

# Berücksichtigung direkter Blitzeinschläge in Personen bei der Risikoanalyse für Zuschaueranlagen

Untersuchung zur Blitzschutzbedürftigkeit nach VDE V 0185 Teil 2:2002-11

## Aufgabenstellung

Die deutsche Vornorm VDE V 0185 Teil 2:2002-11 ermöglicht eine umfassende Abschätzung des Schadensrisikos durch Blitzeinschläge für sehr unterschiedliche bauliche Anlagen. Dabei werden drei **Schadensursachen** unterschieden:

- C1** Elektrischer Schock von Lebewesen durch Berührungs- und Schrittspannungen;
- C2** Physikalische Schäden (Feuer, Explosion, mechanische und chemische Wirkungen) durch die Einwirkung des Blitzstroms einschließlich der Funkenbildung;
- C3** Störungen von elektrischen und elektronischen Systemen durch Überspannungen.

Im Falle von nach oben offenen baulichen Anlagen ist daneben noch ein direkter Blitzeinschlag in die Personen möglich, die sich in bzw. auf dieser baulichen Anlage befinden. Beispiele dafür sind Zuschauertribünen von Stadien, Open-Air Veranstaltungen, offene Parkdecks, etc.

Anmerkung: Im Falle von Stadien und Open-Air Veranstaltungen sind die Spiel- und Szenenflächen nicht Gegenstand dieses Merkblatts.

Es handelt sich dabei zwar nicht um die originäre Schadensursache der Kategorie C1, da keine Berührungs- und Schrittspannung im eigentlichen Sinne auftritt. Dennoch kann der Fall des direkten Blitzeinschlags in eine Person unter diese Schadensursache eingeordnet werden: Anstelle der Berührungs- und Schrittspannung tritt die **direkte**

**Einwirkung des Blitzstroms.** Diese Schadensursache ist aktuell in der VDE V 0185 Teil 2:2002-11 nicht explizit beschrieben.

Im Folgenden wird die Vorgehensweise zur Risikoanalyse zum Blitzschutz für nach oben offene bauliche Anlagen am Beispiel von Zuschaueranlagen dargestellt. Dabei wird insbesondere auch die Schadensursache des direkten Blitzeinschlags in Personen mit behandelt, die hier als C1/P bezeichnet wird. Berechnungsbeispiele für einige Standardfälle sollen die Darstellung abrunden.

Mögliche Schutzmaßnahmen und weitere Informationen zum „Blitzschutz für Zuschaueranlagen“ sind im gleichnamigen Merkblatt enthalten. Die möglichen Schutzmaßnahmen lassen sich dabei unterteilen in

- technische Maßnahmen und/oder
- organisatorische und administrative Maßnahmen.

Es muss darauf hingewiesen werden, dass diese Untersuchung vollkommen unabhängig von anderen Vorgaben (Versammlungsstättenverordnung, gesetzliche Regelungen etc.) zum Schutz für Zuschaueranlagen durchgeführt werden.

Für Zuschaueranlagen, deren Steh- und Sitzplätze vollständig überdacht sind, ist die Risikoanalyse wie für übliche Gebäude zu erstellen.

## Vorgehensweise

Im Falle von Zuschaueranlagen kann die **Schadensursache C1** wie folgt aufgeteilt untersucht werden:

**C1/S** Elektrischer Schock von Lebewesen durch Berührungs- und Schrittspannungen, hier vollständig beschrieben durch die Risikokomponente

$$R_{A/S} = N_D \cdot P_{A/S} \cdot h \cdot \delta_{A/S};$$

**C1/P** Personenschäden durch den direkten Blitzeinschlag in eine Person, hier vollständig beschrieben durch die Risiko-

## Inhalt

- 1 Aufgabenstellung
- 2 Vorgehensweise
- 3 Beispielrechnungen
- 4 Folgerungen

Herausgeber

Anhang

komponente

$$R_{A/P} = N_D \cdot P_{A/P} \cdot h \cdot \delta_{a/P}$$

Dabei ist:

$N_D$  die durchschnittliche jährliche Anzahl von direkten Einschlägen in die bauliche Anlage:

$$N_D = N_g \cdot A_d \cdot C_d$$

mit  $N_g$  Erdblitzdichte;  
 $A_d$  äquivalente Fangfläche der baulichen Anlage;  
 $C_d$  Umgebungsfaktor (hier gilt überwiegend  $C_d = 1$ ).

$h$  ein Erhöhungsfaktor, mit dem die Auswirkungen einer Panik berücksichtigt werden können.

Anmerkung: In Ergänzung zu den Vorgaben aus der VDE V 0185 Teil 2:2002-11 wird  $h$  im vorliegenden Fall wegen der besonderen Art der baulichen Anlage auch für die Risikokomponente  $R_A$  angesetzt.

$\delta_{a/S}, \delta_{a/P}$  ein Schadensfaktor, der sich aus der gleichen Beziehung ergibt:

$$\delta_{a/x} = \frac{n_{a/x}}{n_t} \cdot \frac{t}{8760} \quad \text{mit}$$

$n_{a/x}$  Anzahl der möglichen Opfer eines Blitzschlags;  
 $n_t$  Gesamtzahl von Personen in der baulichen Anlage;  
 $t$  Aufenthaltsdauer (in Stunden pro Jahr) der Personen in der baulichen Anlage.

Für die beiden Schadenswahrscheinlichkeiten gelten folgende Überlegungen:

Für die Schadenswahrscheinlichkeit für Berührungs- und Schrittspannungen  $P_{A/S}$  ist hier lediglich die Oberflächenbeschaffenheit ( $p_a$ ) und die Existenz entsprechender Schutzmaßnahmen ( $r_a$ ) von Bedeutung. Es ergibt sich daher:  $P_{A/S} = p_a \cdot r_a$ .

Die Schadenswahrscheinlichkeit für Personenschäden durch direkte Blitzeinschläge  $P_{A/P}$  wird ausschließlich beeinflusst durch die Existenz oder Ausbildung eines Äußeren Blitzschutzes ( $r_s$ ). Es gilt:

$$P_{A/P} = r_s$$

## Beispielrechnungen

Die Vorgehensweise wird an drei Beispielen für Zuschaueranlagen in Sportstätten als typischen Fällen für nach oben offene bauliche Anlagen, die sich in der Anzahl der Besucher stark unterscheiden, praktisch dargestellt. Die Eingabeparameter und Ergebnisse zu den Berechnungen sind in den Tabellen 1 und 2 im Anhang zu finden. Vorausgesetzt wird jeweils eine gleiche durchschnittliche

Blitzdichte von 4 Blitzen pro Quadratkilometer und Jahr und eine jährliche Aufenthaltsdauer von Personen auf den Zuschaueranlagen in den Stadien von 200 Stunden (4 Stunden pro Woche).

Für ein **(1) Großstadion mit ca. 50.000 Besuchern** (Sitzplätze) wird die Zahl der durch einen Direkteinschlag betroffenen Personen im Sitzplatzbereich zu 15 angenommen. Diese Zahl ergibt sich aus der Überlegung, dass neben der direkt getroffenen Person noch die in „Armreichweite“ befindlichen Personen durch Überschläge von der getroffenen Person mit einer direkten Blitzstrom-einkopplung rechnen müssen (Entfernung ca. 1 m). Die Zahl der durch Berührungs- und insbesondere Schrittspannungen betroffenen Personen wird zu 750 angenommen (Entfernung von der Einschlagstelle bis ca. 10 m). Ferner muss in diesem Großstadion im Einschlagfall mit großer Panik gerechnet werden.

Ohne Blitzschutzmaßnahmen sind die Risikokomponenten deutlich zu hoch. Durch ein Blitzschutzsystem der Schutzklasse III nach VDE V 0185 Teil 3:2002-11 in Verbindung mit einer ausreichenden Potentialsteuerung und der Isolierung von Blitzstrom führenden Einrichtungen (z.B. Flutlichtmasten) wird ausreichender Schutz erreicht. Bei höheren Blitzdichten und anderen Einschätzungen, insbesondere einer Nutzungsdauer von mehr als 200 Stunden pro Jahr, kann aber beispielsweise auch ein Blitzschutzsystem der Schutzklasse II oder I erforderlich werden.

Für ein **(2) Stadion mit ca. 5.000 Besuchern** (Stehplätze) wird die Zahl der durch einen Direkteinschlag betroffenen Personen im Stehplatzbereich zu 30 angenommen. Diese Zahl ergibt sich wieder aus der Überlegung, dass neben der direkt getroffenen Person noch die in „Armreichweite“ befindlichen Personen durch Überschläge von der getroffenen Person mit einer direkten Blitzstrom-einkopplung rechnen müssen (Entfernung ca. 1 m). Die Zahl der durch Berührungs- und Schrittspannungen gefährdeten Personen wird hier zu 1200 abgeschätzt (Entfernung von der Einschlagstelle bis ca. 10 m). Angesetzt wird ferner (normale) Panik.

Ohne Blitzschutzmaßnahmen sind auch hier die Risikokomponenten noch zu hoch. Die Errichtung eines Blitzschutzsystems der Schutzklasse III nach VDE V 0185 Teil 3:2002-11 in Verbindung mit einem Schutz gegen Berührungs- und Schrittspannungen ist erforderlich, um die Schutzanforderungen zu erfüllen. Andere Einschätzungen bzw. Abmessungen könnten ebenso wie im ersten Fall noch zu anderen Ergebnissen führen.

Als weiterer Fall wird ein **(3) Sportplatz mit ca. 1.000 Besuchern** angenommen. Die Zahl der durch einen Direkteinschlag betroffenen Personen wird jetzt nur noch mit 3 (die direkt getroffene Per-

son und die beiden benachbarten) und die durch Berührungs- und Schrittspannungen mit 50 ange- setzt (Personen im Abstand zur Einschlagstelle bis zu maximal 10 m). Grund für die geringeren Zahlen betroffener Personen ist der wesentlich größere Abstand der einzelnen Besucher voneinander. Die Panikgefahr wird nur noch als gering angenom- men.

Die Berechnung ergibt, dass keine technischen Blitzschutzmaßnahmen erforderlich sind. Personen können hier also nicht erwarten, dass technische Maßnahmen gegen gefährliche Blitzentladungen ausgeführt sind. Vielmehr soll durch das Verhalten der Personen organisatorisch ein Zusammentref- fen mit den Blitzgefahren weitgehend verhindert werden. Allerdings gilt auch hier: Andere Einschät- zungen bzw. Abmessungen (z. B. auch Flutlichtan- lagen, nahe gelegene Gebäude) könnten auf die Notwendigkeit technischer Maßnahmen (z. B. Po- tenzialausgleich und Erdung oder ein Blitzschutz- system der Schutzklasse IV) Einfluss haben.

## Folgerungen

Es zeigt sich, dass die Anwendung der Berech- nungsverfahren aus VDE V 0185 Teil 2:2002-11 auch für den Fall von nach oben offenen Zuschau- eranlagen möglich ist. Die hier auftretende Scha-

densursache C1/P eines Direkteinschlags in Per- sonen kann als Ergänzung der originären Scha- densursache C1 behandelt werden.

Aus den Rechnungen können zwar Empfehlungen zu Blitzschutzmaßnahmen für Zuschaueranlagen in Sportstadien unterschiedlicher Größen formuliert werden. Es muss allerdings darauf hingewiesen werden, dass die hier dargestellten drei Beispiele keinesfalls allgemeinen Charakter haben; damit dürfen aus den Ergebnissen auch keine allgemei- nen Vorschriften für solche Anlagen abgeleitet werden.

In einem konkreten Fall ist also zu bewerten, in- wieweit durch

- technische Maßnahmen und/oder
- organisatorische und administrative Maß- nahmen

das Risiko für Direkteinschläge in Personen und für Berührungs- und Schrittspannungen ausreichend reduziert werden kann. Solche Schutzmaßnahmen und weitere Informationen zum „Blitzschutz für Zu- schaueranlagen“ sind im gleichnamigen Merkblatt beschrieben.

## Herausgeber

VDE Verband der Elektrotechnik  
Elektronik Informationstechnik e.V.

Ausschuss für Blitzschutz und  
Blitzforschung (ABB)  
Stresemannallee 15  
60596 Frankfurt  
Tel. +49 69 6308-235  
Fax. +49 69 6312925  
abb@vde.com  
<http://www.vde.com/abb>

# Anhang

**Tabelle 1: Daten für die Beispiele 1 bis 3 ohne Schutzmaßnahmen**

Parameter	Beispiel 1 (Großstadion)	Beispiel 2 (Stadion)	Beispiel 3 (Sportplatz)
Blitzdichte $N_g$ ( $\text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ )	4 <sup>1)</sup>	4 <sup>1)</sup>	4 <sup>1)</sup>
Länge L (m)	200 <sup>2)</sup>	100 <sup>3)</sup>	400 <sup>4)</sup>
Breite W (m)	150 <sup>2)</sup>	15 <sup>3)</sup>	1 <sup>4)</sup>
Höhe H (m)	30	10	2
Umgebungsfaktor $C_d$	1	1	1
Bodenbeschaffenheit $p_a$	0,01	0,01	0,01
Berührschutz und Potentialsteuerung $r_a$	1	1	1
Äußerer Blitzschutz $r_s$	1	1	1
Erhöhungsfaktor h	20	10	2
Betroffene Personen durch Berührungs-/Schrittspannungen $n_{a/S}$	750 <sup>5)</sup>	1200 <sup>5)</sup>	50 <sup>5)</sup>
Betroffene Personen durch Direkteinschlag $n_{a/P}$	15 <sup>5)</sup>	30 <sup>5)</sup>	3 <sup>5)</sup>
Gesamtzahl Personen $n_t$	50.000	5.000	1.000
Aufenthaltsdauer t (h)	200	200	200
Berechnetes Risiko R ( $\text{a}^{-1}$ )	$12,2 \cdot 10^{-5}$	$10,8 \cdot 10^{-5}$	$0,42 \cdot 10^{-5}$
Akzeptierbares Risiko $R_a$ ( $\text{a}^{-1}$ )	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$
Ergebnis	$R > R_a$	$R > R_a$	$R < R_a$

**Anmerkungen:**

- 1) Die Blitzdichte von 4 Einschlägen pro Jahr und  $\text{km}^2$  wird nach VDE V 0185 Teil 2: 2002-1, Anhang E noch mit dem Sicherheitsfaktor 1,25 multipliziert.
- 2) Als Fangfläche wird hier das gesamte Stadion angesehen, da sich der Spielfeld-Bereich aufgrund der Höhe der Tribünen weitgehend in deren Fangbereich befindet.
- 3) Als Fangfläche wird hier eine Tribüne auf einer Seite des Stadions angesetzt.
- 4) Die Zuschauer gruppieren sich hier einreihig komplett um den Sportplatz herum.
- 5) Weitere Informationen zur Anzahl der betroffenen Personen durch Berührungs-/ Schrittspannungen und durch Direkteinschlag können dem Merkblatt „Blitzschutz für Zuschaueranlagen“ entnommen werden.

**Tabelle 2: Daten für die Beispiele 1 und 2 mit Schutzmaßnahmen.**

Parameter	Beispiel 1 (Großstadion)	Beispiel 2 (Stadion)
Berührschutz und Potentialsteuerung $r_a$	0,001	0,001
Äußerer Blitzschutz $r_s$	0,1	0,1
Berechnetes Risiko ( $\text{a}^{-1}$ )	$0,81 \cdot 10^{-5}$	$0,77 \cdot 10^{-5}$
Akzeptierbares Risiko ( $\text{a}^{-1}$ )	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$
Ergebnis	$R < R_a$	$R < R_a$