

	DIN EN 60255-27 (VDE 0435-327)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE
ICS 29.120.70 Messrelais und Schutzeinrichtungen – Teil 27: Anforderungen an die Produktsicherheit (IEC 60255-27:2005); Deutsche Fassung EN 60255-27:2005 Measuring relays and protection equipment – Part 27: Product safety requirements (IEC 60255-27:2005); German version EN 60255-27:2005 Relais de mesure et dispositifs de protection – Partie 27: Exigences de sécurité (CEI 60255-27:2005); Version allemande EN 60255-27:2005 Gesamtumfang 133 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE		

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2005-11-01 angenommene EN 60255-27 gilt als DIN-Norm ab 2006-08-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN IEC 60255-27 (VDE 0435-327):2002-05.

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 434 „Messrelais und Schutzeinrichtungen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (<http://www.dke.de>) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 95 „Measuring relays and protection equipment“ erarbeitet.

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

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

Anmerkung zur Einleitung

Für Schutzrelais wird ein äußerer Betriebstemperaturbereich von - 10 °C bis + 55 °C empfohlen.

Anmerkung zu Abschnitt 3

Die Begriffe sind in dem nationalen Anhang NC alphabetisch aufgelistet.

Anmerkung zu den Abschnitten 5.1.1.1.5 und 9.1.5

Die Anschlussklemmen sollten wegen der Handrücken- und Fingersicherheit mindestens nach IP 20 ausgelegt sein, z. B. mittels einer Abdeckung

Anmerkung zu Tabelle 9

Das Symbol Nr. 15 bedeutet nach ISO 7000 „Automatischer Ablauf“.

Anmerkung zu Abschnitt 9.1.9

In Deutschland wird üblicherweise die Prüfspannung gekennzeichnet.

Anmerkung zu Tabelle 17

Bei Betriebsmitteln zur Anwendung in Innenräumen werden 55 °C ± 2 °C empfohlen.

Anmerkung zu Abschnitt 10.5.3.1.3 und den Tabellen C.1 und D.6

Die Anwendung der Isolationskoordination nach IEC 60664-1 führt zu einem stufigen Bereich von Bemessungs-Stoßspannungen, die von der Nennspannung des Versorgungskreises und der Überspannungskategorie abhängen. Zusätzlich ist die Prüfstoßspannung vom Luftdruck und somit von der Höhe des Prüfortes abhängig. Folglich wird ein weiterer Bereich von Prüfspannungen erforderlich.

Für eine effektive Prüfpraxis wurde in DIN EN 60255-5 (VDE 0435-130) eine zweckmäßige Prüfspannung von 5 kV festgelegt. Sie ist im Normalfall anwendbar, wenn Relais direkt an Strom- oder Spannungswandler oder an eine Stationsbatterie angeschlossen sind. Sie gilt unabhängig von der Lage des Prüfortes bis 2000 m über Meereshöhe.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

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

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

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60068-2-1:1993 + A1:1993 + A2:1994	IEC 60068-2-1:1990 + A1:1993 + A2:1994	DIN EN 60068-2-1:1995-03	—
EN 60068-2-2:1993 + A1:1993 + A2:1994	IEC 60068-2-2:1974 + A1:1993 + A2:1994	DIN EN 60068-2-2:1994-08 DIN EN 60068-2-2/A2:1995-01	—
EN 60068-2-30:1999	IEC 60068-2-30:1980 + A1:1985	DIN EN 60068-2-30:2000-02	—
EN 60068-2-78:2001	IEC 60068-2-78:2001	DIN EN 60068-2-78:2002-09	—
EN 60085:2004	IEC 60085:2004	DIN EN 60085 (VDE 0301-1):2005-05	VDE 0301-1
EN 60112:2003	IEC 60112:2003	DIN EN 60112 (VDE 0303-11):2003-11	VDE 0303-11
EN 60127-1:1991 + A1:1999 + A2:2003	IEC 60127-1:1988 + A1:1999 + A2:2002	DIN EN 60127-1 (VDE 0820-1):2003-08	VDE 0820-1
EN 60255-5:2001	IEC 60255-5:2000	DIN EN 60255-5 (VDE 0435-130):2001-12	VDE 0435-130
EN 60255-6:1994	IEC 60255-6:1988 mod.	DIN EN 60255-6 (VDE 0435-301):1994-11	VDE 0435-301
EN 60255-21-1:1995	IEC 60255-21-1:1988	DIN EN 60255-21-1:1996-05	—
EN 60255-21-2:1995	IEC 60255-21-2:1988	DIN EN 60255-21-2:1996-05	—
EN 60255-21-3:1995	IEC 60255-21-3:1993	DIN EN 60255-21-3:1995-11	—
EN 60255-22-5:2002	IEC 60255-22-5:2002	DIN EN 60255-22-5 (VDE 0435-3025):2003-03	VDE 0435-3025
EN 60352-1:1997	IEC 60352-1:1997	DIN EN 60352-1:1998-04	—
EN 60352-2:1994 + A1:1997 + A2:2002	IEC 60352-2:1990 + A1:1996 + A2:2002	DIN EN 60352-2:2002-10	—

DIN EN 60255-27 (VDE 0435-327):2006-08

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60384-14:2005	IEC 60384-14:2005	DIN EN 60384-14 (VDE 0565-1-1):2006-04	VDE 0565-1-1
EN 60529:1991 + A1:2000	IEC 60529:1989 + A1:1999	DIN EN 60529 (VDE 0470-1):2000-09	VDE 0470-1
EN 60664-1:2003	IEC 60664-1:1992 + A1:2000 + A2:2002	DIN EN 60664-1 (VDE 0110-1):2003-11	VDE 0110-1
EN 60664-3:2003	IEC 60664-3:2003	DIN EN 60664-3 (VDE 0110-3):2003-09	VDE 0110-3
EN 60695-2-12:2001	IEC 60695-2-12:2000	DIN EN 60695-2-12 (VDE 0471-2-12):2001-11	VDE 0471-2-12
–	IEC/TS 60695-2-20:2004	–	–
EN 60695-11-10:1999 + A1:2003	IEC 60695-11-10:1999 + A1:2003	DIN EN 60695-11-10 (VDE 0471-11-10):2004-05	VDE 0471-11-10
–	IEC 60742:1983 ¹⁾	–	–
EN 60825-1:1994 + A1:1997 + A2:2001	IEC 60825-1:1993 + A1:1997 + A2:2001	DIN EN 60825-1 (VDE 0837-1):2003-10	VDE 0837-1
EN 60990:1999	IEC 60990:1999	DIN EN 60990 (VDE 0106-102):2000-10	VDE 0106-102
EN 61010-1:2001	IEC 61010-1:2001	DIN EN 61010-1 (VDE 0411-1):2002-08	VDE 0411-1
EN 61140:2002	IEC 61140:2001	DIN EN 61140 (VDE 0140-1):2003-08	VDE 0140-1
EN 61180-1:1994	IEC 61180-1:1992	DIN EN 61180-1 (VDE 0432-10):1995-05	VDE 0432-10
EN 61180-2:1994	IEC 61180-2:1994	DIN EN 61180-2 (VDE 0432-11):1995-05	VDE 0432-11
EN 61810-1:2004	IEC 61810-1:2003	DIN EN 61810-1 (VDE 0435-201):2004-07	VDE 0435-201
–	IEC 62151:2000	–	–
EN ISO 780:1999	ISO 780:1997	DIN EN ISO 780:1999-04	–

¹⁾ Wurde 2003 zurückgezogen.

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60068-2-1:1995-03, *Umweltprüfungen – Teil 2-1: Prüfungen – Prüfgruppe A: Kälte* (IEC 60068-2-1:1990 + A1:1993 + A2:1994); Deutsche Fassung EN 60068-2-1:1993 + A1:1993 + A2:1994.

DIN EN 60068-2-2:1994-08, *Umweltprüfungen – Teil 2-2: Prüfungen – Prüfgruppe B: Trockene Wärme* (IEC 60068-2-2:1974 + IEC 60068-2-2A:1976 + A1:1993); Deutsche Fassung EN 60068-2-2:1993 + A1:1993.

DIN EN 60068-2-2/A2:1995-01, *Umweltprüfungen – Teil 2-2: Prüfungen – Prüfgruppe B: Trockene Wärme* (IEC 60068-2-2:1974/A2:1994); Deutsche Fassung EN 60068-2-2:1990/A2:1994.

DIN EN 60068-2-30:2000-02, *Umweltprüfungen – Teil 2-30: Prüfungen – Prüfung Db und Leitfaden: Feuchte Wärme, zyklisch (12 + 12-Stunden-Zyklus)* (IEC 60068-2-30:1980 + A1:1985); Deutsche Fassung EN 60068-2-30:1999.

DIN EN 60068-2-78:2002-09, *Umweltprüfungen – Teil 2-78: Prüfungen – Prüfung Cab: Feuchte Wärme, konstant* (IEC 60068-2-78:2001); Deutsche Fassung EN 60068-2-78:2001.

DIN EN 60085 (VDE 0301-1):2005-05, *Elektrische Isolierung – Thermische Klassifizierung* (IEC 60085:2004); Deutsche Fassung EN 60085:2004.

DIN EN 60112 (VDE 0303-11) :2003-11, *Verfahren zur Bestimmung der Prüfzahl und der Vergleichszahl der Kriechwegbildung von festen, isolierenden Werkstoffen* (IEC 60112:2003); Deutsche Fassung EN 60112:2003

DIN EN 60127-1 (VDE 0820-1):2003-08, *Geräteschutzeinrichtungen – Teil 1: Begriffe für Geräteschutzsicherungen und allgemeine Anforderungen an G-Sicherungseinsätze* (IEC 60127-1:1988 + A1:1999 + A2:2002); Deutsche Fassung EN 60127-1:1991 + A1:1999 + A2:2003.

DIN EN 60255-5 (VDE 0435-130):2001-12, *Elektrische Relais – Teil 5: Isolationskoordination für Messrelais und Schutzeinrichtungen – Anforderungen und Prüfungen* (IEC 60255-5:2000) Deutsche Fassung EN 60255-5:2001.

DIN EN 60255-6 (VDE 0435-301):1994-11, *Elektrische Relais – Teil 6: Messrelais und Schutzeinrichtungen* (IEC 60255-6:1988, modifiziert); Deutsche Fassung EN 60255-6:1994.

DIN EN 60255-21-1:1996-05, *Elektrische Relais – Teil 21: Schwing-, Schock-, Dauerschock- und Erdbebenprüfungen an Messrelais und Schutzeinrichtungen – Hauptabschnitt 1: Schwingprüfungen (sinusförmig)* (IEC 60255-21-1:1988); Deutsche Fassung EN 60255-21-1:1995.

DIN EN 60255-21-2:1996-05, *Elektrische Relais – Teil 21: Schwing-, Schock-, Dauerschock- und Erdbebenprüfungen an Messrelais und Schutzeinrichtungen – Hauptabschnitt 2: Schock- und Dauerschockprüfungen* (IEC 60255-21-2:1988); Deutsche Fassung EN 60255-21-2:1995.

DIN EN 60255-21-3:1995-11, *Elektrische Relais – Teil 21: Schwing-, Schock-, Dauerschock- und Erdbebenprüfungen an Messrelais und Schutzeinrichtungen – Hauptabschnitt 3: Erdbebenprüfungen* (IEC 60255-21-3:1993); Deutsche Fassung EN 60255-21-3:1995.

DIN EN 60255-22-5 (VDE 0435-3025):2003-03, *Elektrische Relais – Teil 22-5: Prüfung der elektrischen Störfestigkeit von Messrelais und Schutzeinrichtungen – Prüfung der Störfestigkeit gegen Stoßspannungen* (IEC 60255-22-5:2002); Deutsche Fassung EN 60255-22-5:2002.

DIN EN 60352-1:1998-04, *Lötfreie Verbindungen – Teil 1: Wickelverbindungen – Allgemeine Anforderungen – Prüfverfahren und Anwendungshinweise* (IEC 60352-1:1997); Deutsche Fassung EN 60352-1:1997.

DIN EN 60255-27 (VDE 0435-327):2006-08

DIN EN 60352-2:2002-10, *Lötfreie elektrische Verbindungen – Teil 2: Crimpverbindungen – Allgemeine Anforderungen, Prüfverfahren und Anwendungshinweise (IEC 60352-2:1990 + A1:1996 + A2:2002); Deutsche Fassung EN 60352-2:1994 + A1:1997 + A2:2002.*

DIN EN 60384-14 (VDE 0565-1-1):2006-04, *Festkondensatoren zur Verwendung in Geräten der Elektronik - Teil 14: Rahmenspezifikation - Festkondensatoren zur Unterdrückung elektromagnetischer Störungen, geeignet für Netzbetrieb (IEC 60384-14:2005); Deutsche Fassung EN 60384-14:2005*

DIN EN 60529 (VDE 0470-1):2000-09, *Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code) (IEC 60529:1989 + A1:1999); Deutsche Fassung EN 60529:1991 + A1:2000.*

DIN EN 60664-1 (VDE 0110-1):2003-11, *Isulationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen – Teil 1: Grundsätze, Anforderungen und Prüfungen (IEC 60664-1:1992 + A1:2000 + A2:2002); Deutsche Fassung EN 60664-1:2003.*

DIN EN 60664-3 (VDE 0110-3):2003-09, *Isulationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen – Teil 3: Anwendung von Beschichtungen, Eingießen oder Vergießen zum Schutz gegen Verschmutzung (IEC 60664-3:2003); Deutsche Fassung EN 60664-3:2003.*

DIN EN 60695-2-12 (VDE 0471-2-12) :2001-11, *Prüfungen zur Beurteilung der Brandgefahr - Teil 2-12: Prüfungen mit dem Glühdraht; Prüfung mit dem Glühdraht zur Entflammbarkeit von Werkstoffen (IEC 60695-2-12:2000); Deutsche Fassung EN 60695-2-12:2001*

DIN EN 60695-11-10 (VDE 0471-11-10):2004-05, *Prüfungen zur Beurteilung der Brandgefahr – Teil 11-10: Prüfflammen – Prüfverfahren mit 50-W-Prüfflamme horizontal und vertikal (IEC 60695-11-10:1999 + A1:2003); Deutsche Fassung EN 60695-11-10:1999 + A1:2003.*

DIN EN 60825-1 (VDE 0837-1):2003-10, *Sicherheit von Laser-Einrichtungen – Teil 1: Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien (IEC 60825-1:1993 + A1:1997 + A2:2001); Deutsche Fassung EN 60825-1:1994 + A1:2002 + A2:2001.*

DIN EN 60990 (VDE 0106-102):2000-10, *Verfahren zur Messung von Berührungsstrom und Schutzleiterstrom (IEC 60990:1999); Deutsche Fassung EN 60990:1999.*

DIN EN 61010-1 (VDE 0411-1):2002-08, *Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte - Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 61010-1:2001); Deutsche Fassung EN 61010-1:2001*

DIN EN 61140 (VDE 0140-1):2003-08, *Schutz gegen elektrischen Schlag – Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel (IEC 61140:2001); Deutsche Fassung EN 61140:2002.*

DIN EN 61180-1 (VDE 0432-10):1995-05, *Hochspannungs-Prüftechnik für Niederspannungsgeräte – Teil 1: Begriffe, Prüfung und Prüfbedingungen (IEC 61180-1:1992); Deutsche Fassung EN 61180-1:1994.*

DIN EN 61180-2 (VDE 0432-11):1995-05, *Hochspannungs-Prüftechnik für Niederspannungsgeräte – Teil 2: Prüfgeräte (IEC 61180-2:1994); Deutsche Fassung EN 61180-2:1994.*

DIN EN 61810-1 (VDE 0435-201):2004-07, *Elektromechanische Elementarrelais (elektromechanische Schaltrelais ohne festgelegtem Zeitverhalten) - Teil 1: Allgemeine und sicherheitsgerichtete Anforderungen (IEC 61810-1:2003); Deutsche Fassung EN 61810-1:2004*

DIN EN ISO 780:1999-04, *Verpackung – Bildzeichen für die Handhabung von Gütern (ISO 780:1997); Deutsche Fassung EN ISO 780:1999.*

Nationaler Anhang NC (informativ)

Verzeichnis der Begriffe

Begriff	Abschnittsnummer		
Abdeckung	3.4	Gefährliches aktives Teil	3.25
Aktives Teil	3.32	Grenzfläche	3.6
Arbeitsspannung	3.66	Kleinspannung (ELV)	3.16
Ausfallsicher	3.30	Körper	3.20
Basisisolierung	3.5	Kriechwegbildung	3.62
Bemessungsspannung	3.55	Luftstrecke	3.10
Bemessungsspannung der Isolierung (RIV)	3.54	Mikroumgebung	3.33
Bemessungsstoßspannung	3.53	Nebenstromkreis	3.34
Benachbarte Stromkreise	3.2	Primärstromkreis	3.45
Benutzer	3.64	Schaumstoff der Klasse HBF	3.27
Berührbar	3.1	Schirm, Abschirmung	3.59
Berührungsgefährliche Spannung (HLV)	3.26	Schutzerdung	3.49
Bestimmungsgemäßer Gebrauch	3.35	Schutzimpedanz	3.50
Betriebsmittel	3.18	Schutzleiter	3.48
Betriebsmittel der Schutzklassen	3.7	Schutzpotentialausgleich	3.46
Brandschutzhülle	3.21	Schutztrennung	3.52
Direktes Berühren	3.14	Stehvermögen	3.65
Doppelte Isolierung	3.15	Stromkreis mit Schutzkleinspannung (PELV-Stromkreis)	3.38
Eingeschränkter Zugangsbereich	3.57	Stromkreis mit Sicherheitskleinspannung (SELV-Stromkreis)	3.60
Elektrische Schutzschirmung	3.51	Stromkreis mit Strombegrenzung	3.31
EUT	3.19	Stromkreis zum Schutzpotentialausgleich (PEB-Stromkreis)	3.37
Funktionserdung	3.22	Stückprüfung	3.58
Funktionsisolierung	3.23	Typprüfung	3.63
Gefährlicher Energiespiegel	3.24	Überspannungskategorie	3.36

Begriff	Abschnittsnummer
Umgebungstemperatur	3.3
Umhüllung	3.17
Vergleichszahl der Kriechbildung	3.11
Verschmutzung	3.39
Verschmutzungsgrad	3.40 – 3.44
Verstärkte Isolierung	3.56
Werkstoff der Klasse HB40	3.28
Werkstoff der Klasse HB75	3.29
Widerstand des Schutzpotentialausgleichs	3.47
Zusätzliche Isolierung	3.61

Messrelais und Schutzeinrichtungen
Teil 27: Anforderungen an die Produktsicherheit
(IEC 60255-27:2005)

Measuring relays and protection equipment
Part 27: Product safety requirements
(IEC 60255-27:2005)

Relais de mesure et dispositifs de protection
Partie 27: Exigences de sécurité
(CEI 60255-27:2005)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2005-11-01 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, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

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

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

© 2005 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 60255-27:2005 D

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 95/180/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 60255-27, ausgearbeitet von dem IEC TC 95 „Measuring relays and protection equipment“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2005-11-01 als EN 60255-27 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2006-08-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2008-11-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60255-27:2005 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung sind unter „Literaturhinweise“ zu den aufgelisteten Normen die nachstehenden Anmerkungen einzutragen:

IEC 60068-3-4	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60068-3-4:2002 (nicht modifiziert).
IEC 60112	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60112:2003 (nicht modifiziert).
IEC 60255-5	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60255-5:2001 (nicht modifiziert).
IEC 60695-2-13	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60695-2-13:2001 (nicht modifiziert).
IEC 61010-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61010-1:2001 (nicht modifiziert).
IEC 61508-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61508-1:2001 (nicht modifiziert).
IEC 61558	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61558 Reihe (modifiziert).
IEC 61810-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61810-1:2004 (nicht modifiziert).

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	9
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe	11
4 Allgemeine Sicherheitsanforderungen	19
4.1 Anforderungen an die Erdung (Masseanschluss, Erdung und Schirmung)	19
5 Schutz gegen elektrischen Schlag	19
5.1 Anforderungen an den Schutz gegen elektrischen Schlag	19
5.2 Einzelfehlerfall	29
6 Mechanischer Aufbau	32
6.1 Schutz gegen mechanische Gefährdung	32
6.2 Anforderungen an den mechanischen Aufbau	33
6.3 Mechanische Sicherung von Anschlüssen	33
7 Entflammbarkeit und Brandbeständigkeit	33
7.1 Allgemeines	33
7.2 Allgemeine Gefährdungen durch Überhitzung und Brand	36
7.3 Verringerung der Brandgefahr	37
7.4 Verkabelung und Absicherung	37
7.5 Entflammbarkeit von Werkstoffen und Bauteilen	38
7.6 Zündquellen	40
7.7 Bedingungen für eine Brandschutzumhüllung	40
7.8 Anforderungen an Primärstromkreise und Stromkreise, die ELV-Grenzwerte überschreiten	41
7.9 Brandschutzumhüllungen und Abdeckungen für den Flamschutz	42
7.10 Bewertung der Brandgefahr durch einen Einzelfehler	43
7.11 Stromkreise mit Energiebegrenzung	45
8 Allgemeine und grundlegende Konstruktionsanforderungen für die Sicherheit	46
8.1 Klimatische Bedingungen für die Sicherheit	46
8.2 Elektrische Verbindungen	46
8.3 Bauteile	47
8.4 Anschluss an Telekommunikationsnetze	47
8.5 Verbindung mit weiteren Betriebsmitteln	47
8.6 Laserquellen	48
8.7 Explosion	48
9 Aufschriften, Dokumentation und Verpackung	49
9.1 Aufschriften	49
9.2 Dokumentation	56
9.3 Verpackung	58

	Seite
10 Typprüfungen und Stückprüfungen	59
10.1 Sicherheits-Typprüfungen.....	61
10.2 Stückprüfung oder Stichprobenprüfung.....	61
10.3 Prüfbedingungen.....	61
10.4 Nachweisverfahren	62
10.5 Prüfungen	62
Anhang A (normativ) Anforderung an die Isolationsklasse und Schaltungsbeispiele.....	78
Anhang B (informativ) Nennspannungen von Versorgungsnetzen.....	86
Anhang C (normativ) Bemessungs-Stoßspannungen	87
Anhang D (normativ) Leitfaden für die Bestimmung von Luft- und Kriechstrecken sowie Stehspannungen.....	88
Anhang E (informativ) Messung der Kriech- und Luftstrecken	100
Anhang F (normativ) Norm-Prüffinger.....	106
Anhang G (informativ) Leitfaden für Stoßspannungsprüfungen	108
Anhang H (informativ) Bauteile	110
Anhang I (informativ) Sichere längste Dauer von kurzzeitigen Spannungen und Kondensatorgröße im Einzelfehlerfall.....	114
Anhang J (informativ) Anschluss äußerer Leitungen.....	117
Anhang K (informativ) Beispiele für den Batterieschutz	119
Anhang L (informativ) Gründe für den Ausschluss der Funktionssicherheit aus dem Anwendungsbereich von IEC 60255-27	120
Literaturhinweise	123
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen.....	124
 Bild 1 – Ablaufdiagramm mit den Anforderungen an den Brandschutz.....	 35
Bild 2 – Ablenkplatten	42
Bild 3 – Lage und Ausdehnung einer nichtbrennbaren Abdeckung für den Flammschutz.....	43
Bild A.1 – Betriebsmittel mit SELV-Eingang/Ausgang	82
Bild A.2 – Betriebsmittel mit PELV-Eingang/Ausgang	83
Bild A.3 – Betriebsmittel mit PEB-Eingang/Ausgang	84
Bild A.4 – Betriebsmittel mit ELV-Eingang/Ausgang	85
Bild D.1 – Leitfaden für die Bestimmung von Luft- und Kriechstrecken sowie Stehspannungen.....	92
Bild F.1 – Starrer Prüffinger	106
Bild F.2 – Gelenkprüffinger	107
Bild G.1 – Schaltplan des Generatorsaufbaus für die Stoßspannungsprüfung.....	109
Bild I.1 – Längste Dauer von kurzzeitigen berührbaren Spannungen im Einzelfehlerfall.....	115
Bild I.2 – Ladekapazität bei bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen und im Einzelfehlerfall	116
Bild K.1 – Schutz für nichtwiederaufladbare Batterien.....	119
Bild K.2 – Schutz für wiederaufladbare Batterien	119
Bild L.1 – Vereinfachtes Schaltbild mit einem Schutzrelais, das einen Leistungsschalter öffnet; die abgetrennte aktive Leitung wird anschließend durch Erdung sicher gemacht.....	122

Bild L.2 – Aktive Leitungen, die durch Trenner abgetrennt sind, die mechanisch oder elektromechanisch mit dem Leistungsschalter verbunden sind; die abgetrennte aktive Leitung wird anschließend durch Erdung sicher gemacht	122
Tabelle 1 – Stromstärkepegel bei bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen	22
Tabelle 2 – Ladung oder Energie des Kapazitätspegels bei bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen	22
Tabelle 3 – Stromstärkepegel im Einzelfehlerfall	32
Tabelle 4 – Höchsttemperatur beim bestimmungsgemäßen Gebrauch und bei einer Umgebungstemperatur von 40 °C	36
Tabelle 5 – Zulässige Perforationen im Boden eines Betriebsmittelgehäuses	43
Tabelle 6 – Isolierstoff von Wicklungen	44
Tabelle 7 – Grenzwerte für die höchste verfügbare Stromstärke	45
Tabelle 8 – Überstromschutzeinrichtungen	46
Tabelle 9 – Symbole	54
Tabelle 10 – Symbole für die Kennzeichnung von Prüfspannung(en)	55
Tabelle 11 – Übersicht über die Prüfungen	60
Tabelle 12 – Prüfung mit trockener Wärme – Betriebsprüfung	63
Tabelle 13 – Kälteprüfung – Betriebsprüfung	64
Tabelle 14 – Prüfung mit trockener Wärme, Lagerungstemperatur	65
Tabelle 15 – Kälteprüfung, Lagerungstemperatur	66
Tabelle 16 – Prüfung mit feuchter Wärme	67
Tabelle 17 – Temperaturwechselprüfung mit Feuchtigkeit	68
Tabelle 18 – Richtlinien für Isolationsspannungs-Stückprüfungen und Isolationsspannungs-Stichprobenprüfungen für die Sicherheit (informativ)	72
Tabelle 19 – Prüfwechselspannungen	74
Tabelle A.1 – Isolationsklasse für Produktstromkreise/-gruppen	78
Tabelle A.2 – Anforderungen an die Isolierung zwischen zwei Stromkreisen	80
Tabelle B.1 – Nennspannungen von Wechselstrom- oder Gleichstromversorgungsnetzen	86
Tabelle C.1 – Bemessungs-Stoßspannungen (Wellenform 1,2/50 µs)	87
Tabelle D.1 – Funktionsisolierung, Verschmutzungsgrad 1, Überspannungskategorie I	93
Tabelle D.2 – Funktionsisolierung, Verschmutzungsgrad 2, Überspannungskategorie I	94
Tabelle D.3 – Funktions-, Basisisolierung oder zusätzliche Isolierung, Verschmutzungsgrad 1, Überspannungskategorie II	94
Tabelle D.4 – Funktions-, Basisisolierung oder zusätzliche Isolierung, Verschmutzungsgrad 2, Überspannungskategorie II	95
Tabelle D.5 – Funktions-, Basisisolierung oder zusätzliche Isolierung, Verschmutzungsgrad 1, Überspannungskategorie III	95
Tabelle D.6 – Funktions-, Basisisolierung oder zusätzliche Isolierung, Verschmutzungsgrad 2, Überspannungskategorie III	96
Tabelle D.7 – Doppelte oder verstärkte Isolierung, Verschmutzungsgrad 1, Überspannungskategorie II	96
Tabelle D.8 – Doppelte oder verstärkte Isolierung, Verschmutzungsgrad 2, Überspannungskategorie II	97

	Seite
Tabelle D.9 – Doppelte oder verstärkte Isolierung, Verschmutzungsgrad 1, Überspannungskategorie III	97
Tabelle D.10 – Doppelte oder verstärkte Isolierung, Verschmutzungsgrad 2, Überspannungskategorie III	98
Tabelle D.11 – Multiplikationsfaktor der Prüfspannung für die Prüfung der Luftstrecke.....	98
Tabelle D.12 – Verringerung des Verschmutzungsgrads der inneren Umgebung durch Anwendung eines zusätzlichen Schutzes innerhalb des Betriebsmittels	99
Tabelle E.1 – Breite X von Nuten als Funktion des Verschmutzungsgrads	100
Tabelle G.1 – Bauelemente des Prüfgenerators.....	108
Tabelle J.1 – Bereich der von den Anschlussklemmen aufzunehmenden Leiterquerschnitte	118
Tabelle J.2 – Maße von Anschlussklemmen für Anschlussleiter zum Versorgungsstromkreis.....	118

Einleitung

Für den Nachweis, dass Betriebsmittel sicher sind, war es bisher notwendig, zusätzlich zu IEC 60664-1 auf allgemeine Sicherheitsnormen wie IEC 61010-1 zu verweisen.

Diese allgemeinen Sicherheitsnormen legen die Anforderungen an allgemeine Produkttypen oder -familien fest, um die Gefahr von Brand, elektrischem Schlag oder Verletzung des Benutzers zu verringern. Die Produkttypen enthalten keine Messrelais und Schutzeinrichtungen. Diese Normen berücksichtigen auch Einzelfehlerfälle. Die vorliegende Produktsicherheitsnorm hat Vorrang vor allgemeinen Sicherheitsnormen.

Die Verweisung auf die Gesamtheit dieser unterschiedlichen Normen führte zu Verwirrung aufgrund der widersprüchlichen Anforderungen, wie z. B. unterschiedliche Luftstrecken, Kriechstrecken sowie Prüfspannungen bei den gleichen Bemessungsspannungen.

Das Ziel der vorliegenden Norm ist:

- die Beseitigung der Verwirrung durch widersprüchliche Anforderungen zwischen bestehenden Normen;
- das Erreichen einer einheitlichen Herangehensweise in der internationalen Industrie für Messrelais und Schutzeinrichtungen.

Diese Produktsicherheitsnorm für Messrelais und Schutzeinrichtungen berücksichtigt die allgemeinen Normen und IEC 60664-1 als Basis und legt unter Berücksichtigung sämtlicher Anforderungen aus IEC 60255-5 die Themen fest, die speziell für Messrelais und Schutzeinrichtungen gelten.

Die Hauptabschnitte dieser Norm sind:

- 1 Anwendungsbereich
- 2 Normative Verweisungen
- 3 Begriffe
- 4 Allgemeine Sicherheitsanforderungen
- 5 Schutz gegen elektrischen Schlag
- 6 Mechanischer Aufbau
- 7 Entflammbarkeit und Brandbeständigkeit
- 8 Allgemeine und grundlegende Konstruktionsanforderungen für die Sicherheit
- 9 Dokumentation, Aufschriften und Verpackung
- 10 Typprüfungen und Stückprüfungen

Tabelle 11 enthält eine Liste der normativen und informativen Prüfungen.

Üblicherweise sind diese Betriebsmittel in eingeschränkten Zugangsbereichen in Kraftwerken, Stationen oder industriellen/kundenspezifischen Umgebungen installiert. Es gelten die Umgebungsbedingungen, die für die Betriebsmittel der Normenreihe IEC 60255 festgelegt sind. In der Norm werden die normalen, durch Luftfeuchte verursachten Korrosionsbedingungen berücksichtigt, jedoch keine Korrosion durch Luftverschmutzung.

Es wird vorausgesetzt, dass der Zugang zu den Betriebsmittel beim bestimmungsgemäßen Betrieb nur den Personen gestattet ist, die sich der notwendigen Arbeitsverfahren zur Einhaltung der Sicherheit bewusst sind. Das Bedienpersonal sollte jedoch vor unerwarteten Gefahren geschützt werden.

EN 60255-27:2005

Die vorliegende Norm gilt für Betriebsmittel, die mindestens unter den folgenden Umgebungsbedingungen sicher sind:

- Anwendung in Innenräumen;
- Höhen bis 2 000 m;
- äußerer Betriebstemperaturbereich nach IEC 60255-6^{N1)};
- höchste äußere relative Feuchte 93 % ohne Kondensation;
- Versorgungsschwankungen nach IEC 60255-6;
- zutreffende Überspannungskategorie der Versorgung;
- äußere Verschmutzungsgrade 1 und 2.

^{N1)} Nationale Fußnote: Siehe nationales Vorwort.

1 Anwendungsbereich

Die vorliegende Internationale Norm beschreibt Anforderungen an die Produktsicherheit von Messrelais und Schutzeinrichtungen mit einer Bemessungs-Wechselspannung bis 1 000 V und einer Bemessungsfrequenz bis 65 Hz oder einer Bemessungs-Gleichspannung bis 1 500 V. Oberhalb dieser Grenzwerte sollte für die Festlegung von Luft- und Kriechstrecken und der Stehprüfspannung **IEC 60664-1** angewendet werden.

Diese Norm behandelt die grundlegenden Sicherheitsanforderungen zur Verringerung der Brandgefahr und von Gefahren, die zu elektrischem Schlag oder Verletzung des Benutzers führen können.

Diese Norm gilt nicht für Sicherheitsanforderungen von Anlagen. Sie behandelt alle Arten, in denen Betriebsmittel in Schaltschränken, Montagegestellen oder Schalttafeln eingebaut oder betrieben werden sowie Wiederholungsprüfungen. Diese Norm gilt auch für Hilfseinrichtungen wie Nebenschlusswiderstände, Reihenwiderstände, Transformatoren usw., die ausschließlich zusammen mit Messrelais und Schutzeinrichtungen eingesetzt und geprüft werden.

Hilfseinrichtungen, die in Verbindung mit Messrelais und Schutzeinrichtungen verwendet werden, müssen möglicherweise zusätzlichen Sicherheitsanforderungen entsprechen.

Diese Norm beschreibt nur die Anforderungen an die Produktsicherheit, es werden keine Funktionskennwerte der Betriebsmittel behandelt.

Diese Norm behandelt keine Anforderungen an die Funktionssicherheit einschließlich der EMV-Funktionssicherheit. Die Gefahrenanalyse der Funktionssicherheit gehört nicht zum Anwendungsbereich dieser Produktsicherheitsnorm.

Die vorliegende Norm legt keine einzelnen Betriebsmittel und Realisierungen von Stromkreisen und Bauteilen fest.

Diese Norm ist eine zusammenfassende Norm, die alle Aspekte der Produktsicherheit und die zugehörigen Typ- und Stückprüfungen für Messrelais und Schutzeinrichtungen behandelt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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 60068-2-1:1990, *Environmental testing – Part 2: Tests – Tests A: Cold*

IEC 60068-2-2:1974, *Environmental testing – Part 2: Tests – Tests B: Dry heat*

Änderung 1:1993

Änderung 2:1994

IEC 60068-2-30:1980, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Db and guidance: Damp heat, cyclic (12 + 12-hour cycle)*

IEC 60068-2-78:2001, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*

IEC 60085:2004, *Electrical insulation – Thermal classification*

IEC 60127-1:1988, *Miniature fuses – Part 1: Definitions for miniature fuses and general requirements for miniature fuse-links*

IEC 60255-6:1988, *Electrical relays – Part 6: Measuring relays and protection equipment*

IEC 60255-21-1:1988, *Electrical relays – Part 21: Vibration, shock, bump and seismic tests on measuring relays and protection equipment – Section 1: Vibration tests (sinusoidal)*

IEC 60255-21-2:1988, *Electrical relays – Part 21: Vibration, shock, bump and seismic tests on measuring relays and protection equipment – Section 2: Shock and bump tests*

IEC 60255-21-3:1993, *Electrical relays – Part 21: Vibration, shock, bump and seismic tests on measuring relays and protection equipment – Section 3: Seismic tests*

IEC 60255-22-5:2002, *Electrical relays – Part 22-5: Electrical disturbance tests for measuring relays and protection equipment – Surge immunity test*

IEC 60352-1:1997, *Solderless connections – Part 1: Wrapped connections – General requirements, test methods and practical guidance*

IEC 60352-2:1990, *Solderless connections – Part 2: Solderless crimped connections – General requirements, test methods and practical guidance*

IEC 60417-DB:2005, *Graphical symbols for use on equipment*¹

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP-Code)*
Änderung 1:1999²

IEC 60664-1:1992, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*
Änderung 1:2000
Änderung 2:2003³

IEC 60664-3:2003, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 3: Use of coating, potting or moulding for protection against pollution*

IEC 60695-2-20:2004, *Fire hazard testing – Part 2-20: Glowing/hot-wire based test methods – Hot-wire coil ignitability – Apparatus, test method and guidance*

IEC 60695-11-10:1999, *Fire hazard testing – Part 11-10: Test flames, 50 W horizontal and vertical flame test methods*
Änderung 1:2003

IEC 60825-1:1993, *Safety of laser products – Part 1: Equipment class, requirements and user's guide*
Änderung 1:1997
Änderung 2:2004⁴

IEC 60990:1999, *Methods of measurement of touch current and protective conductor current*

IEC 61140:2001, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*

IEC 61180-1:1992, *High-voltage test techniques for low-voltage equipment – Part 1: Definitions, test and procedure requirements*

IEC 61180-2:1994, *High-voltage test techniques for low-voltage equipment – Part 2: Test equipment*

IEC 62151:2000, *Safety of equipment electrically connected to a telecommunication network*

¹ DB bezieht sich auf die IEC-Online-Datenbank.

² Es liegt eine konsolidierte Fassung 2.1 (2001) vor, die die Fassung 2.0 und deren Änderung 1 enthält.

³ Es liegt eine konsolidierte Fassung 1.2 (2002) vor, die die Fassung 1.0 und deren Änderungen 1 und 2 enthält.

⁴ Es liegt eine konsolidierte Fassung 1.2 (2001) vor, die die Fassung 1.0 und deren Änderungen 1 und 2 enthält.

ISO 780:1997, *Packaging – Pictorial marking for handling of goods*

ISO 7000-DB:2005, *Graphical symbols for use on equipment – Index and synopsis*⁵

3 Begriffe ^{N1)}

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe:

ANMERKUNG Definitionen allgemeiner Begriffe, die nicht in dieser Norm festgelegt sind, sind IEC 60664-1, 1.3, und IEC 60050(151-448) zu entnehmen.

3.1

berührbar (ein Teil)

Teil, das beim bestimmungsgemäßen Gebrauch mit dem genormten starren Prüffinger oder mit dem Gelenkprüffinger nach Anhang F berührt werden kann

[IEV 442-01-15, modifiziert]

ANMERKUNG 1 Berührbar beim bestimmungsgemäßen Gebrauch gilt für die Anwendung dieser Norm in erster Linie nur für die Vorderseite von Betriebsmitteln.

ANMERKUNG 2 Ein Kommunikationsstromkreis/-netzwerk, der/das außerhalb des Schaltschranks, des Betriebsmittels oder auf der Schalttafel angeschlossen und benutzt wird und zu dem der Zugang ohne Öffnen einer Abdeckung oder Klappe möglich ist, sollte als berührbar betrachtet werden, d. h., es sollte sich um einen PEB-, PELV- oder SELV-Stromkreis oder dergleichen handeln.

3.2

benachbarte Stromkreise

elektrische Stromkreise, die vom betrachteten Stromkreis durch die notwendige Basisisolierung oder doppelte/verstärkte Isolierung getrennt sind. Stromkreise, die durch mehr als doppelte oder verstärkte Isolierung voneinander getrennt sind, werden nicht als benachbarte Stromkreise angesehen

3.3

Umgebungstemperatur

unter festgelegten Bedingungen bestimmte Temperatur der Luft, die das gesamte Betriebsmittel umgibt

[IEV 441-11-13, modifiziert]

ANMERKUNG 1 Bei Betriebsmitteln innerhalb einer Umhüllung handelt es sich um die Lufttemperatur außerhalb der Umhüllung.

ANMERKUNG 2 Die Umgebungstemperatur wird im halben Abstand von einem benachbarten Betriebsmittel, jedoch in keinem größeren Abstand als 300 mm vom Betriebsmittelgehäuse, an der mittleren Höhe des Betriebsmittels und geschützt vor direkter Wärmestrahlung vom Betriebsmittel gemessen.

3.4

Abdeckung

Teil, durch das Schutz gegen direktes Berühren in allen üblichen Zugangs- oder Zugriffsrichtungen gewährt wird

[IEV 826-12-23]

ANMERKUNG Abdeckungen können einen Schutz gegen Flammenausbreitung darstellen (siehe [Abschnitt 7](#)).

⁵ DB bezieht sich auf die ISO-Online-Datenbank.

^{N1)} Nationale Fußnote: Siehe nationales Vorwort.

3.5

Basisisolierung

Isolierung von gefährlichen aktiven Teilen als grundlegender Schutz

[IEV 826-12-14, modifiziert]

ANMERKUNG Dieser Begriff gilt nicht für Isolierung, die ausschließlich Funktionszwecken dient.

3.6

Grenzfläche

Außenfläche des Betriebsmittelgehäuses, die als Schicht aus Metallfolie im Kontakt mit der berührbaren Oberfläche des Isolierstoffes betrachtet wird

3.7

Betriebsmittel der Schutzklasse I

Betriebsmittel mit Basisisolierung als grundlegender Schutz gegen elektrischen Schlag und mit Schutzpotentialausgleich als Fehlerschutz, so dass leitfähige Teile auf der Außenseite des Betriebsmittelgehäuses im Falle eines Versagens der Basisisolierung nicht Spannung führend werden können

3.8

Betriebsmittel der Schutzklasse II

Betriebsmittel

- mit Basisisolierung als grundlegender Schutz gegen elektrischen Schlag und
- mit zusätzlicher Isolierung als Fehlerschutz oder
- bei denen grundlegender Schutz und Fehlerschutz durch verstärkte Isolierung sichergestellt werden

ANMERKUNG Für Sicherheitszwecke sollten keine Maßnahmen für die Schutzerdung vorhanden sein, noch sollte der Schutz von den Installationsbedingungen abhängen. Es ist jedoch zulässig, den Erdungsleiter für Funktionszwecke (z. B. EMV) an Betriebsmittel der Schutzklasse II anzuschließen.

3.9

Betriebsmittel der Schutzklasse III

Betriebsmittel oder Teile eines Betriebsmittels, bei dem (denen) der Schutz gegen elektrischen Schlag auf einer Versorgung von SELV- oder PELV-Stromkreisen beruht und in dem keine gefährlichen Spannungen erzeugt werden

3.10

Luftstrecke

kürzester, in Luft gemessener Abstand zwischen zwei leitfähigen Teilen oder zwischen einem leitfähigen Teil und der äußeren Grenzfläche des Betriebsmittels, unabhängig davon, ob sie leitfähig ist oder nicht

3.11

Vergleichszahl der Kriechwegbildung (CTI)

Zahlenwert der maximalen Spannung in Volt, der ein Werkstoff unter festgelegten Prüfbedingungen ohne Kriechwegbildung widerstehen kann

[IEV 212-01-44]

3.12

Kommunikationsstromkreis/-netzwerk

Stromkreis/Netzwerk zum Empfangen und/oder Senden digitaler oder analoger Signale. Die Kommunikation mit anderen Stromkreisen erfolgt durch optische, magnetische oder elektromagnetische Strahlung oder über metallische Verbindungen

3.13**Kriechstrecke**

kürzester Abstand auf der Oberfläche eines festen Isolierstoffs zwischen zwei leitfähigen Teilen oder zwischen einem leitfähigen Teil und der Grenzfläche (berührbares Teil) des Betriebsmittels, die entlang der Oberfläche der Isolierung gemessen wird

[IEV 151-15-50, modifiziert]

3.14**direktes Berühren**

Berühren aktiver Teile durch Personen

[IEV 826-03-05, modifiziert]

3.15**doppelte Isolierung**

Isolierung, die aus der Basisisolierung und der zusätzlichen Isolierung besteht

[IEV 195-06-08]

ANMERKUNG Basisisolierung und zusätzliche Isolierung sind getrennte, einzeln bemessene Isolierungen für den grundlegenden Schutz gegen elektrischen Schlag.

3.16**Kleinspannung (ELV)**

siehe [Tabelle A.1](#)

3.17**Umhüllung**

Gebilde, das die Schutzart sicherstellt, die für den vorgesehenen Verwendungszweck geeignet ist

[IEV 195-02-35]

ANMERKUNG Umhüllungen können einen Schutz gegen Flammenausbreitung darstellen (siehe [Abschnitt 7](#)).

3.18**Betriebsmittel**

Messrelais und Schutzeinrichtungen

3.19**EUT**

zu prüfendes Betriebsmittel

3.20**Körper (eines elektrischen Betriebsmittels)**

leitfähiges Teil eines elektrischen Betriebsmittels, das berührbar ist und üblicherweise nicht unter Spannung steht, aber bei einem Einzelfehlerfall unter Spannung geraten kann

[IEV 826-03-02, modifiziert]

ANMERKUNG 1 Bei Betriebsmitteln, die nicht umschlossen sind, können Rahmen, Befestigungsmittel usw. Körper sein.

ANMERKUNG 2 Bei Betriebsmitteln, die umschlossen sind, können leitfähige Teile, die berührbar sind, wenn das Betriebsmittel in seiner bestimmungsgemäßen Gebrauchslage montiert ist, einschließlich diejenigen seiner Befestigungsfläche, Körper darstellen.

3.21

Brandschutzumhüllung

Teil des Betriebsmittels, das der Einschränkung der Brand- oder Flammenausbreitung aus dem Inneren des Betriebsmittels heraus dient

3.22

Funktionserdung

Erdung eines Punktes oder von Punkten in einem System, einer Anlage oder einem Betriebsmittel zu einem Zweck, der nicht der elektrischen Sicherheit dient

3.23

Funktionsisolierung

Isolierung zwischen leitfähigen Teilen, die für das richtige Funktionieren des Betriebsmittels erforderlich ist

[IEV 195-02-41]

3.24

gefährlicher Energiepegel

zulässiger Energiepegel von 240 VA oder mehr für eine Dauer von 60 s oder mehr oder ein gespeicherter Energiepegel von 20 J oder mehr (z. B. von einem oder mehreren Kondensatoren) bei einem Potential von 2 V oder mehr

3.25

gefährliches aktives Teil

aktives Teil mit einer Spannung über 33 V Wechselspannung oder 70 V Gleichspannung

[IEV 826-03-15, modifiziert]

3.26

berührungsgefährliche Spannung (HLV)

Spannung, die unter bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen 33 V Wechselspannung oder 70 V Gleichspannung überschreitet

3.27

Schaumstoff der Klasse HBF

Schaumstoff, der in der dünnsten verwendeten Dicke geprüft und nach ISO 9772 in die Klasse HBF eingeordnet wird

3.28

Werkstoff der Klasse HB40

Werkstoff, der in der dünnsten verwendeten Dicke geprüft und nach **IEC 60695-11-10** in die Klasse HB40 eingeordnet wird

3.29

Werkstoff der Klasse HB75

Werkstoff, der in der dünnsten verwendeten Dicke geprüft und nach **IEC 60695-11-10** in die Klasse HB75 eingeordnet wird

3.30

ausfallsicher

ein ausfallsicheres Teil oder Bauteil bedeutet, dass nicht mit einem Fehler gerechnet wird, der die Möglichkeit einer Gefährdung im Sinne dieser Norm verursachen könnte; ein ausfallsicheres Teil oder Bauteil gilt bei der Prüfung mit Einzelfehlerbedingung als nicht fehleranfällig

3.31

Stromkreis mit Strombegrenzung

siehe [7.11](#)

3.32**aktives Teil**

Leiter oder leitfähiges Teil, der/das dazu vorgesehen ist, beim bestimmungsgemäßen Gebrauch unter Spannung zu stehen, einschließlich eines Neutralleiters

[IEV 195-02-19, modifiziert]

ANMERKUNG Dieser Begriff besagt nicht unbedingt, dass die Gefahr eines elektrischen Schlags besteht.

3.33**Mikroumgebung**

Umgebungsbedingungen in der unmittelbaren Umgebung der betreffenden Luft- und Kriechstrecken, ausgenommen selbsterzeugte Verschmutzung, die beim bestimmungsgemäßen Betrieb des Zubehörs entsteht

[IEV 442-01-29, modifiziert]

ANMERKUNG Die Einwirkung auf die Isolierung wird durch die Mikroumgebung der Kriech- und Luftstrecken, nicht durch die Umgebung des Betriebsmittels bestimmt.

3.34**Nebenstromkreis**

Stromkreis, der von der Gleichstrom- oder Wechselstromversorgung und von äußeren Spannungs- und Stromwandlern elektrisch getrennt ist

3.35**bestimmungsgemäßer Gebrauch**

das Betriebsmittel wird unter bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen mit allen Abdeckungen und Schutzeinrichtungen installiert und betrieben

3.36**Überspannungskategorie**

Zahlenwert, der einen Zustand mit einer transienten Überspannung beschreibt; Einzelheiten zur Überspannungskategorie siehe [D.1.6](#)

ANMERKUNG Es werden die Überspannungskategorien I, II und III verwendet.

3.37**Stromkreis zum Schutzpotentialausgleich (PEB-Stromkreis)**

siehe [Tabelle A.1](#)

3.38**Stromkreis mit Schutzkleinspannung (PELV-Stromkreis)**

siehe [Tabelle A.1](#)

3.39**Verschmutzung**

zusätzliches Auftreten von festen, flüssigen oder gasförmigen Fremdstoffen, das zu einer dauernden Verringerung der Durchschlagsfestigkeit oder des spezifischen Oberflächenwiderstands der Isolierung führen kann

[IEV 442-01-28]

ANMERKUNG Ionisierte Gase vorübergehender Art gelten nicht als Verschmutzung.

3.40**Verschmutzungsgrad**

Zahlenwert, der die zu erwartende Verschmutzung der Mikroumgebung angibt

3.41**Verschmutzungsgrad 1**

üblicherweise tritt keine oder nur trockene, nicht leitfähige Verschmutzung auf. Die Verschmutzung hat keinen Einfluss

3.42

Verschmutzungsgrad 2

üblicherweise tritt nur nicht leitfähige Verschmutzung auf, jedoch muss gelegentlich mit vorübergehender Leitfähigkeit durch Betauung gerechnet werden

3.43

Verschmutzungsgrad 3

üblicherweise tritt leitfähige Verschmutzung auf oder trockene, nicht leitfähige Verschmutzung, die leitfähig wird, wenn Betauung zu erwarten ist

3.44

Verschmutzungsgrad 4

üblicherweise führt die Verschmutzung zu einer beständigen Leitfähigkeit, hervorgerufen durch leitfähigen Staub, Regen oder Schnee

3.45

Primärstromkreis

Stromkreis, der direkt mit dem Wechselspannungs- oder Gleichspannungsversorgungseingang verbunden ist. Stromkreise des Betriebsmittels, die von Spannungs- und Stromwandlern versorgt werden, werden auch als Primärstromkreise angesehen (siehe [5.1.9.1.1](#) und [Anhang A](#))

ANMERKUNG Stromkreise von Messrelais, die von einer externen Wechselspannungs- oder Gleichspannungsversorgungsquelle gespeist werden, die die Anforderungen an einen ELV-Stromkreis nach [Tabelle A.1](#) erfüllt, dürfen als Nebenstromkreise behandelt werden, sofern Transienten oder Stoßspannungen am Versorgungsausgang nicht die Anforderungen von [Bild I.1](#) überschreiten.

3.46

Schutzpotentialausgleich

elektrische Verbindung von Körpern oder der Schutzschirmung, um die elektrische Durchgängigkeit mit einer Verbindung an einem äußeren Schutzleiter herzustellen, der sicher mit Erde verbunden ist

3.47

Widerstand des Schutzpotentialausgleichs

Impedanz zwischen dem Schutzleiteranschluss und einem leitfähigen Teil, das mit dem Schutzleiter verbunden sein muss

3.48

Schutzleiter

Leiter zum Zweck der Sicherheit, z. B. zum Schutz gegen elektrischen Schlag, durch elektrische Verbindung mit einem der folgenden Teile:

- Haupterdungsklemme;
- Körper des elektrischen Betriebsmittels;
- Erder;
- geerdeter Punkt der Stromquelle oder künstlicher Sternpunkt

[IEV 195-02-09, modifiziert]

3.49

Schutzerdung

Erdung eines Punktes im Betriebsmittel zum Schutz gegen elektrischen Schlag im Falle eines Fehlers

3.50

Schutzimpedanz

Impedanz zwischen aktiven Teilen und Körpern mit einem solchen Wert, dass die elektrische Stromstärke beim bestimmungsgemäßen Gebrauch und bei einem etwaigen Fehlzustand im Betriebsmittel auf einen sicheren Wert begrenzt wird, und die so aufgebaut ist, dass sie während der gesamten Lebensdauer des Betriebsmittels funktionsfähig bleibt

[IEV 442-04-24, modifiziert]

ANMERKUNG Eine Schutzimpedanz sollte die Stehspannungsprüfung für doppelte Isolierung bestehen und bei der Auswahl sollte die vorherrschende Fehlerart berücksichtigt werden.

3.51

elektrische Schutzschirmung

Schutzschirmung

Trennung von Stromkreisen und/oder Leitern von gefährlichen aktiven Teilen mittels eines elektrischen Schutzschirms, der mit der Schutzpotentialausgleichsanlage verbunden ist und für den Schutz gegen elektrischen Schlag vorgesehen ist

[IEV 195-06-18]

3.52

Schutztrennung

Trennung eines Stromkreises von einem anderen durch

- doppelte Isolierung oder
- Basisisolierung und elektrische Schutzschirmung oder
- verstärkte Isolierung

3.53

Bemessungs-Stoßspannung

Wert einer Stoßspannung, der vom Hersteller für ein Betriebsmittel oder einen Teil davon angegeben wird und der das festgelegte Stehvermögen seiner zugehörigen Isolierung gegenüber transienten Überspannungen angibt und auf den sich die Kriechstrecken beziehen

3.54

Bemessungsspannung der Isolierung (RIV)

Wert einer Spannung, der vom Hersteller für ein Betriebsmittel oder einen Teil davon angegeben wird und der das festgelegte (langzeitige) Stehvermögen seiner zugehörigen Isolierung angibt und auf den sich Isolationsspannungsprüfungen und Kriechstrecken beziehen

[IEV 442-06-39, modifiziert]

ANMERKUNG 1 Die Bemessungsspannung der Isolierung ist nicht unbedingt gleich der Bemessungsspannung des Betriebsmittels, die sich hauptsächlich auf Funktionsanforderungen bezieht.

ANMERKUNG 2 Die Bemessungsspannung der Isolierung bezieht sich auf die Trennung zwischen elektrischen Stromkreisen.

ANMERKUNG 3 Bei Luftstrecken und fester Isolierung ist der Spitzenwert der Spannung, die über der Isolierung oder der Luftstrecke auftritt, der maßgebende Wert für die Bemessungsspannung der Isolierung. Bei Kriechstrecken ist der Effektivwert oder der Wert der Gleichspannung der maßgebende Wert.

3.55

Bemessungsspannung

Wert einer Spannung, der vom Hersteller für eine festgelegte Betriebsbedingung eines Bauteils, Geräts oder Betriebsmittels angegeben wird

ANMERKUNG Ein Betriebsmittel kann mehrere Werte der Bemessungsspannung oder einen Bemessungsspannungsbereich besitzen.

3.56

verstärkte Isolierung

Isolierung von gefährlichen aktiven Teilen, die im gleichen Maße Schutz gegen elektrischen Schlag bietet wie die doppelte Isolierung

[IEV 195-06-09]

ANMERKUNG Die verstärkte Isolierung kann aus mehreren Schichten bestehen, die nicht einzeln als Basisisolierung oder zusätzliche Isolierung geprüft werden können.

3.57

eingeschränkter Zugangsbereich

Bereich, der nur Elektrofachkräften und elektrotechnisch unterwiesenen Personen, jeweils mit entsprechender Berechtigung und Kenntnis jeglicher Sicherheitsgefährdungen, zugänglich ist

[IEV 195-04-04, modifiziert]

ANMERKUNG Diese Bereiche umfassen geschlossene Schaltanlagen, Verteilungsanlagen, Schaltgerätezellen, Transformatorzellen, Verteilungssysteme in Gehäusen aus Metallblech oder andere geschlossene Anlagen.

3.58

Stückprüfung

Konformitätsprüfung an jeder einzelnen Betrachtungseinheit während oder nach der Fertigung

[IEV 151-16-17]

3.59

Schirm

Abschirmung

leitfähiges Teil, das elektrische Stromkreise und/oder Leiter umhüllt oder abtrennt

3.60

Stromkreis mit Sicherheitskleinspannung (SELV-Stromkreis)

siehe [Tabelle A.1](#)

3.61

zusätzliche Isolierung

unabhängige Isolierung, die zusätzlich zur Basisisolierung als Schutz gegen elektrischen Schlag bei einem Ausfall der Basisisolierung angewendet wird

[IEV 195-06-07, modifiziert]

3.62

Kriechwegbildung

fortschreitender Abbau auf der Oberfläche eines festen Isolierstoffs durch örtliche Entladungen unter Bildung leitender oder teilweise leitender Pfade

[IEV 212-01-42]

ANMERKUNG Kriechwegbildung tritt in der Regel durch Oberflächenverunreinigung auf.

3.63

Typprüfung

Prüfung eines oder mehrerer Geräte eines gegebenen Konstruktionstyps, um zu ermitteln, ob diese Geräte die Anforderungen der betreffenden Norm erfüllen

[IEV 851-02-09]

3.64

Benutzer

Personen mit entsprechender Ausbildung und Erfahrung, die erforderlich ist, um sich der Gefährdungen bewusst zu sein, denen sie beim Betrieb eines Betriebsmittels in einem beschränkten Zugangsbereich ausgesetzt sind, sowie für die Maßnahmen, um die Gefahr für die eigene und andere Personen zu verringern

3.65

Stehvermögen

Zustand des Fortbestehens des Betriebsmittels hinsichtlich der einwirkenden Umwelt- oder Prüfbedingungen (z. B. Stoßspannung)

3.66

Arbeitsspannung

höchster Effektivwert der Wechselspannung oder höchster Wert der Gleichspannung über einer bestimmten Isolierung, der auftreten kann, wenn das Betriebsmittel mit Bemessungsspannung gespeist wird

ANMERKUNG 1 Transienten werden vernachlässigt.

ANMERKUNG 2 Es werden sowohl Leerlaufbedingungen als auch bestimmungsgemäße Betriebsbedingungen berücksichtigt.

4 Allgemeine Sicherheitsanforderungen

Das Betriebsmittel darf die Sicherheit von Personen und des Eigentums nicht gefährden.

Der Schutz gegen elektrischen Schlag für die Schutzklassen I, II oder III gilt für die Teile, die bei bestimmungsgemäßen Gebrauchsbedingungen berührbar sind.

ELV-, PEB-, PELV- und SELV-Stromkreise bieten Schutz gegen elektrischen Schlag durch berührungsgefährliche Spannungen und müssen nicht auf die Schutzklasse I, II oder III des Betriebsmittels bezogen werden.

4.1 Anforderungen an die Erdung (Masseanschluss, Erdung und Schirmung)

Erdung in Betriebsmitteln wird nicht nur gefordert, um die Wirkungen von Beeinflussungen zu verringern, sondern auch, und mit größerer Bedeutung, aus Gründen der Sicherheit von Personen. Stehen diese beiden Anforderungen gegeneinander, so muss stets die Sicherheit von Personen den Vorrang haben.

Bei Betriebsmitteln der Schutzklasse II dürfen für Sicherheitszwecke keine Maßnahmen für die Schutzerdung vorhanden sein, noch sollte der Schutz von den Installationsbedingungen abhängen. Es ist jedoch zulässig, den Erdungsleiter für Funktionszwecke (z. B. EMV) an Betriebsmittel der Schutzklasse II anzuschließen (siehe [Tabelle A.2](#)).

5 Schutz gegen elektrischen Schlag

5.1 Anforderungen an den Schutz gegen elektrischen Schlag

Die Benutzer müssen vor Gefährdungen durch elektrischen Schlag durch Anwendung guter konstruktiver- und ingenieurtechnischer Lösungen geschützt werden.

Die Prüfungen von Bauteilen und des Betriebsmittels hinsichtlich des Schutzes gegen elektrischen Schlag müssen als Typprüfungen und Stückprüfungen, wie in [Abschnitt 10](#) festgelegt, durchgeführt werden.

Der Schutz gegen das Berühren gefährlicher aktiver Teile muss vorgesehen werden.

Sämtliche leitfähigen Teile, die von gefährlichen aktiven Teilen nicht mindestens durch Basisisolierung getrennt sind, müssen als aktive Teile angesehen werden.

Ein metallisches berührbares Teil gilt als leitfähig, wenn seine Oberfläche blank ist oder eine Isolierschicht aufweist, die nicht den Anforderungen an die Basisisolierung entspricht.

Ein Einzelfehlerfall des Betriebsmittels darf nicht die Gefahr eines elektrischen Schlags hervorrufen.

Ungeerdete berührbare leitfähige Teile, die bei einem Einzelfehler berührungsgefährlich werden können, müssen von gefährlichen aktiven Teilen durch doppelte oder verstärkte Isolierung getrennt oder an den Schutzleiter angeschlossen werden oder die Anforderungen nach 5.1 bis 5.1.10 erfüllen.

[Anhang A](#) behandelt die Anforderungen an die Isolationsklasse der Betriebsmittel.

[Anhang D](#) behandelt die Ermittlung der Luft- und Kriechstrecken und der Spannungen für die Stehspannungs-Typprüfung.

5.1.1 Berührbare Teile

Sofern es nicht offensichtlich ist, muss die Bestimmung, ob ein Teil beim bestimmungsgemäßen Gebrauch „berührbar“ ist, so vorgenommen werden, wie nachfolgend und in 5.1.1.1 festgelegt.

Geeignete Prüffinger nach 5.1.1.1 müssen ohne merkliche Kraft angewendet werden, sofern keine Kraft festgelegt ist. Teile werden als „berührbar“ angesehen, wenn sie mit dem Prüffinger oder -stift berührt werden können oder wenn die Abdeckung keinen geeigneten Schutz bietet, wenn sie beim bestimmungsgemäßen Gebrauch berührt wird (siehe folgende Anmerkung).

Wenn berührbare leitfähige Teile oder Stromkreise von anderen Teilen durch doppelte oder verstärkte Isolierung getrennt sind, die durch Bauteile nach 5.1.4 überbrückt sind, müssen die berührbaren Teile oder Stromkreise die Stromgrenzwerte nach 5.1.1.2.1 für den bestimmungsgemäßen Betrieb und nach 5.2.4.1.1 für einen Einzelfehlerfall einhalten. Diese Anforderungen gelten nach der Isolationsspannungsprüfung.

Bei gefährlichen aktiven Teilen mit einer auf Erde bezogenen Spannung, die 1 kV (Effektivwert) oder 1,5 kV Gleichspannung überschreitet, wird ein Teil als „berührbar“ angesehen, wenn der Prüffinger oder -stift bis auf einen Punkt heranreicht, der näher am gefährlichen aktiven Teil liegt, als die zutreffende Luftstrecke bei Basisisolierung für die Arbeitsspannung nach IEC 60664-1 (siehe 5.1.5.4).

Bei Betriebsmitteln, die Einsteckmodule aufnehmen können, werden Teile als „berührbar“ angesehen, wenn sie mit dem Gelenkprüffinger (siehe 5.1.1.1.1) bis zu einer Tiefe von 180 mm von der Öffnung im Betriebsmittel berührt werden können.

ANMERKUNG Werkstoffe, die leicht beschädigt werden können, werden für eine ausreichende Isolierung als nicht geeignet angesehen (z. B. Lack, Emaille, Oxidschichten und anodische Überzüge). Nicht imprägnierte hygroskopische Werkstoffe, wie Papier, Fasern und faserhaltige Stoffe, werden für eine ausreichende Isolierung auch als nicht geeignet angesehen.

5.1.1.1 Ermittlung berührbarer Teile

Wenn es vorgesehen ist, dass der Benutzer beim bestimmungsgemäßen Gebrauch Tätigkeiten mit oder ohne Werkzeug (z. B. Schraubendreher, Münze, Schlüssel usw.) ausführt, durch die sich die Berührbarkeit von Teilen erhöht, dann müssen derartige Tätigkeiten ausgeführt werden, bevor die Untersuchungen nach 5.1.1.1.1 bis 5.1.1.1.3 durchgeführt werden. Beispiele sind:

- Abnehmen von Abdeckungen;
- Einstellelemente;
- Ersetzen von Verbrauchsmaterial;
- Abnehmen von Teilen.

5.1.1.1.1 Allgemeine Untersuchung

Der Gelenkprüffinger (siehe Bild F.2) muss in jeder möglichen Stellung angewendet werden. Sofern ein Teil durch Anwendung einer Kraft berührbar werden sollte, muss der starre Prüffinger (siehe Bild F.1) mit einer Kraft von 10 N angewendet werden. Die Kraft muss mit der Spitze des Prüffingers ausgeübt werden, damit Keil- und Hebelwirkungen vermieden werden. Die Prüfung muss an allen Außenflächen, einschließlich des Bodens, durchgeführt werden.

5.1.1.1.2 Öffnungen über Teilen, die von einem Gehäuse umschlossen sind und die berührungsgefährlich sind

Ein metallischer Prüfstift mit einer Länge von 100 mm und einem Durchmesser von 4 mm muss über gefährlichen aktiven Teilen in jede Öffnung des Betriebsmittelgehäuses eingeführt werden (der Prüfstift muss frei beweglich aufgehängt sein). Der Prüfstift muss bis 100 mm eindringen. Diese Prüfung wird nicht bei Anschlussklemmen angewendet.

5.1.1.1.3 Öffnungen für Einstellelemente

Ein metallischer Prüfstift mit einem Durchmesser von 3 mm muss durch Öffnungen im Betriebsmittelgehäuse eingeführt werden, die den Zugang zu Einstellelementen gestatten, die die Anwendung eines Schraubendrehers oder eines ähnlichen Werkzeugs erfordern. Der Prüfstift muss in jeder möglichen Richtung durch diese Öffnung eingeführt werden. Die Einführtiefe darf nicht das Dreifache des Abstands zwischen Gehäuseoberfläche und dem Schaft des Einstellelements oder 100 mm überschreiten, je nachdem, welcher Wert der kleinere ist.

5.1.1.1.4 Teile mit ELV-Bemessung oder aktive Teile, die bei abgenommener Abdeckung berührbar sind

Wenn Teile mit ELV-Bemessung oder aktive Teile, wie austauschbare Batterien oder Kontakte elektromechanischer Relais, zugänglich sind, wenn die Abdeckung ohne Zuhilfenahme eines Werkzeugs abgenommen wurde, dann ist ein Warnschild erforderlich, welches beim Abnehmen der Abdeckung sichtbar ist. Diese Warnung muss die Symbole 14 und/oder 12 aus [Tabelle 9](#) zeigen.

5.1.1.1.5 Anschlussklemmen

Anschlussklemmen hinter Schalttafeln oder in eingeschränkten Zugangsbereichen, die beim bestimmungsgemäßen Gebrauch nicht berührt werden können, werden als „nicht berührbar“ angesehen. Zur Verhinderung eines elektrischen Schlags bei einer unbeabsichtigten Berührung sollte jedoch mindestens Schutzart IP1X nach [IEC 60529, 5.1](#), vorliegen.

Liegt nicht mindestens Schutzart IP1X ^{N1)} nach [IEC 60529, 5.1](#), vor, muss nahe der freiliegenden gefährlichen aktiven Anschlussklemmen das Warnsymbol 12 aus [Tabelle 9](#) angebracht werden.

Übereinstimmung mit [5.1.1 bis 5.1.1.1.5](#) muss durch Sichtprüfung oder Prüfung nachgewiesen werden.

5.1.1.2 Zulässige Grenzwerte für berührbare Teile

Spannung, Strom, Ladung oder Energie zwischen einem berührbaren Teil und der Bezugserde der Prüfung oder zwischen zwei berührbaren Teilen am selben Stück des Betriebsmittels innerhalb eines Abstands von 1,8 m (über einer Oberfläche oder in Luft) dürfen bei bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen die Werte von 5.1.1.2.1 oder bei einem Einzelfehlerfall die Werte von [5.2.4.1.1](#) nicht überschreiten.

5.1.1.2.1 Werte bei bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen

Werte, die bei bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen die nachfolgenden Pegel/Grenzwerte unter a) bis c) überschreiten, werden als berührungsgefährlich angesehen. Die Grenzwerte unter b) und c) gelten nur, wenn die Spannung die Werte von a) überschreitet.

- a) Spannungspegel: 33 V Wechselspannung oder 70 V Gleichspannung

Die Spannungspegel für Betriebsmittel, die für den Einsatz an feuchten Orten ausgelegt sind, betragen 25 V Wechselspannung oder 37,5 V Gleichspannung.

^{N1)} Nationale Fußnote: Siehe nationales Vorwort.

b) Stromstärkepegel

Tabelle 1 – Stromstärkepegel bei bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen

Installationsort	Zu verwendender Messkreis nach Bild 3/Bild 4 von IEC 60990	Sinuswellen- formen mA, Effektivwert	Nichtsinusförmige Wellenformen oder Mischfrequenz-Wellenformen mA, Spitzenwert	mA, Gleichstrom
Trocken	Bild 4	0,5	0,7	2
Feucht	Bild 3 mit $R_S = 375 \Omega$ (anstelle von $1\,500 \Omega$)	0,5	0,7	2
Trocken	Bild 3 mit $R_B = 75 \Omega$ Bezieht sich auf mögliche Verbrennungen im Frequenz- bereich von 30 kHz bis 500 kHz	70	–	–

c) Ladung oder Energie des Kapazitätspegels

Tabelle 2 – Ladung oder Energie des Kapazitätspegels bei bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen

Höchster Pegel	Spitzen- oder Gleichspannung
45 μC	bis 15 kV
350 mJ	$\geq 15 \text{ kV}$
ANMERKUNG Bild 1.2 zeigt die größte zulässige Spannung für den Kapazitätswert bei bestimmungsgemäßem Gebrauch und bei einem Einzelfehler.	

5.1.2 Schutz gegen das Berühren gefährlicher aktiver Teile

Der Schutz gegen direktes Berühren berührbarer gefährlicher aktiver Teile muss durch angemessene Isolierung, das Betriebsmittelgehäuse oder eine Abdeckung gesichert werden.

5.1.2.1 Isolierung

Die Anforderungen an die Isolierung müssen unter Berücksichtigung folgender Einflussfaktoren festgelegt werden:

- Bemessungsspannung des betreffenden Stromkreises (siehe [Anhang B](#));
- Überspannungskategorie (siehe [Anhänge C](#) und [D](#));
- Verschmutzungsgrad (siehe [Anhang D](#));
- Isolationspegel, z. B. ELV, SELV, PELV oder PEB (siehe [Anhang A](#));
- Isolationsvorschriften (siehe [Anhänge A](#) und [D](#)).

5.1.2.2 Betriebsmittelgehäuse und Abdeckungen

Gefährliche aktive Teile müssen innerhalb des Betriebsmittelgehäuses oder hinter Abdeckungen angeordnet sein, die mindestens den Anforderungen an die Schutzart IP2X nach [IEC 60529, 5.1](#), entsprechen, so dass sie beim bestimmungsgemäßen Gebrauch nicht berührbar sind. Wenn eine Abdeckung ohne Zuhilfenahme eines Werkzeugs entfernt werden kann, muss das Warnsymbol 12 aus [Tabelle 9](#) sichtbar angebracht werden.

Beim bestimmungsgemäßen Gebrauch berührbare Oberflächen von Abdeckungen müssen mindestens den Anforderungen an die Schutzart IP4X nach [IEC 60529, 5.1](#), entsprechen. Die Abdeckungen müssen eine ausreichende mechanische Festigkeit, Stabilität und Dauerhaftigkeit aufweisen, um die festgelegte Schutzart aufrechtzuerhalten, und sie müssen sicher befestigt sein und dürfen nur mit einem Werkzeug entfernt werden können.

Gefährliche aktive Teile, die bei der Veränderung von Einstellungen von Hand unbeabsichtigt berührt werden können, müssen mindestens den Anforderungen der Schutzart IP2X nach [IEC 60529, 5.1](#), entsprechen.

ANMERKUNG IP2X stellt den Schutz gegen das Eindringen von Fingern sicher, während IP4X Schutz gegen das Eindringen eines Drahtes mit einem Durchmesser von 1 mm bietet.

Die Übereinstimmung mit [5.1.2.2](#) wird mit dem Prüffinger nach [Anhang F](#) überprüft.

5.1.2.3 Gefährliche aktive Anschlussklemmen bei Anwendung von Litze

Das Ende von Litze darf an Stellen, an denen sie Kontaktdruck ausgesetzt ist, nicht durch Weichlöten zusammengefügt werden, wenn das Klemmverfahren nicht so ausgeführt wird, dass die Wahrscheinlichkeit eines schlechten Kontakts durch Kaltfluss des Lots verringert wird. Federklemmen, die den Kaltfluss kompensieren, erfüllen diese Anforderung. Maßnahmen, die das Drehen der Klemmschrauben verhindern, werden nicht als ausreichend angesehen.

Anschlussklemmen müssen so angeordnet, geschützt und isoliert sein, dass beim Austreten eines Einzelleiters aus der befestigten Litze eine unbeabsichtigte Berührung zwischen einem solchen Einzelleiter und

- berührbaren leitfähigen Teilen oder
- ungeerdeten leitfähigen Teilen, die von berührbaren leitfähigen Teilen nur durch zusätzliche Isolierung getrennt sind,

unwahrscheinlich ist.

Zur Bewertung dieses Risikos wird gewöhnlich ein loser Einzelleiter mit einer Nennlänge von 8 mm benutzt.

Wenn der Hersteller das Bestehen eines Risikos angibt, muss die Dokumentation eine Empfehlung enthalten und auf dem Betriebsmittel das Warnsymbol 14 aus [Tabelle 9](#) angebracht sein. Das Risiko kann beispielsweise durch Verwendung eines isolierten Crimpanschlusses oder einer eindrahtigen Leitung ausgeschlossen werden.

Übereinstimmung mit [5.1.2.3](#) wird durch Sichtprüfung nachgewiesen.

5.1.3 Entladung von Kondensatoren

Nach dem Ausschalten des Betriebsmittels müssen Kondensatoren innerhalb von 5 s auf eine Restladung von 50 μC oder eine Spannung von 20 V entladen sein. Bei installierten Betriebsmitteln, bei denen die Spannung an den Steckvorrichtungen berührt werden kann und wenn diese Steckvorrichtungen im aktiven Zustand ohne Zuhilfenahme eines Werkzeugs gezogen werden können, müssen Kondensatoren innerhalb von 1 s auf eine Ladung von 50 μC oder eine Spannung von 20 V entladen sein.

Hinsichtlich der beiden angegebenen Entladungsfälle muss die Prüfung durch Berechnung der Energie oder Spannungsmessung 5 s oder 1 s nach dem Ausschalten des Betriebsmittels erfolgen. Wenn über den Stromkreis mehrere Kondensatoren miteinander verbunden sind, muss dies bei der Berechnung berücksichtigt werden.

Wenn die angegebenen Parameter aufgrund von Randbedingungen der Konstruktion nicht eingehalten werden können, muss am Betriebsmittel eine gut sichtbare Warnung angebracht werden, dass diese Kondensatoren bei Außerbetriebnahme sicher entladen werden sollten.

Übereinstimmung mit [5.1.3](#) wird durch Berechnung oder Messung nachgewiesen.

5.1.4 Schutzimpedanz

Eine Schutzimpedanz muss aus einem oder mehreren der folgenden Bauteile bestehen, damit ungeerdete berührbare leitfähige Teile als Folge eines Einzelfehlers nicht berührungsgefährlich werden können:

- aus einem geeigneten ausfallsicheren Einzelbauelement. Beispiele sind Hochspannungskondensatoren und -widerstände mit einer Bemessung von mindestens 3 250 V (Effektivwert) für wenigstens 1 min, die bei bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen die Anforderungen von 5.1.1.2.1 und bei einem Einzelfehlerfall die Anforderungen von 5.2.4.1.1 erfüllen.
Die Leistungsbemessung eines ausfallsicheren Widerstands bei höchster Umgebungstemperatur muss bei bestimmungsgemäßem Gebrauch mindestens das Doppelte der Verlustleistung des Widerstands betragen. Falls Kurzschluss die vorherrschende Ausfallart des Bauelements ist, darf kein Einzelbauelement eingesetzt werden.
- aus einer Kombination aus Bauelementen, z. B. zwei Kondensatoren mit Y-Bemessung in Reihenschaltung, wobei jeder Kondensator für die gesamte Arbeitsspannung über das Paar bemessen ist. Die beiden Kondensatoren müssen die gleiche Nennkapazität und eine Stehspannungsbemessung von mindestens 2 000 V (Effektivwert) für 1 min besitzen. Dies bietet bei einem Einzelfehlerfall einen grundlegenden Schutz gegen elektrischen Schlag.
- aus einer Kombination aus Basisisolierung und einem den Strom oder die Spannung begrenzenden Bauelement.

ANMERKUNG 1 Es ist zulässig, dass doppelte oder verstärkte Isolierung durch Bauteile überbrückt wird, die die Anforderungen für die Schutzimpedanz erfüllen.

ANMERKUNG 2 Für die ersten beiden Anstriche kann die Übereinstimmung der Schutzimpedanz durch Anwendung der entsprechenden Spannungsprüfung für doppelte/verstärkte Isolierung nach den Tabellen D.7 bis D.10 für eine Höhe von 2 000 m nachgewiesen werden. Für andere Prüfhöhen als 2 000 m sollte die Prüfspannung nach Tabelle D.11 gewählt werden.

Bauelemente, Drähte und Verbindungen müssen sowohl für den bestimmungsgemäßen Gebrauch als auch für Einzelfehler bemessen sein.

Die Übereinstimmung der Bauteile mit 5.1.4 und jede zugehörige Basisisolierung muss nach der Bewertung oder Prüfung mit einem Einzelfehler nach 10.5.4.5 überprüft werden. Jede zugehörige Basisisolierung muss durch Bewertung, Messung oder Prüfung nach den Anhängen D und E überprüft werden.

5.1.5 Anschluss an den Schutzleiter

5.1.5.1 Isolierung zwischen aktiven Teilen und Körpern von Betriebsmitteln

Alle berührbaren leitfähigen Teile, die im Falle eines Einzelfehlers der in 5.1.1 festgelegten primären Schutzvorrichtungen berührungsgefährlich werden könnten, müssen mit dem Schutzleiteranschluss verbunden sein. Alternativ dazu können derartige „berührbare“ Teile von berührungsgefährlichen Teilen durch leitfähige Abschirmungen oder Abdeckungen getrennt werden, die ihrerseits mit dem Schutzleiteranschluss verbunden sind. Für Mess- und Prüfgeräte ist indirekte Schutzverbindung wahlweise anstelle von direkter Schutzverbindung zulässig.

Ungeerdete, berührbare leitfähige Teile wie Türen oder Klappen in Betriebsmitteln, Handgriffe usw. müssen einem der folgenden Kriterien entsprechen:

- ungeerdete, berührbare leitfähige Teile brauchen nicht mit dem Schutzleiter verbunden zu sein, wenn sie durch doppelte oder verstärkte Isolierung von allen gefährlichen aktiven Teilen getrennt sind;

- Betriebsmittel der Schutzklasse I: Zwischen ungeerdeten berührbaren leitfähigen Teilen und aktiven Teilen muss mindestens Basisisolierung vorhanden sein, vorausgesetzt, dass diese Isolierung durch einen Einzelfehler einschließlich mechanischer Schlag, lose Drähte und Anschlussklemmen usw. auf nicht weniger als Basisisolierung verringert werden kann. Mechanische Sicherungseinrichtungen⁶ können verwendet werden, um die Beibehaltung der Basisisolierung bei einem Einzelfehler sicherzustellen.

In Zweifelsfällen der Übereinstimmung erfolgt die Prüfung der Luftstrecke durch Messung.

5.1.5.2 Schutzpotentialausgleich

Körper von Betriebsmitteln müssen mit dem Schutzleiter verbunden sein; dies gilt jedoch nicht, wenn eins der folgenden Kriterien erfüllt ist:

- wenn ungeerdete berührbare leitfähige Teile ausschließlich elektrischen Stromkreisen mit Schutz bei direktem Berühren nach 5.1.2 zugeordnet sind, wobei die Spannung nicht die Grenzwerte der Kleinspannung überschreitet (siehe [Anhang A](#));
- bei Anwendung von Magnetkernen wie z. B. Transformatoren, Drosselspulen und Schützen;
- bei ungeerdeten berührbaren leitfähigen Teilen mit kleinen Maßen, die bei bestimmungsgemäßem Gebrauch weder berührt noch umfasst werden können und bei denen die Berührungsfahr gering ist und die von gefährlichen aktiven Teilen mindestens durch Basisisolierung getrennt sind.

5.1.5.3 Anschluss von Teilen, die mit dem Schutzleiter verbunden sind

Zu Prüfanforderungen an den Schutzpotentialausgleich siehe [10.5.3.4](#).

Die Konstruktion des Betriebsmittels sollte sicherstellen, dass kein Farbanstrich oder keine Beschichtung auf Oberflächen innerhalb des Schutzerdungsverbindungskreises den Widerstand des Schutzpotentialausgleichs dieses Stromkreises beeinträchtigt.

5.1.5.4 Korrosionsschutz

Leitfähige Teile, die Schutzerdungsklemmen und -verbindungen berühren, dürfen keiner wesentlichen Korrosion durch elektrochemische Vorgänge unter den festgelegten Bedingungen der Arbeits-, Lagerungs- und Transportumgebung nach der mit dem Betriebsmittel gelieferten Gebrauchsanweisung ausgesetzt sein.

Die Korrosionsbeständigkeit kann mit geeigneten Verfahren für Überzüge oder Beschichtungen erreicht werden.

Die Übereinstimmung mit 5.1.5.4 wird durch Bestimmung der elektrochemischen Potentialdifferenz zwischen den verschiedenen Metallen und außerdem durch Sichtprüfung nach der üblicherweise durchgeführten Typprüfung mit feuchter Wärme nachgewiesen.

5.1.5.5 Unterbrechung der Schutzverbindung

Wird die Schutzverbindung zu einer Baugruppe des Betriebsmittels durch eine Steckvorrichtung hergestellt, wenn deren Anschlüsse Strom oder Spannung führend sind, darf die Schutzverbindung nicht vor den aktiven Leitern unterbrochen werden. Die Schutzleiterverbindung muss vor der aktiven Verbindung oder spätestens zusammen mit den aktiven Leitern wieder hergestellt werden.

5.1.6 Schutzleiteranschluss

Betriebsmittel mit innerem Schutzpotentialausgleich müssen Vorrichtungen für den Anschluss eines äußeren Schutzleiters vorzugsweise in der Nähe der Anschlussklemmen für die zugehörigen aktiven Leiter besitzen.

⁶ Schrauben oder Muttern mit Sicherungsscheiben werden nicht als zum Selbstlösen fähig angesehen, ebenso Leitungen, die außer der Lötstelle zusätzlich mechanisch gesichert sind.

Die Anschlussklemme für den Schutzleiter muss korrosionsbeständig sein. Sie muss zum Anschluss von Kabeln geeignet sein, die mindestens denselben Querschnitt wie die Betriebsmittelstromkreise mit der höchsten Strom-/Schutzelementbemessung haben, die einen Erdschluss verursachen können.

Die Anschlussstelle für den Schutzleiter darf nicht gleichzeitig zur Verbindung von Konstruktionsteilen des Betriebsmittels verwendet werden.

5.1.7 Hoher Ableitstrom

Hat ein Betriebsmittel bei bestimmungsgemäßem Gebrauch dauernd einen höheren Ableitstrom als 3,5 mA Wechselstrom oder 10 mA Gleichstrom, dann muss der Versorgungseingang wie bei fest angeschlossenen Betriebsmitteln verbunden werden (siehe [J.1](#)); dies muss in der Dokumentation des Betriebsmittels angegeben sein.

Strommessungen sind mit den Messschaltungen nach [IEC 60990](#), [Bild 4](#), durchzuführen. Das Betriebsmittel muss von der Erde getrennt und der Messstromkreis zwischen der Schutzleiterklemme und dem Schutzleiter angeschlossen werden.

5.1.8 Feste Isolierung

5.1.8.1 Allgemeines

Feste Isolierung muss in der Lage sein, den auftretenden Beanspruchungen, besonders den mechanischen, elektrischen, thermischen und klimatischen, standzuhalten, die beim bestimmungsgemäßen Gebrauch erwartet werden, und sie muss während der Lebensdauer des Betriebsmittels ausreichend alterungsbeständig sein.

Die feste Isolierung muss so ausgelegt sein, dass sie die mechanischen Schwingungen oder Stöße aushält, die bei Transport, Lagerung, Installation und Gebrauch erwartet werden.

Leitungsisolierung wird als feste Isolierung angesehen.

Dünne, leicht zu beschädigende Werkstoffe, wie Beschichtung mit Lack oder Oxidschichten und anodischen Überzügen, werden als unzureichend für die Erfüllung dieser Anforderungen angesehen.

5.1.8.2 Anforderungen

Die Höchsttemperatur der festen Isolierung muss bei bestimmungsgemäßem Gebrauch bei höchster Umgebungstemperatur kleiner sein als die Temperatur, die für die entsprechende Klasse in [7.10.2](#), [Tabelle 6](#), angegeben ist.

Die Übereinstimmung der festen Isolierung muss durch die Isolationsspannungsprüfung und die Stehstoßspannungs-Typprüfung für die zutreffende Bemessungs-Arbeitsspannung und die Überspannungskategorie aus den zutreffenden [Tabellen D.1 bis D.10](#) und [D.11](#) nachgewiesen werden.

ANMERKUNG Der Begriff „feste Isolierung“ bezieht sich auf Werkstoff, der die elektrische Isolierung zwischen zwei gegenüberliegenden Flächen bildet, nicht entlang der Außenfläche. Seine notwendigen Eigenschaften werden entweder als der tatsächliche Mindestabstand durch die Isolierung oder durch andere Anforderungen und Prüfungen nach der vorliegenden Norm anstelle eines Mindestabstands festgelegt. Jede Prüfung überprüft daher nur den Mindestabstand durch die Isolierung und nicht den Kriechweg über der Oberfläche der Isolierung.

Die Übereinstimmung mit 5.1.8 wird durch Sichtprüfung, Messung und Prüfung nachgewiesen.

5.1.9 Luft- und Kriechstrecken

Luft- und Kriechstrecken müssen anhand der zutreffenden [Tabellen D.1 bis D.10](#) bestimmt werden.

Die Mindestkriechstrecke darf nicht kleiner sein als die Mindestluftstrecke. Diese Luft- und Kriechstrecken sind Kleinstwerte, für die Fertigungstoleranzen zusätzlich berücksichtigt werden müssen.

Beispiele für die Ausführung von Luft- und Kriechstrecken sind im [Anhang E](#) angegeben.

Für Betriebsmittel gelten im Allgemeinen inhomogene Felder.

Für die Funktionsisolierung bei einer pulsierenden Wellenform der Spannung muss der Effektivwert der Spannung dieser Wellenform berechnet und als Arbeitsspannung bei der Bestimmung der geforderten Luft- und Kriechstrecken verwendet werden. Die Amplitude der periodischen Spitzenspannungen kurzer Dauer⁷ sollte 175 % des Effektivwertes der Bemessungs-Arbeitsspannung nicht überschreiten, die zur Bestimmung der kleinsten Kriechstrecke verwendet wird.

Wenn Zweifel darüber bestehen, dass die geforderten Luft- und Kriechstrecken übereinstimmen, müssen Messungen durchgeführt werden.

Falls zum Nachweis der Übereinstimmung mit [5.1.9](#) erforderlich, müssen Stück- und Typprüfungen der Luftstrecken nach [Abschnitt 10](#) durchgeführt werden.

5.1.9.1 Luftstrecken

Luftstrecken werden so festgelegt, dass sie der größten transienten Überspannung standhalten, die im Stromkreis entweder als Folge eines äußeren Ereignisses (wie ein Blitzschlag oder Schaltüberspannung) oder als Folge der Betätigung des Betriebsmittels auftreten kann. Luftstrecken müssen nach [Anhang A](#) und [Anhang D](#) bestimmt werden. Für Luftstrecken in Primärstromkreisen sollte auch auf [Tabelle C.1](#) Bezug genommen werden.

Die Auslegung der Luftstrecken zwischen zwei Stromkreisen muss der größeren der beiden Luftstrecken entsprechen.

Um eine festgelegte Stehprüfspannung aufrechtzuerhalten, müssen die Luftstrecken bei Betriebsmitteln in Höhen über 2 000 m mit dem nachfolgend angegebenen Faktor multipliziert werden:

Höhe m	Multiplikationsfaktor für die Luftstrecke
2 000	1,00
3 000	1,14
4 000	1,29
5 000	1,48

Für Anlagen über 2 000 m siehe [Tabelle D.11](#). Gegebenenfalls müssen erforderliche Maßnahmen wie z. B. das Anlegen von Funkenstrecken oder der Einsatz von Überspannungsstörseleinrichtungen usw. zur Begrenzung der Stoßspannungen, denen das Betriebsmittel ausgesetzt ist, ergriffen werden.

5.1.9.1.1 Luftstrecken für Primärstromkreise

Die Abstände in Luft hinsichtlich der Primärstromkreise werden durch die Bemessungs-Stoßspannung bestimmt (siehe [D.1.3](#)).

Die Mindestanforderung zwischen Primärstromkreisen und anderen Stromkreisen (Primär- oder Nebestromkreise) einschließlich berührbarer Teile und geerdeter Teile ist Basisisolierung. Abhängig von der Isolationsklasse kann zusätzliche Isolierung (z. B. Funktionsisolierung oder zusätzliche Isolierung) erforderlich sein (siehe [Anhang A](#)). Zur Verringerung der Brandgefahr ist es erforderlich, die Funktionsisolierung wie die über einem Primärstromkreis richtig auszulegen.

⁷ Kurze Dauer ist festgelegt als kleiner als 2 % der Periodendauer der Wellenform.

Falls die Luftstrecke nicht den entsprechenden [Tabellen D.3 bis D.10](#) entspricht, darf der Nachweis durch Prüfung mit einer Prüfspannung erbracht werden, die durch Multiplikation der Stehspannung mit dem entsprechenden Multiplikationsfaktor für die Höhe nach [Tabelle D.11](#) bestimmt wurde. Das Vorzugsverfahren zur Prüfung der Produktsicherheit, wenn die Luftstrecke kleiner als der festgelegte Mindestwert ist, besteht darin, eher den in der Tabelle angegebenen Wert für die Wechsel- oder Gleichspannung als die Stoßspannung zu verwenden, es sei denn, die Kennwerte des Stoßspannungsgenerators und die Amplitude der Stoßspannung entsprechen [IEC 60255-22-5](#).

ANMERKUNG Die Stehspannungen in den [Tabellen D.1 bis D.10](#) gelten für inhomogene Felder. In vielen Fällen liegt die Feldart der Luftstrecke zwischen zwei Teilen des Betriebsmittels zwischen inhomogen und homogen; folglich können die Luftstrecken durch Prüfung nachgewiesen werden.

Die Interpolation der Luftstrecke in den Tabellen im [Anhang D](#) ist für Basisisolierung, zusätzliche, verstärkte und doppelte Isolierung nicht zulässig. Die Interpolation der Luftstrecke für Funktionsisolierung ist zulässig.

5.1.9.1.2 Luftstrecken für Nebenstromkreise

Luftstrecken für Nebenstromkreise müssen der höchsten transienten Überspannung, die im Stromkreis auftreten kann, standhalten. Wenn keine transienten Überspannungen auftreten können, beruhen Luftstrecken auf der höchsten Nenn-Arbeitsspannung.

Die Interpolation der Luftstrecken in den [Tabellen D.1 bis D.12](#) ist für Nebenstromkreise zulässig.

5.1.9.2 Kriechstrecken

Es wird angenommen, dass Betriebsmittel im Anwendungsbereich dieser Norm über eine lange Dauer einer kontinuierlichen Spannungsbeanspruchung ausgesetzt sind, was die Auslegung entsprechender Kriechstrecken erfordert.

Kriechstrecken müssen nach [Anhang A](#) und [Anhang D](#) bestimmt werden.

Beispiele für die Ausführung von Kriechstrecken werden in [Anhang E](#) angegeben.

Die Auslegung der Kriechstrecken zwischen zwei Stromkreisen muss der größeren der beiden Kriechstrecken entsprechen.

Wenn durch Verschmutzungsgrad 3 oder 4 eine anhaltende Leitfähigkeit verursacht wird, z. B. durch Kohlenstoff- oder Metallstaub, können die Maße für Kriechstrecken nicht festgelegt werden. Anstelle dessen ist die Oberfläche der Isolierung so zu bemessen, dass ein durchgängiger Weg von leitfähiger Verschmutzung vermieden wird (z. B. durch Rippen oder Nuten, die mindestens 2 mm hoch bzw. tief sind).

[Tabelle D.12](#) gibt einen zusätzlichen Schutz zur Verringerung des Verschmutzungsgrades innerhalb des Betriebsmittels an. Wenn [Tabelle D.12](#) zur Bestimmung einer verringerten Kriechstrecke benutzt wird, sollte sichergestellt werden, dass diese nicht kleiner als die zulässige Mindestluftstrecke ist.

Die Übereinstimmung der Kriechstrecken mit 5.1.9.2 muss in Zweifelsfällen durch Messung nachgewiesen werden. Sie kann nicht mit Stehspannungsprüfungen nachgewiesen werden.

Die Interpolation der Kriechstrecken in den Tabellen im [Anhang D](#) ist sowohl für Primärstromkreise als auch für Nebenstromkreise zulässig.

5.1.10 Funktionserdung

Wenn eine Funktionserdung berührbarer oder anderer leitfähiger Teile erforderlich ist, gilt Folgendes:

- Es ist zulässig, den Stromkreis der Funktionserdung mit einem Schutzleiteranschluss oder einem Schutzleiter zu verbinden.
- Der Stromkreis der Funktionserdung (oder der Schutzterdung) muss von ELV-, PEB-, PELV- und SELV-Stromkreisen mindestens durch Funktionsisolierung getrennt werden.
- Der Stromkreis der Funktionserdung muss von Teilen mit gefährlicher Spannung im Betriebsmittel getrennt sein entweder durch
 - doppelte oder verstärkte Isolierung oder
 - einen Schirm mit Schutzterdung oder ein anderes leitfähiges Teil mit Schutzterdung, das von Teilen mit gefährlichen Spannungen mindestens durch Basisisolierung getrennt ist.

Die Übereinstimmung mit 5.1.10 wird durch Sichtprüfung überprüft.

5.2 Einzelfehlerfall

5.2.1 Prüfung im Einzelfehlerfall

Vom Betriebsmittel darf nach einer Einzelfehlerprüfung keine Gefahr eines elektrischen Schlags oder Brandgefahr ausgehen. Es muss nach der Prüfung nicht funktionsfähig sein.

Folgende Anforderungen sind zu erfüllen:

- die Untersuchung des Betriebsmittels und seines Schaltbilds zeigt im Allgemeinen die Fehlerbedingungen, die möglicherweise zu einem elektrischen Schlag oder zu einer Brandgefahr führen können und welche deshalb herbeizuführen sind;
- Prüfungen im gestörten Betrieb müssen durchgeführt werden, außer es kann nachgewiesen werden, dass in einem bestimmten Einzelfehlerfall keine Gefährdung entstehen kann;
- es ist nicht erforderlich, einen Einzelfehler an der doppelten oder verstärkten Isolierung anzuwenden;
- das Betriebsmittel muss bei der ungünstigsten Kombination der Bezugsprüfbedingungen betrieben werden.

Diese Bedingungen umfassen die ungünstigsten Grenzabweichungen für Bemessungsspannung und -strom, die ungünstigste Lage des Betriebsmittels, ob Abdeckungen oder andere abnehmbare Teile während des bestimmungsgemäßen Gebrauchs nicht vorhanden sein brauchen und den größten festgelegten Bemessungswert von äußeren Sicherungen.

ANMERKUNG Kleine Teile wie Schrauben und Nieten, die nicht berührbar und von HLV-Stromkreisen wenigstens durch Basisisolierung getrennt sind, werden nicht berücksichtigt.

7.10 enthält eine alternative Vorgehensweise zur Prüfung des Schutzes gegen die Flammenausbreitung im Einzelfehlerfall, gilt jedoch nicht für Gefährdungen durch elektrischen Schlag.

5.2.2 Anwendung des Einzelfehlerfalls

Es darf jeweils nur eine Einzelfehlerbedingung zur gleichen Zeit angewendet werden, und dies in der zweckmäßigsten Reihenfolge. Mehrere gleichzeitig auftretende Fehler werden nicht berücksichtigt, sie können jedoch aus der Anwendung eines Einzelfehlers entstehen.

Nach der Anwendung eines Einzelfehlers muss das Betriebsmittel oder das entsprechende Teil die Anforderungen nach 5.2.4 erfüllen.

Die Bewertung von Einzelfehlern muss Folgendes einschließen.

5.2.2.1 Schutzimpedanz

Folgende Anforderungen sind zu erfüllen:

- wenn eine Schutzimpedanz aus mehreren Bauteilen besteht, muss jedes Bauteil kurzgeschlossen oder unterbrochen werden, je nachdem, was ungünstiger ist;
- wenn eine Schutzimpedanz aus der Kombination von Basisisolierung und einem Strom- oder Spannungsbegrenzer besteht, werden Basisisolierung und Strom- oder Spannungsbegrenzer einzeln im Einzelfehlerfall geprüft. Die Basisisolierung muss kurzgeschlossen werden. Der Strom- oder Spannungsbegrenzer muss kurzgeschlossen oder unterbrochen werden, je nachdem, was ungünstiger ist.

Teile der Schutzimpedanz, die ausfallsichere Bauteile sind, brauchen nicht kurzgeschlossen oder unterbrochen zu werden.

5.2.2.2 Betriebsmittel oder Teile für Kurzzeit- oder Aussetzbetrieb

Diese müssen dauernd betrieben werden, wenn der Dauerbetrieb durch einen Einzelfehler verursacht sein könnte.

Einzelne Teile können Motoren, Relais, andere magnetische Einrichtungen und Heizelemente sein.

5.2.2.3 Transformatoren

Sekundärwicklungen von Transformatoren und Teile angezapfter Wicklungen, die beim bestimmungsgemäßen Gebrauch belastet sind, müssen nacheinander, jeweils einzeln geprüft werden, um einen Kurzschluss der Last nachzubilden. Sämtliche weiteren Wicklungen werden entsprechend den für diese Prüfung ungünstigsten Lastbedingungen belastet oder nicht belastet. Wenn die Primärwicklungen und Sekundärwicklungen des Transformators durch verstärkte oder doppelte Isolierung getrennt sind, dürfen sie nicht kurzgeschlossen werden.

Die Lastseite einer den Strom begrenzenden Impedanz oder einer Überstromschutzvorrichtung, die direkt mit der Wicklung verbunden ist, muss auch kurzgeschlossen werden.

5.2.2.4 Ausgänge

Die Ausgänge müssen einzeln kurzgeschlossen werden.

5.2.2.5 Isolierung zwischen Stromkreisen und Teilen

Die Funktionsisolierung zwischen Stromkreisen und Teilen muss kurzgeschlossen werden, wenn dies zur Überhitzung eines beliebigen Werkstoffs und zu einer Brandgefahr führen könnte, sofern dieser Werkstoff nicht die Entflammbarkeitsklasse V-1 oder besser nach IEC 60695-11-10 besitzt.

Die Basisisolierung in Primärstromkreisen mit weniger als der festgelegten Luft- oder Kriechstrecke muss zur Prüfung der Flammenausbreitung überbrückt werden.

Zusätzliche, verstärkte oder doppelte Isolierung braucht nicht kurzgeschlossen zu werden. Eine Ausnahme ist, wenn die thermische Beschädigung der Isolierung zu einer Gefährdung durch elektrischen Schlag führen könnte.

5.2.2.6 Primärstromkreise und Nebenstromkreise mit gefährlicher Spannung

Einzelfehlerprüfungen sind in Primärstromkreisen und in Nebenstromkreisen mit gefährlicher Spannung innerhalb des Betriebsmittels durch Leerlauf oder Kurzschluss von Bauteilen durchzuführen, sofern diese zu einer Gefährdung durch Feuer oder elektrischen Schlag führen könnten.

5.2.2.7 Überlastbedingungen

Einzelfehlerprüfungen müssen angewendet werden, wenn die Überlastung eines Stromkreises oder Bauteils zu einer Gefährdung durch Feuer oder elektrischen Schlag führen könnte. Dies umfasst den Anschluss der ungünstigsten Lastimpedanzen an Anschlussklemmen und Steckvorrichtungen, die Netzspannung bereitstellen, oder an Signalausgängen des Betriebsmittels.

Es ist zulässig, den angemessenen Schutz durch Sicherungselemente, Überstromschutzeinrichtungen und dergleichen sicherzustellen.

Haben mehrere Ausgänge die gleiche Innenschaltung angeschlossen, kann die Anwendung des Einzelfehlers auf einen Ausgang eingeschränkt werden.

5.2.2.8 Widerstände, die für aussetzenden Betrieb bemessen sind

Bei der Bewertung des Einzelfehlerfalls muss für Widerstände, die für eine aussetzende Verlustleistung ausgelegt sind, eine kontinuierliche Verlustleistung betrachtet werden.

5.2.3 Dauer von Prüfungen

Jede Prüfung ist in der Regel auf 2 h begrenzt, weil sich Folgefehler aus einem Einzelfehler gewöhnlich während dieser Dauer bemerkbar machen und sich die Temperatur des zu prüfenden Betriebsmittels stabilisiert haben sollte. Werden am Ende dieser 2 h Anzeichen festgestellt, dass sich Gefährdungen durch elektrischen Schlag, Flammenausbreitung oder der Verletzung von Personen entwickeln können, wird die Prüfung so lange fortgesetzt, bis diese Gefährdungen eintreten oder für höchstens 4 h.

5.2.4 Übereinstimmung

5.2.4.1 Übereinstimmung mit den Anforderungen an den Schutz gegen elektrischen Schlag

Eine Stehspannungsprüfung nach 10.5.3.2 kann für den Nachweis erforderlich sein, dass das Betriebsmittel im Anschluss an die Anwendung eines Einzelfehlers keine Gefährdung durch elektrischen Schlag aufweist.

PEB-, PELV- und SELV-Stromkreise müssen nach der Anwendung eines Einzelfehlers berührungssicher bleiben.

Nach einem Einzelfehler dürfen berührbare Teile nicht nach den Festlegungen in 5.2.4.1.1 berührungsgefährlich werden.

5.2.4.1.1 Werte für den Einzelfehlerfall

Werte, die bei einem Einzelfehler die Pegel/Grenzwerte nach a) bis c) überschreiten, werden als berührungsgefährlich angesehen. Die Grenzwerte von b) und c) gelten nur, wenn die Spannung die Werte von a) überschreitet.

a) Spannungspegel von 55 V (Effektivwert) oder 140 V Gleichspannung

Die Spannungspegel für Betriebsmittel, die für den Einsatz an feuchten Orten ausgelegt sind, betragen 33 V (Effektivwert) oder 70 V Gleichspannung. Bei kurzzeitigen Spannungen gelten die Grenzwerte nach Bild I.1, gemessen über einem 50-k Ω -Widerstand.

b) Stromstärkepegel

Tabelle 3 – Stromstärkepegel im Einzelfehlerfall

Installationsort	Zu verwendender Messkreis nach IEC 60990	Sinuswellen- formen mA, Effektivwert	Nichtsinusförmige Wellenformen oder Mischfrequenz-Wellenformen mA, Spitzenwert	mA, Gleichstrom
Trocken	Bild 4	3,5	5	15
Feucht	Bild 3 mit $R_S = 375 \Omega$ (anstelle von $1\,500 \Omega$)	3,5	5	15
Trocken	Bild 3 mit $R_B = 75 \Omega$ Bezieht sich auf mögliche Verbrennungen im Frequenz- bereich von 30 kHz bis 500 kHz	500	–	–

c) Es gilt der Kapazitätspegel von Bild I.2.

5.2.4.2 Übereinstimmung mit den Anforderungen an den Temperaturschutz

Siehe 7.2.1.

5.2.4.3 Übereinstimmung mit den Anforderungen an den Brandschutz

Siehe 7.10.

5.2.4.4 Übereinstimmung mit den Anforderungen hinsichtlich gefährlicher Gase und Chemikalien

Siehe 7.2.2.

5.2.4.5 Übereinstimmung mit den Anforderungen an den mechanischen Schutz

Die Übereinstimmung mit 5.2.4.5 wird durch Sichtprüfung nachgewiesen, dass keine Teile aus dem Betriebsmittel durch explodierende oder implodierende Teile herausgeschleudert werden und dass durch die Anwendung eines Einzelfehlers keine mechanische Gefährdung entsteht.

Die Schutzeinrichtungen gegen das Herausschleudern von Teilen sollten nur mit Zuhilfenahme eines Werkzeugs zu entfernen sein. Ist die Schutzeinrichtung ohne Zuhilfenahme eines Werkzeugs zu entfernen, muss Symbol 14 verwendet werden und in der Dokumentation muss eine entsprechende Warnung enthalten sein.

6 Mechanischer Aufbau

6.1 Schutz gegen mechanische Gefährdung

6.1.1 Stabilität

Das Betriebsmittel darf unter Bedingungen des bestimmungsgemäßen Gebrauchs nicht seine Stabilität bis zu einem Umfang verlieren, dass es zu einer Gefährdung für den Benutzer wird.