



Auswahl von Blitzschutzmaßnahmen nach DIN EN 62305 (VDE 0185-305-x)

Alexander Kern • Christof Schelthoff

Mit der Veröffentlichung der Blitzschutznormenreihe DIN EN 62305 (VDE 0185-305-x) im Jahr 2006 ergeben sich im Besonderen im Teil 2 „Risikomanagement“ wesentliche Neuerungen. Neben neuen Parametern und Berechnungsverfahren kommt nun erstmals vertieft die wirtschaftliche Komponente zur Notwendigkeit und Auswahl von Schutzmaßnahmen zur Geltung. Der Artikel erläutert die Grundlagen, die Änderungen und die Software, mit deren Hilfe die Berechnungen durchgeführt werden.

Im Oktober 2006 wurden die vier neuen Blitzschutznormen der Reihe DIN EN 62305 (VDE 0185-305-x) veröffentlicht. Diese neuen Normen ersetzen die Vornormen der Reihe DIN V VDE V 0185 (VDE V 0185) aus dem Jahr 2002 [1]. Die Klassifizierung als VDE 0185-305-1 bis -4 [2-5] zeigt, dass es sich um neue Normen handelt, die nicht vollständig der Vornormenreihe VDE V 0185 entsprechen. Allerdings fallen die Neuerungen für die vier Normenteile sehr unterschiedlich aus. Der Teil 2 „Risikomanagement“ weist wohl die größten Neuerungen und Modifikationen auf. Dies ist im Besonderen folgenden Umständen geschuldet:

- es werden hier keine Schutzmaßnahmen beschrieben, bei denen signifikante Änderungen nur relativ schwer zu implementieren sind,
- es werden vielmehr Berechnungsverfahren, also Gleichungen, Parameter und deren Werte festgelegt, bei denen naturgemäß Modifikationen sehr einfach möglich sind,
- für diesen Normenteil lagen die geringsten Erfahrungen vor, sodass hier auch noch die bedeutendsten Anpassungen zu erwarten waren.

Unverändert geblieben ist zunächst die allgemeine Vorgehensweise bei der Abschätzung des Schadenrisikos. Das Risiko bzw. die einzelnen Risikokomponenten ergeben sich weiterhin als Produkt aus der Häufigkeit N der gefährlichen Ereignisse durch Blitzeinschläge, der Schadenwahrscheinlichkeit P und dem Schadenfaktor L .

Die wohl wesentlichste Neuerung in der DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2): 2006-10 [3] stellt die Abschätzung des wirtschaftlichen Nutzens von Schutz-

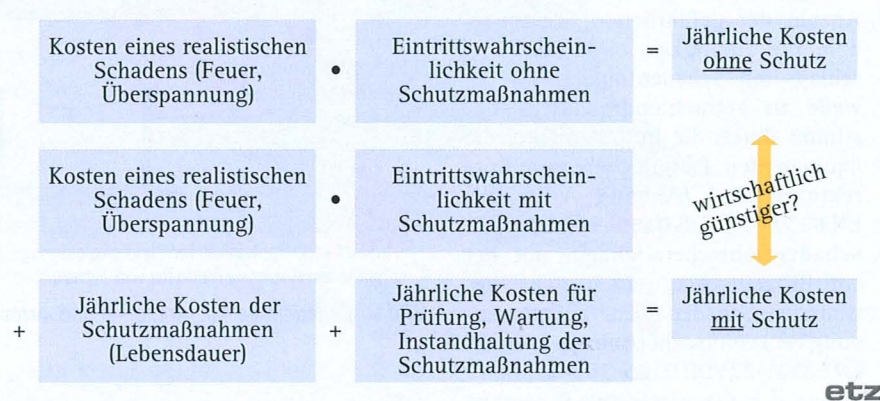


Bild 1. Vorgehensweise bei der Abschätzung des wirtschaftlichen Nutzens von Schutzmaßnahmen nach DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2) [3]

maßnahmen gegen Blitzeinwirkungen dar. Wurde diese Abschätzung bisher ebenfalls nur indirekt und unvollkommen über die Auswahl eines akzeptierbaren Risikos vorgenommen, erfolgt dies nun auf Basis einer streng ökonomischen Vorgehensweise: Es wird verglichen, welche jährliche Kosten ohne und mit Schutzmaßnahmen entstehen (Bild 1). Die wirtschaftlich günstigere Variante wird dann realisiert.

Diese neue Methodik hat bereits engagierte Diskussionen in den Fachkreisen entfacht, setzt sie doch voraus, dass man schon vor der eigentlichen Planung von Blitzschutzmaßnahmen eine (grobe) Abschätzung zu deren Kosten vornimmt. Aus diesem Grund soll dieser Punkt auch, nach einer kurzen Einführung in die Norm, den Schwerpunkt des Beitrags darstellen.

Schadenquellen, -ursachen und -arten

Die eigentlichen Schadenquellen sind die Blitzeinschläge, die abhängig von der

Einschlagstelle in vier Gruppen unterteilt sind (vgl. Bild 2):

- S1 direkter Blitzeinschlag in die bauliche Anlage,
- S2 Blitzeinschlag in den Erdboden neben der baulichen Anlage,
- S3 direkter Blitzeinschlag in die eingeführte Versorgungsleitung,
- S4 Blitzeinschlag in den Erdboden neben der eingeführten Versorgungsleitung.

Diese Schadenquellen können unterschiedliche Schadenursachen hervorrufen, die letztlich die Verluste bewirken. Die Norm kennt drei Schadenursachen:

- D1 Verletzung von Lebewesen durch elektrischen Schlag, verursacht durch Berührungs- und Schrittspannungen,
- D2 Feuer, Explosion, mechanische und chemische Wirkungen durch physikalische Auswirkungen der Blitzeinschläge,
- D3 Ausfälle von elektrischen und elektronischen Systemen durch Überspannungen.

Je nach Bauart, Nutzung und Wesen der baulichen Anlage können die relevanten Verluste sehr unterschiedlich sein. Die DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2) [3] gruppiert sie in folgende vier Schadenarten:

- L1 Verlust von Menschenleben (Verletzung oder Tod von Personen),
- L2 Verlust von Dienstleistungen für die Öffentlichkeit,
- L3 Verlust von unersetzlichem Kulturgut,
- L4 Wirtschaftliche Verluste.

Die genannten Schadenarten können durch unterschiedliche Schadenursachen

hervorgerufen werden. Die Schadenursachen stellen damit in einer Kausalbeziehung die „Ursache“ im eigentlichen Sinne dar, die Schadenarten die „Wirkung“ (Bild 2). Die möglichen Schadenursachen für eine Schadenart können sehr vielfältig sein. Es müssen daher zunächst die relevanten Schadenarten für eine bauliche Anlage definiert werden. Daran anschließend lassen sich die zu bestimmenden Schadenursachen festlegen.

Grundlagen der Risikoabschätzung

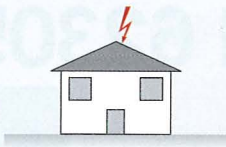
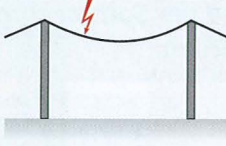
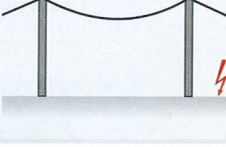
Das Gesamtrisiko R für einen Blitzschaden ist nach DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2) [3] die Summe über alle für die jeweilige Schadenart relevanten Risikokomponenten R_X . Die einzelne Risikokomponente R_X ergibt sich aus der Beziehung: $R_X = N_X \cdot P_X \cdot L_X$, mit

N_X Anzahl der gefährlichen Ereignisse, d. h. die Häufigkeit eines Blitzeinschlags mit Schadenfolge in die jeweils zu betrachtende Fläche, bestimmt durch die Erdblitzdichte, die äquivalenten Fangflächen und Korrekturfaktoren (Anhang A in DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2) [3]),

P_X Schadenwahrscheinlichkeit, mit der ein Blitzeinschlag einen ganz bestimmten Schaden (Feuer, Überspannung etc.) verursacht (Anhang B in DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2) [3]),

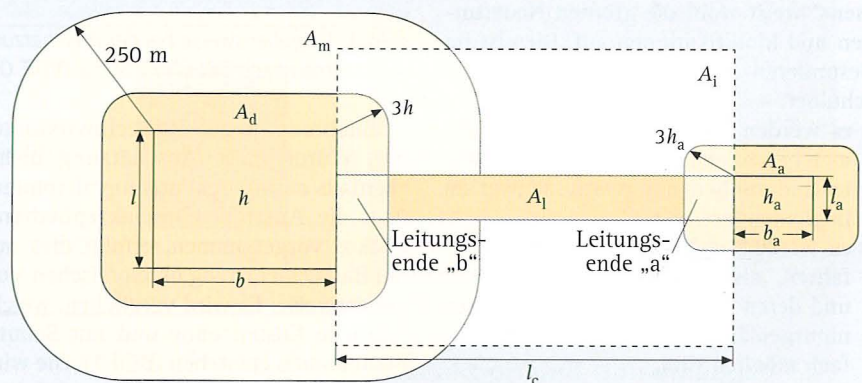
L_X Verlust, d. h. die quantitative Bewertung der Schäden, mit dem die Art, der Umfang und ggf. die Konsequenzen des Schadens beschrieben werden (Anhang C in DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2) [3]).

Die Aufgabe der Risikoabschätzung umfasst also die Bestimmung der drei Parameter N_X , P_X , L_X für alle relevanten Risi-

Einschlag- stelle	Beispiel	Schaden- quelle	Schaden- ursache	Schaden- art
Bauliche Anlage		S1	D1 D2 D3	L1, L4 ^b L1, L2, L3, L4 L1 ^a , L2, L4
Erdboden neben baulicher Anlage		S2	D3	L1 ^a , L2, L4
Eingeführte Versorgungsleitung		S3	D1 D2 D3	L1, L4 ^b L1, L2, L3, L4 L1 ^a , L2, L4
Erdboden neben ein- geführter Versor- gungsleitung		S4	D3	L1 ^a , L2, L4

^{a)} Im Fall von Krankenhäusern und explosionsgefährdeten baulichen Anlagen; ^{b)} Im Fall von landwirtschaftlichen Anwesen (Verluste von Tieren)

Bild 2. Schadenquellen, -ursachen und -arten in Abhängigkeit von der Einschlagstelle



- A_a Einfangfläche $A_{d/a}$ für eine verbundene bauliche Anlage
- A_d Einfangfläche für blitzeinschläge in eine freistehende bauliche Anlage
- A_i Einfangfläche für Blitzeinschläge neben einer Versorgungsleitung
- A_1 Einfangfläche für Blitzeinschläge in eine Versorgungsleitung
- A_m Einflussfläche für Blitzeinschläge neben der baulichen Anlage
- b Breite der baulichen Anlage, die mit dem Ende „a“ einer Versorgungsleitung verbunden ist
- b_a Breite der baulichen Anlage,
- h Höhe der baulichen Anlage
- h_a Höhe der der baulichen Anlage, die mit dem Ende „a“ einer Versorgungsleitung verbunden ist
- l Länge der baulichen Anlage
- l_a Länge der baulichen Anlage, die mit dem Ende „a“ einer Versorgungsleitung verbunden ist
- l_c Länge des Abschnitts der Versorgungsleitung

etz

Bild 3. Äquivalente Einfangflächen A_d , A_m , A_i , A_1 für direkte und indirekte Blitzeinschläge bezüglich der baulichen Anlage

Prof. Dr.-Ing. Alexander Kern (45), VDE, hat seit 1996 die Professur für Hochspannungstechnik und Grundlagen der Elektrotechnik an der FH Aachen, Campus Jülich im Fachbereich Angewandte Naturwissenschaften und Technik inne. Er beschäftigt sich in anwendungsbezogener Forschung im Besonderen mit Fragestellungen des Blitzschutzes. E-Mail: a.kern@fh-aachen.de



Prof. Dr. rer. nat. Christof Schelthoff (41) ist Professor für Mathematik und Informatik an der FH Aachen, Campus Jülich im Fachbereich Angewandte Naturwissenschaften und Technik. Dort beschäftigt er sich im Besonderen mit Berechnungsverfahren und Softwarelösungen im Bereich Blitzschutz. E-Mail: schelthoff@fh-aachen.de



kokomponenten R_X . Durch Vergleich des Gesamtrisikos R mit einem akzeptierbaren Risiko R_T können dann Aussagen über die Erfordernisse und die Dimensionierung von Blitzschutzmaßnahmen getroffen werden. Eine Ausnahme bildet die Betrachtung der wirtschaftlichen Verluste. Für diese Schadenart müssen sich die Schutzmaßnahmen aus einer rein wirtschaftlichen Betrachtungsweise begründen lassen. Hier gibt es also kein akzeptierbares Risiko R_T , sondern eine Kosten-Nutzen-Analyse.

Häufigkeiten von gefährlichen Ereignissen

Unterschieden werden folgende Häufigkeiten von gefährlichen Ereignissen, die relevant für eine bauliche Anlage sein können:

- N_D verursacht durch direkte Blitzeinschläge in die bauliche Anlage,
- N_M verursacht durch nahe Blitzeinschläge mit magnetischen Wirkungen,
- N_L verursacht durch direkte Blitzeinschläge in eingeführte Versorgungsleitungen,
- N_I verursacht durch Blitzeinschläge neben eingeführten Versorgungsleitungen.

Die detaillierte Berechnung der einzelnen Häufigkeiten ist in Anhang A der DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2) [3] dargestellt. Für direkte Blitzeinschläge in die bauliche Anlage gilt beispielsweise: $N_D = N_g \cdot A_d \cdot C_d \cdot 10^{-6}$. A_d ist die äquivalente Fangfläche der freistehenden baulichen Anlage in Quadratmetern (Bild 3), C_d ein Standortfaktor, mit dem der Einfluss der näheren Umgebung des Standorts (Bebauung, Gelände, Bäume etc.) berücksichtigt werden kann. Bild 3 zeigt weiterhin noch die Fangflächen für die o. g. anderen Häufigkeiten N_M , N_L und N_I .

Die jährliche Erdblitzdichte N_g für das betreffende Gebiet kann für einfache Fälle dem Beiblatt 1 zur DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2) [6] entnommen werden (Bild 4). Wegen des relativ kurzen Aufzeichnungszeitraums und wegen der großflächigen Mittelung wird dort die Anwendung eines Sicherheitszuschlags von 25 % empfohlen. Die lokalen Werte der Erdblitzdichte können bei feinerem Raster aber noch deutlich von diesen Mittelwerten abweichen [7]. Für große öffentliche oder industrielle Projekte wird die Anwendung dieser genaueren Daten empfohlen, die kommerziell bei VdS Meteo-Info [8] erhältlich sind.

Die Schadenwahrscheinlichkeiten

Der Parameter Schadenwahrscheinlichkeit gibt an, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein gefährliches Ereignis einen ganz bestimmten Schaden verursacht. Der Wert der Schadenwahrscheinlichkeit kann maximal 1 betragen. Unterschieden werden die folgenden acht Schadenwahrscheinlichkeiten:

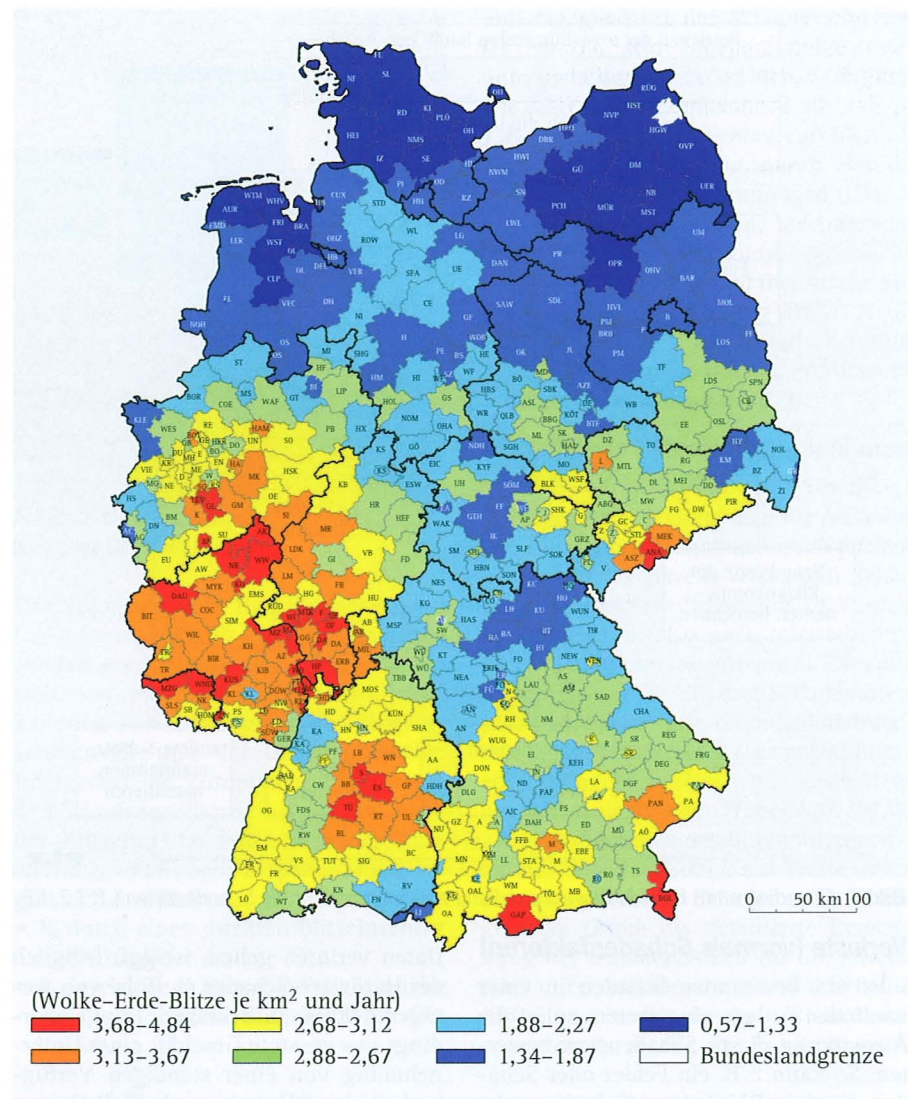


Bild 4. Blitzdichte in Deutschland (Durchschnitt der Jahre 1999 bis 2005). Quelle: VdS Meteo-Info [8]

Bei einem direkten Blitzeinschlag in die bauliche Anlage (S1):

- P_A Elektrischer Schlag von Lebewesen,
- P_B Feuer, Explosion, mechanische und chemische Wirkung,
- P_C Ausfall von elektrischen/elektronischen Systemen.

Bei einem Blitzeinschlag in den Erdboden neben der baulichen Anlage (S2):

- P_M Ausfall von elektrischen/elektronischen Systemen.

Bei einem direkten Blitzeinschlag in eine eingeführte Versorgungsleitung (S3):

- P_U Elektrischer Schlag von Lebewesen,
- P_V Feuer, Explosion, mechanische und chemische Wirkung,

- P_W Ausfall von elektrischen/elektronischen Systemen.

Bei einem Blitzeinschlag in den Erdboden neben einer eingeführten Versorgungsleitung (S4):

- P_Z Ausfall von elektrischen/elektronischen Systemen.

Diese Schadenwahrscheinlichkeiten sind detailliert in Anhang B der DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2) [3] dargestellt. Sie können entweder direkt aus Tabellen abgelesen werden oder sie ergeben sich als Funktion einer Kombination weiterer Einflussfaktoren. Als Beispiel für eine solche Schadenwahrscheinlichkeit sei hier stellvertretend P_B genannt (Tabelle 1). Es ist darauf hinzuweisen, dass auch noch andere, abweichende Werte möglich sind, wenn sie auf detaillierten Untersuchungen bzw. Abschätzungen beruhen.

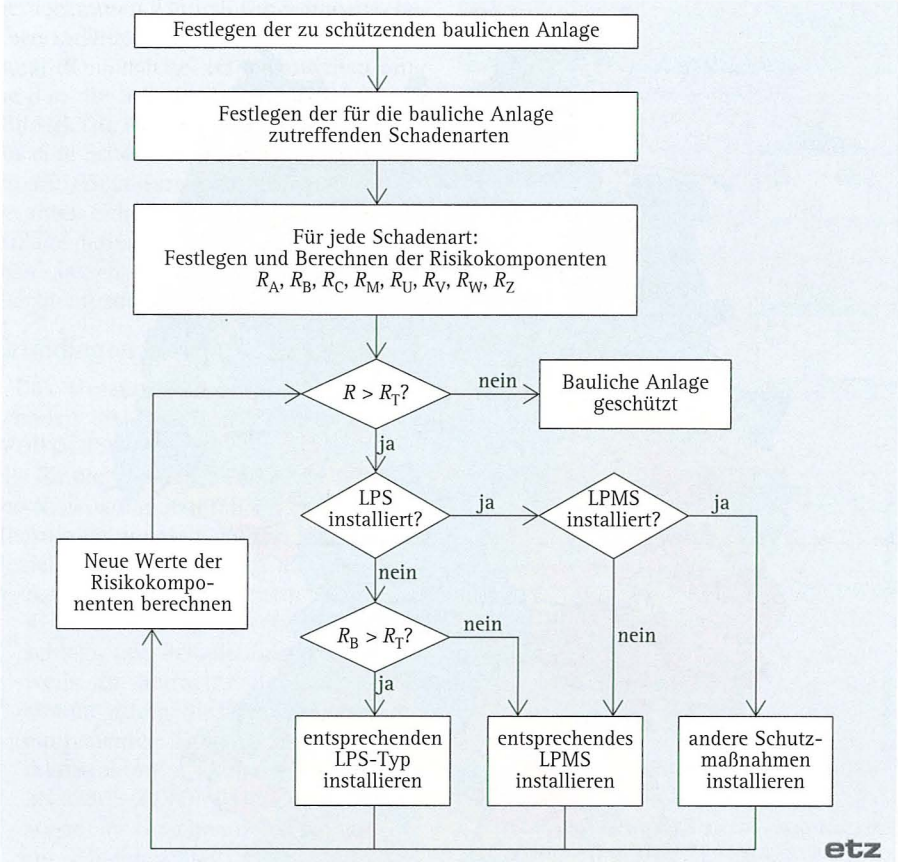


Bild 5. Flussdiagramm für die Auswahl von Schutzmaßnahmen für die Schadenarten L1, L2, L3

Verluste (vormals Schadenfaktoren)

Ist ein bestimmter Schaden in einer baulichen Anlage eingetreten, so ist die Auswirkung dieses Schadens zu bewerten. So kann z. B. ein Fehler oder Schaden an einer DV-Anlage (Schadenart L4 „wirtschaftliche Verluste“) sehr unterschiedliche Konsequenzen nach sich ziehen. Sofern keine geschäftsrelevanten

Daten verloren gehen, ist ggf. lediglich der Hardware-Schaden in Höhe von wenigen 1000 € zu beklagen. Hängt allerdings das gesamte Geschäft einer Unternehmung von einer ständigen Verfügbarkeit der DV-Anlage ab (Call-Center, Bank, Automatisierungstechnik), so addiert sich zum Hardware-Schaden ein ungleich höherer Folgeschaden (z. B.

Eigenschaften der baulichen Anlage	Klasse des Blitzschutzsystems (LPS)	P_B
Bauliche Anlage ist nicht durch ein LPS geschützt	–	1
Bauliche Anlage ist durch ein LPS geschützt	IV	0,2
	III	0,1
	II	0,05
	I	0,02
Bauliche Anlage mit einer Fangeinrichtungsanlage für Blitzschutzklasse I und einer durchgehenden metallenen Gebäudekonstruktion (auch Bewehrung), die als natürliche Ableitungseinrichtung dient		0,01
Bauliche Anlage mit einem metallenen Dach oder einer Fangeinrichtungsanlage (die auch natürliche Komponenten beinhalten kann), sodass ein vollständiger Schutz aller Dachaufbauten gegen direkte Blitzschläge besteht und einer durchgehenden metallenen Gebäudekonstruktion (auch Bewehrung), die als natürliche Ableitungseinrichtung dient		0,001

Tabelle 1. Schadenwahrscheinlichkeit P_B zur Beschreibung der Schutzmaßnahmen gegen physikalische Schäden

Kundenunzufriedenheit, Kundenabwanderung, Entgang von Geschäftsvorgängen, Produktionsausfall etc.). Zur Bewertung der Schadenauswirkung dient der Verlust L . Dabei erfolgt grundsätzlich eine Aufteilung nach den Schadenursachen D1 bis D3 in:

- L_t Verluste durch Verletzungen aufgrund von Berührungs- und Schrittspannungen (D1),
- L_f Verluste aufgrund physikalischer Schäden (D2),
- L_o Verluste aufgrund des Ausfalls elektrischer und elektronischer Systeme (D3).

Je nach relevanter Schadenart werden damit das Ausmaß eines Schadens, die Schadenhöhe oder die Konsequenzen bewertet. In Anhang C der DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2) [3] sind die Berechnungsgrundlagen für die Verluste der vier Schadenarten angegeben. Häufig ist eine Anwendung der Gleichungen allerdings äußerst aufwendig. Für übliche Fälle werden deshalb im genannten Anhang C auch typische Werte für L vorgeschlagen. Weitere Werte dürfen verwendet werden, sofern sie auf Berechnungen oder dokumentierten Annahmen beruhen. Zusätzlich zu den eigentlichen Verlustfaktoren sind in Anhang C auch noch drei Reduktionsfaktoren r_x und ein Erhöhungsfaktor h_z beschrieben:

- r_a, r_u Reduktionsfaktor für die Auswirkungen von Schritt- und Berührungsspannungen, abhängig von der Art des Erdbodens (r_a) oder Fußbodens (r_u),
- r_p Reduktionsfaktor für Maßnahmen zur Verringerung der Folgen eines Brands,
- r_f Reduktionsfaktor zur Beschreibung des Brandrisikos einer baulichen Anlage,
- h_z Faktor, der den relativen Wert eines Verlusts bei Vorhandensein einer besonderen Gefährdung erhöht (z. B. Panik, mögliche Gefährdung der Umgebung).

Relevante Risikokomponenten bei unterschiedlichen Blitzeinschlägen

Zwischen Schadenursache, Schadenart und sich daraus ergebenden relevanten Risikokomponenten besteht ein enger Zusammenhang. In Abhängigkeit von den Schadenquellen S1 bis S4 (bzw. von der Einschlagstelle der Blitzentladung) ergeben sich folgende Risikokomponenten (Tabelle 2):

Bei einem direkten Blitzeinschlag in die bauliche Anlage (S1):

- R_A Risiko für elektrischen Schlag von Lebewesen,
- R_B Risiko für physikalische Schäden;
- R_C Risiko für Ausfälle von elektrischen und elektronischen Systemen.

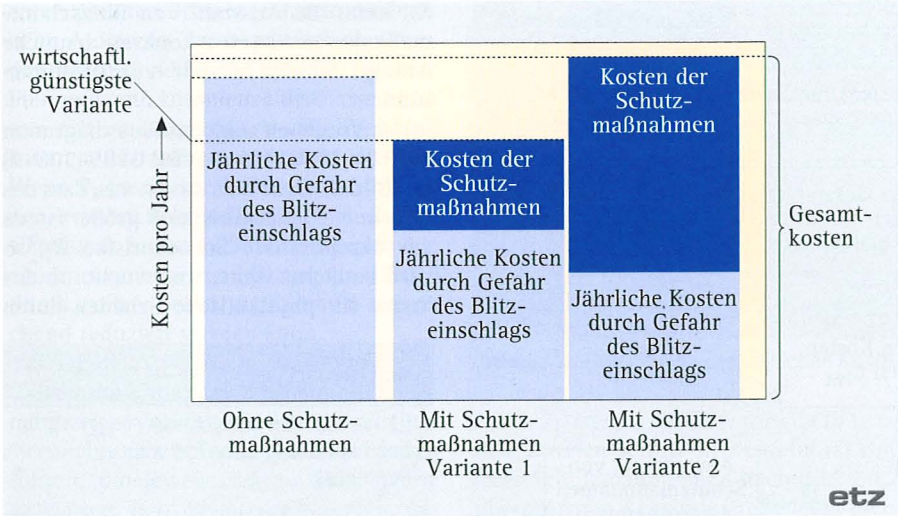


Bild 6. Grundsätzliches Vorgehen bei rein wirtschaftlicher Betrachtungsweise

Bei einem Blitzeinschlag in den Erdboden neben der baulichen Anlage (S2):

- R_M Risiko für Ausfälle von elektrischen und elektronischen Systemen.

Bei einem direkten Blitzeinschlag in eine eingeführte Versorgungsleitung (S3):

- R_U Risiko für elektrischen Schlag von Lebewesen,
- R_V Risiko für physikalische Schäden,
- R_W Risiko für Ausfälle von elektrischen und elektronischen Systemen.

Bei einem Blitzeinschlag in den Erdboden neben einer eingeführten Versorgungsleitung (S4):

- R_Z Risiko für Ausfälle von elektrischen und elektronischen Systemen.

Die insgesamt acht Risikokomponenten (die grundsätzlich für jede Schadenart gesondert ermittelt werden müssen) lassen sich nun nach zwei unterschiedlichen Kriterien zusammenfassen: der Blitzeinschlagstelle und der Schadenursache. Interessiert die Zusammenfassung nach den Schadenquellen S1 bis S4 (bzw. nach der Blitzeinschlagstelle), also die Auswertung von Tabelle 2 spaltenweise, ergibt sich das Risiko:

- R_d durch einen direkten Blitzeinschlag in die bauliche Anlage (S1),
- R_i durch alle in Bezug auf die bauliche Anlage indirekten Blitzeinschläge (S2 bis S4).

Soll dagegen nach den Schadenursachen D1 bis D3, also Tabelle 2 zeilenweise, untersucht werden, lassen sich die Risiken wie folgt zusammenfassen:

- R_s für elektrischen Schlag von Mensch oder Tier, verursacht durch Berührungs- und Schrittspannungen (D1),
- R_f für Feuer, Explosion, mechanische und chemische Wirkung, verursacht durch mechanische und thermische Effekte bei Blitzeinwirkung (D2),
- R_o für Störungen von elektrischen und elektronischen Systemen, verursacht durch Überspannungen (D3).

Auswahl von Blitzschutzmaßnahmen für die Schadenarten L1, L2, L3

Bei der Entscheidung über die Auswahl von Blitzschutzmaßnahmen ist zu prüfen, ob das für die jeweils relevanten Schadenarten ermittelte Schadenrisiko R einen akzeptierbaren (also noch tolerierbaren) Wert R_T überschreitet oder nicht. Dies gilt allerdings nur für die drei Schadenarten L1 bis L3, die von sog. öffentlichem Interesse sind. Hier muss für eine gegen Blitzeinwirkungen ausreichend geschützte bauliche Anlage gelten (Tabelle 3): $R \leq R_T$.

Die Maßnahmen des Blitzschutzes sollen das Schadenrisiko R auf Werte unter dem akzeptierbaren Schadenrisiko R_T begrenzen. Durch die detaillierte Berechnung der Schadenrisiken für die jeweils relevanten Schadenarten und durch die Aufteilung in die einzelnen Risikokomponenten $R_A, R_B, R_C, R_M, R_U, R_V, R_W$ und

Schadenquelle

Anmerkung: Bei den Risikokomponenten R_U, R_V und R_W kommt neben der Häufigkeit von direkten Blitzeinschlägen in die Versorgungsleitung N_L noch die Häufigkeit von direkten Blitzeinschlägen in die verbundene bauliche Anlage N_{Da} hinzu (vgl. Bild 2). Dafür muss dann bei der Risikokomponente R_Z die Häufigkeit von Blitzeinschlägen neben die Versorgungsleitung N_L um die Häufigkeit von direkten Blitzeinschlägen in die Versorgungsleitung N_L reduziert werden

Tabelle 2. Risikokomponenten für verschiedene Einschlagstellen (Schadenquellen) und Schadenursachen

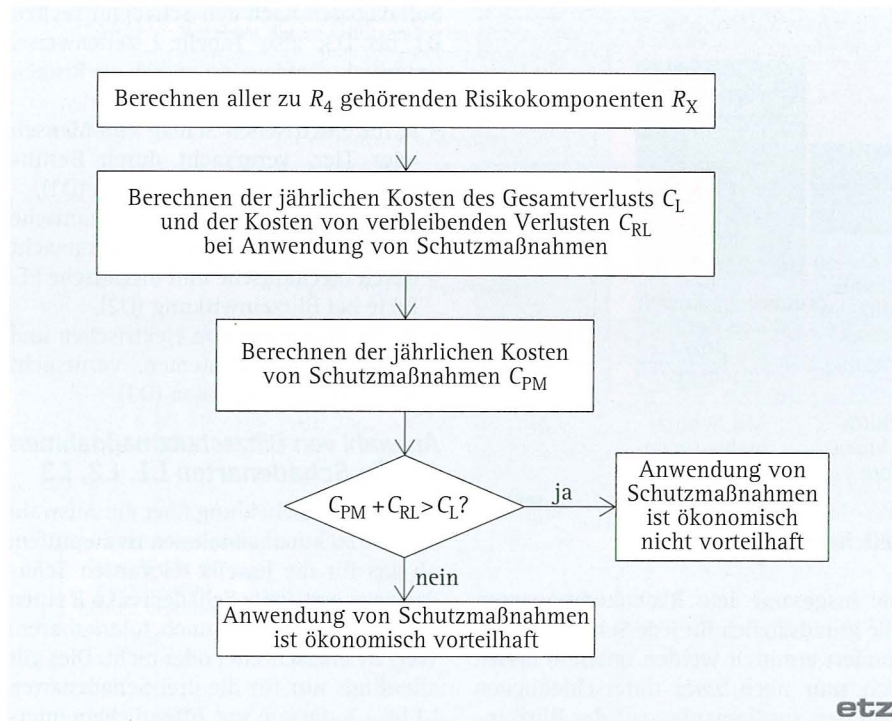


Bild 7. Flussdiagramm für die Auswahl von Schutzmaßnahmen bei wirtschaftlichen Verlusten

R_Z , kann die Auswahl von Blitzschutzmaßnahmen für eine konkrete bauliche Anlage äußerst gezielt vorgenommen werden.

Das Vorgehen zeigt das Flussdiagramm aus DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2) [3] (Bild 5). Geht man davon aus, dass das errechnete Schadenrisiko R größer ist als das akzeptierbare Schadenrisiko R_T , so wird zunächst weiter untersucht, ob das Risiko für physikalische Schäden durch

Schadenart	R_T
L1: Verlust von Menschenleben (Verletzung oder Tod von Personen)	10^{-5} a^{-1}
L2: Verlust von Dienstleistungen für die Öffentlichkeit	10^{-3} a^{-1}
L3: Verlust von unersetzlichem Kulturgut	10^{-3} a^{-1}

Tabelle 3. Typische Werte für das akzeptierbare Risiko R_T nach DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2):2006-10 [3]

einen direkten Blitzeinschlag in die bauliche Anlage R_B das akzeptierbare Schadenrisiko R_T überschreitet. Ist dies der Fall, muss ein komplettes Blitzschutzsystem mit einem geeigneten äußeren und inneren Blitzschutz errichtet werden. Wenn R_B ausreichend klein ist, wird in einem zweiten Schritt überprüft, ob das Risiko durch Schutzmaßnahmen gegen den elektromagnetischen Blitzimpuls (LEMP) durch weitere Schutzmaßnahmen ausreichend reduziert werden kann.

Mit einem Vorgehen nach dem Flussdiagramm können also jene Schutzmaßnahmen ausgewählt werden, die zu einer Verringerung solcher Risikokomponenten führen, die jeweils relativ hohe Werte aufweisen, d. h. Schutzmaßnahmen, deren Wirksamkeiten im untersuchten Fall vergleichsweise hoch sind.

Auswahl von Blitzschutzmaßnahmen bei wirtschaftlichen Verlusten L4

Es zeigt sich, dass für viele bauliche Anlagen die Schadenart L4 „wirtschaftliche Verluste“ relevant ist. Hier kann nicht mehr mit einem akzeptierbaren Schadenrisiko R_T gearbeitet werden. Vielmehr ist zu vergleichen, ob sich die Schutzmaßnahmen aus ökonomischer Sicht begründen lassen. Vergleichsmaßstab ist also keine absolute Größe, wie ein vorgegebenes akzeptierbares Schadenrisiko R_T , sondern eine relative: Verschiedene „Schutzzustände“ der baulichen Anlage werden miteinander verglichen und der optimale, d. h. der mit den geringsten verbleibenden Kosten der Gefährdung durch Blitzeinschläge, realisiert. Es können und sollen hier also mehrere Varianten untersucht werden. Das grundsätzliche Vorgehen ist in Tabelle 4 und Bild 6 dargestellt, Bild 7 zeigt das dazugehörige Flussdiagramm aus DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2) [3].

Diese neue Vorgehensweise hat bereits Diskussionen in den Fachkreisen entfacht, setzt sie doch voraus, dass schon vor der eigentlichen Planung von Blitzschutzmaßnahmen eine (grobe) Abschätzung zu deren Kosten vorgenommen werden kann. Eine detaillierte und gepflegte einschlägige Datenbank kann hier gute Dienste leisten

Üblicherweise sind bei einer baulichen Anlage neben der Schadenart L4 auch eine oder mehrere der anderen Schadenarten L1 bis L3 relevant. In diesen Fällen ist zunächst die in Bild 5 dargestellte Vorgehensweise anzuwenden, d. h. das Schadenrisiko R muss für die jeweils relevanten Schadenarten L1 bis L3 kleiner sein als das akzeptierbare Schaden-

Jährliche Kosten durch Blitzeinschlag

Jährliche Kosten der Schutzmaßnahmen

Schadenhöhe $\cdot$ jährliche Eintrittswahrscheinlichkeit

Schadenhöhe: Wiederherstellungskosten zzgl. Folgekosten (z. B. Ausfall der Produktion, Verlust von Daten)

Eintrittswahrscheinlichkeit: Abhängig von den Schutzmaßnahmen

Abschreibung, Wartung, Zinsverluste (pro Jahr)

Tabelle 4. Berechnung der jährlichen Kosten

risiko R_T . Ist dies der Fall, wird dann in einem zweiten Schritt die Rentabilität weiterer Schutzmaßnahmen nach Bild 6 u. 7 überprüft. Im Regelfall sind wieder mehrere Schutzvarianten möglich, wobei die günstigste schließlich realisiert werden sollte – jedoch immer unter der Voraussetzung, dass stets für alle relevanten Schadenarten von öffentlichem Interesse L1 bis L3 gilt: $R < R_T$. Ein reales Beispiel soll dies illustrieren:

Bei einer großen industriellen Produktionsanlage der Chemieindustrie (Länge 150 m, Breite 100 m, Höhe 34 m, Blitzdichte 3,8) sind die Schadenarten L1 „Verlust von Menschenleben“ und L4 „wirtschaftliche Verluste“ relevant. Eine Risikoanalyse ergab folgende Ergebnisse (Tabelle 5):

- Zur Beherrschung von L1 reicht ein Blitzschutzsystem (LPS) der Schutz-

klasse I aus, natürlich in Verbindung mit einem konsequenten Blitzschutz-Potentialausgleich beim Eintritt der ca. 20 externen Versorgungsleitungen in die bauliche Anlage (Variante 2). Die Kosten dieser Schutzmaßnahmen betragen 45 900 €/a. Damit wird das Schadenrisiko R_1 von $35,34 \cdot 10^{-5} \text{ a}^{-1}$ auf $0,54 \cdot 10^{-5} \text{ a}^{-1}$ reduziert, also auf deutlich unter den akzeptierbaren Wert von $1 \cdot 10^{-5} \text{ a}^{-1}$. Weitere Schutzmaßnahmen, im Besonderen Überspannungsschutzgeräte (SPD) an den zahlreichen elektrischen Einrichtungen der Produktionsanlage, sind nicht erforderlich.

- Diese Maßnahmen reichen aber bei weitem nicht aus, um auch die enormen wirtschaftlichen Verluste L4 einzudämmen. Diese betragen nach wie vor 772 333 €/a und damit ca. 99 % der

The screenshot shows the 'Wirtschaftlichkeits-Assistent' software interface. The main window displays input data for 'Zone 1 / 1' and 'Neue Zone'. It includes a table for 'Verlustberechnungen' (Loss Calculations) with columns for 'Wiederherstellungskosten' (Restoration Costs), 'Folgekosten' (Consequential Costs), and 'Gesamtkosten' (Total Costs). The table lists items like 'Tiere' (Animals), 'Systeme' (Systems), 'Gebäude' (Buildings), and 'Inhalt' (Contents) with their respective costs. Below this, there are fields for 'Standard Werte' (Standard Values) and 'Kosten der Schutzmaßnahmen (CP)' (Costs of Protection Measures). The 'Ergebnisanzeige' (Result Display) window on the right shows a comparison of two variants (SA 1 and SA 2) for 'Industrie - Produktionsanlage' (Industrial - Production Plant). It lists various cost components like 'RD', 'R', 'RT', 'CL', 'CPM', and 'C' with their values for both variants. The 'AixThor' logo is visible at the bottom right of the interface.

Bild 8. Projekt „Industrielle Produktionsanlage“: Eingabe der Wirtschaftlichkeitsdaten (Wirtschaftlichkeits-Assistent) für die Variante 3 – im Fenster „Ergebnisanzeige“ sind die Ergebnisse der Varianten 2 und 3 zu sehen (Software Fa. Aixthor [13])

Basisvariante ohne jeglichen Schutz. Grund dafür sind die zahlreichen Überspannungsschäden an den elektrischen Einrichtungen der Produktionsanlage, die durch das LPS Klasse I nur geringfügig reduziert werden.

- Zur deutlichen Reduzierung von L4 werden zusätzlich SPD an allen der insgesamt ca. 5000 elektrischen Einrichtungen vorgesehen (Variante 3). Deren Kosten betragen zwar 170 000 €/a, damit werden aber die Kosten der Blitzschäden auf nur noch 14 450 €/a verringert, sodass sich die Gesamtkosten durch Blitzschäden und -maßnahmen nur noch zu 230 350 €/a belaufen. Dies stellt eine Reduzierung auf nur noch ca. 30 % der Kosten der Varianten 1 und 2 dar.

Hinweis: Wie ein Vergleich der Ergebnisse der Varianten 2 und 3 zeigt, haben die zusätzlichen SPD keinen Einfluss auf die L1. Die SPD reduzieren die Überspannungen an den elektrischen Einrichtungen. Damit sinken die Geräteausfälle drastisch ab und es steigt die Verfügbarkeit der Anlage; dies hängt aber nur mit L4 zusammen.

Software zur Unterstützung

Bereits für die „alte“ Z DIN V VDE V 0185 (VDE V 0185-2):2002-11 [9] bestand unter den Fachleuten weitgehend Konsens, dass eine Anwendung ohne Hilfsmittel, also ohne Software-Tools, praktisch nicht möglich ist. Die „neue“ DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2) [3] erscheint in ihrem Aufbau zumindest ähnlich komplex, teilweise sogar noch komplexer, sodass auch hier Hilfsmittel unerlässlich sind, wenn sich die Norm am Markt breit durchsetzen soll. Solche Software-Tools können sein:

- Tabellenkalkulationsprogramme wie MS-Excel [10]. Das Beiblatt 2 zur DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2) [11] enthält eine solche Berechnungshilfe,
- der vereinfachte Blitz-Risiko-Rechner (Simplified IEC Risk Assessment Calculator Sirac), der als Anhang J integraler Bestandteil der „neuen“ DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2) [3] ist. Allerdings lässt dieser nur eine stark eingeschränkte Berechnung zu, da viele Parameter gar nicht oder nur begrenzt ausgewählt und eingegeben werden können. Für sehr einfache Fälle erscheint dieses vereinfachte Verfahren aber ausreichend [12],
- kommerzielle Programme auf der Basis von Datenbanken, die die volle Funktionalität der „neuen“ Norm widerspiegeln und darüber hinaus auch noch die

		Variante 1	Variante 2	Variante 3
		Ohne Schutz (Basis-Variante)	LPS Klasse I mit Blitzschutz-Potentialausgleich	Zusätzlich zu Variante 2: SPD an allen elektrischen Einrichtungen
Schadenarten				
L1	$R_1 \cdot 10^{-5} \text{ a}^{-1}$	35,34	0,54	0,54
L4	Kosten der Blitzschäden C_L (€/a)	782 218	726 433	14 450
	Kosten der Blitzschutzmaßnahmen C_{PM} (€/a)	0	45 900	215 900
	Gesamtkosten C (€/a)	782 218	772 333	230 350

Tabelle 5. Ergebnisse der Risikoanalyse für das Beispiel „Industrielle Produktionsanlage“

Bearbeitung und Speicherung weiterer Projektdaten und weitere Berechnungen zulassen. Diese sollten im Besonderen auch die Durchführung der Risikoanalysen bei wirtschaftlichen Verlusten ermöglichen (Bild 8).

Ausblick

Die DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2) [3] enthält Verfahren und Daten zur Berechnung des Schadenrisikos bei Blitzeinschlägen in bauliche Anlagen und zur Auswahl von Blitzschutzmaßnahmen. Gegenüber der Z DIN V VDE V 0185 (VDE V 0185-2):2002-11 [9] sind dabei etliche Änderungen zu verzeichnen.

Die Anwendung der angegebenen Verfahren und Daten in der Praxis ist aufwendig und nicht immer einfach. Dies sollte und darf allerdings die Experten auf dem Gebiet des Blitzschutzes, und dabei im Besonderen die Praktiker, nicht davon abhalten, sich mit dieser Materie eingehend zu befassen.

Eine quantitative Bewertung ist eine wesentliche Voraussetzung für die Entscheidung, ob, in welchem Umfang und welche Blitzschutzmaßnahmen für eine bauliche Anlage vorzusehen sind. Damit wird langfristig auch ein Beitrag zur Akzeptanz des Blitzschutzes und zur Schadenverhütung geleistet. In den meisten Anwendungsfällen der Risikoanalyse sind auch wirtschaftliche Verluste zu beachten. Im Regelfall lassen sich nur dadurch über das klassische Blitzschutzsystem (LPS) nach DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3):2006-10 [4] hinausgehende Schutzmaßnahmen nach DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4):2006-10 [5] nachvollziehbar begründen.

Literatur

- [1] Kern, A.: Die neuen Blitzschutznormen der Reihe DIN EN 62305 (VDE 0185-305-x). etz Elektrotech. + Autom. 127 (2006) H. 2, S. 42-45 (ISSN 0948-7387)
- [2] DIN EN 62305-1 (VDE 0185-305-1):2006-10 Blitzschutz – Teil 1: Allgemeine Grundsätze. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [3] DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2):2006-10 Blitzschutz – Teil 2: Risikomanagement. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [4] DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3):2006-10 Blitzschutz – Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [5] DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4):2006-10 Blitzschutz – Teil 4: Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [6] DIN EN 62305-2 Beiblatt 1 (VDE 0185-305-2 Beiblatt 1):2006-10: Blitzschutz – Teil 2: Risikomanagement – Beiblatt 1: Blitzgefährdung in Deutschland. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [7] Thern, St.: Jährliche und regionale Blitzdichteverteilung in Deutschland. S. 9-17 in 4. VDE/ABB-Blitzschutztagung. Ausschuss für Blitzschutz und Blitzforschung (ABB) im VDE (Hrsg.). Vorträge und Poster der VDE/ABB-Fachtagung am 8.11.-9. 11.2001 in Neu-Ulm. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG, 2001 (ISBN 3-8007-2647-5)
- [8] VdS Schadenverhütung GmbH, VdS Meteor-Info, Köln: www.vds.de
- [9] Z DIN V VDE V 0185-2 (VDE V 0185-2):2002-11: Blitzschutz – Teil 2: Risikomanagement – Abschätzung des Schadensrisikos für bauliche Anlagen. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [10] Excel. Microsoft Inc., Redmond, Washington/USA: <http://office.microsoft.com/de-de/FX010858001031.aspx>
- [11] DIN EN 62305-2 Beiblatt 2 (VDE 0185-305-2 Beiblatt 2):2006-10: Blitzschutz – Teil 2: Risikomanagement – Beiblatt 2: Berechnungshilfe zur Abschätzung des Schadensrisikos für bauliche Anlagen. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [12] IEC 62305-2:2006-01 Lightning protection – Part 2: Risk management. Genf/Schweiz: Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale (ISBN 2-8318-8364-4)
- [13] AixThor Ing. GmbH, Aachen: www.aixthor.com