

	DIN EN 62305-1 (VDE 0185-305-1)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE
ICS 91.120.40	Entwurf	Einsprüche bis 2010-03-31 Vorgesehen als Ersatz für DIN EN 62305-1 (VDE 0185-305-1):2006-10 und DIN EN 62305-1 Berichtigung 1 (VDE 0185-305-1 Berichtigung 1):2007-06
Blitzschutz – Teil 1: Allgemeine Grundsätze (IEC 81/335/CDV:2009); Deutsche Fassung FprEN 62305-1:2009		
Protection against lightning – Part 1: General Principles (IEC 81/335/CDV:2009); German version FprEN 62305-1:2009		
Protection contre la foudre – Partie 1: Principes généraux (CEI 81/335/CDV:2009); Version allemande FprEN 62305-1:2009		
Anwendungswarnvermerk		
Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2010-01-25 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.		
Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.		
Stellungnahmen werden erbeten		
– vorzugsweise als Datei per E-Mail an dke@vde.com in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden – oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.		
Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevante Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.		
Gesamtumfang 138 Seiten		
DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE		

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments FprEN 62305-1:2009 „Blitzschutz – Teil 1: Allgemeine Grundsätze“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dem entsprechend ist das internationale Dokument IEC 81/335/CDV:2009 „Protection against lightning – Part 1: General Principles“ unverändert in den Entwurf FprEN 62305-1:2009 übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung des IEC-CDV entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 81 „Lightning protection“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet.

Bei der Abstimmung zu dem Europäischen Schluss-Entwurf bei CENELEC und dem Internationalen Schluss-Entwurf bei IEC [Final Draft International Standard (FDIS)] sind jeweils nur „JA/NEIN“-Entscheidungen möglich, wobei „NEIN“-Entscheidungen fundiert begründet werden müssen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Für diesen Norm-Entwurf ist das nationale Arbeitsgremium K 251 „Blitzschutzanlagen und Blitzschutzbauteile“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 62305-1 (VDE 0185-305-1):2006-10 und DIN EN 62305-1 Berichtigung 1 (VDE 0185-305-1 Berichtigung 1):2007-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Einführung der Begriffe LPS für Blitzschutzsystem und EPS für das Schutzsystem für elektrische und elektronische Einrichtungen. Nur ein vollständiger Blitzschutz (LP) aus LPS und EPS bietet wirksamen Schutz durch ein abgestimmtes Schutzsystem;
- b) Schutz von Versorgungsleitungen wird nicht mehr behandelt;
- c) Abschnitt zur Notwendigkeit und zum wirtschaftlichen Nutzen von Blitzschutz wurde überarbeitet;
- d) der erste negative Stoßstrom wurde als neue Komponente des Blitzstroms mit einer Wellenform von $1/200 \mu\text{s}$ eingeführt, weil er für manche Induktionswirkungen die höchste Bedrohung ergibt. Er wird nur für die Berechnungen, nicht aber für Prüfungen verwendet;
- e) die Anhänge A, B, und C wurden unter Berücksichtigung des ersten negativen Stoßstroms überarbeitet;
- f) Anhang E wurde überarbeitet. Er enthält Angaben zu den durch Blitz erzeugten Stoßwellen an verschiedenen Einbauorten. Die Werte wurden ergänzt und teilweise geändert.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60664-1:2007	IEC 60664-1:1992 (zurückgezogen) ersetzt durch: IEC 60664-1:2007	DIN EN 60664-1 (VDE 0110-1):2008-01	VDE 0110-1
EN 61400-4-5:2006	IEC 61000-4-5:1995 (zurückgezogen) ersetzt durch: IEC 61000-4-5:2005	DIN EN 61000-4-5 (VDE 0847-4-5):2007-06	VDE 0847-4-5
–	IEC 61643-1:2005	–	–
CLC/TS 61643-12:2006	IEC 61643-12:2002 (zurückgezogen) ersetzt durch: IEC 61643-12:2008	DIN CLC/TS 61643-12 (VDE V 0675-6-12):2007-10	VDE V 0675-6-12
EN 61643-21	IEC 61643-21	DIN EN 61643-21 (VDE 0845-3-1)	VDE 0845-3-1
EN 62305 (Reihe)	IEC 62305 (Reihe)	DIN EN 62305 (VDE 0185-305) (Reihe)	VDE 0185-305 (Reihe)
EN 62305-2	IEC 62305-2	DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2)	VDE 0185-305-2
EN 62305-3	IEC 62305-3	DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3)	VDE 0185-305-3
EN 62305-4	IEC 62305-4	DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4)	VDE 0185-305-4

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN CLC/TS 61643-12 (VDE V 0675-6-12):2007-10, *Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung – Teil 12: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen – Auswahl und Anwendungsgrundsätze (IEC 61643-12:2002, modifiziert); Deutsche Fassung LC/TS 61643-12:2006*

DIN EN 60664-1 (VDE 0110-1):2008-01, *Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen – Teil 1: Grundsätze, Anforderungen und Prüfungen (IEC 60664-1:2007); Deutsche Fassung EN 60664-1:2007*

DIN EN 61000-4-5 (VDE 0847-4-5):2007-06, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-5: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen Stoßspannungen (IEC 61000-4-5:2005); Deutsche Fassung EN 61000-4-5:2006*

DIN EN 61643-21 (VDE 0845-3-1), *Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung – Teil 21: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Telekommunikations- und signalverarbeitenden Netzwerken – Leistungsanforderungen und Prüfverfahren*

DIN EN 62305 (VDE 0185-305) (Reihe), *Blitzschutz*

DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2), *Blitzschutz – Teil 2: Risiko-Management*

DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3), *Blitzschutz – Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen*

DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4), *Blitzschutz – Teil 4: Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen*

Deutsche Fassung

Blitzschutz – Teil 1: Allgemeine Grundsätze

Inhalt

	Seite
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Parameter des Blitzstroms	11
5 Schäden durch Blitzeinschläge	11
5.1 Schäden an einer baulichen Anlage	11
5.2 Schadensarten	14
6 Notwendigkeit und wirtschaftlicher Nutzen des Blitzschutzes	15
6.1 Notwendigkeit des Blitzschutzes	15
6.2 Wirtschaftlicher Nutzen des Blitzschutzes	16
7 Schutzmaßnahmen	16
7.1 Schutzmaßnahmen zur Verringerung der Verletzung von Lebewesen durch elektrischen Schlag	16
7.2 Schutzmaßnahmen zur Verringerung von physikalischen Schäden	17
7.3 Schutzmaßnahmen zur Verringerung von Ausfällen elektrischer und elektronischer Systeme	17
7.4 Auswahl von Schutzmaßnahmen	17
8 Grundlegende Kriterien für den Schutz von baulichen Anlagen	17
8.1 Gefährdungspegel (LPL)	18
8.2 Blitzschutzzonen (LPZ)	20
8.3 Schutz von baulichen Anlagen	23
Anhang A (informativ) Parameter des Blitzstroms	25
Anhang B (informativ) Zeitfunktionen des Blitzstroms für Analysezwecke	35
Anhang C (informativ) Nachbildung des Blitzstroms für Prüfzwecke	40
Anhang D (informativ) Prüfparameter für die Nachbildung von Blitzwirkungen auf LPS-Komponenten	44
Anhang E (informativ) Durch Blitz erzeugte Stoßwellen an verschiedenen Einbauorten	58
Literaturhinweise	64
Bilder	
Bild 1 – Zusammenhang zwischen den Teilen dieser Norm	4
Bild 3 – LPZ festgelegt durch ein LPS (IEC 62305-3)	21
Bild 4 – LPZ festgelegt durch Schutzmaßnahmen gegen LEMP (IEC 62305-4)	22
Bild A.1 – Festlegung der Stoßstromparameter (typisch $T_2 < 2$ ms)	25

	Seite
Bild A.2 – Festlegung der Langzeitstromparameter (typisch $2\text{ ms} < T_{\text{long}} < 1\text{ s}$).....	26
Bild A.3 – Mögliche Komponenten von Abwärtsblitzen (typisch in flacher Umgebung und für niedrige bauliche Anlagen)	26
Bild A.4 – Mögliche Komponenten von Aufwärtsblitzen (typisch an exponierten und/oder höheren baulichen Anlagen)	27
Bild A.5 – Summenhäufigkeitsverteilung der Blitzstromparameter (Geraden durch die 95%- und 5%-Werte).....	31
Bild B.1 – Zeitlicher Verlauf der Stirn des ersten positiven Stoßstroms	36
Bild B.2 – Zeitlicher Verlauf des Rückens des ersten positiven Stoßstroms	36
Bild B.3 – Zeitlicher Verlauf der Stirn des ersten negativen Stoßstroms	37
Bild B.4 – Zeitlicher Verlauf des Rückens des ersten negativen Stoßstroms.....	37
Bild B.5 – Zeitlicher Verlauf der Stirn der negativen Folgestoßströme	38
Bild B.6 – Zeitlicher Verlauf des Rückens der negativen Folgestoßströme.....	38
Bild B.7 – Amplitudendichte des Blitzstroms entsprechend Gefährdungspegel LPL I	39
Bild C.1 – Beispiel eines Prüfgenerators für die Nachbildung der spezifischen Energie des ersten positiven Stoßstroms und der Ladung des Langzeitstroms.....	41
Bild C.2 – Festlegung der Stromsteilheit nach Tabelle C.3	42
Bild C.3 – Beispiel eines Prüfgenerators für die Nachbildung der Stirnsteilheit des ersten positiven Stoßstroms bei räumlich ausgedehnten Prüflingen.....	43
Bild C.4 – Beispiel eines Prüfgenerators für die Nachbildung der Stirnsteilheit des negativen Folgestoßstroms bei räumlich ausgedehnten Prüflingen	43
Bild D.1 – Allgemeine Anordnung zweier Leitungen zur Berechnung der elektrodynamischen Kraft	50
Bild D.2 – Typische Leitungsanordnung in einem LPS.....	51
Bild D.3 – Belastungsdiagramm für die Anordnung nach Bild D.2	51
Bild D.4 – Kraft pro Längeneinheit entlang der horizontalen Leitung in Bild D.2	51

Tabellen

Tabelle 1 – Auswirkungen von Blitzeinschlägen auf typische bauliche Anlagen.....	12
Tabelle 2 – Schäden und Verluste in einer baulichen Anlage entsprechend den verschiedenen Einschlagpunkten des Blitzes	14
Tabelle 3 – Maximalwerte von Blitzstromparametern entsprechend dem Gefährdungspegel LPL.....	19
Tabelle 4 – Minimalwerte der Blitzstromparameter und die zugehörigen Blitzkugelradien entsprechend dem Gefährdungspegel LPL.....	19
Tabelle 5 – Wahrscheinlichkeiten für die Grenzwerte der Blitzstromparameter	20
Tabelle A.1 – Tabellenwerte der Blitzstromparameter, entnommen aus CIGRE (Electra Nr. 41 oder Nr. 69*) [3], [4].....	28
Tabelle A.2 – Logarithmische Normalverteilung der Blitzstromparameter Mittelwert μ und Streuung $\sigma_{\log}$, berechnet aus den 95%- und 5%-Werten nach CIGRE (Electra Nr. 41 oder Nr. 69*) [3], [4].....	29
Tabelle A.3 – Werte der Wahrscheinlichkeit P als Funktion des Blitzstroms I	30
Tabelle B.1 – Parameter für die Gleichung (B.1)	35
Tabelle C.1 – Prüfparameter für den ersten positiven Stoßstrom	41

	Seite
Tabelle C.2 – Prüfparameter für den Langzeitstrom	41
Tabelle C.3 – Prüfparameter für die Stoßströme.....	42
Tabelle D.1 – Zusammenfassung der Blitz-Gefährdungparameter, die für die Berechnung der Prüfwerte für unterschiedliche LPS-Komponenten und für unterschiedliche LPL-Gefährdungspegel zu berücksichtigen sind.....	45
Tabelle D.2 – Physikalische Kennwerte typischer Werkstoffe für Komponenten des LPS	48
Tabelle D.3 – Temperaturanstieg für verschiedene Leiterquerschnitte als Funktion der spezifischen Energie W/R	48
Tabelle E.1 – Äquivalente Erdungswiderstände Z und Z_1 in Abhängigkeit vom spezifischen Bodenwiderstand.....	60
Tabelle E.2a – Zu erwartende Stoßströme durch Blitzeinschlag bei Niederspannungssystemen.....	61
Tabelle E.2b – Zu erwartende Stoßströme durch Blitzeinschlag bei Telekommunikationssystemen	62

Einleitung

Es gibt weder Einrichtungen noch Verfahren, mit denen die natürlichen Wettererscheinungen so beeinflusst werden können, dass Blitzentladungen verhindert werden können. Blitzeinschläge in oder in der Nähe von baulichen Anlagen (oder in Versorgungsleitungen, die in bauliche Anlagen eingeführt sind), sind gefährlich für Menschen, für die baulichen Anlagen selbst, für ihre Einrichtungen und Installationen sowie für die Versorgungsleitungen. Deshalb ist die Anwendung von Blitzschutzmaßnahmen wesentlich.

Die Notwendigkeit des Schutzes, die wirtschaftlichen Vorteile der Installation von Schutzmaßnahmen und die Auswahl angemessener Schutzmaßnahmen sollten nach dem Risiko-Management bestimmt werden. Das Verfahren für das Risiko-Management wird in IEC 62305-2 behandelt.

Die Wirksamkeit der in dieser Norm betrachteten Schutzmaßnahmen zur Reduzierung des Risikos ist nachgewiesen.

Alle Maßnahmen zum Blitzschutz bilden zusammen das gesamte Blitzschutzsystem. Aus praktischen Gründen werden die Kriterien für Planung, Errichtung und Instandhaltung von Blitzschutzmaßnahmen in zwei getrennten Gruppen betrachtet:

- die erste Gruppe betrifft Schutzmaßnahmen zur Verringerung von physikalischen Schäden und der Lebensgefahr in einer baulichen Anlage und wird in IEC 62305-3 beschrieben;
- die zweite Gruppe betrifft Schutzmaßnahmen zur Verringerung des Ausfalls von elektrischen und elektronischen Systemen in einer baulichen Anlage und wird in IEC 62305-4 beschrieben.

Der Zusammenhang zwischen den Teilen dieser Norm ist in Bild 1 dargestellt.

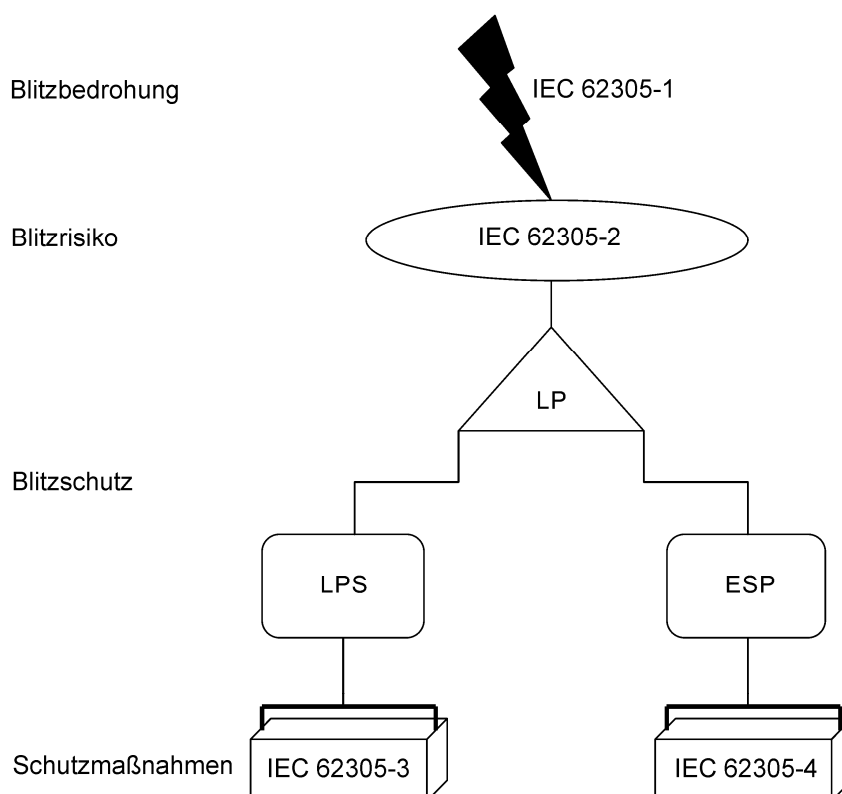


Bild 1 – Zusammenhang zwischen den Teilen dieser Norm

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 62305 enthält allgemeine Grundsätze, die für den Blitzschutz von baulichen Anlagen, darin befindlichen Installationen, Einrichtungen und Personen zu befolgen sind.

Folgende Anwendungsbereiche sind nicht Gegenstand dieser Norm:

- Bahnanlagen;
- Kraftfahrzeuge, Schiffe, Flugzeuge, Offshore-Anlagen;
- in Erde verlegte Hochdruck-Rohrleitungen;
- Rohre, Stromversorgungs- und Telekommunikationsleitungen, die nicht in eine bauliche Anlage eingeführt sind.

ANMERKUNG Diese Anlagen unterliegen üblicherweise besonderen Vorschriften seitens verschiedener Behörden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 62305-2, *Protection against lightning – Part 2: Risk management*

IEC 62305-3, *Protection against lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard*

IEC 62305-4, *Protection against lightning – Part 4: Electrical and electronic systems within structures*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Erdblitz

elektrische Entladung atmosphärischen Ursprungs zwischen Wolke und Erde, bestehend aus einem Teilblitz oder mehreren Teilblitzen

3.2

Abwärtsblitz

Blitz, eingeleitet durch eine abwärts gerichtete Vorentladung von der Wolke zur Erde

ANMERKUNG Ein Abwärtsblitz besteht aus einem ersten Stoßstrom, dem Folgestoßströme nachfolgen können. Einem oder mehreren Stoßströmen kann ein Langzeitstrom nachfolgen.

3.3

Aufwärtsblitz

Blitz, eingeleitet durch eine aufwärts gerichtete Vorentladung von einer geerdeten baulichen Anlage zur Wolke

ANMERKUNG Ein Aufwärtsblitz besteht aus einem ersten Langzeitstrom mit oder ohne mehrfach überlagerten Stoßströmen. Einem oder mehreren Stoßströmen kann ein Langzeitstrom nachfolgen.

3.4

Teilblitz

einzelne elektrische Entladung in einem Erdblitz

3.5

Stoßstrom

Teilblitz, der einem Impulsstrom entspricht

ANMERKUNG Dieser Strom hat eine Rückenhalbwertszeit T_2 von üblicherweise kleiner als 2 ms (siehe Bild A.1).

3.6

Langzeitstrom

Teilblitz, der einem andauernden Strom entspricht

ANMERKUNG Die Dauer T_{long} dieses Langzeitstroms (Dauer vom 10%-Wert der Stirn bis zum 10%-Wert des Rückens) ist üblicherweise größer als 2 ms und kleiner als 1 s (siehe Bild A.2).

3.7

Mehrfachblitz

Blitz, der durchschnittlich aus 3 bis 4 Teilblitzen besteht, deren dazwischen liegende typische Zeitintervalle etwa 50 ms betragen

ANMERKUNG Es wurden Ereignisse mit bis zu einigen Dutzend Teilblitzen und dazwischen liegenden Zeitintervallen im Bereich von 10 ms bis 250 ms beobachtet.

3.8

Einschlagpunkt

Punkt, an dem ein Blitz die Erde oder ein hervorstehendes Objekt (z. B. bauliche Anlage, LPS, Versorgungsleitung, Baum usw.) trifft

ANMERKUNG Ein Blitz kann mehr als einen Einschlagpunkt haben.

3.9

Blitzstrom

i

am Einschlagpunkt fließender Strom

3.10

Scheitelwert

I

Maximalwert des Blitzstroms

3.11

mittlere Steilheit des Stoßstroms

mittlere Änderungsgeschwindigkeit des Stroms im Intervall $\Delta t = t_2 - t_1$

ANMERKUNG Sie wird angegeben als Differenz der Stromwerte $\Delta i = i(t_2) - i(t_1)$ zu Beginn und am Ende dieses Intervalls, dividiert durch $\Delta t = t_2 - t_1$ (siehe Bild A.1).

3.12

Stirnzeit des Stoßstroms

T_1

virtueller Parameter, festgelegt als das 1,25fache der Zeit zwischen den Punkten, an denen der Strom 10 % und 90 % seines Scheitelwertes durchläuft (siehe Bild A.1)

3.13

virtueller Beginn des Stoßstroms

O_1

Schnittpunkt einer durch die Bezugspunkte bei 10 % und 90 % der Stirn des Entladungsstroms gezogenen Geraden mit der Zeitachse (siehe Bild A.1). Er eilt um $0,1 T_1$ dem Zeitpunkt voraus, an dem der Strom 10 % seines Scheitelwertes erreicht

3.14

Rückenhalfwertzeit des Stoßstroms

T_2

virtueller Parameter, festgelegt als das Zeitintervall zwischen virtuellem Beginn O_1 und dem Zeitpunkt, an dem der Strom den Halbwert des Scheitelwertes unterschreitet (siehe Bild A.1)

3.15

Blitzdauer

T

Zeit, in der der Blitzstrom am Einschlagpunkt fließt

3.16

Dauer des Langzeitstroms

T_{long}

Dauer, während der die Amplitude eines Langzeitstroms größer als 10 % des Scheitelwertes ist (siehe Bild A.2)

3.17

Ladung des Blitzes

Q_{flash}

Zeitintegral des Blitzstroms über die gesamte Blitzdauer

3.18

Ladung des Stoßstroms

Q_{short}

Zeitintegral des Blitzstroms bei einem Stoßstrom

3.19

Ladung des Langzeitstroms

Q_{long}

Zeitintegral des Blitzstroms bei einem Langzeitstrom

3.20

spezifische Energie

W/R

Zeitintegral des Quadrates des Blitzstroms über die gesamte Blitzdauer

ANMERKUNG Sie stellt die vom Blitzstrom an einen Einheitswiderstand abgegebene Energie dar.

3.21

spezifische Energie eines Stoßstroms

Zeitintegral des Quadrates des Blitzstroms über die Dauer des Stoßstroms

ANMERKUNG Die spezifische Energie des Langzeitstroms ist vernachlässigbar.

3.22

zu schützende bauliche Anlage

bauliche Anlage, deren Schutz gegen die Auswirkungen von Blitzeinschlägen entsprechend dieser Norm erforderlich ist

ANMERKUNG Eine zu schützende bauliche Anlage kann selbst ein Teil einer größeren baulichen Anlage sein.

3.23

Versorgungsleitung

Stromversorgungsleitung oder Telekommunikationsleitung, die mit der zu schützenden baulichen Anlage verbunden ist

3.24

Telekommunikationsleitungen

Leitungen, die für die Kommunikation zwischen Einrichtungen, die in getrennten baulichen Anlagen untergebracht sein können, vorgesehen sind, wie z. B. Telefonleitungen und Datenleitungen

3.25

Stromversorgungsleitungen

Übertragungsleitungen, die elektrische Energie in eine bauliche Anlage zur Versorgung der darin befindlichen elektrischen und elektronischen Einrichtungen einspeisen, wie Niederspannungs- (LV) oder Hochspannungsnetze (HV)

3.26

Blitzeinschlag in eine bauliche Anlage

Blitz, der direkt in eine zu schützende bauliche Anlage einschlägt

3.27

Blitzeinschlag neben einer baulichen Anlage

Blitz, der nahe genug neben einer zu schützenden baulichen Anlage einschlägt, dass er gefährliche Überspannungen erzeugen kann

3.28

elektrisches System

System, das Niederspannungsbauteile für die elektrische Energieversorgung enthält

3.29

elektronisches System

System, das empfindliche elektronische Bauteile enthält, wie Kommunikationseinrichtungen, Rechner, Steuer- und Messsysteme, Funkanlagen, Anlagen der Leistungselektronik

3.30

inneres System

elektrische und elektronische Systeme in einer baulichen Anlage

3.31

physikalischer Schaden

Schaden an einer baulichen Anlage (oder deren Inhalt) aufgrund mechanischer, thermischer, chemischer und explosiver Auswirkungen eines Blitzeinschlags

3.32

Verletzungen von Lebewesen

dauerhafte Verletzungen, einschließlich Tod, von Menschen oder Tieren durch elektrischen Schlag als Folge von Berührungs- und Schrittspannungen, die von einem Blitzeinschlag verursacht werden

ANMERKUNG Obwohl Lebewesen auch auf andere Weise verletzt werden können, ist der Begriff Verletzung von Lebewesen in dieser Norm begrenzt auf die Bedrohung durch elektrischen Schlag (Schadensursache D1).

3.33

Ausfall eines elektrischen und elektronischen Systems

bleibender Schaden an einem elektrischen und elektronischen System durch LEMP

3.34

elektromagnetischer Blitzimpuls

LEMP

(en: lightning electromagnetic impulse)

alle elektromagnetischen Auswirkungen des Blitzstroms die durch galvanische, induktive oder kapazitive Kopplung leitungsgeführte Stoßwellen und elektromagnetische Impulsfelder erzeugen

3.35

Stoßwelle

(en: surge)

durch LEMP verursachte transiente Welle, die als Überspannung und/oder Überstrom auftritt

3.36

Blitzschutzzone

LPZ

[en: lightning protection zone]

Zone, in der die elektromagnetische Umgebung hinsichtlich Blitzgefährdung festgelegt ist

ANMERKUNG Die Zonengrenzen einer LPZ sind nicht unbedingt physikalische Grenzen (z. B. Wände, Boden oder Decke).

3.37

Schadensrisiko

R

wahrscheinlicher durchschnittlicher jährlicher Verlust (Personen und Güter) durch Blitzeinschlag, bezogen auf den Gesamtwert (Personen und Güter) der zu schützenden baulichen Anlage.

3.38

akzeptierbares Schadensrisiko

R_T

Größtwert eines Schadensrisikos, der für die zu schützende bauliche Anlage akzeptierbar ist

3.39

Gefährdungspegel

LPL

(en: lightning protection level)

Zahlenwert, der auf einen Satz von Blitzstrom-Parameterwerten hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit bezogen wird, mit der zugehörige größte und kleinste Bemessungswerte bei natürlich auftretenden Blitzen nicht überschritten werden

ANMERKUNG Der Gefährdungspegel wird zur Auslegung von Schutzmaßnahmen entsprechend dem zutreffenden Satz der Blitzstromparameter verwendet.

3.40

Schutzmaßnahmen

Maßnahmen, die für eine zu schützende bauliche Anlage angewendet werden, um das Schadensrisiko durch Blitzeinschlag zu verringern

3.41a

Blitzschutz

LP

(en: lightning protection)

vollständiges System für den Schutz von baulichen Anlagen und/oder elektrischen und elektronischen Einrichtungen gegen die Auswirkungen von Blitzeinschlägen. Es besteht aus dem Blitzschutzsystem LPS und dem Schutzsystem von elektrischen und elektronischen Einrichtungen ESP

3.41

Blitzschutzsystem

LPS

(en: lightning protection system)

vollständiges System, das zur Verringerung physikalischer Schäden an einer baulichen Anlage durch direkte Blitzeinschläge angewendet wird

ANMERKUNG Es besteht sowohl aus dem äußeren als auch aus dem inneren Blitzschutz.

3.42

äußerer Blitzschutz

Teil des Blitzschutzsystems, bestehend aus einer Fangeinrichtung, einer Ableitungseinrichtung und einer Erdungsanlage

3.43

innerer Blitzschutz

Teil des Blitzschutzsystems, bestehend aus einem Blitzschutz-Potentialausgleich und/oder der elektrischen Isolation gegenüber dem äußeren Blitzschutz

3.44

Fangeinrichtung

Teil des äußeren Blitzschutzes aus metallenen Elementen, wie Stäben, vermaschten Leitern oder gespannten Seilen, der zum Auffangen der Blitze bestimmt ist

3.45

Ableitungseinrichtung

Teil des äußeren Blitzschutzes, der dazu bestimmt ist, den Blitzstrom von der Fangeinrichtung zur Erdungsanlage abzuleiten

3.46

Erdungsanlage

Teil des äußeren Blitzschutzes, der den Blitzstrom in die Erde ableitet und dort verteilt

3.47

äußere leitende Teile

ausgedehnte metallene Bauteile, die in die zu schützende bauliche Anlage eingeführt oder herausgeführt werden, wie Rohrleitungen, Kabelschirme, Metallkanäle usw., und die einen Teil des Blitzstroms führen können

3.48

Blitzschutz-Potentialausgleich

(en: lightning equipotential bonding)

Potentialausgleich von voneinander getrennten metallenen Teilen mit dem LPS durch direkten Anschluss oder Anschluss über Überspannungsschutzgeräte zur Verringerung der durch den Blitzstrom verursachten Potentialdifferenzen

3.49

Stoßerdungswiderstand

Verhältnis der Scheitelwerte der Erderspannung und des Erderstroms, die im Allgemeinen nicht gleichzeitig auftreten

3.50

Schutzsystem von elektrischen und elektronischen Einrichtungen

ESP

en: electrical and electronic system protection

Maßnahmen zur Verringerung des Risikos von Ausfällen elektrischer und elektronischer Einrichtungen durch LEMP

ANMERKUNG Dieses Schutzsystem ist Bestandteil des gesamten Blitzschutzes LP.

3.51

magnetische Schirmung

geschlossene metallene gitterartige oder durchgängige Schirmung, die die zu schützende bauliche Anlage oder einen Teil davon umgibt, um Ausfälle elektrischer und elektronischer Einrichtungen zu verringern

3.52

Überspannungsschutzgerät

SPD

(en: surge protective device)

Gerät, das dazu bestimmt ist, transiente Überspannungen zu begrenzen und Stoßströme abzuleiten. Es enthält mindestens ein nichtlineares Bauelement.

3.53

koordiniertes SPD-System

SPDs, die fachgerecht ausgewählt, koordiniert und installiert werden, um ein System zu bilden, das Ausfälle von elektrischen und elektronischen Systemen verringert

3.54

Bemessungs-Stehstoßspannung

U_w

einem Betriebsmittel oder einem Teil davon vom Hersteller zugewiesene Stehstoßspannung, die das festgelegte Stehvermögen seiner Isolierung gegen Überspannungen charakterisiert

ANMERKUNG Für die Zwecke dieser Norm wird nur die Stehstoßspannung zwischen Leiter und Erde betrachtet.

(IEC 60664-1:2002) [1]¹⁾

3.55

isolierende Schnittstellen

Geräte, die Stoßwellen auf Leitungen, die in eine LPZ eintreten, vermindern können. Solche Geräte umfassen: Isoliertransformatoren mit geerdetem Schirm zwischen den Wicklungen, metallfreie Lichtwellenleiter und Optokoppler

ANMERKUNG Die Isolationsfestigkeit dieser Vorrichtungen muss dieser Anwendung entsprechen.

4 Parameter des Blitzstroms

Die Parameter des Blitzstroms, die in der Reihe IEC 62305 verwendet werden, sind in Anhang A angegeben.

Die für Analysezwecke anzuwendende Zeitfunktion des Blitzstroms ist in Anhang B enthalten.

Angaben zur Simulation von Blitzströmen für Prüfungen liefert Anhang C.

Die grundsätzlichen Parameter, die in einem Laboratorium für die Nachbildung der Auswirkungen von Blitzeinschlägen auf Blitzschutzbauteile anzuwenden sind, werden in Anhang D beschrieben.

Angaben zu Stoßwellen an verschiedenen Punkten der Installation, die durch Blitzeinschläge verursacht werden, liefert Anhang E.

5 Schäden durch Blitzeinschläge

5.1 Schäden an einer baulichen Anlage

Blitzeinschläge in eine bauliche Anlage können einen Schaden an der baulichen Anlage selbst oder den darin befindlichen Personen und Inhalten verursachen, einschließlich Ausfall von inneren Systemen. Diese Schäden und Ausfälle können sich auch auf die Umgebung der baulichen Anlage ausdehnen und können sogar die nähere Umgebung beeinflussen. Die Größe der Ausdehnung ist von den Kennwerten der baulichen Anlage und des Blitzes abhängig.

5.1.1 Auswirkungen eines Blitzeinschlags auf eine bauliche Anlage

Für Blitzauswirkungen sind folgende Hauptkennwerte einer baulichen Anlage von Bedeutung:

- Aufbau (z. B. Holz, Ziegel, Beton, bewehrter Beton, Stahlskelettaufbau);
- Funktion (Wohnhaus, Büro, Bauernhof, Theater, Hotel, Schule, Krankenhaus, Museum, Kirche, Gefängnis, Warenhaus, Bank, Fabrik, Industrieanlage, Sportfläche);

¹⁾ Verweise in eckigen Klammern beziehen sich auf die Literaturhinweise.

- darin befindliche Lebewesen und Gegenstände (Personen und Tiere, brennbare oder nichtbrennbare Materialien, explosive oder nichtexplosive Gemische, elektrische und elektronische Systeme mit niedriger oder hoher Spannungsfestigkeit);
- eingeführte Versorgungsleitungen (Stromversorgungsleitungen, Telekommunikationsleitungen, Rohrleitungen);
- bestehende oder vorgesehene Schutzmaßnahmen (z. B. Schutzmaßnahmen zur Verringerung von physikalischen Schäden und Lebensgefahr, Schutzmaßnahmen zur Verringerung von Ausfällen innerer Systeme);
- Ausmaß der Ausdehnung der Gefahr (bauliche Anlage mit Schwierigkeiten bei der Evakuierung oder bauliche Anlagen mit Panikgefahr, bauliche Anlage mit Gefahr für die Umgebung, bauliche Anlage mit Gefahr für die Umwelt).

Tabelle 1 zeigt Auswirkungen des Blitzeinschlags auf verschiedene Arten von baulichen Anlagen.

Tabelle 1 – Auswirkungen von Blitzeinschlägen auf typische bauliche Anlagen

Art der baulichen Anlage entsprechend ihrer Funktion und/oder ihrer Inhalte	Auswirkungen von Blitzeinschlägen
Wohnhaus	Durchschlag der elektrischen Anlage, Brand sowie Materialschäden Schäden sind üblicherweise auf die Objekte begrenzt, in die der Blitz eingeschlagen hat oder die auf dem Weg des Blitzstroms liegen Ausfälle von elektrischen und elektronischen Betriebsmitteln und installierten Systemen (z. B. Fernsehgeräte, Rechner, Modems, Telefone usw.)
Bauernhof	Primäres Risiko durch Brand und gefährliche Schrittspannungen sowie Materialschäden Sekundäres Risiko durch Ausfall der Stromversorgung, Lebensgefahr für den Viehbestand durch Ausfall der elektronischen Steuerung für Lüftung und Fütterungsanlagen usw.
Theater, Hotel, Schule, Warenhaus, Sportplatz	Beschädigung der elektrischen Anlagen (z. B. elektrische Beleuchtung), die Panik auslösen kann Ausfall der Brandmeldeanlagen, der zu verspäteten Feuerlöschmaßnahmen führt
Bank, Versicherung, Handelsgesellschaft usw.	Wie oben, zusätzlich Probleme, die sich durch Ausfall von Kommunikationseinrichtungen und Rechnern sowie durch Datenverlust ergeben
Krankenhaus, Pflegeheim, Gefängnis	Wie oben, zusätzlich Probleme, die sich aus der intensiven Pflege von Personen und den Schwierigkeiten bei der Bergung hilfloser Personen ergeben
Industrie	Zusätzliche Auswirkungen, abhängig vom Inhalt der Fabriken, die von vernachlässigbaren bis zu unzulässigen Schäden und dem Ausfall der Produktion reichen
Museen und archäologische Stätten, Kirchen	Verluste von unersetzlichem Kulturgut
Telekommunikation, Kraftwerksanlage	Unannehmbarer Verlust von Dienstleistungen für die Öffentlichkeit
Pyrotechnikfabrik, Munitionsfabrik	Folgeauswirkungen von Brand und Explosion für die Anlage und ihre Umgebung
Chemieanlage, Raffinerie, Kernkraftwerk, Biochemische Laboratorien und Anlagen	Brand und Fehlfunktion der Anlage mit schädlichen Folgen für die nähere und weitere Umgebung

5.1.2 Quellen und Ursachen von Schäden an einer baulichen Anlage

Die ursächliche Schadensquelle ist der Blitzstrom. Abhängig von der Lage der Einschlagstelle in Bezug auf eine zu betrachtende bauliche Anlage müssen folgende Situationen berücksichtigt werden:

- S1: Blitzeinschläge in die bauliche Anlage;
- S2: Blitzeinschläge neben der baulichen Anlage;
- S3: Blitzeinschläge in die Versorgungsleitungen, die in die bauliche Anlage eingeführt sind;
- S4: Blitzeinschläge neben den Versorgungsleitungen, die in die bauliche Anlage eingeführt sind.

Blitzeinschläge in die bauliche Anlage können verursachen:

- unmittelbaren mechanischen Schaden, Brand und/oder Explosion aufgrund des heißen Plasmakanals selbst oder durch den Blitzstrom, der zur Widerstandserwärmung der Leiter (Überhitzung von Leitern) führt, oder aufgrund der Ladung des Blitzes, die zu Lichtbogenabbrand führt (Schmelzen von Metall);
- Brand und/oder Explosion, ausgelöst durch Funken, die aus Überspannungen aufgrund ohmscher und induktiver Kopplungen entstehen sowie durch das Führen anteiliger Blitzströme;
- Verletzungen von Menschen durch elektrischen Schlag infolge von Schritt- und Berührungsspannungen, die durch ohmsche und induktive Kopplungen entstehen;
- Ausfälle oder Funktionsstörungen innerer Systeme durch LEMP.

Blitzeinschläge neben der baulichen Anlage können verursachen:

- Ausfälle oder Funktionsstörungen innerer Systeme durch LEMP.

Blitzeinschläge in eine Versorgungsleitung, die in die bauliche Anlage eingeführt ist, können verursachen:

- Brand und/oder Explosion, ausgelöst durch Funken aufgrund von Überspannungen und Blitzströmen, die von der eingeführten Versorgungsleitung übertragen werden;
- Verletzungen von Menschen durch elektrischen Schlag infolge von Berührungsspannungen innerhalb der baulichen Anlage, verursacht durch den Blitzstrom, der von eingeführten Versorgungsleitungen übertragen wird;
- Ausfälle oder Funktionsstörungen innerer Systeme durch Überspannungen, die an eingeführten Versorgungsleitungen auftreten und in die bauliche Anlage geleitet werden.

Blitzeinschläge neben einer Versorgungsleitung, die in die bauliche Anlage eingeführt ist, können verursachen:

- Ausfälle oder Funktionsstörungen von inneren Systemen durch Überspannungen, die in eingeführten Versorgungsleitungen induziert und in die bauliche Anlage geleitet werden.

ANMERKUNG 1 Funktionsstörungen innerer Systeme werden nicht in der Reihe IEC 62305 behandelt. Hierzu sollte IEC 61000-4-5 [2] herangezogen werden.

ANMERKUNG 2 Es werden nur die Funken als brandauslösend betrachtet, die (vollständige oder anteilige) Blitzströme führen.

ANMERKUNG 3 Blitzeinschläge in oder neben eingeführte Rohrleitungen verursachen keine Schäden an der baulichen Anlage unter der Voraussetzung, dass diese Versorgungsleitungen an die Potentialausgleichsschiene der baulichen Anlage angeschlossen sind (siehe IEC 62305-3).

Im Ergebnis kann ein Blitz zu drei grundlegenden Schadensursachen führen:

- D1: Verletzungen von Lebewesen durch Berührungs- und Schrittspannungen;
- D2: physikalische Schäden (Brand, Explosion, mechanische Zerstörung, Freisetzung von Chemikalien) durch Auswirkungen des Blitzstroms einschließlich Funkenbildung;
- D3: Ausfall von inneren Systemen durch LEMP.

5.2 Schadensarten

Jede Schadensursache, allein oder in Kombination mit anderen, kann verschiedene Schadensarten in einer zu schützenden baulichen Anlage verursachen. Die möglicherweise auftretende Schadensart ist von den Kennwerten der baulichen Anlage selbst abhängig.

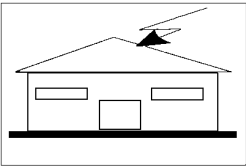
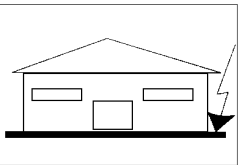
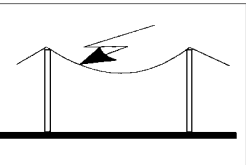
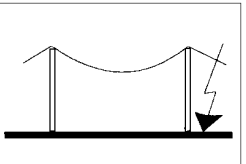
Für die Anwendung dieser Norm werden folgende Schadensarten, die in einer baulichen Anlage auftreten könne, berücksichtigt:

- L1: Verlust von Menschenleben (einschließlich dauerhafter Verletzungen);
- L2: Verlust von Dienstleistungen für die Öffentlichkeit;
- L3: Verlust von Kulturgut;
- L4: wirtschaftliche Verluste (bauliche Anlage, deren Inhalt, und Funktionsausfälle).

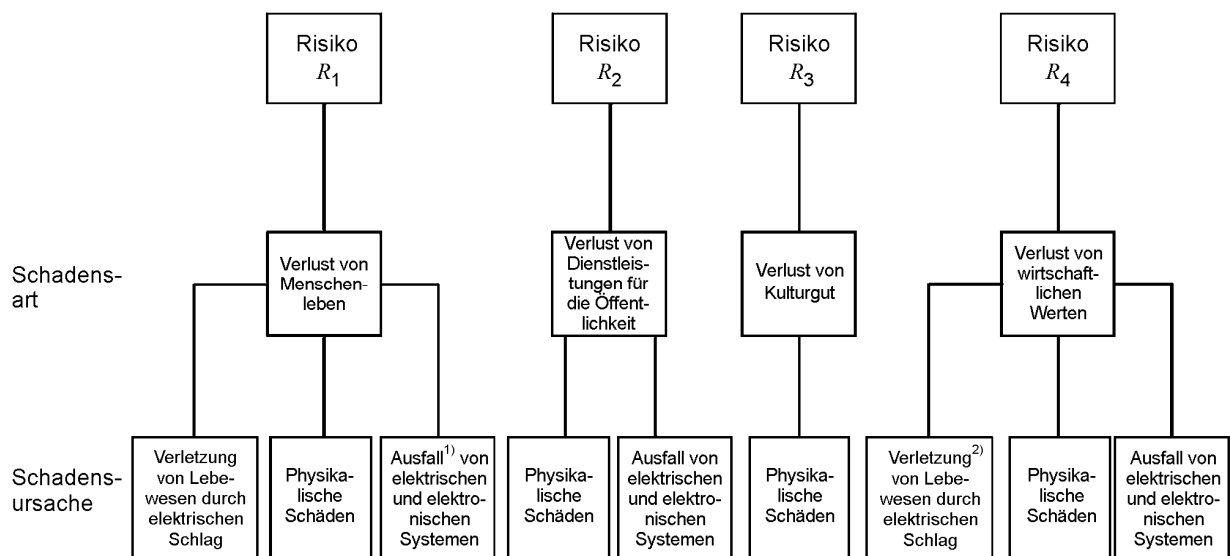
Die Schadensarten L1, L2 und L3 können als Verlust gesellschaftlicher Werte, während die Schadensart L4 als rein wirtschaftlicher Verlust betrachtet werden kann.

Die Wechselwirkungen zwischen Schadensquellen, Schadensursachen und Schadensarten sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2 – Schäden und Verluste in einer baulichen Anlage entsprechend den verschiedenen Einschlagpunkten des Blitzes

Einschlagpunkt		Schadensquelle	Schadensursache	Schadensart
Bauliche Anlage		S1	D1 D2 D3	L1, L4 ^{b)} L1, L2, L3, L4 L1 ^{a)} , L2, L4
In der Nähe einer baulichen Anlage		S2	D3	L1 ^{a)} , L2, L4
In eine Versorgungsleitung, die in eine bauliche Anlage eingeführt ist		S3	D1 D2 D3	L1, L4 ^{b)} L1, L2, L3, L4 L1 ^{a)} , L2, L4
In der Nähe einer Versorgungsleitung		S4	D3	L1 ^{a)} , L2, L4
a) Nur für bauliche Anlagen mit Explosionsrisiko und für Krankenhäuser oder andere bauliche Anlagen, bei denen durch Ausfall von inneren Systemen Menschenleben unmittelbar gefährdet sind. b) Nur für Anwesen, in denen der Verlust von Tieren auftreten kann.				

Die Schadensarten, die sich aus den Schadensursachen ergeben, und die zugehörigen Schadensrisiken sind in Bild 2 angegeben.



¹⁾ Nur für Krankenhäuser und andere bauliche Anlagen, bei denen durch Ausfall von inneren Systemen Menschenleben unmittelbar gefährdet sind.

²⁾ Nur für Anwesen, in denen der Verlust von Tieren auftreten kann.

Bild 2 – Schadensarten und zugehörige Schadensrisiken aufgrund von verschiedenen Schadensursachen

6 Notwendigkeit und wirtschaftlicher Nutzen des Blitzschutzes

6.1 Notwendigkeit des Blitzschutzes

Die Notwendigkeit des Blitzschutzes für ein zu schützendes Objekt muss bewertet werden, um die Verluste gesellschaftlicher Werte L1, L2 und L3 zu verringern.

Für die Bewertung, ob ein Blitzschutz notwendig ist oder nicht, ist eine Schadensrisikobewertung nach den in IEC 62305-2 angegebenen Verfahren durchzuführen. Die folgenden Schadensrisiken sind entsprechend den in 5.2 angegebenen Schadensarten in Betracht zu ziehen:

- R_1 : Risiko des Verlustes durch bleibende Verletzungen oder von Menschenleben;
- R_2 : Risiko des Verlustes von Dienstleistungen für die Öffentlichkeit;
- R_3 : Risiko des Verlustes von Kulturgut.

ANMERKUNG Risiko R_4 : Das Risiko wirtschaftlicher Verluste sollte abgeschätzt werden, wenn der wirtschaftliche Nutzen von Blitzschutz bewertet werden soll (siehe 6.2).

Schutz gegen Blitzeinschlag ist notwendig, wenn das Schadensrisiko R (R_1 bis R_3) höher ist als der Wert des akzeptierbaren Schadensrisikos R_T

$$R > R_T$$

In diesem Fall müssen Schutzmaßnahmen angewendet werden, um das Schadensrisiko R (R_1 bis R_3) auf den Wert des akzeptierbaren Schadensrisikos R_T zu verringern

$$R \leq R_T$$

Wenn in einem zu schützenden Objekt mehr als eine Schadensart auftreten kann, muss die Bedingung $R \leq R_T$ für jede Schadensart (L1, L2, L3) erfüllt sein.

Die Werte des akzeptierbaren Schadensrisikos R_T , bei denen ein Blitzeinschlag den Verlust von Dingen mit gesellschaftlichem Wert verursachen kann, sollten in der Verantwortung einer dafür zuständigen nationalen Behörde liegen.

ANMERKUNG 1 Eine Behörde mit Gerichtsbarkeit kann die Notwendigkeit von Blitzschutz für bestimmte Anwendungsfälle auch ohne eine Schadensrisikobewertung festlegen. In diesen Fällen wird auch der nötige Gefährdungspegel durch die Behörde mit Gerichtsbarkeit festgelegt. In einigen Fällen kann eine Schadensrisikobewertung durchgeführt werden als eine Methode, durch die der Verzicht auf diese Erfordernisse gerechtfertigt werden kann.

ANMERKUNG 2 Ausführliche Angaben hinsichtlich der Schadensrisikobewertung und zum Verfahren für die Auswahl von Schutzmaßnahmen enthält IEC 62305-2.

6.2 Wirtschaftlicher Nutzen des Blitzschutzes

Neben der Notwendigkeit des Blitzschutzes für das zu schützende Objekt kann es sinnvoll sein, die wirtschaftlichen Vorteile von Schutzmaßnahmen zur Verringerung des wirtschaftlichen Verlustes L_4 zu bestimmen.

In diesem Fall sollte das Schadensrisiko R_4 des Verlustes wirtschaftlicher Werte bewertet werden. Die Bewertung des Schadensrisikos R_4 lässt die Berechnung der Kosten des wirtschaftlichen Verlustes mit und ohne angewendete Schutzmaßnahmen zu.

Der Blitzschutz ist rentabel, wenn die Summe der Kosten C_{RL} der Restverluste bei Anwendung von Schutzmaßnahmen und der Kosten C_{PM} für die Schutzmaßnahmen geringer sind als die Kosten C_L des Gesamtverlustes, wenn keine Schutzmaßnahmen angewendet werden:

$$C_{RL} + C_{PM} < C_L$$

ANMERKUNG Ausführliche Angaben zur Berechnung des wirtschaftlichen Nutzens des Blitzschutzes enthält IEC 62305-2.

7 Schutzmaßnahmen

Abhängig von der Schadensursache können verschiedene Schutzmaßnahmen zur Verringerung des Schadensrisikos angewendet werden.

7.1 Schutzmaßnahmen zur Verringerung der Verletzung von Lebewesen durch elektrischen Schlag

Mögliche Schutzmaßnahmen sind:

- angemessene Isolierung von freiliegenden leitenden Teilen;
- Potentialausgleich mit einem vermaschten Erdungssystem;
- physikalische Einschränkungen und Warnhinweise;
- Blitzschutz-Potentialausgleich (EB).

ANMERKUNG 1 Ein Potentialausgleich und eine Erhöhung des spezifischen Oberflächenwiderstandes des Bodens innerhalb und außerhalb der baulichen Anlage kann die Lebensgefahr verringern (siehe IEC 62305-3, Abschnitt 8).

ANMERKUNG 2 Die Verwendung von Gewitterwarngeräten kann die Lebensgefahr verringern.

7.2 Schutzmaßnahmen zur Verringerung von physikalischen Schäden

Der Schutz wird erreicht durch ein Blitzschutzsystem (LPS) mit den Bestandteilen

- Fangeinrichtung
- Ableitungseinrichtung
- Erdungsanlage
- Blitzschutz-Potentialausgleich (EB)
- Elektrische Isolierung gegen den äußeren Blitzschutz (und damit Einhaltung des Trennungsabstands)

ANMERKUNG 1 Bei einem installierten LPS ist der Potentialausgleich eine sehr wichtige Maßnahme, um Brand- und Explosionsgefahr sowie Lebensgefahr zu verringern. Weiterführende Angaben enthält IEC 62305-3.

ANMERKUNG 2 Physikalische Schäden können durch Vorkehrungen verringert werden, die die Entwicklung und Ausbreitung eines Brandes einschränken, wie Brandschutzzräume, Feuerlöscher, Hydranten, Brandmelde- und Feuerlöschanlagen.

ANMERKUNG 3 Gesicherte Fluchtwege sorgen für den Schutz des Personals.

7.3 Schutzmaßnahmen zur Verringerung von Ausfällen elektrischer und elektronischer Systeme

Mögliche Schutzmaßnahmen sind:

- Erdungs- und Potentialausgleichs-Maßnahmen;
- magnetische Schirmung;
- Leitungsführung;
- isolierende Schnittstellen;
- koordiniertes SPD-System.

Diese Maßnahmen können allein oder in Kombination verwendet werden.

ANMERKUNG Die Verwendung von Gewitterwarngeräten kann die Ausfälle elektrischer und elektronischer Systeme verringern.

7.4 Auswahl von Schutzmaßnahmen

Alle in 7.1, 7.2 und 7.3 angegebenen Schutzmaßnahmen bilden zusammen den gesamten Blitzschutz.

Die Auswahl der am besten geeigneten Schutzmaßnahmen muss vom Planer der Schutzmaßnahmen und vom Eigentümer der zu schützenden baulichen Anlage entsprechend der Art und des Anteils jeder Schadensursache und entsprechend den technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten der verschiedenen Schutzmaßnahmen vorgenommen werden.

Die Kriterien für die Schadensrisikobewertung und für die Auswahl der am besten geeigneten Schutzmaßnahmen sind in IEC 62305-2 angegeben.

Die Schutzmaßnahmen sind unter der Voraussetzung wirksam, dass sie den Anforderungen der betreffenden Normen entsprechen und dass sie den an ihrem Einbauort zu erwartenden Beanspruchungen standhalten können.

8 Grundlegende Kriterien für den Schutz von baulichen Anlagen

Ein idealer Schutz für bauliche Anlagen wäre das Einschließen der baulichen Anlage in einen geerdeten, perfekt leitenden, durchgängigen Schirm ausreichender Dicke sowie durch Vorsehen eines entsprechenden

Potentialausgleichs der in die bauliche Anlage eingeführten Versorgungsleitungen an der Einführungsstelle in den Schirm.

Dies würde das Eindringen des Blitzstroms und des zugehörigen elektromagnetischen Feldes in die zu schützende bauliche Anlage verhindern und verhindert damit gefährliche thermische und elektrodynamische Auswirkungen des Stroms sowie gefährliche Funkenbildung und Überspannungen für innere Systeme.

In der Praxis ist es oft weder möglich noch rentabel, so weit mit einem optimalen Schutz zu gehen.

Mangel an der Durchgängigkeit des Schirmes und/oder seiner angemessenen Dicke erlaubt es dem Blitzstrom, den Schirm zu durchdringen und verursacht:

- physikalische Schäden und Lebensgefahr;
- Ausfälle von inneren Systemen.

Die Schutzmaßnahmen, die zur Verringerung derartiger Schäden und bedeutender Folgeverluste angewendet werden, müssen für den festgelegten Satz der Blitzstromparameter ausgelegt sein, für den der Schutz gefordert wird (Gefährdungspegel).

8.1 Gefährdungspegel (LPL)

Für den Zweck dieser Norm werden vier Gefährdungspegel (I bis IV) eingeführt. Für jeden Gefährdungspegel LPL ist ein Satz von Maximalwerten und von Minimalwerten der Blitzstromparameter festgelegt.

ANMERKUNG 1 Der Schutz gegen Blitzeinschlag, bei dem die Maximal- und Minimalwerte der Blitzstromparameter diejenigen für den Gefährdungspegel LPL I über- bzw. unterschreiten, erfordern noch wirksamere Maßnahmen, die auf individueller Basis ausgewählt und ausgeführt werden sollten.

ANMERKUNG 2 Die Wahrscheinlichkeit eines Blitzeinschlags, bei dem die Maximal- oder Minimalwerte diejenigen für den Gefährdungspegel LPL I über- bzw. unterschreiten, ist kleiner als 2 %.

Die Maximalwerte der Blitzstromparameter entsprechend LPL I werden mit einer Wahrscheinlichkeit von 99 % nicht überschritten. Entsprechend dem angenommenen Polaritätsverhältnis (siehe A.2) werden für positive Blitze die Werte verwendet, die Wahrscheinlichkeiten unter 10 % haben, für negative Blitze aber diejenigen unter 1 % (siehe A.3).

Die Maximalwerte der Blitzstromparameter entsprechend LPL I werden für LPL II auf 75 % und für LPL III und IV auf 50 % reduziert (linear für I , Q und di/dt , jedoch quadratisch für W/R). Die zeitlichen Parameter bleiben unverändert.

ANMERKUNG 3 Gefährdungspegel, bei denen die Maximalwerte der Blitzstromparameter kleiner sind als bei LPL IV, erlauben die Betrachtung höherer, aber nicht quantifizierter, Schadenswahrscheinlichkeiten als die in Anhang B von IEC 62305-2 betrachteten und sind nützlich, wenn durch genauer angepasste Schutzmaßnahmen ungerechtfertigte Kosten vermieden werden sollen.

Die Maximalwerte der Blitzstromparameter für die unterschiedlichen Gefährdungspegel werden in Tabelle 3 angegeben und für die Auslegung der Komponenten für den Blitzschutz angewendet (z. B. Querschnitt von Leitern, Dicke von metallenen Blechen, Stromtragfähigkeit von SPDs, Trennungsabstand gegen gefährliche Funkenbildung) sowie für die Festlegung von Prüfparametern, mit denen die Auswirkungen von Blitzeinschlägen auf derartige Komponenten nachgebildet werden (siehe Anhang D).

Die Minimalwerte der Amplitude des Blitzstroms für die verschiedenen LPL werden zur Ableitung des Blitzkugelradius (siehe A.4) verwendet, um die Blitzschutzzone 0_B zu bestimmen, die von einem direkten Blitzeinschlag nicht erreicht werden kann (siehe 8.2 und Bilder 3 und 4). Die Minimalwerte der Blitzstromparameter mit dem zugehörigen Radius der Blitzkugel werden in Tabelle 4 angegeben. Sie werden zur Lagefestlegung von Fangeinrichtungen und zur Bestimmung der Blitzschutzzone LPZ 0_B (siehe 8.2) angewendet.

Tabelle 3 – Maximalwerte von Blitzstromparametern entsprechend dem Gefährdungspegel LPL

Erster positiver Stoßstrom			LPL			
Stromparameter	Symbol	Einheit	I	II	III	IV
Scheitelwert	I	kA	200	150	100	
Ladung des Stoßstroms	Q_{short}	C	100	75	50	
Spezifische Energie	W/R	MJ/Ω	10	5,6	2,5	
Zeitparameter	T_1/T_2	μs/μs	10/350			
Erster negativer Stoßstrom ^{a)}			LPL			
Stromparameter	Symbol	Einheit	I	II	III	IV
Scheitelwert	I	kA	100	75	50	
Mittlere Steilheit	di/dt	kA/μs	100	75	50	
Zeitparameter	T_1/T_2	μs/μs	1/200			
Folgestoßstrom			LPL			
Stromparameter	Symbol	Einheit	I	II	III	IV
Scheitelwert	I	kA	50	37,5	25	
Mittlere Steilheit	di/dt	kA/μs	200	150	100	
Zeitparameter	T_1/T_2	μs/μs	0,25/100			
Langzeitstrom			LPL			
Stromparameter	Symbol	Einheit	I	II	III	IV
Ladung des Langzeitstroms	Q_{long}	C	200	150	100	
Zeitparameter	T_{long}	s	0,5			
Blitz			LPL			
Stromparameter	Symbol	Einheit	I	II	III	IV
Ladung des Blitzes	Q_{flash}	C	300	225	150	

^{a)} Diese Wellenform wird nur für Berechnungen, aber nicht für Prüfungen verwendet.

Tabelle 4 – Minimalwerte der Blitzstromparameter und die zugehörigen Blitzkugelradien entsprechend dem Gefährdungspegel LPL

Auffangkriterium			LPL			
	Symbol	Einheit	I	II	III	IV
kleinster Scheitelwert	I	kA	3	5	10	16
Radius der Blitzkugel	r	m	20	30	45	60

Aus den in Bild A.5 angegebenen statistischen Verteilungen kann eine gewichtete Wahrscheinlichkeit bestimmt werden, dass die Blitzstromparameter kleiner als die Maximalwerte bzw. größer als die Minimalwerte sind, die für jeden Gefährdungspegel definiert sind (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5 – Wahrscheinlichkeiten für die Grenzwerte der Blitzstromparameter

Wahrscheinlichkeit, dass die Blitzstromparameter	LPL			
	I	II	III	IV
kleiner sind als die Maximalwerte nach Tabelle 3 ^{N1)}	0,99	0,98	0,97	0,97
größer sind als die Minimalwerte nach Tabelle 4 ^{N2)}	0,99	0,97	0,91	0,84

Die in IEC 62305-3 und IEC 62305-4 festgelegten Schutzmaßnahmen sind gegen Blitzeinschläge wirksam, deren Stromparameter in dem durch den Gefährdungspegel definierten Bereich liegen, der für die Auslegung angenommen wird. Deshalb wird angenommen, dass die Wirksamkeit einer Schutzmaßnahme gleichzusetzen ist mit der Wahrscheinlichkeit, mit der die Blitzstromparameter im definierten Bereich liegen.

8.2 Blitzschutzzonen (LPZ)

Schutzmaßnahmen, wie LPS, Schirmleiter, magnetische Schirme und SPD bestimmen Blitzschutzzonen (LPZ).

Den Schutzmaßnahmen nachgelagerte LPZ sind gegenüber den vorgelagerten LPZ durch eine wesentliche Verringerung des LEMP charakterisiert.

Hinsichtlich der Blitzgefährdung sind die folgenden LPZ definiert (siehe Bilder 3 und 4):

- LPZ 0_A Zone, die durch direkte Blitzeinschläge und durch das volle elektromagnetische Feld des Blitzes gefährdet ist. Die inneren Systeme können vollen oder anteiligen Blitzstoßströmen ausgesetzt sein.
- LPZ 0_B Zone, die gegen direkte Blitzeinschläge geschützt, aber durch das volle elektromagnetische Feld des Blitzes gefährdet ist. Die inneren Systeme können anteiligen Blitzstoßströmen ausgesetzt sein.
- LPZ 1 Zone, in der die Stoßströme durch Stromaufteilung und durch isolierende Schnittstellen und/oder SPDs an der Zonengrenze begrenzt werden. Durch räumliche Schirmung kann das elektromagnetische Feld des Blitzes abgeschwächt sein.
- LPZ 2, ..., n Zone, in der die Stoßströme durch Stromaufteilung und durch isolierende Schnittstellen und/oder zusätzliche SPDs an der Zonengrenze weiter begrenzt werden. Zusätzliche räumliche Schirmung kann verwendet werden, um das elektromagnetische Feld des Blitzes weiter abzuschwächen.

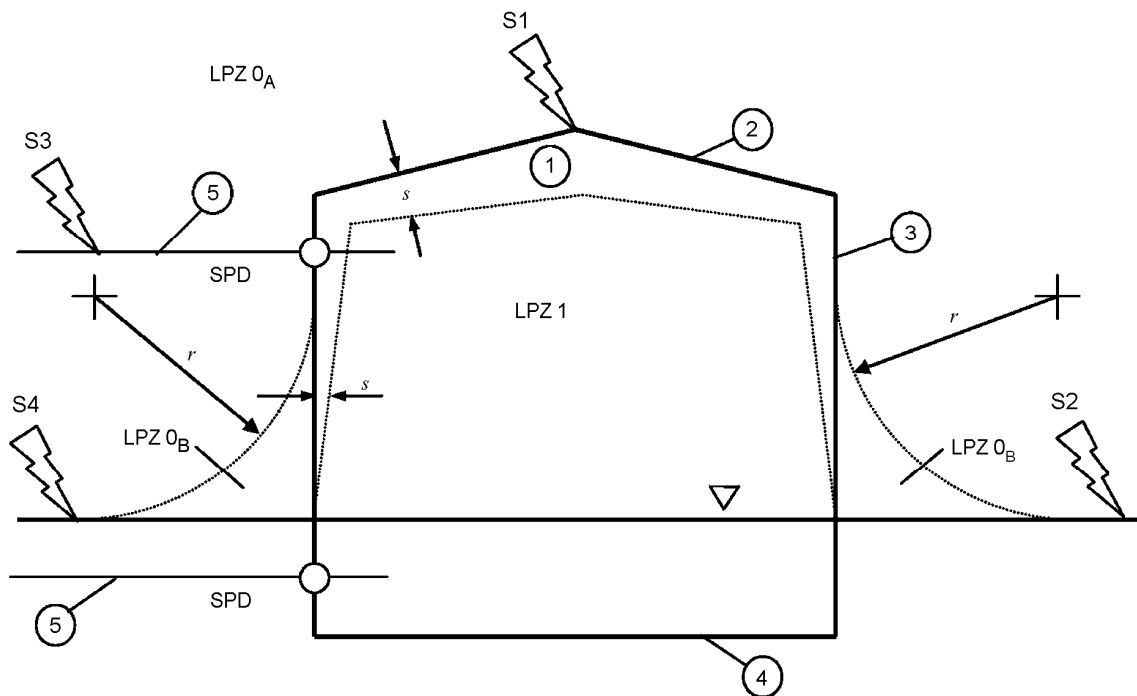
ANMERKUNG 1 Im Allgemeinen gilt: je höher die Ziffer für die einzelne Zone, desto kleiner sind die Parameter der elektromagnetischen Umgebung.

Als eine allgemeine Regel für den Schutz gilt, dass sich die zu schützende bauliche Anlage in einer LPZ befinden muss, deren elektromagnetische Kennwerte vereinbar sind mit dem Vermögen der baulichen Anlage, den Schaden verursachenden Beanspruchungen standzuhalten (physikalische Schäden, Ausfälle von elektrischen und elektronischen Systemen durch Überspannungen).

ANMERKUNG 2 Für die meisten elektrischen und elektronischen Systeme und Betriebsmittel können vom Hersteller Angaben für das Stehvermögen bereitgestellt werden.

^{N1)} Nationale Fußnote: In IEC 81/335/CDV wurde hier irrtümlich Tabelle 5 angegeben.

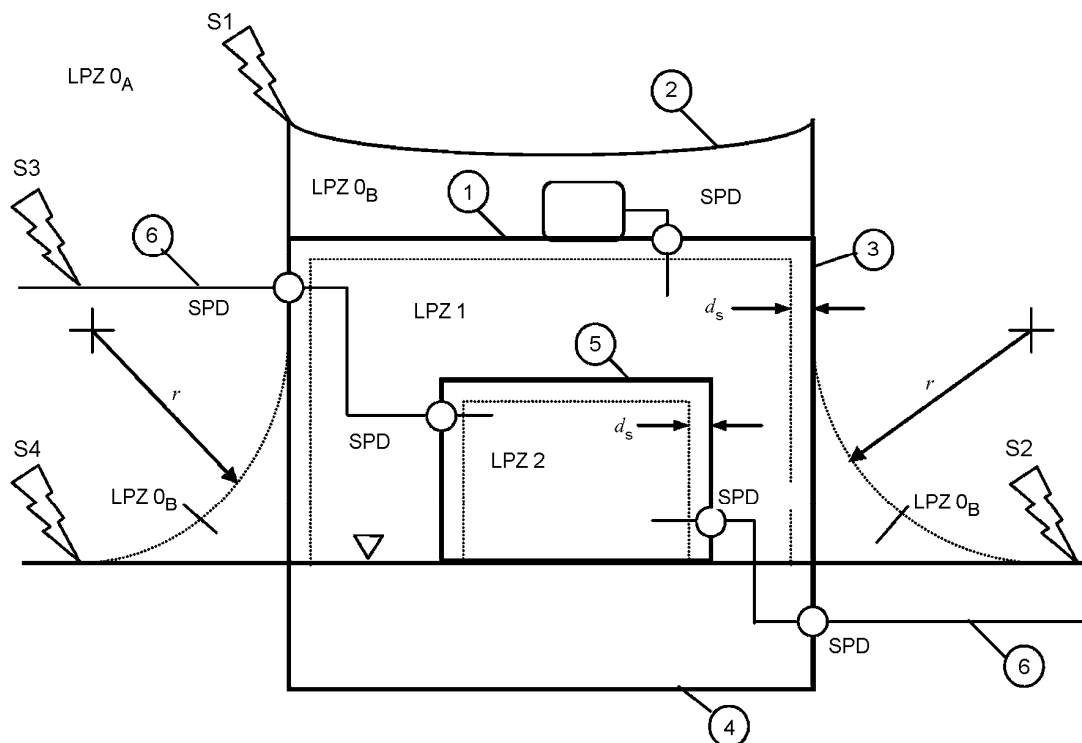
^{N2)} Nationale Fußnote: In IEC 81/335/CDV wurde hier irrtümlich Tabelle 6 angegeben.



- | | | | |
|---|----------------------------------|-----|--|
| 1 | Bauliche Anlage | S1 | Blitzeinschlag in die bauliche Anlage |
| 2 | Fangeinrichtung | S2 | Blitzeinschlag neben der baulichen Anlage |
| 3 | Ableitungseinrichtung | S3 | Blitzeinschlag in eine eingeführte Versorgungsleitung |
| 4 | Erdungsanlage | S4 | Blitzeinschlag neben einer eingeführten Versorgungsleitung |
| 5 | Eingeführte Versorgungsleitungen | r | Radius der Blitzkugel |
| | | s | Trennungsabstand gegen gefährliche Funkenbildung |

- | | |
|--------------------|--|
| ▽ | Erdniveau |
| O | Blitzschutz-Potentialausgleich durch SPD |
| LPZ 0 _A | Direkte Blitzeinschläge, voller Blitzstrom |
| LPZ 0 _B | Keine direkten Blitzeinschläge, anteiliger Blitzstrom oder induzierter Strom |
| LPZ 1 | Keine direkten Blitzeinschläge, anteiliger Blitzstrom oder induzierter Strom |
| | Geschütztes Volumen in LPZ 1 muss den Trennungsabstand s einhalten |

Bild 3 – LPZ festgelegt durch ein LPS (IEC 62305-3)



- | | | | |
|---|------------------------------------|-------|--|
| 1 | Bauliche Anlage (Schirm von LPZ 1) | S1 | Blitzeinschlag in die bauliche Anlage |
| 2 | Fangeinrichtung | S2 | Blitzeinschlag neben der baulichen Anlage |
| 3 | Ableitungseinrichtung | S3 | Blitzeinschlag in eine eingeführte Versorgungsleitung |
| 4 | Erdungsanlage | S4 | Blitzeinschlag neben einer eingeführten Versorgungsleitung |
| 5 | Raum (Schirm von LPZ 2) | r | Radius der Blitzkugel |
| 6 | Eingeführte Versorgungsleitungen | d_s | Sicherheitsabstand gegen zu hohes magnetisches Feld |

- | | |
|--------------------|--|
| ▽ | Erdniveau |
| O | Blitzschutz-Potentialausgleich durch SPD |
| LPZ 0 _A | Direkte Blitzeinschläge, voller Blitzstrom, volles magnetisches Feld |
| LPZ 0 _B | Keine direkten Blitzeinschläge, anteiliger Blitzstrom oder induzierter Strom, volles magnetisches Feld |
| LPZ 1 | Keine direkten Blitzeinschläge, begrenzter Blitzstrom oder induzierter Strom, geschwächtes magnetisches Feld |
| LPZ 2 | Keine direkten Blitzeinschläge, induzierte Ströme, weiter geschwächtes magnetisches Feld |
- Geschützte Volumen in LPZ 1 und LPZ 2 müssen die Sicherheitsabstände d_s einhalten

Bild 4 – LPZ festgelegt durch Schutzmaßnahmen gegen LEMP (IEC 62305-4)

8.3 Schutz von baulichen Anlagen

8.3.1 Schutz zur Verringerung von physikalischen Schäden und Lebensgefahr

Die zu schützende bauliche Anlage muss sich innerhalb einer LPZ 0_B oder höher befinden. Dies wird mit einem Blitzschutzsystem (LPS) erreicht.

Ein LPS besteht aus äußerem und innerem Blitzschutz.

Die Funktionen des äußeren LPS sind

- Auffangen eines Blitzeinschlags in die bauliche Anlage (mit einer Fangeinrichtung),
- sicheres Ableiten des Blitzstroms zur Erde (mit einer Ableitungseinrichtung),
- Verteilen des Blitzstroms in der Erde (mit einer Erdungsanlage).

Die Funktion des inneren LPS besteht im Verhindern gefährlicher Funkenbildung innerhalb der baulichen Anlage, wobei entweder ein Potentialausgleich oder ein Trennungsabstand s (und damit die elektrische Trennung) zwischen den Komponenten des LPS und anderen elektrisch leitenden Elementen innerhalb der baulichen Anlage angewendet wird.

Für das LPS sind vier Schutzklassen (I, II, III & IV) als Satz von Aufbauregeln festgelegt, die auf dem entsprechenden Gefährdungspegel LPL beruhen. Jeder Satz umfasst klassenabhängige (z. B. Radius der Blitzkugel, Maschenweite usw.) und klassenunabhängige (z. B. Querschnitte, Werkstoffe usw.) Aufbauregeln.

Wenn der spezifische Oberflächenwiderstand des Bodens außerhalb und des Fußbodens innerhalb der baulichen Anlage nicht ausreichend hoch ist, kann die Lebensgefahr durch Berührungs- und Schrittspannungen verringert werden:

- außerhalb der baulichen Anlage durch Isolierung von freiliegenden leitenden Teilen, Potentialausgleich mit einem vermaschten Erdungssystem, Warnhinweise und physikalische Beschränkungen;
- innerhalb der baulichen Anlage durch Potentialausgleich der Versorgungsleitungen an den Einführungsstellen in die bauliche Anlage.

LPS müssen den in IEC 62305-3 angegebenen Anforderungen entsprechen.

8.3.2 Schutz zur Verringerung von Ausfällen innerer Systeme

Der Schutz gegen LEMP zur Verringerung von Ausfällen innerer Systeme muss begrenzen:

- Stoßwellen durch Blitzeinschläge in die bauliche Anlage, die sich aus ohmscher und induktiver Kopplung ergeben;
- Stoßwellen durch Blitzeinschläge neben der baulichen Anlage, die sich aus induktiver Kopplung ergeben;
- von eingeführten Leitungen übertragene Stoßwellen aufgrund von Blitzeinschlägen in die oder neben den Leitungen;
- direkte Kopplung des magnetischen Feldes mit inneren Systemen.

ANMERKUNG Auswirkungen der direkten Kopplung des magnetischen Feldes mit inneren Systemen sind vernachlässigbar, vorausgesetzt, die Betriebsmittel erfüllen die in den entsprechenden EMV-Produktnormen für Hochfrequenzabstrahlung und -störfestigkeit festgelegten Prüfungen (siehe IEC 62305-2 und IEC 62305-4).

Das zu schützende System muss sich innerhalb einer LPZ 1 oder höher befinden. Dies wird durch ein Schutzsystem von elektrischen und elektronischen Einrichtungen (ESP) erreicht, das aus magnetischen Schirmen, die das induzierte magnetische Feld dämpfen, und/oder durch geeignete Leitungsführung, mit der Induktionsschleifen verkleinert werden, besteht. An den Grenzen der LPZ muss für metallene Teile und Systeme, die die Grenzen durchdringen, Potentialausgleich vorgesehen werden. Dieser Potentialausgleich kann mit Potentialausgleichsleitern oder, sofern erforderlich, mit Überspannungsschutzgeräten (SPDs) vorgenommen werden.

— Entwurf —

E DIN EN 62305-1 (VDE 0185-305-1):2010-01
FprEN 62305-1:2009

Die Schutzmaßnahmen für jede LPZ müssen IEC 62305-4 entsprechen.

Ein wirksamer Schutz gegen Überspannungen, die Ausfälle von inneren Systemen verursachen, kann auch mit isolierenden Schnittstellen und/oder mit einem koordinierten SPD-System erreicht werden, mit dem Überspannungen auf einen Wert unterhalb der Bemessungs-Stehstoßspannung des zu schützenden Systems begrenzt werden.

Isolierende Schnittstellen und SPDs müssen nach den in IEC 62305-4 angegebenen Anforderungen ausgewählt und installiert werden.

Anhang A (informativ)

Parameter des Blitzstroms

A.1 Blitze zur Erde

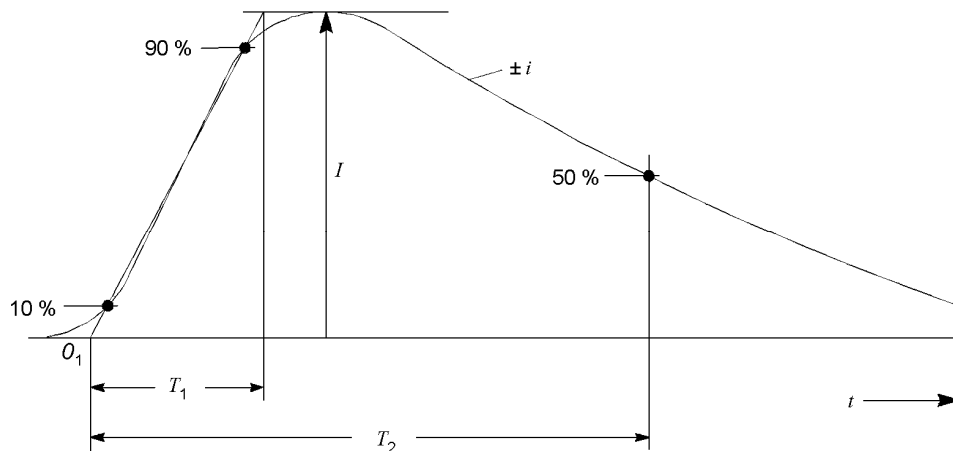
Es gibt zwei grundlegende Arten von Blitzen:

- Abwärtsblitze, die von abwärts gerichteten Vorentladungen von der Wolke zur Erde eingeleitet werden;
- Aufwärtsblitze, die von aufwärts gerichteten Vorentladungen von geerdeten baulichen Anlagen zur Wolke eingeleitet werden.

Im flachen Gelände und bei niedrigen baulichen Anlagen treten meist Abwärtsblitze auf, wogegen bei exponierten und/oder höheren Gebäuden die Aufwärtsblitze überwiegen. Mit zunehmender Höhe steigt die Wahrscheinlichkeit für einen direkten Einschlag in die bauliche Anlage an (siehe IEC 62305-2, Anhang A) und die physikalischen Bedingungen ändern sich.

Ein Blitzstrom besteht aus einem oder mehreren verschiedenen Teilblitzen:

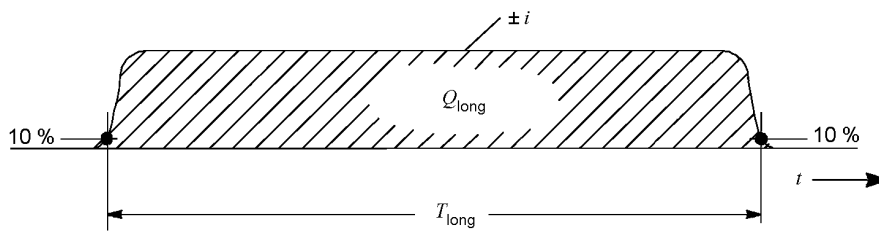
- Stoßströme mit einer Dauer unter 2 ms (Bild A.1);
- Langzeitströme mit einer Dauer von mehr als 2 ms (Bild A.2).



Legende

- O_1 Virtueller Beginn
- I Stromscheitelwert
- T_1 Stirnzeit
- T_2 Rückenhalbwertszeit

**Bild A.1 – Festlegung der Stoßstromparameter
(typisch $T_2 < 2$ ms)**



Legende

T_{long} Dauer des Langzeitstroms
 Q_{long} Ladung des Langzeitstroms

Bild A.2 – Festlegung der Langzeitstromparameter
(typisch $2 \text{ ms} < T_{\text{long}} < 1 \text{ s}$)

Weitere Unterschiede bei den Entladungen kommen durch die Polarität (positiv oder negativ) und von der zeitlichen Lage in der Blitzentladung (Erster Stoßstrom, Folgestoßstrom, überlagerter Stoßstrom). Die möglichen Komponenten sind in Bild A.3 für Abwärtsblitze und in Bild A.4 für Aufwärtsblitze dargestellt.

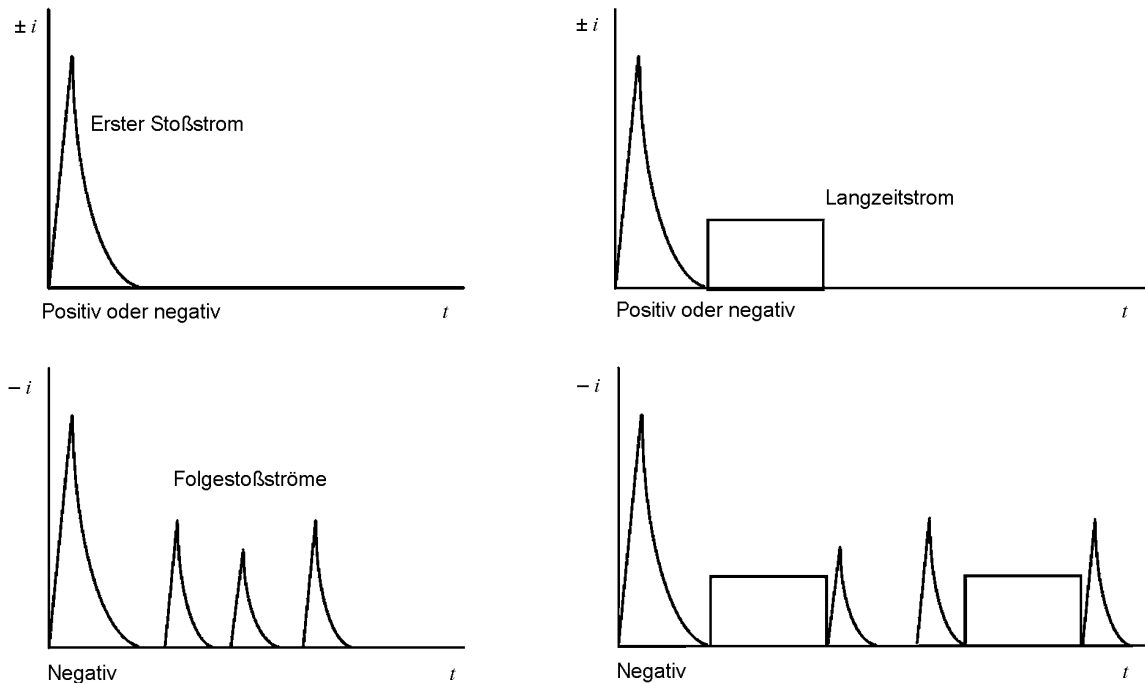


Bild A.3 – Mögliche Komponenten von Abwärtsblitzen
(typisch in flacher Umgebung und für niedrige bauliche Anlagen)

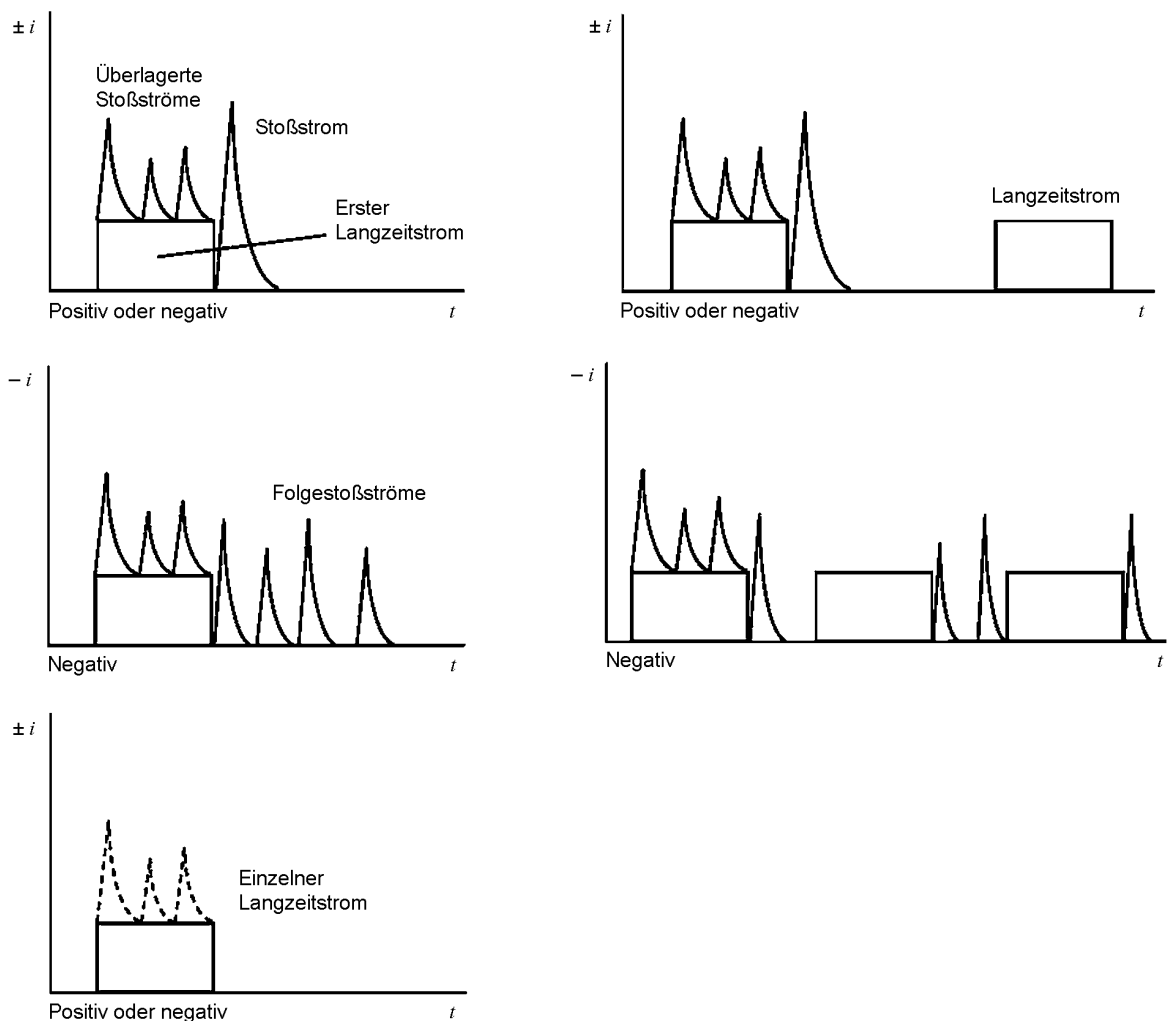


**Bild A.4 – Mögliche Komponenten von Aufwärtsblitzen
(typisch an exponierten und/oder höheren baulichen Anlagen)**

Die zusätzliche Komponente in den Aufwärtsblitzen ist der erste Langzeitstrom ohne oder mit bis zu einigen zehn überlagerten Stoßströmen. Aber alle Stoßstromparameter von Aufwärtsblitzen sind niedriger als die der Abwärtsblitze. Eine höhere Ladung des Langzeitstroms von Aufwärtsblitzen ist bis jetzt noch nicht bestätigt. Deshalb ist anzunehmen, dass die Blitzstromparameter der Aufwärtsblitze durch die höchsten Parameter der Abwärtsblitze abgedeckt werden. Eine genauere Ermittlung der Blitzstromparameter und ihrer Abhängigkeit von der Höhe ist für Abwärts- und Aufwärtsblitze in Bearbeitung.

A.2 Blitzstromparameter

Die Blitzstromparameter in dieser Norm beruhen auf den Ergebnissen des internationalen Forums auf dem Gebiet der elektrischen Energieerzeugung, -übertragung und -verteilung (CIGRE), die in Tabelle A.1 angegeben werden. Die statistische Verteilung der Blitzparameter kann als logarithmische Normalverteilung angenommen werden. Der entsprechende Mittelwert μ und die Streuung $\sigma_{\log}$ sind in Tabelle A.2 angegeben, die Verteilungsfunktion ist in Bild A.5 dargestellt. Auf dieser Grundlage kann die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines beliebigen Wertes eines Parameters bestimmt werden.

Der Anteil der Polaritäten wird mit 10 % positiven Blitzen und mit 90 % negativen Blitzen angenommen. Das Verhältnis der Polaritäten ist vom geografischen Bereich abhängig. Liegen keine örtlichen Angaben vor, sollte die hier angegebene Aufteilung verwendet werden.

Werte für die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Blitzstromscheitelwerten über die oben betrachteten Werte hinaus sind in Tabelle A.3 angegeben.

Tabelle A.1 – Tabellenwerte der Blitzstromparameter, entnommen aus CIGRE
(Electra Nr. 41 oder Nr. 69*) [3], [4]

Parameter	Festgelegte Werte für LPL I	Werte			Art des Teilblitzes	Gerade in Bild A.5
		95 %	50 %	5 %		
I (kA)		4 (98%)	20 (80%)	90	Negativer Erstblitz [*]	1A + 1B
	50	4,9	11,8	28,6	Negativer Folgeblitz [*]	2
	200	4,6	35	250	(Einzelner) positiver Erstblitz	3
Q_{flash} (C)		1,3	7,5	40	Negativer Blitz	4
	300	20	80	350	Positiver Blitz	5
Q_{short} (C)		1,1	4,5	20	Negativer Erstblitz	6
		0,22	0,95	4	Negativer Folgeblitz	7
	100	2	16	150	(Einzelner) positiver Erstblitz	8
W/R (kJ/Ω)		6	55	550	Negativer Erstblitz	9
		0,55	6	52	Negativer Folgeblitz	10
	10 000	25	650	15 000	Positiver Erstblitz	11
di/dt_{max} (kA/μs)		9,1	24,3	65	Negativer Erstblitz [*]	12
		9,9	39,9	161,5	Negativer Folgeblitz [*]	13
	20	0,2	2,4	32	Positiver Erstblitz	14
$di/dt_{30/90\%}$ (kA/μs)	200	4,1	20,1	98,5	Negativer Folgeblitz [*]	15
Q_{long} (C)	200				Langzeitstrom	
T_{long} (s)	0,5				Langzeitstrom	
Stirnzeit (μs)		1,8	5,5	18	Negativer Erstblitz	
		0,22	1,1	4,5	Negativer Folgeblitz	
		3,5	22	200	(Einzelner) positiver Erstblitz	
Teilblitzdauer (μs)		30	75	200	Negativer Erstblitz	
		6,5	32	140	Negativer Folgeblitz	
		25	230	2 000	(Einzelner) positiver Erstblitz	
Zeitintervall (ms)		7	33	150	Negative Mehrfachblitze	
Gesamt-Blitzdauer (ms)		0,15	13	1 100	Negativer Blitz (Gesamtheit)	
		31	180	900	Negativer Blitz (ohne Einzelblitz)	
		14	85	500	Positiver Blitz	

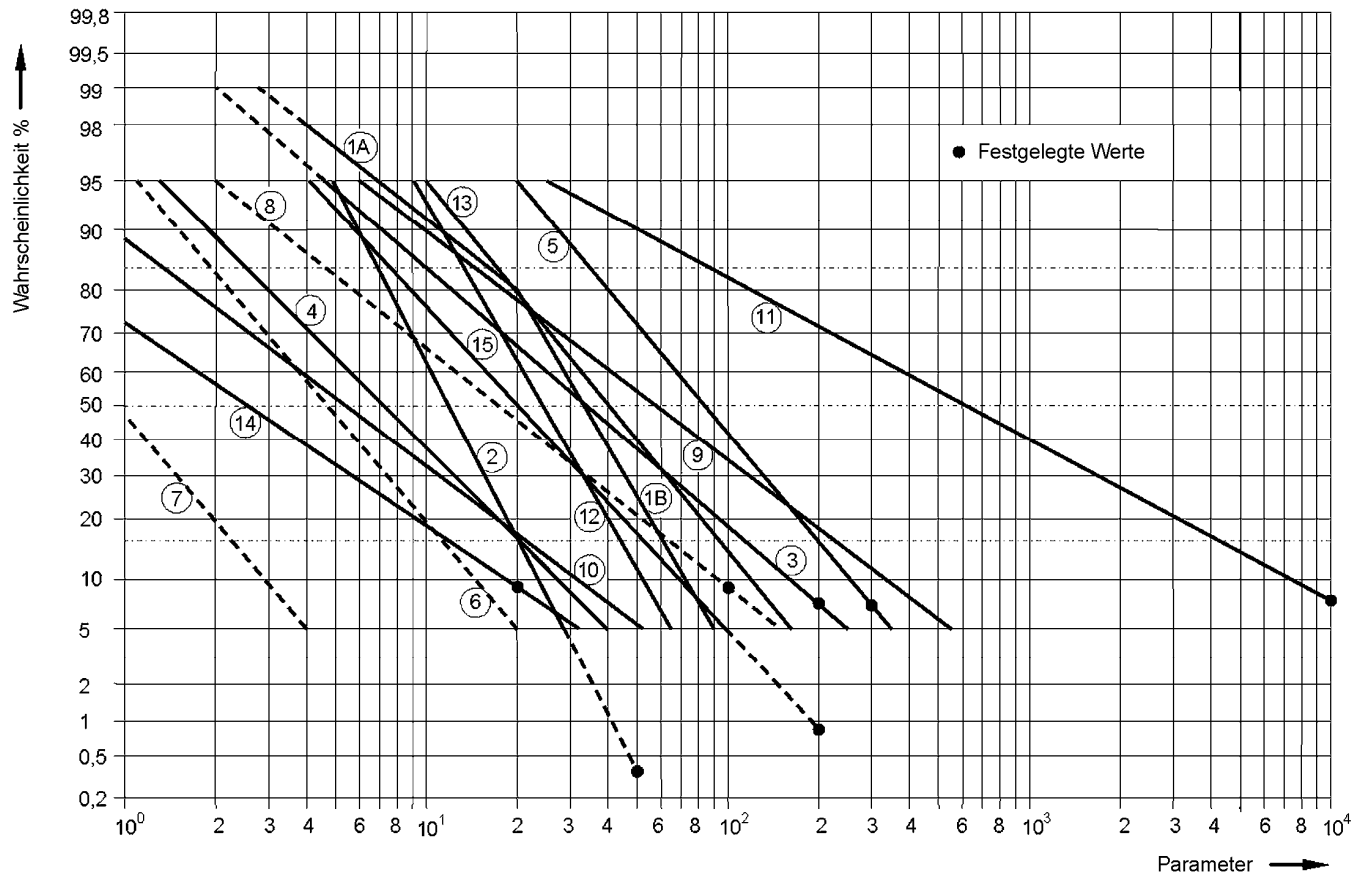
ANMERKUNG Die Werte für $I = 4$ kA und $I = 20$ kA entsprechen einer Wahrscheinlichkeit von 98 % bzw. 80 %.

**Tabelle A.2 – Logarithmische Normalverteilung der Blitzstromparameter
Mittelwert μ und Streuung $\sigma_{\log}$, berechnet aus den 95%- und 5%-Werten nach CIGRE
(Electra Nr. 41 oder Nr. 69*) [3], [4]**

Parameter	Mittelwert μ	Streuung $\sigma_{\log}$	Art des Teilblitzes	Gerade in Bild A.5
I (kA)	(61,1)	0,576	Negativer Erstblitz (80 %) *	1A
	33,3	0,263	Negativer Erstblitz (80 %) *	1B
	11,8	0,233	Negativer Folgeblitz *	2
Q_{flash} (C)	33,9	0,527	(Einzelner) positiver Erstblitz	3
	7,21	0,452	Negativer Blitz	4
Q_{short} (C)	83,7	0,378	Positiver Blitz	5
	4,69	0,383	Negativer Erstblitz	6
	0,938	0,383	Negativer Folgeblitz	7
W/R (kJ/Ω)	17,3	0,570	(Einzelner) positiver Erstblitz	8
	57,4	0,596	Negativer Erstblitz	9
	5,35	0,600	Negativer Folgeblitz	10
di/dr_{max} (kA/μs)	612	0,844	Positiver Erstblitz	11
	24,3	0,260	Negativer Erstblitz *	12
	40,0	0,369	Negativer Folgeblitz *	13
$di/dr_{30/90\%}$ (kA/μs)	2,53	0,670	Positiver Erstblitz	14
	20,1	0,420	Negativer Folgeblitz *	15
Q_{long} (C)	200		Langzeitstrom	
T_{long} (s)	0,5		Langzeitstrom	
Stirnzeit (μs)	5,69	0,304	Negativer Erstblitz	
	0,995	0,398	Negativer Folgeblitz	
	26,5	0,534	(Einzelner) positiver Erstblitz	
Teilblitzdauer (μs)	77,5	0,250	Negativer Erstblitz	
	30,2	0,405	Negativer Folgeblitz	
	224	0,578	(Einzelner) positiver Erstblitz	
Zeitintervall (ms)	32,4	0,405	Negative Mehrfachblitze	
Gesamt-Blitzdauer (ms)	12,8	1,175	Negativer Blitz (Gesamtheit)	
	167	0,445	Negativer Blitz (ohne Einzelblitz)	
	83,7	0,472	Positiver Blitz	
ANMERKUNG $\sigma_{\log} = \log(I_{16\%}) - (I_{50\%})$				

Tabelle A.3 – Werte der Wahrscheinlichkeit P als Funktion des Blitzstroms I

I (kA)	P
0	1
3	0,99
5	0,95
10	0,9
20	0,8
30	0,6
35	0,5
40	0,4
50	0,3
60	0,2
80	0,1
100	0,05
150	0,02
200	0,01
300	0,005
400	0,002
600	0,001



ANMERKUNG Zur Benummerung der Geraden siehe Tabellen A.1 und A.2.

Bild A.5 – Summenhäufigkeitsverteilung der Blitzstromparameter (Geraden durch die 95%- und 5%-Werte)

Alle für die Gefährdungspegel LPL festgelegten Werte dieser Norm beziehen sich auf Abwärts- und Aufwärtsblitze.

ANMERKUNG Die Werte der Blitzstromparameter werden üblicherweise durch Messungen an hohen Objekten gewonnen. Die statistische Verteilung der geschätzten Scheitelwerte des Blitzstroms, die nicht den Einfluss hoher Objekte berücksichtigt, ist auch von Blitzortungssystemen erhältlich.

A.3 Festlegung der Maximalwerte der Blitzstromparameter für LPL I

Die mechanischen Auswirkungen eines Blitzeinschlags hängen vom Scheitelwert des Stroms (I) und von der spezifischen Energie (W/R) ab. Die thermischen Auswirkungen hängen von der spezifischen Energie (W/R) ab, wenn ohmsche Kopplung beteiligt ist, und von der Ladung (Q), wenn sich in der Installation Lichtbögen entwickeln. Überspannungen und gefährliche Funkenbildung, verursacht durch induktive Kopplung, hängen von der mittleren Steilheit (di/dt) der Blitzstromstirn ab.

Jeder einzelne Parameter (I , Q , W/R , di/dt) tendiert dazu, einen bestimmten Ausfallmechanismus vorwiegend zu bestimmen. Dies ist bei der Festlegung von Prüfverfahren zu berücksichtigen.

A.3.1 Erster Stoßstrom und Langzeitstrom

Die Werte I , Q und W/R , die sich auf die mechanischen und thermischen Auswirkungen beziehen, werden an positiven Blitzentladungen bestimmt (weil ihre 10-%-Werte viel höher als die entsprechenden 1-%-Werte negativer Blitzentladungen sind). Aus Bild A.5 (Geraden 3, 5, 8, 11 und 14) können die folgenden Werte mit Wahrscheinlichkeiten unter 10 % entnommen werden:

$$I = 200 \text{ kA}$$

$$Q_{\text{flash}} = 300 \text{ C}$$

$$Q_{\text{short}} = 100 \text{ C}$$

$$W/R = 10 \text{ MJ}/\Omega$$

$$di/dt = 20 \text{ kA}/\mu\text{s}$$

Für einen ersten Stoßstrom nach Bild A.1 geben diese Werte eine erste Näherung für die Stirnzeit:

$$T_1 = I / (di/dt) = 10 \mu\text{s} \quad (T_1 \text{ ist von untergeordnetem Interesse})$$

Für einen exponentiell abklingenden Stoßstrom gelten die folgenden Gleichungen für angenäherte Ladungs- und Energiewerte ($T_1 \ll T_2$):

$$Q_{\text{short}} = (1/0,7) \cdot I \cdot T_2$$

$$W/R = (1/2) \cdot (1/0,7) \cdot I^2 \cdot T_2$$

Diese Gleichungen führen gemeinsam mit den vorstehend angegebenen Werten zu einer ersten Näherung für die Rückenhalbwertzeit:

$$T_2 = 350 \mu\text{s}$$

Die Ladung des Langzeitstroms kann näherungsweise berechnet werden mit:

$$Q_{\text{long}} = Q_{\text{flash}} - Q_{\text{short}} = 200 \text{ C}$$

Seine Dauer nach Bild A.2 kann aus den Werten in Tabelle A.1 geschätzt werden zu:

$$T_{\text{long}} = 0,5 \text{ s}$$

A.3.2 Erster negativer Stoßstrom

Bei mancher induktiven Kopplung führt der erste negative Stoßstrom zu den höchsten induzierten Spannungen, z. B. für Kabel in Kabelkanälen aus armiertem Beton. Aus Bild A.5 (Geraden 1 und 12) können die folgenden Werte mit Wahrscheinlichkeiten unter 1 % erhalten werden:

$$I = 100 \text{ kA}$$

$$di/dt = 100 \text{ kA}/\mu\text{s}$$

Für einen ersten negativen Stoßstrom nach Bild A.1 liefern diese Werte eine erste Näherung für dessen Stirnzeit:

$$T_1 = I / (di/dt) = 1,0 \mu\text{s}.$$

Seine Rückenhalbwertzeit kann aus der Entladungsdauer des ersten negativen Stoßstroms geschätzt werden:

$$T_2 = 200 \mu\text{s} \quad (T_2 \text{ ist von untergeordneter Bedeutung}).$$

A.3.3 Folgestoßstrom

Der Maximalwert der mittleren Steilheit di/dt , der mit der durch induktive Kopplung verursachten gefährlichen Funkenbildung verbunden ist, wird anhand der Folgestoßströme von negativen Blitzen bestimmt (weil deren 1-%-Werte um einiges höher sind als 1-%-Werte von ersten negativen Stoßströmen oder die entsprechenden 10-%-Werte der positiven Blitze). Aus Bild A.5 (Geraden 2 und 15) können die folgenden Werte mit Wahrscheinlichkeiten unter 1 % erhalten werden:

$$I = 50 \text{ kA}$$

$$di/dt = 200 \text{ kA}/\mu\text{s}$$

Für einen Folgestoßstrom nach Bild A.1 liefern diese Werte eine erste Näherung für dessen Stirnzeit:

$$T_1 = I / (di/dt) = 0,25 \mu\text{s}$$

Seine Rückenhalbwertzeit kann aus der Entladungsdauer der negativen Folgestoßströme geschätzt werden:

$$T_2 = 100 \mu\text{s} \quad (T_2 \text{ ist von untergeordneter Bedeutung}).$$

A.4 Festlegung der Minimalwerte der Blitzstromparameter

Die Auffangwirksamkeit eines LPS hängt von den Minimalwerten der Blitzstromparameter und dem zugehörigen Radius der Blitzkugel ab. Die geometrische Grenze von Bereichen, die gegen direkte Blitzeinschläge geschützt sind, können nach dem Blitzkugelverfahren bestimmt werden.

Nach dem elektro-geometrischen Modell korreliert der Blitzkugelradius r (Enddurchschlagstrecke) mit dem Scheitelwert des ersten Stoßstroms. In einem Bericht einer IEEE-Arbeitsgruppe ^[5] wird dieser Zusammenhang beschrieben mit

$$r = 10 \cdot I^{0,65} \tag{A.1}$$

Dabei ist

r der Radius der Blitzkugel (m);

I der Scheitelwert des Stroms (kA).

Für einen vorgegebenen Blitzkugelradius r kann angenommen werden, dass alle Blitze mit Scheitelwerten über dem entsprechenden kleinsten Scheitelwert I von natürlichen oder dafür vorgesehenen Fangeinrichtungen aufgefangen werden. Deshalb wird die Wahrscheinlichkeit für die Scheitelwerte von negativen und positiven ersten Stoßströmen nach Bild A.5 (Geraden 1A und 3) als Fangwahrscheinlichkeit angenommen. Unter Berücksichtigung des Polaritätsverhältnisses von 10 % positiven und 90 % negativen Blitzen kann die Gesamt-Fangwahrscheinlichkeit berechnet werden (siehe Tabelle 5).

Anhang B (informativ)

Zeitfunktionen des Blitzstroms für Analysezwecke

Die Wellenformen

- des ersten positiven Stoßstroms 10/350 µs
- des ersten negativen Stoßstroms 1/200 µs
- des negativen Folgestoßstroms 0,25/100 µs

können definiert werden als:

$$i = \frac{I}{k} \cdot \frac{(t/\tau_1)^{10}}{1 + (t/\tau_1)^{10}} \cdot \exp(-t/\tau_2) \quad (\text{B.1})$$

Dabei ist

- I der Stromscheitelwert;
- k der Korrekturfaktor für den Stromscheitelwert;
- t die Zeit;
- τ_1 die Stirnzeitkonstante;
- τ_2 die Rückenzeitkonstante.

Für die Wellenformen des ersten positiven Stoßstroms, des ersten negativen Stoßstroms und des negativen Folgestoßstroms gelten für die unterschiedlichen Gefährdungspegel LPL die in Tabelle B.1 angegebenen Parameter. Die analytischen Kurven als Funktion der Zeit sind in den Bildern B.1 bis B.6 dargestellt.

Tabelle B.1 – Parameter für die Gleichung (B.1)

Parameter	Erster positiver Stoßstrom			Erster negativer Stoßstrom			Negativer Folgestoßstrom		
	LPL			LPL			LPL		
	I	II	III – IV	I	II	III – IV	I	II	III – IV
I (kA)	200	150	100	100	75	50	50	37,5	25
k	0,93	0,93	0,93	0,986	0,986	0,986	0,993	0,993	0,993
τ_1 (µs)	19	19	19	1,82	1,82	1,82	0,454	0,454	0,454
τ_2 (µs)	485	485	485	285	285	285	143	143	143

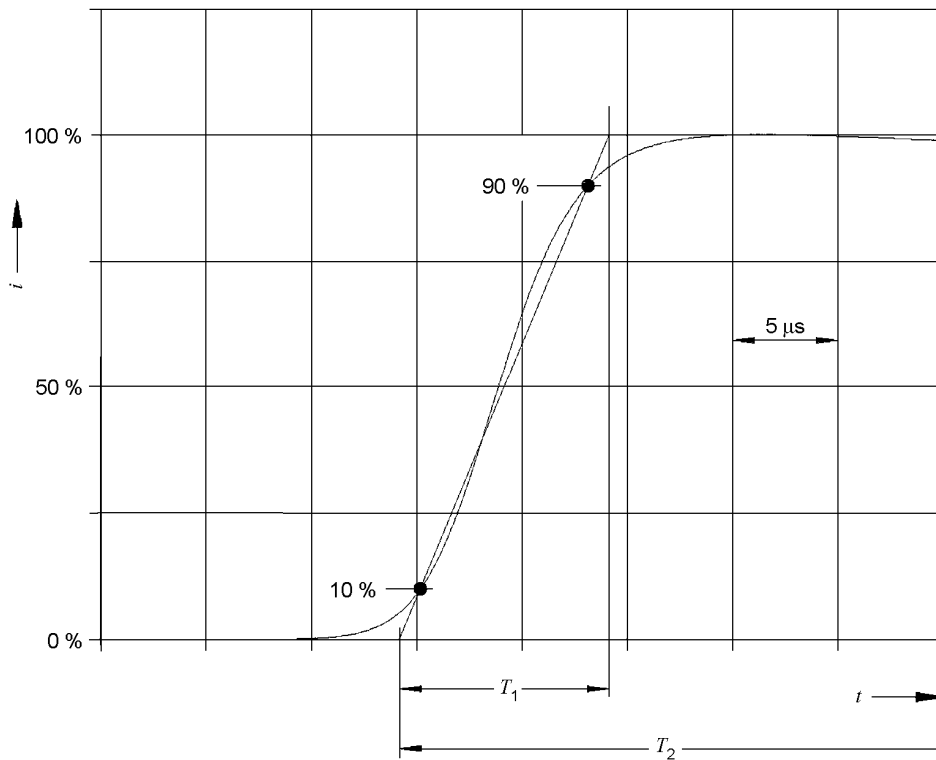


Bild B.1 – Zeitlicher Verlauf der Stirn des ersten positiven Stoßstroms

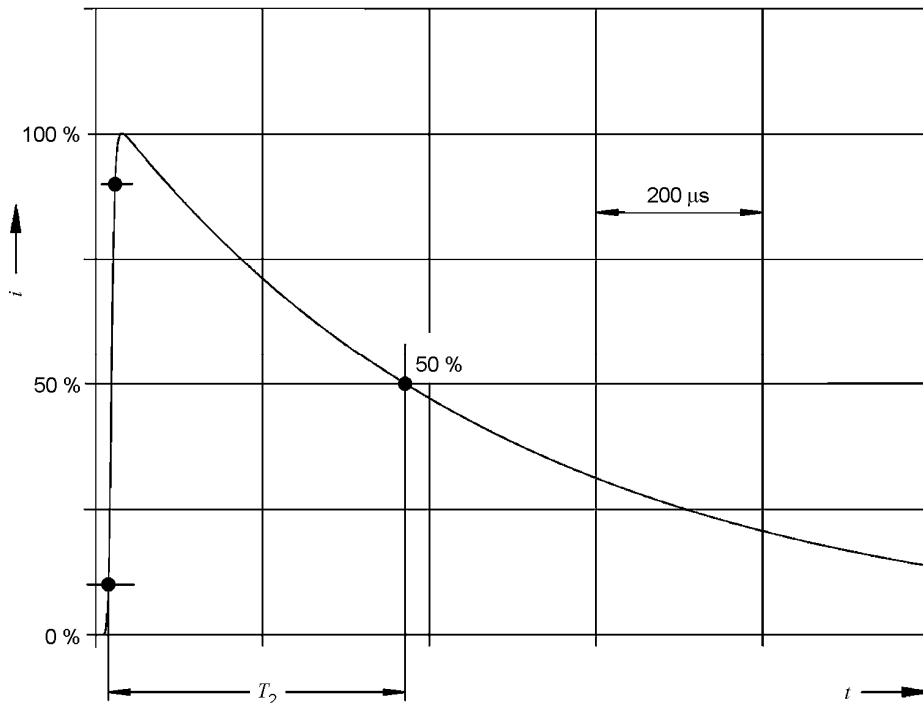


Bild B.2 – Zeitlicher Verlauf des Rückens des ersten positiven Stoßstroms

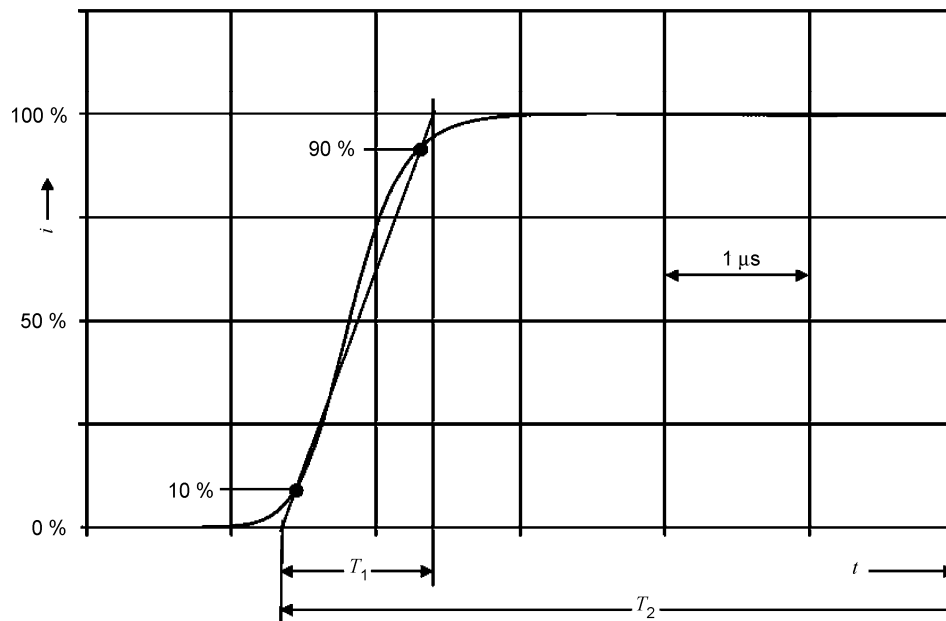


Bild B.3 – Zeitlicher Verlauf der Stirn des ersten negativen Stoßstroms

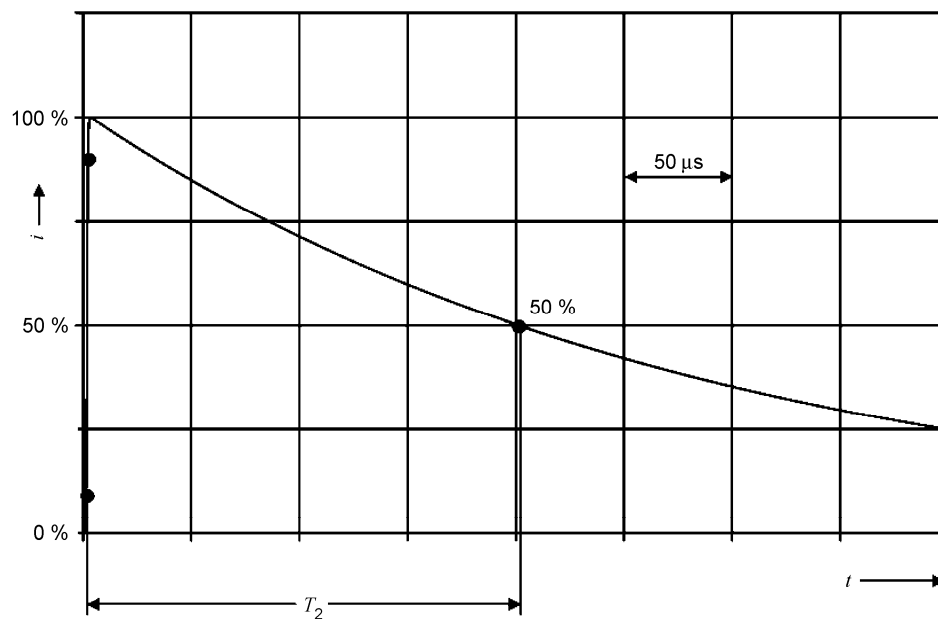


Bild B.4 – Zeitlicher Verlauf des Rückens des ersten negativen Stoßstroms

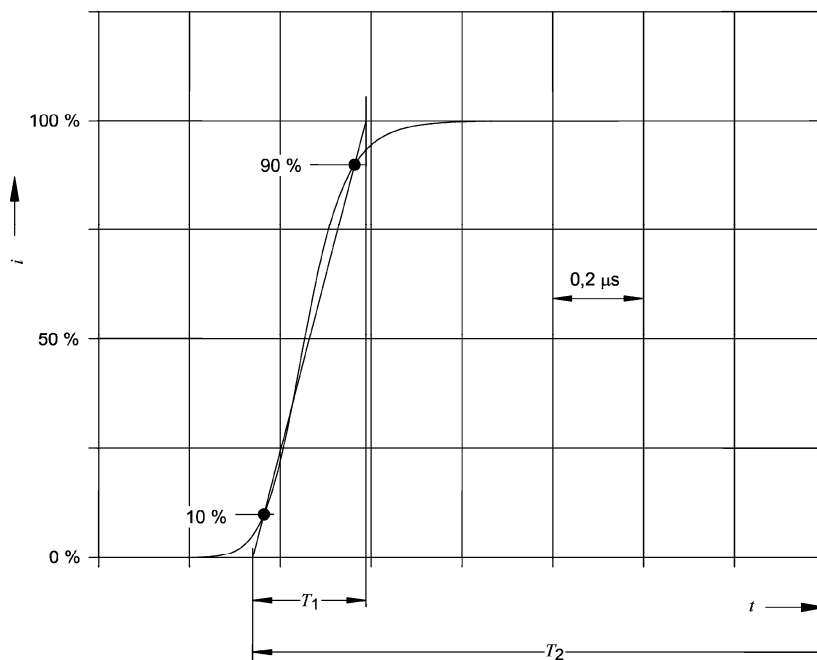


Bild B.5 – Zeitlicher Verlauf der Stirn der negativen Folgestoßströme

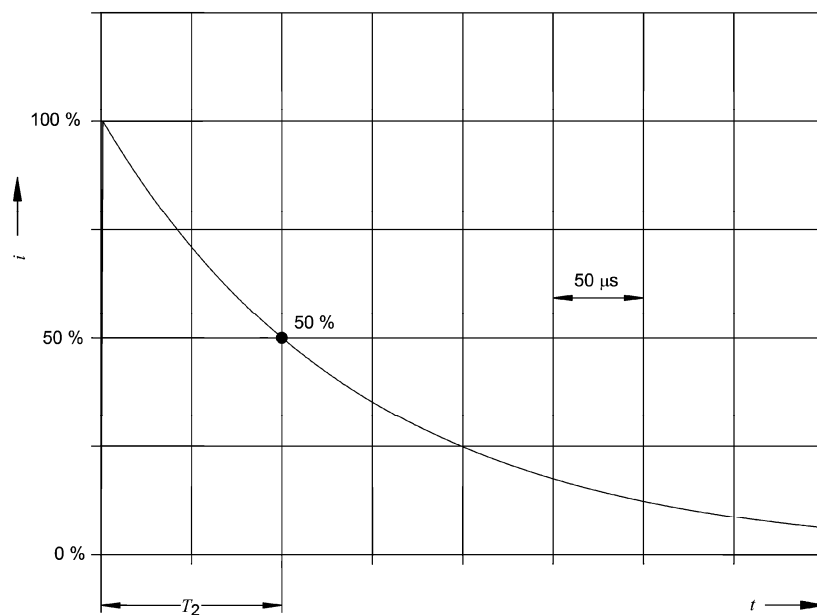


Bild B.6 – Zeitlicher Verlauf des Rückens der negativen Folgestoßströme

Der Langzeitstrom kann durch eine Rechteck-Wellenform mit einem mittleren Strom I und einer Dauer T_{long} nach Tabelle 3 beschrieben werden.

Aus den analytischen Kurven kann die Amplitudendichte des Blitzstroms (Bild B.7) abgeleitet werden.