

	DIN IEC/TR 63040 (VDE 0110-100)	DIN
	Dies ist zugleich eine VDE-Leitlinie im Sinne von VDE 0022. Sie ist unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE
ICS 29.080.30 Leitfaden für Luftstrecken und Kriechstrecken, insbesondere für Abstände kleiner oder gleich 2 mm – Versuchsergebnisse von Forschungsarbeiten über die beeinflussenden Größen (IEC TR 63040:2016 + COR1:2019) Guidance on clearances and creepage distances in particular for distances equal to or less than 2 mm – Test results of research on influencing parameters (IEC TR 63040:2016 + COR1:2019) Das vorliegende Dokument wurde nach den Verfahrensregeln einer VDE-Leitlinie erstellt und ist die Übernahme eines Technischen Reports der IEC (IEC TR). Gesamtumfang 37 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE		

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieses Dokuments ist 2021-08-01.

Inhalt	Seite
Nationales Vorwort.....	4
Nationaler Anhang NA (informativ) Zusammenhang mit europäischen und internationalen Dokumenten	5
Nationaler Anhang NB (informativ) Literaturhinweise.....	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Grundlegende Gesichtspunkte und Eigenschaften der Luftstrecken und Kriechstrecken	10
4.1 Abhängigkeit der Isolationseigenschaften von den Umgebungsbedingungen	10
4.2 Verschmutzung	10
4.2.1 Allgemeines	10
4.2.2 Feuchtegrade	11
4.2.3 Zuordnung der Feuchtegrade zur Makro-Umgebung.....	11
4.2.4 Vergleichszahl der Kriechwegbildung (CTI)	12
4.2.5 Verhalten in Bezug auf den Überschlag.....	12
5 Luftstrecken und Kriechstrecken	13
5.1 Allgemeines	13
5.2 Luftstrecken	13
5.2.1 Bemessungskriterien	13
5.2.2 Höhe	15
5.3 Kriechstrecken	18
5.3.1 Allgemeines	18
5.3.2 Einflussfaktoren	18
5.3.3 Bemessung der Kriechstrecken für Funktionsisolierung	24
6 Zusätzliche Informationen über die Eigenschaften der Kriechstrecken – Oberflächenstrom über eine Kriechstrecke (Mindestisolationswiderstand)	24
7 Wasseranlagerungsprüfung	27
7.1 Zielsetzung	27
7.2 Stehvermögen von Kriechstrecken bei hoher Luftfeuchte	27
7.3 Empfohlenes Prüfverfahren.....	28
7.3.1 Prüfling	28
7.3.2 Messung der Steh-Stoßspannung.....	28
7.3.3 Prüfablauf zur Klassifizierung der Isolierstoffe	28
7.4 Definition der Wasseranlagerungsgruppen	29
8 Bemessungsdiagramme	32

9	Stehspannungsprüfung für Kriechstrecken unter Feuchtebedingungen.....	36
	Literaturhinweise	37

Bilder

Bild 1 – Luftstrecken für das Stehvermögen gegen transiente Überspannungen bis zu 2 000 m über Meereshöhe (NN).....	15
Bild 2 – Kriechstrecken für die Isolationskoordination zur Vermeidung des Versagens durch Kriechwegbildung	21
Bild 3 – Kriechstrecken für die Isolationskoordination zur Vermeidung des Überschlags	23
Bild 4 – Kriechstrecken zur Aufrechterhaltung des Mindestisolationswiderstands	27
Bild 5 – Leiterbild des Prüflings	30
Bild 6 – Prüfkreis	31
Bild 7 – Kritische relative Luftfeuchte von Isolierstoffen.....	32
Bild 8 – Diagramm zur Bemessung der Luftstrecken ≤ 2 mm für direkt mit dem Stromversorgungsnetz verbundene Stromkreise (für Niederspannungsbetriebsmittel bis zu 2 000 m Höhe).....	33
Bild 9 – Diagramm zur Bemessung der Luftstrecken ≤ 2 mm für nicht direkt mit dem Stromversorgungsnetz verbundene Stromkreise (für Niederspannungsbetriebsmittel bis zu 2 000 m Höhe).....	34
Bild 10 – Diagramm zur Bemessung der Kriechstrecken ≤ 2 mm (für Niederspannungsbetriebsmittel bis zu 2 000 m Höhe).....	35
Bild 11 – Prüfschaltung für die Stehspannungsprüfung unter Feuchtebedingungen.....	36

Tabellen

Tabelle 1 – Zuordnung der Feuchtegrade zu den Makro-Umgebungsbedingungen	11
Tabelle 2 – Luftstrecken für das Stehvermögen gegen transiente Überspannungen.....	14
Tabelle 3 – Luftstrecken für das Stehvermögen gegen Dauerspannungen, zeitweilige Überspannungen oder periodische Spitzenspannungen	16
Tabelle 4 – Kriechstrecken zur Vermeidung des Versagens durch Kriechwegbildung	20
Tabelle 5 – Kriechstrecken für die Isolationskoordination zur Vermeidung des Überschlags	22
Tabelle 6 – Mindestisolationswiderstand.....	25
Tabelle 7 – Kriechstrecken zur Aufrechterhaltung des Mindestisolationswiderstands (ohne Betauung).....	25

Nationales Vorwort

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 123 „Isulationskoordination für Niederspannungsbetriebsmittel“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DKE (www.dke.de) und DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Die VDE-Leitlinien enthalten sicherheitstechnische Festlegungen mit einem im Vergleich zu den VDE-Bestimmungen wesentlich erweiterten Ermessensraum für eigenverantwortliches sicherheitstechnisches Handeln.

VDE-Leitlinien sind angebracht, wenn die Vielfalt der zu betrachtenden Sachlagen oder Gestaltungsmöglichkeiten nach vorherrschender Meinung durch unmittelbar anwendbare Anweisungen nicht erfasst werden kann. Sie dienen dem Anwender als Beispielsammlung oder Grundlage für eigene sicherheitstechnische Entscheidungen. Für sich allein sind sie nicht als ausreichende Entscheidungsgrundlage für die Genehmigungs- und Überwachungsbehörden oder die Anwender geeignet.

VDE-Leitlinien sind nicht Bestandteil des Deutschen Normenwerks.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 109 „Insulation co-ordination for low-voltage equipment“ erarbeitet und unterliegt dem Copyright der IEC .

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

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

COR1 Das IEC-Corrigendum COR1:2019 wurde eingearbeitet und mit einer senkrechten Linie und „COR1“ am linken Textrand gekennzeichnet.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. IEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit europäischen und internationalen Dokumenten

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ist nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 60050-212:2010	–	–
EN 60112	IEC 60112	DIN EN 60112 (VDE 0303-11)	VDE 0303-11
HD 60364-5-51:2009	IEC 60364-5-51	DIN VDE 0100-510 (VDE 0100-510)	VDE 0100-510
EN 60529	IEC 60529	DIN EN 60529 (VDE 0470-1)	VDE 0470-1
EN 60664-1:2007	IEC 60664-1:2007	DIN EN 60664-1 (VDE 0110-1):2008-01	VDE 0110-1
EN 60664-4	IEC 60664-4	DIN EN 60664-4 (VDE 0110-4)	VDE 0110-4
EN 60664-5:2007	IEC 60664-5:2007	DIN EN 60664-5 (VDE 0110-5):2008-05 (zurückgezogen)	VDE 0110-5
EN 60721-3-3	IEC 60721-3-3	DIN EN 60721-3-3	–
EN 60721-3-7	IEC 60721-3-7	DIN EN 60721-3-7	–
EN 60721-3-9	IEC 60721-3-9	DIN EN 60721-3-9	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60112 (VDE 0303-11), Verfahren zur Bestimmung der Prüfzahl und der Vergleichszahl der Kriechwegbildung von festen, isolierenden Werkstoffen

DIN VDE 0100-510 (VDE 0100-510), Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-51: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Allgemeine Bestimmung

DIN EN 60529 (VDE 0470-1), Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)

DIN EN 60664-1 (VDE 0110-1):2008-01, Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen – Teil 1: Grundsätze, Anforderungen und Prüfungen (**IEC 60664-1:2007**); Deutsche Fassung **EN 60664-1:2007**

DIN EN 60664-4 (VDE 0110-4), Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen – Teil 4: Berücksichtigung von hochfrequenten Spannungsbeanspruchungen

DIN EN 60664-5 (VDE 0110-5):2008-05 (zurückgezogen), Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen – Teil 5: Ein umfassendes Verfahren zur Bemessung der Luft- und Kriechstrecken für Abstände gleich oder unter 2 mm (**IEC 60664-5:2007**); Deutsche Fassung **EN 60664-5:2007**

DIN EN 60721-3-3, Klassifizierung von Umweltbedingungen – Teil 3: Klassen von Umwelteinflußgrößen und deren Grenzwerte; Hauptabschnitt 3: Ortsfester Einsatz, wettergeschützt

DIN EN 60721-3-7, Klassifizierung von Umweltbedingungen – Teil 3: Klassen von Umwelteinflußgrößen und deren Grenzwerte; Hauptabschnitt 7: Ortsveränderlicher Einsatz

DIN EN 60721-3-9, Klassifizierung von Umweltbedingungen – Teil 3: Klassen von Umwelteinflußgrößen und deren Grenzwerte; Hauptabschnitt 9: Mikroklimata innerhalb von Erzeugnissen

Einleitung

Dieses Dokument enthält Informationen über gedruckte Schaltungen und vergleichbare ebene Isolieranordnungen, bei denen die Luft- und die Kriechstrecke auf dem gleichen Weg entlang der Isolierstoffoberfläche verlaufen.

Dieses Dokument beruht auf deutschen Forschungsergebnissen, die im Mai 1989 veröffentlicht worden sind [9], [10]¹. SC 28A, der Vorgänger von TC 109, begann im November 1990 mit der Auswertung dieser Forschungsergebnisse.

Die folgenden Stichpunkte über die Forschungsarbeiten dienen als Hintergrundinformation:

- Die Forschungsarbeiten wurden an Prüflingen durchgeführt, die mit den gleichen Herstellungsverfahren angefertigt worden waren, die auch zur Herstellung von gedruckten Schaltungen verwendet werden. Es wurden Leiterbilder mit Abständen von 0,16 mm bis 6,3 mm verwandt.
- Für die Prüflinge wurden 10 verschiedene Isolierstoffe eingesetzt. Der Einfluss des Herstellungsverfahrens auf die Isolierstoffoberfläche, wie z. B. Gießverfahren oder maschinelle Bearbeitung, war nicht Gegenstand dieser Forschungsarbeiten.
- Die Prüflinge wurden an verschiedenen Orten wie Großstadt, Land, Industriegebiet, Wüste und Meeresküste ausgelagert und periodisch mit Spannung beansprucht. Die entsprechenden Daten wurden über einen langen Zeitraum gesammelt.

¹ Zahlen in rechteckigen Klammern beziehen sich auf das Literaturverzeichnis.

Leitfaden für Luftstrecken und Kriechstrecken, insbesondere für Abstände kleiner oder gleich 2 mm – Versuchsergebnisse von Forschungsarbeiten über die beeinflussenden Größen

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt Ergebnisse von Forschungsarbeiten über die Bemessung von Luftstrecken und Kriechstrecken für Abstände kleiner oder gleich 2 mm für gedruckte Schaltungen und vergleichbare ebene Isolieranordnungen, bei denen die Luft- und die Kriechstrecke auf dem gleichen Weg entlang der Isolierstoffoberfläche verlaufen.

Die Informationen in diesem Dokument sind ausschließlich Forschungsergebnisse und können nicht für die Bemessung der Luftstrecken und Kriechstrecken für Niederspannungsbetriebsmittel verwendet werden, wo **IEC 60664-1** anzuwenden ist. Die Abstände können jedoch für Funktionszwecke berücksichtigt werden.

Dieses Dokument enthält Ergebnisse von Forschungsarbeiten in Bezug auf die folgenden Gesichtspunkte:

- 1) Luftstrecken, die von den Mikro-Umgebungsbedingungen unabhängig sind;
- 2) Kriechstrecken für die Verschmutzungsgrade 1, 2 und 3, die den Anwendungsbereich von kleinen Abständen für solche Produkte erweitern, die einen ähnlichen Aufbau wie gedruckte Schaltungen haben;
- 3) Kriechstrecken zur Vermeidung des Überschlags an der Isolierstoffoberfläche;
- 4) Informationen über die Mindestkriechstrecken zur Aufrechterhaltung eines Mindestisolationswiderstands.

Für die Ermittlung der jeweiligen Wasseranlagerungsgruppe für noch nicht klassifizierte Isolierstoffe ist ein Prüfverfahren angegeben.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60664-1:2007, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach **IEC 60664-1** und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

inhomogenes Feld

nicht gleichförmiges Feld

elektrisches Feld mit im Wesentlichen nicht konstanten Spannungsgradienten zwischen den Elektroden

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Bedingung inhomogenes Feld für Spitze-Platte-Elektroden ist der ungünstigste Fall in Bezug auf die Steh-Spannungsfestigkeit und wird als Bedingung A bezeichnet. Eine Spitzenelektrode mit 30 µm Radius und eine Platte von 1 m × 1 m werden als dieser Fall angesehen.

3.2**homogenes Feld**

gleichförmiges Feld

elektrisches Feld mit im Wesentlichen konstanten Spannungsgradienten zwischen den Elektroden

Anmerkung 1 zum Begriff: Das elektrische Feld zwischen zwei Kugelelektroden mit einem Kugelradius, der jeweils größer als der Abstand zwischen diesen ist, wird beispielsweise als ein homogenes Feld angesehen (Bedingung B).

3.3**elektrischer Durchschlag**

Versagen der Isolierung bei elektrischer Beanspruchung, wobei die Entladung die Isolierung vollständig überbrückt und die Spannung zwischen den Elektroden praktisch auf null absinkt

Anmerkung 1 zum Begriff: Für dieses Dokument wird die obige Definition verwendet, da die Definition in IEC 60050-212:2010, 212-11-33 [1] breiter als der Anwendungsbereich dieses Dokuments ist.

3.4**(Oberflächen-)Überschlag**

elektrischer Durchschlag entlang der Oberfläche eines Isolierstoffs, der sich in einem Gas oder in einer Flüssigkeit befindet

Anmerkung 1 zum Begriff: Für dieses Dokument wird die obige Definition verwendet, da die Definition in IEC 60050-212, 212-11-47 breiter als der Anwendungsbereich dieses Dokuments ist.

3.5**Feuchtegrad**

HL

Grad der den erwarteten Einfluss der Luftfeuchte in der Mikro-Umgebung definiert und als Zahlenwert ausgedrückt wird

3.6**Wasseranlagerung**

Fähigkeit eines Isolierstoffs, an seiner Oberfläche Wasser anzulagern

3.7**kritische relative Luftfeuchte**

Wert der relativen Luftfeuchte, bei dem die Steh-Stoßspannung einer Kriechstrecke auf 95 % des Wertes abgefallen ist, der bei 70 % relativer Luftfeuchte gemessen wurde

3.8**Wasseranlagerungsgruppe**

Gruppe, die das Ausmaß der Abhängigkeit der kritischen relativen Luftfeuchte von der Kriechstrecke angibt

3.9**Arbeitsspannung**

höchster Effektivwert der Wechsellspannung oder höchster Effektivwert der Gleichspannung an einer Isolierung, der dann auftreten kann, wenn das Betriebsmittel mit der Bemessungsspannung gespeist wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Transienten werden nicht berücksichtigt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Sowohl Leerlaufbedingungen als auch normale Betriebsbedingungen werden berücksichtigt.

3.10**Bemessungs-Isolationsspannung**

Stehspannung (Effektivwert), die vom Hersteller für ein Betriebsmittel oder einen Teil davon angegeben wird und die das festgelegte (langzeitige) Stehvermögen seiner zugehörigen Isolierung angibt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Bemessungs-Isolationsspannung ist nicht unbedingt gleich der Bemessungsspannung des Betriebsmittels, welche sich hauptsächlich auf Funktionsanforderungen bezieht.

3.11

Bemessungsspannung

Wert einer Spannung, der vom Hersteller für ein Bauteil, Gerät oder Betriebsmittel angegeben wird und auf den sich die Betriebs- und Leistungsmerkmale beziehen

Anmerkung 1 zum Begriff: Betriebsmittel dürfen mehr als einen Wert der Bemessungsspannung oder einen Bereich der Bemessungsspannung haben.

4 Grundlegende Gesichtspunkte und Eigenschaften der Luftstrecken und Kriechstrecken

4.1 Abhängigkeit der Isolationseigenschaften von den Umgebungsbedingungen

Die Mikro-Umgebungsbedingungen der Isolierung hängen in erster Linie von den Makro-Umgebungsbedingungen, in denen das Betriebsmittel aufgestellt ist, ab. Die Bedingungen sind in vielen Fällen gleich. Jedoch kann die Mikro-Umgebung besser oder schlechter als die Makro-Umgebung sein, wenn zum Beispiel Gehäuse, Erwärmung, Belüftung oder Staub die Mikro-Umgebung beeinflussen.

ANMERKUNG Schutz, der durch Gehäuse entsprechend den festgelegten Klassen nach IEC 60529 [4] vorgesehen wird, kann die Luftfeuchte in der Mikro-Umgebung erhöhen oder verringern.

Die wichtigsten Umgebungseinflüsse sind:

- für die Luftstrecken:
 - der Luftdruck,
 - die Temperatur, wenn große Änderungen stattfinden.
- für die Kriechstrecken:
 - die Verschmutzung,
 - die relative Luftfeuchte,
 - die Betauung.
- für die festen Isolierungen:
 - die Temperatur,
 - die relative Luftfeuchte.

4.2 Verschmutzung

4.2.1 Allgemeines

Die Verschmutzung beeinflusst die Isolierung nicht nur bezüglich der Beanspruchung durch den Effektivwert langfristig anliegender Spannungen infolge von Kriechwegbildung, sondern auch bezüglich der Beanspruchung durch den Spitzenwert der Spannung und der Wasseranlagerung. Durch die Verschmutzung wird bei kleinen Abständen die Steh-Stoßspannung herabgesetzt und dadurch kann ein Überschlag entlang der Isolierstoffoberfläche auftreten.

Der Einfluss der Luftfeuchte an der Oberfläche der Isolierungen wird durch die Feuchtegrade angegeben. Diese Grade gelten auch für eine Makro-Umgebung, die die gleiche Luftfeuchte wie die Mikro-Umgebung aufweist.

Der Einfluss der Wasseranlagerungseigenschaften an der Isolierstoffoberfläche wird durch die Wasseranlagerungsgruppen angegeben.

4.2.2 Feuchtegrade

Zum Zweck der Beurteilung der Kriechstrecken in Bezug auf den Überschlag entlang der Isolierstoffoberfläche beziehungsweise auf den Mindestisolationswiderstand werden in der Mikro-Umgebung die folgenden drei Grade festgelegt:

- **Feuchtegrad 1 (HL 1):**
Die relative Luftfeuchte an der Isolierung erreicht niemals einen Wert, bei dem Betauung an der Isolierstoffoberfläche eintritt.
Daher wird das Überschlagsverhalten durch die Luftfeuchte nicht beeinflusst. Feuchtegrad HL 1 wird als Verschmutzungsgrad 1 angesehen.
- **Feuchtegrad 2 (HL 2):**
Die relative Luftfeuchte an der Isolierung ist so beschaffen, dass Betauung an der Isolierung nur gelegentlich während vorübergehender Änderungen der Mikro-Umgebungsbedingungen auftritt.
Daher wird das Überschlagsverhalten durch die Luftfeuchte beeinflusst.
- **Feuchtegrad 3 (HL 3):**
Die relative Luftfeuchte an der Isolierung ist so beschaffen, dass an der Isolierstoffoberfläche häufig Betauung auftreten kann.
Daher wird das Überschlagsverhalten durch die Luftfeuchte stark beeinflusst.

4.2.3 Zuordnung der Feuchtegrade zur Makro-Umgebung

Makro-Umgebungsbedingungen sind in IEC 60364-5-51, IEC 60721-3-3, IEC 60721-3-7 und IEC 60721-3-9 festgelegt. Die Zuordnung der Feuchtegrade der Mikro-Umgebung zu den festgelegten Makro-Umgebungsbedingungen zeigt Tabelle 1.

Tabelle 1 – Zuordnung der Feuchtegrade zu den Makro-Umgebungsbedingungen

Norm, in der die Klimaklassen festgelegt sind	Klimaklassen (Makro-Umgebungsbedingungen)			Feuchtegrade
IEC 60721-3-9 ----- IEC 60721-3-3 ----- IEC 60721-3-7 ----- IEC 60364-5-51	Y2 ----- 3K1 ----- ----- ----- ↓	Y3 ----- 3K3 ----- 7K1 ----- AB5 ↓	Y4 ----- 3K6 ----- 7K3 ----- AB7 ↓	
	=	(–)	(–)	→ HL 1
	(+)	=	(–)	→ HL 2
	(+)	(+)	=	→ HL 3
Legende: = Mikro-Umgebung gleich feucht wie die Makro-Umgebung (–) Mikro-Umgebung weniger feucht als die Makro-Umgebung (+) Mikro-Umgebung feuchter als die Makro-Umgebung				
ANMERKUNG In IEC 60721-3-9 werden unterschiedliche Bezeichnungen für die Klimaklassen verwandt.				

4.2.4 Vergleichszahl der Kriechwegbildung (CTI)

In Bezug auf die Kriechwegbildung können Isolierstoffe grob nach dem Schaden eingeteilt werden, den sie durch konzentrierte Energieentladung als Folge von Abreißfunken nehmen, wenn ein Kriechstrom durch Trocknen der verschmutzten Oberfläche unterbrochen wird. Isolierstoffe können sich unter der Einwirkung von Abreißfunken folgendermaßen verhalten:

- keine Zersetzung des Isolierstoffs;
- Zersetzung des Isolierstoffs unter der Einwirkung von Abreißfunken (elektrische Erosion);
- fortschreitende Bildung von leitfähigen Pfaden, die an der Oberfläche des Isolierstoffs durch den gemeinsamen Einfluss von elektrischer Beanspruchung und elektrolytisch leitfähiger Verschmutzung der Oberfläche auftreten (Kriechwegbildung).

ANMERKUNG Kriechwegbildung oder Erosion tritt auf, wenn

- der Flüssigkeitsfilm auf der Oberfläche, der den Kriechstrom führt, unterbrochen wird,
- die anliegende Spannung genügend groß ist, um den kleinen Spalt zu durchschlagen, der sich durch die Unterbrechung des Flüssigkeitsfilms bildet, und
- der Strom einen Grenzwert überschreitet, der nötig ist, um örtlich die zur thermischen Zersetzung des Isolierstoffs unter der Verschmutzung erforderliche Energie bereitzustellen. Die Schädigung nimmt mit der Zeit zu, in der der Strom fließt.

Das Verhalten von Isolierstoffen unter verschiedenen Verschmutzungen und Spannungen ist äußerst kompliziert. Unter diesen Gegebenheiten können viele Isolierstoffe in zwei oder sogar in alle drei der angegebenen Gruppen fallen. Durch Erfahrung und Prüfungen hat es sich jedoch herausgestellt, dass Isolierstoffe mit einer höheren relativen Güte auch annähernd die gleiche Rangfolge entsprechend ihrer Vergleichszahl der Kriechwegbildung (CTI) haben. Daher werden in diesem Dokument die CTI-Werte verwendet, um Isolierstoffe zu bewerten.

Die Isolierstoffe werden entsprechend ihren CTI-Werten, die nach IEC 60112 unter Verwendung von Lösung A erhalten wurden, in vier Gruppen (IG) eingeteilt. Diese sind:

Isolierstoffgruppe I: $600 \leq \text{CTI}$;

Isolierstoffgruppe II: $400 \leq \text{CTI} < 600$;

Isolierstoffgruppe IIIa: $175 \leq \text{CTI} < 400$;

Isolierstoffgruppe IIIb: $100 \leq \text{CTI} < 175$.

Die Prüfzahl der Kriechwegbildung (PTI) wird zum Nachweis der Kriechstromeigenschaften von Isolierstoffen verwendet. Ein Isolierstoff darf in eine dieser vier Gruppen unter der Voraussetzung eingeordnet werden, dass seine PTI, ermittelt nach den Verfahren in IEC 60112 unter Verwendung von Lösung A, nicht kleiner als der untere für diese Gruppe festgelegte Grenzwert ist.

Die Prüfung zur Ermittlung der Vergleichszahl der Kriechwegbildung (CTI) nach IEC 60112 vergleicht das Verhalten verschiedener Isolierstoffe unter Versuchsbedingungen. Dies ergibt einen qualitativen Vergleich, jedoch in den Fällen, wo der Isolierstoff zur Kriechwegbildung neigt, ergibt sich auch ein quantitativer Vergleich.

Bei Glas, Keramik oder anderen anorganischen Isolierstoffen, die keine Kriechwege bilden, braucht die Kriechstrecke aus Gründen der Isolationskoordination nicht größer als die zugehörige Luftstrecke zu sein. Eine Bemessung für das inhomogene Feld ist dann ausreichend. Allerdings ist das Verhalten in Bezug auf den Überschlag wichtig.

4.2.5 Verhalten in Bezug auf den Überschlag

Das Stehvermögen, die thermischen, mechanischen und chemischen Eigenschaften des Isolierstoffs können im Hinblick auf die Beanspruchungen, die während der Lebensdauer des Betriebsmittels zu erwarten sind, berücksichtigt werden.