

Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen

Grundsätzliche Festlegungen

DIN
VDE 0110
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.

Insulation co-ordination for equipment within low-voltage systems;
Fundamental requirements

Ersatz für
DIN 57109/VDE 0109/12.83
und mit
DIN VDE 0110 Teil 2/01.89
Ersatz für
VDE 0110/11.72 und
DIN 57110b/VDE 0110b/02.79

Zusammenhang mit regionalen und internationalen Normen siehe Erläuterungen.

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm (VDE-Bestimmung) gilt ab 1. Januar 1989.

Daneben gilt VDE 0110/11.72 mit DIN VDE 0110b/02.79 für die Anwendung

- durch den Konstrukteur ohne Vorliegen einer entsprechenden Norm bis 30. Juni 1989,
 - durch technische Komitees bei Überarbeitung bestehender Normen bis 31. Dezember 1989,
- sowie DIN VDE 0109/12.83 bis 31. Dezember 1989.

Entwurf war veröffentlicht als DIN VDE 0110 Teil 1/10.85.

Vorbemerkung

Die vorliegende Norm ist eine sachliche Übernahme des

- IEC-Report 664 (1980) und der ersten Ergänzung
- IEC-Report 664A (1981),

bis auf

- Bild 1 des IEC-Report 664
- Abschnitt 4.1: Tabelle 1
- Abschnitt 4.1: vorletzter Absatz
- Abschnitt 4.4: Tabelle 2a, Verschmutzungsgrad 2

der vom IEC-Unterkomitee 28A entsprechend der Pilotaufgabe erarbeitet wurde.

Der IEC-Report und somit auch diese Norm richten sich ausschließlich an technische Komitees und Unterkomitees (weiterhin kurz „Komitees“ genannt).

In Verbindung mit DIN VDE 0110 Teil 2 gilt diese Norm auch

- für die in den betreffenden Normen auf DIN VDE 0110 verwiesen ist oder
- für die in den betreffenden Normen keine Werte für Luft- und Kriechstrecken angegeben sind oder
- für die keine Normen vorhanden sind.

Fortsetzung Seite 2 bis 16

Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)

Inhalt		
	Seite	Seite
1 Anwendungsbereich und Zweck	2	
1.1 Anwendungsbereich.	2	
1.2 Zweck.	2	
2 Begriffe	2	
3 Grundsätze der Isolationskoordination	3	
4 Bemessung der Luftstrecken	3	
4.1 Bemessungs-Stoßspannung für Luftstrecken	3	
4.2 Verschmutzungsgrad	4	
4.3 Formgebung des Isolierstoffes	4	
4.4 Bestimmung der Luftstrecke aus der Tabelle .	4	
5 Bemessung der Kriechstrecken	6	
5.1 Bemessungsspannung für Kriechstrecken. . .	6	
5.2 Verschmutzungsgrad	7	
5.3 Isolierstoff.	7	
5.4 Formgebung des Isolierstoffes	7	
5.5 Bestimmung der Kriechstrecke aus der Tabelle.	7	
6 Koordinierung der Luft- und Kriechstrecken	9	
6.1 Grundsätzliches.	9	
6.2 Besonderheiten	9	
6.2.1 Trennstrecken	9	
6.2.2 Luftstrecken zur Überspannungs- Begrenzung.	9	
7 Prüfungen	9	
7.1 Messung der Luft- und Kriechstrecken	9	
7.2 Spannungsprüfungen	12	
7.2.1 Auswahl der Prüfspannungsart	12	
7.2.2 Prüfschaltung, Höhe der Prüfspannung und Prüfdauer	12	
Anhang A Arbeitsblatt zur Bestimmung der Luft- und Kriechstrecken	14	

1 Anwendungsbereich und Zweck

1.1 Anwendungsbereich

Diese Norm ist eine im Rahmen der Pilotfunktion „Isolationskoordination für Spannungen unter 1000 V“ erarbeitete Grundnorm. Sie behandelt die Isolationskoordination in Niederspannungsanlagen einschließlich der Luft- und Kriechstrecken für elektrische Betriebsmittel mit einer Nennspannung bis 1200 V Gleichspannung oder 1000 V Wechselspannung mit Nennfrequenzen bis 30 kHz und für einen Einsatz bis zu 2000 m über NN. In Höhenlagen über 2000 m über NN ist die Abnahme der Durchschlagsfestigkeit in Luft zu berücksichtigen.

Nicht zum Anwendungsbereich gehören die Abstände durch feste¹⁾ oder flüssige Isolierstoffe, durch komprimierte Gase, ionisierte Gase oder andere Gase als Luft.

Diese Norm richtet sich ausschließlich an technische Komitees und Unterkomitees der DKE, im folgenden kurz mit Komitee bezeichnet.

Festlegungen für zusätzliche und verstärkte Isolierungen sind DIN VDE 0106 Teil 1 zu entnehmen.

1.2 Zweck

Diese Norm legt die Mindestisolationsstrecken für Betriebsmittel nach Abschnitt 1.1 im allgemeinen fest. Sie dient Komitees durch ausreichende Bemessung der Luft- und Kriechstrecken der Betriebsmittel, Personen oder Sachwerte vor den Auswirkungen von elektrischen Spannungen oder Strömen (z. B. Brandgefahr) oder vor Funktionsversagen der Betriebsmittel infolge Isolationsversagen auf bestmögliche Weise zu schützen.

Mindestisolationsstrecken und Prüfspannungen sollen eine Koordination der Isolierungen von Betriebsmitteln und Anlagen der verschiedenen elektrotechnischen Sicherheitsnormen ermöglichen.

1) Anforderungen für feste Isolierungen sind in Beratung

2 Begriffe

2.1 Luftstrecke

Die kürzeste Entfernung in Luft zwischen zwei leitenden Teilen.

2.2 Kriechstrecke

Die kürzeste Entfernung entlang der Oberfläche eines Isolierstoffes zwischen zwei leitenden Teilen.

2.3 Nennspannung

Ein geeigneter gerundeter Spannungswert, der vom Hersteller für ein Betriebsmittel zur Bezeichnung oder Identifizierung angegeben wird.

2.4 Bemessungsspannungen

2.4.1 Bemessungs-Stoßspannung für Luftstrecken

Der Spannungswert, nach dem die Luftstrecken bemessen werden.

2.4.2 Bemessungsspannung für Kriechstrecken

Der Spannungswert, nach dem die Kriechstrecken bemessen werden.

2.5 Arbeitsspannung

Der höchste Wert des Effektivwertes der Wechselspannung oder der Gleichspannung, welcher an der betrachteten Isolierung langfristig auftreten kann. Transiente Überspannungen werden nicht berücksichtigt.

2.6 Zeitweilige Spannungserhöhung

Überspannung von mehreren Sekunden Dauer.

2.7 Transiente Überspannungen

2.7.1 Schalt-Überspannung

Überspannung aufgrund eines Schaltvorganges.

2.7.2 Blitz-Überspannung

Überspannung aufgrund einer Blitzentladung.

2.7.3 Funktions-Überspannung

Absichtlich erzeugte Überspannung, die zur Funktion eines Betriebsmittels notwendig ist.

2.8 Steh-Stoßspannung

Der Größtwert der höchsten Stoßspannung von vorgeschriebener Form und Polarität, welcher unter vorgegebenen Prüfbedingungen zu keinem Durchschlag führt.

Anmerkung: Die Steh-Stoßspannung ist gleich der oder größer als die Bemessungs-Stoßspannung.

2.9 Steh-Wechselspannung

Der Effektivwert der höchsten sinusförmigen Spannung bei Netzfrequenz, welcher unter vorgegebenen Prüfbedingungen zu keinem Durchschlag führt.

2.10 Verschmutzung

Alle festen, flüssigen oder gasförmigen Fremdstoffe (auch ionisierte Gase), die die Durchschlagsfestigkeit oder den spezifischen Oberflächenwiderstand verringern können.

2.11 Umgebungsbedingungen

Die für die jeweils betrachtete Luft- oder Kriechstrecke maßgebenden unmittelbaren Umgebungsbedingungen.

2.12 Isolation eines Betriebsmittels

Wirkung derjenigen Isolierungen im Betriebsmittel, die der elektrischen Trennung eines Stromkreises von anderen Stromkreisen, von Körpern oder anderen berührbaren Teilen dienen.

2.13 Isolationskoordination

Die Zuordnung der Kenngrößen der Isolation eines Betriebsmittels zu

- den erwarteten Überspannungen und den Kenngrößen der Überspannungs-Schutzvorkehrung und
- den erwarteten Umgebungsbedingungen und den Schutzmaßnahmen gegen Verschmutzung.

2.14 Trennstrecke

Die Luftstrecke zwischen den offenen Schaltstücken einer mechanischen Schaltvorrichtung, welche den Vorschriften für Trenner entspricht.

2.15 Homogenes (gleichförmiges) Feld

Ein elektrisches Feld mit im wesentlichen konstanten Spannungsgradienten zwischen den Elektroden.

2.16 Inhomogenes (ungleichförmiges) Feld

Ein elektrisches Feld mit im wesentlichen nicht konstanten Spannungsgradienten zwischen den Elektroden.

2.17 Überspannungskategorie

Zuordnung eines elektrischen Betriebsmittels zu der zu erwartenden Überspannung.

2.18 Überspannungs-Schutzvorkehrung

Ein Element, eine Gruppe oder eine Einrichtung, die die zu erwartende Überspannung begrenzt.

3 Grundsätze der Isolationskoordination

Isolationskoordination setzt voraus, daß die festen oder flüssigen Isolierstoffe parallel zu einer Luftstrecke eine höhere Stoßspannungsfestigkeit besitzen als die Steh-Stoßspannung der Luftstrecke oder die Ansprechspannung der zugehörigen Überspannungs-Schutzvorkehrung.

Isolationskoordination kann grundsätzlich erreicht werden durch:

- Bemessung der Luftstrecken nach den zu erwartenden Überspannungen unter Berücksichtigung der Bemessungswerte der eingesetzten Überspannungsschutz-Vorkehrung und den zu erwartenden Umgebungsbedingungen unter Berücksichtigung der getroffenen Schutzmaßnahmen gegen Verschmutzung.
- Bemessung der Kriechstrecke nach der Arbeitsspannung und den zu erwartenden Umgebungsbedingungen unter Berücksichtigung der getroffenen Schutzmaßnahmen gegen Verschmutzung sowie der verwendeten Isoliermaterialien.
- Bemessung der festen Isolierungen (z. Z. in Beratung).

4 Bemessung der Luftstrecken

Die Mindestwerte für Luftstrecken erhält man durch Anwendung der nachfolgenden Regeln (siehe auch Arbeitsblatt im Anhang A).

4.1 Bemessungs-Stoßspannung für Luftstrecken

Maßgebend für die Bemessung der Luftstrecken sind Stoßspannungen nach Tabelle 1. Zugrunde gelegt wird die Überspannungskategorie und in Anlagen mit geerdetem Sternpunkt die von der Nenn-Netzspannung abgeleitete Leiter-Erde-Spannung. In ungeerdeten Anlagen oder in Anlagen, in denen ein Leiter ungeerdet ist, gilt die Spannung zwischen den Leitern als die Spannung der Leiter gegen Erde.²⁾

Die Beschreibung der Überspannungskategorien ist aus DIN VDE 0110 Teil 2 zu entnehmen.

Die Komitees sollen für ihre Betriebsmittel die Überspannungskategorien festlegen.

Die Bemessung von Luftstrecken nach der nächst niedrigeren Überspannungskategorie ist erlaubt, wenn sichergestellt ist, daß die auftretenden transienten Überspannungen unterhalb der für diese Kategorien festgelegten Werte bleiben oder auf diese begrenzt werden. Typische Elemente, die die Überspannungen an den Schnittstellen beeinflussen, sind:

- Überspannungs-Schutzvorkehrung,
- Transformator mit getrennten Wicklungen,
- Verteilung mit Mehrfach-Verzweigungen (geeignet, die Energie der Stoßwelle zu verteilen),
- Kapazität, z. B. ein Kabel oder ein Kondensator (geeignet, die Energie der Stoßwelle aufzunehmen) oder
- Widerstand oder ähnliches Dämpfungsglied (geeignet, die Energie der Stoßwelle zu absorbieren).

Die Überspannungskategorie ist vom Hersteller anzugeben. Wenn zwei Werte angegeben sind, gibt der höhere Wert die Bemessungs-Stoßspannung und der niedrigere Wert die höchste Überspannung an, die durch das Betriebsmittel selbst erzeugt wird. In diesem Fall darf das Betriebsmittel auch in niedrigeren Überspannungskategorien, deren Bemessungs-Stoßspannung gleich oder höher ist als die vom Betriebsmittel erzeugte Überspannung, betrieben werden.

Die Bemessungs-Stoßspannungen sind in Tabelle 1 aufgeführt. Die Gerätekomitees müssen die Bemessungs-Stoß-

2) Diese Festlegungen werden derzeit international überarbeitet. Es ist zu erwarten, daß alle Anlagen wie im Sternpunkt geerdet behandelt werden.

Tabelle 1. **Bemessungs-Stoßspannungen**
(Spannungsform: 1,2/50 μ s nach DIN VDE 0432 Teil 2)

Spannungen Leiter-Erde in V abgeleitet von Nenn-Netzspannung bis zu U_{eff} und U_-	Bemessungs-Stoßspannung in V für Überspannungskategorie			
	I	II	III	IV
50	330	500	800	1 500
100	500	800	1 500	2 500
150	800	1 500	2 500	4 000
300	1 500	2 500	4 000	6 000
600	2 500	4 000	6 000	8 000
1 000	4 000	6 000	8 000	12 000

Anmerkung: Für Hilfskreise, denen keine eindeutige Nenn-Netzspannung zugeordnet werden kann oder die besonderen Spannungsbeanspruchungen ausgesetzt sind (Strom- und Spannungswandlerkreise, Anlagen-Batteriekreise), wird die Bemessungs-Stoßspannung von den zuständigen Gerätekomitees festgelegt.

spannung entsprechend der Überspannungskategorie und der Nennspannung des Netzes, in dem das Betriebsmittel eingesetzt werden soll, auswählen.

Das Betriebsmittel darf keine höheren Überspannungen erzeugen als der vorgegebene Wert der Bemessungs-Stoßspannung. Betriebsmittel der Überspannungskategorie 3 oder 4 dürfen keine Überspannung erzeugen, die die Bemessungs-Stoßspannung der Überspannungskategorie 2 überschreiten (weiteres siehe Erläuterung).

Stromkreise oder Teile innerhalb eines Betriebsmittels, die nur unmaßgeblich von Überspannungen in externen Stromkreisen beeinflusst werden und die diese durch Überspannungen nicht beeinflussen können, sind unmittelbar nach den tatsächlich zu erwartenden Überspannungen auszulegen. In diesem Fall ist Interpolation der Werte nach Tabelle 2a zulässig.

4.2 Verschmutzungsgrad

Verschmutzungsgrad 1: Es tritt keine oder nur trockene, nichtleitfähige Verschmutzung auf. Die Verschmutzung hat keinen Einfluß.

Verschmutzungsgrad 2: Es tritt nur nichtleitfähige Verschmutzung auf. Gelegentlich muß mit vorübergehender Leitfähigkeit durch Betauung gerechnet werden.

Verschmutzungsgrad 3: Es tritt leitfähige Verschmutzung auf oder trockene, nichtleitfähige Verschmutzung, die leitfähig wird, da Betauung zu erwarten ist.

Verschmutzungsgrad 4: Die Verunreinigung führt zu einer beständigen Leitfähigkeit, z. B. hervorgerufen durch leitfähigen Staub, Regen oder Schnee.

Der Hersteller muß die zulässige Lage für das Gerät oder Bauteil angeben, wenn eine spezielle Lage vorgeschrieben oder ausgeschlossen wird. Es ist zu beachten, daß das Gerät in unterschiedlichen Lagen gelagert und benutzt werden kann und daß dies die Verschmutzung beeinflusst.

4.3 Formgebung des Isolierstoffes

Beispiele für die Ermittlung der Länge von Luftstrecken sind in Abschnitt 7.1 angegeben.

4.4 Bestimmung der Luftstrecke aus der Tabelle

Mindestluftstrecken für das homogene bzw. inhomogene Feld sind in Tabelle 2a angeführt. Der Hersteller muß die Mindestluftstrecke entsprechend der Bemessungs-Stoßspannung und dem Verschmutzungsgrad auswählen. Diese Mindestluftstrecke darf während der Lebensdauer des Betriebsmittels nicht unterschritten werden. Die Einflüsse der Verschmutzung brauchen nur dann berücksichtigt zu werden, wenn nach Lage und Ausrichtung eine Verkleinerung der Luftstrecke durch Ablagerung von Schmutz, Wasser usw. wahrscheinlich ist.

Die in Tabelle 2a angegebenen Luftstrecken gelten für eine Aufstellungshöhe von 2000 m über NN. Luftstrecken für Höhen über 2000 m müssen mit dem Multiplikationsfaktor für Abstände entsprechend Tabelle 2b multipliziert werden.

Tabelle 2a. Mindestluftstrecken

Bemessungs- Stoßspannung in kV	Mindestluftstrecken in mm bis zu 2000 m über NN							
	Fall A (inhomogenes Feld ³⁾)				Fall B (homogenes Feld ¹⁾)			
	Verschmutzungsgrad				Verschmutzungsgrad			
	1	2	3	4	1	2	3	4
0,33 ²⁾ 0,40 0,50 ²⁾	0,01 0,02 0,04	0,2	0,1 ⁴⁾ 0,12 ⁴⁾ 0,2	0,8	1,6	0,01 0,02 0,04 0,06 0,1 0,15 0,2 0,3 0,45 0,6 0,8 1,2	0,1 ⁴⁾ 0,12 ⁴⁾ 0,2 0,3 0,45 0,6 0,8 1,2	0,8
0,60 0,80 1,0	0,06 0,10 0,15							
1,2 1,5 ²⁾ 2,0	0,25 0,5 1,0							
2,5 ²⁾ 3,0 4,0 ²⁾	1,5 2 3							
5,0 6,0 ²⁾ 8,0 ²⁾	4 5,5 8	4 5,5 8	4 5,5 8	4 5,5 8	1,5 2 3	1,5 2 3	1,5 2 3	2 3
10 12 ²⁾ 15	11 14 18	11 14 18	11 14 18	11 14 18	3,5 4,5 5,5	3,5 4,5 5,5	3,5 4,5 5,5	3,5 4,5 5,5
20 25 30	25 33 40	25 33 40	25 33 40	25 33 40	8 10 12,5	8 10 12,5	8 10 12,5	8 10 12,5
40 50 60	60 75 90	60 75 90	60 75 90	60 75 90	17 22 27	17 22 27	17 22 27	17 22 27
80 100	130 170	130 170	130 170	130 170	35 45	35 45	35 45	35 45

¹⁾ Nachweis durch Stoßspannungsprüfung ist erforderlich, wenn die Luftstrecke kleiner ist als der für Fall A angegebene Wert.
²⁾ Bevorzugte Werte aus Tabelle 1.
³⁾ Spitze gegen Platte.
⁴⁾ Diese Werte gelten abweichend von IEC-Report 664 für gedruckte Schaltungen. Ein entsprechender deutscher Änderungsvorschlag liegt bei IEC vor.

Tabelle 2b. Höhen-Korrekturfaktoren

Höhe in m	Normaler Luftdruck in kPa	Multiplikations- faktor für Abstände
0 500 1000	101,3 95,0 90,0	0,79 0,84 0,89
2000 3000 4000	80,0 70,0 62,0	1,00 1,14 1,29
5000 6000 7000	54,0 47,0 41,0	1,48 1,70 1,95
8000 9000 10000	35,5 30,5 26,5	2,25 2,62 3,02
15000 20000	12,0 5,5	6,67 14,5