

Planung von optimierten Blitzschutz-Fangeinrichtungen für bauliche Anlagen mit komplexer technischer Infrastruktur

Jürgen Wettingfeld, Krefeld

Blitzschutzmaßnahmen für bauliche Anlagen mit komplexer technischer Infrastruktur müssen Aspekte des Personen- und Brandschutzes und der Verfügbarkeit technischer Einrichtungen berücksichtigen [1 bis 4]. Die sich hieraus ergebenden Anforderungen erfordern für die Planung von Fangeinrichtungen genaue Kenntnisse über die physikalischen Grundlagen des Blitzschutzes, der normativen Vorgaben und über die besonderen Rahmenbedingungen, die bei der Realisierung zu beachten sind. Nachstehend werden Hinweise für eine optimierte Planung von Blitzschutz-Fangeinrichtungen mithilfe des Blitzkugelverfahrens gegeben.

Die folgenden Ausführungen befassen sich mit den physikalischen Grundlagen, die bei der Anordnung von Blitzschutz-Fangeinrichtungen mithilfe des Blitzkugelverfahrens von Bedeutung sind [5; 6]. Am Ablauf der Blitzentladung des negativen Wolke-Erde-Blitzes – dies ist der häufigste Blitztyp – wird dies näher beschrieben.

Aus einem negativen Wolkenladungszentrum heraus wächst ein Leitblitz der Erde entgegen. Je länger dieser Leitblitz ist, desto mehr Ladung enthält er. Gleichzeitig wird die Entfernung bis zur Erdoberfläche, d. h. zu potenziellen Blitzeinschlagstellen, geringer. Beides führt zu einer Steigerung der elektrischen Feldstärke an exponierten Stellen auf der Erde und damit zu einem Zufluss von elektrischen Ladungen anderer Polarität. Man spricht hier von influenzierten Ladungen.

Der Leitblitz wächst nicht kontinuierlich, sondern ruckweise an. Einzelne Ruckstufen haben eine Länge von einigen 10 m (typisch etwa 50 m) und fol-

Tabelle 1 Radien der Blitzkugel für verschiedene Blitzstromscheitelwerte.

Blitzstromscheitelwert <i>I</i> in kA	Radius der Blitzkugel <i>r</i> in m	Bemerkungen
3	20	Unterer Blitzstromscheitelwert für Schutzklasse I
5	28	Unterer Blitzstromscheitelwert für Schutzklasse II
10	45	Unterer Blitzstromscheitelwert für Schutzklasse III
15	58	Unterer Blitzstromscheitelwert für Schutzklasse IV
20	70	
30	91	
40	110	
50	127	
60	143	
70	158	
80	173	
90	186	
100	200	Oberer Blitzstromscheitelwert für Schutzklasse III und IV
150	260	Oberer Blitzstromscheitelwert für Schutzklasse II
200	313	Oberer Blitzstromscheitelwert für Schutzklasse I

gen einander in zeitlichen Abständen von einigen 10 µs. Das gesamte Vorwachsen des Leitblitzes aus der Wolke bis in die Nähe des Erdbodens dauert einige Millisekunden. Hat sich der Leitblitz der Erde bis auf einige 10 m bis wenige 100 m genähert, erhöht sich dort an exponierten Stellen – beispielsweise einer Antennenanlage oder einem klimatischen Dachaufbau – die elektrische Feldstärke so stark, dass von dort dem Leitblitz sog. Fangentladungen entgegen wachsen. Eine der Fangentladungen trifft als erste auf den Leitblitzkopf des Blitzes, „erdet“ diesen und legt damit die Einschlagstelle des Blitzes fest. Die Länge der Fangentladung wird als Enddurchschlagstrecke bezeichnet und steht

in Wechselbeziehung zum Stromscheitelwert *I* des Blitzes. Definiert man die Länge der Fangentladung als den Radius einer „Blitzkugel“ dann ergibt sich nachstehende Gleichung, die aus Untersuchungsergebnissen abgeleitet wurde:

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

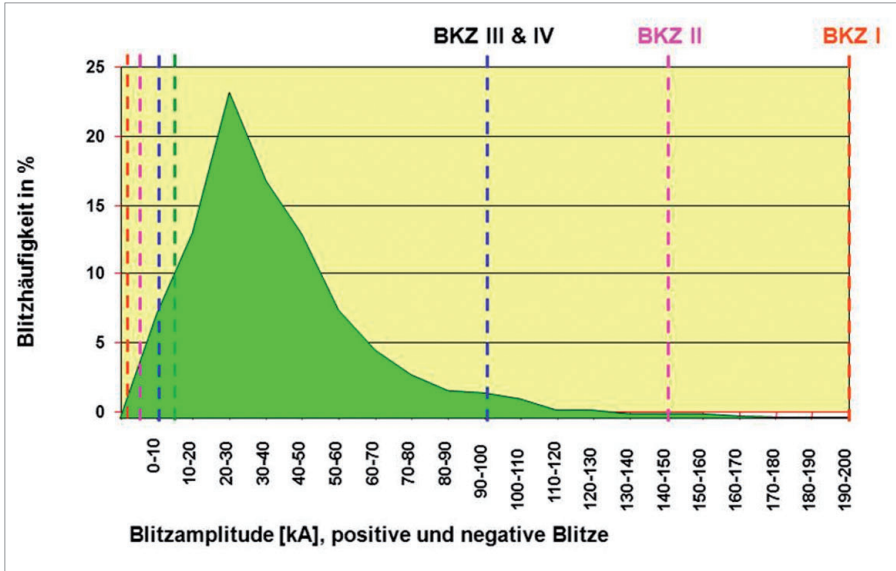
Dabei ist

r = Radius der Blitzkugel in m

I = Blitzstromscheitelwerte in kA

Aus diesem Zusammenhang wurde das Blitzkugelverfahren abgeleitet, das für die Planung einer Fangeinrichtung das universelle und physikalisch begründete Verfahren ist. **Tabelle 1** zeigt die möglichen Radien einer Blitzkugel in

Bild 1 Häufigkeitsverteilung der Blitzamplituden gemäß DIN EN 62305-1. Bild: OBO Bettermann, Menden



Gefährdungspegel/ Schutzklasse	Radius der Blitzkugel r in m	minimaler Scheitelwert I in kA	Einfangwahrscheinlichkeit in %
I	20	3	99
II	30	5	97
III	45	10	91
IV	60	16	84

Tabelle 2 Minimalwerte der Blitzstromparameter, zugehörigen Blitzkugelradien und Einfangwahrscheinlichkeit.

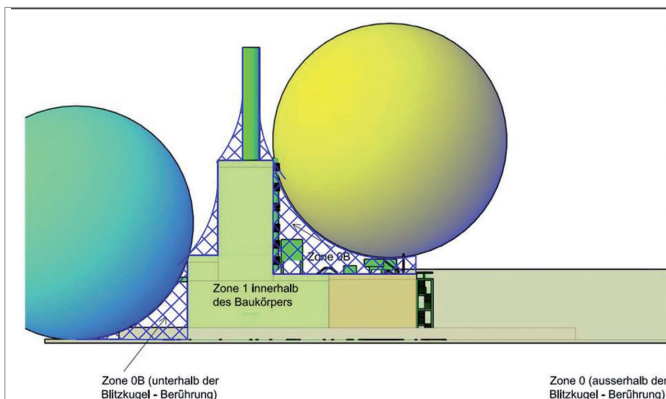


Bild 2 Blitzkugelverfahren – Ermittlung geschützter Bereiche.

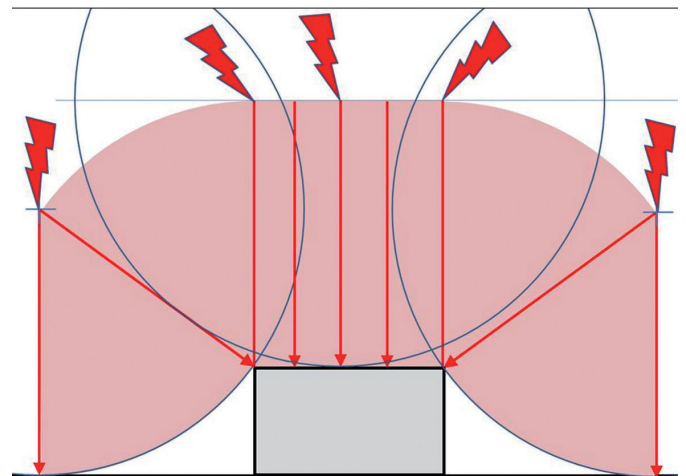


Bild 3 Blitzkugelverfahren.

Abhängigkeit von den normativ möglichen Stromscheitelwerten

Da nicht vorhergesagt werden kann welcher Blitzvorgang mit welchem Stromscheitelwert zu erwarten ist, hat man aus der Häufigkeitsverteilung der Blitzamplituden Minimalwerte für den Scheitelwert und damit für den Radius der Blitzkugel definiert (Bild 1). Die hieraus abgeleitete Einfangwahrscheinlichkeit gilt für alle Blitze mit Scheitelwerten größer als dieser minimale Scheitelwert (Tabelle 2).

Das Blitzkugelverfahren bildet die normative Grundlage für die Planung von Fangeinrichtungen in der Norm

DIN EN 62305-3, ist seit Jahrzehnten erprobt, weltweit anerkannt und basiert auf dem elektro-geometrischen Modell (EGM). Für unterschiedliche Anforderungen an ein Blitzschutzsystem sind in der Norm DIN EN 62305-3 vier Blitzschutzklassen definiert, die sich im anzusetzenden Radius der Blitzkugel unterscheiden. Dieser beträgt zwischen 20 m (Schutzklasse I) und 60 m (Schutzklasse IV) und ist ein fester Wert, der von der vorgegebenen Blitzschutzklasse abhängig ist.

Bereiche, die gegen direkte Blitzeinschläge geschützt sind, können mit dem

Blitzkugelverfahren bestimmt werden (Bild 2) [8].

„Rollt“ man mithilfe eines CAD-Programms eine Blitzkugel um eine bauliche Anlage herum, dann stellt man fest, dass in Ecken und Kanten aus sehr viel mehr Richtungen ein Blitzeinschlag erfolgen kann, als in eine ebene Fläche (Bild 3).

Aus diesem Grund müssen bei der Planung von Fangeinrichtungen insbesondere Ecken, Kanten und herausragende Teile berücksichtigt werden (Bild 4).

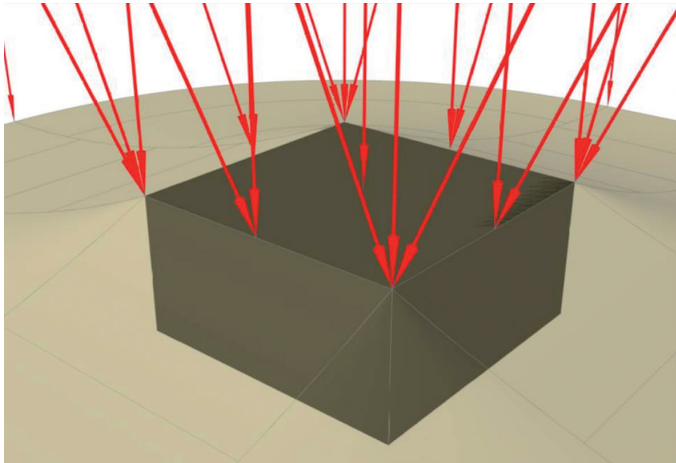


Bild 4 Ecken und Kanten einer baulichen Anlage sind besonders gefährdet.

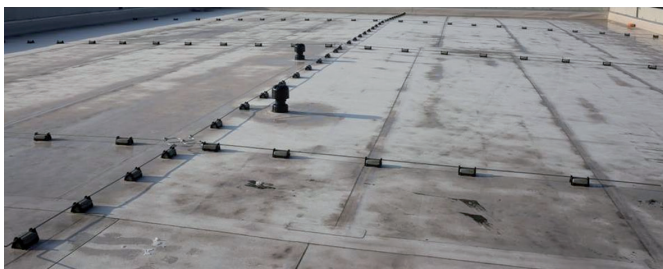


Bild 5 Beispiel für ein vermaschtes Fangleitungssystem.

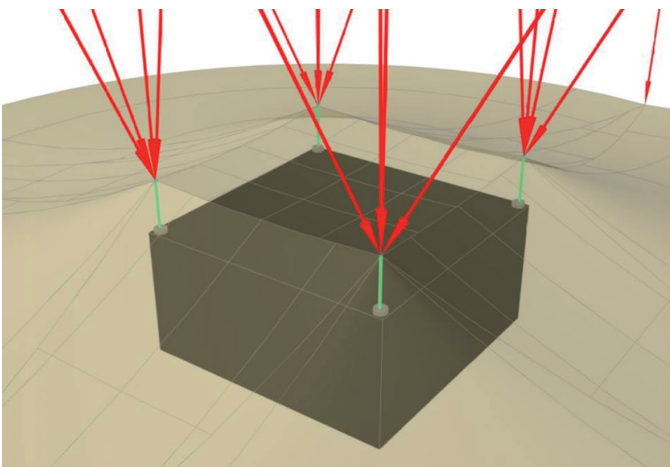


Bild 6 Anordnung von Fangstangen mithilfe des Blitzkugelverfahrens.



Bild 7 Fangmast mit drei Fortleitungen.

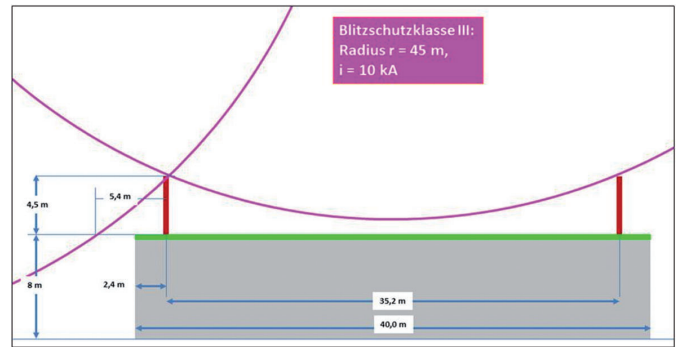


Bild 8 Anordnung von Fangeinrichtungen im Dachkantenbereich.

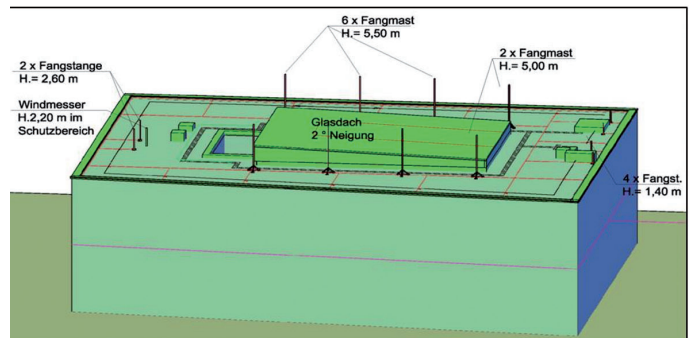


Bild 9 Anordnung der Fangeinrichtungen zum Schutz einer Glasüberdachung.

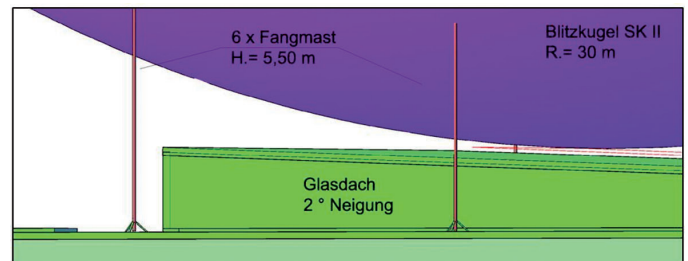


Bild 10 Anordnung der Fangeinrichtungen mithilfe des Blitzkugelverfahrens.



Bild 11 Fangeinrichtungen zum Schutz einer Glasüberdachung.

Anwendung des Blitzkugelverfahren

Zu Beginn der Planung sind u. a. folgende Fragen zu klären:

- Müssen besondere betriebliche Anforderungen berücksichtigt werden, z. B. explosionsgefährdete Bereiche?
- Welche Art des Blitzschutzes soll realisiert werden: Nicht getrennter oder getrennter Blitzschutz?
- Können über metallene und/oder energie- und informationstechnische Leitungen Teilblitzströme in die bauliche Anlage geführt werden?
- Wenn ja, kann dies durch die Einhaltung von Trennungsabständen vermieden werden?
- Wenn nein, muss dann ein Blitzschutz-Potentialausgleich direkt oder mithilfe von Überspannungsschutzgeräten ausgeführt werden?
- Können und dürfen natürliche Fangeinrichtungen (z. B. Stahlkonstruktionen) genutzt werden?
- Sind benachbarte Gebäude zu berücksichtigen?
- Welche Befestigungsmöglichkeiten für Fangeinrichtungen sind gegeben?

Einschlagsgefährdete Dachflächen können durch vermaschte Fangleitungen geschützt werden (Bild 5). Diese Schutzmaßnahme hat sich seit vielen Jahren bewährt und wird in der Norm als Maschenverfahren bezeichnet. Erfolgt ein Blitzeinschlag in die Fangleitung, dann wird der Blitzstrom aufgeteilt und zur Ableitungsanlage geführt. Nachteil: Im Prinzip sind Blitzeinschläge in jedem Punkt der Fangleitung möglich, damit muss der Trennungsabstand für den ungünstigsten Fall berechnet werden.

Diesen Nachteil kann man ausschließen, wenn mithilfe des Blitzkugelverfahren Fangmaste oder -stangen so angeordnet werden, dass ein großer Teil der Dachfläche im einschlagsgeschützten Bereich liegt. Bild 6 zeigt beispielhaft, wie die Dachfläche durch die Anordnung von vier Fangstangen an den Ecken geschützt werden kann. Egal aus welcher Richtung ein Blitzeinschlag möglich ist, nur die an den Ecken positionierten Fangstangen können getroffen werden.

Mit dieser Anordnung sind aber auch die möglichen Einschlagpunkte defi-

niiert. Hierbei sind folgende Hinweise zu beachten:

- Der Blitzstrom sollte an Fangstangen oder -masten auf möglichst viele Strompfade aufgeteilt werden (Bild 7).
- Die Strecke zum Ableitungssystem sollte möglichst kurz sein.

Berücksichtigt man dies, dann sind in der Regel auch die Trennungsabstände klein, sodass häufig keine weiteren Zusatzmaßnahmen berücksichtigt werden müssen. Auch die benötigte Höhe der Fangeinrichtung kann mit Anwendung des Blitzkugelverfahrens genau ermittelt werden.

Durch die Anordnung von Fangeinrichtungen im Dachkantenbereich kann die dazwischenliegende Dachfläche für weitere Nutzungen vorgesehen werden, wenn die Rahmenbedingungen berücksichtigt sind (Bild 8).

Beispiel 1: Verwaltungsgebäude mit Glasüberdachung und klimatechnischen Dachaufbauten

Bild 9 zeigt, wie eine Dachfläche mit Glasüberdachung und klimatechnischen Dachaufbauten wirkungsvoll durch ein System von Fangmasten und vermaschten Leitungen geschützt wird. Die Anordnung und Höhe der Fangmaste erfolgte nach dem Blitzkugelverfahren für Blitzschutzklasse II (Bilder 10 und 11).

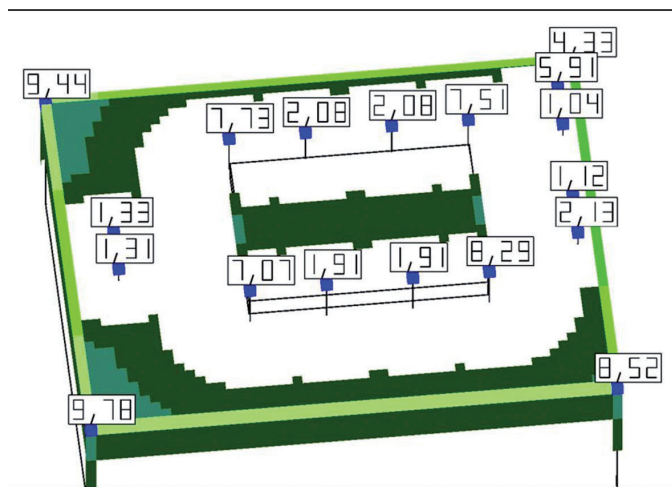


Bild 12 Ermittlung der Einschlagwahrscheinlichkeiten mithilfe des DEGM-Verfahrens.

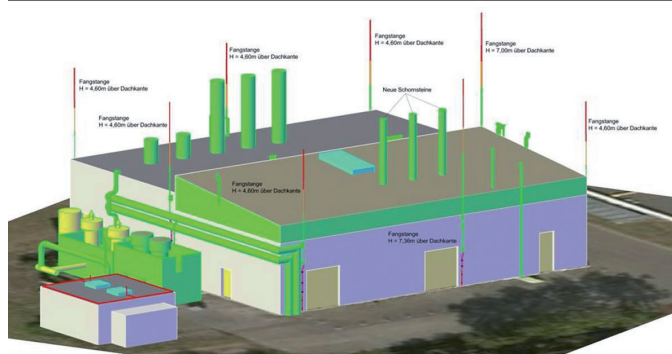


Bild 13 Anordnung der Fangeinrichtungen.

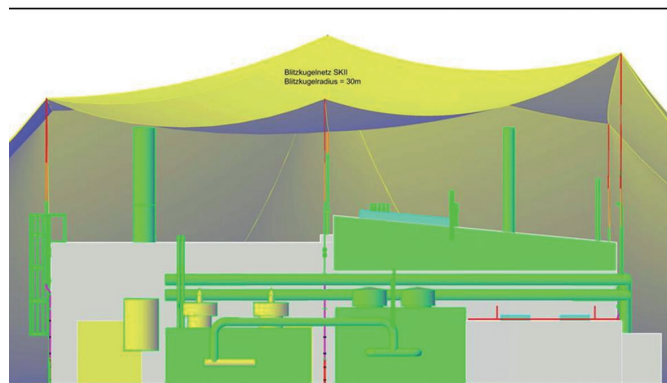


Bild 14 Nachweis des Schutzes mithilfe der Blitzkugelmethode – Ansicht 1.

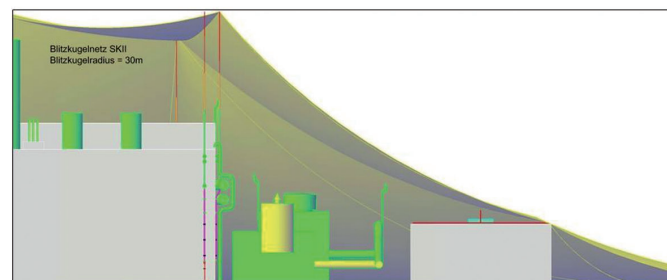


Bild 15 Nachweis des Schutzes mithilfe der Blitzkugelmethode – Ansicht 2.

Die Wirksamkeit des Fangeinrichtungssystems wurde nach dem von Professor Kern entwickelten dynamisch elektro-geometrischem Modell (DEGM) überprüft [7] (Bild 12). Für Blitzschutzklasse II beträgt die normative Einschlagwahrscheinlichkeit für Blitzschutzklasse II 97 %. Mithilfe des DEGM lässt sich jedoch nachweisen, dass die Einschlagwahrscheinlichkeit in die

Fangeinrichtungen bei 99,5 % liegt. Konkret bedeutet dies, die Fangeinrichtungen (14 Fangstangen und die Attika-brüstungen der vier Dachkanten) fangen mehr als 99,5% der Blitzentladungen ein; der „Fangfehler“ liegt unter 0,5 %. Das ist nahezu eine Größenordnung geringer als bei Blitzschutzklasse II üblicherweise unterstellt und zeigt sehr gut, wie sich mithilfe von 3-D-Programmen eine optimierte Anordnung der Fangeinrichtung durch die Anwendung des Blitzkugelverfahren erreichen lässt.

Zur Anwendung kommt ein getrenntes Blitzschutzsystem mit getrennten Fangmasten und hochspannungsfesten isolierten Ableitungen. Ein Blitzeinschlag kann nur in die Fangmaste stattfinden, die Einkopplung von Blitzströmen in das Anlageninnere wird verhindert. Ausführung und Anwendung des Blitzkugelverfahrens zeigen die Bilder 13 bis 15.

Fazit

Mithilfe von 3-D-Programmen können Blitzschutz-Fangeinrichtungen optimal angeordnet werden. Dies trifft insbesondere für Fangstangen und -maste zu. Mit dieser Methode können Einschlagspunkte in Abhängigkeit von der Blitzschutzklasse definiert werden. Zu berücksichtigende Trennungsabstände, zur Vermeidung von gefährlichen Funkenüberschlägen, können reduziert und in der Regel besser beherrscht werden. Dies ist nicht zuletzt auch unter finanziellen Aspekten von Vorteil. TS 537



Autor

Dipl.-Ing. **Jürgen Wettingfeld**,
W. Wettingfeld GmbH
& Co. KG, Krefeld.
Mitglied im K 251,
Leiter des Arbeitskreises
AK 251.02 (Blitzschutz für explosions-

gefährdete Bereiche) und des AK 251.07 (Blitzschutz für bauliche Anlagen), Mitarbeiter bei IEC TC 81.

Beispiel 2: Schutz einer größeren Gasdruckregelanlage

Für die bauliche Anlage wurde mithilfe der Norm DIN EN 62305-2 die Blitzschutzklasse II ermittelt [1]. Die Anlage hat explosionsgefährdete Bereiche, im Außenbereich Ex-Zone 2. Gemäß Vorgabe des Betreibers sollen Teilblitzströme nicht nach innen geführt werden; architektonische Belange sind nicht relevant.

Literaturverzeichnis

- [1] DIN EN 62305-2: Blitzschutz – Teil 2: Risiko-Management. Berlin: Beuth Verlag 2013.
- [2] DIN EN 62305-3: Blitzschutz – Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen. Berlin: Beuth Verlag 2011.
- [3] DIN EN 62305-3 Beiblatt 1: Blitzschutz – Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen – Beiblatt 1: Zusätzliche Informationen zur Anwendung der DIN EN 62305-3. Berlin: Beuth Verlag 2012.

- [4] DIN EN 62305-3 Beiblatt 2: Blitzschutz – Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen – Beiblatt 2: Zusätzliche Informationen für besondere bauliche Anlagen. Berlin: Beuth Verlag 2012.
- [5] Kern, A.; Wettingfeld, J.: Blitzschutzsysteme 1. VDE-Schriftenreihe Bd. 44. Berlin: VDE-Verlag 2014.
- [6] Kern, A.; Wettingfeld, J.: Blitzschutzsysteme 2. VDE-Schriftenreihe Bd. 160. Berlin: VDE-Verlag 2015.

- [7] Kern, A.; Schelthoff, C.; Mathieu, M.: Detail-Berechnung der Einfangwirksamkeit von Fangeinrichtungen mit einem dynamischen elektro-geometrischen Modell. 9. VDE/ABB-Blitzschutz-Fachtagung 2011 in Neu-Ulm.
- [8] Wettingfeld, J.: Aktuelle Tendenzen bei der Anordnung von Fangeinrichtungen – Hinweise für die Praxis. 10. VDE/ABB Blitzschutz-Fachtagung 2013 in Neu-Ulm.