

Risikomanagement nach DIN V 0185-2 VDE V 0185 Teil 2: 2002-11 – Einige Beispiele und erste Erfahrungen

Prof. Dr.-Ing. Alexander Kern
Fachhochschule Aachen, Abt. Jülich

1. Einführung

Die neue Vornorm VDE V 0185 Teil 2 „Risikomanagement: Abschätzung des Schadensrisikos für bauliche Anlagen“ [1] ist seit November 2002 gültig. Sie ermöglicht nicht nur die Ermittlung der Schutzklasse eines Blitzschutzsystems, sondern auch die Untersuchung zur Notwendigkeit anderer Schutzmaßnahmen gegen Blitzeinwirkungen (Überspannungsschutzgeräte in Unterverteilern und/oder an Endgeräten, Schirmung des Gebäudes und/oder interner Räume, Potentialsteuerung, Brandmelde- und Feuerlöscheinrichtungen, etc.) nach objektiven Kriterien und damit in einer für alle Beteiligten grundsätzlich nachvollziehbaren Art und Weise. Dass eine solche Analyse rel. komplex sein muss und der intensiven Beschäftigung bedarf, ist deshalb nicht verwunderlich. Die Komplexität des Verfahrens sollte allerdings nicht dazu führen, die Vornorm als Ganzes abzulehnen.

Die Vornorm beruht auf dem Stand der Diskussion im internationalen Normengremium IEC TC81 WG9 Ende des Jahres 2000. Integriert wurden einige nationale Besonderheiten, die aus Sicht des zuständigen Normenkomitees DKE K251 erforderlich erschienen. In Deutschland konnten und können nun erste breite Erfahrungen in der Anwendung dieser Risikoanalyse gesammelt werden; in anderen Ländern ist dies noch nicht möglich. Diese Erfahrungen können dann, nach Diskussion im nationalen Rahmen, in die internationale Normenarbeit eingebracht werden.

Im folgenden Beitrag sollen einige, seit Erscheinen der Vornorm oft wiederkehrende Fragen dargestellt und Lösungsvorschläge vorgestellt werden. Dabei wird auch auf die Tendenzen im internationalen Normengremium IEC TC81 WG9 eingegangen, d.h. auf den aktuellen Entwurf zur IEC 62305-2 [3]. Die Lösungsvorschläge werden begründet, sind allerdings weitestgehend subjektive Meinung des Autors.

Für übliche bauliche Anlagen ist die Anwendung der Vornorm rel. einfach möglich. Auch für spezielle Fälle können die darin festgelegten Verfahren herangezogen werden; allerdings sind dann einige weiterführende Überlegungen notwendig, die der Planer von Blitzschutzsystemen durchführen muss. Anhand zweier Beispiele soll die Anwendung der VDE V 0185 Teil 2 auf solche speziellen Fälle dargestellt werden.

2. Abschätzung der äquivalenten Fangfläche

In Anhang A der VDE V 0185 Teil 2 ist das Verfahren zur Bestimmung der äquivalenten Fangfläche A_d einer freistehenden baulichen Anlage beschrieben. Dabei wird an den jeweils höchsten Punkten der baulichen Anlage eine Gerade als Tangente angesetzt, die mit einer Steigung von 1/3 bis zur Erdbodenoberfläche gezogen wird. Die Schnittlinie dieser Tangente mit der Erdbodenoberfläche begrenzt die äquivalente Fangfläche A_d . Für eine freistehende, rechteckförmige bauliche Anlage der Länge L , Breite W und Höhe H ergibt sich damit:

$$A_d = L \cdot W + 6 \cdot H \cdot (L + W) + 9 \cdot p \cdot H^2 \quad (1)$$

Diese Gleichung ist mehrfach in Normen für das Referenzobjekt „Quader“ dargestellt [1,2,3]. Reale bauliche Anlagen lassen sich aber häufig nicht als einfache „Quader“ nachbilden. Soll A_d für eine komplexere Geometrie ermittelt werden, so muss man wieder von der hinter Gleichung (1) stehenden, oben genannten Überlegung (Tangente mit Steigung 1/3) ausgehen. Man erhält die beschriebene Schnittlinie danach auch, indem man die Außenwände der baulichen Anlage, um den Faktor 3 verlängert, „nach außen kippen“ lässt. Um die Ecken der baulichen Anlage herum verbindet man dann diese Teilflächen mit Viertelkreisen der Radien $3 \cdot H$.

ANMERKUNG: Die Verlängerung der Außenwände um den Faktor 3 ergibt sich, wenn man um und über die freistehende bauliche Anlage eine „Blitzkugel“ mit dem Radius $R = 5 \cdot H$ rollt. Diese „Blitzkugel“ berührt die Erdbodenoberfläche in einer Entfernung von ca. $3 \cdot H$ von der baulichen Anlage. Näheres dazu siehe [4].

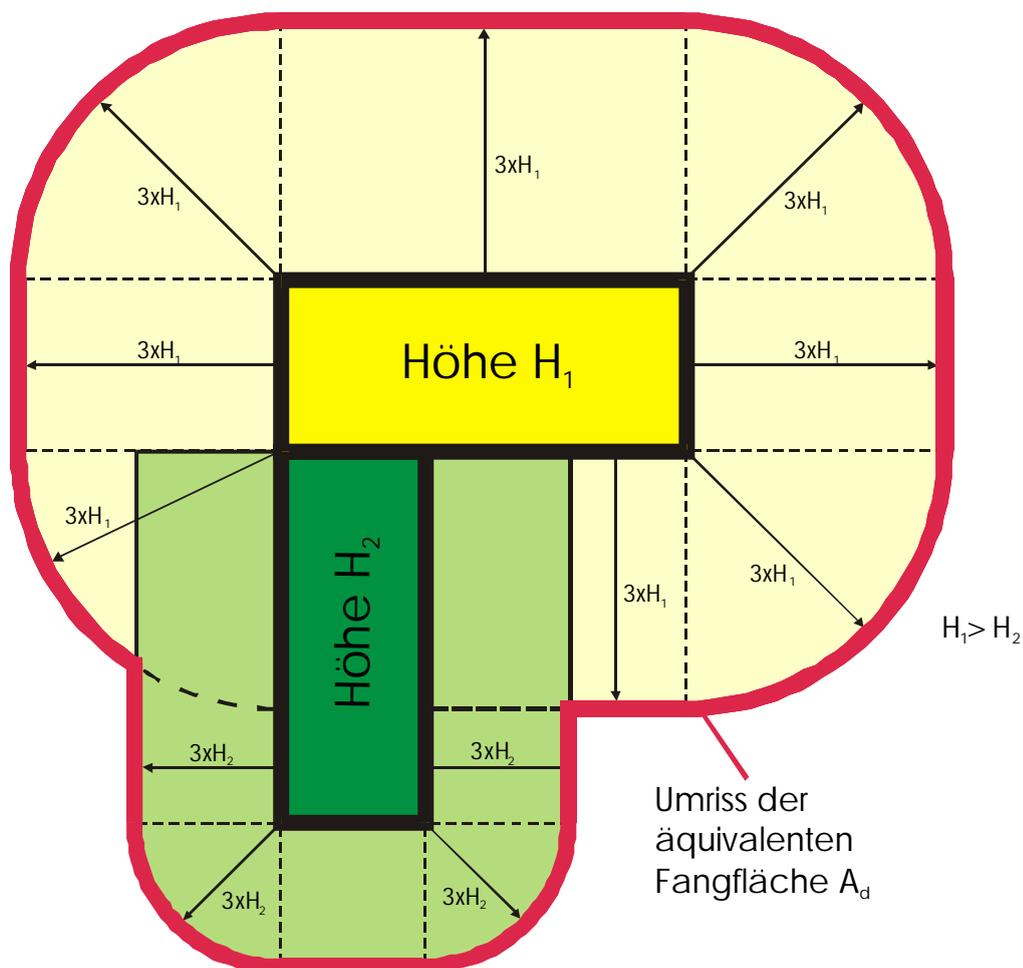


Bild 1: Äquivalente Fangfläche A_d eines L-förmigen Gebäudes mit zwei Gebäudeteilen unterschiedlicher Höhen H_1 und H_2 .

Die genannte grundsätzliche Vorgehensweise kann nun auch auf andere Geometrien übertragen werden. **Bild 1** zeigt als Beispiel ein L-förmiges Gebäude mit zwei Gebäudeteilen unterschiedlicher Höhen H_1 und H_2 . Man erkennt, wie die Außenwände der beiden Gebäudeteile, jeweils um den Faktor 3 verlängert, nach außen gekippt sind und durch die um die Gebäudeecken gezogenen Viertelkreise mit den relevanten Radien ($3 \cdot H_1$) bzw. ($3 \cdot H_2$) verbunden werden. Überlappen sich Teilflächen, ist die Überlappungsfläche natürlich nur einmal heran zu ziehen. Die äquivalente Fangfläche wird durch die äußere Begrenzungsline aller Teilflächen gebildet.

Will oder kann man eine solche detaillierte Analyse der äquivalenten Fangfläche nicht durchführen, so kann A_d auch mittels der folgenden einfachen Überlegungen aus den Abmessungen der baulichen Anlage abgeschätzt werden (wegen der vielfältigen Geometrien baulicher Anlagen gibt es dabei allerdings keine allgemeingültige Beziehung):

- Zieht man die maximalen Werte für Länge, Breite und Höhe heran, und betrachtet man dann die bauliche Anlage als rechteckförmig, so lässt sich Gleichung (1) wieder anwenden, wobei das Ergebnis immer auf der sicheren Seite liegt, d.h. sehr konservativ ist. Diese Überlegung führt für das E-förmige Gebäude aus **Bild 2** zum besten Ergebnis, da dieses Gebäude annähernd quaderförmig ist.
- Nimmt man dagegen die Mittelwerte für Länge, Breite und Höhe der baulichen Anlage und setzt diese in Gleichung (1) an, so ergibt sich in vielen Fällen ein realistisches Ergebnis, das im Einzelfall aber auch (zu) optimistisch sein kann. Diese Überlegung ist hier für das T-förmige Gebäude aus **Bild 2** korrekt, für das E-förmige Gebäude dagegen nicht zu empfehlen.
- Möglich ist auch eine flächengleiche Umrechnung der beliebig geformten baulichen Anlage in eine kreisrunde mit Radius R. Die Begrenzung von A_d ergibt sich, wenn R um die dreifache Gebäudehöhe verlängert wird.

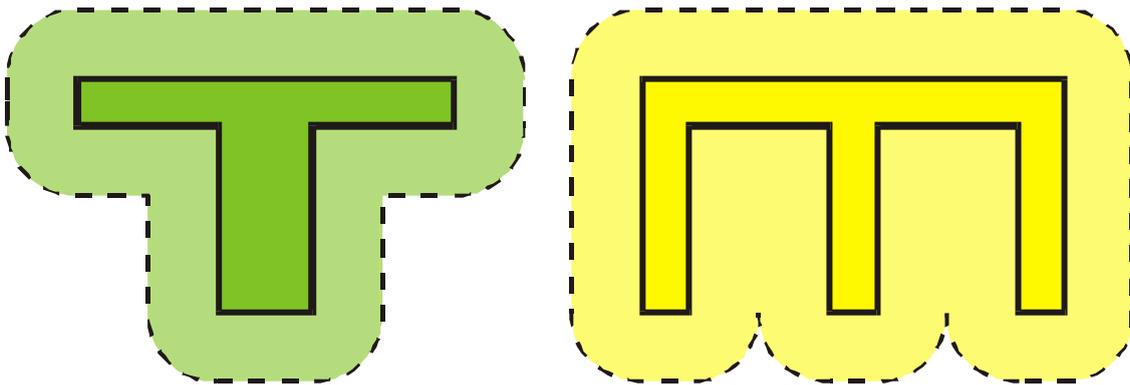


Bild 2: Zwei grundsätzliche Gebäudetypen mit skizzierten äquivalenten Fangflächen.

Benachbarte Objekte sind dann zu berücksichtigen, wenn sie sich innerhalb der äquivalenten Fangfläche A_d der freistehenden baulichen Anlage befinden [1]. Dafür wurde ein pauschaler Umgebungsfaktor C_d eingeführt. Die Genauigkeit dieser pauschalen Berücksichtigung der Umgebung ist für übliche Aufgabenstellungen ausreichend; allerdings kann mit der in **Bild 1** dargestellten Vorgehensweise auch hier ein exakteres Ergebnis erzielt werden.

Die bauliche Anlage muss dabei gemeinsam mit benachbarten Objekten dargestellt werden. Dann wird eine „Blitzkugel“ mit dem Radius $R = 5 \cdot H$ (H ist die maximale Gebäudehöhe) um die bauliche Anlage herum gerollt, wobei sie die bauliche Anlage, die benachbarten Objekte (Höhe H_s) und ggf. den Erdboden berührt. Die Linien der jeweils tiefsten Punkte der „Blitzkugel“ stellen die Grenze der äquivalenten Fangfläche A_d der betrachteten baulichen Anlage dar (**Bild 3**). Dieses Verfahren basiert auf denselben blitz-physikalischen Grundlagen wie das „Blitzkugel“-Verfahren zur Schutzraumbestimmung [5,6]. Es liefert exaktere Ergebnisse als die pauschale Berücksichtigung der Umgebung nach [1]; allerdings stellt es auch einen wesentlich höheren Aufwand dar.

Tabelle 1: Werte der einfachen Wahrscheinlichkeit p_s zur Beschreibung der Schirmungseigenschaften der baulichen Anlage (nach [1]).

Art der baulichen Anlage	p_s
Ziegel, Mauerwerk, brennbare Materialien, Holz, nichtleitendes Material, nicht durchverbundene Fertigbetonteile	1
Bewehrter Ortbeton, Stahlstützen (oder Ableitungen) im Abstand bis 20 m	0,2
Bewehrter Ortbeton, Stahlstützen (oder Ableitungen) im Abstand bis 10 m	0,1
Bewehrter Ortbeton, Stahlstützen (oder Ableitungen) im Abstand bis 5 m	0,05
Bewehrter Ortbeton, Stahlstützen (oder Ableitungen) im Abstand bis 2 m	0,02
Metallfassaden, bewehrter Ortbeton mit Fensterflächen (> 20 % der Gesamtfläche) oder Metallgitter mit Maschenweiten bis 1 m	0,01
Metallfassaden, bewehrter Ortbeton mit Fensterflächen (< 20 % der Gesamtfläche) oder Metallgitter mit Maschenweiten bis 0,5 m	0,005
<p>ANMERKUNG 1 Gitterförmige Schirme um die Blitzschutzzone 1 müssen die Bedingungen für einen Äußeren Blitzschutz erfüllen, wenn direkte Blitzeinschläge möglich sind.</p> <p>ANMERKUNG 2 Wenn von ungeschützten (direkt blitzeinschlaggefährdeten) Dachaufbauten nicht-beschaltete elektrische Leitungen und metallene Versorgungsleitungen in die bauliche Anlage eingeführt werden (z. B. von Antennen, elektrischen Einrichtungen, Klimaanlage usw.), gilt $p_s = 1$ (Faradayscher Locheffekt).</p> <p>ANMERKUNG 3 Die Werte für $p_s < 1$ sind nur dann anzusetzen, wenn die gitterförmigen Schirme (bewehrter Ortbeton, Stahlstützen, Metallfassaden) durchverbunden sind.</p>	

Die Werte der **Tabelle 1** sind aus typischen Werten der Schirmdämpfung äußerer Gebäudeschirme (Blitzschutzzone 1) ermittelt worden. Im Falle von inneren Blitzschutzzone (2 und höher) können auch Raumschirme (einlagige Bewehrungsmatten, Metallbleche, Metallfolien, etc.) auftreten, die nicht in Tabelle 1 genannt werden. Sind für diese Raumschirme Schirmdämpfungswerte bekannt, so können die (zusätzlichen) Werte für p_s daraus abgeleitet und verwendet werden.

4. Einfluss eines Isoliertransformators am Leitungseintritt in das Gebäude

Die Möglichkeit, Schäden durch Isoliertransformatoren am Gebäudeeintritt von elektrischen Versorgungsleitungen zu verringern bzw. ihre Wahrscheinlichkeit zu reduzieren, wurde bis Mitte 2001 im internationalen Normungsgremium IEC TC81 WG9 diskutiert. In den entsprechenden Arbeitspapieren war diese Schutzmöglichkeit enthalten; konsequenterweise wurde sie damit auch in die deutsche VDE V 0185 Teil 2 übernommen. Unter Isoliertransformator wird dabei ein vollständig isolierter Transformator mit einer Spannungsfestigkeit zwischen den Primär- und Sekundärwicklungen von > 5 kV Wechselspannung verstanden.

Aus Sicht des Blitzschutzes ist allerdings diese Spannungsfestigkeit nicht in allen Fällen ausreichend, so dass eine Wahrscheinlichkeit der Schadensreduktion nicht belastbar angegeben werden kann, insbesondere nicht bei Blitzteilströmen über die Versorgungsleitungen; im worst-case Fall ist der Isoliertransformator überhaupt nicht wirksam. Deshalb wurde der (in der Praxis auch seltene) Isoliertransformator in der Zwischenzeit aus den Entwürfen zur IEC 62305-2 [3] entfernt. Bei einer Überarbeitung der VDE V 0185 Teil 2 wird die Maßnahme „Isoliertransformator am Leitungseintritt“ wohl ebenfalls gestrichen. Daher wird empfohlen, diese Maßnahme bereits jetzt nicht mehr bei Risikoabschätzungen anzuwenden.

Wird bei einer Versorgungsleitung eine Hochspannung (z.B. 10 kV) mittels eines Transformators auf eine Niederspannung (z.B. 230/400 V) umgespannt, so wird dies durch die verringerten äquivalente Fangflächen der Versorgungsleitung (Faktor $C_t = 0,25$ nach [1], Anhang A) berücksichtigt: Die Fläche, innerhalb der niedergehende Blitzentladungen Überspannungen und Durchschläge von Isolierungen erzeugen können, ist bei Hochspannungsleitungen kleiner als bei Niederspannungsleitungen. Die Auswirkung dieses Transformators (kein Isoliertransformator !) wird auch zukünftig unverändert in der Berechnung erhalten bleiben [3].

5. Überspannungsschutzgeräte an internen Einrichtungen

Tabelle 2: Werte des Reduktionsfaktors r_w für Überspannungsschutzgeräte (SPD) an internen Einrichtungen (nach [1]).

Schutzmaßnahme	
Überspannungsschutz an internen Einrichtungen:	
– nicht vorhanden	$r_w = 1$
– Isoliertransformator an allen Geräten ^a	$r_w = 0,1$
– Überspannungsschutzgeräte in allen Unterverteilern ^a	$r_w = 0,1$
– Überspannungsschutzgeräte an allen Geräten ^a	$r_w = 0,01$
– Überspannungsschutzgeräte in allen Unterverteilern <u>und</u> Geräten ^a	$r_w = 0,001$
^a Die Werte für $r_w < 1$ sind nur dann anzusetzen, wenn die Schutzmaßnahmen für <u>alle</u> internen Einrichtungen gelten.	
ANMERKUNG Es wird vorausgesetzt, dass alle Überspannungsschutzgeräte den jeweils normativen Anforderungen entsprechen, insbesondere hinsichtlich der im Anwendungsfall erforderlichen Blitzstrom-Tragfähigkeit, und dass sie untereinander bzw. mit den zu schützenden Endgeräten normgerecht koordiniert sind.	

Tabelle 2 zeigt die in VDE V 0185 Teil 2 definierten, grundsätzlichen Möglichkeiten für den aktiven Überspannungsschutz an internen Einrichtungen, d.h. die über den Blitzschutz-Potentialausgleich am Gebäudeeintritt der Versorgungsleitungen hinaus gehenden Überspannungsschutzgeräte. Dabei wird nicht unterschieden in energietechnische und informationstechnische Systeme bzw. Geräte. Dies kann gelegentlich zu widersprüchlichen Interpretationen bei konkreten Aufgabenstellungen führen. Aus Sicht des Autors setzen die einzelnen Kategorien folgendes voraus:

- Soll in einer Blitzschutzzone (BSZ), die auch eine gesamte bauliche Anlage umfassen kann (aber nicht muss), ein Wert von $r_w < 1$ angesetzt werden, so muss der Überspannungsschutz für alle Systeme bzw. Leitungen gelten, d.h. nicht nur für die energietechnischen Leitungen sondern, falls vorhanden, auch für die informationstechnischen.
- Der Wert $r_w = 0,1$ gilt für den Einsatz von SPD in allen Unterverteilern der jeweiligen BSZ, d.h. einige m bis einige 10 m entfernt von den Endgeräten und nicht am Übergang der BSZ.
- Der Wert $r_w = 0,01$ gilt für den Einsatz von SPD an allen Endgeräten in der jeweiligen BSZ. Ist man in der Lage, die BSZ mit einem wirksamen elektromagnetischen Schirm zu versehen, so kann der Einsatzort der SPD auch an den BSZ-Übergang, d.h. an die Schirmung, verlegt werden. Im Inneren der höherwertigen BSZ sind dann keine relevanten (elektro-) magnetischen Einkopplungen mehr zu erwarten; die SPD erfüllen ein hohes Schutzniveau. Dieses Konzept kann helfen, einen technisch/wirtschaftlich besser ausgewogenen Schutz

zu realisieren, bedarf allerdings der detaillierten Planung nach dem Blitzschutzkonzept gemäß VDE V 0185 Teil 4 [7].

- Der Wert $r_w = 0,01$ für energietechnische Systeme bzw. Leitungen ist gültig für SPD mit Klasse III-Prüfung an den Geräteeingängen (oder den BSZ-Übergängen). Solche SPD setzen im Rahmen der energetischen SPD-Koordinierung und der Isolationskoordination vorgeschaltete SPD mit Klasse II-Prüfung (üblicherweise in Unterverteilern !) und SPD mit Klasse I-Prüfung am Gebäudeeintritt der Leitungen voraus. Ein alleiniger Einsatz von SPD an den Geräteeingängen ohne SPD in Unterverteilern ist für energietechnische Systeme bzw. Leitungen nicht sinnvoll möglich. Werden also in der Energietechnik SPD mit Klasse II-Prüfung koordiniert mit nachgeschalteten SPD mit Klasse III-Prüfung eingesetzt, so sollte der realistische Wert $r_w = 0,01$ (und nicht $r_w = 0,001$) angesetzt werden.
- Bei informationstechnischen Systemen bzw. Leitungen ist dagegen ein Einsatz von SPD entweder nur in Unterverteilern, nur an Endgeräten oder auch an beiden Stellen möglich. Dafür gelten die in Tabelle 2 genannten Werte $r_w = 0,1/0,01/0,001$.

Im aktuellen Entwurf der IEC 62305-2 [3] stellt sich die beschriebene Thematik so nicht mehr. Hier wird für einen Wert von 0,01 vorausgesetzt, dass ein vollständiges System aus SPD nach IEC 62305-4 [8] unter Berücksichtigung aller Koordinationsanforderungen und in normgerechter Installation existiert. Wird der Entwurf der IEC 62305-2 unverändert in eine europäische und dann deutsche Norm umgesetzt, so bestehen künftig wesentlich weniger Auswahlmöglichkeiten für die Parameterwerte r_w .

6. Grundsätzliches zu Schadensfaktoren

In VDE V 0185 Teil 2, Anhang C werden für die Schadensfaktoren δ_v typische Werte aufgeführt. Sie sollen herangezogen werden, wenn die Bestimmung der Schadensfaktoren δ_v nach den in Anhang C genannten Gleichungen als unsicher oder zu schwierig erscheint. Es hat sich allerdings gezeigt, dass in der Praxis nahezu ausnahmslos die typischen Werte verwendet werden; die grundlegenden Gleichungen werden offensichtlich äußerst selten genutzt. Damit wird natürlich die individuelle Schadensneigung einer baulichen Anlage, d.h. das individuelle Ausmaß oder die individuelle Konsequenz bei einem Schaden, nur unzureichend gewürdigt. Zwei Beispiele sollen dies zeigen.

Für die Schadensart D1: Verletzung oder Tod von Personen wird für ein Krankenhaus ein typischer Wert des Schadensfaktors für Überspannungen von $\delta_o = 0,0005$ aufgeführt [1]. Dieser Wert soll und kann angesetzt werden, wenn Störungen an elektrischen und elektronischen Systemen durch Überspannungen unmittelbar Menschenleben gefährden können. Dies gilt hier insbesondere für Intensivstationen. Im Falle größerer (Universitäts-) Kliniken mit einer größeren Anzahl von Intensivbetten bzw. ständiger intensiv-medizinischer Behandlung mehrerer Patienten kann der Faktor δ_o allerdings deutlich höher ausfallen, wenn folgende grundlegende Beziehung [1] herangezogen wird:

$$d_o = \frac{n}{n_t} \cdot \frac{t}{8760} \quad (2)$$

Werden in Gleichung (2) für die relevanten Größen die folgenden Werte beispielhaft verwendet:

- $n = 10$: Anzahl der möglichen Opfer, ermittelt aus der angenommenen Anzahl der ständig belegten Intensivbetten (20) und einem Prozentsatz von 50% potentiell betroffener Patienten;
- $n_t = 1000$: Gesamtzahl von Personen in der Klinik (Patienten und Personal);
- $t = 8760$ (Stunden pro Jahr): die 20 Intensivbetten sind ganzjährig belegt;

so ergibt sich der Schadensfaktor für Überspannungen nun zu $\delta_o = 0,01$; er beträgt damit das 20-fache des o.g. typischen Wertes.

Damit wird deutlich, dass die Zuordnung des typischen Werts von $\delta_o = 0,0005$ für eine Intensivstation einer größeren Klinik nicht realistisch ist. Dieser Wert kann für übliche Fälle von Krankenhäusern mit kleineren Intensivstationen gelten. Für besondere Fälle (wie den hier zugrunde liegenden) kann man das mögliche Ausmaß eines Überspannungs-Schadens nur berücksichtigen, wenn man den Schadensfaktor individuell berechnet. Naturgemäß sind dann auch die blitzschutz-technischen Schutzmaßnahmen aufwändiger als bei den „typischen Fällen“.

Für die Schadensart D4: Wirtschaftliche Verluste wird für ein Büro- oder Verwaltungsgebäude ein typischer Wert des Schadensfaktors für Überspannungen von $\delta_o = 0,001$ aufgeführt [1]. Dieser Wert soll und kann für typische Büro- oder Verwaltungsgebäude gelten, in denen Überspannungen lediglich Schäden an elektrischen und elektronischen Systemen in einer Höhe von einigen 1.000 € verursachen können. Integriert man nun in dieses Bürogebäude ein sensibles Rechenzentrum, von dem der Betreiber eine äußerst hohe Verfügbarkeit verlangt, weil ein (ggf. auch nur sehr kurzfristiger) Ausfall hohe Folgekosten nach sich ziehen kann, so ist der genannte Wert für δ_o bei weitem nicht ausreichend. Wendet man die hierfür gültige, grundlegende Beziehung [1] an:

$$d_o = \frac{c}{c_t}; \quad (3)$$

mit: c : Wert des möglichen Verlusts an der baulichen Anlage, ihren Inhalten und der davon abhängenden Aktivitäten (hier zu 100.000 € angenommen, insbesondere durch die möglichen Ausfallkosten des Rechenzentrums);

c_t : Gesamtwert der baulichen Anlage, ihres Inhalts und der davon abhängenden Aktivitäten (hier zu 1.000.000 € angenommen);

so ergibt sich der Schadensfaktor für Überspannungen zu $\delta_o = 0,1$, damit also das 100-fache des o.g. typischen Werts.

Auch hier zeigt sich, dass das individuelle Ausmaß eines Schadens nicht immer mit dem typischen Wert von δ_o wiedergegeben werden kann. Dieser typische Wert gilt für übliche Büro- und Verwaltungsgebäude, also den Regelfall. In besonderen Fällen muss eine individuelle Abschätzung der Schadensfaktoren stattfinden.

7. Erhöhungsfaktor

Im Falle spezieller Risiken ist der Schadensfaktor δ_f mit einem Erhöhungsfaktor h zu multiplizieren. Dies gilt nur für die beiden Risiko-Komponenten R_B und R_V , d.h. für physikalische Schäden an und in der baulichen Anlage durch direkte Blitzeinschläge in die bauliche Anlage selbst oder in eingeführte Versorgungsleitungen. Hintergrund dabei

ist, dass man nur bei physikalischen Schäden, insbesondere Feuer in der baulichen Anlage, beispielsweise eine Panik unter den darin befindlichen Personen befürchten muss. Überspannungsschäden lösen eine solche Panik nicht aus.

Tabelle 3: Werte des Erhöhungsfaktors h , um den der Schadensfaktor im Falle spezieller Risiken erhöht wird (nach [1]).

Art des speziellen Risikos	h
Kein spezielles Risiko	1
Geringe Panikgefahr (z. B. bauliche Anlagen mit höchstens zwei Etagen und einer begrenzten Anzahl von höchstens 100 Besuchern)	2
Schwierigkeiten bei Evakuierung (z. B. bauliche Anlagen mit hilfsbedürftigen Personen)	5
Panikgefahr (z. B. bauliche Anlagen für kulturelle und sportliche Veranstaltungen und zwischen 100 und 1 000 Besuchern)	10
Große Panikgefahr (z. B. bauliche Anlagen für kulturelle und sportliche Veranstaltungen und mehr als 1 000 Besuchern)	20
Risiken für Umgebung oder Umwelt	20
Kontamination der Umgebung oder der Umwelt	50
ANMERKUNG 1 Im Falle von explosionsgefährdeten baulichen Anlagen können detailliertere Überlegungen zur Festlegung des Erhöhungsfaktors h erforderlich sein.	
ANMERKUNG 2 Bei der Bestimmung der Panikgefahr ist nicht nur die Anzahl der Personen entscheidend, sondern auch räumliche Enge und eingeschränkte Beweglichkeit.	

Maßgaben zur Einordnung bestimmter baulicher Anlagen sind in der **Tabelle 3** und den zugehörigen Anmerkungen genannt. Diese sollen erste Anhaltspunkte geben, sind aber insbesondere nicht als klare Definitionen zu verstehen. Die Einordnung obliegt also dem Planer in Verbindung mit dem Eigentümer/Nutzer der baulichen Anlage, wobei bereits vorhandene Festlegungen natürlich übernommen werden können. Ist eine bauliche Anlage beispielsweise unter Brandschutz-Festlegungen bereits als panikgefährdet klassifiziert, kann dies auch für den Blitzschutz gelten.

ANMERKUNG: Einige Beispiele, die die subjektive Sicht des Autors zur Einordnung von baulichen Anlagen wiedergeben, sollen die Thematik weiter erläutern und abrunden:

- Geringe Panikgefahr: z.B. für kleine Büro- und Verwaltungsgebäude, Hotels und Mehrfamilienhäuser mit max. zwei Etagen oder max. 100 darin befindlichen Personen, Restaurants, Sporthallen ohne großes Publikum;
- Schwierigkeiten bei Evakuierung: z.B. für Krankenhäuser, Alten- und Pflegeheime;
- Panikgefahr: z.B. Schulen, Kindergärten, größere Büro- und Verwaltungsgebäude und Hotels mit max. 1.000 darin befindlichen Personen, Theater, Kinos, Diskotheken, Sportveranstaltungen;
- Große Panikgefahr: z.B. Hochhäuser, Diskotheken im Keller, größere Sportveranstaltungen.

Aus den Beispielen ist keine Allgemeingültigkeit abzuleiten !

8. Aspekte zur Schadensart D4: Wirtschaftliche Verluste

Für das Risikomanagement an einer baulichen Anlage ist festzulegen, welche Schadensarten jeweils relevant sind. Für die drei Schadensarten D1 - D3, in denen ein sogenanntes „öffentliches Interesse“ besteht, sind in der VDE V 0185 Teil 2 typische Werte für das akzeptierbare Schadensrisiko R_a genannt (**Tabelle 4**).

Tabelle 4: Typische Werte für das akzeptierbare Schadensrisiko R_a (nach [1]).

Schadensart	R_a
D1 – Verlust von Menschenleben	10^{-5}
D2 – Verlust von Dienstleistungen für die Öffentlichkeit	10^{-3}
D3 – Verlust von unersetzlichem Kulturgut	10^{-3}
D4 – Verlust von wirtschaftlichen Werten	Festlegung durch Eigentümer

Für das akzeptierbare Schadensrisiko R_a der Schadensart D4: Wirtschaftliche Verluste gibt es normativ keine Vorgaben; es kann und darf auch keine geben. Die Schadensart D4 erfordert eine rein wirtschaftliche Betrachtungsweise; daher kann ein Unabhängiger (die Norm bzw. die Normensetzer) grundsätzlich nicht vorgeben, was ein Betroffener (Eigentümer, Nutzer) zu akzeptieren bereit ist. Dies ist natürlich zunächst unbefriedigend, da der Betroffene üblicherweise keine Anhaltspunkte hat, was in etwa akzeptierbar wäre. Der Autor empfiehlt daher folgende Vorgehensweise:

1. Dem Betroffenen kann und sollte für die Schadensart D4 zunächst ein Wert von $R_a = 10^{-3}$ angeraten werden. Dies kann aus den Werten für die anderen Schadensarten abgeleitet werden: Was beispielsweise für die Schadensart D2, d.h. für Verluste von Dienstleistungen für die Öffentlichkeit, also für Verluste von „öffentlichem Interesse“, in der Vornorm festgelegt ist, erscheint auch bei wirtschaftlichen Verlusten für den einzelnen Betroffenen akzeptierbar zu sein. Dies kann zumindest für den „Regelfall“ der Schadensart D4 gelten.
2. Bei aus Sicht des Betroffenen sehr sensiblen oder bedeutsamen Anlagen kann davon abweichend ein Wert von $R_a = 10^{-4}$ für die Schadensart D4 angesetzt werden. Die Anwendung dieses niedrigeren Werts ist nicht ganz unproblematisch, da die Sensibilität oder Bedeutsamkeit der Anlage (d.h. die Höhe bzw. das Ausmaß der wirtschaftlichen Verluste) ja eigentlich in den Schadensfaktoren δ_v berücksichtigt sein sollte (vgl. Abschnitt 6). Ist diese Berücksichtigung (aus welchen Gründen auch immer) nicht möglich, kann der hier für den „Sonderfall“ empfohlene, niedrigere R_a -Wert Verwendung finden. Dies sollte allerdings im konkreten Fall unbedingt mit den Betroffenen vereinbart und auch geeignet dokumentiert werden.

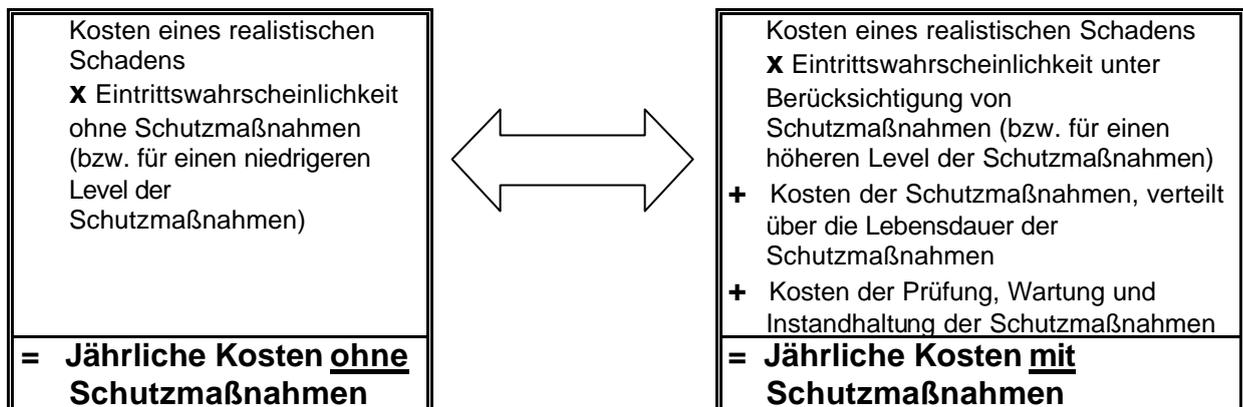


Bild 4: Gegenüberstellung der Kosten mit und ohne Schutzmaßnahmen zur Untersuchung ihrer wirtschaftlichen Effizienz.

Mit der hier genannten Empfehlung wird zwar das Verfahren zur Risikoabschätzung aus [1] unverändert auch für die Schadensart D4 übernommen; dies ist aber eindeutig nur die zweitbeste Lösung. Grundsätzlich sinnvoll wäre hier eine rein wirtschaftliche

Betrachtungsweise, also eine Gegenüberstellung der jährlichen Kosten mit und ohne blitzschutz-technische Schutzmaßnahmen (**Bild 4**).

Diese Verfahrensweise wird aktuell auf internationaler Ebene diskutiert und ist bereits im neuen Entwurf der IEC 62305-2 [3] enthalten. Problem dabei ist, die Kosten der Schutzmaßnahmen realistisch und seriös abzuschätzen. Dies gilt insbesondere dann, wenn sich die bauliche Anlage noch im Planungsstadium befindet und damit einige blitzschutz-technisch relevante Randbedingungen noch nicht bekannt sind. Hier könnten zukünftig Expertensysteme, d.h. Datenbanken mit beispielhaften Anlagenteilen und deren Kosten, eine wichtige Funktion übernehmen.

In der deutschen Vornorm VDE V 1085 Teil 2 ist dieses Verfahren noch nicht enthalten. Mit Implementierung der IEC 62305-2 als europäische und dann deutsche Norm wird diese Vorgehensweise für wirtschaftliche Verluste erst in einigen Jahren normativ beschrieben sein. Diese Tatsache sollte allerdings niemanden grundsätzlich davon abhalten, die in **Bild 4** beschriebene, rein wirtschaftliche Betrachtungsweise auch jetzt schon selbständig durchzuführen. Diese Freiheit lässt VDE V 0185 Teil 2 für die Schadensart D4 zu.

9. Beispiel Krankenhaus mit Intensivstation

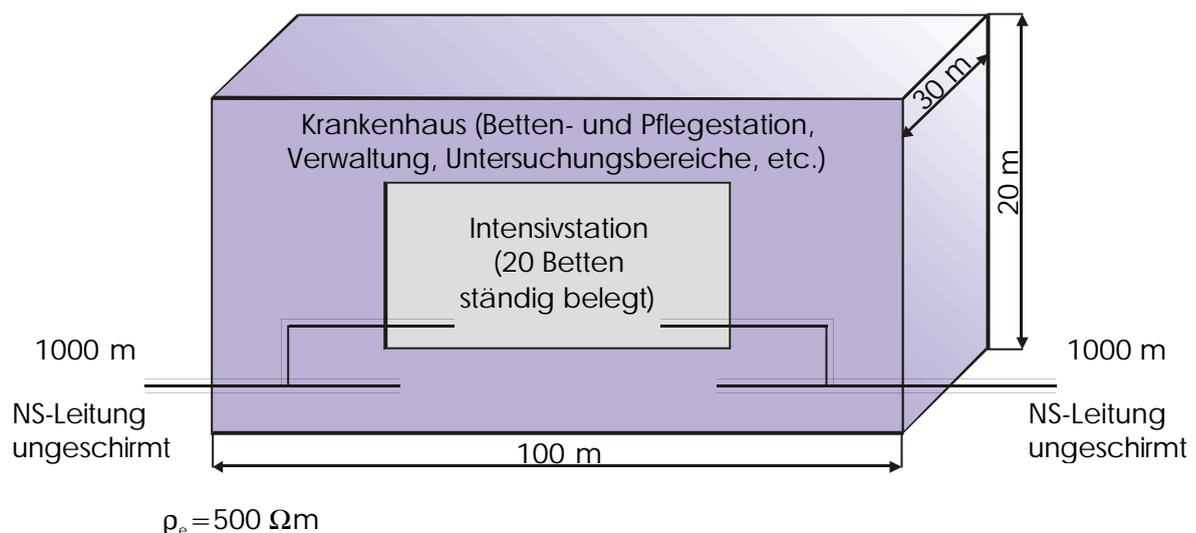


Bild 5: Krankenhaus Dortmund mit eingebetteter Intensivstation.

Das in Abschnitt 6 bezüglich des Schadensfaktors für Überspannungen δ_o begonnene Beispiel „Krankenhaus“ soll hier fortgesetzt werden, um zu zeigen, welche Schutzmaßnahmen exemplarisch erforderlich sind. Das Krankenhaus ist in **Bild 5** skizziert; weitere Charakteristika sind:

- Standort ist Dortmund, wofür eine Erdblitzdichte von $N_g = 2,35 \text{ (a}^{-1} \text{ km}^{-2}\text{)}$ angenommen werden kann;
- es steht alleine, d.h. nicht in unmittelbarer Nähe weiterer Gebäude;
- für die Schadenswahrscheinlichkeiten werden übliche Werte angenommen;
- brandschutz-technisch bewertet werden geschützte Fluchtwege und eine automatische Feuermeldeanlage;

- relevante Schadensarten sind D1 und D4, für die Schadensfaktoren δ_f und δ_o werden zunächst jeweils die typischen Werte aus [1] verwendet;
- wegen der Schwierigkeiten bei Evakuierung wird $h = 5$ angesetzt.

Für das „übliche“ Krankenhaus wird das Schutzziel ($R < R_a$ für beide Schadensarten) erreicht durch (**Tabelle 5**):

- ein Blitzschutzsystem der Schutzklasse II (LPS II) nach VDE V 0185 Teil 3;
- Überspannungsschutzgeräte mit Klasse I-Prüfung (SPD 1) an den beiden Leitungseintritten in die bauliche Anlage.

Tabelle 5: Werte des Schadensrisikos für das Beispiel Krankenhaus Dortmund.

	Schadensart D1 für gesamtes Krankenhaus (ohne Intensivstation)	Schadensart D1 für Intensivstation	Schadensart D4 für Krankenhaus
R_a	10^{-5}	10^{-5}	10^{-3}
R ohne Schutzmaßnahmen	$21,6 \cdot 10^{-5}$	$3790 \cdot 10^{-5}$	$19,7 \cdot 10^{-3}$
R mit LPS II und SPD 1	$0,887 \cdot 10^{-5}$	$55,9 \cdot 10^{-5}$	$0,315 \cdot 10^{-3}$
R mit LPS II, SPD 1 <u>und</u> SPD 2	-	$0,515 \cdot 10^{-5}$	-

Die im Krankenhaus vorhandene Intensivstation wird als eingebettete Zone (= Blitzschutzzone 2 nach [7]) mit erhöhten Anforderungen angesehen. Es gelten dafür die in Abschnitt 6 vorgestellten Randbedingungen, d.h. im Falle der Schadensart D1 ein Schadensfaktor $\delta_o = 0,01$. Nur dieser Wert ändert sich an der Einschätzung des Schadensausmaßes; die Einschätzungen zur Schadensart D4 bleiben unverändert. Um nun auch für die Intensivstation das Schutzziel zu erreichen, sollte zusätzlich realisiert werden (**Tabelle 5**):

- ein elektromagnetischer Schirm um die Intensivstation mit einer magnetischen Schirmdämpfung von > 40 dB im blitzrelevanten Frequenzbereich;
- Überspannungsschutzgeräte mit Klasse II-Prüfung (SPD 2) an den Zonenübergängen zur Intensivstation (BSZ 1/2), d.h. am o.g. elektromagnetischen Schirm.

Die Intensivstation bedarf also zusätzlicher Schutzmaßnahmen, um das hier deutlich erhöhte Schutzbedürfnis der auf lebensrettende bzw. lebenserhaltende Einrichtungen angewiesenen Intensivpatienten zu erfüllen. Für den restlichen, überwiegenden Teil des Krankenhauses sind nur die zuerst genannten Schutzmaßnahmen erforderlich.

10. Beispiel Bürogebäude mit integriertem Rechenzentrum

Auch das zweite Beispiel „Bürogebäude mit Rechenzentrum“ aus Abschnitt 6 soll hier eine Fortsetzung erfahren. Ziel ist zu zeigen, dass auch bei der Schadensart D4 abgestufte Schutzmaßnahmen erforderlich sein können, wenn die Schutzbedürftigkeit bestimmter Bereiche der baulichen Anlage deutlich höher ist. Das Bürogebäude ist in **Bild 6** skizziert; weitere Charakteristika sind:

- Standort ist Neu-Ulm, wofür eine Erdblitzdichte von $N_g = 3,29$ ($a^{-1} \text{ km}^{-2}$) angenommen werden kann;
- es steht in der Stadt und in unmittelbarer Nähe weiterer kleinerer Gebäude;

- für die Schadenswahrscheinlichkeiten werden übliche Werte angenommen;
- brandschutz-technisch bewertet werden Feuerlöscher und eine manuelle Feuermeldeanlage;
- relevante Schadensarten sind D1 und D4, für die Schadensfaktoren δ_f und δ_o werden zunächst jeweils die typischen Werte aus [1] verwendet;
- wegen des rel. kleinen Gebäudes wird $h = 2$ (geringe Panikgefahr) angesetzt.

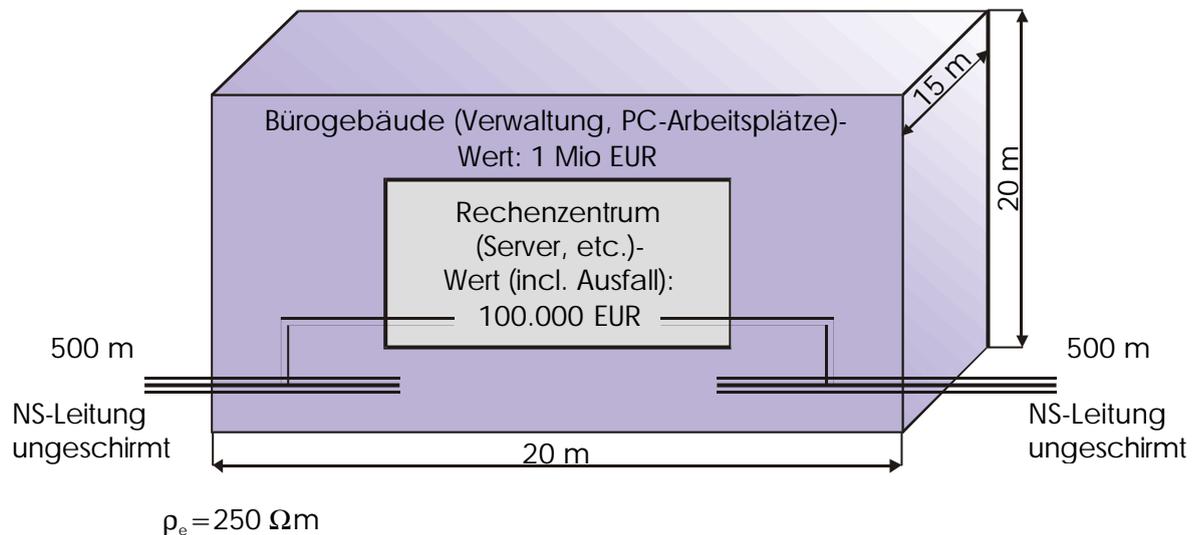


Bild 6: Bürogebäude Neu-Ulm mit integriertem Rechenzentrum.

Für das „übliche“ Bürogebäude wird das Schutzziel ($R < R_a$ für beide Schadensarten) erreicht durch (**Tabelle 6**):

- ein Blitzschutzsystem der Schutzklasse IV (LPS IV) nach VDE V 0185 Teil 3;
- Überspannungsschutzgeräte mit Klasse I-Prüfung (SPD 1) an den beiden Leitungseintritten in die bauliche Anlage.

Das innerhalb des Bürogebäudes befindliche Rechenzentrum wird wiederum als eingebettete Zone (= Blitzschutzzone 2 nach [7]) mit erhöhten Anforderungen angesehen. Es gelten dafür die in Abschnitt 6 vorgestellten Randbedingungen, d.h. im Falle der Schadensart D4 ein Schadensfaktor $\delta_o = 0,1$. Nur dieser Wert ändert sich an der Einschätzung des Schadensausmaßes; die Einschätzungen zur Schadensart D1 bleiben natürlich unverändert. Um dann auch für das Rechenzentrum das Schutzziel zu erreichen, sollte zusätzlich realisiert werden (**Tabelle 6**):

- Überspannungsschutzgeräte mit Klasse II-Prüfung (SPD 2) an allen Eingängen der Geräte im Rechenzentrum;
- oder elektromagnetischer Schirm um das Rechenzentrum mit einer magnetischen Schirmdämpfung von > 20 dB im blitzrelevanten Frequenzbereich und Überspannungsschutzgeräte mit Klasse II-Prüfung (SPD 2) nur an den Zonenübergängen von außen in das Rechenzentrum (BSZ 1/2), d.h. am o.g. elektromagnetischen Schirm.

ANMERKUNG: Die hier aufgeführte zweite Alternative erscheint aus Sicht eines technisch/wirtschaftlich optimierten Blitzschutzkonzepts nach [7] sinnvoller, da dadurch die Zahl der Überspannungsschutzgeräte SPD 2 wohl deutlich kleiner gehalten werden kann.

Tabelle 6: Werte des Schadensrisikos für das Beispiel Bürogebäude mit Rechenzentrum Neu-Ulm.

	Schadensart D1	Schadensart D4 für Bürogebäude (ohne Rechenzentrum)	Schadensart D4 für Rechenzentrum
R _a	10 ⁻⁵	10 ⁻³	10 ⁻³
R ohne Schutzmaßnahmen	5,08*10 ⁻⁵	3,33*10 ⁻³	332*10 ⁻³
R mit LPS II und SPD 1	0,887*10 ⁻⁵	0,566*10 ⁻³	54,6*10 ⁻³
R mit LPS II, SPD 1 <u>und</u> SPD 2	-	-	0,566*10 ⁻³

Das Rechenzentrum bedarf also ebenfalls zusätzlicher Schutzmaßnahmen, um hier das deutlich erhöhte Ausmaß eines wirtschaftlichen Schadens bei Blitzeinwirkung zu beherrschen. Für den restlichen, überwiegenden Teil des Bürogebäudes sind nur die zuerst genannten Schutzmaßnahmen (d.h. insbesondere nur ein Blitzschutzsystem der Schutzklasse IV nach VDE V 0185 Teil 3) erforderlich.

11. Ausblick

Mit diesem Beitrag wird versucht, einige Punkte aus der VDE V 0185 Teil 2 eingehender zu diskutieren, die korrekte Anwendung bestimmter Parameter und deren Werte aufzuzeigen und bei Unklarheiten Lösungsmöglichkeiten anzubieten. Naturgemäß kann diese Darstellung nicht annähernd vollständig sein; es wird immer konkrete Fälle von Risikoabschätzungen geben, in denen einfache Lösungen nicht möglich sind. Hier können Überlegungen erforderlich sein, die noch weit über die beiden, hier aufgeführten Beispiele hinaus gehen und bei denen Vorgaben aus der VDE V 0185 Teil 2 nicht unmittelbar übernommen, sondern vielmehr deren Inhalte interpretiert werden müssen. Die VDE V 0185 Teil 2 gibt dann für solche gutachterlichen Stellungnahmen den Rahmen vor, in denen sich die Überlegungen der Experten bewegen können. Man wird abwarten müssen, inwieweit damit auch sehr komplexe Fragestellungen befriedigend behandelt werden können.

12. Literatur

- [1] DIN V VDE V 0185-2 (VDE V 0185 Teil 2): 2002-11: Blitzschutz – Teil 2: Risikomanagement: Abschätzung des Schadensrisikos für bauliche Anlagen.
- [2] DIN V ENV 61024-1 (VDE V 0185 Teil 100): 1996-08: Gebäudeblitzschutz – Teil 1: Allgemeines.
- [3] IEC 81/213/CD (Draft IEC 62305-2 Ed. 1.0): 2003-03: Protection against lightning - Part 2: Risk management.
- [4] Hasse, P.; Wiesinger, J.: Blitzschutz der Elektronik. VDE Verlag Berlin/Offenbach - Pflaum Verlag München; 1999.
- [5] Hasse, P.; Wiesinger, J.: Handbuch für Blitzschutz und Erdung. VDE Verlag Berlin/Offenbach - Pflaum Verlag München; 4. Auflage, 1993.
- [6] DIN V VDE V 0185-3 (VDE V 0185 Teil 3): 2002-11: Blitzschutz – Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen.
- [7] DIN V VDE V 0185-4 (VDE V 0185 Teil 4): 2002-11: Blitzschutz – Teil 4: Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen.
- [8] IEC 81/212/CD (Draft IEC 62305-4 Ed. 1.0): 2003-03: Protection against lightning - Part 4: Electrical and electronic systems within structures.

Adresse des Autors:

Prof. Dr.-Ing. Alexander Kern, Fachhochschule Aachen, Abt. Jülich
 Ginsterweg 1, D - 52428 Jülich
 Tel: 02461/99-3042

Fax: 02461/99-3262

e-mail: a.kern@fh-aachen.de