



Sonderdruck

Blitzstromverteilung in Niederspannungsanlagen

Inhalt

Blitzschutzkonzepte für verschiedene Schadensquellen

Beiblatt zu den Einflussfaktoren der Blitzstromverteilung

Blitzstromverteilung bei Folgestoßströmen und Blitzlangzeitströmen

Einfluss von Kabelimpedanzen und -längen

Parallele Verbrauchersysteme

Blitzstromaufteilung in besonderen Anlagen

Natürliche Ableitung bei hohen Gebäuden

Modell der Computersimulation

Sonderdruck aus

etz 8/2012 – August 2012

etz 10/2012 – Oktober 2012

etz 11/2012 – November 2012

Blitzstromverteilung in Niederspannungsanlagen – Teil 1

Bereits im Oktober 2011 wurde die zweite Ausgabe der Blitzschutznorm DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4) [1] ausgegeben. Im Oktober 2012 wird mit dem Beiblatt 1: „Verteilung des Blitzstromes“ [2] erstmals ein nationales Beiblatt veröffentlicht, das zusätzliche und detaillierte Informationen zur Blitzstromverteilung in Niederspannungsanlagen enthält. Eine Beitragsreihe von Experten, die maßgeblich an der Erstellung dieses Beiblatts mitgearbeitet haben, erläutert dessen Inhalte und informiert über die Abschätzung der Blitzstromverteilung durch Computersimulation sowie über die Blitzaufteilung in besonderen Anlagen.

Josef Birkl

Peter Zahlmann

einem direkten Blitzeinschlag S1 enthalten sowohl die Blitzschutznormen als auch die Errichtungsvorschriften für SPD DIN VDE 0100-534 (VDE 0100-534) [6] klare Vorgaben, die dem Anwender die korrekte Auswahl der Überspannungs-Schutzgeräte hinsichtlich des notwendigen Entladestroms erleichtern (Tabelle 1).

Die aktuelle Norm DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4) beschreibt mit dem Blitzschutz-zonen-Konzept die grundlegenden Schutzprinzipien für den Blitz- und Überspannungsschutz von elektrischen und elektronischen Systemen in baulichen Anlagen. Sie enthält, im Vergleich zur Vorgängernorm von 2006, einige wichtige Ergänzungen und Präzisierungen aber keine grundlegenden Änderungen. Als allgemeine Schutzmaßnahmen werden neben Erdung und Potentialausgleich, magnetischer Schirmung, Leitungsführung und einem koordinierten SPD-System nun auch isolierende Schnittstellen aufgeführt.

Blitzschutzkonzepte für verschiedene Schadensquellen

Ein wichtiges Auswahlkriterium für den koordinierten Überspannungsschutz ist das Stoßstromableitvermögen der Überspannungs-Schutzgeräte (SPD). Deshalb wurde in den Teil 4 der Blitzschutznorm DIN EN 62305 der informative Anhang D neu aufgenommen. Dieser Anhang enthält zusätzliche Auswahl-faktoren für SPD hinsichtlich des Ableitvermögens sowie eine Bewertung des statistischen Bedrohungspegels für SPD.

Dabei gilt die allgemeine Forderung, dass das Ableitvermögen der Schutzgeräte den am Einbauort zu erwartenden Stoßströmen entsprechen muss. Dabei sind entsprechend DIN EN 62305-1 (VDE 0185-305-1) [3] und

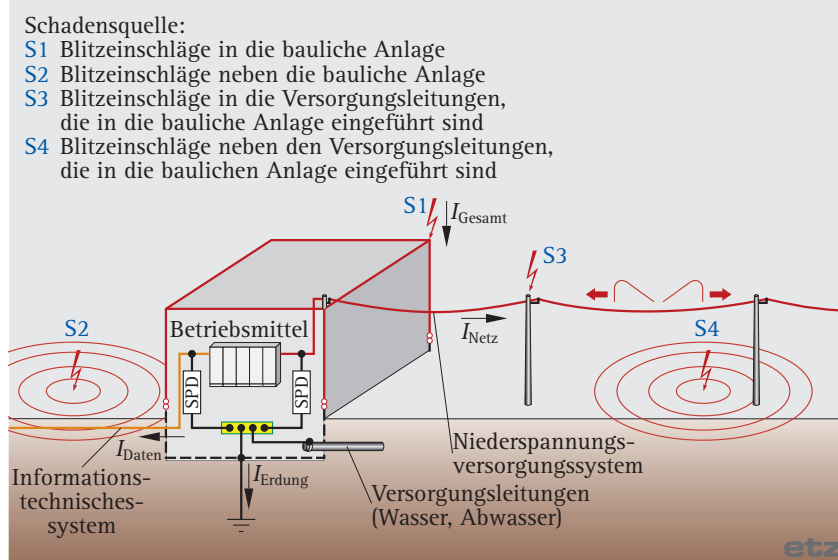


Bild 1. Die vier Schadensquellen S1 bis S4 entsprechend DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4) [2]

DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4) vier unterschiedliche Schadensquellen zu unterscheiden (Bild 1).

Welche Schadensquelle bei der Auswahl der Schutzmaßnahmen für eine bestimmte bauliche Anlage zu berücksichtigen ist, lässt sich durch eine Risikoanalyse nach DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2) [4] ermitteln. Auch die DIN VDE 0100-443 (VDE 0100-443) [5] beschreibt Kriterien, ob und in welchem Umfang Überspannungs-Schutzmaßnahmen für eine elektrische Anlage vorgesehen werden müssen.

Für die Schadensquellen S2, S3, S4 und für die induzierten Ströme bei

Beiblatt zu den Einflussfaktoren der Blitzstromverteilung

Die Ermittlung der Blitzstromverteilung in einer Anlage und daraus abgeleitet das notwendige Ableitvermögen der Typ 1 SPD bei einem direkten Blitzeinschlag (S1) können oft sehr komplex sein. Erfolgt keine exakte Berechnung, wird üblicherweise angenommen, dass über das Erdungssystem der baulichen Anlage und über die SPD des Blitzschutz-Potentialausgleichs jeweils 50 % des gesamten Blitzstroms abfließen. Daraus ergibt sich das in der DIN VDE 0100-534 (VDE 0100-534) geforderte Mindest-



Gefährdungspegel	Schadensquelle S1		Schadensquelle S2 (induzierter Strom) ^a	Schadensquelle S3 (direkter Einschlag)	Schadensquelle S4 (indirekter Einschlag)
	Blitzeinschläge in die bauliche Anlage		Blitzeinschläge neben der baulichen Anlage	Blitzeinschläge in die Versorgungsleitungen, die in die bauliche Anlage eingeführt sind	Blitzeinschläge neben den Versorgungsleitungen, die in die bauliche Anlage eingeführt sind
	Blitzteilstrom Wellenform: 10/350 µs	Induzierter Strom ^b Wellenform: 8/20 µs	Wellenform: 8/20 µs	Wellenform: 10/350 µs	Wellenform: 8/20 µs
	Typ 1 SPD I_{imp} [kA]	Typ 2 SPD I_N [kA]	Typ 2 SPD I_N [kA]	Typ 1 SPD I_{imp} [kA]	Typ 2 SPD I_N [kA]
I	Nach DIN EN 62305-1 (VDE 0185-305-1)	10	0,2	10	5
II	Anhang E;	7,5	0,15	7,5	3,75
III	Mindestwerte siehe VDE 0100-534	5	0,1	2	2,5

^a Die Verlegung der Leiterschleife und ihr Abstand vom induzierenden Strom beeinflussen die Werte der zu erwartenden Stoßströme. Die Werte der Tabelle E.2 gelten für kurzgeschlossene ungeschirmte Leiterschleifen mit unterschiedlicher Leitungsführung in großen baulichen Anlagen – Schleifenfläche in der Größenordnung von 50 m², Breite = 5 m, 1 m entfernt von der Außenwand und innerhalb einer baulichen Anlage ohne räumlichen Schirm oder nur mit einem LPS ($K_C = 0,5$). Für andere Eigenschaften der Leiterschleife oder der baulichen Anlage sollten die Werte mit den Faktoren KS_1 , KS_2 , KS_3 (siehe DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2)) multipliziert werden.

^b Induktivität und Widerstand der Leiterschleife beeinflussen die Wellenform des induzierten Stroms. Wenn der Schleifenwiderstand vernachlässigbar ist, sollte die Wellenform 10/350 µs angenommen werden. Dies ist der Fall, wenn ein Schaltertyp-SPD in der induzierten Leiterschleife installiert ist.

Tabelle 1. Auswahl der Überspannungs-Schutzgeräte hinsichtlich des notwendigen Entladestroms

ableitvermögen von 12,5 kA für Typ 1 SPD bei der Blitzschutzklasse LPL III. Dieses vereinfachte Verfahren (Bild 2) gilt unter der Annahme, dass der ohmsche Erdungswiderstand der getroffenen baulichen Anlage und der resultierende Erdungswiderstand des Niederspannungssystems in etwa gleich sind.

In der Realität beeinflussen jedoch viele unterschiedliche Faktoren die Blitzstromaufteilung innerhalb einer vom Blitz direkt getroffenen Anlage und damit auch die Blitzstrombelastung der Typ 1 SPD. Einige davon

sind im Anhang E der DIN EN 62305-1 (VDE 0185-305-1) aufgelistet. Die in der DIN V VDE V 0185-4 (VDE V 0185-4) [7], der inzwischen zurückgezogenen Vornorm der DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4), noch enthaltenen Informationen zur Wirkung dieser Einflussfaktoren, sind im Zuge der internationalen Normenarbeit der IEC nicht in die aktuellen Blitzschutznormen übernommen worden [8].

Deshalb wird in 2012 für die Edition 2 der DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4) erstmalig das Beiblatt 1

zur Blitzstromverteilung veröffentlicht. Es beschreibt Möglichkeiten für die Analyse der Blitzstromverteilung innerhalb komplexer elektrischer Anlagen mithilfe von Computersimulationen. Zudem enthält das Beiblatt Beispiele für die Blitzstromverteilung in besonderen Installationen, wie PV-Anlagen oder hohen Gebäuden. Dabei wird gezeigt wie unterschiedliche Installationsbedingungen die Blitzstromverteilung in der Niederspannungsinstallation und damit einhergehend die Blitzstrombelastung der eingebauten SPD beeinflussen. Zudem werden die möglichen Blitzstrombelastungen von Typ 1 SPD für die verschiedenen Komponenten des Blitzstroms untersucht.

Das Nationale Beiblatt 1 zur DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4) ist auch die deutsche Vorarbeit für die weitere IEC-Normierung. Schließlich arbeitet das zuständige Gremium TC 81 im Rahmen der regulären Überarbeitung der Blitzschutznormen bereits an der Edition 3 der Blitzschutznormen.

Keine Anleitung für Computersimulationen

Im Vorwort zum Beiblatt 1 steht Folgendes zum Anwendungsbereich dieser Vorschrift: „Dieses Beiblatt beschreibt anhand grundlegender Bei-

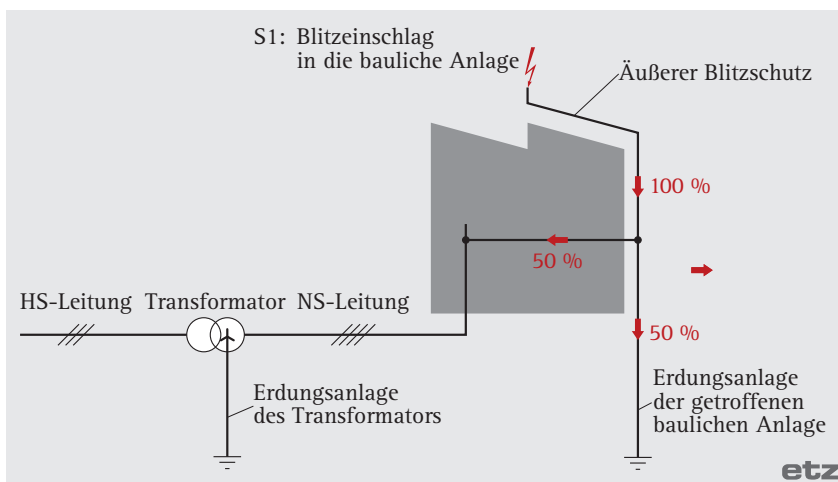


Bild 2. Das Modell für eine gleichmäßige Blitzstromaufteilung entsprechend dem zukünftigen Beiblatt 1 der DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4) [2]

DIN EN 62305 Teil 4 – Beiblatt 1

Blitzstromparameter
Erster positiver Stromstoß (Impuls 10/350 µs)
Erster negativer Stromstoß (Impuls 1/200 µs)
Folgestromstoß (Impuls 0,25/100 µs)
Langzeitstrom (Dauer 0,5 s)

Faktoren Blitzstromaufteilung
Kabelimpedanzen
Netzform
Transformatorimpedanz
Verhältnis der Erdungswiderstände von Transformator und Verbraucher
Parallel Verbraucher
Einfluss weiterer leitfähiger Versorgungssysteme
Schadensquelle S1 und Schadensquelle S3

Stromaufteilung in besonderen baulichen Anlagen
Extern angeordnete Betriebsmittel und zu geringer Trennungsabstand
Hohe Gebäude
PV-Anlagen mit LPS und nicht aus- reichendem Trennungsabstand
PV-Freiflächenanlage
Kraftwerk
Transformator in Gebäude

Bild 3. Die wesentlichen Inhalte des Beiblatts 1 zur DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4)

spiele, wie unterschiedliche Installationsbedingungen die Blitzstromverteilung in der Niederspannungsinstallation und damit einhergehend die Blitzstrombelastung der eingebauten SPD beeinflussen. Dieses Beiblatt eröffnet damit dem Planer von Blitzschutzsystemen die Möglichkeit durch die Anwendung und Kombination dieser grundlegenden Beispiele auch für komplexe Anlagen die tatsächliche Blitzstromverteilung exakter ermitteln zu können.“

Es ist jedoch nicht die Intention des Beiblatts eine Anleitung für Computersimulationen zur Abschätzung der Blitzstromverteilung innerhalb ausgedehnter Installationen zu liefern. Solche Berechnungen erfordern entsprechende Computermodelle und Erfahrungen in der Bewertung von Blitzschutzkonzepten [9]. Deshalb wird im Beiblatt auf eine detaillierte Beschreibung der zugrunde gelegten Simulationsmodelle verzichtet. Für den interessierten Anwender enthält jedoch das Literaturverzeichnis einen Verweis auf entsprechende Publikationen.

Inhalte des neuen Beiblatts

Das neue Beiblatt 1 der DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4) enthält weiterführende Informationen zur Abschätzung der Blitzstromverteilung in Gebäuden und in den angeschlossenen Versorgungsleitungen für die Fälle S1 (direkter Blitzeinschlag in das Gebäude) und S3 (direkter Blitzeinschlag in die eingeführte Versorgungsleitung). Besonders die Frage, welche Blitzteilströme über Typ 1 SPD am Gebäudeeintritt in die Niederspannungsinstallation eingekoppelt wer-

den, ist dabei von Interesse. Außerdem beantwortet das Beiblatt folgende grundlegende Fragen (Bild 3):

- Welche der im Teil 1 der Blitzschutznorm definierten Blitzstromparameter sind bei der Auswahl von SPD für Niederspannungsinstallation zu berücksichtigen?
- Welche Faktoren bestimmen die Blitzstromverteilung und damit einhergehend die Belastung der Blitzstromableiter in der Niederspannungsinstallation?
- Wie können Computerberechnungen dazu beitragen, die Stromaufteilung in besonderen Installationen genauer abschätzen zu können?

Zusammenfassung

Eine Voraussetzung für einen effektiven Überspannungsschutz ist die korrekte Auswahl der SPD hinsichtlich des Ableitvermögens entsprechend der am jeweiligen Installationsort zu erwartenden Stoßstrombelastbarkeit. Welche Faktoren die Blitzstromverteilung und damit einhergehend die Belastung der Blitzstromableiter in der Niederspannungsinstallation bestimmen und wie Computerberechnungen dazu beitragen, die Stromaufteilung in besonderen Installationen genauer abschätzen zu können sind wesentliche Inhalte des neuen Beiblatts.

In der Ausgabe 10/2012 der etz erscheint der nächste Teil dieses Fachbeitrags. Dieser informiert über die Abschätzung der Blitzstromverteilung durch Computersimulation. Dabei werden die Blitzstromverteilung bei unterschiedlichen Blitzereignissen und der Einfluss verschiedener Parameter auf die Blitzstromverteilung innerhalb

einer Anlage betrachtet. Der dritte und letzte Teil zum Beiblatt 1 der DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4) informiert dann über die Blitzaufteilung in besonderen Anlagen, wie hohen Gebäuden, mit durchverbundener Stahlbewehrung.

Literatur

- [1] DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4):2011-10 Blitzschutz – Teil 4: Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [2] DIN EN 62305-4 Beiblatt 1 (VDE 0185-305-4 Beiblatt 1) (erscheint voraussichtlich 2012-10) Blitzschutz – Teil 4: Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen, Verteilung des Blitzstroms. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [3] DIN EN 62305-1 (VDE 0185-305-1): 2011-10 Blitzschutz – Teil 1: Allgemeine Grundsätze. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [4] DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2):2012-05 Blitzschutz – Teil 2: Risiko-Management. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [5] DIN VDE 0100-443 (VDE 0100-443):2007-06 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-44: Schutzmaßnahmen – Schutz bei Störspannungen und elektromagnetischen Störgrößen – Abschnitt 443: Schutz bei Überspannungen infolge atmosphärischer Einflüsse oder von Schaltvorgängen. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [6] DIN VDE 0100-534 (VDE 0100-534):2009-02 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-53: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Trennen, Schalten und Steuern – Abschnitt 534: Überspannung-Schutzeinrichtungen (ÜSE). Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [7] Z DIN V VDE V 0185-4 (VDE V 0185-4):2002-11 Blitzschutz – Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [8] Kern, A.; Scheibe, K.: Neue Blitzschutz-Normen DIN EN 62305:2011, Elektropraktiker 66 (2012) H. 1 (ISSN 0013-5569)
- [9] Frentzel, R.: Computersimulationen zur Bewertung von Blitzschutzkonzepten, etz 115 (1994) H. 12 (ISSN 0948-7387)



Blitzstromverteilung in Niederspannungsanlagen – Teil 2

Der nachfolgende Beitrag setzt die in der etz 8/2012 begonnene erläuternde Einführung in die Inhalte des im Oktober diesen Jahres erscheinenden Beiblatts 1 [1] zum Teil 4 der DIN EN 62305 (VDE 0185-305) [2] fort. Er informiert über die Abschätzung der Blitzstromverteilung durch Computersimulation. Dabei werden die Blitzstromverteilung bei unterschiedlichen Blitzereignissen und der Einfluss verschiedener Parameter auf die Blitzstromverteilung innerhalb einer Anlage betrachtet.

Josef Birkel

Peter Zahlmann

system des getroffenen Gebäudes. Im Stromrücken teilt sich der Blitzstrom bei gleichem Stoßerdungswiderstand der beiden Erdungsanlagen nahezu gleichmäßig zwischen dem Teilstrom in die Energieversorgungsleitung und die lokale Erdungsanlage auf.

Die Möglichkeit, transiente Strom- und Spannungsverteilungen mithilfe einer handelsüblichen Netzanalyse-Software zu simulieren, ist ein seit Jahren bekanntes Verfahren. Bereits in der Vornorm DIN V VDE V 0185-4 von 2002 [3] und auch in der im Beiblatt aufgeführten Fachliteratur ist die in Bild 1 aufgezeigte prinzipielle Vorgehensweise der Modellbildung und Berechnung der Blitzstromverteilung ausführlich beschrieben.

Bild 2 zeigt das Ersatzschaltbild für das im ersten Teil des Beitrags beschriebene einzelne Gebäude [4], das direkt von einem Niederspannungstransformator versorgt wird. Im ersten Beispiel beschreibt das Beiblatt 1 [1] die Blitzstromverteilung beim ersten positiven Stoßstrom für ein Niederspannungssystem, wie im Teil 1 des Beitrags [4] dargestellt. Den zeitlichen Verlauf der einzelnen Blitzströme für das vereinfachte System zeigt Bild 3. Daraus können die für die Auslegung eines SPD maßgebenden Parameter, wie der Stromscheitelwert i_{peak} , die Impulsladung Q oder die Stromsteilheit di/dt , abgeleitet werden.

Die Stromverteilung innerhalb des Systems wird im Stromanstieg aufgrund der höheren Stromänderungen di/dt vom induktiven Verhalten des Niederspannungssystems und vom kapazitiven Verhalten des Erdungssystems beeinflusst. Jedoch bestimmen aufgrund der geringeren Stromänderung im Stromrücken die ohmschen Erdungswiderstände die Stromaufteilung maßgeblich. Es fließt deshalb im Stromanstieg ein erhöhter Anteil des Blitzstroms in das Erdungs-

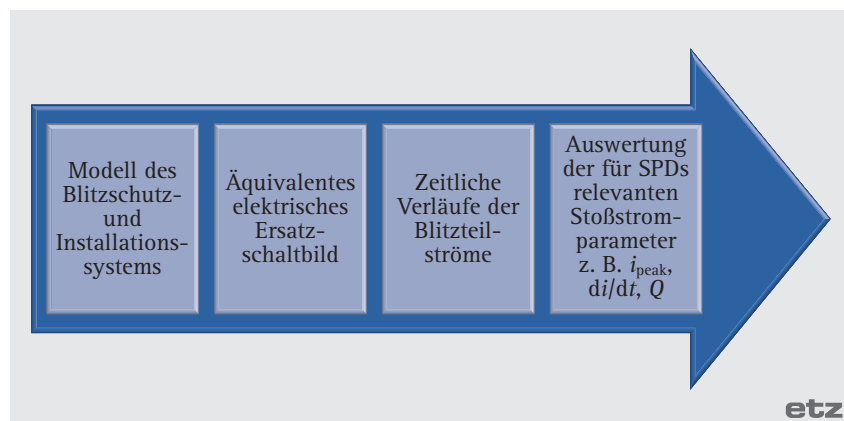


Bild 1. Abschätzung der Blitzstromverteilung durch Computersimulation

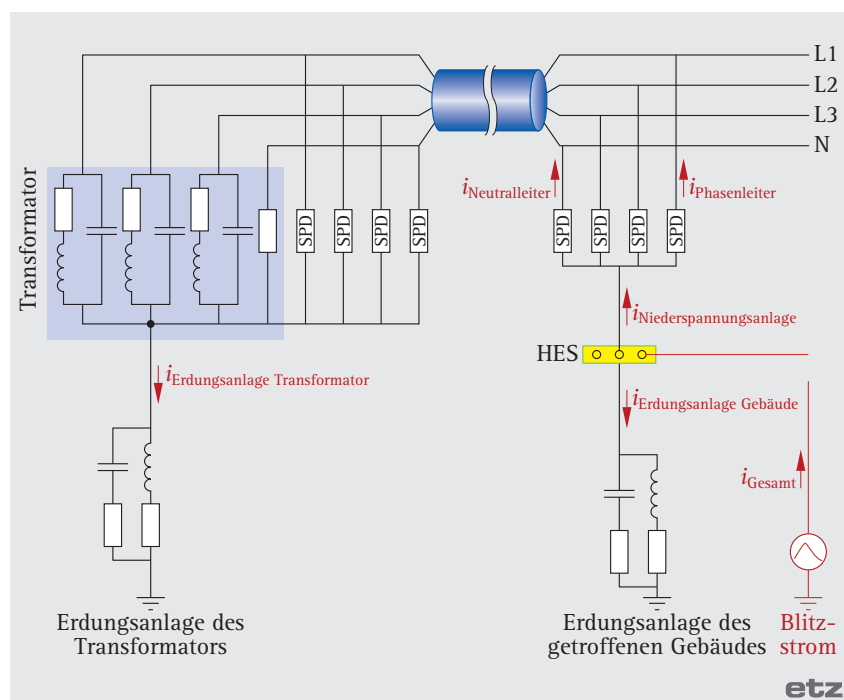


Bild 2. Ersatzschaltbild für das vereinfachte Modell zur Blitzstromverteilung nach Bild 2 (Teil 1, etz 8/2012) des zukünftigen Beiblatt 1 der DIN EN 62305-4

Trotz einer Verlängerung der Anstiegszeit des über die SPD fließenden Blitzteilstroms, ist allgemein die labor-technische Überprüfung der energetischen Koordination mit einem 10/350- μ s-Stromimpuls, wie in DIN CLC/TS 61643-12 (VDE V 0675-6-12) [5] beschrieben, ausreichend.

Blitzstromverteilung bei Folgestoßströmen

Die für den ersten positiven Stoßstrom beschriebene Vorgehensweise wurde auch für die wesentlich steileren Folgestoßströme angewendet. Bild 4 zeigt die Blitzstromverteilung für die Anlage [4] bei einem Folgestoßstrom mit den Zeitparametern 1/200 μ s und einem Scheitelwert von 25 kA.

Charakteristisch für Impulsströme mit den zugrunde gelegten steileren Stromanstiegen ist die noch ungleichmäßigere Verteilung des Blitzstroms zwischen der Niederspannungsanlage und der lokalen Erdungsanlage. Bis zu 90 % des Gesamtstroms fließen während des Stromanstiegs in die Erdungsanlage der getroffenen baulichen Anlage. Im Stromrücken teilt sich beim zugrunde gelegten gleichen Stoßerdungswiderstand der beiden Erdungsanlagen der Blitzstrom wieder nahezu gleichmäßig auf.

Die starke Reduzierung des Stromanstiegs der über die SPD in die Niederspannungsanlage fließenden Blitzteilströme bedeutet auch, dass für den Spannungsfall über den Verbindungsleitungen der SPD die Stromsteilheiten der originären Folgeblitze nicht berücksichtigt werden müssen.

Typ-1-SPD, die mit dem energiereichen 10/350-Impuls getestet werden, sind in der Lage, auch die aus Folgestoßströmen resultierenden Blitzteilströme abzuleiten. Eine zusätzliche Prüfung von SPD mit dem ersten negativen Stoßstrom und dem Folgestoßstrom ist nicht notwendig. Die Aussagen und Untersuchungen zur Verteilung des Folgestoßstroms und zur möglichen Belastung von SPD gelten weitgehend auch für den negativen ersten Stoßstrom.

Diese durch Computersimulationen theoretisch abgeleitete Abflachung von steilen Blitzströmen bei den Teilströmen in der Niederspannungsinstallation wurde durch Messungen mit getriggerten Blitzen bestätigt. Bild 5a zeigt die Aufnahme eines getriggerten Blitzereignisses an einem Sendemast der

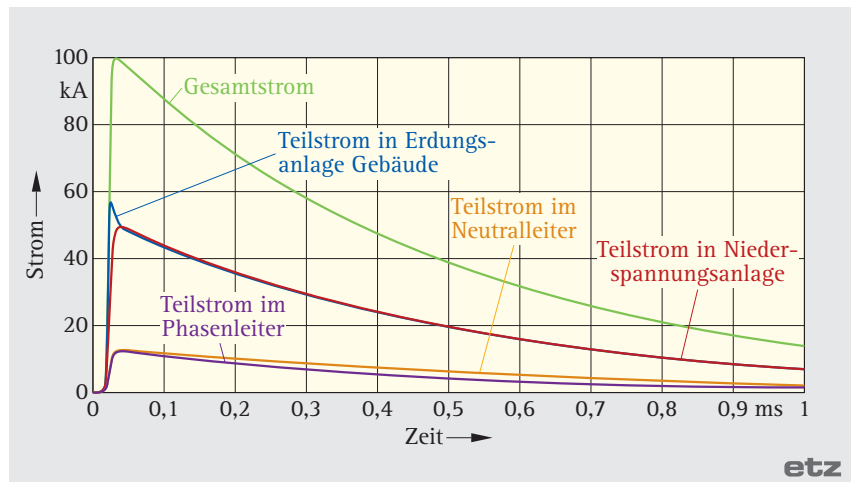


Bild 3. Blitzstromverteilung für das Modell [3] bei erstem positivem Stoßstrom entsprechend zukünftigem Beiblatt 1 [1] der DIN EN 62305-4

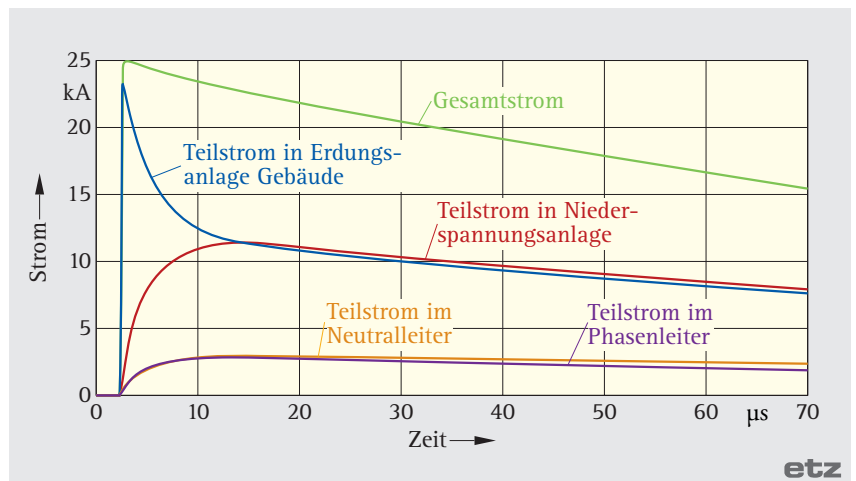


Bild 4. Blitzstromverteilung für das Modell [4] bei Folgestoßstrom entsprechend zukünftigem Beiblatt 1 [1] der DIN EN 62305-4

brasilianischen Blitzforschungsstation Cachoeira Paulista. Der im Bild 5b dargestellte Vergleich belegt, dass mit entsprechenden Computermodellen die Blitzstromaufteilung in Systemen mit hinreichender Genauigkeit abgeschätzt werden kann [6].

Blitzstromverteilung bei Blitzlangzeitströmen

Messungen der österreichischen Blitzforschungsgruppe Aldis haben gezeigt, dass besonders bei Wintergewittern Langzeitströme auftreten können, die den maximalen Ladungswert von 300 As nach DIN EN 62305-1 (VDE 0185-305-1) [7] überschreiten [8]. Bild 6 zeigt einen Langzeitstrom mit einer Ladung von 405 As vom Januar 2007.

Im Beiblatt 1 [1] wird die Blitzstromverteilung bei Langzeitströmen für zwei Systeme abgeschätzt: für eine Anlage mit direkt geerdetem Neutral-

leiter, zum Beispiel TN-C-System, und für eine Anlage mit indirekt über SPD geerdetem Neutralleiter, zum Beispiel TT-System oder TN-S-System.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen: Im Beiblatt 1 wird festgestellt, dass bei Verbraucheranlagen mit direkt geerdetem Neutralleiter Langzeitströme für SPD nicht berücksichtigt werden müssen. Bei Anlagen mit indirekt über SPD geerdetem Neutralleiter können, abhängig von der Höhe des Blitzstroms und vom Erdungswiderstand des getroffenen Gebäudes, Teile von Blitzlangzeitströmen über die SPD in das Niederspannungssystem fließen. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass im Allgemeinen Typ-1-SPD mit einem Blitzstromableitvermögen von 25 kA bis 50 kA 10/350 pro Schutzpfad abhängig von der Blitzschutzklasse in der Lage sind, diese Langzeitströme zerstörungsfrei abzuleiten.

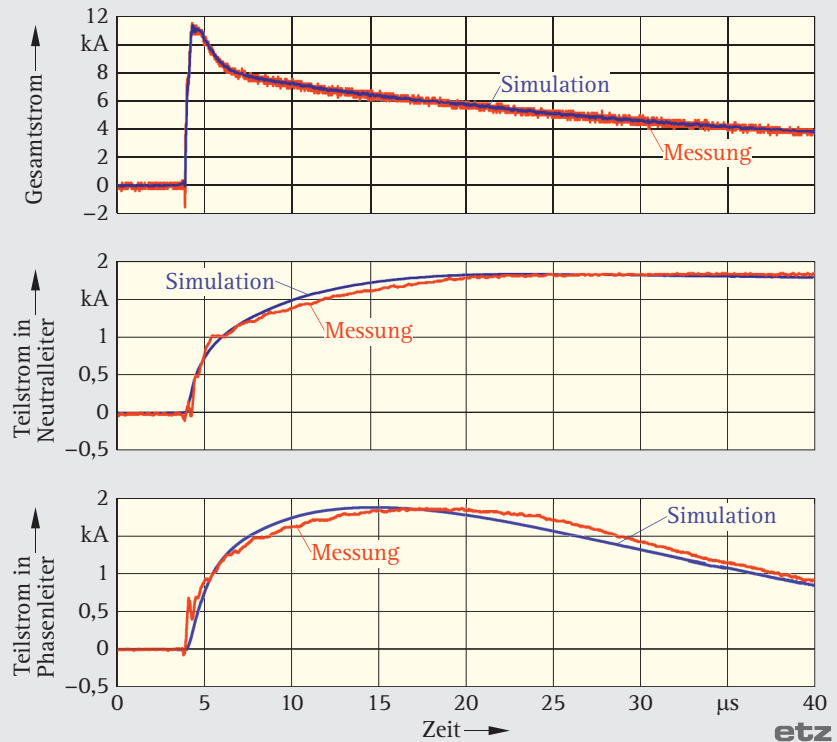


Bild 5. Blitzstromverteilung im Sendemast bei getriggertem Blitzereignis

Einfluss von Kabelimpedanzen und -längen

Mit zunehmender Kabellänge und damit einhergehend zunehmender Kabelimpedanz verlängert sich die Stirnzeit des Blitzteilstroms in den Energieleitungen. Es fließt entsprechend in diesem Außenleiter ein höherer Anteil des Blitzstroms direkt in das Erdungssystem des vom Blitz getroffenen Gebäudes ab. Wegen der geringen Stromsteilheit im Rücken des Impulsstroms teilt sich der Blitzstrom nach dem Verhältnis der ohmschen Widerstände wieder gleichmäßig zwischen Niederspannungs- und Erdungssystem auf.

Die direkte Erdung des Neutralleiters, beispielsweise am Gebäudeeintritt der Niederspannungsversorgung eines jeden Gebäudes, verringert die wirksame Impedanz des Neutralleiters im Vergleich zur Impedanz der Außenleiter. Durch diese vielfache Erdung des Neutralleiters wird auch die gesamte Impedanz der Niederspannungsstromversorgung reduziert. Dadurch erhöht sich der Anteil des gesamten Blitzstroms, der in die Niederspannungsanlage fließt. Dabei kommt es aufgrund der niedrigeren Impedanz des N-Leiters zu einer unsymmetrischen Stromaufteilung im Niederspannungskabel.

Parallele Verbrauchersysteme

Das bisher zugrunde gelegte Beispiel [4] geht davon aus, dass ein einzelnes Gebäude von einem Niederspannungstransformator versorgt wird. In der Praxis werden jedoch viel häufiger mehrere, elektrisch parallel verschaltete Verbrauchersysteme von einem gemeinsamen Transformator versorgt.

Durch die Parallelschaltung mehrerer Verbrauchersysteme verringert sich der resultierende Erdungswiderstand des Niederspannungsnetzes im Vergleich zum Erdungswiderstand des getroffenen Gebäudes. Somit erhöht sich der Anteil des Blitzstroms, der in das Niederspannungssystem fließt. In dem in Bild 7 dargestellten Beispiel des Beiblatts 1 [1] fließen bis zu 85 %

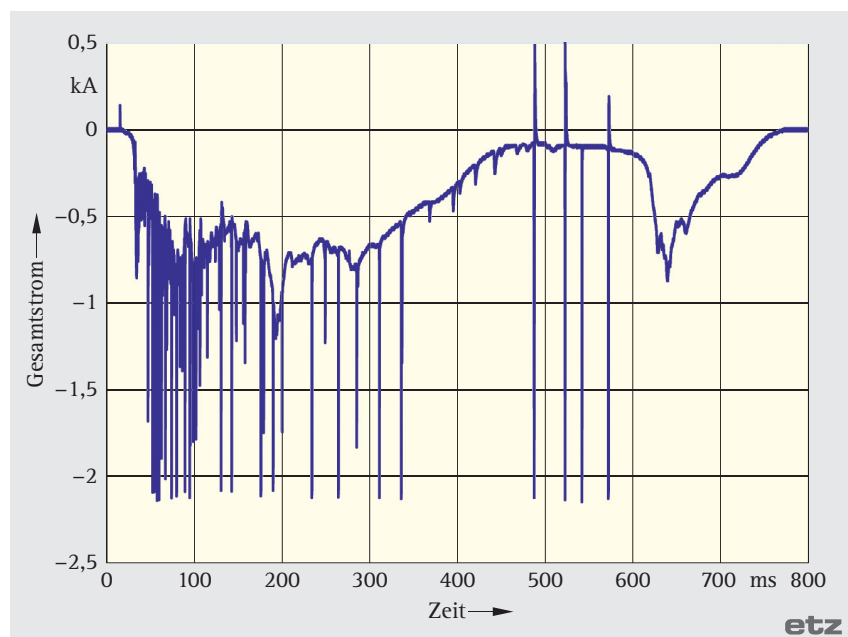


Bild 6. Langzeitstrom mit überlagerten Pulsströmen während eines Wintergewitters mit einer Gesamtladung von circa 405 As

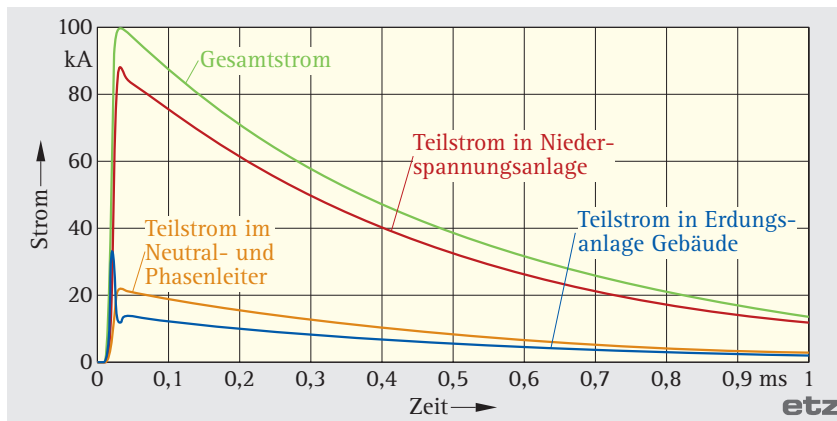


Bild 7. Blitzstromverteilung im getroffenen Gebäude bei mehreren parallelen Anlagen entsprechend zukünftigem Beiblatt 1 [1] der DIN EN 62305-4

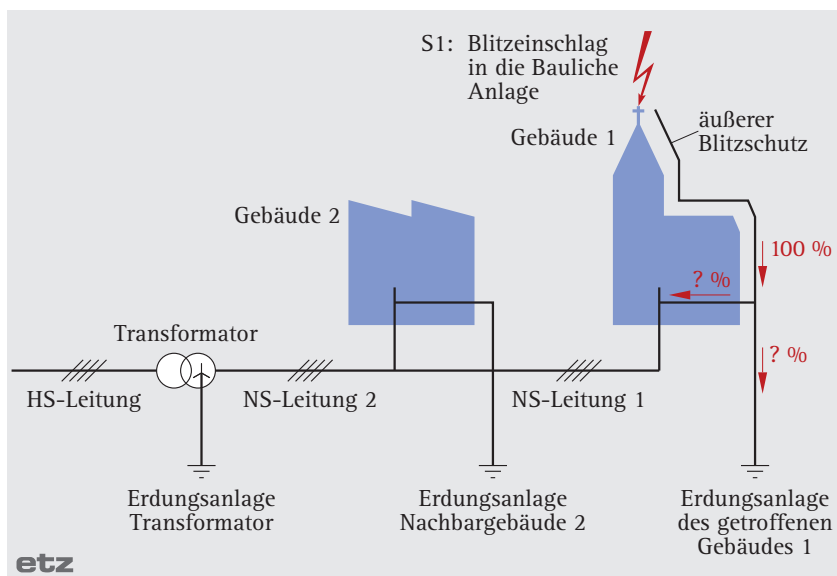


Bild 8. Blitzstromverteilung in einem benachbarten Gebäude entsprechend zukünftigem Beiblatt 1 [1] der DIN EN 62305-4

des gesamten Blitzstroms über die SPD des getroffenen Gebäudes in die Niederspannungsin- stallation.

Die Blitzstrombelastung der SPD im getroffenen Gebäude ist nur in einem geringen Maß abhängig von der Netztopologie. Das Beiblatt 1 [1] stellt fest, dass in Abhängigkeit der zugrunde gelegten Blitzschutzklasse, Typ-1-SPD mit einem I_{imp} von 25 kA bis 50 kA je Schutzpfad in der Lage sind, diese erhöhten Blitzteilströme im getroffenen Gebäude bei mehreren parallelen Verbrauchersystemen zerstörungsfrei abzuleiten.

Das Beiblatt 1 [1] enthält auch Aussagen zu möglichen Blitzteilströmen in Gebäuden, die sich in unmittelbarer Nähe einer Anlage mit einem erhöhten Risiko eines direkten Blitzschlags befinden. Bild 8 zeigt beispielhaft eine solche Installation.

Daraus lassen sich folgende Erkenntnisse ableiten: In benachbarten Gebäuden einer vom Blitz getroffenen Anlage können ebenfalls noch erhebliche Blitzteilströme auftreten. Maximalwert und Energieinhalt der verbleibenden Blitzteilströme sind jedoch gegenüber dem Blitzteilströmen im direkt getroffenen Gebäude geringer, sodass hier, in Abhängigkeit von der zugrunde gelegten Blitzschutzklasse, ein anwendungsoptimiertes Typ-1-SPD mit einem entsprechend angepassten Ableitvermögen I_{imp} von 12,5 kA je Schutzpfad ausreichend ist.

Oft sind in einem Gebäude neben der Niederspannungsanlage weitere metallene Installationssysteme, wie Telefon- und Datenleitungen, metallische Rohrsysteme, Wasser- oder Gasleitungen vorhanden. Diese zusätzlichen leitfähigen Installationen führen ebenfalls

Blitzteilströme und reduzieren dementsprechend den Anteil des Blitzstroms, der in die Niederspannungsleitung fließt. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass solche Metallrohre gegebenenfalls durch Kunststoffrohre ersetzt werden können und dann keine Blitzteilströme darüber abfließen.

Fazit

Voraussetzung für einen effektiven Überspannungsschutz ist unter anderem die korrekte Auswahl der SPD hinsichtlich des Ableitvermögens entsprechend der am jeweiligen Installationsort zu erwartenden Stoßstrombelastbarkeit. Das neue Beiblatt 1 [1] zum Teil 4 der DIN EN 62305 bestätigt, dass entsprechend dimensionierte Typ-1-SPD, geprüft mit der Wellenform 10/350, die Niederspannungsin- stallation bei unterschiedlichen Anwendungen und Blitzbedrohungsszenarien, auch bei direkten Blitzschlägen, im Allgemeinen sicher schützen. Die im Beiblatt 1 beschriebenen grundlegenden Beispiele erlauben es, für besondere Anwendungen die Blitzstromverteilung exakter abzuschätzen.

Literatur

- [1] DIN EN 62305-4 Beiblatt 1 (VDE 0185-305-4 Beiblatt 1) (erscheint voraussichtlich 2012-10) Blitzschutz – Teil 4: Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen, Verteilung des Blitzstroms. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [2] DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4):2011-10 Blitzschutz – Teil 4: Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [3] Z DIN V VDE V 0185-4 (VDE V 0185-4):2002-11 Blitzschutz – Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [4] Birkel, J.; Zahlmann, P.: Blitzstromverteilung in Niederspannungsanlagen – Teil 1, Bild 2, etz Elektrotechnik + Automation 133 (2012), H. 8, S. 50
- [5] DIN CLC/TS 61643-12 (VDE V 0675-6-12):2010-09 Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung – Teil 12: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen – Auswahl und Anwendungsgrundsätze. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [6] Birkel, J.; Barbosa, C.F.: Modeling the Current Through the Power Conductors of an Installation Struck by Lightning. Proceedings of the XII International Symposium on Lightning Protection, October 2011
- [7] DIN EN 62305-1 (VDE 0185-305-1):2011-10 Blitzschutz; Teil 1: Allgemeine Grundsätze. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [8] Birkel, J.; Böhm, T.; Shulzhenko, E.; Zahlmann, P.; Diendorfer, G.; Pichler, H.: Vergleichsmessungen mit einer mobilen Blitzstromerfassungseinheit am Sender Gaisberg. etz Elektrotechnik + Automation 132 (2011), H. 7, S. 40-47



Blitzstromverteilung in Niederspannungsanlagen – Teil 3

Die Inhalte des im Oktober diesen Jahres erschienenen Beiblatts 1 zur DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4) wurden bereits in den Ausgaben 8/2012 und 10/2012 der etz erläutert. Der nachfolgende Beitrag schließt die Reihe ab und informiert über die Blitzstromverteilung in besonderen Anlagen, wie hohen Gebäuden, mit durchverbundener Stahlbewehrung oder Gebäude mit Freileitungseinspeisung.

Josef Birkli

Peter Zahlmann

Das im Beiblatt 1 [1] zum Teil 4 der DIN EN 62305 (VDE 0185-305) [2] beschriebene Konzept für einfache bauliche Anlagen kann auch für die Abschätzung der Blitzstromverteilung in komplexeren elektrischen Anlagen herangezogen werden. So wird in dem abschließenden Kapitel des Beiblatt 1 der DIN EN 62305-4 die Blitzstromverteilung beispielsweise für PV-Dachanlagen, PV-Freiflächenanlagen oder für bauliche Anlagen in Großkraftwerken näher untersucht.

Blitzstromaufteilung in besonderen Anlagen

Bild 1 zeigt ein Gebäude ohne äußeren Blitzschutz aber mit einer Freileitungseinspeisung. Für eine solche Anlage muss bei der Auslegung der SPD die Schadensquelle S1, direkter Blitzeinschlag in die bauliche Anlage, nicht berücksichtigt werden. Jedoch müssen die SPD am Gebäudeeintritt in der Lage sein, Blitzteilströme zu führen, die bei einem direkten Blitzeinschlag (Schadensquelle S3) in die eingeführte Versorgungsleitung auftreten können.

In Anhang E.3 der DIN EN 62305-1 (VDE 0185-305-1) [3] wird für die Schadensquelle S3 angenommen, dass ein direkter Blitzeinschlag in den letzten Mast der Freileitung oder ein direkter Blitzeinschlag in die Seile der Freileitung nahe dem Verbraucher erfolgt. Für dieses Szenario kann die Blitzstromverteilung mithilfe des Ersatzschaltbilds (Bild 2) abgeschätzt werden.

Wenn die Blitzüberspannung die dielektrische Festigkeit der Isolation, beispielsweise der Isolatoren am Freileitungsmast, überschreitet, kann bei

einem direkten Blitzeinschlag in einen solchen Niederspannungsmast ein rückwärtiger Überschlag zu den Leitern erfolgen. Dieser Mechanismus wird im Ersatzschaltbild durch eine zusätzliche Impedanz für den Lichtbogen berücksichtigt. Bild 3 zeigt, dass das Typ 1 SPD am Eintritt der Niederspannungsanlage in das Gebäude nahe dem

- den Blitzteilstrom in die Niederspannungsanlage und
- den Blitzteilstrom über die SPD in die Erdungsanlage des benachbarten Gebäudes.

Die Berechnung im Beiblatt 1 bestätigt die in der Tabelle E.2 der DIN EN 62305-1 (VDE 0185-305-1) angegebenen Blitzstrombelastungen für Typ 1 SPD bei einem Blitzeinschlag in die eingeführte Versorgungsleitung der betreffenden baulichen Anlage. Dabei wird für die Schadensquelle S3, bei zugrunde gelegter Gefährdungsklasse

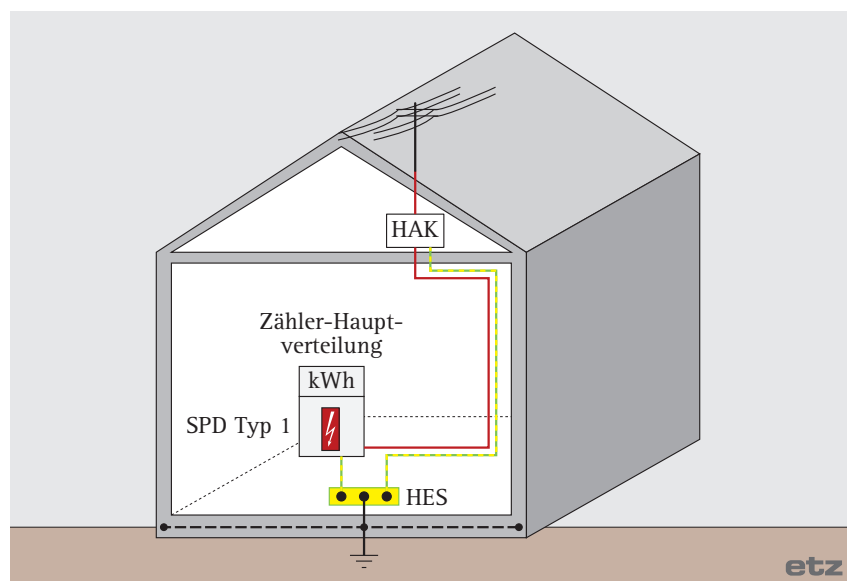


Bild 1. Gebäude ohne Äußeren Blitzschutz mit einer Freileitungseinspeisung

Einschlagort Blitzteilströme ableiten muss. Diese Blitzteilströme weisen aber in der Regel, im Vergleich zu einem direkten Einschlag in den äußeren Blitzschutz eines Gebäudes, geringere Maximalwerte und Impulsleistungen auf, da sich der gesamte Blitzstrom am Einschlagort in drei Teilströme aufteilt:

- den Blitzteilstrom über die Erdungsleitung in die Erdungsanlage des getroffenen Mastes,

LPL III, ein Blitzstromableitvermögen von 5 kA 10/350 pro Schutzpfad gefordert.

Das Beiblatt 1 weist darauf hin, dass im Modell eine vielfache Erdung des Neutralleiters im Niederspannungssystem angenommen worden ist. Ist dagegen der Neutralleiter im Niederspannungssystem nicht mehrfach geerdet, so sind für die SPD in der baulichen Anlage nahe dem Einschlagort noch höhere Blitzteilströme anzusetzen.

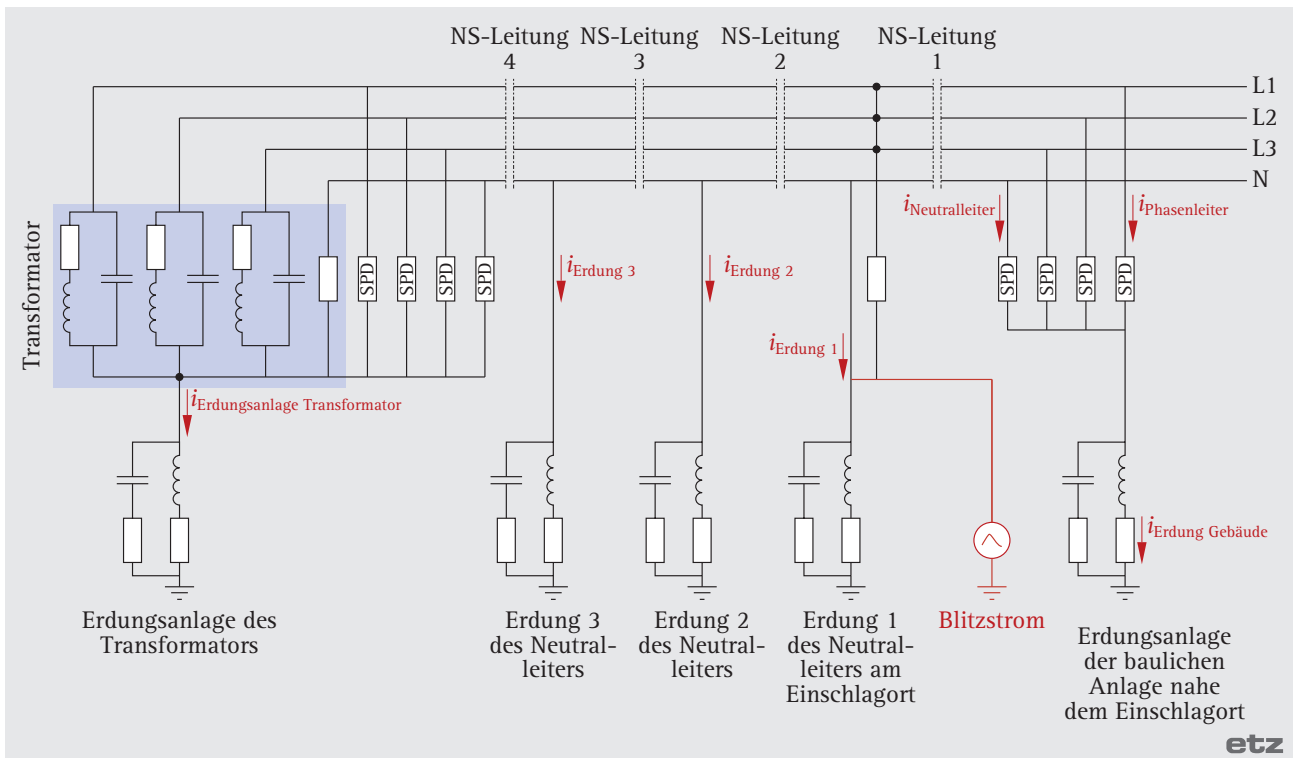


Bild 2. Ersatzschaltbild für die Blitzstromverteilung bei direktem Einschlag in die Niederspannungsfreileitung entsprechend dem zukünftigen Beiblatt 1 der DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4)

Natürliche Ableitung bei hohen Gebäuden

Bei hohen Gebäuden mit durchverbundener Stahlbewehrung kann man entsprechend Anhang E.4.3 der DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) [4] die leitenden Teile der baulichen Anlage als natürliche Ableitungen verwenden. Der Teil 3 der Blitzschutznorm erlaubt im Rahmen des Blitzschutz-Potentialausgleichs nicht nur die Stahlbewehrung, sondern auch die Stromversorgungsleitungen der Nie-

derspannungsinstallation sowie die Daten- und Telekommunikationsleitungen in den Potentialausgleich mit einzubeziehen. Er empfiehlt, ab Gebäudehöhen über 30 m den Potentialausgleich in einer Höhe von 20 m und diesen dann alle weiteren 20 m darüber wiederholt zu installieren. Auf diesen Potentialausgleichsebenen sind die äußeren Ableitungen, die inneren Ableitungen sowie die Metallteile zu verbinden und so in den Potentialausgleich einzubeziehen. Die Einbindung

der aktiven elektrischen Leitungen in den Blitzschutzpotentialausgleich erfolgt über entsprechend blitzstromtragfähige SPD.

Das Beiblatt 1 weist darauf hin, dass Teilblitzströme durch die Verbindung der elektrischen und elektronischen Systeme im Dachbereich mit dem äußeren Blitzschutz auch in das Gebäudeinnere eingeführt werden können. In benachbarte Leitungen und Systeme können dadurch ebenfalls transiente Störungen direkt und/oder induktiv eingekoppelt werden. Ein konsequent ausgeführter Blitzschutzpotentialausgleich reduziert jedoch auch im Dachbereich die Gefahr von anderenfalls möglichen unkontrollierten Überschlägen.

Modell der Computersimulation

Die oben allgemein beschriebene Anlage eines hohen Gebäudes mit durchverbundener Stahlbewehrung ist für die Abschätzung der Blitzstromverteilung durch Computersimulationen in ein Ersatzschaltbild zu überführen. Die für dieses Berechnungsbeispiel zugrunde gelegten, vereinfachten Annahmen, beispielsweise die Anzahl der Ableitungen und die Ausführung der Niederspannungsfreileitung, werden im Beiblatt 1 beschrieben. Dort

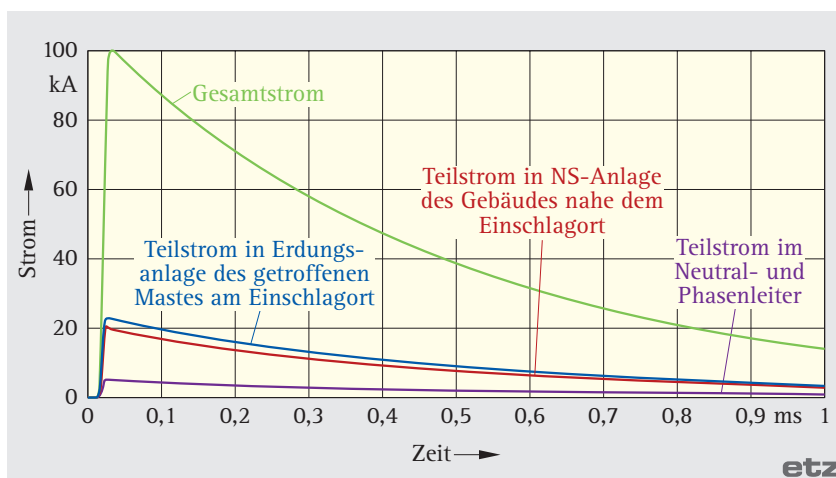


Bild 3. Blitzstromverteilung bei einem direkten Einschlag in die Niederspannungsfreileitung entsprechend dem zukünftigen Beiblatt 1 der DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4)

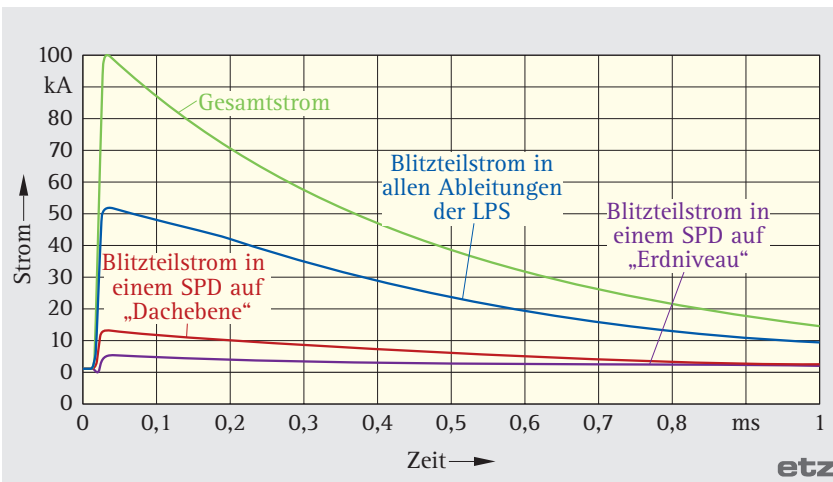


Bild 4. Die Blitzstromverteilung bei hohen baulichen Anlagen

ist außerdem die Blitzstromverteilung für zwei unterschiedliche Einschlags-szenarien erläutert:

- ein direkter Blitzeinschlag in das äußere Blitzschutzsystem sowie
- ein direkter Einschlag in die eingeführte Versorgungsleitung.

Die Computersimulation zeigt, dass bei einem direkten Einschlag in die

Fangstangen des äußeren Blitzschutzsystems auf der Dachebene, die höchsten Blitzteilströme bei den SPD im obersten Stockwerk auftreten (**Bild 4**). Dort ist, abhängig vom exakten Einschlagpunkt, die Blitzstromverteilung noch ungleichmäßig. Zum Blitzschutz-Potentialausgleich sollten deshalb bei hohen Gebäuden unmittelbar



Bild 5. Klimagerät auf der Dachfläche eines hohen Gebäudes geschützt mit SPD Typ 1 entsprechend dem Beiblatt 1 der DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4)

nach den Fangstangen und in Abhängigkeit von der Blitzschutzklasse Typ 1 SPD mit einem I_{imp} von 25 kA bis 50 kA je Schutzpfad eingesetzt werden (**Bild 5**). Ein weiteres Ergebnis ist, dass in den SPD auf Erdsniveau, abhängig von den Erdungsverhältnissen, auch noch erhebliche Blitzteilströme auftreten können. Dagegen reduziert sich der anteilige Blitzstrom über die SPD in den Zwischenebenen erheblich, sodass hier Typ 1 SPD mit einem geringen Ableitvermögen von einigen wenigen kA oder Typ 2 SPD ausreichen.

Zusammenfassung

Voraussetzung für einen effektiven Überspannungsschutz ist unter anderem die korrekte Auswahl der SPD hinsichtlich des Ableitvermögens entsprechend der am jeweiligen Installationsort zu erwartenden Stoßstrombelastbarkeit. Das neue Beiblatt 1 zur DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4) bestätigt, dass entsprechend dimensionierte Typ 1 SPD, geprüft mit der Wellenform 10/350, die Niederspannungsinstallation bei unterschiedlichsten Anwendungen und Blitzbedrohungsszenarien, auch bei direkten Blitzeinschlägen im Allgemeinen sicher schützen. Die im Beiblatt 1 beschriebenen grundlegenden Beispiele erlauben es die Blitzstromverteilung für besondere Anwendungen exakter abzuschätzen [5, 6].

Literatur

- [1] DIN EN 62305-4 Beiblatt 1 (VDE 0185-305-4 Beiblatt 1) (erscheint voraussichtlich 2012-10) Blitzschutz – Teil 4: Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen, Verteilung des Blitzstroms. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [2] DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4):2011-10 Blitzschutz – Teil 4: Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [3] DIN EN 62305-1 (VDE 0185-305-1): 2011-10 Blitzschutz – Teil 1: Allgemeine Grundsätze. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [4] DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3):2011-10 Blitzschutz – Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen. Berlin · Offenbach: VDE VERLAG
- [5] Birkel, J.; Zahlmann, P.: „Blitzstromverteilung in Niederspannungsanlagen – Teil 1“, etz Elektrotechnik + Automation 133 (2012) H. 8, S. 48 – 51 (ISSN 0948-7387)
- [6] Birkel, J.; Zahlmann, P.: „Blitzstromverteilung in Niederspannungsanlagen – Teil 2“, etz Elektrotechnik + Automation 133 (2012) H. 10, S. 61 – 65 (ISSN 0948-7387)

Die Autoren



Dr.-Ing. Peter Zahlmann
Geschäftsführer
E-Mail: peter.zahlmann@technik.dehn.de



Dipl.-Ing. (FH) Josef Birkl
Prüffeldleiter
E-Mail: josef.birkl@technik.dehn.de

**Überspannungsschutz
Blitzschutz/Erdung
Arbeitsschutz
DEHN schützt.**

DEHN + SÖHNE
GmbH + Co.KG.

Hans-Dehn-Str. 1
Postfach 1640
92306 Neumarkt
Germany

Tel. +49 9181 906-0
Fax +49 9181 906-1100
info@dehn.de
www.dehn.de

Diejenigen Bezeichnungen von im Text genannten Erzeugnissen, die zugleich eingetragene Marken sind, wurden nicht besonders kenntlich gemacht. Es kann also aus dem Fehlen der Markierung TM oder [®] nicht geschlossen werden, dass die Bezeichnung ein freier Warenname ist. Ebenso wenig ist zu entnehmen, ob Patente, Gebrauchsmuster oder sonstige intellektuelle und gewerbliche Schutzrechte vorliegen. Die Abbildungen sind unverbindlich. Druckfehler, Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit unserer Genehmigung.