

	DIN EN 60099-4 (VDE 0675-4)	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 20.240.10 Ersatz für DIN EN 60099-4 (VDE 0675-4):2005-06 Siehe jedoch Beginn der Gültigkeit Überspannungsableiter – Teil 4: Metalloxidableiter ohne Funkenstrecken für Wechselspannungsnetze (IEC 60099-4:2004, modifiziert + A1:2006); Deutsche Fassung EN 60099-4:2004 + A1:2006 Surge arresters – Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems (IEC 60099-4:2004, modified + A1:2006); German version EN 60099-4:2004 + A1:2006 Parafoudres – Partie 4: Parafoudres à oxyde métallique sans éclateurs pour réseaux à courant alternatif (CEI 60099-4:2004, modifiée + A1:2006); Version allemande EN 60099-4:2004 + A1:2006 Gesamtumfang 158 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE		

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2004-05-01 angenommene EN 60099-4 gilt zusammen mit der am 2006-07-01 angenommenen Änderung A1 als DIN-Norm ab 2007-04-01.

Daneben darf **DIN EN 60099-4 (VDE 0675-4):2005-06** noch bis 2009-07-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Vorausgegangene Norm-Entwürfe: E DIN EN 60099-4/A1 (VDE 0675-4/A1):2005-05, E DIN EN 60099-4/A2 (VDE 0675-4/A2):2005-05 und E DIN EN 60099-4/A3 (VDE 0675-4/A3):2005-07.

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 441 „Überspannungsableiter“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (<http://www.dke.de>) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 37 „Surge arresters“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ mit den Daten zu dieser Publikation angegebenen Datum (maintenance result date) unverändert bleiben soll. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Die gemeinsamen Abänderungen zum Text der Internationalen Norm IEC 60099-4:2004 sind am Rand durch einen senkrechten Strich gekennzeichnet.

Der Text der Änderung A1:2006 zur Europäischen Norm EN 60099-4:2004 wurde eingearbeitet und ist am Rand durch zwei senkrechte Striche gekennzeichnet.

Änderungen

Gegenüber **DIN EN 60099-4 (VDE 0675-4):2005-06** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Die Kurzschlussprüfung wurde vom Anhang N (informativ) als normativer Teil in den Text überführt (Abschnitte 8.7, 10.8.7, 11.8.7, 12.8.7, ZB.8.7).
- b) Es wurde ein neuer Anhang N (normativ) „Prüfverfahren zur Ermittlung des Blitzstrom-Ableitvermögens“ eingeführt.
- c) Abschnitt 8.5 „Arbeitsprüfungen“ wurde ergänzt um „Prüfverfahren für Widerstandselemente, die bei oder oberhalb ihrer Referenzspannung betrieben werden“.

Frühere Ausgaben

DIN EN 60099-4/A1 (VDE 0675-4/A1):1999-04

DIN EN 60099-4/A2 (VDE 0675-4/A2):2003-12

DIN EN 60099-4 (VDE 0675-4):1994-05, 2005-06

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
HD 588.1 S1:1991	IEC 60060-1:1989 + Corr. März:1990	DIN IEC 60060-1 (VDE 0432-1):1994-06	VDE 0432-1
EN 60060-2:1994	IEC 60060-2:1994	DIN EN 60060-2 (VDE 0432-2):1996-03	VDE 0432-2
EN 60068-2-11:1999	IEC 60068-2-11:1981	DIN EN 60068-2-11:2000-02	–
EN 60068-2-14:1999	IEC 60068-2-14:1984 + A1:1986	DIN EN 60068-2-14:2000-08	–
EN 60068-2-42:2003	IEC 60068-2-42:2003	DIN EN 60068-2-42:2004-04	–
EN 60071-1:1995 ersetzt durch: EN 60071-1:2006	IEC 60071-1:1993 ersetzt durch: IEC 60071-1:2006	DIN EN 60071-1 (VDE 0111-1):1996-07 zurückgezogen	VDE 0111-1
EN 60071-1:2006	IEC 60071-1:2006	DIN EN 60071-1 (VDE 0111-1):2006-11	VDE 0111-1
EN 60071-2:1997	IEC 60071-2:1996	DIN EN 60071-2 (VDE 0111-2):1997-09	VDE 0111-2
EN 60099-1:1994 + A1:1999	IEC 60099-1:1991 + A1:1999	DIN EN 60099-1 (VDE 0675-1):2000-08	VDE 0675-1
EN 60270:2001	IEC 60270:2000	DIN EN 60270 (VDE 0434):2001-08	VDE 0434
EN 60507:1993	IEC 60507:1991	DIN EN 60507 (VDE 0448-1):1994-04	VDE 0448-1
EN 60694:1996 + A1:2000 + A2:2001	IEC 60694:1996 + Corr. 1:2001 + A1:2000 + A2:2001 + Corr. 1:2001	DIN EN 60694 (VDE 0670-1000):2002-09	VDE 0670-1000
–	IEC/TR 60815:1986	–	–
–	IEC 61109:1992 + A1:1995	–	–
EN 61166:1993	IEC 61166:1993	DIN EN 61166 (VDE 0670-111):1994-08	VDE 0670-111

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 61330:1996	IEC 61330:1995	DIN EN 61330 (VDE 0670-611):1997-08	VDE 0670-611
EN 62271-200:2004	IEC 62271-200:2003	DIN EN 62271-200 (VDE 0671-200):2004-10	VDE 0671-200
EN 62271-203:2004	IEC 62271-203:2003	DIN EN 62271-203 (VDE 0671-203):2004-11	VDE 0671-203
–	CISPR 16-1:1999*) + A1:2002*) + A2:2003*)	–	–
–	CISPR 18-2:1986 + A1:1993 + A2:1996	DIN VDE 0873 Bbl 2 (VDE 0873 Bbl 2):1990-02	VDE 0873 Bbl 2
*) zurückgezogen			

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN IEC 60060-1 (VDE 0432-1):1994-06, Hochspannungs-Prüftechnik – Teil 1: Allgemeine Festlegungen und Prüfbedingungen (IEC 60060-1:1989 + Corrigendum März 1990); Deutsche Fassung HD 588.1 S1:1991

DIN EN 60060-2 (VDE 0432-2):1996-03, Hochspannungs-Prüftechnik – Teil 2: Messsysteme (IEC 60060-2:1994); Deutsche Fassung EN 60060-2:1994

DIN EN 60068-2-11:2000-02, Umweltprüfungen – Teil 2: Prüfungen – Prüfung Ka: Salznebel (IEC 60068-2-11:1981); Deutsche Fassung EN 60068-2-11:1999

DIN EN 60068-2-14:2000-08, Umweltprüfungen – Teil 2: Prüfungen – Prüfung N: Temperaturwechsel (IEC 60068-2-14:1984 + A1:1986); Deutsche Fassung EN 60068-2-14:1999

DIN EN 60068-2-42:2004-04, Umweltprüfungen – Teil 2-42: Prüfungen – Prüfung Kc: Schwefeldioxid für Kontakte und Verbindungen (IEC 60068-2-42:2003); Deutsche Fassung EN 60068-2-42:2003

DIN EN 60071-1 (VDE 0111-1):1996-07 (zurückgezogen), Isolationskoordination – Teil 1: Begriffe, Grundsätze und Anforderungen (IEC 60071-1:1993); Deutsche Fassung EN 60071-1:1995

DIN EN 60071-1 (VDE 0111-1):2006-11, Isolationskoordination – Teil 1: Begriffe, Grundsätze und Anforderungen (IEC 60071-1:2006); Deutsche Fassung EN 60071-1:2006

DIN EN 60071-2 (VDE 0111-2):1997-09, Isolationskoordination – Teil 2: Anwendungsrichtlinie (IEC 60071-2:1996); Deutsche Fassung EN 60071-2:1997

DIN EN 60099-1 (VDE 0675-1):2000-08, Überspannungsableiter – Teil 1: Überspannungsableiter mit nichtlinearen Widerständen für Wechselspannungsnetze (IEC 60099-1:1991 + A1:1999); Deutsche Fassung EN 60099-1:1994 + A1:1999

DIN EN 60270 (VDE 0434):2001-08, Hochspannungs-Prüftechnik – Teilentladungsmessungen (IEC 60270:2000); Deutsche Fassung EN 60270:2001

DIN EN 60507 (VDE 0448-1):1994-04, Fremdschichtprüfungen an Hochspannungs-Isolatoren zur Anwendung in Wechselspannungssystemen (IEC 60507:1991); Deutsche Fassung EN 60507:1993

DIN EN 60694 (VDE 0670-1000):2002-09, *Gemeinsame Bestimmungen für Hochspannungs-Schaltgeräte-Normen (IEC 60694:1996 + Corr. 1:2001 – A1:2000 + A2:2001 + Corr. 1:2001); Deutsche Fassung EN 60694:1996 + A1:2000 + A2:2001*

DIN EN 61166 (VDE 0670-111):1994-08, *Hochspannungs-Wechselstrom-Leistungsschalter – Leitfaden für die Erdbeben-Qualifikation von Hochspannungs-Wechselstrom-Leistungsschaltern (IEC 61166:1993); Deutsche Fassung EN 61166:1993*

DIN EN 61330 (VDE 0670-611):1997-08, *Fabrikfertige Stationen für Hochspannung/Niederspannung (IEC 61330:1995); Deutsche Fassung EN 61330:1996*

DIN EN 62271-200 (VDE 0671-200):2004-10, *Hochspannungs-Schaltgeräte und -Schaltanlagen – Teil 200: Metallgekapselte Wechselstrom-Schaltanlagen für Bemessungsspannungen über 1 kV bis einschließlich 52 kV (IEC 62271-200:2003); Deutsche Fassung EN 62271-200:2004*

DIN EN 62271-203 (VDE 0671-203):2004-11, *Hochspannungs-Schaltgeräte und -Schaltanlagen – Teil 203: Gasisolierte metallgekapselte Schaltanlagen für Bemessungsspannungen über 52 kV (IEC 62271-203:2003); Deutsche Fassung EN 62271-203:2004*

DIN VDE 0873 Bbl 2 (VDE 0873 Bbl 2):1990-02, *Die spezifischen Eigenschaften der von Hochspannungsfreileitungen und -anlagen verursachten Funkstörungen – Teil 2: Messverfahren und Methoden zur Bestimmung von Grenzwerten; Identisch mit CISPR 18-2:1986*

– Leerseite –

Überspannungsableiter –
Teil 4: Metalloxidableiter ohne Funkenstrecken für Wechselspannungsnetze
(IEC 60099-4:2004, modifiziert + A1:2006)

Surge arresters –
Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps
for a.c. systems
(IEC 60099-4:2004, modified + A1:2006)

Parafoudres –
Partie 4: Parafoudres à oxyde métallique sans
éclateurs pour réseaux à courant alternatif
(CEI 60099-4:2004, modifiée + A1:2006)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2004-05-01 und die A1 am 2006-07-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

© 2006 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 60099-4:2004 + A1:2006 D

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 37/298/FDIS, zukünftige 2. Ausgabe von IEC 60099-4, ausgearbeitet von dem Technischen Komitee IEC/TC 37 „Surge arresters“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen. Er wurde von CENELEC zusammen mit den gemeinsamen Abänderungen, die von CLC/SR 37 für Änderung A2:2002 zu EN 60099-4:1993 ausgearbeitet wurden, am 2004-05-01 als EN 60099-4 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 60099-4:1993 + A1:1998 + A2:2002.

Diese Europäische Norm beinhaltet gegenüber der Vorgängerausgabe im Wesentlichen folgende redaktionelle Änderungen.

- Die Abschnitte 1, 2 und 3 enthalten gemeinsame Unterabschnitte, die alle Ableiterbauarten betreffen. Die Abschnitte 4 bis 9 enthalten Unterabschnitte, die für Ableiter mit Porzellan Gehäuse gelten. Zu einem großen Teil gilt der Inhalt der Abschnitte 4 bis 9 auch für andere Ableiterbauarten. Alle Ausnahmen, die für Ableiter im Kunststoffgehäuse, GIS-Ableiter, abtrennbare und dead-front-Ableiter und für Ableiter in Isolierflüssigkeit gelten, sind in den Abschnitten 10 bis 13 als vollständige Unterabschnitte enthalten und nicht als Teile von Unterabschnitten. Falls irgendein Unterabschnitt der Abschnitte 4 bis 9 in seiner Gesamtheit nicht für eine bestimmte Ableiterbauart gilt, wird er dadurch in den entsprechenden Abschnitten 10, 11, 12 oder 13 durch einen vollständigen Unterabschnitt ersetzt. Das erspart dem Anwender, beurteilen zu müssen, welcher Teil eines Abschnittes geändert wurde.
- Tabelle 1 wurde geändert. Die frühere Tabelle 1 beinhaltete Verweise auf Unterabschnitte bezüglich der Typprüfungen. Solche Verweise gehören nicht in den Abschnitt 4 und wurden deshalb in eine neue Tabelle in Abschnitt 8 überführt.
- In den Abschnitten 6, 8, 11, 12 und 13 wurden Änderungen zu den Anforderungen an die Kurzschlussprüfung vorgenommen.
- Die Anforderungen aus Abschnitt 13 (Mechanische Aspekte von Überspannungsableitern) wurden in die Abschnitte 5, 6, 8, 10, 11, 12 und 13 sowie in den Anhang A dieser neuen Ausgabe eingearbeitet.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2005-03-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2007-05-01

Die Anhänge ZA und ZB wurden von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60099-4:2004 wurde von CENELEC als Europäische Norm mit vereinbarten, gemeinsamen Abänderungen angenommen, die nachstehend angegeben sind.

GEMEINSAME ABÄNDERUNGEN

Inhaltsverzeichnis Abschnitt 13 ist zu streichen und durch „– Leer –“ zu ersetzen.

Ergänzung:

Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

Anhang ZB (informativ) Ableiter in Isolierflüssigkeit

Abschnitt 13 Der Abschnitt ist zu streichen und durch „– Leer –“ zu ersetzen.

Anhänge Es sind die Anhänge ZA und ZB zu ergänzen.

Literaturhinweise Ergänze die folgenden Anmerkungen zu den aufgeführten Normen:

IEC 60068-2-17	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60068-2-17:1994 (nicht modifiziert).
IEC 60099-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60099-1:1994 (nicht modifiziert).
IEC 60694	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60694:1996 (nicht modifiziert).
IEC 60721-3-2	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60721-3-2:1997 (nicht modifiziert).

Vorwort zu A1

Der Text des Schriftstücks 37/324/FDIS, zukünftige Änderung 1 zu IEC 60099-4:2004, ausgearbeitet von dem IEC/TC 37 „Surge arresters“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2006-07-01 als Änderung A1 zu EN 60099-4:2004 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die Änderung auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2007-04-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der Änderung entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2009-07-01

Anerkennungsnotiz

Der Text der Änderung 1:2006 zur Internationalen Norm IEC 60099-4:2004 wurde von CENELEC als Änderung zur Europäischen Norm ohne irgendeine Abänderung angenommen.

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
Vorwort zu A1	3
1 Anwendungsbereich	11
2 Normative Verweisungen	11
3 Begriffe	12
4 Ableiter-Kennzeichnung und Ableiter-Einteilung	19
4.1 Ableiter-Kennzeichnung	19
4.2 Ableiter-Einteilung	20
5 Genormte Bemessungswerte und Betriebsbedingungen.....	20
5.1 Genormte Bemessungsspannungen.....	20
5.2 Genormte Bemessungsfrequenzen.....	21
5.3 Genormte Nenn-Ableitstoßströme.....	21
5.4 Betriebsbedingungen.....	21
6 Anforderungen	21
6.1 Spannungsfestigkeit des Ableitergehäuses	21
6.2 Referenzspannung	22
6.3 Restspannungen	22
6.4 Innere Teilentladungen.....	22
6.5 Leckrate des Dichtungssystems.....	22
6.6 Stromaufteilung in mehrsäuligen Ableitern.....	22
6.7 Thermische Stabilität.....	22
6.8 Belastbarkeit bei Rechteckstoßströmen.....	22
6.9 Betriebsbeanspruchungen	23
6.10 Wechselspannungs-Zeit-Kennlinie.....	24
6.11 Kurzschluss	25
6.12 Abtrennvorrichtung	25
6.13 Anforderungen an Zusatzelemente, z. B. Steuerelemente	25
6.14 Mechanische Lasten.....	25
6.15 Elektromagnetische Verträglichkeit.....	26
6.16 Lebensende.....	26
6.17 Blitzstrom-Ableitvermögen.....	26
7 Allgemeines zu den Prüfverfahren	26
7.1 Messeinrichtung und Messgenauigkeit	26
7.2 Messung der Referenzspannung	26
7.3 Prüflinge	26
8 Typprüfungen	27
8.1 Allgemeines	27
8.2 Spannungsprüfungen der Ableitergehäuse.....	29

	Seite
8.3 Restspannungsprüfungen	30
8.4 Prüfung mit Rechteckstoßstrom	32
8.5 Arbeitsprüfungen	34
8.6 Abtrennvorrichtung/Ausfallanzeige	44
8.7 Kurzschlussprüfungen	45
8.8 Prüfung der inneren Teilentladungen	56
8.9 Prüfung des Biegemoments	56
8.10 Prüfungen von Umwelteinflüssen	57
8.11 Leckratenprüfung	58
8.12 Prüfung der Funkstörspannung	59
9 Stück- und Abnahmeprüfungen	60
9.1 Stückprüfungen	60
9.2 Abnahmeprüfungen	61
10 Prüfanforderungen für kunststoffisolierte Überspannungsableiter	63
10.1 Allgemeines	63
10.2 Normative Verweise	63
10.3 Begriffe	63
10.4 Ableiter-Kennzeichnung und Ableiter-Einteilung	63
10.5 Genormte Bemessungswerte und Betriebsbedingungen	63
10.6 Anforderungen	63
10.7 Allgemeines zu den Prüfverfahren	63
10.8 Typprüfungen (Design-Prüfungen)	63
11 Prüfanforderungen an gasisolierte, metallgekapselte Überspannungsableiter (GIS-Ableiter)	79
11.1 Allgemeines	79
11.2 Normative Verweise	79
11.3 Begriffe	79
11.4 Ableiter-Kennzeichnung und Ableiter-Einteilung	79
11.5 Genormte Bemessungswerte und Betriebsbedingungen	79
11.6 Anforderungen	79
11.7 Allgemeines zu den Prüfverfahren	80
11.8 Typprüfungen (Design-Prüfungen)	80
11.9 Stückprüfungen	85
11.10 Prüfungen nach der Vor-Ort-Montage	85
12 Abtrennbare und berührungssichere Überspannungsableiter	86
12.1 Allgemeines	86
12.2 Normative Verweise	86
12.3 Begriffe	86
12.4 Ableiter-Kennzeichnung und Ableiter-Einteilung	86
12.5 Genormte Bemessungswerte und Betriebsbedingungen	87

	Seite
12.6 Anforderungen	87
12.7 Allgemeines zu den Prüfverfahren	87
12.8 Typprüfungen (Design-Prüfungen)	87
12.9 Stück- und Abnahmeprüfungen	94
13 – Leer – ^{N4}	94
Anhang A (normativ) Besondere Betriebsbedingungen	95
Anhang B (normativ) Prüfung zum Nachweis des gleichen thermischen Verhaltens von Ableiter und Teilableiter	96
Anhang C (normativ) Anforderungen an die Prüfung von Ableitern für hohe Blitzstrombelastungen im Spannungsbereich 1 kV bis 52 kV	97
Anhang D (normativ) Verfahren zum Nachweis der Wechselspannungs-Zeit-Kennlinie	99
Anhang E (informativ) Anleitung zur Auswahl der Leitungsentladungsklasse	101
Anhang F (normativ) Fremdschichtprüfung zur Ermittlung der thermischen Belastung von mehrtteiligen Metalloxidableitern im Porzellan Gehäuse	103
F.1 Glossar	103
F.1.1 Gemessene Größen	103
F.1.2 Berechnete Größen	103
F.2 Allgemeines	103
F.3 Klassifizierung der Fremdschichtbelastung am Einsatzort	106
F.4 Vorangehende Erwärmungsprüfung: Messung der thermischen Zeitkonstante τ und Berechnung von β	106
F.5 Überprüfung der Notwendigkeit zur Durchführung der Fremdschichtprüfung	107
F.6 Allgemeine Anforderungen für die Fremdschichtprüfung	107
F.6.1 Prüfling	107
F.6.2 Prüffeld	108
F.6.3 Messgeräte und Messverfahren	108
F.6.4 Vorbereitung der Prüfung	109
F.7 Prüfverfahren	110
F.7.1 Verfahren mit fließender Fremdschicht	110
F.7.2 Salznebelverfahren	111
F.8 Auswertung der Prüfergebnisse	113
F.8.1 Berechnung von K_{ie}	113
F.8.2 Berechnung der im Betrieb zu erwartenden Temperaturerhöhung ΔT_z	114
F.8.3 Vorbereitung der Arbeitsprüfung	114
F.9 Beispiel	114
F.9.1 Vorangehende Erwärmungsprüfung	115
F.9.2 Überprüfung der Notwendigkeit zur Durchführung der Fremdschichtprüfung	115
F.9.3 Salznebelprüfungen	115
F.9.4 Nach fünf Prüfzyklen durchgeführte Berechnung	116
F.9.5 Nach zehn Prüfzyklen durchgeführte Berechnung	117

	Seite
Anhang G (informativ) Angaben für Anfragen und Angebote	118
G.1 Angaben für Anfragen	118
G.1.1 Netzdaten	118
G.1.2 Betriebsbedingungen	118
G.1.3 Betriebsart des Ableiters	118
G.1.4 Kennwerte des Ableiters	119
G.1.5 Zusatzeinrichtungen und Armaturen	119
G.1.6 Andere besondere Betriebsbedingungen	119
G.2 Angaben für Angebote	119
Anhang H (informativ) Prüfkreis für die Arbeitsprüfung mit Hochstoßstrom (siehe 8.5.4)	120
Anhang I (informativ) Prüfkreis mit einem Kettenleiter für die Prüfung mit Rechteckstoßstrom (siehe 8.4)	122
Anhang J (informativ) Gebräuchliche Werte für höchste Restspannungen	123
Anhang K (informativ) Alterungsprüfverfahren – Arrheniusgesetz – Probleme bei erhöhten Temperaturen	124
Anhang L (informativ) Leitfaden für die Ermittlung der Spannungsverteilung an Metalloxidableitern	126
L.1 Allgemeines	126
L.2 Modellierung des Ableiters	126
L.3 Nachbildung der Randbedingungen	127
L.4 Berechnungsverfahren	127
L.4.1 Kapazitive Nachbildung der Widerstandssäule	127
L.4.2 Kapazitive und resistive Nachbildung der Widerstandssäule	128
L.4.3 Bestimmung von U_{ct}	128
L.5 Beispielrechnungen	128
L.5.1 Modellierung des Ableiters und der Randbedingungen	129
L.5.2 Resistive Einflüsse der nichtlinearen Metalloxidwiderstände	129
L.5.3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus den elektrischen Feldberechnungen	129
Anhang M (normativ) Mechanische Aspekte	134
M.1 Prüfung des Biegemoments	134
M.2 Erdbebenprüfung	135
M.3 Definition mechanischer Lasten	135
M.4 Definition der Leckrate	136
M.5 Berechnung des Biegemoments durch Wind	137
Anhang N (normativ) Prüfverfahren zur Ermittlung des Blitzstrom-Ableitvermögens	138
N.1 Allgemeines	138
N.2 Auswahl der Prüflinge	138
N.3 Prüfverfahren	138
N.4 Prüfparameter für die Prüfung des Blitzstrom-Ableitvermögens	139
N.5 Messungen während der Prüfung des Blitzstrom-Ableitvermögens	139
N.6 Bemessungswert des Blitzstrom-Ableitvermögens	139

	Seite
N.7 Liste der Bemessungs-Energiewerte	140
N.8 Liste der Bemessungs-Ladungswerte	140
Literaturhinweise	141
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	142
Anhang ZB (informativ) Ableiter in Isolierflüssigkeit	144
ZB.1 Allgemeines	144
ZB.2 Normative Verweisungen	144
ZB.3 Begriffe	144
ZB.4 Ableiter-Kennzeichnung und Ableiter-Einteilung	144
ZB.5 Genormte Bemessungswerte und Betriebsbedingungen	144
ZB.5.4 Betriebsbedingungen	144
ZB.6 Anforderungen	145
ZB.6.11 Kurzschluss	145
ZB.7 Allgemeines zu den Prüfverfahren	145
ZB.8 Typprüfungen (Design-Prüfungen)	145
ZB.8.1 Allgemeines	145
ZB.8.2 Spannungsfestigkeitsprüfungen am Ableitergehäuse	145
ZB.8.5 Arbeitsprüfungen	146
ZB.8.7 Kurzschlussprüfungen	149
ZB.9 Stück- und Abnahmeprüfungen	152
 Bild 1 – Arbeitsprüfung an 10-kA-Ableitern der Leitungsentladungsklasse 1 und 5-kA-, 2,5-kA- und 1,5-kA-Ableitern (siehe 8.5.4)	23
Bild 2 – Arbeitsprüfung an 10-kA-Ableitern der Leitungsentladungsklassen 2 und 3 und 20-kA- Ableitern der Leitungsentladungsklassen 4 und 5 (siehe 8.5.5)	24
Bild 3 – Verlustleistung des Ableiters bei erhöhten Temperaturen über der Zeit	36
Bild 13 – Beispiele für Ableiterbauglieder	54
Bild 14 – Prüfaufbau für die Kurzschlussprüfung	55
Bild 15 – Beispiel für einen Prüfstromkreis für Kurzschlussprüfungen	56
Bild 4 – Prüfung der thermischen Stabilität an 10-kA-Ableitern der Leitungsentladungsklasse 1 und 5-kA-, 2,5-kA- und 1,5-kA-Ableitern	62
Bild 5 – Prüfung der thermischen Stabilität an 10-kA-Ableitern der Leitungsentladungsklassen 2 und 3 und 20-kA-Ableitern der Leitungsentladungsklassen 4 und 5	62
Bild 6 – Thermomechanische Vorbeanspruchung	73
Bild 7 – Beispiel einer Prüfanordnung für die thermomechanische Vorbeanspruchung und Richtung der Biegebeanspruchung	74
Bild 8 – Feuchtigkeitseindringprüfung	75
Bild 9 – Beispiel für einen zeitraffenden Bewitterungs-Alterungszyklus unter Betriebsspannung (nach IEC 61109)	78
Bild 10 – Weiteres Beispiel für einen zeitraffenden Bewitterungs-Alterungszyklus	78
Bild 11 – Prüfaufbau für die Spannungsfestigkeitsprüfung von abtrennbaren	

	Seite
Überspannungsableitern mit isolierendem Gehäuse	88
Bild C.1 – Arbeitsprüfung an 20-kA-Ableitern für hohe Blitzstrombelastungen.....	98
Bild C.2 – Prüfung der thermischen Stabilität an 20-kA-Ableitern für hohe Blitzstrombelastungen (siehe 9.2.2)	98
Bild D.1 – Prüfung an 10-kA-Ableitern der Leitungsentladungsklasse 1, 5-kA-, 2,5-kA- und 1,5-kA- Ableitern	99
Bild D.2 – Prüfung an 20-kA-Ableitern für hohe Blitzstrombelastungen	99
Bild D.3 – Prüfung an 10-kA-Ableitern der Leitungsentladungsklassen 2 und 3 und 20-kA-Ableitern der Leitungsentladungsklassen 4 und 5	100
Bild E.1 – Spezifische Energie W' in kJ/kV (Bemessungsspannung) in Abhängigkeit von der Restspannung bei Schaltstoßstrom U_{res} , bezogen auf die Bemessungsspannung U_r des Ableiters	102
Bild F.1 – Flussdiagramm zum Verfahren der Ermittlung der Vorerwärmung eines Prüflings.....	105
Bild H.1 – Prüfkreis für die Arbeitsprüfung mit Hochstoßstrom.....	120
Bild I.1 – Kettenleiter für die Prüfung mit Rechteckstoßstrom.....	122
Bild L.1 – Typische dreiphasige Ableiteranordnung	130
Bild L.2 – Vereinfachtes mehrstufiges Ersatzschaltbild eines Ableiters.....	131
Bild L.3 – Geometrie der Ableiternachbildung.....	132
Bild L.4 – Beispiel einer Spannungs-Strom-Kennlinie eines Metalloxidwiderstandes bei +20 °C im Leckstrombereich	133
Bild L.5 – Berechnete Spannungsverteilung entlang der Widerstandssäule für den Fall B.....	133
Bild M.1 – Biegemoment – Mehrteiliger Ableiter	134
Bild M.2 – Bauglied eines Ableiters.....	136
Bild M.3 – Abmessungen eines Ableiters.....	137
Bild 12 – Verlustleistung des Ableiters bei erhöhten Temperaturen über der Zeit.....	147
 Tabelle 1 – Ableiter-Einteilung.....	 20
Tabelle 2 – Stufung der Bemessungsspannung	20
Tabelle 3 – Ableiter-Typprüfungen	27
Tabelle 4 – Schaltstoßströme für die Restspannungsprüfung	32
Tabelle 5 – Werte für die Leitungsentladungsprüfung an 20-kA- und 10-kA-Ableitern.....	33
Tabelle 6 – Werte für die Prüfung mit Rechteckstoßstrom an 5-kA- und 2,5-kA-Ableitern.....	34
Tabelle 7 – Bestimmung der erhöhten Bemessungs- und Dauerspannungen	37
Tabelle 8 – Geforderte Hochstoßströme	41
Tabelle 14 – Prüfanforderungen.....	52
Tabelle 15 – Geforderte Ströme für die Kurzschlussprüfungen	53
Tabelle 8 – Geforderte Hochstoßströme	66
Tabelle 9 – Dreiphasige GIS-Ableiter für 10 kA und 20 kA; Stehspannungsforderungen	85
Tabelle 10 – Dreiphasige GIS-Ableiter für 1,5 kA, 2,5 kA und 5 kA; Stehspannungsforderungen	86
Tabelle 11 – Werte für die Spannungsfestigkeitsprüfungen abtrennbarer und berührungssicherer Überspannungsableiter	89
Tabelle 12 – Werte für die Spannungsfestigkeitsprüfungen von berührungssicheren	

	Seite
Überspannungsableitern oder abtrennbaren Ableitern mit geschirmtm Gehäuse	89
Tabelle 8 – Geforderte Hochstoßströme	91
Tabelle 13 – Teilentladungs-Prüfspannungen für abtrennbare und berührungssichere Ableiter	94
Tabelle C.1 – Prüfanforderungen an 20-kA-Ableiter für hohe Blitzstrombelastungen	97
Tabelle F.1 – Mittlere externe Ladung für verschiedene Fremdschichtbeanspruchungen	106
Tabelle F.2 – Eigenschaften des Prüflings für die Fremdschichtprüfung	107
Tabelle F.3 – Anforderungen an die Einrichtung zur Messung der Ladung	108
Tabelle F.4 – Anforderungen an die Einrichtung zur Messung der Temperatur	109
Tabelle F.5 – Berechnete Werte $\Delta T_{z \max}$ für das gewählte Beispiel	115
Tabelle F.6 – Ergebnisse der Salznebelprüfung für das gewählte Beispiel	115
Tabelle F.7 – Nach 5 Zyklen berechnete Werte ΔT_z und T_{OD} für das gewählte Beispiel	116
Tabelle F.8 – Nach 10 Zyklen berechnete Werte ΔT_z und T_{OD} für das gewählte Beispiel	117
Tabelle J.1 – Restspannungen für 20-kA- und 10-kA-Ableiter in Einheiten der Bemessungsspannung	123
Tabelle J.2 – Restspannungen für 5-kA-, 2,5-kA- und 1,5-kA-Ableiter in Einheiten der Bemessungsspannung	123
Tabelle K.1 – Nachgewiesene Mindestlebensdauervorhersage	124
Tabelle K.2 – Beziehung zwischen Prüfdauer bei 115 °C und der äquivalenten Zeit für unterschiedliche Obergrenzen der Umgebungstemperatur	124
Tabelle L.1 – Ergebnisse der elektrischen Feldberechnungen	130
Tabelle 7 – Bestimmung der erhöhten Bemessungs- und Dauerspannungen	148
Tabelle 8 – Geforderte Hochstoßströme	148

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der Internationalen Norm IEC 60099 gilt für Überspannungsableiter mit spannungsabhängigen Metalloxidwiderständen ohne Funkenstrecken zur Begrenzung von Überspannungen in Wechselspannungsnetzen.

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 60060-1:1989, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*.

IEC 60060-2:1994, *High-voltage test techniques – Part 2: Measuring systems*.

IEC 60068-2-11:1981, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ka: Salt mist*.

IEC 60068-2-14:1984, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test N: Change of temperature*.

IEC 60068-2-42:2003, *Environmental testing – Part 2-42: Tests – Test Kc: Sulphur dioxide test for contacts and connections*.

IEC 60071-1:1993, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*.

IEC 60071-2:1996, *Insulation co-ordination – Part 2: Application guide*.

IEC 60270:2000, *High-voltage test techniques – Partial discharge measurements*.

IEC 60507:1991, *Artificial pollution tests on high-voltage insulators to be used on a.c. systems*.

IEC 60815:1986, *Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions*.

IEC 61109:1992, *Composite insulators for a.c. overhead lines with a nominal voltage greater than 1 000 V – Definitions, test methods and acceptance criteria*.

IEC 61166:1993, *High-voltage alternating current circuit-breakers – Guide for seismic qualification of high-voltage alternating current circuit-breakers*.

IEC 61330:1995, *High-voltage/low-voltage prefabricated substations*.

IEC 62271-200:2003, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 200: AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*.

IEC 62271-203:2003, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 203: Gas insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV*.

CISPR 16-1:1999, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus*.

CISPR 18-2:1986, *Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment – Part 2: Methods of measurement and procedure for determining limits*.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Metalloxidableiter ohne Funkenstrecken

Ableiter mit in Reihe und/oder parallelgeschalteten spannungsabhängigen Metalloxidwiderständen ohne innere Reihen- oder Parallelfunkenstrecken

3.2

spannungsabhängiger Metalloxidwiderstand

Teil des Überspannungsableiters, der aufgrund seiner nichtlinearen Strom-Spannungs-Kennlinie bei Überspannungen als niedriger Widerstand wirkt und dadurch diese an den Ableiterklemmen begrenzt, während er bei der Betriebsspannung einen hohen Widerstandswert besitzt

3.3

innere Steuerung

Steuerelemente, insbesondere Steuerkondensatoren, parallel zu einem einzelnen oder einer Gruppe von spannungsabhängigen Widerständen, um die Spannungsverteilung entlang einem Stapel von Metalloxidwiderständen zu steuern

3.4

Steuerring

ein üblicherweise ringförmiges Metallteil, das kapazitiv die Spannungsaufteilung am Ableiter beeinflusst

3.5

Teilableiter

ein Teil eines Ableiters, der für eine bestimmte Prüfung das Verhalten des ganzen Ableiters nachbildet

ANMERKUNG Ein Teilableiter muss nicht ein Ableiterbauglied sein.

3.6

Ableiterbauglied

ein in ein Gehäuse eingebauter Teil eines Ableiters, der parallel und/oder in Reihe mit anderen Baugliedern zu einem Ableiter mit höherer Bemessungsspannung und/oder Bemessungsstrom zusammengesetzt werden kann

ANMERKUNG Ein Ableiterbauglied muss nicht ein Teilableiter sein.

3.7

Druckentlastungseinrichtung

Einrichtung zur Entlastung des Ableiters von einem inneren Überdruck, der beim Fließen eines Fehlerstromes oder bei einem inneren Überschlag entsteht und das Bersten seines Gehäuses verhindert

3.8

Ableiter-Bemessungsspannung

U_r

höchster zulässiger Effektivwert der Wechselspannung über den Ableiterklemmen, für die der Ableiter bemessen ist, um unter den Bedingungen zeitweiliger Spannungserhöhungen, wie sie in den Arbeitsprüfungen festgelegt sind (siehe 8.5), bestimmungsgemäß zu arbeiten

ANMERKUNG 1 Die Bemessungsspannung ist Bezugsgröße für die Festlegung von Betriebseigenschaften.

ANMERKUNG 2 Die durch dieses Schriftstück festgelegte Bemessungsspannung ist die in der Arbeitsprüfung nach den Hochstoß- oder Rechteckstoßströmen für 10 s angelegte betriebsfrequente Spannung. Die Prüfungen zur Bestimmung der Löschspannung nach IEC 60099-1 sowie der Bemessungsspannung nach einigen anderen nationalen Normen werden dagegen durch wiederholte Beaufschlagung mit dem Nenn-Ableitstoßstrom bei gleichzeitig anliegender betriebsfrequenter Spannung durchgeführt. Es ist zu beachten, dass diese beiden Verfahren zur Bestimmung der Löschspannung

bzw. Bemessungsspannung nicht notwendigerweise zu gleichen Ergebnissen führen. (Eine Lösung dieser Unterschiede ist in Beratung.)

3.9

Ableiter-Dauerspannung

U_c

höchstzulässiger Effektivwert der betriebsfrequenten Wechselspannung, die dauernd über den Ableiterklemmen anliegen darf (siehe 8.5)

3.10

Bemessungsfrequenz eines Ableiters

Netzfrequenz, für die der Ableiter ausgelegt ist

3.11

Durchschlag

Erscheinungen im Zusammenhang mit dem Versagen einer Isolation unter elektrischer Beanspruchung, wobei die Spannung zusammenbricht und Strom fließt

ANMERKUNG 1 Der Begriff gilt für das elektrische Versagen von festen, flüssigen und gasförmigen Dielektrika und von Kombinationen daraus.

ANMERKUNG 2 Ein Durchschlag in einem festen Dielektrikum erzeugt den bleibenden Verlust der elektrischen Festigkeit. In einem flüssigen oder gasförmigen Dielektrikum kann dieser Verlust vorübergehend sein.

3.12

Feststoffdurchschlag

Durchschlag durch einen Feststoff

3.13

Überschlag

Durchschlag längs einer Feststoffoberfläche

3.14

Stoß

einseitig gerichtete Spannungs- oder Stromform, die ohne merkliche überlagerte Schwingungen rasch auf einen Höchstwert ansteigt und dann – üblicherweise langsamer – auf null zurückgeht. Dabei kann ein leichtes Überspringen zur entgegengerichteten Polarität auftreten.

ANMERKUNG Kennwerte einer Stoßspannung oder eines Stoßstromes sind Polarität, Scheitelwert, Stirnzeit und Rückenhalbwertzeit.

3.15

Bezeichnung einer Stoßform

Kombination zweier Zahlen, wobei die erste die Stirnzeit (T_1) und die zweite die Rückenhalbwertzeit (T_2), jeweils in Mikrosekunden, angibt

ANMERKUNG Sie wird als T_1/T_2 dargestellt, wobei das Zeichen „/“ keinerlei mathematische Bedeutung hat.

3.16

Steilstoßstrom

Stoßstrom mit einer Stirnzeit zwischen 0,9 μ s und 1,1 μ s und einer Rückenhalbwertzeit von nicht mehr als 20 μ s

ANMERKUNG Die Rückenhalbwertzeit ist nicht entscheidend. Jeder niedrigere Wert ist bei der Typprüfung der Restspannung zugelassen (siehe 8.3).

3.17

Blitzstoßstrom

Stoßstrom 8/20 mit einer Stirnzeit zwischen 7 μ s und 9 μ s und einer Rückenhalbwertzeit zwischen 18 μ s und 22 μ s

ANMERKUNG Die Rückenhalbwertszeit ist nicht entscheidend. Jede Abweichung ist bei der Typprüfung der Restspannung zugelassen (siehe 8.3).

3.18

Rechteckstoßstrom

Stoßstrom, der rasch auf einen Höchstwert ansteigt, auf diesem Wert über eine vorgegebene Zeitdauer im Wesentlichen konstant bleibt und dann rasch auf null abfällt

ANMERKUNG Kennwerte eines Rechteckstoßstromes sind Polarität, Scheitelwert, Scheiteldauer und Gesamtdauer.

3.19

Scheitelwert eines Stoßes

Höchstwert der Spannung oder des Stromes bei einem Stoß

ANMERKUNG Überlagerte Schwingungen dürfen außer Acht gelassen werden (siehe 8.4.2 c) und 8.5.4.2 e)).

3.20

Stirn eines Stoßes

Teil des Stoßes bis zum Erreichen des Scheitelwertes

3.21

Rücken eines Stoßes

Teil des Stoßes nach Auftreten des Scheitelwertes

3.22

Stoßbeginn

Schnittpunkt der durch zwei Bezugspunkte in der Stirn des Stoßes gelegten Geraden mit der Zeitachse in einem Spannungs- bzw. Strom-Zeit-Diagramm

ANMERKUNG 1 Bei Stoßströmen sind die Bezugspunkte die Augenblickwerte des Stoßes bei 10 % und bei 90 % des Scheitelwertes.

ANMERKUNG 2 Diese Festlegung ist nur bei linearem Maßstab der Ordinaten und Abszissen gültig.

ANMERKUNG 3 Wenn in der Stirn Schwingungen vorhanden sind, sollen die 10-%- und 90-%-Werte auf einer durch diese Schwingungen gezeichneten Mittelwertkurve angenommen werden.

3.23

Stirnzeit eines Stoßstromes

T_1

Zeit in Mikrosekunden, festgelegt als das 1,25fache der Zeitspanne zwischen den Augenblicken, in denen der Stoßstrom 10 % und 90 % seines Scheitelwertes erreicht

ANMERKUNG Wenn in der Stirn Schwingungen vorhanden sind, sollen die 10-%- und 90-%-Werte auf einer durch diese Schwingungen gezeichneten Mittelwertkurve angenommen werden.

3.24

Stirnsteilheit eines Stoßes

Quotient aus Scheitelwert und Stirnzeit eines Stoßes

3.25

Rückenhalbwertszeit eines Stoßes

T_2

Zeitspanne zwischen Stoßbeginn und dem Zeitpunkt, in dem die Spannung oder der Strom auf den halben Scheitelwert abgefallen ist. Sie wird in Mikrosekunden angegeben.

3.26

Scheiteldauer eines Rechteckstoßes

Zeitspanne, während der die Amplitude des Stoßes größer als 90 % des Scheitelwertes ist

3.27**Gesamtdauer eines Rechteckstoßes**

Zeitspanne, während der die Amplitude des Stoßes größer als 10 % des Scheitelwertes ist

ANMERKUNG Wenn Schwingungen in der Stirn vorhanden sind, ist eine Mittelwertkurve zu zeichnen, um die Zeit zu bestimmen, bei der der 10-%-Wert erreicht wird.

3.28**Nachschwingscheitelwert entgegengesetzter Polarität eines Stoßes**

höchste Amplitude entgegengerichteter Polarität, die eine Stoßspannung oder ein Stoßstrom vor ihrem Einschwingen auf den Wert Null erreicht

3.29**Ableitstoßstrom**

durch den Ableiter fließender Stoßstrom

3.30**Nenn-Ableitstoßstrom**

I_n

Scheitelwert des Blitzstoßstroms (siehe 3.17), nach dem ein Ableiter eingeteilt wird

3.31**Hochstoßstrom**

Scheitelwert eines Blitzstoßstroms 4/10, mit dem die Stabilität des Ableiters bei direkten Blitzeinschlägen geprüft wird

3.32**Schaltstoßstrom**

Scheitelwert des Stoßstroms mit einer Stirnzeit zwischen 30 µs und 100 µs und einer Rückenhalbwertzeit von etwa zweifacher Stirnzeit

3.33**Dauerstrom**

Strom, der durch den Ableiter bei Anlegen der Ableiter-Dauerspannung fließt

ANMERKUNG 1 Der Dauerstrom setzt sich aus einer resistiven und einer kapazitiven Komponente zusammen. Er kann von der Temperatur, von Streukapazitäten und äußeren Fremdschichteinflüssen abhängig sein. Der Dauerstrom eines Prüflings muss daher nicht der gleiche sein wie der Dauerstrom eines vollständigen Ableiters.

ANMERKUNG 2 Für Vergleichszwecke wird der Dauerstrom entweder als Effektivwert oder als Scheitelwert angegeben.

3.34**Referenzstrom**

Scheitelwert (bei unsymmetrischen Strömen der höhere Scheitelwert beider Polaritäten) der resistiven Komponente eines betriebsfrequenten Stroms, bei dem die Referenzspannung des Ableiters bestimmt wird

ANMERKUNG 1 Der Referenzstrom wird groß genug sein, um den Einfluss von Streukapazitäten auf die an Ableiterbaugliedern (einschließlich ihres Steuersystems) gemessenen Referenzspannungen vernachlässigen zu können. Er ist vom Hersteller anzugeben.

ANMERKUNG 2 Je nach Nenn-Ableitstoßstrom und/oder Leitungsentladungsklasse eines Ableiters liegt der Referenzstrom von Ableitern mit nur einer Widerstandssäule üblicherweise zwischen etwa 0,05 mA und 1,0 mA pro cm² Scheibenquerschnitt.

3.35**Referenzspannung**

U_{ref}

Scheitelwert der betriebsfrequenten Spannung, geteilt durch $\sqrt{2}$, die über die Ableiterklemmen angelegt werden muss, um den Referenzstrom zu erhalten

ANMERKUNG 1 Die Referenzspannung eines mehrteiligen Ableiters ist die Summe der Referenzspannungen der einzelnen Bauglieder.

ANMERKUNG 2 Die Messung der Referenzspannung dient der Auswahl des richtigen Prüflings bei der Arbeitsprüfung (siehe 8.5).

3.36

Restspannung

U_{res}

Scheitelwert der Spannung an den Klemmen eines Ableiters beim Fließen eines Stoßstroms

ANMERKUNG In einigen Ländern wird der Begriff „Ableitspannung“ verwendet.

3.37

Wechselspannungs-Zeit-Kennlinie

die Wechselspannungs-Zeit-Kennlinie gibt die höchstzulässige Zeitdauer an, während der eine die Dauer-
spannung übersteigende Wechselspannung am Ableiter anliegen darf, ohne dass unter vorgegebenen Be-
dingungen (siehe 6.10) eine Beschädigung oder thermische Instabilität eintritt

3.38

unbeeinflusster Strom eines Prüfkreises

Strom, der in einem Prüfkreis an bestimmter Stelle fließen würde, wenn er dort durch einen Leiter mit ver-
nachlässigbarer Impedanz kurzgeschlossen wäre

3.39

Ableiterschutzwerte

die Schutzwirkung des Ableiters beruht auf folgenden Restspannungen:

- a) Restspannung beim Steilstoßstrom nach 8.3.1,
- b) Restspannungskennlinie in Abhängigkeit vom Blitzstoßstrom nach 8.3.2,

ANMERKUNG 1 Der Schutzpegel für Blitzüberspannungen ist die höchste Restspannung beim Nenn-Ableitstoß-
strom.

- c) Restspannung beim Schaltstoßstrom nach 8.3.3

ANMERKUNG 2 Der Schutzpegel für Schaltüberspannungen ist die höchste Restspannung bei den vorgegebenen
Schaltstoßströmen.

3.40

thermische Instabilität

Vorgang, bei dem die Dauerverluste im Ableiter die mögliche Wärmeabgabe des Gehäuses und der An-
schlüsse überschreiten und damit eine Temperaturerhöhung der Widerstandselemente hervorrufen, die
schließlich zum Versagen des Ableiters führt

3.41

thermische Stabilität

ein Ableiter ist thermisch stabil, wenn nach einer durch einen Ableitvorgang verursachten Temperaturerhö-
hung die Temperatur der Widerstandselemente beim Anliegen der vorgegebenen Dauerspannung und bei
vorgegebenen Umgebungsbedingungen im Laufe der Zeit wieder absinkt

3.42

Abtrennvorrichtung

Vorrichtung, die einen Ableiter im Fall seines Versagens so vom Netz trennt, dass ein Dauerfehler vermieden
und der schadhafte Ableiter sichtbar angezeigt wird

ANMERKUNG Das Abschalten des Fehlerstroms ist im Allgemeinen nicht Aufgabe dieser Vorrichtung.

3.43**Typprüfungen**

Prüfungen, die zum Abschluss der Entwicklung einer Ableiterkonstruktion gemacht werden. Hiermit wird die Einhaltung der gültigen Norm nachgewiesen.

ANMERKUNG Diese Prüfungen brauchen nur dann wiederholt zu werden, wenn Änderungen der Konstruktion auch Änderungen der nachgewiesenen Eigenschaften zur Folge haben. In solchen Fällen müssen jedoch nur die betroffenen Prüfungen wiederholt werden.

3.44**Stückprüfungen**

Prüfungen, die an jedem Ableiter oder an Teilen von ihm durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass das Produkt der typgeprüften Auslegung genügt

3.45**Abnahmeprüfungen**

Prüfungen, die nach Übereinkunft zwischen Hersteller und Anwender an repräsentativen Teilmengen einer Lieferung durchgeführt werden

3.46**Gehäuse und Schirme****3.46.1****Gehäuse**

äußeres isolierendes Teil eines Ableiters, das den nötigen Kriechweg gewährleistet und die inneren Teile vor Umgebungseinflüssen schützt

ANMERKUNG Ein Gehäuse kann aus mehreren Teilen bestehen, die jeweils mechanische Festigkeit und Schutz vor Umgebungseinflüssen bieten.

3.46.2**Schirm**

isolierendes, vom Gehäuse abstehendes Teil zur Verlängerung des Kriechweges

3.47**kunststoffisolierter Ableiter**

ANMERKUNG Siehe [3.60](#).

3.48**Ausfallanzeige**

Einrichtung, die einen ausgefallenen Ableiter anzeigt, den Ableiter aber nicht vom Netz abtrennt

3.49**elektrischer Tei ableiter**

Teil eines Ableiters, bei dem jedes Ende mit einer Elektrode abgeschlossen ist, die der äußeren Umgebung ausgesetzt ist

ANMERKUNG Ein elektrischer Tei ableiter ist identisch mit einem Ableiterbauglied nach [3.6](#).

3.50**mechanischer Tei ableiter**

Teil eines Ableiters, innerhalb dessen die Widerstände mechanisch an einer Bewegung in axialer Richtung gehindert werden

3.51**gasisolierter metallgekapselter Überspannungsableiter (GIS-Ableiter)**

gasisolierter metallgekapselter Metalloxidableiter ohne eingebaute Reihen- oder Parallelfunkenstrecken, der mit einem anderen Gas als Luft gefüllt ist

ANMERKUNG 1 Der Gasdruck ist üblicherweise höher als 1 bar = 10^5 Pa.

ANMERKUNG 2 Ein Überspannungsableiter, der in gasisolierten Schaltanlagen gebraucht wird.

3.52

abtrennbare Überspannungsableiter

Überspannungsableiter mit einem isolierenden oder geschirmten Gehäuse zur Systemisolation, welcher für den Einbau in einem Anlagenbehälter zum Schutz von Mittelspannungsgeräten und Anlagen vorgesehen ist. Der elektrische Anschluss kann entweder über Schleifkontakte oder geschraubte Verbindungen erfolgen; alle abtrennbaren Ableiter sind jedoch nur spannungslos abtrennbar.

ANMERKUNG Abtrennbare Überspannungsableiter werden überwiegend in Europa eingesetzt.

3.53

berührungssichere Überspannungsableiter

Überspannungsableiter mit einem geschirmten und elektrisch leitenden Gehäuse zur Systemisolation und elektrischen Erdung, welcher für den Einbau in einem Anlagenbehälter zum Schutz von unterirdischen oder auf Sockeln montierten Mittelspannungsgeräten und Anlagen vorgesehen ist

ANMERKUNG 1 Die meisten berührungssicheren Ableiter sind unter Spannung abtrennbar.

ANMERKUNG 2 Berührungssichere Überspannungsableiter werden überwiegend in den USA eingesetzt.

3.54

spannungslos abtrennbare Überspannungsableiter

Überspannungsableiter, der nur im spannungslosen Zustand angeschlossen oder abgetrennt werden kann

3.55

unter Spannung abtrennbare Überspannungsableiter

Überspannungsableiter, der im spannungsführenden Zustand angeschlossen oder abgetrennt werden kann

3.56

Ableiter in Isolierflüssigkeit

Ableiter, der für den Betrieb in Isolierflüssigkeit ausgelegt ist

3.57

„fail-open“-Bemessungs-Kurzschlussstrom eines Ableiters in Isolierflüssigkeit

Wert des Kurzschlussstroms, oberhalb dessen gefordert wird, dass bei einem Fehler im Ableiter ein isolierender Abstand entsteht

3.58

„fail-short“-Bemessungs-Kurzschlussstrom eines Ableiters in Isolierflüssigkeit

Wert des Kurzschlussstroms, unterhalb dessen gefordert wird, dass bei einem Fehler im Ableiter ein Kurzschluss entsteht

ANMERKUNG Die Begriffe 3.57 und 3.58 sind vorläufig und können durch allgemeinere Begriffe ersetzt werden.

3.59

Ableiter mit Porzellangehäuse

Ableiter mit einem Gehäuse aus Porzellan mit Endarmaturen und Dichtungssystemen

3.60

Ableiter mit Kunststoffgehäuse

Ableiter mit einem Gehäuse aus Kunststoff und Verbundwerkstoffen mit Endarmaturen

ANMERKUNG Konstruktionen mit einem eingeschlossenen Gasvolumen sind möglich. Die Dichtung kann durch das Kunststoffmaterial selbst oder durch ein separates Dichtungssystem erfolgen.

3.61

Biegemoment

eine horizontal am Ableiter angreifende Kraft, multipliziert mit dem vertikalen Abstand zwischen Ableiterfuß (untere Kante der Endarmatur) und dem Kraftangriffspunkt

3.62**Anschlusskraft**

eine Kraft rechtwinklig zur Ableiterlängsachse, gemessen an der Ableitermittellinie

3.63**Torsionsbeanspruchung**

jede horizontale Kraft am Kopf eines senkrecht aufgestellten Ableiters, die nicht an dessen Längsachse angreift

3.64**Bruchlast**

eine Kraft rechtwinklig zur Längsachse eines Ableiters mit Porzellangehäuse, die zum mechanischen Versagen des Ableitergehäuses führt

3.65**Schädigungsgrenze**

niedrigster Wert einer Kraft rechtwinklig zur Längsachse eines Ableiters mit Kunststoffgehäuse, die zum mechanischen Versagen des Ableitergehäuses führt

3.66**höchste zulässige Betriebslast****MPSL**

höchster Wert einer Kraft rechtwinklig zur Längsachse eines Ableiters mit Kunststoffgehäuse, die im Betrieb anliegen darf, ohne irgendeine mechanische Beschädigung des Ableiters hervorzurufen

3.67**höchste zulässige dynamische Betriebslast****MPDSL**

höchster Wert einer Kraft rechtwinklig zur Längsachse eines Ableiters mit Porzellangehäuse, die im Betrieb kurzzeitig anliegen darf (z. B. Kurzschlussstromkräfte, Erdbebenbeanspruchungen), ohne irgendeine mechanische Beschädigung des Ableiters hervorzurufen

3.68**zulässige statische Betriebslast****PSSL**

eine Kraft rechtwinklig zur Längsachse eines Ableiters mit Porzellangehäuse, die im Betrieb dauernd anliegen darf, ohne irgendeine mechanische Beschädigung des Ableiters hervorzurufen

3.69**Innenteile**

Metalloxid-Widerstände mit zugehöriger Stützkonstruktion

3.70**Dichtheit (Gas- und Wasserdichtheit)**

Fähigkeit eines Ableiters, das Eindringen von Stoffen zu verhindern, die sein elektrisches und/oder mechanisches Verhalten beeinflussen

4 Ableiter-Kennzeichnung und Ableiter-Einteilung

4.1 Ableiter-Kennzeichnung

Metalloxidableiter müssen mindestens durch folgende Angaben am Ableiter dauerhaft gekennzeichnet sein:

- Dauerspannung;
- Bemessungsspannung;
- Bemessungsfrequenz, falls abweichend von einer der genormten Frequenzen (siehe [5.2](#));
- Nenn-Ableitstoßstrom;

- Bemessungskurzschlussstrom in kA. Für Ableiter, für die kein Bemessungskurzschlussstrom angegeben wird, ist das Zeichen „–“ zu verwenden.
- Herstellername oder Warenzeichen, Typ und Kennzeichnung des vollständigen Ableiters;
- Angabe der Reihenfolge der Bauglieder bei mehrteiligen Ableitern;
- Baujahr;
- Seriennummer (mindestens für Ableiter mit einer Bemessungsspannung über 60 kV).

ANMERKUNG Wenn genügend Platz zur Verfügung steht, sollte das Typschild zusätzlich Folgendes enthalten:

- Leitungsentladungsklasse oder Hochstoßstrom (bei Ableitern nach [Anhang C](#));
- Verschmutzungsstufe des Gehäuses (siehe IEC 60815).

4.2 Ableiter-Einteilung

Überspannungsableiter werden entsprechend ihren genormten Nenn-Ableitstoßströmen eingeteilt. Sie müssen mindestens die in [Tabelle 3](#) zusammengestellten Prüfanforderungen und Eigenschaften erfüllen.

ANMERKUNG 10-kA- und 20-kA-Ableiter werden zusätzlich nach Leitungsentladungsklassen eingeteilt, die sich nach Höhe und Dauer des Rechteckstoßstromes unterscheiden (siehe [Tabelle 5](#)).

Tabelle 1 – Ableiter-Einteilung

	Genormter Nenn-Ableitstoßstrom ^a				
	20 kA	10 kA	5 kA	2,5 kA	1,5 kA
Bemessungsspannung U_r in kV (Effektivwert)	$360 < U_r \leq 756$	$3 \leq U_r \leq 360$	$U_r \leq 132$	$U_r \leq 36$	^b
^a In einigen Ländern ist die folgende Einteilung üblich: – Station-Type für 10-kA- und 20-kA-Ableiter; – Intermediate- oder Distribution-Type bei 5-kA-Ableitern; – Secondary-Type bei 1,5-kA-Ableitern.					
^b Dieser Niederspannungsbereich ist in Bearbeitung.					

5 Genormte Bemessungswerte und Betriebsbedingungen

5.1 Genormte Bemessungsspannungen

Genormte Werte der Bemessungsspannung für Ableiter werden in Tabelle 2 in Effektivwerten mit gleichen Spannungsstufen innerhalb vorgegebener Spannungsbereiche angegeben.

Tabelle 2 – Stufung der Bemessungsspannung

Bereich der Bemessungsspannung kV (Effektivwert)	Stufung der Bemessungsspannung kV (Effektivwert)
< 3	in Bearbeitung
3 bis 30	1
30 bis 54	3
54 bis 96	6
96 bis 288	12
288 bis 396	18
396 bis 756	24
ANMERKUNG Andere Werte für die Bemessungsspannung sind zulässig, vorausgesetzt, sie sind Vielfache von 6.	

5.2 Genormte Bemessungsfrequenzen

Genormte Bemessungsfrequenzen sind 50 Hz und 60 Hz.

5.3 Genormte Nenn-Ableitstoßströme

Genormte Nenn-Ableitstoßströme sind: 20 kA, 10 kA, 5 kA, 2,5 kA und 1,5 kA (Stoßform 8/20 siehe 3.30).

5.4 Betriebsbedingungen

5.4.1 Normale Betriebsbedingungen

Überspannungsableiter, die dieser Norm entsprechen, müssen für normalen Betrieb in Luft geeignet sein. Als normale Betriebsbedingungen gelten:

- a) Temperatur der umgebenden Luft zwischen -40 °C und $+40\text{ °C}$;
- b) Sonneneinstrahlung;

ANMERKUNG Die Wirkung der größten Sonneneinstrahlung ($1,1\text{ kW/m}^2$) wird durch Vorwärmen des Prüflings bei den Typprüfungen berücksichtigt. Befinden sich in der Nähe des Ableiters andere Wärmequellen, so sind die Einsatzbedingungen des Ableiters zwischen Hersteller und Anwender zu vereinbaren.

- c) Aufstellungshöhe bis 1 000 m über NN;
- d) Frequenz der Betriebsspannung zwischen 48 Hz und 62 Hz;
- e) dauernd anliegende betriebsfrequente Spannung zwischen den Klemmen des Ableiters nicht größer als die Ableiter-Dauerspannung;
- f) mechanische Anforderungen (in Bearbeitung);
- g) Fremdschichtbedingungen (derzeit keine Anforderungen);
- h) Windgeschwindigkeiten $\leq 34\text{ m/s}$;
- i) senkrechte Aufstellung.

5.4.2 Besondere Betriebsbedingungen

Ableiter für andere Anwendungs- und Umgebungsbedingungen bedürfen besonderer Überlegungen bei Auslegung, Herstellung oder Anwendung. Die Anwendung dieser Norm bei besonderen Betriebsbedingungen ist zwischen Hersteller und Anwender zu vereinbaren. Mögliche besondere Betriebsbedingungen sind in [Anhang A](#) zusammengestellt.

6 Anforderungen

6.1 Spannungsfestigkeit des Ableitergehäuses

Das Ableitergehäuse muss die Prüfungen nach 8.2 mit den folgenden Spannungen bestehen:

- 1,3fache Restspannung bei Blitzstoßstrom (siehe 3.39);

ANMERKUNG 1 Der Faktor 1,3 deckt unterschiedliche atmosphärische Bedingungen sowie Ableitströme größer als die Nennwerte ab.

- 1,25fache Restspannung bei Schaltstoßstrom (siehe 3.39) für 10-kA- und 20-kA-Ableiter mit einer Bemessungsspannung von 200 kV und darüber;

ANMERKUNG 2 Der Faktor 1,25 deckt unterschiedliche atmosphärische Bedingungen sowie Ableitströme größer als die Höchstwerte in [Tabelle 3](#) ab (siehe 8.3.3).

- Prüf-Wechselspannung unter Regen für Aufstellung in Freiluft und trocken für Aufstellung im Innenraum.

Gehäuse von Ableitern für 1,5 kA, 2,5 kA und 5 kA und Ableitern nach [Anhang C](#) sollen eine Kurzzeit-Wechselspannungsprüfung mit einem Scheitelwert gleich dem 0,88fachen der Restspannung bei Blitzstoßstrom bestehen.

Gehäuse von Ableitern für 10 kA und 20 kA mit Bemessungsspannungen unter 200 kV sollen eine Kurzzeit-Wechselspannungsprüfung mit einem Scheitelwert gleich dem 1,06fachen der Restspannung bei Schaltstoßstrom bestehen.

6.2 Referenzspannung

Die Referenzspannung jedes Ableiters muss bei einem vom Hersteller gewählten Referenzstrom gemessen werden (siehe [7.2](#)). Die kleinste Referenzspannung des Ableiters beim Referenzstrom, der bei den Stückprüfungen angewandt wird, muss angegeben und in den Datenblättern des Herstellers veröffentlicht werden.

6.3 Restspannungen

Der Zweck der Messung der Restspannungen ist es, die höchsten Restspannungen für eine bestimmte Ausführung bei allen festgelegten Strömen und Stoßformen zu ermitteln. Sie werden aus Typprüfungen und aus den höchsten Restspannungen bei Blitzstoßströmen in Stückprüfungen hergeleitet, vom Hersteller angegeben und veröffentlicht.

Die höchste Restspannung einer bestimmten Ableiterausführung bei beliebiger Stromstärke und Stoßform wird aus der Restspannung von typgeprüften Teilaableitern, die mit dem zugehörigen Umrechnungsfaktor multipliziert werden, berechnet. Dieser Umrechnungsfaktor entspricht dem Verhältnis der in den Stückprüfungen ermittelten höchsten Restspannung zu der an den Teilaableitern bei gleicher Stromstärke und Stoßform gemessenen Restspannung.

ANMERKUNG Bei einigen Ableitern mit einer Bemessungsspannung unter 36 kV (siehe [9.1 b](#))) kann zur Berechnung die Referenzspannung anstelle der Restspannung verwendet werden.

6.4 Innere Teilentladungen

Die inneren Teilentladungen des Ableiters dürfen bei Anliegen des 1,05fachen seiner Dauerspannung einen Wert von 10 pC nicht überschreiten.

6.5 Leckrate des Dichtungssystems

Für gasgefüllte Überspannungsableiter mit getrenntem Dichtungssystem sind die Leckraten wie in [8.11](#) und [9.1 d](#)) angegeben festzulegen.

6.6 Stromaufteilung in mehrsäuligen Ableitern

Der Hersteller muss den höchsten Strom in einer Säule einer mehrsäuligen Ausführung angeben (siehe [9.1 e](#))).

6.7 Thermische Stabilität

Falls zwischen Hersteller und Abnehmer vereinbart, kann eine besondere thermische Stabilitätsprüfung nach [9.2.2](#) durchgeführt werden.

6.8 Belastbarkeit bei Rechteckstoßströmen

Ableiter müssen Prüfungen mit Rechteckstoßströmen, wie in den Typprüfungen nachgewiesen, bestehen (siehe [8.4](#)).

Bei 20-kA- und 10-kA-Ableitern wird die Festigkeit bei Rechteckstoßströmen mit einer Leitungsentladungsprüfung entsprechend der vom Anwender festgelegten Leitungsentladungsklasse nachgewiesen (siehe [8.4.2](#)).

Bei 5-kA- und 2,5-kA-Ableitern wird die Festigkeit bei Rechteckstoßströmen mit einem Rechteckstoßstrom nachgewiesen (siehe 8.4.3).

Die Sichtkontrolle der Prüflinge darf keinen Durchschlag, Überslag, Riss oder keine anderen deutlichen Beschädigungen der Metalloxidwiderstände ergeben.

Die Restspannung vor und nach der Prüfung der Festigkeit mit Rechteckstoßströmen darf sich um nicht mehr als 5 % verändern.

6.9 Betriebsbeanspruchungen

Ableiter müssen den kombinierten Beanspruchungen im Betrieb widerstehen, wie sie in der Arbeitsprüfung nachgewiesen werden (siehe 8.5). Diese Belastungen dürfen zu keinem Schaden oder thermischen Versagen führen.

Bei 1,5-kA-, 2,5-kA-, 5-kA- und 10-kA-Ableitern der Leitungsentladungsklasse 1 sowie Ableitern nach [Anhang C](#) wird dies durch die Arbeitsprüfung mit Hochstoßstrom nachgewiesen (siehe 8.5.4 und Bild 1 bzw. C.1).

Bei 10-kA-Ableitern der Leitungsentladungsklassen 2 und 3 sowie 20-kA-Ableitern der Leitungsentladungsklassen 4 und 5 wird dies durch die Arbeitsprüfung mit Rechteckstoßstrom nachgewiesen (siehe 8.5.5 und Bild 2).

Der Ableiter hat die Prüfung bestanden, wenn thermische Stabilität erreicht wurde, die Restspannung sich vor und nach der Prüfung um nicht mehr als 5 % verändert hat sowie die Kontrolle der Prüflinge keinen Durchschlag, Überslag, Riss oder keine andere deutliche Beschädigung der nichtlinearen Metalloxidwiderstände ergibt.

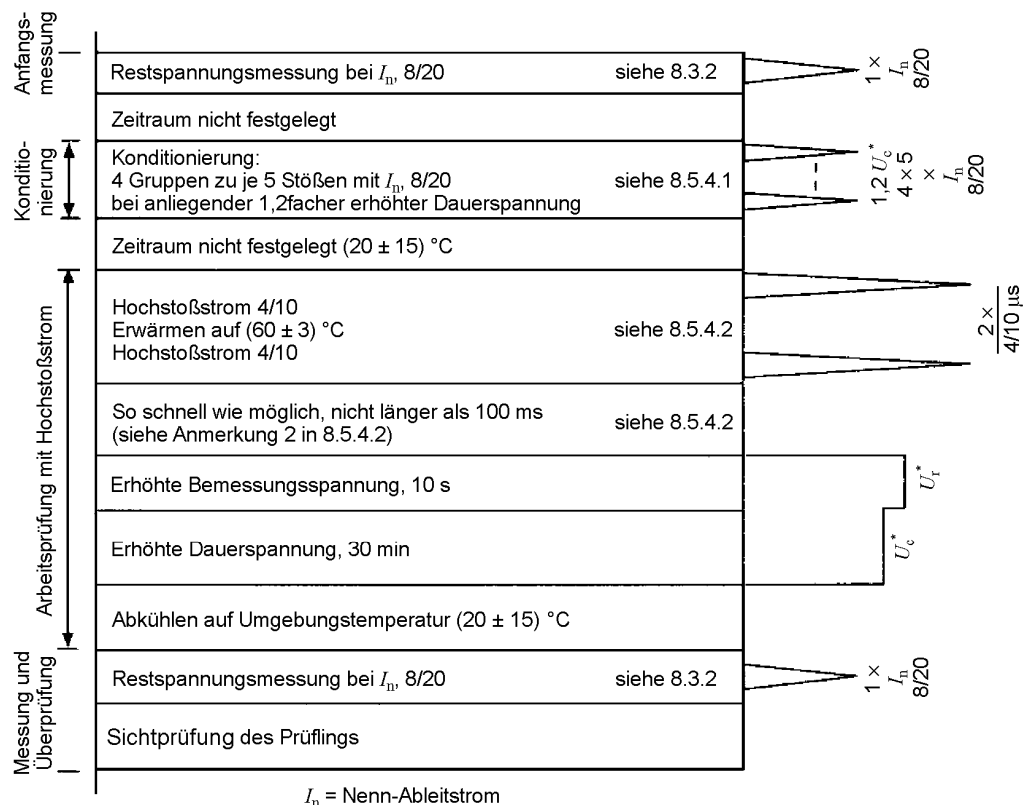


Bild 1 – Arbeitsprüfung an 10-kA-Ableitern der Leitungsentladungsklasse 1 und 5-kA-, 2,5-kA- und 1,5-kA-Ableitern (siehe 8.5.4)

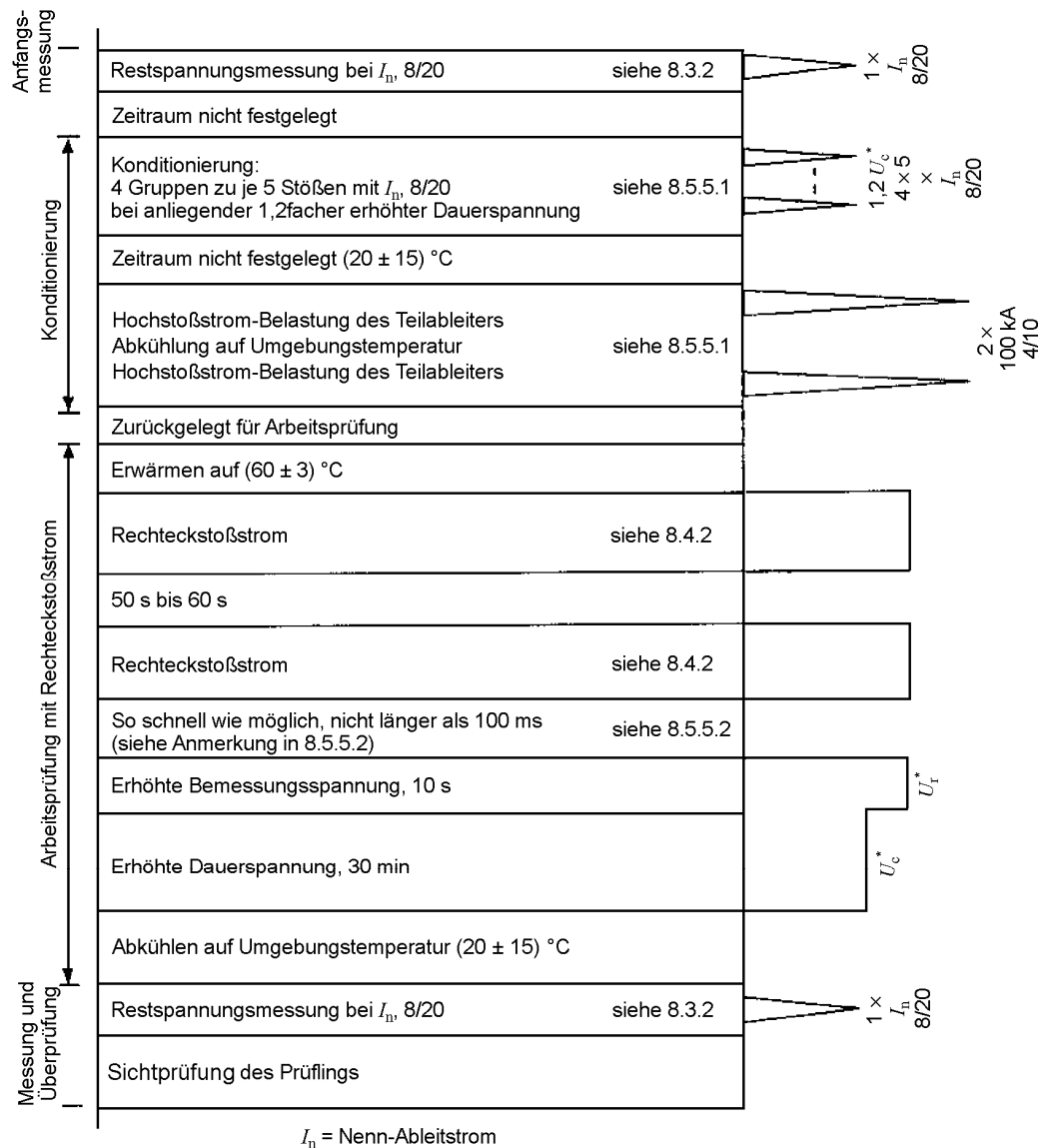


Bild 2 – Arbeitsprüfung an 10-kA-Ableitern der Leitungsentladungsklassen 2 und 3 und 20-kA-Ableitern der Leitungsentladungsklassen 4 und 5 (siehe 8.5.5)

6.10 Wechselspannungs-Zeit-Kennlinie

Der Hersteller muss Daten über die zulässige Dauer und den zugehörigen Wert einer Wechselspannung liefern, die an den Ableiter gelegt werden darf, nachdem der Ableiter auf 60 °C erwärmt und mit dem Hochstoßstrom bzw. Rechteckstoßstrom beaufschlagt wurde, ohne dass ein Schaden oder thermische Instabilität auftritt.

Diese Daten sind als Wechselspannungs-Zeit-Kennlinie vorzulegen mit Angabe der Stoßenergieaufnahme, die vor dem Anlegen der Wechselspannung zulässig ist.

ANMERKUNG 1 Derartige Kennlinien sind für die Auswahl der Ableiter-Bemessungsspannung erforderlich, die von örtlichen Einsatzbedingungen abhängt, wie z. B. Blitz- und Schaltüberspannungen und zeitweiligen Spannungserhöhungen.

ANMERKUNG 2 Die Kennlinien dürfen durch Rechnung ermittelt werden.

ANMERKUNG 3 Die Kennlinien sollten den Zeitbereich von 0,1 s bis 20 min abdecken. Für Ableiter, die in isolierten oder gelöschten Netzen ohne Erdfehler-Abschaltung eingesetzt werden, sollte die Zeit bis 24 h ausgedehnt werden.

Wenn der Nachweis der Wechselspannungs-Zeit-Kennlinie zwischen dem Hersteller und Abnehmer vereinbart wird, ist das in [Anhang D](#) beschriebene Verfahren anzuwenden.

6.11 Kurzschluss

Ein Überspannungsableiter, für den der Hersteller Kurzschlussfestigkeit beansprucht, muss einer Kurzschlussprüfung nach [8.7](#) unterzogen werden, um nachzuweisen, dass der Ableiter im Fehlerfall nicht heftig zerbricht und dass möglicherweise entstehendes offenes Feuer innerhalb einer festgelegten Zeit verlöscht.

6.12 Abtrennvorrichtung

6.12.1 Elektrische Festigkeit

Ist ein Ableiter mit einer Abtrennvorrichtung ausgerüstet, dann muss das Gerät folgende Prüfungen ohne Auslösung bestehen:

- Prüfung mit Rechteckstoßstrom (siehe [8.6.2.1](#));
- Arbeitsprüfung (siehe [8.6.2.2](#));
- für Überspannungsableiter, die in Leitungen mit Systemspannungen über 52 kV eingesetzt werden, Prüfung zur Ermittlung des Blitzstrom-Ableitvermögens (siehe [Anhang N](#)).

6.12.2 Abtrennverhalten

Die Zeitverzögerung bis zum Auslösen der Abtrennvorrichtung wird für drei Stromwerte nach [8.6.3](#) bestimmt. Die einwandfreie und dauerhafte Trennung durch das Gerät muss deutlich und zweifelsfrei sein.

6.13 Anforderungen an Zusatzelemente, z. B. Steuerelemente

Derzeit keine Festlegungen.

6.14 Mechanische Lasten

Der Hersteller muss die höchste am Ableiteranschluss zulässige mechanische Belastung nennen, die für die Installation und den Betrieb von Bedeutung sind, wie Biege-, Torsions- und Zugbeanspruchung.

6.14.1 Biegemoment

Der Ableiter muss den vom Hersteller genannten Werten für Biegebelastungen standhalten können (siehe [8.9](#)).

ANMERKUNG 1 Bei der Ermittlung der an einem Ableiter angreifenden dynamischen Belastungen sollte der Anwender zum Beispiel Wind- und Eislaster sowie elektromagnetische Kräfte berücksichtigen, wie sie in dem jeweiligen Einsatzfall auftreten können.

ANMERKUNG 2 Ableiter in ihrer Verpackung müssen den vom Anwender in Übereinstimmung mit IEC 60721-3-2 spezifizierten, jedoch nicht kleineren als der Klasse 2M1 entsprechenden Transportbeanspruchungen standhalten.

ANMERKUNG 3 Im Gegensatz zu Ableitern mit Porzellangehäuse können bei Ableitern mit Kunststoffgehäuse mechanische Auslenkungen im Betrieb auftreten.

6.14.2 Beständigkeit gegen Umwelteinflüsse

Der Ableiter muss den in [8.10](#) definierten Umwelteinflüssen standhalten können.

6.14.3 Isolierte Aufstellung

Ist ein Ableiter mit Vorrichtungen zur isolierten Aufstellung versehen, so müssen diese jede der folgenden Prüfungen ohne irgendeinen Schaden, der ihre Funktion beeinträchtigen könnte, bestehen:

- Prüfung des Biegemoments nach 8.9;
- Prüfungen von Umwelteinflüssen nach 8.10.

6.15 Elektromagnetische Verträglichkeit

Ableiter sind unempfindlich gegen elektromagnetische Beeinflussungen. Daher ist ein entsprechender Nachweis durch eine Prüfung nicht erforderlich.

Unter normalen Betriebsbedingungen dürfen von einem Ableiter keine nennenswerten Beeinflussungen ausgehen. Für Ableiter mit einer Bemessungsspannung von 77 kV und höher ist eine Funkstörspannungsprüfung nach 8.12 durchzuführen. Die höchste auftretende Funkstörspannung des an 1,05facher Dauerspannung liegenden Ableiters darf einen Wert von 2 500 µV nicht überschreiten.

6.16 Lebensende

Auf Anfrage der Anwender muss jeder Hersteller ausreichende Information bereitstellen, so dass alle Ableiterkomponenten entsprechend den internationalen und nationalen Bestimmungen entsorgt oder wiederverwertet werden können.

6.17 Blitzstrom-Ableitvermögen

Für Überspannungsableiter, die in Leitungen mit Systemspannungen über 52 kV eingesetzt werden, muss das Blitzstrom-Ableitvermögen entsprechend durch die in [Anhang N](#) beschriebenen Prüfungen nachgewiesen werden.

7 Allgemeines zu den Prüfverfahren

7.1 Messeinrichtung und Messgenauigkeit

Die Messeinrichtung muss die in [IEC 60060-2](#) festgelegten Anforderungen erfüllen. Die damit erhaltenen Werte für die in den entsprechenden Abschnitten beschriebenen Prüfungen sind als genügend genau anzusehen.

Falls nicht anders festgelegt, müssen alle Wechselspannungsprüfungen mit einer annähernd sinusförmigen Wechselspannung und einer Frequenz zwischen 48 Hz und 62 Hz durchgeführt werden.

7.2 Messung der Referenzspannung

Falls erforderlich, wird die Referenzspannung des Ableiters (siehe [3.35](#)) bei Referenzstrom (siehe [3.34](#)) an Teilableitern und Ableiterbaugliedern gemessen. Die Messung ist bei einer Umgebungstemperatur von $20\text{ °C} \pm 15\text{ K}$ durchzuführen, wobei die Temperatur zu protokollieren ist.

ANMERKUNG Der Scheitelwert der resistiven Stromkomponente kann mit genügender Genauigkeit dem Augenblickswert des Stromes zum Zeitpunkt des Spannungsscheitelwertes gleichgesetzt werden.

7.3 Prüflinge

Falls nicht anders festgelegt, sind alle Prüfungen an denselben Ableitern, Teilableitern oder Ableiterbaugliedern durchzuführen. Sie müssen neu, sauber, vollständig zusammengebaut (z. B. mit Steuerringen, falls solche vorhanden) und möglichst den Verhältnissen im Betrieb entsprechend angeordnet sein.

Bei Prüfungen an Teilableitern müssen diese die Eigenschaften aller Ableiter einer vom Hersteller angegebenen Typreihe für die vorgegebene Prüfung abdecken.

Für die Leitungs-Entladungsprüfung (siehe 8.4.2) und die Arbeitsprüfung (siehe 8.5) ist der Prüfling mit dem niedrigsten Wert der Referenzspannung zu wählen. Darüber hinaus ist bei mehrsäuligen Ableitern mit ungleicher Strom-Aufteilung der höchste Wert des Stromes in der Säule zugrunde zu legen. Für diese Bedingung muss Folgendes erfüllt sein:

- Das Verhältnis der Bemessungsspannung des vollständigen Ableiters zur Bemessungsspannung des Teilableiters sei n . Der Rauminhalt der für Prüflinge benutzten Widerstandselemente darf nicht größer sein als der kleinste Rauminhalt aller Widerstandselemente des vollständigen Ableiters geteilt durch n .
- Die Referenzspannung des Teilableiters sollte gleich $k U_r / n$ sein, wobei k das Verhältnis der niedrigsten Referenzspannung des Gesamtableiters geteilt durch seine Bemessungsspannung ist. Falls sich ein Prüfling mit $U_{ref} > k U_r / n$ ergibt, muss der Faktor n entsprechend erniedrigt werden. (Im Falle $U_{ref} < k U_r / n$ würde der Ableiter zu viel Energie aufnehmen. Ein derartiger Teilableiter darf daher nur mit Zustimmung des Herstellers benutzt werden.)
- Bei mehrsäuligen Ableitern ist die Stromaufteilung unter den einzelnen Säulen bei dem Stoßstrom zu messen, der für die Prüfung der Stromaufteilung nach 9.1 benutzt wird. Der höchste gemessene Stromwert darf nicht höher sein als der vom Hersteller angegebene obere Grenzwert.

8 Typprüfungen

8.1 Allgemeines

Die in diesem Abschnitt aufgeführten Typprüfungen sind auf Ableiter mit Porzellangehäuse anzuwenden. Die Prüfungen haben auch für andere Bauarten von Ableitern (Ableiter mit Kunststoffgehäuse, GIS-Ableiter, abtrennbare und berührungssichere Ableiter, Ableiter in Isolierflüssigkeit) Gültigkeit, soweit nicht Abweichungen davon in 10.8 für Ableiter mit Kunststoffgehäuse, in 11.8 für GIS-Ableiter, in 12.8 für abtrennbare und berührungssichere Ableiter sowie in ZB.8 für Ableiter in Isolierflüssigkeit beschrieben sind.

Die Typprüfungen sind entsprechend der Zusammenstellung in Tabelle 3 durchzuführen, mit Ausnahme von 20-kA-Ableitern für hohe Blitzstrombelastungen im Spannungsbereich 1 kV bis 52 kV (siehe Tabelle C.1).

Tabelle 3 – Ableiter-Typprüfungen^a

	Genormter Nenn-Ableitstoßstrom				
	20 kA	10 kA	5 kA	2,5 kA	1,5 kA
Bemessungsspannung U_r in kV _{eff}	$360 < U_r \leq 756$	$3 \leq U_r \leq 360$	$U_r \leq 132$	$U_r \leq 36$	in Bearbeitung
1. Spannungsprüfung des Ableitergehäuses ^b	8.2.6, 8.2.7	8.2.6, 8.2.7, 8.2.8	8.2.6, 8.2.8	8.2.6, 8.2.8	8.2.6, 8.2.8
2. Restspannungsprüfung ^c	Tabelle J.1	Tabelle J.1	Tabelle J.2	Tabelle J.2	Tabelle J.2
a) mit Steilstoßstrom	8.3.1	8.3.1	8.3.1	8.3.1	8.3.1
b) mit Blitzstoßstrom	8.3.2	8.3.2	8.3.2	8.3.2	8.3.2
c) mit Schaltstoßstrom	8.3.3	8.3.3	nicht erforderlich	nicht erforderlich	nicht erforderlich
3. Stoßstromprüfung mit Rechteckstoßstrom ^d	8.4.2	8.4.2	8.4.3	8.4.3	nicht erforderlich
4. Arbeitsprüfung ^e					
a) mit Hochstoßstrom	nicht erforderlich	8.5.4 Tabelle 8	8.5.4 Tabelle 8	8.5.4 Tabelle 8	8.5.4 Tabelle 8
b) mit Rechteckstoßstrom	8.5.5 Tabelle 5	8.5.5 Tabelle 5	nicht erforderlich	nicht erforderlich	nicht erforderlich

	Genormter Nenn-Ableitstoßstrom				
	20 kA	10 kA	5 kA	2,5 kA	1,5 kA
5. Kurzschlussprüfung ^f	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7
6. Prüfung der Abtrennvorrichtung (wenn vorhanden) ^g	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6
7. Prüfung unter Fremdschichtbedingungen ^h	Anhang F				
8. Prüfung der inneren Teilentladungen ⁱ	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8
9. Prüfung des Biegemoments ^j	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9
10. Prüfungen von Umwelteinflüssen ^k	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10
11. Prüfung der Leckrate ^l	8.11	8.11	8.11	8.11	8.11
12. Prüfung von Funkstörspannungen ^m	8.12	8.12	8.12	8.12	8.12

^a Die Nummern in den Zeilen 1 bis 12 beziehen sich auf die Haupt- und Unterabschnitte in dieser Norm.

^b Spannungsprüfungen der Ableitergehäuse (siehe auch 6.1)

Sie weisen nach, dass das Ableitergehäuse Spannungsbeanspruchungen trocken und unter Regen standhält.

^c Restspannungsprüfungen (siehe auch 6.3)

Sie weisen die Ableiterschutzwerte nach.

^d Rechteckstoßstromprüfungen (siehe auch 6.8)

Sie weisen nach, dass die Widerstandsblöcke den möglichen elektrischen und energetischen Beanspruchungen ohne Durch- und Überslag standhalten.

^e Arbeitsprüfungen (siehe auch 6.9)

Sie weisen die thermische Stabilität eines Ableiters unter festgelegten Bedingungen nach.

^f Kurzschlussprüfungen (siehe auch 6.11)

^g Prüfungen der Abtrennvorrichtungen von Ableitern (siehe auch 6.12)

Für Ableiter mit Abtrennvorrichtung weisen diese Prüfungen das funktionsgerechte Verhalten der Abtrennvorrichtungen nach.

^h Fremdschichtprüfung zur Ermittlung der thermischen Belastung von mehrsäuligen Metalloxidableitern mit Porzellangehäuse.

Diese Prüfung dient der Ermittlung der Temperaturerhöhung der Aktivteile aufgrund einer nicht-linearen, transienten, durch den Fremdschichtbelag auf der Oberfläche des Ableitergehäuses verursachten Spannungsverteilung.

Es muss eine Vorabrechnung der maximalen theoretischen Temperaturerhöhung entsprechend F.5 durchgeführt werden. Ist das Ergebnis dieser Berechnung kleiner 40 K, so ist keine Prüfung erforderlich. Ist das Ergebnis der Berechnung 40 K oder mehr, so muss eine Prüfung nach Anhang F durchgeführt werden, es sei denn, es kann nach Vereinbarung zwischen Anwender und Hersteller (beispielsweise aufgrund von Betriebserfahrungen unter festgelegten Umgebungsbedingungen) auf die Prüfung verzichtet werden.

	Genormter Nenn-Ableitstoßstrom				
	20 kA	10 kA	5 kA	2,5 kA	1,5 kA
i	Prüfung der inneren Teilentladungen (siehe auch 6.4) Diese Prüfung stellt Teilentladungen im Ableiterinnen fest.				
j	Prüfung des Biegemoments Diese Prüfung weist nach, dass der Ableiter den vom Hersteller genannten Werten für Biegebelastungen standhält.				
k	Prüfung von Umwelteinflüssen Diese Prüfung weist mit Hilfe beschleunigter Prüfverfahren nach, dass der Dichtungsmechanismus und die der Umgebung ausgesetzten Metallkombinationen des Ableiters nicht durch Umweltbedingungen beeinträchtigt werden.				
l	Leckratenprüfung (siehe auch 6.5) Diese Prüfung weist die Gas- und Wasserdichtheit des gesamten Systems nach. Sie ist auf alle Ableiter mit Porzellan Gehäuse anzuwenden sowie auf Ableiter mit Kunststoffgehäuse, die Dichtungen und zugehörige Komponenten zur Sicherstellung einer kontrollierten Gasatmosphäre im Gehäuseinnern aufweisen (Ableiter mit eingeschlossenem Gasvolumen und separatem Dichtungssystem).				
m	Prüfung von Funkstörspannungen (siehe auch 6.15)				

Die erforderliche Anzahl von Prüflingen und ihre Beschaffenheit sind in den einzelnen Abschnitten festgelegt. Ableiter, die sich nur in der Art des Säulenaufbaus oder der Stützkonstruktion der Widerstände unterscheiden, werden als typgleich angesehen, wenn sie mit Widerstandsblöcken gleicher Abmessungen und elektrischer Auslegung bestückt sind und gleiches Erwärmungsverhalten und gleiche Innenatmosphäre aufweisen.

8.2 Spannungsprüfungen der Ableitergehäuse

8.2.1 Allgemeines

Mit den Spannungsprüfungen wird die Spannungsfestigkeit der äußeren Isolation geprüft. Für andere Konstruktionen muss die Prüfung zwischen Hersteller und Anwender vereinbart werden.

Die Spannungsprüfungen sind nach den Bedingungen und Prüfspannungen von 6.1 durchzuführen. Die äußeren Oberflächen isolierender Teile müssen sorgfältig gereinigt sein, die Innenteile sind zu entfernen oder unwirksam zu machen, um diese Prüfungen durchführen zu können.

8.2.2 Prüfungen an Gehäusen von Baugliedern

Die Prüfungen müssen am längsten Ableitergehäuse durchgeführt werden. Werden dadurch nicht die höchsten längenbezogenen Spannungsbeanspruchungen erfasst, so sind zusätzliche Prüfungen am Gehäuse des Baugliedes mit der höchsten längenbezogenen Spannungsbeanspruchung erforderlich. Die Innenteile dürfen durch gleichwertige Elemente (z. B. Steuerelemente) ersetzt werden, um eine lineare Spannungsverteilung längs des Ableiters zu erreichen.

8.2.3 Prüfungen an vollständigen Gehäuseaufbauten

In Bearbeitung.

8.2.4 Atmosphärische Bedingungen während der Prüfungen

Die bei der Prüfung anzulegende Spannung ist das Produkt von vorgegebener Stehspannung und dem Korrekturfaktor, der Dichte und Luftfeuchtigkeit berücksichtigt (siehe IEC 60060-1).

Feuchtekorrektur wird bei der Regenprüfung nicht vorgenommen.

8.2.5 Regenprüfung

Die äußere Isolation eines Freiluftableiters ist unter Regen nach dem in IEC 60060-1 angegebenen Verfahren zu prüfen.

8.2.6 Prüfung mit Blitzstoßspannung

Der Ableiter ist trocken der genormten Blitzstoßspannungsprüfung nach [IEC 60060-1](#) zu unterziehen.

Die Prüfung ist mit je 15 Stößen positiver und negativer Polarität der Prüfspannung durchzuführen. Treten in beiden Folgen von je 15 Stößen keine inneren Überschläge und nicht mehr als 2 äußere Überschläge auf, so hat der Ableiter die Prüfung bestanden. Die Prüfspannung muss das 1,3fache des Schutzpegels für Blitzüberspannungen sein.

Falls die Schlagweite oder die Summe der Teilschlagweiten größer ist als der Wert der Prüfspannung geteilt durch 500 kV/m, kann diese Prüfung entfallen.

8.2.7 Prüfung mit Schaltstoßspannung

10-kA-Ableiter und 20-kA-Ableiter mit Bemessungsspannungen von 200 kV und darüber sind der genormten Schaltstoßspannungsprüfung nach [IEC 60060-1](#) zu unterziehen. Freiluftableiter müssen unter Regen, Innenraumableiter trocken geprüft werden.

Die Prüfung ist mit je 15 Stößen positiver und negativer Polarität der Prüfspannung durchzuführen. Treten in beiden Folgen von je 15 Stößen keine inneren Durchschläge und nicht mehr als 2 Überschläge auf, so hat der Ableiter die Prüfung bestanden. Die Prüfspannung muss das 1,25fache des Schutzpegels für Schaltüberspannungen sein.

8.2.8 Prüfung mit Wechselspannung

Die Gehäuse von Freiluftableitern müssen unter Regen, Gehäuse von Innenraumableitern trocken geprüft werden.

Gehäuse für 1,5-, 2,5- und 5-kA-Ableiter sowie für Ableiter nach [Anhang C](#) müssen eine Wechselspannungsprüfung mit einem Scheitelwert der Prüfspannung vom 0,88fachen des Schutzpegels für Blitzüberspannungen für 1 Minute bestehen.

Gehäuse für 10-kA- und 20-kA-Ableiter mit Bemessungsspannungen kleiner 200 kV müssen eine Wechselspannungsprüfung mit einem Scheitelwert der Prüfspannung vom 1,06fachen des Schutzpegels für Schaltüberspannungen für 1 Minute bestehen.

8.3 Restspannungsprüfungen

Der Zweck dieser Typprüfungen ist es, die erforderlichen Daten zur Herleitung der höchsten Restspannung, wie in [6.3](#) erläutert, zu ermitteln. Dies schließt die Berechnung des Verhältnisses zwischen den Restspannungen bei festgelegten Stoßströmen und den bei Stückprüfungen ermittelten Restspannungen ein. Abhängig vom Vorgehen des Herstellers bei den Stückprüfungen kann die letztgenannte Spannung entweder die Referenzspannung oder die Restspannung bei einem passenden Blitzstoßstrom im Bereich des 0,01- bis 2fachen des Nennableitstoßstromes sein.

Die maximale Restspannung bei dem Blitzstoßstrom, mit dem in der Stückprüfung geprüft wird, muss festgelegt und in den Herstellerdaten angegeben werden. Um die maximale Restspannung für alle festgelegten Ströme und Stoßformen zu erhalten, wird die an den Prüflingen gemessene Restspannung multipliziert mit dem Verhältnis der bei der Stückprüfung ermittelten maximalen Restspannung zu der am Teilaableiter bei gleichem Stoßstrom gemessenen Restspannung.

Für Ableiter mit Bemessungsspannungen unter 36 kV (siehe [9.1 b](#))) kann der Hersteller wahlweise nur die Referenzspannung durch die Stückprüfung feststellen. Die höchste Referenzspannung muss dann festgelegt werden. Um die maximale Restspannung für alle festgelegten Stoßströme und Stoßformen zu erhalten, wird die an den Prüflingen gemessene Restspannung multipliziert mit dem Verhältnis der maximalen Referenzspannung des Ableiters zu dem am Prüfling gemessenen Wert.

Alle Restspannungsprüfungen sind an den gleichen drei Prüflingen vollständiger Ableiter oder Teilaableiter durchzuführen. Die Pause zwischen den einzelnen Restspannungsprüfungen muss so groß sein, dass der Prüfling wieder auf nahezu Umgebungstemperatur abkühlen kann. Bei Ableitern mit mehrsäuligem Aufbau

kann die Prüfung der Restspannung an einsäulig aufgebauten Teilableitern mit Stoßströmen durchgeführt werden, die sich ergeben, wenn man den geforderten Prüfstrom durch die Anzahl der Säulen teilt.

8.3.1 Restspannungsprüfung mit Steilstoßstrom

Jeder der drei Prüflinge ist mit je einem Steilstoßstrom nach 3.16 mit einem Scheitelwert gleich dem Nenn-Ableitstoßstrom des Ableiters $\pm 5\%$ zu beaufschlagen. Der Scheitelwert und der zeitliche Verlauf der Spannung an den drei Prüflingen sind aufzuzeichnen und, wenn notwendig, hinsichtlich induktiver Einkopplungen im Spannungsmesskreis oder im Prüfkreis aufgrund der Geometrie von Prüfling und Prüfkreis zu korrigieren.

Das folgende Verfahren zur Feststellung, ob eine induktive Korrektur benötigt wird, ist anzuwenden. Ein Metallblock mit den gleichen Abmessungen wie der Prüfling ist mit einem Steilstoßstrom, wie oben beschrieben, zu beaufschlagen. Der Scheitelwert und der zeitliche Verlauf der Spannung am Metallblock sind aufzuzeichnen. Wenn der Scheitelwert der am Metallblock entstehenden Spannung kleiner als 2 % der Spannung am Prüfling ist, ist keine induktive Korrektur der Messungen am Prüfling erforderlich. Liegt dieser Scheitelwert zwischen 2 % und 20 % der Spannung am Prüfling, ist der zeitliche Verlauf der Spannung am Metallblock von dem zeitlichen Verlauf der Spannung an jedem Prüfling zu subtrahieren und sind die Scheitelwerte der sich so ergebenden Zeitverläufe der Spannungen als korrigierte Prüflingsspannungen aufzuzeichnen. Wenn der Scheitelwert der Spannung am Metallblock größer als 20 % des Scheitelwerts der Spannung am Prüfling ist, sind Prüf- und Messkreis zu verbessern.

ANMERKUNG Eine Möglichkeit, in allen Messungen identische Stromverläufe anzuwenden, ist die Durchführung der Messungen bei gleichzeitigem Vorhandensein von Metallblock und Prüfling im Prüfkreis. Zur Messung der Spannungen am Metallblock und am Prüfling wären diese lediglich in ihrer Position im Prüfkreis auszutauschen.

Der zeitliche Verlauf der Spannungen an den Prüflingen (korrigiert, wenn erforderlich) mit dem höchsten Scheitelwert ist für die Bestimmung der Restspannung des Ableiters bei Steilstoßstrom weiterzuverwenden, wobei Verfahren a) oder b) gewählt werden kann:

Verfahren a)

- (1) Der ermittelte Spannungsverlauf ist mit dem Umrechnungsfaktor (siehe 6.3) zu multiplizieren.
- (2) Die Steilheit des Stromes (di/dt) ist aus dem zeitlichen Verlauf des aufgezeichneten Steilstoßstroms für den gesamten Zeitbereich zu ermitteln und zur Ermittlung des induktiven Spannungsabfalls mit einer Induktivität zu multiplizieren:

$$u(t) = L \, di/dt = L' h \, di/dt$$

Dabei ist

$u(t)$ der zeitliche Verlauf des induktiven Spannungsabfalls in kV;

L' der Induktivitätsbelag in $\mu\text{H}/\text{m}$;

L' ist gleich 1 für Freiluftableiter;

L' ist gleich 0,3 für GIS-Ableiter;

h die Länge des Ableiters zwischen den Anschlüssen in m;

di/dt die Steilheit des Stromes in $\text{kA}/\mu\text{s}$.

- (3) Die sich aus (1) und (2) ergebenden zeitlichen Verläufe sind zu addieren; der Scheitelwert des resultierenden Spannungsverlaufs ist die Restspannung des Ableiters bei Steilstoßstrom.

Verfahren b)

- (1) Der Scheitelwert des ermittelten Spannungsverlaufs ist mit dem Umrechnungsfaktor (siehe 6.3) zu multiplizieren.
- (2) Der induktive Spannungsabfall zwischen den Anschlüssen des Ableiters ist mit der folgenden Gleichung zu bestimmen:

$$U_L = L \, di/dt = L' h \, I_n / T_f$$

Dabei ist

U_L der Scheitelwert des induktiven Spannungsabfalls in kV;

L' der Induktivitätsbelag in $\mu\text{H/m}$;

L' ist gleich 1 für Freiluftableiter;

L' ist gleich 0,3 für GIS-Ableiter;

h die Länge des Ableiters zwischen den Anschlüssen in m;

T_f die Stirnzeit des Steilstoßstroms gleich $1 \mu\text{s}$;

I_n der Nenn-Ableitstoßstrom in kV.

- (3) Die sich aus (1) und (2) ergebenden Werte sind zu addieren; der resultierende Wert ist die Restspannung des Ableiters bei Steilstoßstrom.

8.3.2 Restspannungsprüfung mit Blitzstoßstrom

Jeder der drei Prüflinge muss mit je einem Blitzstoßstrom (siehe 3.17) mit Scheitelwerten vom ungefähr 0,5-, 1- und 2fachen des Nenn-Ableitstoßstromes geprüft werden. Die Stirnzeit muss innerhalb von $7 \mu\text{s}$ bis $9 \mu\text{s}$ liegen, während der Toleranzbereich der Rückenhalbwertszeit (sie ist ohne Einfluss) beliebig ist. Die gemessenen Restspannungen werden nach 6.3 korrigiert. Der größte Wert der so korrigierten Restspannungen wird in ein Restspannungs-Stoßstrom-Diagramm eingezeichnet. Die Restspannung bei Nenn-Ableitstoßstrom ergibt sich aus diesem Diagramm. Sie ist der Schutzpegel des Ableiters für Blitzüberspannungen.

ANMERKUNG Wenn die Stückprüfung an einem vollständigen Ableiter nicht mit einem der oben angeführten Stoßströme durchgeführt werden kann, müssen zum Vergleich mit dem vollständigen Ableiter zusätzliche Typprüfungen an Teilableitern mit Stoßströmen im Bereich vom 0,01- bis 0,25fachen des Nenn-Ableitstoßstromes durchgeführt werden.

8.3.3 Restspannungsprüfung mit Schaltstoßstrom

Jeder der drei Prüflinge muss mit je einem Schaltstoßstrom (siehe 3.32) der in Tabelle 3 festgelegten Scheitelwerte (zulässiger Toleranzbereich $\pm 5 \%$) geprüft werden. Die dabei gemessenen Restspannungswerte werden nach 6.3 korrigiert. Der größte der drei Scheitelwerte ist die Ableiter-Restspannung für den zugeordneten Schaltstoßstrom. Der Schutzpegel des Ableiters für Schaltüberspannungen ist die höchste gemessene Restspannung bei den in Tabelle 4 festgelegten Stoßströmen.

Tabelle 4 – Schaltstoßströme für die Restspannungsprüfung

Ableiter-Einteilung	Strom-Scheitelwert A
20 kA, Leitungsentladungsklassen 4 und 5	500 und 2 000
10 kA, Leitungsentladungsklasse 3	250 und 1 000
10 kA, Leitungsentladungsklassen 1 und 2	125 und 500

8.4 Prüfung mit Rechteckstoßstrom

8.4.1 Allgemeines

Vor Beginn der Prüfung muss die Restspannung mit dem Nenn-Ableitstoßstrom an jedem Prüfling zur Bestimmung des Ausgangswertes gemessen werden.

Jede Prüfung mit Rechteckstoßstrom muss an drei neuen Prüflingen – bestehend aus vollständigen Ableitern, Teilableitern oder Widerständen – durchgeführt werden (siehe 7.3 und 8.1), an denen bisher mit Ausnahme der oben genannten Messung der Restspannung keine Prüfungen vorgenommen wurden. Die spannungsabhängigen Metalloxidwiderstände dürfen ohne Gehäuse an Luft bei einer Umgebungstemperatur von $20^\circ\text{C} \pm 15 \text{ K}$ geprüft werden. Die Bemessungsspannung der Prüflinge muss mindestens 3 kV betragen, wenn die Ableiterbemessungsspannung nicht kleiner ist, und braucht nicht größer als 6 kV zu sein. Wenn der

Ableiter mit einer Abtrennvorrichtung versehen ist, müssen die Prüfungen mit angebaute und funktionsfähiger Abtrennvorrichtung durchgeführt werden (siehe 8.6).

Jede Prüfung mit Rechteckstoßstrom besteht aus 18 Stößen, die in 6 Gruppen zu je 3 Stößen aufgeteilt werden. Die einzelnen Stöße innerhalb einer Gruppe müssen im Abstand von 50 s bis 60 s erfolgen und zwischen den einzelnen Gruppen so sein, dass der Prüfling auf etwa Umgebungstemperatur abkühlt.

Nach der Prüfung mit Rechteckstoßstrom und nach dem Abkühlen des Prüflings auf etwa Umgebungstemperatur muss die Restspannung beim Nenn-Ableitstoßstrom gemessen und mit dem vor der Prüfung gemessenen Wert verglichen werden. Die Werte dürfen sich um nicht mehr als 5 % unterscheiden.

Die Sichtkontrolle des Prüflings darf nach der Prüfung keine Zeichen von Durchschlag, Überslag, Riss oder keine anderen deutlichen Beschädigungen an den Metalloxidwiderständen ergeben.

8.4.2 Anforderungen an die Leitungsentladungsprüfung für 20-kA- und 10-kA-Ableiter

In dieser Prüfung werden Stoßströme auf die Prüflinge gegeben, die sich durch die Entladung einer aufgeladenen Leitung mit den in Tabelle 5 festgelegten Werten ergeben.

Tabelle 5 – Werte für die Leitungsentladungsprüfung an 20-kA- und 10-kA-Ableitern

Ableiter-Einteilung	Leitungsentladungsklasse	Wellenwiderstand der Leitung Z	Scheiteldauer T	Ladespannung U_L (Gleichspannung)
		Ω	μs	kV
10 kA	1	$4,9 U_r$	2 000	$3,2 U_r$
10 kA	2	$2,4 U_r$	2 000	$3,2 U_r$
10 kA	3	$1,3 U_r$	2 400	$2,8 U_r$
20 kA	4	$0,8 U_r$	2 800	$2,6 U_r$
20 kA	5	$0,5 U_r$	3 200	$2,4 U_r$
U_r = Bemessungsspannung des Prüflings in kV (Effektivwert)				
ANMERKUNG Die Entladungsklassen 1 bis 5 der obigen Tabelle entsprechen steigenden Anforderungen. Die Auswahl einer Entladungsklasse muss nach den Betriebserfordernissen erfolgen und wird im Anhang E erläutert.				

Die dem Prüfling zugeführte Energie (W) wird durch die in Tabelle 5 fixierten Daten mit Hilfe folgender Formel bestimmt:

$$W = U_{\text{res}} \cdot (U_L - U_{\text{res}}) \cdot 1/Z \cdot T$$

U_{res} ist der niedrigste Wert der an den drei Prüflingen gemessenen Restspannung bei Schaltstoßstrom mit der niedrigeren in [Tabelle 4](#) angegebenen Stromstärke.

Die Prüfung kann mit jedem Prüfkreis durchgeführt werden, der folgende Anforderungen erfüllt:

- Die Scheiteldauer des Stoßstromes muss zwischen 100 % und 120 % des in der Tabelle 5 angegebenen Wertes liegen.
- Die Gesamtdauer des Stoßstromes darf nicht mehr als 150 % der Scheiteldauer betragen.
- Schwingungen oder anfängliches Überspringen dürfen 10 % des Stromscheitelwertes nicht überschreiten. Treten Schwingungen auf, muss zur Bestimmung des Scheitelwertes eine Mittelwertkurve gezeichnet werden.
- Die je Stoß auf jeden Prüfling aufgebrachte Energie muss zwischen 90 % und 110 % der mit oben angeführter Formel errechneten Energie beim 1. Stoß und bei den folgenden Stößen zwischen 100 % und 110 % betragen.

Nach der ein- bis höchstens zweifachen Gesamtdauer des Rechteckstoßstromes muss der Kettenleiter nach dem Nulldurchgang des Stoßstromes vom Prüfling getrennt werden.

Ein Beispiel für einen geeigneten Prüfkreis ist in [Anhang I](#) gegeben.

8.4.3 Anforderungen an die Prüfung mit Rechteckstoßstrom für 5-kA- und 2,5-kA-Ableiter

Der in dieser Prüfung verwendete Prüfkreis muss Stoßströme erzeugen, die folgenden Anforderungen genügen:

- Die Scheiteldauer muss zwischen 100 % und 120 % des in der Tabelle 6 angegebenen Wertes liegen.
- Die Gesamtdauer darf nicht mehr als 150 % der Scheiteldauer betragen.
- Schwingungen oder anfängliches Überspringen dürfen 10 % des Stromscheitelwertes nicht überschreiten. Treten Schwingungen auf, muss zur Bestimmung des Scheitelwertes eine Mittelwertkurve gezeichnet werden.
- Der Stromscheitelwert muss beim 1. Stoß zwischen 90 % und 110 % des in [Tabelle 5](#) festgelegten Wertes und bei den weiteren Stößen zwischen 100 % und 110 % liegen.

Tabelle 6 – Werte für die Prüfung mit Rechteckstoßstrom an 5-kA- und 2,5-kA-Ableitern

Ableiter-Einteilung	Stromscheitelwert A	Scheiteldauer T μs
5 kA	75	1 000
2,5 kA	50	500

8.5 Arbeitsprüfungen

8.5.1 Allgemeines

Wie in [6.9](#) erläutert, sollen in den Arbeitsprüfungen Betriebsbedingungen nachgebildet werden durch die Anwendung einer bestimmten Anzahl von festgelegten Stößen in Verbindung mit einer angelegten Spannung von festgelegter Höhe und Frequenz. Die Spannung sollte mit einem Fehler von höchstens $\pm 1\%$ gemessen werden, und ihr Scheitelwert darf sich zwischen unbelastetem und belastetem Zustand um nicht mehr als 1 % ändern. Das Verhältnis vom Scheitelwert zum Effektivwert darf vom Wert $\sqrt{2}$ um nicht mehr als 2 % abweichen. Während der Dauer der Arbeitsprüfung darf sich die angelegte Wechselspannung um nicht mehr als $\pm 1\%$ ändern.

Der Zweck dieser Prüfung ist der Nachweis, dass der Ableiter imstande ist, unter anliegender Spannung abzukühlen, d. h., dass er thermisch stabil ist. Dazu ist erforderlich, dass der zu prüfende Teilaableiter sowohl ein Kurzzeit- als auch ein Langzeit-Wärmeabgabeverhalten hat, das gleich oder ungünstiger ist als das des gesamten Ableiters (siehe [8.5.3](#)).

Die Prüffolge besteht aus:

- Anfangsmessung;
- Konditionierung;
- Arbeitsprüfung;
- Abschlussmessung und Überprüfung.

Diese Prüffolge ist in den [Bildern 1, 2](#) und [C.1](#) dargestellt.

Die Prüfung ist an drei vollständigen Ableitern oder Teilaableitern bei einer Umgebungstemperatur von $20\text{ °C} \pm 15\text{ K}$ in Übereinstimmung mit [7.2](#), [7.3](#) und [8.1](#) durchzuführen. Die Bemessungsspannung des Teilaableiters darf nicht kleiner als 3 kV sein, wenn die Bemessungsspannung des Ableiters nicht kleiner als dieser Wert ist, und braucht nicht größer als 12 kV zu sein. Bei Ableitern mit eingebauter Abtrennvorrichtung müssen die Prüfungen mit funktionstüchtiger Abtrennvorrichtung durchgeführt werden (siehe [8.6](#)).

Bei Ableitern mit einer Bemessungsspannung von mehr als 12 kV ist es gewöhnlich notwendig, diese Prüfung wegen der begrenzten Prüfmöglichkeiten an Teilableitern durchzuführen. Wichtig ist, dass die Wechselspannung am Prüfling und der Wechselstrom durch den Prüfling so genau wie möglich die Verhältnisse am vollständigen Ableiter wiedergeben.

Die entscheidende Kenngröße des Ableiters für das Bestehen der Arbeitsprüfung ist die Verlustleistung im Ableitwiderstand. Die Arbeitsprüfung muss darum an neuen Widerständen mit erhöhten Prüfspannungen U_c^* und U_r^* durchgeführt werden, die dieselbe Verlustleistung aufweisen wie gealterte Widerstände im Dauerbetrieb und bei Bemessungsspannung. Diese erhöhten Prüfspannungen müssen mit der zeitraffenden Alterungsprüfung auf die in 8.5.2.2 beschriebene Weise bestimmt werden.

Die an den Teilableiter anzulegenden Prüfspannungen U_{sc} und U_{sr} müssen die Dauerspannung U_c (siehe 3.9) und die Bemessungsspannung U_r (siehe 3.8) des vollständigen Ableiters, jeweils geteilt durch die Anzahl n gleicher Teilableiter (siehe 7.3), sein. Die Spannungen $U_{sc} = U_c/n$ und $U_{sr} = U_r/n$ werden entsprechend 8.5.2.2 angepasst, um die erhöhten Prüfspannungen U_c^* und U_r^* für diese Prüfung zu erhalten.

ANMERKUNG Die in den Bildern 1 und 2 festgelegte Temperatur des Prüflings von $(60 \pm 3)^\circ\text{C}$ zu Beginn der Prüfung ist ein gewichteter Mittelwert, der die Einflüsse von Umgebungstemperatur, Sonneneinstrahlung und einer gewissen Verschmutzung des Ableitergehäuses berücksichtigt.

8.5.2 Zeitraffende Alterungsprüfung

Mit dieser Prüfung werden die Spannungen U_c^* und U_r^* bestimmt, die in der Arbeitsprüfung benötigt werden (siehe Bilder 1, 2 und Tabelle C.1). Dadurch ist es möglich, die Arbeitsprüfung an neuen Widerständen durchzuführen.

ANMERKUNG Eine alternative Prüfung für Widerstände, die nahe oder oberhalb ihrer Referenzspannung U_{ref} betrieben werden, ist in Bearbeitung.

8.5.2.1 Prüfverfahren

Drei Widerstände sind für 1 000 h an eine Spannung zu legen, die ihrer korrigierten höchsten Dauerspannung U_{ct} (siehe unten) entspricht. Dabei ist die Temperatur so zu regeln, dass die Oberflächentemperatur des Widerstandes $(115 \pm 4)^\circ\text{C}$ beträgt.

Jeder Werkstoff (fest oder flüssig), der sich mit den Widerständen in direktem Kontakt befindet, muss während der Prüfung in derselben Anordnung wie im vollständigen Ableiter vorhanden sein.

Während dieser zeitraffenden Alterung muss sich der Widerstand in dem gleichen umgebenden Medium wie im Ableiter befinden. In diesem Fall muss die Prüfung an einzelnen Widerständen in einem geschlossenen Gehäuse durchgeführt werden. Dabei muss der Rauminhalt des Gehäuses mindestens zweimal so groß wie der des Widerstandes sein, und die Dichte des Mediums im Gehäuse darf nicht geringer als die Dichte des Mediums im Ableiter sein.

ANMERKUNG 1 Während der normalen Ableiterlebensdauer kann sich das die Widerstände umgebende Medium durch Teilentladungen im Inneren des Ableiters verändern. Mögliche Veränderungen des die Widerstände umgebenden Mediums im tatsächlichen Betrieb können die Verlustleistung erheblich ansteigen lassen.

Eine Prüfung, die dies berücksichtigt, ist zz. in Bearbeitung. Bis dahin kann die Prüfung alternativ in N_2 oder SF_6 (für GIS-Ableiter) mit einer niedrigen Sauerstoffkonzentration (weniger als 0,1 %, bezogen auf das Volumen) durchgeführt werden. Dadurch wird sichergestellt, dass der Ableiter selbst bei völliger Abwesenheit von Sauerstoff nicht altert.

Wenn der Hersteller nachweisen kann, dass die Prüfung in normaler Umgebungsluft derjenigen im tatsächlichen vorliegenden Umgebungsmedium gleichwertig ist, kann sie in normaler Umgebungsluft durchgeführt werden. Die während der Prüfung anzulegende Spannung ist die korrigierte höchste Dauerspannung U_{ct} , der

der Widerstand im Ableiter unter Berücksichtigung einer ungleichmäßigen Spannungsverteilung ausgesetzt ist. Diese Spannung sollte durch Messungen oder Berechnungen der Spannungsverteilung bestimmt werden.

ANMERKUNG 2 Informationen über Verfahren zur Berechnung der Spannungsverteilung werden in [Anhang L](#) gegeben.

Für Ableiter mit einer Länge H kleiner als 1 m – mit Ausnahme von Ableitern mit leitenden, geerdeten Gehäusen wie GIS-Ableitern, Ableitern in Isolierflüssigkeit, berührungssicheren oder abtrennbaren Ableitern – kann die Spannung nach folgender Gleichung ermittelt werden:

$$U_{ct} = U_c (1 + 0,15 H)$$

Darin ist H die Gesamtlänge des Ableiters in m.

Die oben beschriebene Alterungsprüfung muss an drei repräsentativen Ableiterwiderständen durchgeführt werden, deren Referenzspannung die Anforderungen nach [7.3](#) erfüllt. Die Wechsellastspannung muss die für die Arbeitsprüfung geltenden Anforderungen erfüllen (siehe [8.5.1](#)).

8.5.2.2 Bestimmung der erhöhten Bemessungs- und Dauerspannungen

Die drei Prüflinge sind auf $115\text{ °C} \pm 4\text{ K}$ zu erwärmen, und die Widerstands-Verlustleistung P_{1ct} ist bei der Spannung U_{ct} 1 h bis 2 h nach Anlegen der Spannung zu messen. Nach dieser ersten, P_{1ct} ergebenden Messung muss die Widerstands-Verlustleistung alle 100 h gemessen werden. Zum Schluss ist die Widerstands-Verlustleistung P_{2ct} nach 1 000 h Alterung (Toleranz $+100\text{ h}/-0\text{ h}$) unter denselben Bedingungen zu messen. Unvorhergesehenes zwischenzeitliches Abschalten der Spannung für insgesamt nicht mehr als 24 h während der gesamten Prüfdauer ist zulässig. Die Unterbrechungszeiten werden nicht als Prüfzeit gewertet. Die Abschlussmessung sollte nach nicht weniger als 100 h dauernder Wechsellastspannungsbeanspruchung erfolgen. Innerhalb des zulässigen Temperaturbereiches müssen alle Messungen bei derselben Temperatur $\pm 1\text{ K}$ erfolgen.

Die niedrigste der mindestens alle 100 h gemessenen Verlustleistungen ist P_{3ct} . Die Verhältnisse sind in Bild 3 zusammengefasst.

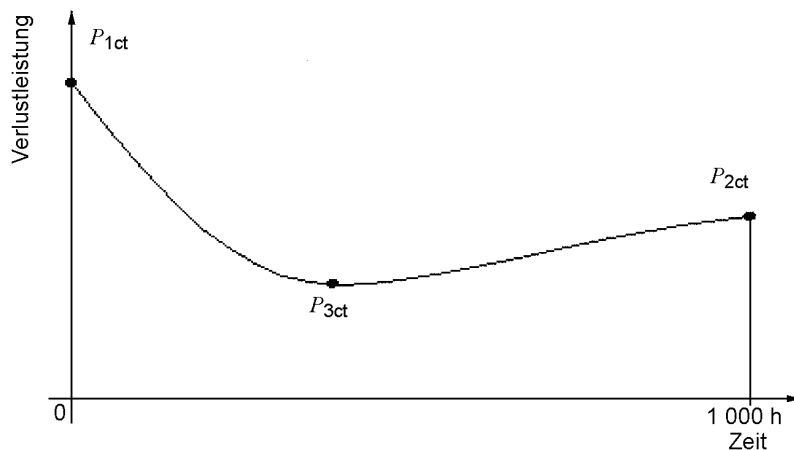


Bild 3 – Verlustleistung des Ableiters bei erhöhten Temperaturen über der Zeit

- Wenn P_{2ct} gleich oder kleiner als das 1,1fache von P_{3ct} ist, müssen die Prüfungen nach [8.5.4.2](#) und [8.5.5.2](#) mit neuen Widerständen durchgeführt werden:
 - Wenn P_{2ct} gleich oder kleiner als P_{1ct} ist, sind U_{sc} und U_{sr} ohne Korrektur zu verwenden.
 - Wenn P_{2ct} größer als P_{1ct} ist, wird das Verhältnis P_{2ct}/P_{1ct} für jeden Prüfling bestimmt. Das größte dieser drei Verhältnisse ist K_{ct} . An drei neuen Widerständen sind die Verlustleistungen P_{1c} und P_{1r} bei U_{sc} bzw. U_{sr} bei Umgebungstemperatur zu messen. Anschließend sind die Spannungen so zu erhöhen, dass die zugehörigen Verlustleistungen P_{2c} und P_{2r} die folgenden Gleichungen erfüllen:

$$\frac{P_{2c}}{P_{1c}} = K_{ct}; \quad \frac{P_{2r}}{P_{1r}} = K_{ct}$$

U_c^* und U_r^* sind die jeweils höchsten der drei erhaltenen erhöhten Spannungswerte. Alternativ können auch nach Vereinbarung zwischen Anwender und Hersteller gealterte Widerstände verwendet werden.

- Wenn P_{2ct} größer als das 1,1fache von P_{3ct} ist und wenn P_{2ct} größer oder gleich P_{1ct} ist, müssen gealterte Widerstände für die anschließenden Prüfungen nach 8.5.4.2 und 8.5.5.2 verwendet werden. Nur nach Vereinbarung zwischen Anwender und Hersteller können auch neue Widerstände mit den korrigierten Spannungen U_c^* und U_r^* verwendet werden.

Gealterte Widerstände sind definitionsgemäß solche, die einer Prüfung nach 8.5.2.1 unterzogen wurden.

Die nachfolgende Tabelle 7 fasst diese Fälle noch einmal zusammen.

Tabelle 7 – Bestimmung der erhöhten Bemessungs- und Dauerspannungen

Gemessene Verlustleistungen	Prüflinge und Prüfspannung für die Arbeitsprüfung
$P_{2ct} \leq 1,1 \times P_{3ct}$ und $P_{2ct} \leq P_{1ct}$	Neue Prüflinge bei U_{sc} und U_{sr}
$P_{2ct} \leq 1,1 \times P_{3ct}$ und $P_{2ct} > P_{1ct}$	Neue Prüflinge bei U_{sc}^* und U_{sr}^*
$P_{2ct} > 1,1 \times P_{3ct}$ und $P_{2ct} < P_{1ct}$	Gealterte Prüflinge bei U_{sc} und U_{sr}
$P_{2ct} > 1,1 \times P_{3ct}$ und $P_{2ct} \geq P_{1ct}$	Gealterte Prüflinge bei U_{sc} und U_{sr} (oder neue Prüflinge an U_{sc}^* und U_{sr}^* nach Vereinbarung zwischen Hersteller und Anwender)

Falls gealterte Widerstände für die Arbeitsprüfung verwendet werden, wird empfohlen, die Zeit zwischen der Alterungs- und der Arbeitsprüfung auf 24 h zu begrenzen.

Die Messzeit sollte kurz genug sein, um erhöhte Verlustleistungen infolge Erwärmung zu vermeiden.

8.5.2.3 Prüfverfahren für Widerstandselemente, die bei oder oberhalb ihrer Referenzspannung betrieben werden

Wenn U_{ct} nahe oder oberhalb der Referenzspannung liegt, kann möglicherweise aufgrund der starken Spannungsabhängigkeit der Verlustleistung und der Stabilität der verfügbaren Spannungsquelle keine beschleunigte Alterungsprüfung bei U_{ct} durchgeführt werden. Wenn $U_{ct} \geq 0,95 \cdot U_{ref}$ ist und wenn es nicht möglich ist, eine beschleunigte Alterungsprüfung nach 8.5.2.1 durchzuführen, muss das nachfolgende alternative Prüfverfahren angewendet werden und ersetzt 8.5.2.1 und 8.5.2.2.

ANMERKUNG Um einen Überblick zu geben und das Verständnis des Prüfverfahrens zu erleichtern, sind die einzelnen Schritte nachfolgend aufgelistet:

- 1) Berechnung der Verlustleistung P_{ct} für den am höchsten beanspruchten Widerstand (bei $T_a = 40^\circ\text{C}$ und $U = U_c$).
- 2) Bestimmung der Beharrungstemperatur T_{st} für den am höchsten beanspruchten Teil des Ableiters unter Anwendung eines der drei in 8.5.2.3.1 beschriebenen Verfahren.
- 3) Bestimmung des bei anliegender Spannung U_{ct} gültigen Verhältnisses k_x der Verlustleistung bei 115°C zu der Verlustleistung bei der Temperatur T_{st} für die verwendeten Widerstände.
- 4) Durchführung der beschleunigten Alterungsprüfung mit einer konstanten Verlustleistung $k_x \cdot P_{ct}$.
- 5) Unterbrechung der Prüfung in festgelegten Zeitintervallen für jeweils kurze Zeit zur Ermittlung der Verlustleistung.
- 6) Für den Fall $T_{st} > 60^\circ\text{C}$: Erhöhung der Prüftemperatur oder Verlängerung der Prüfdauer.

7) Auswertung der in Schritt 5) aufgenommenen Verlustleistungen nach 8.5.2.3.3.

8.5.2.3.1 Bestimmung der Prüfparameter

Für den nach [Anhang L](#) unter Berücksichtigung der resistiven Effekte mit der höchsten Spannung beanspruchten Widerstand ist die auf ein Widerstandselement bezogene Verlustleistung P_{ct} bei der höchsten Umgebungstemperatur von 40 °C und Betrieb des Ableiters an einer Spannung der Höhe U_c zu berechnen.

ANMERKUNG 1 Für berührungssichere Ableiter und Ableiter in Isolierflüssigkeit gelten als höchste Umgebungstemperaturen 65 °C bzw. 95 °C.

Die Ermittlung der Beharrungstemperatur T_{st} des am stärksten beanspruchten Teils des Ableiters bei der höchsten Umgebungstemperatur erfolgt nach einem der folgenden drei Prüfverfahren.

ANMERKUNG 2 Die Prüfverfahren liefern Ergebnisse, die in aufsteigender Reihenfolge von 1 bis 3 auf der sicheren Seite liegen.

1. Der gesamte Ableiter wird bei einer Umgebungstemperatur von (25 ± 10) °C an eine Spannung der Höhe seiner Dauerspannung U_c gelegt, bis die Beharrungstemperatur erreicht ist. Die Temperatur muss an den Widerstandselementen an fünf Stellen gemessen werden, die möglichst gleichmäßig über die am höchsten beanspruchten 20 Prozent der Länge jeder Widerstandssäule des Ableiters verteilt liegen. Wenn dieser Abschnitt von 20 % weniger als fünf Widerstandselemente umfasst, darf die Anzahl der Messpunkte auf einen Punkt je Widerstandselement begrenzt werden. Zur Ermittlung der Temperatur T_{st} muss die mittlere Temperaturerhöhung der Widerstandselemente gegenüber der Umgebungstemperatur zur höchsten Umgebungstemperatur addiert werden.
2. Ein thermisch gleichwertiges Modell des Ableiters wird bei der höchsten Umgebungstemperatur an eine Spannung gelegt, mit der sich die gleiche auf ein Widerstandselement bezogene Verlustleistung ergibt wie die oben ermittelte. Die Verlustleistung ist konstant zu halten, indem gegebenenfalls die Spannung nachgeregelt wird. Dann wird die Temperatur der Widerstände im Beharrungszustand gemessen und die mittlere Beharrungstemperatur berechnet, die gleich T_{st} gesetzt wird.
3. Ein thermisch gleichwertiges Modell des Ableiters wird bei einer Umgebungstemperatur von (25 ± 10) °C an eine Spannung gelegt, mit der sich die gleiche auf ein Widerstandselement bezogene Verlustleistung ergibt wie die oben ermittelte. Die Verlustleistung ist konstant zu halten, indem gegebenenfalls die Spannung nachgeregelt wird. Dann wird die Temperatur der Widerstände im Beharrungszustand gemessen und die mittlere Temperaturerhöhung ΔT_{st} im Beharrungszustand gegenüber der Umgebungstemperatur berechnet. Die Temperatur T_{st} wird ermittelt, indem ΔT_{st} zur höchsten Umgebungstemperatur addiert wird.

Das thermisch gleichwertige Modell des Ableiters muss das Verhalten des gesamten Ableiters im thermischen Beharrungszustand widerspiegeln.

ANMERKUNG 3 Der Teilableiter muss nicht notwendigerweise derselbe sein wie der für Arbeitsprüfung benutzte Teilableiter.

Bei einer Spannung U_{ct} wird das Verhältnis k_x der Verlustleistung bei 115 °C zur Verlustleistung bei T_{st} für den Typ der eingesetzten Widerstandselemente bestimmt. Bei dieser Prüfung muss die Spannungsquelle die Anforderungen nach 8.5.1 erfüllen.

8.5.2.3.2 Prüfverfahren

Drei Widerstandsprüflinge müssen für eine Dauer von 1 000 h mit einer konstanten Verlustleistung von $k_x \cdot P_{ct}$ (Grenzabweichungen +30 %, -0 %) betrieben werden. Während der Prüfung muss die Temperatur so geregelt werden, dass die Oberflächentemperatur des Widerstandes auf der geforderten Prüftemperatur von $T_t \pm 4$ K gehalten wird. Die angelegte Prüfspannung darf am Anfang der Prüfung nicht niedriger sein als $0,95 \cdot U_{ct}$.

Ist die Temperatur T_{st} gleich oder niedriger als 60 °C, muss T_t 115 °C betragen. Ist T_{st} höher als 60 °C, muss entweder die Prüftemperatur oder die Prüfdauer folgendermaßen erhöht werden:

a) Erhöhung der Prüftemperatur

$$T_t = 115 + (T_{st} - T_{a,max} - \Delta T_n)$$

mit

T_t = Prüftemperatur in °C;

T_{st} = Beharrungstemperatur der Widerstände in °C;

$T_{a,max}$ = höchste Umgebungstemperatur in °C;

$\Delta T_n = 20$ °C.

ANMERKUNG 1 Bei Ableitern in Isolierflüssigkeit ist $\Delta T_n = 25$ °C, was aus der Anforderung resultiert, dass die Starttemperatur (120 °C) bei der Arbeitsprüfung für diese Ableiter 25 °C über der höchsten Umgebungstemperatur von 95 °C liegt, während für die übrigen Ableiter die Differenz zwischen der Starttemperatur bei der Arbeitsprüfung und der höchsten Umgebungstemperatur 20 °C beträgt.

b) Verlängerung der Prüfdauer

$$t = t_0 \cdot 2,5^{\Delta T/10}$$

mit:

t = Prüfdauer in h;

$t_0 = 1\,000$ h;

ΔT = Temperaturdifferenz zu 60 °C.

ANMERKUNG 2 Bei berührungssicheren Ableitern und Ableitern in Isolierflüssigkeit beträgt t_0 2 000 h bzw. 7 000 h, und ΔT ist die Temperaturdifferenz zu 85 °C bzw. 120 °C.

8.5.2.3.3 Ermittlung der erhöhten Bemessungs- und Dauerspannungen

Die drei Prüflinge müssen auf $T_t \pm 4$ K erwärmt und mit einer konstanten Verlustleistung von $k_x \cdot P_{ct}$ betrieben werden. Eine Stunde bis zwei Stunden nach Anlegen der Spannung wird die Spannung auf einen Wert im Bereich von $0,95 \cdot U_{ct}$ bis U_{ct} eingestellt, und die Verlustleistung P_{1ct} wird gemessen. Im Verlauf der Prüfung wird nach 30 %, 50 % und 70 % der Prüfdauer die Messung der Verlustleistung unter den gleichen Bedingungen bezüglich der Temperatur und der Spannung wiederholt. Die kleinsten Werte der Verlustleistung zu diesen Zeitpunkten werden mit P_{3ct} bezeichnet. Am Ende der Alterungsprüfung wird unter den gleichen Bedingungen bezüglich der Prüflingstemperatur und bei der gleichen Spannung die Verlustleistung P_{2ct} ermittelt.

– Wenn P_{2ct} gleich oder kleiner als das 1,1fache von P_{3ct} ist, müssen die Prüfungen nach 8.5.4.2 und 8.5.5.2 an neuen Widerständen durchgeführt werden:

- Wenn P_{2ct} gleich oder kleiner als P_{1ct} ist, sind U_{sc} und U_{sr} ohne Korrektur zu verwenden;
- wenn P_{2ct} größer ist als P_{1ct} ist, wird das Verhältnis P_{2ct}/P_{1ct} für jeden Prüfling bestimmt. Das größte dieser Verhältnisse wird mit K_{ct} bezeichnet. An drei neuen Widerständen sind bei Umgebungstemperatur die Verlustleistungen P_{1c} und P_{1r} bei U_{sc} bzw. U_{sr} zu messen. Anschließend sind die Spannungen so zu erhöhen, dass die entsprechenden Verlustleistungen P_{2c} und P_{2r} die folgenden Gleichungen erfüllen:

$$\frac{P_{2c}}{P_{1c}} = K_{ct}; \quad \frac{P_{2r}}{P_{1r}} = K_{ct}$$

U_c^* und U_r^* sind die jeweils höchsten der drei erhaltenen erhöhten Spannungen. Alternativ können auch nach Vereinbarung zwischen Anwender und Hersteller gealterte Widerstände verwendet werden.

- Wenn P_{2ct} größer als das 1,1fache von P_{3ct} ist und wenn P_{2ct} größer oder gleich P_{1ct} ist, müssen gealterte Widerstände für die anschließenden Prüfungen nach 8.5.4.2 und 8.5.5.2 benutzt werden. Nur nach Vereinbarung zwischen Anwender und Hersteller können auch neue Widerstände mit den korrigierten Spannungen U_c^* und U_r^* verwendet werden.

Gealterte Widerstände sind definitionsgemäß solche, die einer Prüfung nach 8.5.2.3.2 unterzogen wurden.

Diese Fälle sind in Tabelle 7 zusammengefasst.

Wenn für die Arbeitsprüfung gealterte Widerstände verwendet werden, wird empfohlen, dass der zeitliche Abstand zwischen der Alterungsprüfung und der Arbeitsprüfung nicht mehr als 24 h beträgt.

Die Messdauer sollte so kurz sein, dass eine erhöhte Verlustleistung durch Erwärmung vermieden wird.

8.5.3 Wärmeabgabeverhalten des Prüflings

8.5.3.1 Allgemeines

In den Arbeitsprüfungen ist das Verhalten des Prüflings zu einem wesentlichen Teil abhängig von seiner Fähigkeit, Wärme abzugeben, d. h. nach einer Entladungsbelastung abzukühlen.

Demzufolge muss der Prüfling ein Kurzzeit- und ein Langzeit-Wärmeabgabeverhalten und eine Wärmekapazität haben, die denen des vollständigen Ableiters entsprechen, wenn die Prüfung richtige Ergebnisse liefern soll. Bei denselben Umgebungsbedingungen sollen die nichtlinearen Metalloxidwiderstände im Prüfling und im vollständigen Ableiter grundsätzlich dieselbe Temperatur erreichen, wenn sie derselben Spannungsbeanspruchung ausgesetzt worden sind.

8.5.3.2 Anforderungen an den Teibleiter

Dieser Abschnitt gibt die Einzelheiten für ein thermisch gleichwertiges Modell eines Teibleiters an. Dazu müssen folgende Anforderungen erfüllt sein:

- a) Das Modell muss elektrisch und thermisch einem scheibenförmigen Abschnitt der aktiven Teile des Ableiters entsprechen, der nachgebildet werden soll.
- b) Das Prüflingsgehäuse muss den folgenden Bedingungen genügen:
 - 1) Gleicher Werkstoff wie das Ableitergehäuse.
 - 2) Gleicher Innendurchmesser wie beim Ableiter ($\pm 5\%$).
 - 3) Die Gesamtmasse des Gehäusewerkstoffs darf nicht mehr als 10 % größer sein als die durchschnittliche Gehäusemasse des nachzubildenden Teibleiters.
 - 4) Die Gehäuselänge muss groß genug sein, um den Widerstandsstapel des Teibleiters aufnehmen zu können, und die Art der Isolierung an den beiden Enden des Gehäuses muss so gestaltet werden, dass die im Anhang B beschriebenen thermischen Anforderungen erfüllt werden.
- c) Für die elektrischen Verbindungen innerhalb des Gehäuses ist Kupferdraht mit einem maximalen Durchmesser von 3 mm zu verwenden.

8.5.4 Arbeitsprüfung mit Hochstoßstrom

Diese Prüfung wird durchgeführt an 1,5-kA-, 2,5-kA-, 5-kA- und 10-kA-Ableitern der Leitungsentladungsklasse 1 und an Ableitern nach Anhang C (siehe 6.9).

Die gesamte Prüffolge ist in Bild 1 oder in Bild C.1 angegeben.

Vor der Konditionierung, dem ersten Teil der Arbeitsprüfung, ist an jedem der drei Prüflinge (Widerstandselemente) die Restspannung beim Nenn-Ableitstoßstrom bei Raumtemperatur zu bestimmen (siehe 8.3.2).

8.5.4.1 Konditionierung

An den Prüflingen ist eine Konditionierung durchzuführen, die aus 20 Blitzstoßströmen der Stoßform 8/20 (siehe 3.17) und dem Scheitelwert des Nenn-Ableitstoßstromes des Ableiters besteht. Die Stöße werden aufgebracht, während der Prüfling an seiner 1,2fachen Dauerspannung liegt. Es erfolgen 20 Stöße in vier Gruppen zu je 5 Stößen. Die Zeitspanne zwischen den einzelnen Stößen muss 50 bis 60 Sekunden betragen und die Zeitspanne zwischen den einzelnen Gruppen 25 bis 30 Minuten. Es ist nicht erforderlich, dass der Prüfling in der Zeitspanne zwischen den einzelnen Gruppen an Spannung liegt. Der Stoßstrom muss die gleiche Polarität wie die Halbwelle der anliegenden Wechselspannung haben. Der Stoß muss (60 ± 15) elektrische Grad von dem Scheitel der Wechselspannung erfolgen.

Diese Konditionierung kann ohne Gehäuse an Ableitwiderständen in ruhender Luft bei einer Umgebungstemperatur von $20\text{ °C} \pm 15\text{ K}$ durchgeführt werden. Der gemessene Scheitelwert des Stoßstromes muss zwischen 90 % und 110 % des geforderten Wertes liegen.

Nach dieser Konditionierung werden die Widerstände für den Gebrauch in der Arbeitsprüfung aufbewahrt (siehe Bilder 1 und C.1).

8.5.4.2 Durchführung der Prüfung

Am Beginn der Arbeitsprüfung muss die Temperatur des gesamten Teilaableiters $20\text{ °C} \pm 15\text{ K}$ betragen.

Der Prüfling ist mit zwei Hochstoßströmen mit Scheitelwert und Stoßform nach Tabelle 8 zu belasten. Ableiter nach Anhang C werden mit drei Stößen mit einem Scheitelwert von 40 kA und Stoßform 30/80 belastet.

Tabelle 8 – Geforderte Hochstoßströme

Ableiter-Einteilung	Stromscheitelwert Stoßform 4/10 kA
10 kA	100
5 kA	65
2,5 kA	25
1,5 kA	10
ANMERKUNG Je nach den gegebenen Verhältnissen können höhere oder auch niedrigere Stoßströme angewendet werden.	

Vor dem zweiten Stoß ist der Teilaableiter in einem Ofen auf $60\text{ °C} \pm 3\text{ K}$ zu erwärmen. Die Prüfung muss bei einer Umgebungstemperatur von $20\text{ °C} \pm 15\text{ K}$ erfolgen.

Wenn eine höhere Temperatur wegen starker Verschmutzung oder besonderer Betriebsverhältnisse notwendig erscheint, so muss der höhere Temperaturwert zwischen Hersteller und Anwender vereinbart werden.

Der Prüfkreis ist so einzustellen, dass die gemessenen Werte des Stoßstromes innerhalb der folgenden Grenzen liegen:

- zwischen 90 % und 110 % des angegebenen Scheitelwertes;
- zwischen $3,5\text{ }\mu\text{s}$ und $4,5\text{ }\mu\text{s}$ für die Stirnzeit;
- zwischen $9\text{ }\mu\text{s}$ und $11\text{ }\mu\text{s}$ für die Rückenhalbwertszeit;
- der Nachschwingscheitelwert entgegengesetzter Polarität muss kleiner sein als 20 % des Stromscheitelwertes;
- kleine Schwingungen im Stoßverlauf sind zulässig, wenn deren Amplitude im Bereich des Stromscheitelwertes kleiner ist als 5 % des Scheitelwertes. In diesem Fall ist für die Bestimmung des Scheitelwertes eine Mittelwert-Kurve zu verwenden.

Die Stoßströme bei der Konditionierung und die Hochstoßströme müssen gleiche Polarität haben.

Im Anhang H ist ein möglicher Prüfkreis beschrieben.

So bald wie möglich, spätestens aber 100 ms nach dem letzten Hochstoßstrom ist eine Wechselspannung gleich der erhöhten Bemessungsspannung (U_r^*) und der erhöhten Dauerspannung (U_c^*) (siehe 8.5.2) für die Dauer von 10 s bzw. 30 min anzulegen, um zu ermitteln, ob thermische Stabilität oder Instabilität eintritt.

ANMERKUNG Um die gegebenen Netzverhältnisse nachzubilden, sollte der 2. Hochstoßstrom möglichst bei anliegen- der Bemessungsspannung U_r^* erfolgen. Die Zuschaltung der Bemessungsspannung spätestens 100 ms nach dem letz- ten Stoß ist im Hinblick auf die praktischen Möglichkeiten der Prüfkreise auch erlaubt.

Der Strom ist bei jedem Stoß aufzuzeichnen. Die Stromoszillogramme eines Prüflings dürfen keine Unter- schiede zeigen, die auf einen Durchschlag oder Überschlag hinweisen.

Der Strom bei der erhöhten Dauerspannung (U_c^*) ist während der gesamten Zeit, in der die Spannung an- liegt, aufzuzeichnen.

Die Temperatur der spannungsabhängigen Metalloxidwiderstände oder die resistive Komponente des Stro- mes oder die Verlustleistung sind während der Zeit, in der die Spannung anliegt, aufzuzeichnen, um thermi- sche Stabilität nachzuweisen (siehe 8.5.6).

Nach Beendigung der gesamten Prüfung und nachdem der Prüfling nahezu auf die Umgebungstemperatur abgekühlt ist, sind die Restspannungsmessungen, die am Anfang der Prüfung durchgeführt wurden, zu wie- derholen.

Der Ableiter hat die Prüfung bestanden, wenn thermische Stabilität erreicht wurde, die Änderung der Rest- spannung, vor und nach der Prüfung gemessen, nicht größer als 5 % ist und die Sichtkontrolle des Prüflings nach der Prüfung keinen Durchschlag, Überschlag oder keine mechanische Beschädigung der spannungsab- hängigen Metalloxidwiderstände ergibt.

8.5.5 Arbeitsprüfung mit Rechteckstoßstrom

Diese Prüfung wird an 10-kA-Ableitern der Leitungsentladungsklassen 2 und 3 und an 20-kA-Ableitern der Leitungsentladungsklassen 4 und 5 nach 6.9 durchgeführt.

Die gesamte Prüffolge ist im Bild 2 dargestellt.

Vor der Arbeitsprüfung mit Rechteckstoßströmen ist die Restspannung der drei Prüflinge beim Nenn-Ableit- stoßstrom bei Raumtemperatur zu bestimmen (siehe 8.3.2).

Die Prüflinge sind so zu kennzeichnen, dass bei den folgenden Prüfungen die gleiche Polarität gewährleistet ist.

8.5.5.1 Konditionierung

An den Prüflingen ist eine Konditionierung durchzuführen, die aus 20 Stoßströmen der Stoßform 8/20 (siehe 3.17) und dem Scheitelwert des Nenn-Ableitstoßstromes des Ableiters besteht. Die Stöße müssen erfolgen, während der Prüfling an dem 1,2fachen seiner Dauerspannung liegt. Die 20 Stöße werden in 4 Gruppen zu je 5 Stößen aufgebracht. Die Zeit zwischen den einzelnen Stößen muss 50 bis 60 Sekunden betragen und die Zeit zwischen den Gruppen 25 bis 30 Minuten. Der Prüfling braucht während der Zeit zwischen den einzelnen Gruppen der Stöße nicht an Spannung zu liegen. Der Stoßstrom muss die gleiche Polarität wie die Halbwelle der anliegenden Wechselspannung haben. Der Stoß muss 60 ± 15 elektrische Grad vor dem Scheitel der Wechselspannung erfolgen.

Dieser erste Teil der Konditionierung kann ohne Gehäuse an Ableitwiderständen in ruhender Luft bei einer Umgebungstemperatur von $20^\circ\text{C} \pm 15\text{ K}$ durchgeführt werden.