

**Prüfung von Kunststoff-Isolatoren
für Betriebswechselspannungen über 1 kV**
Prüfung von Werkstoffen für Freiluftisolatoren

DIN
VDE 0441
Teil 1

Diese auch vom Vorstand des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE) e.V. genehmigte Norm ist damit zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist unter obenstehender Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekanntgegeben worden.

Tests on insulators of organic material
for systems with nominal alternating
voltages greater than 1000 V;
Tests on materials

Zusammenhang mit dem von der International Electrotechnical Commission (IEC) veröffentlichten Schriftstück 36(Secretariat)55, Ausgabe Januar 1984, siehe Erläuterungen.

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm (VDE-Bestimmung) gilt ab 1. Juli 1985.

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	2
2 Begriffe	2
2.1 Isolatoren-Konstruktion	2
2.2 Werkstoffe	2
2.3 Elektrische Eigenschaften	2
3 Prüfungen für Mantelwerkstoffe	2
3.1 Hochspannungs-Kriechstromfestigkeit (HK)	2
3.2 Hochspannungs-Lichtbogenfestigkeit (HL)	2
3.3 Hochspannungs-Diffusions-Durchschlagfestigkeit (HD)	4
4 Prüfung für Kernwerkstoffe	5
5 Angabe der Ergebnisse	5
5.1 Mantelwerkstoffe	5
5.2 Kernwerkstoffe	6
6 Bewertung der geprüften Werkstoffe	6

Fortsetzung Seite 2 bis 12

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für die Auswahl von Mantel- und Kernwerkstoffen für die Herstellung von Hochspannungs-Freiluftisolatoren über 1 kV nach elektrischen Gesichtspunkten.

2 Begriffe

2.1 Isolatoren-Konstruktion

2.1.1 Einstoffisolator

Ein Einstoffisolator im Sinne dieser Norm ist aus einem Isolierstoff aufgebaut.

2.1.2 Verbundisolator

Ein Verbundisolator im Sinne dieser Norm ist aus mindestens zwei voneinander verschiedenen Isolierstoffen aufgebaut. Die Isolierstoff-Grenzflächen (Verbundzonen) liegen hauptsächlich parallel zur Richtung des elektrischen Feldes. Die Zugkräfte werden von einem Kern aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK-Kern) übernommen.

2.2 Werkstoffe

2.2.1 Mantelwerkstoffe

Mantelwerkstoffe sind Werkstoffe für Isolatorteile, deren Oberfläche der freien Atmosphäre ausgesetzt ist.

2.2.2 Kernwerkstoffe

Kernwerkstoffe sind Werkstoffe für Isolatorteile, die von einem Mantelwerkstoff umhüllt sind und die üblicherweise die mechanischen Kräfte aufnehmen.

2.3 Elektrische Eigenschaften

2.3.1 Hochspannungs-Kriechstromfestigkeit (HK)

Die Hochspannungs-Kriechstromfestigkeit ist die Widerstandsfähigkeit des Isolierstoffes gegen Kriechspurbildung durch Funkenentladungen, unter erschwerten Umweltbedingungen bei Hochspannung. Sie wird nach [DIN VDE 0303 Teil 10](#) bestimmt.

2.3.2 Hochspannungs-Lichtbogenfestigkeit (HL)

Die Hochspannungs-Lichtbogenfestigkeit ist die Widerstandsfähigkeit des Isolierstoffes gegen die Bildung leitfähiger Kriechspuren unter der Einwirkung stromschwacher Lichtbögen bei Hochspannung. Sie wird nach Abschnitt 3.2 bestimmt.

2.3.3 Hochspannungs-Diffusions-Durchschlagfestigkeit (HD)

Die Hochspannungs-Diffusions-Durchschlagfestigkeit ist die Widerstandsfähigkeit des Isolierstoffes gegen Wärmedurchschläge nach Wasserdiffusion. Sie wird nach [Abschnitt 3.3](#) bestimmt.

3 Prüfungen für Mantelwerkstoffe

3.1 Hochspannungs-Kriechstromfestigkeit (HK)

3.1.1 Prüflinge

Zur Durchführung der Prüfung werden 20 Prüflinge benötigt. Die Maße der Prüflinge sind 120 mm × 50 mm × 10 mm (siehe [Bild 1](#)). Die zu prüfenden Oberflächen der Prüflinge müssen unbearbeitet, frei von Kratzern und Beschädigungen sein. Diese Oberflächen werden mit Isopropyl-Alkohol und anschließend mit deionisiertem Wasser gesäubert.

3.1.2 Prüfeinrichtungen und Prüfanordnung

Prüfeinrichtung und Prüfanordnung entsprechen [DIN VDE 0303 Teil 10](#).

3.1.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung der Prüfung erfolgt nach [DIN VDE 0303 Teil 10](#), Verfahren A.

Abweichend von [DIN VDE 0303 Teil 10](#) ist es zulässig, die Prüfung mit 3,5 kV zu beginnen.

Anmerkung: In diesem Fall sind, da für jede Spannung 5 neue Prüflinge benötigt werden, 10 Prüflinge ausreichend.

3.1.4 Prüfergebnis

In Anlehnung an [DIN VDE 0303 Teil 10](#) ergibt sich folgende Klassenteilung:

HK-Klasse 0: Einer der fünf Prüflinge besteht die Prüfung mit 2,5 kV während 6 Stunden nicht.

HK-Klasse 1: Jeder der fünf Prüflinge besteht die Prüfung mit 2,5 kV mehr als 6 Stunden.

HK-Klasse 2: Jeder der fünf Prüflinge besteht die Prüfung mit 3,5 kV mehr als 6 Stunden.

HK-Klasse 3: Jeder der fünf Prüflinge besteht die Prüfung mit 4,5 kV mehr als 6 Stunden.

3.2 Hochspannungs-Lichtbogenfestigkeit (HL)

3.2.1 Prüflinge

Zur Durchführung der Prüfung werden zehn Prüflinge benötigt.

Die Maße der Prüflinge sind mindestens 30 mm × 15 mm × 10 mm (¹/₄ Normstab nach [DIN 16946 Teil 1](#)). Die zu prüfenden Oberflächen müssen unbearbeitet, frei von Kratzern und Beschädigungen sein.

3.2.2 Prüfeinrichtung

Die Prüfeinrichtung muß aus folgenden Betriebsmitteln bestehen (siehe [Bilder 2 bis 4](#)).

3.2.2.1 Elektrischer Prüfkreis

a) Transformator Tr_1

Nenn-Sekundärspannung: 15 kV

Nenn-Frequenz: 48 bis 62 Hz

Hochspannungsseitiger Kurzschlußstrom mit vorgeschaltetem Regeltransformator:

≥ 60 mA

b) Regel-Transformator Tr_2

Nennstrom: ≥ 7 A

c) Regelwiderstände

R_{10} , R_{20} , R_{30} und R_{40} zum Einstellen eines hochspannungsseitigen Lichtbogenstromes von 10, 20, 30 oder 40 mA.

Anmerkung: Bewährt hat sich ein Prüfkreis mit einem Transformator Tr_1 , Nenn-Primärspannung 115 V, ein Regeltransformator Tr_2 , geregelte Spannung 0 bis 135 V und den Widerständen $R_{10} = 60 \Omega$, $R_{20} = 50 \Omega$, $R_{30} = 30 \Omega$ und $R_{40} = 15 \Omega$.

d) Entstörwiderstand R_s

R_s : 15 k Ω , Nennleistung ≥ 24 W

e) Eisenlose Entstördrosseln X_s

X_s : 1,2 bis 1,5 H

Anmerkung 1: Der Entstörwiderstand R_s und die eisenlose Entstördrossel X_s dienen zur Unterdrückung hochfrequenter Anteile im Lichtbogenstrom.

Anmerkung 2: Die Entstördrossel X_S soll aus mindestens acht einzelnen Spulen zusammengesetzt sein. Als Einzelspule haben sich Spulen aus isolierten Kupfer-Runddraht 0,25 mm Durchmesser mit 3000 bis 5000 Windungen auf einem isolierten, nichtmetallischen Kern von etwa 12,5 mm Durchmesser und 16 mm Länge bewährt.

f) Spannungsmesser

Die Primärspannung muß mit einem Spannungsmesser der Genauigkeitsklasse 0,5 und einem Skalenteilungswert von 1 V gemessen werden.

g) Strommesser

Der Effektivwert des Lichtbogenstromes von 10 bis 40 mA muß mit einem Gerät mit Fehlergrenzen $\pm 2,5\%$ gemessen werden.

h) Zeitgeber T

Der Zeitgeber T muß den Primärstromkreis des Transformators Tr_2 nach dem Zeitplan nach Tabelle 1 schließen und öffnen sowie die notwendigen Regelwiderstände zuschalten. Als Zeitabweichungen sind $\pm 0,01$ Sekunden zulässig. Zwischen den einzelnen Stufen ist keine Unterbrechung zulässig. Die Gesamtzeit bis zum Ausfall des Prüflings ist mit einem Gerät mit Fehlergrenzen von $+0,5$ Sekunden zu messen.

Anmerkung: In den ersten Stufen wird der Lichtbogen unterbrochen, um eine weniger harte Prüfbedingung zu erhalten als bei dauernd eingeschaltetem Lichtbogen. Ein Strom von weniger als 10 mA würde einen unsteten (flackernden) Lichtbogen ergeben. Der Prüfkreis darf auch nach Bild 2, Prüfkreis B, ausgeführt werden. Die in Abschnitt 3.2.2.1 h) angegebenen Zeitabweichungen von $\pm 0,01$ Sekunden dürfen dann in den Stufen 10, 20, 30, 40 der Tabelle 1 bis zu ± 1 Sekunde überschritten werden.

3.2.2.2 Elektrodenanordnung

a) Wolfram-Stabelektroden

Die Wolfram-Stabelektroden dürfen aus Stabmaterial mit 2,4 mm Durchmesser und etwa 25 mm Länge hergestellt werden. Die Stäbe müssen frei von Sprüngen, Grübchen oder rauen Stellen sein. Das Material kann durch Erwärmen auf dunkelrote Farbe, Reiben auf einem Block aus Alkalinitrit und unmittelbar folgendes Abschrecken in Wasser gereinigt werden. Die Stäbe sind dann, wie in Bild 3 dargestellt, in einem Schaft zu befestigen.

Die Oberfläche der Stabelektroden muß poliert sein. Die elliptische Fläche der Elektroden muß eine hochglanzpolierte Fläche darstellen, die unter einem Winkel von $(30 \pm 1)^\circ$ zur Achse der Elektrode geneigt ist. Bei 15facher Vergrößerung dürfen keine Grate oder rauen Kanten festzustellen sein. Die Spitzen müssen nachgearbeitet werden, wenn eine Untersuchung der Kante, aus der der Lichtbogen austritt, ergibt, daß sie sich auf einen Durchmesser von 0,08 mm abgerundet hat, oder wenn bei 15facher Vergrößerung Grate oder rauhe Kanten beobachtet werden.

b) Halterung für Wolfram-Stabelektroden

Die Elektroden sind in die Elektrodenhalterung (siehe Bild 4) so einzusetzen, daß ihre Spitzen einen Abstand von $(6,35 \pm 0,05)$ mm haben. Die kurzen Achsen der hochglanzpolierten, elliptischen Flächen der Spitzen müssen horizontal liegen.

Die Elektrodenhalterung muß es ermöglichen, daß jede Elektrode unabhängig von der anderen auf der Oberfläche des Prüflings mit einer Kraft von $(0,5 \pm 0,05)$ N aufliegt.

Bei der Durchführung der Prüfung müssen die Elektroden in der gleichen vertikalen Ebene liegen und beide mit 35° zur Horizontalen geneigt sein, so daß sie einen Winkel von 110° zwischen ihren Achsen einschließen.

Die Elektrodenhalterung muß mit einer durchsichtigen Zugluftabdeckung versehen sein, um eine Ablenkung des Lichtbogens durch zufällige Luftströmungen zu verhindern. Diese Abdeckung muß den Lichtbogen völlig, aber nicht zu dicht umgeben und belüftet sein, um die Entfernung von Verbrennungsprodukten durch den Konvektionsstrom zu ermöglichen. Die Abschirmung darf die Selbstausrichtung der Elektroden nicht behindern.

3.2.2.3 Justieren des Prüfkreises

3.2.2.3.1 Prüfspannung

Im Leerlauf soll die Prüfspannung 12,5 kV betragen, gemessen mit einem Effektiv-Meßgerät.

3.2.2.3.2 Prüfströme

Durch Schließen des Hauptschalters S_1 wird die Prüfeinrichtung eingeschaltet. Während die Wolfram-Stabelektroden auf einem geschliffenen, unglasierten Keramikblock aufliegen, wird bei geschlossenem Kontakt t_{10} der Widerstand R_{10} so eingestellt, daß sich der erforderliche Lichtbogenstrom von 10 mA ergibt.

Tabelle 1. Reihenfolge der 1-Minuten-Strom-Stufen

Stufe Kurzzeichen	Strom mA	Zeitzyklus	Gesamtdauer s
$\frac{1}{6}-10$	10	0,25 s ein, 1,75 s aus	von 0 bis 60
$\frac{1}{4}-10$	10	0,25 s ein, 0,75 s aus	über 60 bis 120
$\frac{1}{2}-10$	10	0,25 s ein, 0,25 s aus	über 120 bis 180
10	10	60 s ein	über 180 bis 240
20	20	60 s ein	über 240 bis 300
30	30	60 s ein	über 300 bis 360
40	40	60 s ein	über 360 bis 420