

	Hochspannungs-Prüftechnik Teil 1: Allgemeine Festlegungen und Prüfbedingungen (IEC 60-1:1989 + Corrigendum März 1990) Deutsche Fassung HD 588.1 S1:1991	DIN IEC 60 Teil 1
VDE	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Vorstand beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter nebenstehenden Nummern in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekanntgegeben worden.	Klassifikation VDE 0432 Teil 1
Diese Norm enthält die Deutsche Fassung des Harmonisierungsdokuments HD 588.1 S1		
ICS 19.080; 01.040.19 High voltage test techniques; Part 1: General specifications and test requirements (IEC 60-1:1989 + corrigendum March 1990); German version HD 588.1 S1:1991 Techniques des essais à haute tension; Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais (CEI 60-1:1989 + corrigendum Mars 1990); Version allemande HD 588.1 S1:1991 Diese Norm enthält das Europäische Harmonisierungsdokument HD 588.1 S1:1991, „Hochspannungs- Prüftechnik; Teil 1: Allgemeine Festlegungen und Prüfbedingungen (IEC 60-1:1989 + Corrigendum März 1990)“, das die Internationale Norm IEC 60-1:1989 enthält. Beginn der Gültigkeit Diese Norm gilt ab 1. Juni 1994. Norm-Inhalt war veröffentlicht als Entwurf DIN VDE 0432 Teil 100/05.89. Ersatz für DIN 57432 Teil 1/ VDE 0432 Teil 1/10.78 und DIN 57432 Teil 2/ VDE 0432 Teil 2/10.78 Fortsetzung Seite 2 und 3 und 54 Seiten HD Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)		

Nationales Vorwort

Diese Norm enthält die grundlegenden Festlegungen und Prüfbedingungen für die Hochspannungsprüftechnik in Übereinstimmung mit den Festlegungen der Internationalen Elektrotechnischen Kommission in IEC 60-1.

Für die nationalen Arbeiten ist das Komitee 124 „Hochspannungs-Prüftechnik“ der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE) zuständig.

Die in der bisherigen Norm DIN VDE 0432 Teil 1/10.78 gegebenen Festlegungen über Fremdschichtprüfungen wurden in der vorliegenden Norm überarbeitet, im Abschnitt 10 und Anhang B wieder ausführlicher aufgenommen, obwohl von IEC TC 36 „Isolatoren“ in IEC 507 sehr ausführliche, anwendungsfähige Festlegungen bestehen. Hierdurch entsteht sowohl international wie auch national eine Überschneidung.

Fehlerhinweis: Im Abschnitt 10 „Fremdschichtprüfungen“, speziell 10.1 „Vorbereitung des Prüflings“, wurde im Original für Trinatriumphosphat fälschlicherweise die Summenformel Na_3PO_3 angegeben; richtig wäre: Na_3PO_4 .

Die Internationale Norm IEC 60-1 enthält neben den metrischen Einheiten auch die entsprechenden Größen in anglo-amerikanischen Einheiten (in Inch) in Bild 2d.

Es wird ausdrücklich darauf verwiesen, daß die Anwendung dieser Einheiten im nationalen amtlichen und geschäftlichen Verkehr aufgrund des Gesetzes über Einheiten im Meßwesen nicht zulässig ist. Diese Einheiten dienen lediglich als Hilfestellung im amtlichen und geschäftlichen Verkehr (z. B. Einfuhr, Ausfuhr) mit solchen Staaten, die noch mit diesen Einheiten arbeiten.

Die folgende Tabelle enthält eine Übersicht der IEC-Normen mit Festlegungen zur Hochspannungstechnik für Nennwechselspannungen über 1 kV bzw. Gleichspannungen über 1,5 kV sowie die ihnen entsprechenden Deutschen Normen.

IEC-Norm	Titel	DIN-Norm	Titel
IEC 34-4:1985	Rotating electrical machines; Part 4: Methods for determining synchronous machines quantities from tests	DIN VDE 0530 Teil 4	Umlaufende elektrische Maschinen; Verfahren zur Ermittlung der Kenngrößen von Synchronmaschinen durch Messungen
IEC 42(Sec)73:08.91	High Voltage Testing Techniques; Measuring Systems for Very Fast Transient Overvoltages Produced by Gas Insulated Metal-Enclosed Switchgear	DIN VDE 0432 Teil 6 (z. Z. Entwurf)	Hochspannungs-Prüftech- nik; Meßsysteme für Steilstoß- spannungen, erzeugt mit metallgekapselten, gasisolierten Schaltgeräten; Identisch mit IEC 42(Sec)73
IEC 52:1960	Recommendations for voltage measurement by means of sphere-gaps (one sphere earthed)	DIN VDE 0433 Teil 2/08.61	Erzeugung und Messung von Hochspannungen; Bestim- mungen für Spannungsmes- sungen mit einpolig geerdeten Kugelfunkenstrecken
IEC 60-1:1973 Ersetzt durch IEC 60-1:1989	High-voltage test techniques; Part 1: General definitions and test requirements		siehe vorliegende Norm
IEC 60-2:1973 Ersetzt durch IEC 60-1:1989	High-voltage test techniques; Part 2: Test procedures		
IEC 60-3:1976	High-voltage test techniques; Part 3: Measuring devices	DIN VDE 0432 Teil 3/10.78	Hochspannungs-Prüftech- nik; Meßeinrichtungen
IEC 60-4:1977	High-voltage test techniques; Part 4: Application guide for measuring devices	DIN VDE 0432 Teil 4/04.80	Hochspannungs-Prüftechnik; Anwendungshinweise für Meßeinrichtungen
IEC 270:1981	Partial discharge measurement	DIN 57434/ VDE 0434/05.83	Hochspannungs-Prüftechnik; Teilentladungsmessungen
IEC 507:1991	Artificial pollution tests on high-voltage insulators to be used on a.c. systems	DIN VDE 0448 Teil 100 (z. Z. Entwurf)	Fremdschichtprüfungen an Hochspannungs-Isolatoren zur Anwendung in Wechselspan- nungssystemen; Identisch mit IEC 507:1991

IEC-Norm	Titel	DIN-Norm	Titel
IEC 790:1984	Oscilloscopes and peak voltmeters for impulse test	DIN VDE 0432 Teil 5/03.87	Hochspannungs-Prüftechnik; Oszilloskope und Scheitelspannungsmeßgeräte für Stoßspannungs- und Stoßstromprüfungen
IEC 1083-1:1991	Digital recorders for measurements in high voltage impulse tests; Part 1: Requirements for digital recorders	DIN VDE 0432 Teil 7 (z. Z. Entwurf)	Hochspannungs-Prüftechnik; Digitalrecorder für Stoßspannungs- und Stoßstromprüfungen; Anforderungen an Digitalrecorder; Identisch mit IEC 42(CO)43
IEC 1180-1:10.92	High-voltage test techniques for low-voltage equipment; Part 1: Definitions, test and procedure requirements	DIN VDE 0432 Teil 10 (z. Z. Entwurf)	Hochspannungs-Prüftechnik; Niederspannungsgeräte; Allgemeine Festlegungen und Prüfbedingungen; Identisch mit IEC 42(Sec)72
IEC 1180-2:	High-voltage test techniques for low-voltage equipment; Part 2: Test equipment used for performing dielectric tests (IEC 42(Sec)88)	DIN VDE 0432 Teil 11 (z. Z. Entwurf)	Hochspannungs-Prüftechnik für Niederspannungsgeräte; Meßsysteme und Prüfgeräte; Identisch mit IEC 42(Sec)81

Zitierte Normen

- in der Deutschen Fassung:
Siehe [nationales Vorwort](#)
- in nationalen Zusätzen:
Siehe [nationales Vorwort](#)

Frühere Ausgaben

VDE 0433 Teil 1/01.66

VDE 0433 Teil 3/04.66

DIN 57 432 Teil 1/VDE 0432 Teil 1/10.78

DIN 57 432 Teil 2/VDE 0432 Teil 2/10.78

Änderungen

Gegenüber **DIN 57 432 Teil 1/VDE 0432 Teil 1/10.78** und **DIN 57 432 Teil 2/VDE 0432 Teil 2/10.78** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Inhalt überarbeitet und dem neuesten Stand der Technik angepaßt.
- b) Anhang A: Statistische Auswertung von Prüfergebnissen wurde erheblich erweitert. Neu ist hierbei die Anwendung von Likelihood-Verfahren.
- c) Als neue Anhänge werden aufgenommen:
 - B: Verschmutzungsprüfverfahren
 - C: Kalibrierung einer Meßeinrichtung mit einer Stabfunkenstrecke.

Internationale Patentklassifikation

G 01 R 031/12

G 01 R 035/00

DK 621.3.027.3/.5:620.1:621.317.08

Deskriptoren: Elektrische Prüfung, Hochspannungsprüfung, Prüfungsanforderungen

Deutsche Fassung

Hochspannungs-Prüftechnik

Teil 1: Allgemeine Festlegungen und Prüfbedingungen
(IEC 60-1:1989 + Corrigendum März 1990)

High-voltage test techniques
Part 1: General definitions and test requirements
(IEC 60-1:1989 + corrigendum March 1990)

Techniques des essais à haute tension
Première partie: Définitions et prescriptions
générales relatives aux essais
(CEI 60-1:1989 + corrigendum Mars 1990)

Dieses Harmonisierungsdokument wurde von CENELEC am 1991-06-01 angenommen.

Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen für die Übernahme dieses Harmonisierungsdokumentes auf nationaler Ebene festgelegt sind.

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

Dieses Harmonisierungsdokument besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch).

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und dem Vereinigten Königreich.

CENELEC

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

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Vorwort

Das CENELEC-Fragebogenverfahren zur unveränderten Annahme der Internationalen Norm IEC 60-1:1989, geändert durch das Corrigendum März 1990, ergab, daß für die Annahme als Harmonisierungsdokument keine gemeinsamen CENELEC-Abänderungen notwendig waren.

Das Referenzdokument wurde den CENELEC-Mitgliedern zur formellen Abstimmung vorgelegt und von CENELEC am 1. Juni 1991 als HD 588.1 S1 genehmigt (von 68.BT bestätigt).

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum der Ankündigung des HDs
auf nationaler Ebene (doa): 1992-01-01
- spätestes Datum der Veröffentlichung einer
harmonisierten nationalen Norm (dop): 1992-07-01
- spätestes Datum für die Zurückziehung
entgegenstehender nationaler Normen (dow): 1992-07-01

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60-1:1989 und dessen Corrigendum März 1990 wurde von CENELEC als Harmonisierungsdokument ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Inhalt

	Seite
Hauptabschnitt eins – Allgemeines	6
1 Anwendungsbereich	6
2 Zweck	6
Hauptabschnitt zwei – Allgemeine Begriffe	7
3 Stöße	7
3.1 Blitz- und Schaltstoßspannungen	7
4 Durchschlag und Prüfspannungen	7
4.1 Durchschlag	7
4.2 Prüfspannung	7
4.3 Durchschlagspannung	7
4.4 Statistische Kenngrößen der Durchschlagspannungen	8
4.5 Stehspannung	8
4.6 Gesicherte Durchschlagspannung	8
5 Isolierungen und Prüflinge	8
5.1 Äußere Isolierung	8
5.2 Innere Isolierung	8
5.3 Selbstheilende Isolierung	8
5.4 Nichtselbstheilende Isolierung	8
Hauptabschnitt drei – Allgemeine Festlegungen für Prüfverfahren und Prüflinge	9
6 Allgemeine Festlegungen für Prüfverfahren	9
7 Anordnung des Prüflings	9
8 Trockenprüfung	9
9 Regenprüfungen	9
9.1 Standard-Regenprüfung	9
9.2 Herkömmliche Verfahren für Regenprüfungen unter Wechselspannungen	10
10 Fremdschichtprüfungen	11
10.1 Vorbereitung des Prüflings	11
10.2 Prüfverfahren	11
10.3 Verschmutzungsgrad	12
11 Atmosphärische Bedingungen	12
11.1 Norm-Bezugsatmosphäre	12
11.2 Korrekturfaktoren	13
11.3 Regenprüfung, Fremdschichtprüfung und kombinierte Prüfungen	14
11.4 Widersprüchliche Anforderungen an die Prüfung der inneren und äußeren Isolation	14
11.5 Messung der Luftfeuchte	14
Hauptabschnitt vier – Prüfung mit Gleichspannung	15
12 Begriffe für Gleichspannungsprüfungen	15
12.1 Wert der Prüfspannung	15
12.2 Überlagerungen	15
13 Prüfspannung	15
13.1 Anforderungen an die Prüfspannung	15
13.2 Erzeugung der Prüfspannung	15
13.3 Messung der Prüfspannung	15
13.4 Messung des Prüfstromes	16

	Seite
14 Prüfverfahren	16
14.1 Stehspannungsprüfung	16
14.2 Durchschlagspannungs-Prüfung	17
14.3 Nachweis der gesicherten Durchschlagspannung	17
Hauptabschnitt fünf – Prüfungen mit Wechselspannung	18
15 Begriffe für Wechselspannungsprüfungen	18
15.1 Wert der Prüfspannung	18
15.2 Scheitelwert	18
15.3 Effektivwert	18
16 Prüfspannung	18
16.1 Anforderungen an die Prüfspannung	18
16.2 Erzeugung der Prüfspannung	18
16.3 Messung der Prüfspannung	19
17 Prüfverfahren	20
17.1 Stehspannungsprüfungen	20
17.2 Durchschlagspannungsprüfung	20
17.3 Nachweis der gesicherten Durchschlagwechselspannung	20
Hauptabschnitt sechs – Prüfungen mit Blitzstoßspannung	21
18 Begriffe für Blitzstoßspannungsprüfungen	21
18.1 Allgemein anwendbare Begriffe	21
18.2 Nur auf abgeschnittene Stoßspannungen anwendbare Begriffe	21
18.3 Stoßkennlinie	22
19 Blitzstoßspannung	22
19.1 Genormte Blitzstoßspannung	22
19.2 Grenزابweichungen	22
19.3 Genormte abgeschnittene Blitzstoßspannung	23
19.4 Besondere Blitzstoßspannungen	23
19.5 Erzeugung der Prüfspannung	23
19.6 Messung der Prüfspannung, Ermittlung der Stoßspannungsform	23
19.7 Strommessung während der Stoßspannungsprüfung	23
20 Prüfverfahren	24
20.1 Stehspannungsprüfungen	24
20.2 Nachweis der gesicherten Durchschlagspannungsprüfung	24
Hauptabschnitt sieben – Prüfungen mit Schaltstoßspannung	25
21 Begriffe für Schaltstoßspannungsprüfungen	25
21.1 Schaltstoßspannung	25
21.2 Wert der Prüfschaltstoßspannung	25
21.3 Scheitelzeit T_p	25
21.4 Rückenhalbwertzeit T_2	25
21.5 Scheiteldauer (90 %) T_d	25
21.6 Nulldurchgangszeit T_0	25
21.7 Abschneidezeit T_c	25
21.8 Keilstoßspannung	25
22 Prüfspannung	25
22.1 Genormte Schaltstoßspannung	25
22.2 Grenزابweichungen	25
22.3 Besondere Schaltstoßspannungen	26

	Seite
22.4 Erzeugung der Prüfspannung	26
22.5 Messung der Prüfspannung, Ermittlung der Stoßform	26
23 Prüfverfahren	26
Hauptabschnitt acht – Prüfungen mit Stoßstrom	27
24 Begriffe für Stoßstromprüfungen	27
24.1 Stoßstrom	27
24.2 Wert des Stromes	27
24.3 Stirnzeit T_1	27
24.4 Stoßbeginn O_1	27
24.5 Rückenhalbwertzeit T_2	27
24.6 Scheiteldauer eines Rechteckstoßstromes T_d	27
24.7 Gesamtdauer eines Rechteckstoßstromes T_t	27
25 Prüfstoßstrom	27
25.1 Genormte Stoßströme	27
25.2 Grenzübergänge	27
25.3 Messung des Prüfstromes	28
25.4 Messung der Spannung während der Prüfung mit Stoßströmen	28
Hauptabschnitt neun – Kombinierte Spannungs- und Mischspannungsprüfungen	29
26 Kombinierte Spannungsprüfungen	29
26.1 Wert der Prüfspannung U	29
26.2 Verzögerungszeit Δ_t	29
26.3 Tatsächliche Spannungsformen	29
26.4 Anordnung des Prüflings	29
26.5 Atmosphärische Korrekturfaktoren	29
27 Spannungsprüfungen	29
Anhänge	30
Anhang A Statistische Auswertung von Prüfergebnissen	30
A.1 Klassifizierung von Prüfungen	30
A.2 Statistisches Verhalten von Durchschlägen	30
A.3 Auswertung von Versuchsergebnissen	31
A.4 Anwendung von Likelihood-Verfahren	32
Anhang B Verschmutzungsprüfverfahren	34
B.1 Erzeugung von Salznebel	34
B.2 Verschmutzung; Beschichtungs- und Befeuchtungsverfahren	34
B.3 Messung des Verschmutzungsgrades	35
Anhang C Kalibrierung einer Meßeinrichtung mit einer Stabfunkenstrecke	36
C.1 Anordnung einer Stab-Stab-Funkenstrecke	36
C.2 Referenzwerte	36
C.3 Kalibrierverfahren	36
Bilder	36 bis 54

Hauptabschnitt eins – Allgemeines

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für:

- Dielektrische Prüfungen mit Gleichspannung;
- Dielektrische Prüfungen mit Wechselspannung;
- Dielektrische Prüfungen mit Stoßspannung;
- Prüfungen mit Stoßstrom;
- Prüfungen mit Kombinationen der oben angegebenen Größen.

Diese Norm gilt nur für Prüfungen an Geräten und Anlagen mit einer höchsten Betriebsspannung U_m über 1 kV.

Sie findet keine Anwendung auf Prüfungen der elektromagnetischen Verträglichkeit elektrischer oder elektronischer Einrichtungen.

2 Zweck

Zweck dieser Norm ist:

- die Festlegung allgemeiner und spezieller Begriffe;
- die Einführung allgemeiner Anforderungen bezüglich der Prüfobjekte und Prüfverfahren;
- die Beschreibung von Verfahren zur Erzeugung und Messung der Prüfspannungen und Prüfströme;
- die Beschreibung der Prüfverfahren;
- die Beschreibung der Verfahren zur Auswertung der Prüfergebnisse und die Festlegung von Kriterien zur Annahme oder Ablehnung.

Definitionen und Anforderungen bezüglich zugelassener Meßeinrichtungen und Prüfverfahren sind angegeben in der IEC 60-3: Hochspannungsprüftechnik – Meßeinrichtungen.

Abweichende Prüfverfahren sind zugelassen, um reproduzierbare und aussagefähige Ergebnisse zu erhalten. Die Auswahl eines geeigneten Prüfverfahrens sollte vom zuständigen Technischen Komitee vorgenommen werden.

Hauptabschnitt zwei – Allgemeine Begriffe

3 Stöße

Ein Stoß ist eine beabsichtigt angewendete Spannung oder ein Strom mit transientem, aperiodischem Verlauf, der normalerweise schnell auf einen Spitzenwert ansteigt und danach langsamer auf Null abfällt.

Für besondere Anwendungen werden Stöße mit näherungsweise linearem Anstieg der Stirn, mit schwingenden Ausgleichsvorgängen oder mit näherungsweise rechteckigem Verlauf verwendet.

Der Begriff „Stoß“ muß unterschieden werden vom Begriff „Überspannung“, da dieser transiente Vorgänge beschreibt, die in elektrischen Anlagen und Netzen im Betriebszustand auftreten.

3.1 Blitz- und Schaltstoßspannungen

Die Unterscheidung zwischen Blitz- und Schaltstoßspannungen erfolgt auf der Grundlage der Stirnzeit. Stoßspannungen mit Stirnzeiten bis zu 20 µs werden als Blitzstoßspannungen und Stoßspannungen mit längeren Stirnzeiten als Schaltstoßspannungen bezeichnet.

Allgemein werden Schaltstoßspannungen ebenfalls charakterisiert durch die wesentlich längere Gesamtdauer gegenüber Blitzstoßspannungen.

4 Durchschlag und Prüfspannungen

4.1 Durchschlag

In dieser Norm beschreibt der Begriff „Durchschlag“ (manchmal auch als „elektrischer Durchbruch“ bezeichnet) diejenigen Vorgänge beim Versagen einer Isolierung unter elektrischer Spannung, bei denen die Entladung die geprüfte Isolierung vollständig überbrückt und damit die Spannung zwischen den Elektroden praktisch auf Null vermindert. Dies bezieht sich auf den Durchschlag in festen, flüssigen und gasförmigen Isolierstoffen oder ihren Kombinationen.

Nichtanhaltende Durchschläge, in denen das Prüfobjekt vorübergehend durch einen Funken oder einen Lichtbogen überbrückt wird, können auftreten. Während dieser Ereignisse wird die Spannung über dem Prüfobjekt vorübergehend auf Null oder einen sehr kleinen Wert vermindert. Abhängig von den Eigenschaften des Prüfkreises kann eine Wiederverfestigung eintreten, die danach einen höheren Wert der Prüfspannung zuläßt. Ein solches Ereignis sollte als Durchschlag bezeichnet werden, wenn es nicht vom zuständigen Technischen Ausschuß in anderer Form festgelegt ist.

Zerstörungsfreie Entladungen zwischen Leitern oder Zwischenelektroden können ebenfalls auftreten, ohne daß die Prüfspannung auf Null vermindert wird. Solche Ereignisse sollten nicht als Durchschlag bezeichnet werden, wenn es nicht vom zuständigen Technischen Ausschuß so festgelegt ist.

Einige Formen von zerstörungsfreien Entladungen werden als „Teilentladungen“ bezeichnet und in IEC 270, Teilentladungsmessung, behandelt.

Der Begriff „Funkenüberschlag“ bezeichnet den Durchschlag in einem gasförmigen oder flüssigen Medium.

Der Begriff „Oberflächenüberschlag“ bezeichnet den Durchschlag über die Oberfläche eines Isolierstoffes in einer gasförmigen oder flüssigen Umgebung.

Der Begriff „Festkörperdurchschlag“ bezeichnet den Durchschlag innerhalb eines festen Isolierstoffes.

Ein Durchschlag innerhalb eines festen Isolierstoffes zerstört dauerhaft die elektrische Festigkeit; innerhalb eines gasförmigen oder flüssigen Isolierstoffes kann die Verminderung der elektrischen Festigkeit zeitlich begrenzt sein.

4.2 Prüfspannung

Unter den Eigenschaften einer Prüfspannung sind diejenigen Merkmale zu verstehen, die in dieser Norm für verschiedene Arten der Spannung festgelegt werden und die Prüfspannung beschreiben.

4.2.1 Vorgegebener Verlauf der Prüfspannung

Der vorgesehene Verlauf einer Prüfspannung zur Durchschlagprüfung ist gekennzeichnet durch diejenigen Eigenschaften, die ohne das Auftreten eines Durchschlages hätten beobachtet werden können. Wird auf den unbeeinflussten Verlauf einer Prüfspannung Bezug genommen, so muß dies immer ausdrücklich erwähnt werden.

4.2.2 Tatsächlicher Verlauf der Prüfspannung

Der tatsächliche Verlauf einer Prüfspannung ist derjenige, der während der Prüfung an den Anschlüssen des Prüflings anliegt.

4.2.3 Höhe der Prüfspannung

Die Höhe der Prüfspannung ist in dem entsprechenden Abschnitt dieser Norm festgelegt.

4.3 Durchschlagspannung

Die Durchschlagspannung eines Prüflings ist die Höhe der Prüfspannung, die den Durchschlag verursacht. Die Festlegung für die verschiedenen Prüfungen erfolgt in dem entsprechenden Abschnitt dieser Norm.

4.4 Statistische Kenngrößen der Durchschlagspannungen

Durchschlagspannungen sind von zufälligen Ereignissen beeinflusste Größen, die in der Regel eine bestimmte Anzahl Beobachtungen erfordern, um einen statistisch aussagefähigen Wert der Spannung zu erhalten. Die in dieser Norm beschriebenen Prüfverfahren basieren grundsätzlich auf statistischen Überlegungen. Einzelheiten zur statistischen Auswertung von Versuchsergebnissen sind in [Anhang A](#) dargestellt.

4.4.1 Durchschlagwahrscheinlichkeit p

Die Durchschlagwahrscheinlichkeit p eines Prüflings ist die Wahrscheinlichkeit, mit der eine einmalige Beanspruchung durch einen bestimmten Wert einer unbeeinflussten Spannung mit festgelegtem Zeitverlauf den Durchschlag verursacht. Die Größe von p darf in Prozent oder als Dezimalzahl angegeben werden.

4.4.2 Stehwahrscheinlichkeit q

Die Stehwahrscheinlichkeit q eines Prüflings ist die Wahrscheinlichkeit, mit der eine einmalige Beanspruchung durch einen bestimmten Wert einer unbeeinflussten Spannung mit festgelegtem Zeitverlauf keinen Durchschlag verursacht. Mit der Durchschlagwahrscheinlichkeit p berechnet sich die Stehwahrscheinlichkeit q zu $(1 - p)$.

4.4.3 50%-Durchschlagspannung U_{50}

Die 50%-Durchschlagspannung ist der Wert einer unbeeinflussten Spannung, der mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % zum Durchschlag des Prüflings führt.

4.4.4 p %-Durchschlagspannung U_p

Die p %-Durchschlagspannung ist der Wert einer unbeeinflussten Spannung, der mit einer Wahrscheinlichkeit von p % zum Durchschlag führt.

4.4.5 Streuung z der Durchschlagspannung

Die Streuung z der Durchschlagspannung eines Prüflings ist die Differenz zwischen der 50%- und der 16%-Durchschlagspannung. Sie wird häufig als bezogene Größe oder Prozentzahl in Verbindung mit der 50%-Durchschlagspannung angegeben.

ANMERKUNG: Wenn die Durchschlagwahrscheinlichkeitsfunktion (siehe [Anhang A](#)) näherungsweise einer Gauß-Funktion entspricht, beschreibt z näherungsweise deren Standardabweichung.

4.5 Stehspannung

Die Stehspannung eines Prüflings ist der Wert einer festgelegten unbeeinflussten Spannung, der die Isolation eines Prüflings im Hinblick auf eine Stehspannungsprüfung kennzeichnet.

Falls nicht besonders festgelegt, beziehen sich Stehspannungen auf eine Umgebung unter Normalbedingungen (siehe [Abschnitt 11.1](#)).

4.6 Gesicherte Durchschlagspannung

Die gesicherte Durchschlagspannung eines Prüflings ist der Wert einer festgelegten unbeeinflussten Spannung, der die Festigkeit im Hinblick auf eine Durchschlagprüfung kennzeichnet.

5 Isolierungen und Prüflinge

Isoliersysteme technischer Geräte und Hochspannungseinrichtungen müssen grundsätzlich in selbstheilende und nichtselbstheilende Isolierungen eingeteilt werden und bestehen aus einer äußeren und/oder einer inneren Isolierung.

5.1 Äußere Isolierung

Zu den äußeren Isolierungen gehören die Luftisolierung und die ungeschützten Oberflächen fester Isolierungen, die sowohl der elektrischen Beanspruchung als auch atmosphärischen Wirkungen und anderen äußeren Bedingungen ausgesetzt sind, wie z. B. Verunreinigungen, Luftfeuchte, Insekten usw.

5.2 Innere Isolierung

Innere Isolierungen umfassen die inneren festen, flüssigen und gasförmigen Bestandteile der Anlagenisolation, die gegenüber atmosphärischen Wirkungen und anderen äußeren Bedingungen, wie z. B. Verunreinigungen, Feuchtigkeit, Insekten usw., geschützt sind.

5.3 Selbstheilende Isolierung

Selbstheilende Isolierungen sind solche Isolierungen, die ihre Isoliereigenschaften nach einem bei der Prüfung verursachten Durchschlag vollständig zurückgewinnen.

5.4 Nichtselbstheilende Isolierung

Nichtselbstheilende Isolierungen sind solche Isolierungen, die nach einem durch die Prüfung verursachten Durchschlag ihre Isoliereigenschaften nicht oder nur unvollständig zurückgewinnen.

ANMERKUNG: In Hochspannungsgeräten finden sich grundsätzlich Kombinationen aus selbstheilenden und nichtselbstheilenden Isolierungen. Einzelne Teile können deshalb durch wiederholte oder dauernde Spannungsbeanspruchung geschädigt werden. Das Verhalten der Isolation unter diesem Gesichtspunkt muß bei der Festlegung der Prüfverfahren vom zuständigen Technischen Ausschuß berücksichtigt werden.

Hauptabschnitt drei – Allgemeine Festlegungen für Prüfverfahren und Prüflinge

6 Allgemeine Festlegungen für Prüfverfahren

Die bei bestimmten Arten von Prüfobjekten anzuwendenden Prüfverfahren, z. B. die verwendete Polarität, die Größe der Spannung, wenn beide Polaritäten genutzt werden, die Anzahl der Einzelprüfungen, und der Zeitraum zwischen den Einzelprüfungen muß vom zuständigen Technischen Komitee unter folgenden Gesichtspunkten festgelegt werden:

- der erforderlichen Genauigkeit der Prüfergebnisse,
- den zufälligen Einflüssen auf die beobachteten Vorgänge und der Polaritätsabhängigkeit der gemessenen Eigenschaften und
- der Möglichkeit einer fortschreitenden Schädigung bei wiederholter Spannungsbeanspruchung.

7 Anordnung des Prüflings

Zum Zeitpunkt der Prüfung muß der Prüfling in allen wichtigen Einzelheiten vollständig vorhanden und in einem für vergleichbare Einrichtungen übereinstimmenden Herstellverfahren gefertigt worden sein.

Das Durchschlagverhalten eines Prüflings kann durch seine Aufstellung beeinflusst werden (z. B. vom Abstand zu anderen unter Spannung stehenden oder geerdeten Teilen, seiner Höhe über dem Erdboden oder der Anordnung seiner Hochspannungsführung). Die grundsätzliche Anordnung sollte vom zuständigen Technischen Komitee festgelegt werden.

Bei einem Abstand zu benachbarten Teilen von nicht weniger als dem 1,5fachen der Länge des kürzesten möglichen Entladungspfades auf dem Prüfling sind üblicherweise Beeinflussungen durch Annäherung zu vernachlässigen. Bei Prüfungen mit Beregnung oder Verschmutzung oder dort, wo die Spannungsverteilung über dem Prüfling und das elektrische Feld in der Umgebung der Hochspannungselektrode genügend unabhängig von äußeren Einflüssen sind, sind kleinere Abstände zugelassen, wenn keine Entladungen zu benachbarten Teilen stattfinden.

Im Fall von Prüfungen mit Wechselspannung oder positiven Schaltstoßspannungen über 750 kV (Spitze) darf der Einfluß von benachbarten Teilen vernachlässigt werden, wenn der Abstand der Hochspannungselektrode nicht kleiner ist als die Höhe dieser Elektrode von der Erdoberfläche. Eine für die praktische Anwendung niedrigere Grenze für diesen Abstand zeigt [Bild 1](#) als Funktion der höchsten Prüfspannung.

Eine erfolgreich ausgeführte Stehspannungsprüfung darf auch bei kleineren Abständen zu geerdeten Teilen anerkannt werden.

8 Trockenprüfung

Der Prüfling muß trocken und sauber sein. Wenn nicht vom zuständigen Technischen Komitee in anderer Weise festgelegt, sollte die Prüfung bei Umgebungstemperatur mit den in den entsprechenden Abschnitten dieser Norm festgelegten Prüfbedingungen durchgeführt werden.

9 Regenprüfungen

Das bevorzugte Regenprüfverfahren, wie in 9.1 beschrieben, soll die Auswirkungen des natürlichen Regens auf äußere Isolierungen nachbilden und stellt eine Überarbeitung früherer Prüfverfahren dar. Es wird für alle Arten der Prüfspannung und alle Arten der zu prüfenden Einrichtungen empfohlen. Jedoch ist auch eines der unten angegebenen alternativen Prüfverfahren zulässig, wenn das vom zuständigen Technischen Komitee festgelegt ist.

Zwei frühere Prüfverfahren, deren Absicht nicht die Nachbildung natürlichen Regens war, sind in 9.2 beschrieben. Beide wurden über viele Jahre zur Wechselspannungsprüfung an Geräten mit einer Betriebsspannung U_m bis 420 kV benutzt, so daß eine Vielzahl von Prüfergebnissen aus diesen Verfahren vorliegen.

Für Wechselspannungsgeräte mit großen Abmessungen, z. B. solche mit einer Betriebsspannung höher als 800 kV, kann zur Zeit kein geeignetes Verfahren zur Beregnungsprüfung angegeben werden.

Das zuständige Technische Komitee muß die Anordnung des Prüflings während der Prüfung im einzelnen festlegen.

9.1 Standard-Regenprüfung

Der Prüfling muß mit Wasser einer festgelegten Leitfähigkeit und Temperatur (siehe [Tabelle 1](#)) besprüht werden, das in Tropfen herabfällt (zur Vermeidung von Nebel und Dunst), die so gerichtet sind, daß der waagerechte und der senkrechte Anteil der Beregnung annähernd gleich sind. Die Stärke dieser Beregnung wird mit einem geteilten Sammelbehälter mit einer waagerechten und einer senkrechten Öffnung von 100 cm² bis 750 cm² gemessen, die senkrechte Öffnung ist dem Zerstäuber zugewendet.

Die Lage des Prüfobjektes bezüglich des waagerechten und senkrechten Anteils der Beregnung muß vom zuständigen Technischen Komitee im einzelnen festgelegt werden.

Allgemein ist die Wiederholbarkeit von Ergebnissen aus Regenprüfungen schlechter als bei anderen Hochspannungsprüfungen. Um die Abweichungen klein zu halten, müssen folgende Vorkehrungen getroffen werden:

- Der Sammelbehälter muß nahe am Prüfling angeordnet werden, jedoch sollen keine Tropfen oder Spritzer vom Prüfling aufgefangen werden. Während der Prüfung sollte der Behälter langsam über eine ausreichende Fläche bewegt werden, um den Einfluß einer nicht gleichmäßigen Besprühung zu mitteln, ohne die Ungleichmäßigkeiten einzelner Sprühdüsen zu überdecken. Der Bereich der Messung sollte die gleiche Größe besitzen wie das Prüfobjekt und eine maximale Höhe von einem Meter.
- Bei Prüflingen mit einer Höhe zwischen 1 und 3 Metern müssen die Messungen oben, in der Mitte und unten am Prüfling durchgeführt werden. Jedes Meßgebiet darf nur ein Drittel der Gesamthöhe des Prüflings umfassen.
- Bei Prüfobjekten über 3 Meter Höhe muß die Anzahl der Meßgebiete so vergrößert werden, daß die gesamte Höhe des Prüflings ohne Überlappungen einbezogen wird.
- Die oben beschriebenen Verfahren müssen bei Prüfobjekten mit großen waagerechten Längen sinngemäß übertragen werden.
- Die Streuung der Ergebnisse kann verringert werden, wenn der Prüfling mit einem oberflächenwirksamen Reinigungsmittel behandelt wird, das vor Beginn der Berechnung wieder entfernt wird.
- Die Streuung der Ergebnisse kann außerdem durch örtlich abweichende (hoch oder tief) Niederschlagsmengen beeinflusst werden. Es wird empfohlen, diese durch gezielte Messungen festzustellen und die Gleichmäßigkeit der Besprühung, falls notwendig, zu verbessern.

Die Sprüheinrichtung muß geeignet sein, innerhalb bestimmter Abweichungen die in Tabelle 1 angegebenen Niederschlagsbedingungen auf dem Prüfling zu erreichen.

Jede Art und Anordnung von Düsen, die die Anforderungen von Tabelle 1 erfüllen, dürfen benutzt werden. Beispiele für verschiedene Düsen mit zufriedenstellenden Eigenschaften in der praktischen Anwendung sind in den Bildern 2a, 2b und 2c in Verbindung mit typischen Konstruktionsdaten für jede Ausführung dargestellt.

Größere Sprühabstände können erreicht werden, wenn die Düsen unter einem Winkel von etwa 15° bis 25° zur Waagerechten nach oben gerichtet werden. Es ist zu beachten, daß bei einer Erhöhung des Wasserdruckes über die empfohlenen Grenzen hinaus der Wasserstrom vorzeitig abreißen kann, was eine unbefriedigende Berieselung des Prüfobjektes verursacht.

Tabelle 1: Bedingungen für die Berechnung (Standard-Regenprüfverfahren)

Mittlere Niederschlagsstärke für alle Messungen:		
– senkrechter Anteil	mm/min	1,0 bis 2,0
– waagerechter Anteil	mm/min	1,0 bis 2,0
Zulässige Abweichungen für einzelne Messungen und Bauteile	mm/min	±0,5 vom Mittelwert
Wassertemperatur	°C	Umgebungstemperatur ±15
Spezifischer Widerstand des Wassers	Ωm	100 ±15

Die Wassertemperatur und der spezifische Widerstand des Wassers müssen an einer Probe gemessen werden, die dem Wasser unmittelbar vor Erreichen des Prüflings entnommen wird. Beide Werte dürfen auch an anderen Orten gemessen werden (z. B. im Vorratsbehälter), wenn sichergestellt ist, daß keine wesentlichen Veränderungen auftreten, bis das Wasser den Prüfling erreicht.

Der Prüfling muß unter den oben angegebenen Bedingungen für mindestens 15 min vorberechnet werden, und diese Bedingungen müssen dann innerhalb der angegebenen Abweichungen während der Prüfung erhalten bleiben, die ohne Unterbrechung der Berechnung durchgeführt werden sollte. Die Vorberechnungszeit darf die zur Einstellung der Sprüheinrichtung benötigte Zeit nicht enthalten. Es ist ebenso möglich, eine 15minütige Vorberechnung mit unbehandeltem Leitungswasser durchzuführen, wenn ihr ohne Unterbrechung eine zweite Vorberechnung von mindestens 2 min vor Beginn der Prüfung folgt, bei der das verwendete Wasser allen Regenbedingungen entspricht, die unmittelbar vor Beginn der Prüfung gemessen werden sollten.

Wenn vom zuständigen Technischen Komitee nicht anders festgelegt, ist das Prüfverfahren für Regenprüfungen das gleiche wie für die entsprechenden Trockenprüfungen. Die Prüfdauer für eine Wechsellspannungsprüfung beträgt 60 s, falls nicht anders festgelegt. Im allgemeinen wird bei Stehspannungsprüfungen unter Wechsellspannung und Gleichspannung empfohlen, daß ein Überschlag zugelassen wird, vorausgesetzt, in einer Wiederholungsprüfung tritt kein weiterer Überschlag auf.

9.2 Herkömmliche Verfahren für Regenprüfungen unter Wechsellspannungen

Für Wechsellspannungsprüfungen werden zwei zusätzliche Verfahren verwendet, deren Einzelheiten in Tabelle 2 angegeben sind. Sie weichen vom Standardprüfverfahren in 9.1 ab, insbesondere darin, daß die Regenmengen größer sind und daß die Mindestzeit der Vorberechnung nur eine Minute beträgt.

Nur der senkrechte Sprühanteil ist angegeben, die Festlegung des waagerechten Anteils wird durch eine visuelle Abschätzung des Sprühwinkels ersetzt, der am Prüfling näherungsweise 45° betragen sollte.

Tabelle 2: Bedingungen für die herkömmlichen Verfahren unter Wechselfeldspannung

Merkmale		Europäische Bedingungen	Bedingungen in den USA
Mittlere Niederschlagsstärke für alle Messungen:			
– senkrechte Komponente	mm/min	3 ±0,3	5 ±0,5
Zugelassene Abweichungen für einzelne Messungen	mm/min	3 ±0,75	5 ±1,25
Wassertemperatur	°C	Umgebungstemperatur ±15	
spezifischer Widerstand des Wassers	Ωm	100 ±10	178 ±27
Düsenkonstruktion wie angegeben in		Bild 2a, 2b und 2c	Bild 2d
Dauer der Stehspannungsprüfung bei Beregnung	s	60	10

10 Fremdschichtprüfungen

Fremdschichtprüfungen sollen Informationen über das Verhalten äußerer Isolierungen liefern, bei Bedingungen, die der Verschmutzung im Betrieb entsprechen, obwohl die Prüfung nicht unbedingt spezielle Betriebsbedingungen nachbildet.

Die folgenden Festlegungen geben einige grundsätzliche Hinweise bezüglich Prüfungen mit künstlicher Verschmutzung. Es bleibt dem zuständigen Technischen Komitee überlassen, Änderungen einzuführen oder besondere Anforderungen für einzelne Gerätegruppen anzugeben. Solche besonderen Anforderungen enthält zum Beispiel IEC 507.

Die reinigende Wirkung des natürlichen Regens bei Isolatoren im Betrieb ist in keinem der angegebenen Verfahren berücksichtigt worden.

10.1 Vorbereitung des Prüflings

Vor der ersten Prüfung dürfen alle metallenen Teile des Prüflings und alle Zementverbindungen mit einem salzwasserbeständigem Anstrich versehen werden, um sicherzustellen, daß die Korrosionsprodukte die Isolierstoffoberfläche während der Prüfung nicht verunreinigen.

Der Prüfling sollte dann sorgfältig mit Leitungswasser gewaschen werden, dem Trinatriumphosphat (Na_3PO_3) zugesetzt worden ist, und anschließend mit reinem Leitungswasser abgespült werden. Im Anschluß daran darf er nicht mehr mit den Händen berührt werden.

In der Regel können die Isolierstoffoberflächen als ausreichend sauber und frei von Fett oder anderen Verunreinigungen angesehen werden, wenn große, zusammenhängende benetzte Bereiche während der Beregnung beobachtet werden.

Es bleibt dem zuständigen Technischen Komitee überlassen zu entscheiden, ob ein Prüfling in senkrechter, waagerechter oder geneigter Lage geprüft werden sollte.

10.2 Prüfverfahren

Fremdschichtprüfungen mit künstlicher Verschmutzung erfordern die Aufbringung der Verschmutzung und die gleichzeitige oder nachfolgende Beanspruchung mit Spannung. Allgemein werden nur Verfahren empfohlen, bei denen die Prüfspannung mindestens für einige Minuten konstant gehalten wird. Andere Verfahren, in denen die Spannung nach und nach bis zum Überslag gesteigert wird, sind nicht Gegenstand dieser Norm, dürfen jedoch in besonderen Fällen benutzt werden.

Die Verschmutzungsprüfung wird entweder durchgeführt, um den maximalen Verschmutzungsgrad festzustellen, bei dem ein Prüfling einer bestimmten Prüfspannung standhält, oder um die Stehspannung für einen bestimmten Verschmutzungsgrad zu ermitteln. Um die Ergebnisse verschiedener Prüfungen oder die Leistungsfähigkeit verschiedener Prüflinge zu vergleichen, ist das erstgenannte Verfahren vorzuziehen. Wo immer diese Prüfverfahren angewendet werden, sollte die Anzahl der Messungen ausreichen, um stabile Mittelwerte zu erhalten und die statistische Natur der Vorgänge zu berücksichtigen. Die Anzahl der benötigten Prüfungen muß vom zuständigen Technischen Komitee festgelegt werden.

Es gibt zwei Gruppen von Verschmutzungsprüfungen, das Salznebelverfahren und das Vorverschmutzungsverfahren.

a) Salznebelprüfverfahren

Der Prüfling wird in einer besonderen Kammer angeordnet, die mit Salznebel gefüllt werden kann. Das Verfahren zur Erzeugung des Salznebels ist in Anhang B.1 beschrieben. Die Umgebungstemperatur in der Kammer zu Beginn der Prüfung sollte nicht tiefer als 5 °C und nicht höher als 30 °C sein, und der Prüfling und das Salzwasser müssen sich im thermischen Gleichgewicht mit der Umgebungstemperatur befinden.

Der Prüfling wird gründlich mit Leitungswasser befeuchtet. Die mit Wasser eines festgelegten Salzgehaltes betriebene Salznebelanlage wird gestartet, solange der Prüfling noch feucht ist. Gleichzeitig wird die Spannung angelegt, schnell auf einen bestimmten Wert gesteigert und über eine festgelegte Zeit konstant gehalten, gewöhnlich eine Stunde oder bis ein Überschlag auftritt. Dieses Verfahren wird mehrmals wiederholt. Vor jeder Wiederholung wird der Prüfling sorgfältig mit reinem Leitungswasser gewaschen, um jegliche Salzurückstände zu entfernen.

Beim Salznebelverfahren darf der kleinste Abstand zwischen irgendwelchen Teilen des Prüflings und geerdeten Teilen, außer den Düsen und den Anschlußelementen des Isolators, nicht kleiner als 0,5 m je 100 kV Prüfspannung, aber grundsätzlich nicht kleiner als 2 m sein.

Wenn die Prüfung dazu dienen soll, den maximalen Wert der Versalzung für eine festgelegte Stehspannung zu bestimmen, ist das gesamte Verfahren mit verschiedenen Salzgehalten zu wiederholen.

Der Prüfling muß während der Besalzung und vor Beginn der eigentlichen Prüfung durch eine Anzahl von Überschlagen vorbeanspruchst werden. Auch nach dieser Vorbeanspruchung sollte der Prüfling gewaschen werden.

b) Vorverschmutzungsverfahren (Kieselgur-Prüfverfahren)

Der Prüfling wird mit einer einheitlichen Schicht einer leitfähigen Suspension bedeckt und muß getrocknet werden. Die Umgebungstemperatur in der Prüfkammer darf bei Beginn der Prüfung nicht tiefer als 5 °C und nicht höher als 30 °C sein, und der Prüfling muß sich im thermischen Gleichgewicht mit der Umgebungstemperatur befinden. Die Befeuchtung muß durch den Einsatz eines Dampfnebelers erreicht werden, der eine gleichmäßige Nebelverteilung über die gesamte Länge und in der Umgebung des Prüflings sicherstellt. Die Temperatur des Nebels in der Nachbarschaft des Prüflings darf 40 °C nicht überschreiten. Um die notwendige Befeuchtung innerhalb einer vernünftigen Zeit zu erreichen, muß genügend Dampfnebel in die Prüfkammer eingeleitet werden. Die Dampferzeugungsmenge muß vom zuständigen Technischen Komitee festgelegt werden.

In einem ersten Verfahren wird die Spannung angelegt, bevor der Nebel den Prüfling befeuchtet, und konstant gehalten, bis der Überschlag eintritt oder für den doppelten Zeitraum, den der Isolator benötigt, um seine maximale Leitfähigkeit zu erreichen. In einem anderen Verfahren wird die Spannung erst angelegt, wenn die Leitfähigkeit ihren maximalen Wert erreicht hat, was zwischen 20 und 40 Minuten nach Beginn der Nebelung der Fall sein sollte. Die Spannung sollte dann während der festgelegten Prüfdauer von 15 Minuten oder bis zum Überschlag konstant gehalten werden.

Beispiele für ein geeignetes Beschichtungs- und Befeuchtungsverfahren und für die Messung des Oberflächenwiderstandes sind im [Anhang B](#) angegeben.

Die oben angegebenen Verfahren dürfen mehrmals wiederholt werden, vor jeder Prüfung muß der Prüfling gewaschen, erneut beschichtet und getrocknet werden.

Wenn die Prüfung durchgeführt wird, um den maximalen Wert der Verschmutzung für eine bestimmte Stehspannung festzustellen, müssen die Beschichtung, die Befeuchtung und die Prüfverfahren mit Suspensionen unterschiedlichen Widerstandes wiederholt werden.

Der kleinste Abstand zwischen irgendwelchen Teilen des Prüflings und geerdeten Teilen, außer den Anschlüssen des Prüflings, dürfen nicht kleiner sein als 0,5 m je 100 kV Prüfspannung.

10.3 Verschmutzungsgrad

Der Verschmutzungsgrad eines Prüflings wird durch den Salzgehalt (g/l) des Salznebels festgelegt, durch die Oberflächenleitfähigkeit (μS) oder durch die Salzmenge (NaCl) je cm^2 auf der Isolierstoffoberfläche. Letzteres wird üblicherweise als Dichte der Salzablagerung (S.D.D.) bezeichnet. Hinweise zu diesen Verfahren sind im Anhang B angegeben.

11 Atmosphärische Bedingungen

11.1 Norm-Bezugsatmosphäre

Als Norm-Bezugsatmosphäre gilt:

Temperatur $t_0 = 20\text{ °C}$

Druck $b_0 = 101,3\text{ kPa}$ (1013 mbar)

absolute Luftfeuchte $h_0 = 11\text{ g Wasser je m}^3$

ANMERKUNG: Ein Druck von 101,3 kPa entspricht einer Höhe von 760 mm in einem Quecksilberbarometer bei 0 °C. Wenn die Barometerhöhe H mm Quecksilber beträgt, gilt für den atmosphärischen Druck näherungsweise:

$b = 0,1333 \times H\text{ kPa}$.

Der Einfluß der Temperatur auf die Höhe der Quecksilbersäule wird vernachlässigt.

11.2 Korrekturfaktoren

Der Durchschlag einer äußeren Isolierung ist von den atmosphärischen Bedingungen abhängig. Üblicherweise erhöht sich die Durchschlagsspannung für eine gegebene Luftstrecke entweder durch Erhöhung der Luftdichte oder der Luftfeuchte. Übersteigt jedoch die relative Luftfeuchte 80 %, so verhält sich die Durchschlagsspannung unregelmäßig, insbesondere bei Überschlagen an Isolierstoffoberflächen.

Durch Anwendung von Korrekturfaktoren darf eine Durchschlagsspannung, die in gegebenen Prüfbedingungen gemessen worden ist (Temperatur t , Druck b , Luftfeuchte h), auf den Wert umgerechnet werden, der unter den Bedingungen der Standard-Bezugsatmosphäre (t_0 , b_0 , h_0) beobachtet worden wäre. Umgekehrt kann eine für Bezugsbedingungen festgelegte Prüfspannung in den entsprechenden Wert bei realen Prüfbedingungen umgerechnet werden.

Die Durchschlagsspannung ist proportional zum atmosphärischen Korrekturfaktor K_t , der durch das Produkt zweier Einzelkorrekturfaktoren gebildet wird:

- dem Korrekturfaktor für die Luftdichte k_1 (siehe 11.2.1)
- dem Korrekturfaktor für die Luftfeuchte k_2 (siehe 11.2.2)

$$K_t = k_1 k_2$$

Wenn vom zuständigen Technischen Komitee nicht anders festgelegt, errechnet sich die anzulegende Spannung U bei der Prüfung äußerer Isolierungen durch die Multiplikation der festgelegten Prüfspannung U_0 mit dem Faktor K_t :

$$U = U_0 K_t$$

In ähnlicher Weise wird die gemessene Durchschlagsspannung U auf die der Standard-Bezugsatmosphäre entsprechenden Spannung U_0 durch Division durch den Faktor K_t umgerechnet:

$$U_0 = U / K_t$$

Das Prüfprotokoll muß immer die tatsächlichen atmosphärischen Bedingungen während der Prüfung und die verwendeten Korrekturfaktoren enthalten.

11.2.1 Luftdichte-Korrekturfaktor k_1

Der Luftdichte-Korrekturfaktor k_1 beruht auf der relativen Luftdichte δ und kann allgemein geschrieben werden als:

$$k_1 = \delta^m,$$

wobei der Wert des Exponenten m aus 11.2.3 entnommen werden kann.

Falls die Temperaturen t und t_0 in Grad Celsius ausgedrückt werden und der atmosphärische Druck b und b_0 in der gleichen Einheit (kPa oder mbar), ergibt sich die relative Luftdichte zu:

$$\delta = \frac{b}{b_0} \frac{273 + t_0}{273 + t}$$

11.2.2 Luftfeuchte-Korrekturfaktor k_2

Der Luftfeuchte-Korrekturfaktor darf geschrieben werden als:

$$k_2 = k^w,$$

wobei der Wert des Exponenten w aus 11.2.3 entnommen werden kann und k ein Parameter ist, der von der Art der Prüfspannung abhängt. Für praktische Anwendungen bestimmt sich k näherungsweise als Funktion des Verhältnisses der absoluten Feuchte h zur relativen Luftdichte δ , wie in den Kurven von Bild 3 dargestellt. Für Werte von h/δ größer als 15 g/m³ befindet sich die Festlegung der Feuchtigkeitskorrektur noch in der Bearbeitung, und die Kurven in Bild 3 dürfen als obere Grenzwerte verwendet werden.

11.2.3 Exponenten m und w

Die Abhängigkeit der Korrekturfaktoren von der Art der Vorentladungen kann mit dem Parameter g erfaßt werden.

$$g = \frac{U_B}{500 L \delta k}$$

Dabei ist U_B die 50%-Durchschlagsspannung (gemessen oder geschätzt) unter den tatsächlichen atmosphärischen Bedingungen in kV, L der kürzeste Entladungsweg in Metern, δ der aktuelle Wert der Luftdichte und k der aktuelle Wert dieses Parameters. Im Fall einer Stehspannungsprüfung, bei der die 50%-Durchschlagsspannung nicht geschätzt werden kann, kann U_B als das 1,1fache der Prüfspannung angenommen werden.

Die Festlegung der Exponenten m und w befindet sich noch in der Bearbeitung, Näherungswerte sind in Bild 4 angegeben.

11.3 Regenprüfung, Fremdschichtprüfung und kombinierte Prüfungen

Bei Regen- und bei Fremdschichtprüfungen müssen keine Korrekturen für die Luftfeuchte durchgeführt werden. Die Frage nach Korrekturen der Luftdichte bei solchen Prüfungen befindet sich in der Bearbeitung. Für kombinierte Prüfungen siehe 26.5.

11.4 Widersprüchliche Anforderungen an die Prüfung der inneren und äußeren Isolation

Da Stehspannungspegel für atmosphärische Standardbedingungen festgelegt werden, wird es Anwendungsfälle geben, bei denen die Anwendung atmosphärischer Korrekturen (aufgrund der Höhenlage des Prüffeldes oder extremer klimatischer Bedingungen) zu Stehspannungspegeln für innere Isolierungen führen, die nennenswert über den Werten für die beteiligten äußeren Isolierungen liegen. In diesen Fällen müssen Maßnahmen getroffen werden, um den Stehspannungspegel der äußeren Isolierung anzuheben, damit es möglich wird, die richtige Prüfspannung an die innere Isolierung anzulegen. Diese Maßnahmen umfassen das Eintauchen der äußeren Isolierung in Flüssigkeiten oder komprimierte Gase und sollten vom zuständigen Technischen Komitee unter Berücksichtigung der besonderen Anforderungen bestimmter Gerätegruppen festgelegt werden. Dort, wo die Prüfspannung für die äußere Isolierung höher liegt als für die innere Isolierung, kann die äußere Isolierung nur richtig geprüft werden, wenn die innere Isolierung mit erhöhter Festigkeit bemessen ist. Falls dies nicht der Fall ist, sollte die innere Isolierung mit der Bemessungsspannung und die äußere Isolierung unter Benutzung von Attrappen geprüft werden, außer, das zuständige Technische Komitee legt anderweitig fest, in welcher Weise die Verfahren angewendet werden.

11.5 Messung der Luftfeuchte

Die Luftfeuchte muß vorzugsweise mit einem Gerät ermittelt werden, das direkt die absolute Luftfeuchte mit einem maximalen Fehler von weniger als 1 g/m^3 mißt. Die Messung der relativen Luftfeuchte in Verbindung mit der Messung der Temperatur erlaubt ebenfalls die Bestimmung der absoluten Luftfeuchte und kann angewendet werden, wenn sichergestellt ist, daß die Genauigkeit im Betrag der absoluten Luftfeuchte dem oben geforderten Wert entspricht.

ANMERKUNG: Diese Messung darf auch mit einem belüfteten Feucht- und Trockenkolben-Hygrometer durchgeführt werden. Die absolute Luftfeuchte als Funktion der Thermometeranzeigen ist in Bild 5 angegeben, aus dem darüber hinaus die relative Luftfeuchte ermittelt werden kann. Es ist wichtig, durch einen angemessenen Luftstrom einen eingeschwungenen Zustand zu erreichen und die Thermometer sorgfältig abzulesen, um übermäßige Fehler bei der Bestimmung der Feuchte zu vermeiden.