festlegung der Blitz-Schutzzonen mit Hilfe des Blitzkugelverfahrens

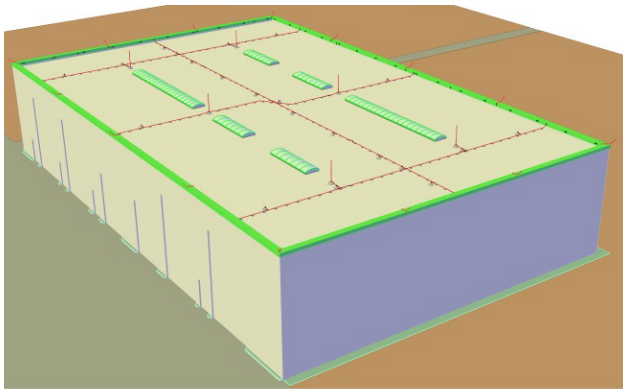


Bild 8: Beispiel 1 - Festlegung der Fangleitung nach dem Maschenverfahren

Die Anwendung des Blitzkugelverfahrens unter Verwendung von Fangstangen zeigen Bild 9 bis Bild 10.

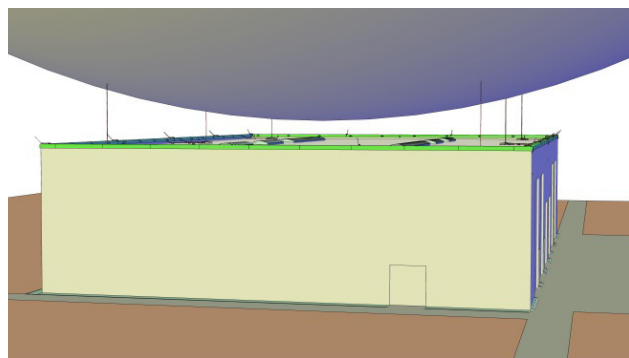


Bild 9: Beispiel 2 - Anordnung von Fangstangen nach dem Blitzkugelverfahren

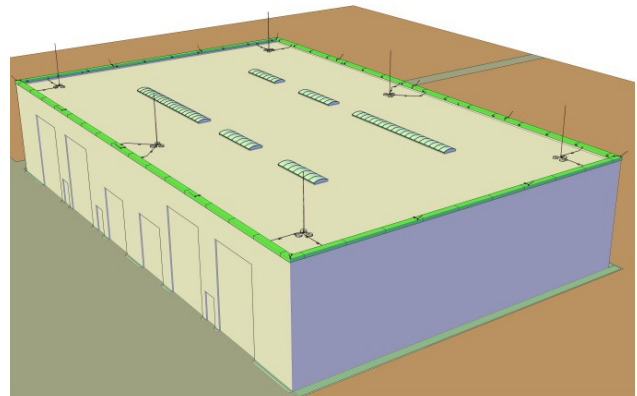


Bild 10: Beispiel 3 - Anordnung von Fangstangen nach dem Blitzkugelverfahren

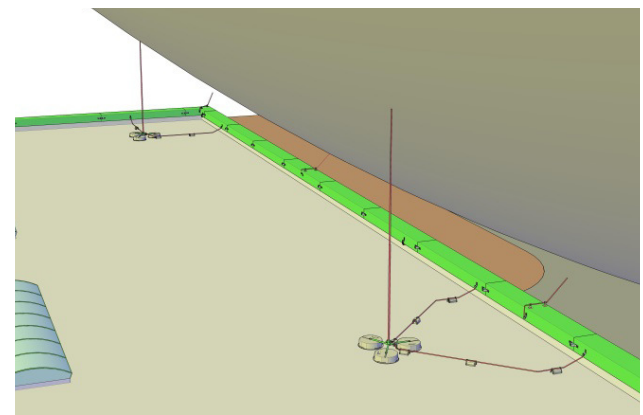


Bild 11: Beispiel 2 - zweifache Verbindung der Fangstangen an das Ableitungssystem

Wie aus Bild 10 ersichtlich gibt es in diesem Beispiel nur sechs mögliche Einschlagpunkte. Der Trennungsabstand muss nur für einen Anwendungsfall berechnet werden. Durch die Anordnung der Fangstangen im äußeren Dachbereich fällt der Trennungsabstand aufgrund der kurzen Leitungslängen niedrig aus.

Das gleiche Prinzip der Vorgehensweise zeigen Bild 12 und Bild 13. Mit Hilfe einer 3-D-Darstellung wird um das Gebäude quasi eine Hüllfläche ermittelt, die sich in diesem Fall aus einem Blitzkugelradius von 20 m der Blitzschutzklasse I ergibt. Durch entsprechende Schnitte und Ansichten lassen sich schnell bereits geschützte oder unkritische Bereiche ermitteln. Durch entsprechende Anordnung von Fangmasten und -stangen lassen sich dann die einschlagsgefährdeten Bereiche schützen.

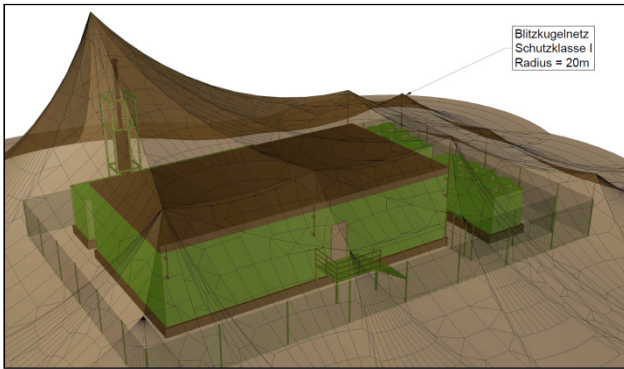


Bild 12: Beispiel 3 - Identifizierung der einschlagsgefährdeten Bereiche durch die Erstellung einer Hüllfläche mit Hilfe des Blitzkugelverfahrens

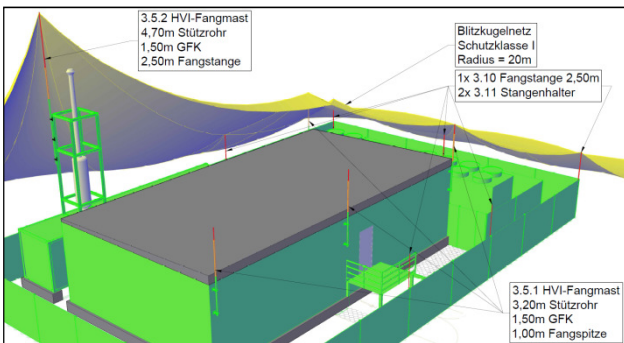


Bild 13: Beispiel 3 - Anordnung der Fangeinrichtungen

Das Blitzkugelverfahren ist besonders geeignet, wenn es um den Schutz industrietechnischer Anlagen geht, z.B. im Bereich der chemischen Industrie. Da nach DIN EN 62305-3 Beiblatt 2 [12] direkte Blitzschläge nur in Ex-Bereichen der Ex-Zone 2 erlaubt sind, kann man mit der Anwendung des Blitzkugelverfahrens insbesondere direkte Einschläge in die Ex-Zonen 1 und Ex-Zone 0 vermeiden. Auch die Gefahr eines direkten Blitzschlags in empfindliche Mess- und Überwachungsrichtungen lässt sich so wirkungsvoll überprüfen. Bild 14 zeigt die Bereiche, die im Schutzbereich liegen und keine Fangeinrichtung benötigen. Gefährdet sind im Beispiel 4 nur die oberen Bereiche der Tankbehälter, deren Schutz durch die Anordnung von Fangstangen erfolgt.

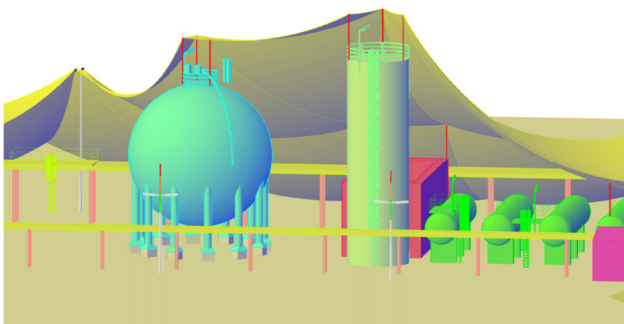


Bild 14: Beispiel 4 – Schutz industrietechnische Einrichtungen mit Hilfe des Blitzkugelverfahrens

Beispiel 5 zeigt den Schutz von Mobilfunkeinrichtungen für ein Krankenhaus. Durch getrennte Fangeinrichtungen soll ein direkter Blitzschlag in die Mobilfunkeinrichtungen und die Einkopplung von Teilblitzströmen in das Innere der baulichen Anlage verhindert werden (Bild 15). Auch dieses Beispiel zeigt, dass sich das Blitzkugelverfahren universell anwenden lässt.

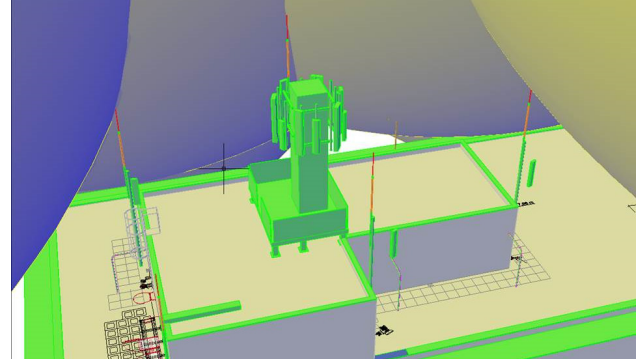


Bild 15: Beispiel 5 - Schutz einer Mobilfunkeinrichtung mit getrennten Fangeinrichtungen

4 Gefahrenbereichsanalyse

Nach DIN EN 62305 (siehe [6] und [11]) steht der Radius r der Blitzkugel in Wechselbeziehung zum Stromscheitelwert I des Blitzes und ergibt sich aus nachstehender Formel:

$$r = 10 \times I^{0,65}$$

Legende

r = Radius der Blitzkugel in m
 I = Blitzstromscheitelwerte in kA

Stellt man diese Formel nach „ I “ um, dann kann mit Hilfe des Blitzkugelverfahrens auch ermittelt werden, welche Blitzschläge wo und mit welcher Stärke einschlagen können.

$$I = 0,65 \sqrt{\frac{r}{10}}$$

Die praktische Anwendung wird nachstehend an einem Sportstadion gezeigt (Bild 16).

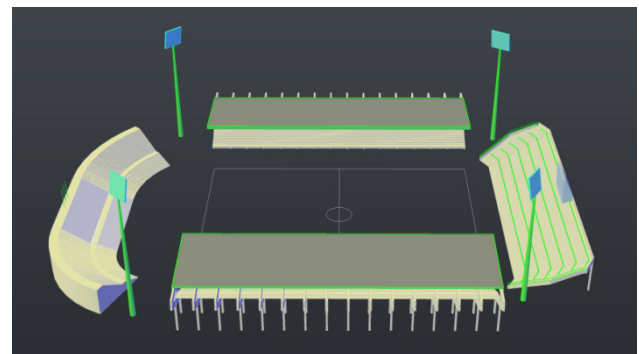


Bild 16: Beispiel 6 - Prinzipielle Darstellung eines Sportstadions

Mit Hilfe des Blitzkugelverfahrens werden Bereiche identifiziert und analysiert, die für Besucher und Sportler im Falle eines Blitzeinschlages besonders gefährlich sein können.

Man ermittelt mit Hilfe eines geeigneten CAD-Programms verschiedene Blitzstromscheitelwerte und ihre dazugehörigen Radien um einschlagsgefährdete Gefahrenbereiche zu ermitteln und zu bewerten. Für Personen wird eine Schutzbereichshöhe von +2,5 m berücksichtigt. Die Bewertung berücksichtigt die normativen Blitzstromparameter und statistische Häufigkeitsverteilung.

Unter blitzschutztechnischen Aspekten wirken die Flutlichtmaste auf der einen Seite als Schutzmaßnahme gegen direkten Blitzeinschlag in Personen. Andererseits stellen die Flutlichtmaste eine besondere Gefährdung für Personen durch Schritt- und Berührungsspannungen dar, wenn diese sich im Falle eines direkten Blitzeinschlages im näheren Umfeld der Flutlichtmaste aufhalten oder diese gar direkt berühren. In diesem Fall besteht die Gefahr von lebensgefährlicher Verletzung durch zu hohe Schritt- und Berührungsspannungen, da bei einem direkten Blitzeinschlag 100 Prozent des Blitzstromes am Mast abgeleitet und dann im Erdreich verteilt werden. Gefährdungen im Bereich der Flutlichtmaste sind daher auch noch in größeren Abständen möglich.

Die Untersuchungen nach dem Blitzkugelverfahren haben gezeigt, dass alle Blitzamplituden (Bereich von 3 kA – 200 kA) in die vier Flutlichtmasten einschlagen können. Je größer die Blitzamplitude (ab 20 kA), umso größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein direkter Blitzeinschlag in einen der vier Flutlichtmaste erfolgt. Gemäß weiterer Analysen können direkte Blitzeinschläge mit einem Blitzstromscheitelwert > 50 kA nur noch in die Flutlichtmaste einschlagen. Unter Berücksichtigung der Summenhäufigkeitsverteilung nach DIN EN 62305-1 umfasst dies ca. 30 % aller möglichen Blitze. Unabhängig davon sind auch Blitzeinschläge mit einem Blitzstromscheitelwert < 50 kA in die Flutlichtmaste möglich. Insgesamt dürften daher 80 % der möglichen Blitzeinschläge in die Flutlichtmaste erfolgen. Konsequenz: Schutzmaßnahmen müssen sich auf den Bereich der Flutlichtmaste konzentrieren und besonders Gefahren, verursacht Schritt- und Berührungsspannungen, berücksichtigen.

Während die Zuschauertribünen in der Regel einen wirkungsvollen Schutz bieten, müssen dagegen für die Spielfeldfläche direkte Blitzeinschläge berücksichtigt werden. In diesem Beispiel sind ab einer Blitzstromamplitude > 15 kA direkte Einschläge in die Sportfläche nicht mehr möglich. Man kann davon ausgehen, dass die Wahrscheinlichkeit eines Blitzeinschlages in die Spielfeldfläche < 20 % beträgt. Der einschlagsgefährdete Bereich befindet sich hauptsächlich im mittleren Bereich der Spielfeldfläche.

Nach der Norm DIN EN 62305-3 Beiblatt 2, Abschnitt 3 sind mögliche Schutzmaßnahmen gegen Blitzgefahren:

- Technische Maßnahmen,
- Organisatorische Maßnahmen,
- Verhaltensregeln.

Aufgrund der Ergebnisse aus der Gefahrenbereichsanalyse können dann die erforderlichen Schutzmaßnahmen festgelegt werden.

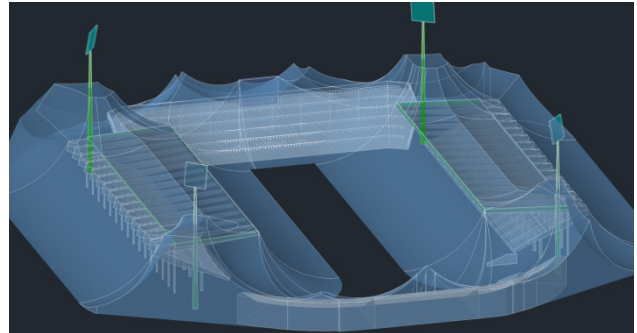


Bild 17: Hüllflächen gemäß Blitzschutzklasse II

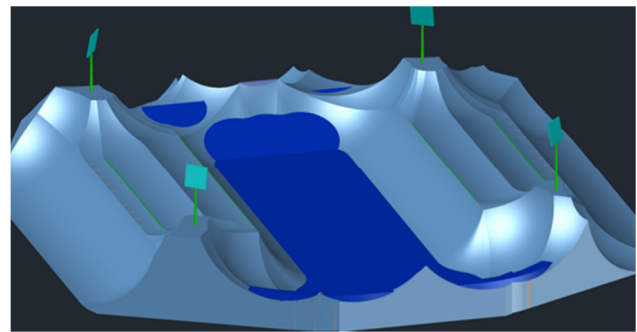


Bild 18: Hüllflächen gemäß Blitzschutzklasse II, einschl. einer normativen Personenhöhe von + 2,5 m

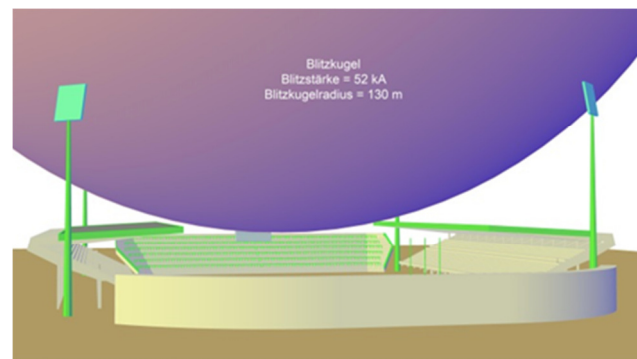


Bild 19: Ab einem Stromscheitelwert von > 52 kA berührt die Blitzkugel nur noch die Flutlichtmaste

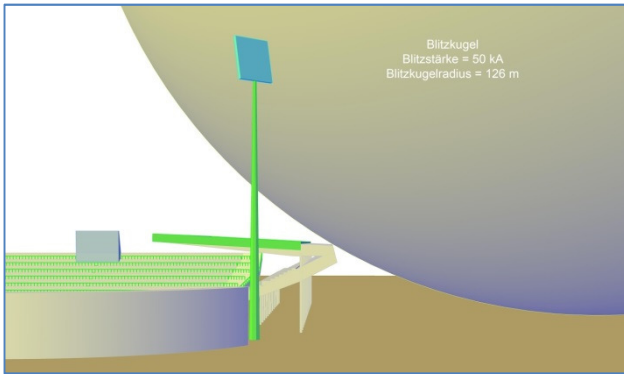


Bild 20: Ab einem Scheitelwert von > 50 kA berührt die Blitzkugel nicht mehr den Tribünenbereich

5 Fazit

Mit Hilfe des Blitzkugelverfahrens steht dem Blitzschutz-Planer ein sehr wirkungsvolles Planungsinstrument zur Verfügung, das insbesondere in Kombination mit einem modernen CAD-Programm Vorteile und sichere Lösungen bietet. Insbesondere durch die Identifizierung von möglichen Einschlagspunkten lässt sich die Anordnung von Fangeinrichtungen optimieren.

Die nach dem Blitzkugelverfahren ermittelten einschlagsgefährdeten Flächen, Kanten und / oder Ecken können in einer Kombination aus vermaschten Fangleitungen und gezielt angeordneten Fangstangen geschützt werden. Ecken, Kanten und höhere Dachaufbauten sind dabei am meisten gefährdet und müssen bei Planung der Fangeinrichtungen besonders berücksichtigt werden.

Bei der Planung von Fangeinrichtungen nach dem Blitzkugelverfahren ist grundsätzlich sicherzustellen, dass jeder Punkt einer baulichen Anlage so geschützt ist, dass die Einfangeffektivität der Blitzschutzklasse nicht unterschritten wird. Dabei kann es vorkommen, dass für zu schützende Bereiche eine höhere Einfangeffektivität erreicht wird. Diese höhere Einfangeffektivität darf nicht dazu führen, dass für andere Bereiche ein Ausgleich durch eine niedrigere Einfangeffektivität angenommen wird.

Fangeinrichtungen in Form von Fangstangen oder -masten sind vorzugsweise im Bereich von Dachkanten und -ecken anzuordnen. Dabei ist auf kurze Ableitungswege und eine frühzeitige Stromaufteilung zu achten. Die Anordnung von Fangstangen und / oder -maste sollte so erfolgen, dass möglichst große Bereiche der Dachfläche im einschlaggeschützten Bereich liegen. Dabei ist es sinnvoll für spätere Nutzungsänderungen oder zum Personenschutz einen zusätzlichen Schutzbereich von 2,5 m Höhe vorzusehen.

6 Literatur

- [1]. Dr.-Ing. Peter Hasse, Der Weg zum modernen Blitzschutz, Geschichte der Elektrotechnik 20, VDE-Verlag 2004
- [2]. Friedrich. Findeisen, Rathschläge über den Blitzschutz der Gebäude, 2. Unveränderte Auflage, Verlag Julius Springer, Berlin, 1899
- [3]. Ausschuss für Blitzableiterbau e.V. (ABB), Blitzschutz und Allgemeine Blitzschutz-Bestimmungen, 8. Auflage, VDE Verlag 1971
- [4]. DIN VDE 0185 T1 + T2; Blitzschutzanlage - Allgemeines für das Errichten, 11.1982
- [5]. Dr.-Ing. Peter Hasse, Prof. Dr.-Ing Johannes Wiesinger, Handbuch für Blitzschutz und Erdung, 1. Auflage, Richard Pflaum Verlag München, VDE-Verlage Berlin-Offenbach, 1977
- [6]. DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3): Blitzschutz – Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen (2011-10)
- [7]. DIN V VDE V 0185-3: Blitzschutz – Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen, 11-2002
- [8]. Kern, Wettingfeld: Blitzschutzsysteme 1, VDE-Schriftenreihe Band 44, VDE-Verlag, 2014
- [9]. Kern, Wettingfeld: Blitzschutzsysteme 2, VDE-Schriftenreihe Band 160, VDE-Verlag, 2015
- [10]. Blitzplaner – Dehn + Söhne, 4. Auflage (2017-12)
- [11]. DIN EN 62305-1 (VDE 0185-305-1): Blitzschutz - Teil 1: Allgemeine Grundsätze (2011-10)
- [12]. DIN EN 62305-3 Beiblatt 2 (VDE 0185-305-3 Beiblatt 2): Zusätzliche Informationen für besondere bauliche Anlagen (2012-10)

Autoren:



Jürgen Wettingfeld (Dipl.-Ing.)

Mitglied und stellv. Obmann im K251

Geschäftsführer
W. Wettingfeld GmbH & Co. KG
Hafelsstraße 236, 47809 Krefeld
Tel.: 0049 - 2151 - 55990
Email: info@wettingfeld.org



Hendrik Wettingfeld (B-Eng.)

Energie- und Hochspannungstechnik
W. Wettingfeld GmbH & Co. KG