

 **Documents**
Document Sharing Hub

Nationales Vorwort

Zuständig für diese Europäische Norm ist in Deutschland das Komitee 451 „Isolatoren“ der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE).

Diese Norm enthält die Deutsche Fassung der Europäischen Norm EN 60507:1993, die die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm IEC 507:1991 beinhaltet.

Die in der Deutschen Fassung zitierten regionalen und Internationalen Normen entsprechen folgenden Deutschen Normen:

Regionale/Internationale Norm	Deutsche Norm	VDE-Klassifikation
HD 558.1 S1:1991 (= IEC 60-1:1989)	DIN VDE 0432 Teil 1	VDE 0432 Teil 1
IEC 71-1	DIN VDE 0111 Teil 1 und DIN VDE 0111 Teil 1 A1	VDE 0111 Teil 1 VDE 0111 Teil 1 A1

Zitierte Normen

- in der Deutschen Fassung:

Siehe [Anhang ZA](#).

- in nationalen Zusätzen:

DIN VDE 0111 Teil 1	Isolationskoordination für Betriebsmittel in Drehstromnetzen über 1 kV; Isolation Leiter gegen Erde
DIN VDE 0111 Teil 1 A1	Isolationskoordination für Betriebsmittel in Drehstromnetzen über 1 kV; Isolation Leiter gegen Erde, Änderung 1
DIN VDE 0432 Teil 1	Hochspannungs-Prüftechnik; Begriffe und allgemeine Festlegungen zur Prüfung

Frühere Ausgaben

VDE 0448/07.40; 01.63

DIN 57 448 Teil 1/VDE 0448 Teil 1/10.75

DIN 57 448 Teil 2/VDE 0448 Teil 2/09.77

Änderungen

Gegenüber [DIN 57 448 Teil 1/VDE 0448 Teil 1/10.75](#) und [DIN 57 448 Teil 2/VDE 0488 Teil 2/09.77](#) wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Festlegungen nach EN 60507:1993 übernommen.

DK 621.315.62.025.027.5/8:620.193.27

Deskriptoren: Hochspannungs-Isolatoren, Fremdschichtprüfungen, Salz-Nebel-Verfahren, Verfahren mit haftender Fremdschicht

Deutsche Fassung

**Fremdschichtprüfungen an Hochspannungs-Isolatoren
zur Anwendung in Wechselspannungssystemen**
(IEC 507:1991)

Artificial pollution tests on high-voltage
insulators to be used on a.c. systems
(IEC 507:1991)

Essais sous pollution artificielle des
isolateurs pour haute tension destinés
aux réseaux à courant alternatif
(CEI 507:1991)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 9. Dezember 1992 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, 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 507:1991 ergab, daß für die Annahme als Europäische Norm (EN) keine gemeinsamen Abänderungen notwendig waren.

Das Bezugsdokument wurde den CENELEC-Mitgliedern zur formellen Abstimmung vorgelegt und von CENELEC am 9. Dezember 1992 als EN 60507 genehmigt.

Die folgenden Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum der Veröffentlichung
einer identischen nationalen Norm (dop) 1993-12-01
- spätestes Datum für die Zurückziehung
entgegenstehender nationaler Normen (dow) 1993-12-01

Für Erzeugnisse, die vor 1993-12-01 der einschlägigen nationalen Norm entsprochen haben, wie durch den Hersteller oder durch eine Zertifizierungsstelle nachgewiesen, darf diese vorhergehende Norm für die Fertigung bis 1998-12-01 noch weiter angewendet werden.

Als „normativ“ bezeichnete Anhänge sind Teil des Norminhalts. In dieser Norm ist Anhang ZA normativ.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 507:1991 wurde von CENELEC als Europäische Norm ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Inhalt

	Seite
Hauptabschnitt eins – Allgemeines	4
1 Anwendungsbereich	4
2 Zweck	4
3 Begriffe	4
Hauptabschnitt zwei – Allgemeine Prüfanforderungen	5
4 Prüfverfahren	5
5 Vorbereitung des Isolators für die Prüfung	5
6 Anforderungen an die Prüfanlage	6
Hauptabschnitt drei – Salz-Nebel-Verfahren	6
7 Salzlösung	6
8 Sprühsystem	8
9 Bedingungen vor Prüfbeginn	8
10 Vorkonditionierungsverfahren	8
11 Stehprüfung	9
12 Abnahmekriterium für die Stehprüfung	9
Hauptabschnitt vier – Verfahren mit haftenden Fremdschichten	9
13 Zusammensetzung der Verschmutzungssuspension	9
14 Hauptkennwerte inaktiver Materialien	10
15 Aufbringen der Fremdschicht	11
16 Ermittlung des Verschmutzungsgrades des Prüflings	11
17 Allgemeine Anforderungen für die Befeuchtung der Fremdschicht	12
18 Prüfverfahren	12
19 Stehprüfung und Abnahmekriterium (gilt für beide Verfahren A und B)	13
Bild 1	14
Bild 2	15
Bild 3	16
Bild 4	17
Bild C.1	22
Bild C.2	22
Bild D.1	24
Anhang A Ergänzende Information für die Festlegung der Anforderungen an die Prüfanlage	18
Anhang B Ermittlung der Stehspannungs-Kennwerte von Isolatoren	19
Anhang C Messung der Schichtleitfähigkeit zur Prüfung der Gleichmäßigkeit der Schicht	21
Anhang D Zusätzliche Empfehlung bezüglich der Verfahren mit haftender Fremdschicht	23
Anhang ZA (normativ)	25

Hauptabschnitt eins – Allgemeines

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für die Bestimmung der Stehspannungskennwerte von Freiluft-Isolatoren aus Keramik und Glas, die Fremdschichteinflüssen ausgesetzt sind und in Wechselspannungssystemen angewendet werden, deren höchste Systemspannung im Bereich zwischen 1000 V und 765 kV liegt.

Diese Prüfungen sind nicht unmittelbar anwendbar auf eingefettete Isolatoren oder besondere Isolatortypen (Isolatoren, die mit leitfähiger Glasur oder mit irgendeinem organischen Isolierstoff überzogen sind).

2 Zweck

Zweck dieser Norm ist es, Verfahren für die Fremdschichtprüfung zu beschreiben, die auf Isolatoren für Freileitungen, Schaltanlagen und Bahnstromleitungen sowie auf Durchführungen anwendbar sind.

3 Begriffe

Für den Zweck dieser Norm gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Prüfspannung

Effektivwert der Spannung, mit der der Isolator während der gesamten Prüfdauer ständig beansprucht wird.

3.2 Kurzschlußstrom (I_{sc}) der Prüfanlage

Effektivwert des durch die Prüfanlage fließenden Stromes, wenn der Prüfling bei Prüfspannung kurzgeschlossen wird.

3.3 Spezifische Kriechweglänge (L_s) eines Isolators

Gesamtkriechweglänge L eines Isolators, dividiert durch das Produkt aus der Prüfspannung und $\sqrt{3}$; im allgemeinen in mm/kV ausgedrückt.

3.4 Formfaktor eines Isolators (F)

Der Formfaktor wird aus den Maßen des Isolators ermittelt. Zur graphischen Bestimmung des Formfaktors wird der reziproke Wert des Isolatorumfangs (l/p) als Funktion der Teilkriechweglänge l aufgezeichnet, berechnet vom Ende des Isolators bis zum betrachteten Punkt.

Der Formfaktor ergibt sich aus der Fläche unterhalb dieser Kurve und wird entsprechend der folgenden Gleichung berechnet:

$$F = \int_0^L \frac{dl}{p(l)}.$$

3.5 Salzmassenkonzentration (S_s)

Konzentration des gelösten Salzes im Leitungswasser, ausgedrückt durch die Salzmasse, dividiert durch das Volumen der Lösung, im allgemeinen in kg/m³ angegeben.

3.6 Fremdschicht

Eine elektrolytisch leitende Schicht auf der Isolatoroberfläche, die sich aus Salz und inaktiven Materialien zusammensetzt.

Der Leitwert der Fremdschicht auf dem Isolator wird nach [Abschnitt 16.1](#) gemessen.

3.7 Schichtleitfähigkeit (K)

Leitwert der Fremdschicht, multipliziert mit dem Formfaktor, im allgemeinen in μS ausgedrückt.

3.8 Salzablagerungsdichte (SDD)

Salzmasse in der Ablagerung auf einer vorgegebenen Oberfläche des Isolators (Metallteile und Einkittung gehören nicht zur Oberfläche), dividiert durch die Größe dieser Oberfläche (siehe [Abschnitt 16.2](#)), im allgemeinen in mg/cm² ausgedrückt.

3.9 Verschmutzungsgrad

Wert der Größe (Salzmassenkonzentration, Schichtleitfähigkeit, Salzablagerungsdichte), die die auf den zu prüfenden Isolator aufgetragene Fremdschicht kennzeichnet.

3.10 Referenzsalzmassenkonzentration

Wert der für eine Prüfung verwendeten Salzmassenkonzentration.

3.11 Referenzschichtleitfähigkeit

Wert der für eine Prüfung verwendeten Schichtleitfähigkeit. Er wird als Maximalwert der Leitfähigkeit der befeuchteten Schicht eines Isolators definiert, an den nur zum Zwecke der Leitwertmessung eine Spannung angelegt wird.

3.12 Referenzsalzablagerungsdichte

Wert der für eine Prüfung verwendeten Salzablagerungsdichte. Er wird als der Mittelwert der an einigen Isolatoren (oder an Teilen von diesen) gemessenen Salzablagerungsdichte festgelegt, die zu diesem Zweck unter den verschmutzten Isolatoren ausgewählt werden, bevor sie der Prüfung unterzogen werden.

3.13 Festgelegter Stehverschmutzungsgrad

Referenzverschmutzungsgrad, bei dem ein Isolator mindestens drei von vier Stehprüfungen bei festgelegter Prüfspannung unter den in [Abschnitt 11](#) oder [19](#) beschriebenen Bedingungen standhalten muß.

3.14 Maximaler Stehverschmutzungsgrad

Maximaler Verschmutzungsgrad, bei dem mindestens drei von vier Stehprüfungen bei festgelegter Prüfspannung unter den in [Abschnitt 11](#) oder [19](#) beschriebenen Bedingungen bestanden werden.

3.15 Festgelegte Stehspannung

Prüfspannung, bei der ein Isolator mit festgelegtem Verschmutzungsgrad mindestens drei von vier Prüfungen unter den in [Abschnitt 11](#) oder [19](#) beschriebenen Bedingungen standhalten muß.

3.16 Maximale Stehspannung

Maximale Prüfspannung, bei der mindestens drei von vier Stehprüfungen mit festgelegtem Verschmutzungsgrad unter den in [Abschnitt 11](#) oder [19](#) beschriebenen Bedingungen bestanden werden.

Hauptabschnitt zwei – Allgemeine Prüfanforderungen

4 Prüfverfahren

Für Standardprüfungen werden die beiden folgenden Verfahren der Fremdschichtprüfung empfohlen:

- Salz-Nebel-Verfahren (Hauptabschnitt drei), bei dem der Isolator einer bestimmten, verschmutzten Umgebung ausgesetzt wird;
- Verfahren mit haftender Fremdschicht (Hauptabschnitt vier), bei dem eine vorgegebene, hinreichend gleichmäßige, haftende Fremdschicht auf die Isolatoroberfläche aufgetragen wird.

ANMERKUNG: Bei diesen Prüfverfahren wird die Spannung über eine Zeitspanne von mindestens mehreren Minuten konstant gehalten. Varianten, die eine kontinuierliche Spannungssteigerung bis zum Überschlag vorsehen, werden nicht genormt, können jedoch für besondere Fälle verwendet werden.

5 Vorbereitung des Isolators für die Prüfung

5.1 Prüfaufbau

Der Isolator muß zusammen mit den fest zugehörigen Metallarmaturen in der Prüfkammer aufgebaut werden. Für den Vergleich unterschiedlicher Isolortypen wird im allgemeinen die senkrechte Lage vorgeschlagen. Prüfungen in anderen Lagen (geneigt, waagrecht), die die tatsächlichen Betriebsbedingungen wiedergeben, dürfen durchgeführt werden, wenn dies zwischen dem Hersteller und dem Anwender vereinbart wurde. Falls es besondere Gründe gibt, Isolatoren nicht in der senkrechten Lage zu prüfen (z. B. Wanddurchführungen und Längsisolierung von Leistungsschaltern), darf nur die Betriebslage berücksichtigt werden.

Der Mindestabstand zwischen irgendeinem Teil des Isolators und irgendeinem geerdeten Gegenstand, außer der Haltevorrichtung für den Isolator und gegebenenfalls den Zerstäuberdüsen, darf nicht kleiner als 0,5 m je 100 kV Prüfspannung und in keinem Fall kleiner als 1,5 m sein.

Die Anordnungen der Haltevorrichtung und der unter Spannung stehenden Metallteile müssen, zumindest innerhalb ihres Mindestabstandes vom Isolator, die Anordnung wiedergeben, die im Betrieb erwartet wird. Die Anordnung der Düsen und deren Konstruktion werden in [Abschnitt 8](#) beschrieben.

Hinsichtlich des Einflusses der kapazitiven Wirkungen auf die Prüfergebnisse können auf Grund der bisherigen Erfahrungen folgende Aussagen getroffen werden:

- Es wird angenommen, daß Armaturen die Ergebnisse nicht wesentlich beeinträchtigen, zumindest nicht bei Prüfspannungen bis 450 kV;
- Hohe Eigenkapazitäten können auf das Oberflächenverhalten einen gewissen Einfluß haben, besonders bei Prüfverfahren mit haftender Fremdschicht.

5.2 Reinigung des Isolators

Der Isolator muß sorgfältig gereinigt werden, so daß sämtliche Spuren von Schmutz und Fett beseitigt sind. Nach der Reinigung darf die Isolatoroberfläche nicht mit der Hand berührt werden.

ANMERKUNG: Falls erforderlich, sollten die Metallteile und die Einkittung mit einem salzwasserbeständigen Lack versehen werden, um sicherzustellen, daß sich während der Prüfung keine Korrosionsprodukte auf der Isolatoroberfläche ablagern.

Zur Reinigung muß Wasser, vorzugsweise auf etwa 50 °C erwärmt, unter Zusatz von Trinatriumphosphat oder einem anderen Reinigungsmittel verwendet werden. Anschließend ist der Isolator gründlich mit Leitungswasser abzuspülen. Die Oberfläche des Isolators wird als ausreichend sauber und frei von Fett betrachtet, wenn großflächige Benetzung eintritt.

Zwischen den einzelnen Fremdschichtprüfungen muß der Isolator erneut gründlich mit reinem Leitungswasser abgespült werden, um sämtliche Verschmutzungsspuren zu beseitigen.

6 Anforderungen an die Prüfanlage

6.1 Prüfspannung

Die Frequenz der Prüfspannung muß zwischen 48 Hz und 62 Hz sein.

Üblicherweise entspricht die Prüfspannung der höchsten Spannung (Wert zwischen Phase und Erde), der der Isolator unter üblichen Betriebsbedingungen standhalten muß. Für Betriebsmittel beträgt die Prüfspannung $U_m/\sqrt{3}$, wobei U_m die höchste Spannung für Betriebsmittel ist (siehe IEC 71-1). Dieser Wert ist höher, wenn Isolatoren für Phase-Phase-Anordnungen oder für Netze mit isoliertem Sternpunkt geprüft werden.

6.2 Mindestkurzschlußstrom

Für Fremdschichtprüfungen benötigt die Prüfanlage einen höheren Kurzschlußstrom (I_{sc}) als für andere Isolatorprüfverfahren. Das bedeutet, daß I_{sc} einen Mindestwert aufweisen muß, der sich in Abhängigkeit von den Prüfbedingungen verändert. Darüber hinaus gibt es auch Anforderungen an andere Parameter der Prüfanlage.

Der Mindestwert von I_{sc} ($I_{sc\ min}$) ist in Bild 1 als Funktion der elektrischen Spannungsbeanspruchung des geprüften Isolators angegeben, ausgedrückt als spezifische Kriechweglänge L_s .

Außer der obigen Anforderung an den Wert $I_{sc\ min}$ muß die Prüfanlage den beiden folgenden Bedingungen gerecht werden:

- Verhältnis ohmscher Widerstand/Reaktanz (R/X) gleich oder größer 0,1;
- Verhältnis kapazitiver Strom/Kurzschlußstrom (I_c/I_{sc}) im Bereich 0,001 bis 0,1.

Weitere Informationen über die zur Einschätzung der obigen Anforderungen zu befolgenden Kriterien sind in Anhang A enthalten.

Wenn der Wert I_{sc} der Prüfanlage zwar über 6 A liegt, aber nicht mit den in Bild 1 angegebenen Grenzwerten übereinstimmt, kann der Nachweis der Fremdschicht-Nenn-Stehspannung eines Isolators (siehe Abschnitte 11 und 18) oder die Ermittlung seiner Stehspannungs-Kennlinie (siehe Anhang B) dennoch erfolgen, vorausgesetzt, daß mit Hilfe der folgenden Prüfung die Zulässigkeit der Spannungsquelle direkt festgestellt wird.

Bei jeder einzelnen Prüfung im Rahmen dieser Prüfung wird die höchste Amplitude der Ableitstromimpulse aufgezeichnet und für die drei bei Stehspannung durchgeführten und bestandenen Prüfungen deren Maximalwert ($I_{h\ max}$) ermittelt.

Der Wert $I_{h\ max}$ muß der folgenden Gleichung entsprechen:

$$I_{sc}/I_{h\ max} \geq 11$$

Dabei werden I_{sc} als Effektivwert und $I_{h\ max}$ als Scheitelwert angegeben.

Weitere Einzelheiten sind in Anhang A aufgeführt.

Da die Ableitströme für die Auswertung der Ergebnisse verwendet werden können, wird empfohlen, geeignete Meßgeräte für die Aufzeichnung dieser Ströme während der Fremdschichtprüfungen vorzusehen.

Hauptabschnitt drei – Salz-Nebel-Verfahren

7 Salzlösung

Die Salzlösung muß aus Natriumchlorid (NaCl) von handelsüblicher Reinheit und Leitungswasser hergestellt werden.

ANMERKUNG: Leitungswasser hoher Härte, z. B. mit einer CaCO_3 -Massenkonzentration von mehr als 350 g/m³, kann auf der Isolatoroberfläche Kalksteinablagerungen verursachen. In diesem Fall wird empfohlen, zur Herstellung der Salzlösung entionisiertes Wasser zu verwenden.

Die Härte des Leitungswassers wird als entsprechende Massenkonzentration an CaCO_3 gemessen. *)

*) In Übereinstimmung mit „Condensed Chemical Dictionary“, überarbeitet von G. Hawley, Enzyklopädie der Chemie; Van Nostrand Reinhold Company, New York (USA), 1971.

Die angewendete Salzmassenkonzentration muß einem der folgenden Werte entsprechen:

2,5 – 3,5 – 5 – 7 – 10 – 14 – 20 – 28 – 40 – 56 – 80 – 112 – 160 und 224 kg/m³.

Die höchstzulässige Grenzabweichung der Salzmassenkonzentration beträgt $\pm 5\%$ des festgelegten Wertes.

Es wird empfohlen, die Salzmassenkonzentration entweder durch Messung der elektrischen Leitfähigkeit oder durch Messung der Dichte unter Berücksichtigung einer Temperaturkorrektur zu bestimmen.

In Tabelle 1 wird die Beziehung zwischen der Salzmassenkonzentration, der Volumenleitfähigkeit und der Dichte der Lösung bei einer Temperatur von 20 °C dargestellt.

Beträgt die Temperatur der Lösung nicht 20 °C, müssen die Werte der Leitfähigkeit und der Dichte korrigiert werden.

Die Temperatur der Salzlösung muß zwischen 5 °C und 30 °C liegen, da keine Erfahrungen vorliegen, auf Grund derer Prüfungen, die außerhalb dieses Temperaturbereiches durchgeführt werden, für gültig erklärt werden können.

Tabelle 1: Salz-Nebel-Verfahren: Beziehung zwischen dem Wert der Salzmassenkonzentration, der Volumenleitfähigkeit und der Dichte der Lösung bei einer Temperatur von 20 °C

Salzmassenkonzentration S_a kg/m ²	Volumenleitfähigkeit σ_{20} S/m	Dichte Δ_{20} kg/m ³
2,5	0,43	—
3,5	0,6	—
5	0,83	—
7	1,15	—
10	1,6	—
14	2,2	—
20	3	—
28	4,1	1018
40	5,6	1025,9
56	7,6	1037,3
80	10	1052,7
112	13	1074,6
160	17	1104,5
224	20	1140

Die Korrektur der Leitfähigkeit muß unter Heranziehung der folgenden Gleichung erfolgen:

$$\sigma_{20} = \sigma_{\theta} (1 - b (\theta - 20))$$

Hierbei ist:

θ die Lösungstemperatur in °C

σ_{θ} die Volumenleitfähigkeit bei einer Temperatur von θ °C in S/m

σ_{20} die Volumenleitfähigkeit bei einer Temperatur von 20 °C in S/m

b der von der Temperatur θ abhängende Faktor, wie nachstehend angegeben:

θ °C	b
5	0,03156
10	0,02817
20	0,02277
30	0,01905

ANMERKUNG: Für andere Werte der Temperatur θ innerhalb des Bereichs 5 °C bis 30 °C erhält man den Faktor b durch Interpolation.

Die Korrektur der Dichte muß unter Heranziehung der folgenden Gleichung erfolgen:

$$\Delta_{20} = \Delta_{\theta} (1 + (200 + 1,3 S_a)(\theta - 20) \cdot 10^{-6})$$

Hierbei ist:

θ die Lösungstemperatur in °C

Δ_{θ} die Dichte bei einer Temperatur von θ °C in kg/m³

Δ_{20} die Dichte bei einer Temperatur von 20 °C in kg/m³

S_a die Salzmassenkonzentration in kg/m³

Diese Gleichung gilt nur für Salzmassenkonzentrationen über 20 kg/m³.