

Niederspannung-Schaltgerätekombinationen. Teil 1: Typgeprüfte und partiell typgeprüfte Kombinationen

Ensembles d'appareillage à basse tension. Partie 1: Ensembles de série et ensembles dérivés de série

Low-voltage switchgear and controlgear assemblies. Part 1: Type-tested and partially type-tested assemblies

Diese Norm ist die deutsche Fassung EN 60439-1:1999+A1:2004

Die Europäische Norm EN 60439-1:1999+A1:2004 hat den Status einer Schweizer Norm. Sie gilt in der Schweiz als anerkannte Regel der Technik.

Die Gültigkeit der einzelnen Teile der EN 60439-1:1999+A1:2004 ist im Vorwort ersichtlich.

**Diese Schweizer Norm SN EN 60439-1:1999+A1:2004 ersetzt:
EN 60439-1:1994 + Amendments**

Für die vorliegende Norm ist das Schweizerische Elektrotechnische Komitee (CES), Technisches Komitee 17D - Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen - zuständig.

EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE

EN 60439-1

Oktober 1999

+ **A1** April 2004

ICS 29.130.20

Deutsche Fassung

Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen
Teil 1: Typgeprüfte und partiell typgeprüfte Kombinationen
(IEC 60439-1:1999 + A1:2004)

Low-voltage switchgear and controlgear
assemblies
Part 1: Type-tested and partially type-tested
assemblies
(IEC 60439-1:1999 + A1:2004)

Ensembles d'appareillage à basse tension
Partie 1: Ensembles de série et ensembles
dérivés de série
(CEI 60439-1:1999 + A1:2004)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 1999-08-01 und die A1 am 2004-03-16 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, Slowenien, der Slowakei, 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

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 17D/214A/FDIS, zukünftige Änderung zu IEC 60439-1:1992, ausgearbeitet von dem SC 17D „Low-voltage switchgear and controlgear assemblies“ des IEC TC 17 „Switchgear and controlgear“, wurde der IEC/CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 1999-08-01 als Änderung A3 zu EN 60439-1:1994 angenommen.

Der Text des Schriftstücks wurde im September 1999 von der IEC zusammen mit dem Text der IEC 60439-1:1992 und deren Änderungen 1:1995 und 2:1996 als vierte Ausgabe der IEC 60439-1 veröffentlicht. Laut Beschluss des Technischen Büros von CENELEC wurde die Annahme von EN 60439-1:1994/A3 in die Annahme einer neuen EN 60439-1 umgewandelt.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 60439-1:1994 + A1:1994 + A11:1996 + A2:1997.

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): 2000-07-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2002-08-01

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norminhalt.

Anhänge, die als „informativ“ bezeichnet sind, enthalten nur Informationen.

In dieser Norm sind die Anhänge A, B, F, G, H und ZA normativ, die Anhänge C, D und E informativ.

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60439-1:1998 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung ist unter „Literaturhinweise“ zu der aufgelisteten Norm die nachstehende Anmerkung einzutragen.

IEC 60364-5-537 ANMERKUNG Zusammen mit deren Änderung 1:1989, harmonisiert als HD 384.5.537 S2:1998 (modifiziert).

Vorwort zur Änderung A1

Der Text des Schriftstücks 17D/294/FDIS, zukünftige Änderung 1 zu IEC 60439-1:1999, ausgearbeitet von dem SC 17D „Low-voltage switchgear and controlgear assemblies“ des IEC TC 17 „Switchgear and controlgear“, wurde der IEC/CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2004-03-16 als Änderung A1 zu EN 60439-1:1999 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die Änderung auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2005-01-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der Änderung entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2007-04-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Änderung 1:2004 zur Internationalen Norm IEC 60439-1:1999 wurde von CENELEC als Änderung zur Europäischen Norm ohne irgendeine Abänderung angenommen.

	Seite
Vorwort.....	2
Vorwort zur Änderung A1	3
1 Allgemeines	7
1.1 Anwendungsbereich und Zweck.....	7
1.2 Normative Verweisungen.....	7
2 Begriffe.....	10
2.1 Allgemeines	10
2.2 Baueinheiten von Schaltgerätekombinationen	12
2.3 Äußere Bauformen von Schaltgerätekombinationen.....	14
2.4 Konstruktionsteile von Schaltgerätekombinationen.....	15
2.5 Aufstellungsbedingungen von Schaltgerätekombinationen.....	18
2.6 Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag	19
2.7 Gänge innerhalb von Schaltgerätekombinationen.....	20
2.8 Elektronische Funktionen.....	20
2.9 Isolationskoordination	20
2.10 Kurzschlussströme.....	23
3 Einteilung von Schaltgerätekombinationen.....	24
4 Elektrische Merkmale von Schaltgerätekombinationen.....	24
4.1 Bemessungsspannungen	24
4.2 Bemessungsstrom (I_n) (eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination).....	25
4.3 Bemessungskurzzeitstromfestigkeit (I_{cw}) (eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination)	25
4.4 Bemessungsstoßstromfestigkeit (I_{pk}) (eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination)	26
4.5 Bedingter Bemessungskurzschlussstrom (I_{cc}) (eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination)	26
4.6 Bemessungskurzschlussstrom bei Schutz durch Sicherungen (I_{cf}) (eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination)	26
4.7 Bemessungsbelastungsfaktor.....	26
4.8 Bemessungsfrequenz	27
5 Angaben zur Schaltgerätekombination.....	27
5.1 Aufschriften	27
5.2 Kennzeichnungen	28
5.3 Aufstellungs-, Betriebs- und Wartungsanweisungen.....	28
6 Betriebsbedingungen	28
6.1 Übliche Betriebsbedingungen.....	28
6.2 Besondere Betriebsbedingungen	30
6.3 Bedingungen während des Transports, der Lagerung und der Aufstellung.....	30
7 Bauanforderungen	31
7.1 Mechanischer Aufbau	31
7.2 Umhüllung und Schutzart	35

	Seite
7.3 Erwärmung	36
7.4 Schutz gegen elektrischen Schlag	37
7.5 Kurzschlussschutz und Kurzschlussfestigkeit	45
7.6 Betriebsmittel für den Einbau in Schaltgerätekombinationen	48
7.7 Innere Unterteilung von Schaltgerätekombinationen durch Schutzabdeckungen oder Trennwände	53
7.8 Elektrische Verbindungen innerhalb einer Schaltgerätekombination: blanke und isolierte Leiter	54
7.9 Anforderungen an die Energieversorgung für elektronische Betriebsmittel	54
7.10 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	57
7.11 Bezeichnung der Art der elektrischen Verbindung der Funktionseinheiten	59
8 Prüfungen	59
8.1 Einteilung der Prüfungen	59
8.2 Typprüfungen	60
8.3 Stückprüfungen	74
Anhang A (normativ) Größte und kleinste Anschlussquerschnitte für Kupferleiter (siehe 7.1.3.2)	79
Anhang B (normativ) Verfahren für die Querschnittsberechnung von Schutzleitern im Hinblick auf thermische Beanspruchung durch Ströme von kurzer Dauer (Weitere Einzelheiten siehe IEC 60364-5-54)	80
Anhang C (<i>gestrichen</i>)	81
Anhang D (informativ) Formen der inneren Unterteilung (siehe 7.7)	82
Anhang E (informativ) Punkte, die Vereinbarungen zwischen Hersteller und Anwender zum Inhalt haben	85
Anhang F (normativ) Messung von Kriechstrecken und Luftstrecken	86
Anhang G (normativ) Zusammenhang zwischen der Nennspannung des Versorgungsnetzes und der Bemessungsstoßspannungsfestigkeit von Betriebsmitteln	91
Anhang H (normativ) Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	93
Literaturhinweise	99
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf Internationale Publikationen mit ihren entsprechenden Europäischen Publikationen	100
Bild 1 – Verhältnis $\frac{\hat{U}_i + \Delta u}{\hat{U}_i}$ in Abhängigkeit von der Zeit	55
Bild 2 – Grenzwerte der Oberschwingungen der Nennversorgungsspannung	56
Bild D.1 – Zeichenerklärung zu den Bildern D.2	82
Bild D.2 – Formen 1 und 2	83
Bild D.2 – Formen 3 und 4	84
Bild F.1 – Messung von Rippen	86
Bild H.1 – Beispiele für Ports	93
Tabelle 1 – Werte für den Bemessungsbelastungsfaktor	26
Tabelle 2 – Grenzübertemperaturen	37

	Seite
Tabelle 3 – Querschnitte für Schutzleiter (PE, PEN)	41
Tabelle 3A – Querschnitte für Verbindungsleiter aus Kupfer.....	42
Tabelle 4 – Normwerte des Faktors n	46
Tabelle 5 – Leiteraushwahl und Verlegebedingungen.....	48
Tabelle 6 – Elektrischer Zustand in den verschiedenen Stellungen von Einschüben	52
Tabelle 6A – Formen der inneren Unterteilung	53
Tabelle 7 – Zusammenstellung der Nachweise und Prüfungen von TSK und PTSK.....	61
Tabelle 8 – Prüf-Kupferleiter für Bemessungsströme bis einschließlich 400 A	63
Tabelle 9 – Zuordnung der Normquerschnitte von Kupferleitern zum Bemessungsstrom	64
Tabelle 10 – Prüfspannungen	66
Tabelle 11 – Prüfspannungen	66
Tabelle 12 – Zusammenhang zwischen dem Kupferdrahtdurchmesser und dem unbeeinflussten Fehlerstrom.....	70
Tabelle 13 – Prüfung der Isolationsfestigkeit mit Stoßspannung, netzfrequenter Wechselspannung und Gleichspannung	76
Tabelle 14 – Mindestluftstrecken	77
Tabelle 15 – Prüfspannungen über die offenen Kontakte von Geräten mit Trennfunktion	77
Tabelle 16 – Mindestkriechstrecken	78
Tabelle A.1	79
Tabelle B.1 – Werte des Faktors k von isolierten Schutzleitern, die nicht in Kabeln/Leitungen enthalten sind oder für blanke Schutzleiter in Verbindung mit der Kabelumhüllung	80
Tabelle G.1 – Zusammenhang zwischen Nennspannung der Stromversorgung und der Bemessungsstoßspannungsfestigkeit des Gerätes bei Schutz durch Überspannungsableiter nach IEC 60099-1	92
Tabelle H.1 – Störaussendungsgrenzen für die Umgebung A	95
Tabelle H.2 – Störaussendungsgrenzen für die Umgebung B	95
Tabelle H.3 – Prüfungen der EMV-Störfestigkeit für Umgebung A (siehe H.8.2.8.1).....	96
Tabelle H.4 – Prüfungen der EMV-Störfestigkeit für Umgebung B (siehe H.8.2.8.1).....	97
Tabelle H.5 – Anerkennungskriterien bei Vorliegen elektromagnetischer Störungen	98

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich und Zweck

Diese Internationale Norm gilt für Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen, als typgeprüfte Schaltgerätekombinationen und partiell typgeprüfte Schaltgerätekombinationen mit einer Bemessungsspannung von höchstens AC 1000 V, bei Frequenzen bis höchstens 1000 Hz oder DC 1500 V.

Diese Norm gilt auch für Schaltgerätekombinationen, die Betriebsmittel für Steuerungen und/oder Leistungsstromkreise enthalten, deren Frequenz höher liegt. In diesem Fall gelten entsprechende zusätzliche Anforderungen.

Diese Norm gilt für ortsfeste oder ortsveränderbare Schaltgerätekombinationen mit oder ohne Umhüllung.

ANMERKUNG Zusätzliche Anforderungen für bestimmte Ausführungen von Schaltgerätekombinationen sind in ergänzenden Normen festgelegt.

Diese Norm gilt für Schaltgerätekombinationen zur Verwendung bei der Erzeugung, Übertragung, Verteilung und Umformung elektrischer Energie und für die Steuerung von Betriebsmitteln, die elektrische Energie verbrauchen.

Sie gilt auch für solche Schaltgerätekombinationen, die für den Einsatz unter besonderen Verwendungsbedingungen bestimmt sind, z. B. auf Schiffen, Schienenfahrzeugen, Hebezeugausrüstungen oder in explosionsfähiger Atmosphäre oder für den Gebrauch in Wohnhäusern (Bedienung durch Laien), unter der Voraussetzung, dass die für diese Zwecke geltenden zusätzlichen Anforderungen erfüllt sind.

Diese Norm gilt auch für Schaltgerätekombinationen, die für die elektrische Ausrüstung von Maschinen bestimmt sind. Es müssen jedoch, wo zutreffend, die zusätzlichen Anforderungen der IEC 60204-1 erfüllt werden.

Diese Norm gilt nicht für einzelne Betriebsmittel und für sich allein verwendbare Gruppen von Betriebsmitteln, wie z. B. Motorstarter, Sicherungslasttrenner, elektronische Baugruppen, für die gültige Normen bestehen.

Zweck dieser Norm ist es, Begriffe, Betriebs- und Umgebungsbedingungen, Bauanforderungen, technische Kenndaten und Prüfungen für Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen festzulegen.

1.2 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 60038:1983, *IEC standard voltages*

IEC 60050(441):1984, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses*

IEC 60050(471):1984, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 471: Insulators*

IEC 60050(604):1987, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*

IEC 60060, *High-voltage test techniques*

IEC 60071-1:1976, *Insulation co-ordination – Part 1: Terms, definitions, principles and rules*

IEC 60073:1996, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Coding principles of indication devices and actuators*

- IEC 60099-1:1991, *Surge arresters – Part 1: Non-linear resistor type grapped surge arresters for a.c. systems*
- IEC 60112:1979, *Method for determining the comparative and the proof-tracking indices of solid insulating materials under moist conditions*
- IEC 60146-2:1974, *Semiconductor convertors – Part 2: Semiconductor self-commutated convertors*
- IEC 60158-2:1982, *Low-voltage controlgear – Part 2: Semiconductor contactors (solid state contactors)*
- IEC 60204-1:1997, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements*
- IEC 60227-3:1993, *Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V – Part 3: Non-sheathed cables for fixed wiring*
- IEC 60227-4:1992, *Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V – Part 4: Sheathed cables for fixed wiring*
- IEC 60245-3:1994, *Rubber insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V – Part 3: Heat-resistant silicone insulated cables*
- IEC 60245-4:1994, *Rubber insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V – Part 4: Cords and flexible cables*
- IEC 60269, *Low-voltage fuses*
- IEC 60364-3:1993, *Electrical installations of buildings – Part 3: Assessment of general characteristics*
- IEC 60364-4-41:1992, *Electrical installations of buildings – Part 4: Protection for safety – Chapter 41: Protection against electric shock*
- IEC 60364-4-443:1995, *Electrical installations of buildings – Part 4: Protection of safety – Chapter 44: Protection against overvoltages – Section 443: Protection against overvoltages of atmospheric origin or due to switching*^{*)}
- IEC 60364-4-46:1981, *Electrical installations of buildings – Part 4: Protection for safety – Chapter 46: Isolation and switches*
- IEC 60364-5-54:1980, *Electrical installations of buildings – Part 5: Selection and erection of electrical equipment – Chapter 54: Earthing arrangements and protective conductors*
- IEC 60417 (alle Teile), *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets*
- IEC 60445:1988, *Identification of equipment terminals and of terminations of certain designated conductors, including general rules of an alphanumeric system*
- IEC 60446:1989, *Identification of conductors by colours or numerals*
- IEC 60447:1993, *Man-machine interface (MMI) – Actuating principles*
- IEC 60502:1994, *Extruded solid dielectric insulated power cables for rated voltages from 1 kV up to 30 kV*
- IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*
- IEC 60664-1:1992, *Insulation co-ordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

^{*)} Es gibt eine konsolidierte Fassung 2.1 (1999), die IEC 60364-4-443 (1995) und deren Änderung 1 (1998) enthält.

IEC 60695-2-10:2000, *Fire hazard testing – Part 2-10: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire apparatus and common test procedure*

IEC 60695-2-11:2000, *Fire hazard testing – Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire flammability test method for end-products*

IEC 60865 (alle Teile), *Short-circuit currents – Calculation of effects*

IEC 60890:1987, *A method of temperature-rise assessment by extrapolation for partially type-tested assemblies (PTTA) of low-voltage switchgear and controlgear*

IEC 60947-1:1988, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*

IEC 60947-3:1990, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 3: Switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units*

IEC 60947-4-1:1990, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 4: Contactors and motor-starters – Section 1: Electromechanical contactors and motor-starters*

IEC 61000-3-2:2000, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits – Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)*

IEC 61000-4-2:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 2: Electric discharge immunity test – Basic EMC Publication*

IEC 6100-4-3:2002, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

IEC 61000-4-4:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 4: Electrical fast transient burst immunity test – Basic EMC Publication*

IEC 61000-4-5:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 5: Surge immunity tests*

IEC 61000-4-6:2003, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

IEC 61000-4-8:1993, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-8: Testing and measurement techniques – Power frequency magnetic field immunity test*

IEC 61000-4-11:1994, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variation immunity tests*

IEC 61000-4-13:2002, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-13: Testing and measurement techniques – Harmonics and interharmonics including mains signalling at a.c. power port, low-frequency immunity tests*

IEC 61000-6-3:1996, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-3: Generic standards – Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 6000-6-4:1997, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments*

IEC 61082 (alle Teile), *Preparation of documents used in electrotechnology*

IEC 61117:1992, *A method for assessing the short-circuit withstand strength of partially type-tested assemblies (PTTA)*

IEC 61346-1:1996, *Industrial systems, installation and equipment and industrial products – Structuring principles and reference designations – Part 1: Basic rules*

CISPR 11:1997, *Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment – Electromagnetic disturbance characteristics – Limits and methods of measurement Amendment 1 (1999)*

2 Begriffe

Für die Anwendung dieser Internationalen Norm gelten folgende Begriffe:

ANMERKUNG Verschiedene Begriffe dieses Abschnittes sind unverändert oder modifiziert aus der IEC 60050 (IEV) oder aus anderen IEC-Publikationen übernommen.

2.1 Allgemeines

2.1.1

Niederspannungs-Schaltgerätekombination (Schaltgerätekombination)

en: low-voltage switchgear and controlgear assembly (ASSEMBLY)

fr: ensemble d'appareillage à basse tension (ENSEMBLE)

Zusammenfassung eines oder mehrerer Niederspannungsschaltgeräte mit zugehörigen Betriebsmitteln zum Steuern, Messen, Melden und den zugehörigen Schutz- und Regeleinrichtungen usw., unter Verantwortung des Herstellers komplett zusammengebaut, mit allen inneren elektrischen und mechanischen Verbindungen und Konstruktionsteilen (siehe 2.4)

ANMERKUNG 1 Im weiteren Text dieser Norm wird für Niederspannungs-Schaltgerätekombination die Abkürzung Schaltgerätekombination verwendet.

ANMERKUNG 2 Die Schaltgerätekombination darf elektromechanische oder elektronische Betriebsmittel enthalten.

ANMERKUNG 3 Aus verschiedenen Gründen, z. B. aus Transport- oder Fertigungsrücksichten, dürfen bestimmte Arbeitsgänge des Zusammenbaus an einem Ort außerhalb des Herstellerbetriebes vorgenommen werden.

2.1.1.1

typgeprüfte Niederspannungs-Schaltgerätekombination (TSK)

en: type-tested low-voltage switchgear and controlgear assembly (TTA)

fr: ensemble d'appareillage à basse tension de série (ES)

Niederspannungs-Schaltgerätekombination, die ohne wesentliche Abweichungen mit dem Ursprungstyp oder -system der nach dieser Norm typgeprüften Schaltgerätekombination übereinstimmt

ANMERKUNG 1 Im weiteren Text dieser Norm wird für typgeprüfte Niederspannungs-Schaltgerätekombination die Abkürzung „TSK“ verwendet.

ANMERKUNG 2 Aus verschiedenen Gründen, z. B. aus Transport- und Fertigungsrücksichten, dürfen bestimmte Arbeitsgänge des Zusammenbaus an einem Ort außerhalb des Betriebes des TSK-Herstellers vorgenommen werden. Diese Schaltgerätekombination gilt als typgeprüft, wenn ihr Zusammenbau nach den Angaben des Herstellers so ausgeführt wird, dass die Gleichwertigkeit mit dem Ursprungstyp oder -system zur Erfüllung dieser Norm sichergestellt ist; dies schließt die Durchführung der erforderlichen Stückprüfungen ein.

2.1.1.2

partiell typgeprüfte Niederspannungs-Schaltgerätekombination (PTSK)

en: partially type-tested low-voltage switchgear and controlgear ASSEMBLY (PTTA)

fr: ENSEMBLE d'appareillage à basse tension dérive de série (EDS)

Niederspannungs-Schaltgerätekombination, die beides, typgeprüfte und nicht typgeprüfte Baugruppen, enthält, vorausgesetzt, dass letztere abgeleitet sind (z. B. durch Berechnung) von typgeprüften Baugruppen, die die entsprechenden Prüfungen bestanden haben (siehe Tabelle 7)

ANMERKUNG Im weiteren Text dieser Norm wird für die partiell typgeprüfte Niederspannungs-Schaltgerätekombination die Abkürzung „PTSK“ verwendet.

2.1.2**Hauptstromkreis (einer Schaltgerätekombination)**

en: main circuit (of an ASSEMBLY)

fr: circuit principal (d'un ENSEMBLE)

alle leitfähigen Teile einer Schaltgerätekombination in einem Stromkreis, der elektrische Leistung übertragen soll (IEV 441-13-02)

2.1.3**Hilfsstromkreis (einer Schaltgerätekombination)**

en: auxiliary circuit (of an ASSEMBLY)

fr: circuit auxiliaire (d'un ENSEMBLE)

alle leitfähigen Teile einer Schaltgerätekombination in einem Stromkreis (nicht Hauptstromkreis) für Steuerung, Messung, Meldung, Regelung, zur Datenverarbeitung usw. [IEV 441-13-03, modifiziert]

ANMERKUNG Die Hilfsstromkreise einer Schaltgerätekombination umfassen die Steuer- und Hilfsstromkreise der Schaltgeräte.

2.1.4**Sammelschiene**

en: busbar

fr: barre omnibus

Leiter mit geringer Impedanz, an den mehrere elektrische Stromkreise unabhängig voneinander angeschlossen werden können

ANMERKUNG Der Begriff Sammelschiene besagt nichts über die geometrische Form, Größe oder Abmessung des Leiters.

2.1.4.1**Hauptsammelschiene**

en: mainbusbar

fr: jeu de barre principal

Sammelschiene, an welche eine oder mehrere Verteilschienen und/oder Einspeisungen und Abgangseinheiten angeschlossen werden können

2.1.4.2**Verteilschiene**

en: distribution busbar

fr: jeu de barre de distribution

Sammelschiene innerhalb eines Feldes, welche mit einer Hauptsammelschiene verbunden ist und von welcher Abgangseinheiten eingespeist werden

2.1.5**Funktionseinheit**

en: functional unit

fr: unité fonctionnelle

Teil einer Schaltgerätekombination, der alle elektrischen und mechanischen Komponenten umfasst, die zur Erfüllung der gleichen Funktion beitragen

ANMERKUNG Leiter, die mit einer Funktionseinheit verbunden sind, die sich aber außerhalb des Abteils oder des durch Umhüllung geschützten Raumes befinden (z. B. Leitungen von Hilfsstromkreisen angeschlossen an einem gemeinsamen Abteil), werden nicht als Teil der Funktionseinheit betrachtet.

2.1.6**Einspeisung**

en: incoming unit

fr: unité d'arrivée

Funktionseinheit einer Schaltgerätekombination, die üblicherweise für die Zufuhr elektrischer Energie in die Schaltgerätekombination bestimmt ist

2.1.7

Abgang

en: outgoing unit

fr: unité de départ

Funktionseinheit, die üblicherweise für die Abgabe elektrischer Energie an einen oder mehrere abgehende Stromkreise bestimmt ist

2.1.8

Funktionsgruppe

en: functional group

fr: groupe fonctionnel

Gruppe von mehreren Funktionseinheiten, die zur Erfüllung ihrer betrieblichen Funktionen elektrisch miteinander verbunden sind

2.1.9

Prüfzustand

en: test situation

fr: condition d'essai

Zustand einer Schaltgerätekombination oder eines ihrer Teile, in dem die betreffenden Hauptstromkreise auf ihrer Einspeiseseite geöffnet sind, aber die Anforderungen an eine Trennstrecke nicht erfüllt werden müssen, wobei die zugehörigen Hilfsstromkreise angeschlossen sind, so dass die Funktion der eingebauten Geräte geprüft werden kann

2.1.10

Trennzustand

en: isolated situation

fr: situation de sectionnement

Zustand einer Schaltgerätekombination oder eines ihrer Teile, in dem die betreffenden Hauptstromkreise auf ihrer Einspeiseseite getrennt sind und die zugehörigen Hilfsstromkreise ebenfalls getrennt sind

2.1.11

betriebsbereiter Zustand

en: connected situation

fr: situation raccordée

Zustand einer Schaltgerätekombination oder eines ihrer Teile, in dem der betreffende Hauptstromkreis und die zugehörigen Hilfsstromkreise für ihren bestimmungsgemäßen Betrieb verbunden sind

2.2 Baueinheiten von Schaltgerätekombinationen

2.2.1

Feld

en: section

fr: colonne

Baueinheit einer Schaltgerätekombination zwischen zwei aufeinander folgenden senkrechten Begrenzungsebenen

2.2.2

Fach

en: sub-section

fr: élément de colonne

Baueinheit einer Schaltgerätekombination zwischen zwei übereinander liegenden waagerechten Begrenzungsebenen innerhalb eines Feldes

2.2.3

Abteil

en: compartment

fr: compartiment

Feld oder Fach, das mit Ausnahme der für das Anschließen, die Steuerung oder die Belüftung notwendigen Öffnungen umschlossen ist

2.2.4**Transporteinheit**

en: transport unit

fr: unité de transport

Teil einer Schaltgerätekombination oder eine vollständige Schaltgerätekombination, die für den Transport nicht weiter zerlegt wird

2.2.5**Einsatz**

en: fixed part

fr: partie fixe

Baugruppe aus Betriebsmitteln, die auf einer gemeinsamen Tragkonstruktion für festen Einbau zusammengebaut und verdrahtet sind (siehe [7.6.3](#))

2.2.6**herausnehmbares Teil**

en: removable part

fr: partie amovible

Teil, das als Ganzes von der Schaltgerätekombination entfernt und ausgetauscht werden darf, auch wenn der Stromkreis, an den es angeschlossen ist, unter Spannung steht

2.2.7**Einschub**

en: withdrawable part

fr: partie débrochable

herausnehmbares Teil, das von der Betriebsstellung zur Trennstellung und, falls vorhanden, zu einer Prüfstellung gebracht werden kann, während es mechanisch mit der Schaltgerätekombination verbunden bleibt

2.2.8**Betriebsstellung**

en: connected position

fr: position raccordée

Stellung eines herausnehmbaren Teiles oder Einschubes, in der diese für die vorgesehene Funktion voll angeschlossen sind

2.2.9**Prüfstellung**

en: test position

fr: position d'essai

Stellung eines Einschubes, in der die betreffenden Hauptstromkreise an der Einspeiseseite geöffnet sind, aber die Anforderungen an eine Trennstrecke nicht erfüllt werden müssen, und in der die Hilfsstromkreise so angeschlossen sind, dass eine Funktionsprüfung des Einschubes vorgenommen werden kann, wobei dieser mechanisch mit der Schaltgerätekombination verbunden bleibt

ANMERKUNG Die Öffnung darf auch durch Betätigung einer geeigneten Einrichtung hergestellt werden, ohne dass der Einschub mechanisch bewegt wird.

2.2.10**Trennstellung**

en: isolated position

fr: position de sectionnement

Stellung des Einschubes, in der in den Hauptstromkreisen und Hilfsstromkreisen auf ihrer Einspeiseseite Trennstrecken (siehe [7.1.2.2](#)) offen sind, während dieser mit der Schaltgerätekombination mechanisch verbunden bleibt

ANMERKUNG Die Trennstrecke darf auch durch Betätigung einer geeigneten Einrichtung hergestellt werden, ohne dass der Einschub mechanisch bewegt wird.

2.2.11

Absetzstellung

en: removed position

fr: position retirée

Stellung eines herausnehmbaren Teiles oder Einschubes, wenn dieses/dieser sich außerhalb der Schaltgerätekombination befindet und mechanisch und elektrisch von dieser gelöst ist

2.2.12

elektrische Verbindungen von Funktionseinheiten

en: electrical connections of functional units

fr: connexions électriques des unités fonctionnelles

2.2.12.1

feste Verbindung

en: fixed connection

fr: connexion fixe

Verbindung, die durch ein Werkzeug hergestellt oder gelöst wird

2.2.12.2

lösbare Verbindung

en: disconnectable connection

fr: connexion déconnectable

Verbindung, die von Hand ohne Werkzeug hergestellt oder gelöst wird

2.2.12.3

geführte Verbindung

en: withdrawable connection

fr: connexion déconnectable

Verbindung, die hergestellt oder unterbrochen wird, wenn die Funktionseinheit in den betriebsbereiten Zustand oder Trennzustand gebracht wird

2.3 Äußere Bauformen von Schaltgerätekombinationen

2.3.1

offene Bauform

en: open-type ASSEMBLY

fr: ENSEMBLE ouvert

Schaltgerätekombination, bei der die elektrischen Betriebsmittel in einer Tragkonstruktion so angeordnet sind, dass ihre aktiven Teile zugänglich sind

2.3.2

Tafelbauform

en: dead-front ASSEMBLY

fr: ENSEMBLE ouvert à protection frontale

offene Bauform mit einer Bedienungsfront, die einen Schutzgrad von vorn bietet. Von anderen Richtungen dürfen aktive Teile zugänglich sein.

2.3.3

geschlossene Bauform

en: enclosed ASSEMBLY

fr: ENSEMBLE sous enveloppe

Schaltgerätekombination, die allseitig, gegebenenfalls mit Ausnahme der Befestigungsfläche, so umhüllt ist, dass ein Schutzgrad erreicht wird

2.3.3.1

Schrankbauform

en: cubicle-type ASSEMBLY

fr: ENSEMBLE en armoire

geschlossene Bauform einer Schaltgerätekombination, im Allgemeinen zur Aufstellung auf dem Boden, die mehrere Felder, Fächer oder Abteile umfassen darf

2.3.3.2**mehrfach-Schrankbauform**

en: multi-cubicle-type ASSEMBLY

fr: ENSEMBLE en armoires multiples

Kombination mehrerer mechanisch verbundener Schaltgerätekombinationen in Schrankbauform

2.3.3.3**Pultbauform**

en: desk-type ASSEMBLY

fr: ENSEMBLE en pupitre

geschlossene Bauform einer Schaltgerätekombination mit waagrecht oder geneigter Bedienungsfläche oder einer Kombination aus beiden, in der Betätigungs-, Mess-, Meldegeräte usw. untergebracht sind

2.3.3.4**Kastenbauform**

en: box-type ASSEMBLY

fr: ENSEMBLE en coffret

geschlossene Bauform einer Schaltgerätekombination, im Allgemeinen zum Anbau an einer senkrechten Fläche

2.3.3.5**Mehrfachkastenbauform**

en: multi-box-type ASSEMBLY

fr: ENSEMBLE en coffrets multiples

Kombination von mechanisch miteinander verbundenen Kästen mit oder ohne einem gemeinsamen Traggestell. Die elektrischen Verbindungen zwischen benachbarten Kästen werden durch Öffnungen in den gemeinsamen Berührungsflächen hindurchgeführt.

2.3.4**Schienenverteiler**

en: busbar trunking system (busway)

fr: canalisation préfabriquée

typgeprüfte Schaltgerätekombination in Form eines Leitersystems, das in einem Kanal, einer Wanne oder einer ähnlichen Umhüllung Sammelschienen enthält, die in Isolierstoffen gehalten werden [IEV 441-12-07, modifiziert].

Diese Schaltgerätekombination darf z. B. bestehen aus:

- Schienenverteilerelementen mit oder ohne Abgangsmöglichkeiten (Abgangsstellen);
- Schienenverteilerelementen zum Wechseln der Lage der Außenleiter, zum Dehnungsausgleich, zur flexiblen Verlegung, zur Einspeisung und zur Adaption;
- Abgangskästen.

ANMERKUNG Der Begriff „Sammelschiene“ legt keine geometrische Form, Größe und Abmessung des Leiters fest.

2.4 Konstruktionsteile von Schaltgerätekombinationen**2.4.1****Gerüst**

en: supporting structure

fr: châssis

Bestandteil einer Schaltgerätekombination, der dafür bestimmt ist, verschiedene Komponenten einer Schaltgerätekombination und, falls vorhanden, einer Umhüllung zu tragen

2.4.2**Traggestell**

en: mounting structure

fr: charpente

Teil, das nicht Bestandteil der Schaltgerätekombination ist, das dafür bestimmt ist, eine Schaltgerätekombination in geschlossener Bauform zu tragen

2.4.3

Einbauplatte¹⁾

en: mounting plate ¹⁾

fr: platine ¹⁾

Platte, die zur Aufnahme verschiedener Komponenten für den Einbau in eine Schaltgerätekombination bestimmt ist

2.4.4

Einbaurahmen ¹⁾

en: mounting frame ¹⁾

fr: cadre ¹⁾

Rahmenkonstruktion, die zur Aufnahme verschiedener Komponenten für den Einbau in eine Schaltgerätekombination bestimmt ist

2.4.5

Umhüllung

en: enclosure

fr: enveloppe

Gehäuse, das die für die vorgesehene Anwendung geeignete Art des Schutzes und den geeigneten Schutzgrad bietet

[IEV 195-02-35]

2.4.6

Verkleidung

en: cover

fr: panneau

Teil der äußeren Umhüllung einer Schaltgerätekombination

2.4.7

Tür

en: door

fr: porte

schwenkbare oder verschiebbare Verkleidung

2.4.8

Deckel

en: removable cover

fr: panneau amovible

Verkleidung zum Schließen einer Öffnung in der äußeren Umhüllung, die zu Bedienungs- und Wartungszwecken abgenommen werden kann

2.4.9

Abschlussplatte

en: cover plate

fr: plaque de fermeture

Teil einer Schaltgerätekombination – im Allgemeinen in Kastenbauform (siehe [2.3.3.4](#)) – zum Schließen einer Öffnung in der äußeren Umhüllung, das mit Schrauben oder ähnlichen Mitteln befestigt ist. Es wird üblicherweise nach Inbetriebnahme der Schaltgerätekombination nicht wieder abgenommen.

ANMERKUNG Die Abschlussplatte kann mit Kabel-/Leitungseinführungen versehen sein.

2.4.10

Trennwand

en: partition

fr: cloison

Teil der Umhüllung eines Abteils, das es von anderen Abteilen trennt

¹⁾ Bestückt mit Geräten darf ein derartiges Konstruktionsteil eine selbständige Schaltgerätekombination sein.

2.4.11**(elektrische) Schutzabdeckung**

en: (electrically) protective barrier

fr: barrière de protection (électrique)

Teil, das Schutz gegen direktes Berühren aus allen üblichen Zugriffsrichtungen bietet

[IEV 195-06-15]

2.4.12**(elektrisches) Schutzhindernis**

en: (electrically) protective obstacle

fr: obstacle de protection (électrique)

Teil, das unbeabsichtigtes direktes Berühren, nicht aber direktes Berühren durch eine absichtliche Handlung verhindert

[IEV 195-06-16]

2.4.13**Verschlussschieber**

en: shutter

fr: volet

Teil, das bewegt werden kann zwischen:

- einer Stellung, in der es die Verbindung der Trennkontakte eines herausnehmbaren Teiles oder eines Einschubes mit den feststehenden Kontakten zulässt;
- und einer Stellung, in der es als Teil einer Schutzabdeckung oder Trennwand die feststehenden Kontakte abdeckt (IEV 441-13-07, modifiziert).

2.4.14**Kabel-/Leitungseinführung**

en: cable entry

fr: entrée des câbles

Teil mit Öffnungen für das Einführen von Kabeln/Leitungen in die Schaltgerätekombination

ANMERKUNG Eine Kabel-/Leitungseinführung kann zugleich als Kabel-/Leitungsendverschluss ausgeführt sein.

2.4.15**Reserven**

en: spare spaces

fr: espaces disponibles

2.4.15.1**Leerplatz**

en: free space

fr: espace libre

leerer Platz eines Feldes

2.4.15.2**unbestückter Platz**

en: unequipped space

fr: espace non équipé

Platz eines Feldes, der nur Sammelschienen enthält

2.4.15.3**teilbestückter Platz**

en: partially equipped space

fr: espace partiellement équipé

Platz eines Feldes, das mit Ausnahme der Funktionseinheiten vollständig bestückt ist. Die Funktionseinheiten, die eingebaut werden können, sind in der Anzahl der Module und Größe festgelegt.

2.4.15.4

vollbestückter Platz

en: fully equipped space

fr: espace complètement équipé

Platz eines Feldes, vollständig mit Funktionseinheiten bestückt, die jedoch noch nicht für bestimmte Anwendungen ausgelegt sind

2.4.16

durch Umhüllung geschützter Raum

en: enclosed protected space

fr: espace protégé clos

Teil einer Schaltgerätekombination, der dafür bestimmt ist, elektrische Betriebsmittel zu umhüllen, und der einen festgelegten Schutz gegen äußere Einflüsse und gegen Berühren aktiver Teile bietet

2.4.17

Codiereinrichtung

en: insertion interlock

fr: verrouillage d'insertion

Einrichtung, die verhindert, dass ein herausnehmbares Teil oder Einschub an einem Platz eingesetzt wird, der nicht für dieses herausnehmbare Teil oder diesen Einschub vorgesehen ist

2.5 Aufstellungsbedingungen von Schaltgerätekombinationen

2.5.1

Schaltgerätekombination für Innenraumaufstellung

en: ASSEMBLY for indoor installation

fr: ENSEMBLE pour installation à l'intérieur

Schaltgerätekombination für die Verwendung in Räumen, in denen die üblichen Betriebsbedingungen für Innenraumaufstellung nach 6.1 dieser Norm erfüllt sind

2.5.2

Schaltgerätekombination für Freiluftaufstellung

en: ASSEMBLY for outdoor installation

fr: ENSEMBLE pour installation à l'extérieur

Schaltgerätekombination für die Verwendung in Freiluft unter üblichen Betriebsbedingungen für Freiluft nach 6.1 dieser Norm

2.5.3

ortsfeste Schaltgerätekombination

en: stationary ASSEMBLY

fr: ENSEMBLE fixe

Schaltgerätekombination, die am Aufstellungsort, z. B. auf dem Boden oder an einer Wand, dauerhaft befestigt und betrieben wird

2.5.4

ortsveränderbare Schaltgerätekombination

en: movable ASSEMBLY

fr: ENSEMBLE déplaçable

Schaltgerätekombination, die auf einfache Weise von einem Einsatzort an einen anderen bewegt werden kann

2.6 Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag

2.6.1

aktives Teil

en: live part

fr: partie active

jeder Leiter oder jedes leitfähige Teil, der/das dazu vorgesehen ist, bei bestimmungsgemäßem Betrieb unter Spannung zu stehen, einschließlich des Neutralleiters, aber vereinbarungsgemäß nicht des PEN-Leiters [IEV 826-03-01]

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

2.6.2

Körper (eines elektrischen Betriebsmittels)

en: exposed conductive part

fr: masse

berührbares leitfähiges Teil eines elektrischen Betriebsmittels, das üblicherweise nicht unter Spannung steht, jedoch im Fehlerfall unter Spannung stehen kann [IEV 826-03-02, modifiziert]

2.6.3

Schutzleiter

en: protective conductor

fr: conducteur de protection

(Bezeichnung: PE)

Leiter zum Zwecke der Sicherheit, z. B. zum Schutz gegen elektrischen Schlag

[IEV 195-02-09]

ANMERKUNG Z. B. kann der Schutzleiter die folgenden Teile elektrisch verbinden:

- Körper (eines elektrischen Betriebsmittels);
- fremde leitfähige Teile;
- Haupterdungsanschluss;
- Erder;
- geerdeter Punkt der Stromquelle oder künstlicher Sternpunkt.

2.6.4

Neutralleiter

en: neutral conductor

fr: conducteur neutre

Leiter, der elektrisch mit dem Sternpunkt bzw. Mittelpunkt verbunden und geeignet ist, zur Übertragung elektrischer Energie beizutragen

[IEV 195-02-06]

2.6.5

PEN-Leiter

en: PEN conductor

fr: conducteur PEN

Leiter, der zugleich die Funktionen des Schutzleiters und des Neutralleiters erfüllt

[IEV 195-02-12]

2.6.6

Fehlerstrom

en: fault current

fr: courant de défaut

Strom, der durch einen Isolationsfehler oder durch Überbrückung der Isolierung zum Fließen kommt

2.6.7

Erdschlussstrom

en: earth fault current

fr: courant de défaut à la terre

Fehlerstrom, der infolge eines Erdschlusses zum Fließen kommt

2.6.8

Schutz gegen direktes Berühren

en: protection against direct contact

fr: protection contre les contacts directes

Maßnahmen zum Schutz von Personen vor Gefahren, die sich aus einer Berührung mit aktiven Teilen ergeben

2.6.9

Schutz bei indirektem Berühren

en: protection against indirect contact

fr: protection contre les contacts indirects

Maßnahmen zum Schutz von Personen vor Gefahren, die sich im Fehlerfall aus einer Berührung mit Körpern (eines elektrischen Betriebsmittels) ergeben

2.7 Gänge innerhalb von Schaltgerätekombinationen

2.7.1

Bedienungsgang innerhalb einer Schaltgerätekombination

en: operating gangway within an ASSEMBLY

fr: passage de service à l'intérieur d'un ENSEMBLE

Raum, den der Bedienende für die einwandfreie Bedienung und Überwachung der Schaltgerätekombinationen betreten muss

2.7.2

Wartungsgang innerhalb einer Schaltgerätekombination

en: maintenance gangway within an ASSEMBLY

fr: passage d'entretien à l'intérieur d'un ENSEMBLE

Raum, der nur für berechnigte Personen zugänglich ist und der vorwiegend für die Instandhaltung eingebauter Betriebsmittel vorgesehen ist

2.8 Elektronische Funktionen

2.8.1

Abschirmung

en: screening

fr: blindage

Schutz von Leitern oder Betriebsmitteln gegen Beeinflussung insbesondere durch elektromagnetische Felder anderer Leiter oder Betriebsmittel

2.9 Isolationskoordination

2.9.1

Luftstrecke

en: clearance

fr: distance d'isolement

Abstand zwischen zwei leitfähigen Teilen längs eines Fadens, der auf dem kürzesten Weg zwischen diesen Teilen gespannt ist [2.5.46 von IEC 60947-1] [IEV 441-17-31]

2.9.2

Trennstrecke (eines Poles eines mechanischen Schaltgerätes)

en: isolating distance (of a pole of a mechanical switching device)

fr: distance de sectionnement (d'un pôle d'un appareil mécanique de connexion)

Luftstrecke zwischen offenen Kontakten, die die für Trennschalter festgelegten Sicherheitsanforderungen erfüllt [2.5.50 von IEC 60947-1] [IEV 441-17-35]

2.9.3**Kriechstrecke**

en: creepage distance

fr: ligne de fuite

kürzester Abstand zwischen zwei leitfähigen Teilen längs einer Isolierstoffoberfläche [2.5.51 von IEC 60947-1] [IEV 471-01-08, modifiziert]

ANMERKUNG Eine Fuge zwischen zwei Isolierstoffteilen wird als Teil der Isolierstoffoberfläche angesehen.

2.9.4**Arbeitsspannung**

en: working voltage

fr: tension locale

höchster Effektivwert der Wechselspannung oder höchster Wert der Gleichspannung, der (örtlich) an Isolierungen bei Bemessungsversorgungsspannung im geöffneten Stromkreis oder bei bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen auftreten darf; Einschwingspannungen werden nicht berücksichtigt [2.5.52 von IEC 60947-1]

2.9.5**zeitweilige Überspannung**

en: temporary overvoltage

fr: surtension temporaire

relativ lange (mehrere Sekunden) andauernde Überspannung Außenleiter – Erde, Außenleiter – Neutraleiter oder Außenleiter – Außenleiter, die an einer bestimmten Stelle auftritt [2.5.53 von IEC 60947-1] [IEV 604-03-12, modifiziert]

2.9.6**Stoßüberspannung (transiente Überspannung)**

en: transient overvoltage

fr: surtension transitoire

Stoßüberspannungen im Sinne dieser Norm sind folgende [2.5.54 von IEC 60947-1]

2.9.6.1**Schaltüberspannung**

en: switching overvoltage

fr: surtension de manœuvre

Stoßüberspannung, die aufgrund eines bestimmten Schaltvorganges oder Fehlers an einer bestimmten Stelle des Systems auftritt [2.5.54.1 von IEC 60947-1] [IEV 604-03-29, modifiziert]

2.9.6.2**Blitzüberspannung**

en: lightning overvoltage

fr: surtension de foudre

Stoßüberspannung, die aufgrund einer Blitzenladung an einer bestimmten Stelle des Systems auftritt (siehe auch IEC 60060 und IEC 60071-1) [2.5.54.2 von IEC 60947-1]

2.9.7**Stoßspannungsfestigkeit (Stehstoßspannung)**

en: impulse withstand voltage

fr: tension de tenue aux chocs

höchster Spitzenwert einer Stoßspannung vorgeschriebener Form und Polarität, die unter festgelegten Prüfbedingungen keinen Durchschlag/Überschlag verursacht [2.5.55 von IEC 60947-1]

2.9.8**betriebsfrequente Spannungsfestigkeit (Stehwechselspannung)**

en: power frequency withstand voltage

fr: tension de tenue à fréquence industrielle

Effektivwert einer betriebsfrequenten Sinusspannung, die unter festgelegten Prüfbedingungen keinen Durchschlag/Überschlag verursacht [2.5.56 von IEC 60947-1] [IEV 604-03-40, modifiziert]

2.9.9

Verschmutzung

en: pollution

fr: pollution

jede fremde, feste, flüssige oder gasförmige (ionisierte Gase) Substanz, die möglicherweise die Spannungsfestigkeit oder den Oberflächenwiderstand beeinträchtigt [2.5.57 von IEC 60947-1].

2.9.10

Verschmutzungsgrad (der Umgebung)

en: pollution degree (of environmental conditions)

fr: degré de pollution (des conditions d'environnement)

konventionelle Kennzahl, abhängig von der Menge an leitfähigem oder feuchtigkeitsaufnehmendem Staub, ionisiertem Gas oder Salz sowie die relative Feuchte und die Häufigkeit ihres Auftretens, die zur Aufnahme oder Kondensation von Feuchtigkeit führt, mit der Folge der Verringerung der Spannungsfestigkeit und/oder des Oberflächenwiderstandes

ANMERKUNG 1 Der Verschmutzungsgrad, dem eine Einrichtung ausgesetzt ist, darf von den Umgebungsbedingungen im Raum, in dem die Einrichtung eingesetzt ist, unterschiedlich sein, wenn aufgrund einer Umhüllung oder Heizung im Inneren Aufnahme oder Kondensation von Feuchtigkeit verhindert wird.

ANMERKUNG 2 In dieser Norm bezieht sich der Verschmutzungsgrad auf die Mikroumgebung [2.5.59 von IEC 60947-1].

2.9.11

Mikroumgebung (einer Luft- oder Kriechstrecke)

en: micro-environment (of a clearance or creepage distance)

fr: micro-environnement (d'une distance d'isolement ou d'une ligne de fuite)

Festlegungen über unmittelbare Umgebungsbedingungen der Luft- und Kriechstrecken sind in Vorbereitung

ANMERKUNG Die Mikroumgebung der Luft- und Kriechstrecken und nicht die Umgebung der Schaltgerätekombination oder der Betriebsmittel bestimmt die Auswirkungen auf die Isolierung. Die Mikroumgebung kann besser oder schlechter als die Umgebung der Schaltgerätekombination oder der Betriebsmittel sein, sie umfasst alle die Isolierung beeinflussenden Faktoren, wie Klima, Elektromagnetismus, Entstehung von Verschmutzung usw. [2.5.59 von IEC 60947-1, modifiziert].

2.9.12

Überspannungskategorie (eines Stromkreises oder eines elektrischen Systems)

en: overvoltage category (of a circuit or within an electrical system)

fr: catégorie de surtension (d'un circuit ou dans un réseau)

konventionelle Kennzahl, die von der Begrenzung (oder Steuerung) der Höhe der unbeeinflussten Stoßüberspannung (transiente Überspannung), die in einem Stromkreis (oder in einem elektrischen System mit unterschiedlichen Nennspannungen) auftritt, und von den Einrichtungen, die diese Überspannungen beeinflussen, abhängt

ANMERKUNG In einem elektrischen System wird der Übergang von einer Überspannungskategorie auf eine niedrigere durch geeignete Mittel, die den Anforderungen an die Schnittstelle entsprechen, erreicht, wie z. B. Überspannungsableiter oder Netzfilter, die die Energie der Überspannung sperren, aufnehmen oder ableiten, um die Stoßüberspannung (transiente Überspannung) auf die geforderte niedrigere Kategorie zu vermindern [2.5.60 von IEC 60947-1].

2.9.13

Überspannungsableiter

en: surge arrester

fr: parafoudre

Gerät zum Schutz elektrischer Einrichtungen vor hohen Stoßüberspannungen und zur Begrenzung der Dauer und oft auch der Amplitude des Netzfolgestroms [2.2.22 von IEC 60947-1] [IEV 604-03-51]

2.9.14

Isolationskoordination

en: co-ordination of insulation

fr: co-ordination de l'isolement

Wechselbeziehung zwischen Isolationsmerkmalen elektrischer Betriebsmittel, den erwarteten Überspannungen und den Eigenschaften von Überspannungs-Schutzeinrichtungen einerseits und der erwarteten Mikro-

umgebung sowie Maßnahmen gegen Verschmutzung andererseits [2.5.61 von IEC 60947-1][IEV 604-03-08, modifiziert]

2.9.15

homogenes (gleichmäßiges) Feld

en: homogeneous (uniform) field

fr: champ homogène (uniforme)

elektrisches Feld mit im Wesentlichen konstanten Potentialgradienten zwischen den Elektroden, dem Feld zwischen zwei Kugeln entsprechend, deren Radius größer als ihr Abstand voneinander ist [2.5.62 von IEC 60947-1]

2.9.16

inhomogenes (ungleichmäßiges) Feld

en: inhomogeneous (non-uniform) field

fr: champ non-homogène (non-uniforme)

elektrisches Feld, das keinen konstanten Potentialgradienten zwischen den Elektroden hat [2.5.63 von IEC 60947-1]

2.9.17

Kriechwegbildung

en: tracking

fr: cheminement

Ausbildung einer leitenden Verbindung an der Oberfläche fester Isolierstoffe unter Spannungsbeanspruchung bei elektrolytischer Verschmutzung [2.5.64 von IEC 60947-1]

2.9.18

Vergleichszahl der Kriechwegbildung (CTI)

en: comparative tracking index (CTI)

fr: indice de résistance au cheminement (IRC)

Zahlenwert der höchsten Spannung in Volt, bei der ein Werkstoff 50 Tropfen einer festgelegten Prüflüssigkeit ohne Kriechwegbildung widersteht

ANMERKUNG Der Wert jeder Prüfspannung und der CTI sollte durch 25 teilbar sein [2.5.65 von IEC 60947-1].

2.10 Kurzschlussströme

2.10.1

Kurzschlussstrom (I_c) (eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination)

en: short-circuit current (I_c) (of a circuit of an ASSEMBLY)

fr: courant de court-circuit (I_c) (d'un circuit d'un ENSEMBLE)

Überstrom, der bei einem Kurzschluss infolge eines Fehlers oder einer falschen Verbindung in einem elektrischen Stromkreis fließt [2.1.6 von IEC 60947-1] [IEV 441-11-07, modifiziert]

2.10.2

unbeeinflusster Kurzschlussstrom (I_{cp}) (eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination)

en: prospective short-circuit current (I_{cp}) (of a circuit of an ASSEMBLY)

fr: courant de court-circuit présumé (I_{cp}) (d'un circuit d'un ENSEMBLE).

Strom, der zum Fließen kommt, wenn die Zuleitung des Stromkreises durch einen Leiter mit vernachlässigbarer Impedanz in unmittelbarer Nähe der Anschlüsse der Schaltgerätekombination kurzgeschlossen ist

2.10.3

Durchlassstrom

en: cut-off current; Let through current

fr: courant coupé limité

größter Augenblickswert des Stromes während der Ausschaltzeit eines Schaltgerätes oder einer Sicherung [2.5.19 von IEC 60947-1] [IEV 444-17-12]

ANMERKUNG Dieser Begriff ist von besonderer Bedeutung, wenn das Schaltgerät oder die Sicherung so ausschaltet, dass der unbeeinflusste Stoßstrom des Stromkreises nicht erreicht wird.

2.11

elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

en: electromagnetic compatibility (EMC)

fr: compatibilité électromagnétique (CEM)

ANMERKUNG Für Begriffe und Definitionen, die sich auf EMV beziehen, siehe [Anhang H](#).

3 Einteilung von Schaltgerätekombinationen

Schaltgerätekombinationen werden eingeteilt nach:

- der äußeren Bauform (siehe [2.3](#));
- dem Aufstellungsort (siehe [2.5.1](#) und [2.5.2](#));
- den Aufstellungsbedingungen bezüglich der Bewegbarkeit (siehe [2.5.3](#) und [2.5.4](#));
- der Schutzart (siehe [7.2.1](#));
- der Art der Umhüllung;
- der Art des Einbaus, z. B. Einsätze oder austauschbare Teile (siehe [7.6.3](#) und [7.6.4](#));
- der Art der Schutzmaßnahmen (siehe [7.4](#));
- der Form der inneren Unterteilung (siehe [7.7](#));
- den Arten der elektrischen Verbindungen der Funktionseinheiten (siehe [7.11](#)).

4 Elektrische Merkmale von Schaltgerätekombinationen

Eine Schaltgerätekombination wird durch folgende elektrische Merkmale bestimmt:

4.1 Bemessungsspannungen

en: Rated voltages

fr: Tensions assignées

Eine Schaltgerätekombination wird durch folgende Bemessungsspannungen ihrer verschiedenen Stromkreise bestimmt:

4.1.1 Bemessungsbetriebsspannung (U_e) (eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination)

en: Rated operational voltage (U_e) (of a circuit of an ASSEMBLY)

fr: Tension assignée d'emploi (U_e) (d'un circuit d'un ENSEMBLE)

Die Bemessungsbetriebsspannung (U_e) eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination ist der Spannungswert, der gemeinsam mit dem Bemessungsstrom die Verwendbarkeit dieses Stromkreises bestimmt.

Bei mehrphasigen Stromkreisen wird die Spannung zwischen den Außenleitern angegeben.

ANMERKUNG Normwerte der Bemessungsspannungen von Steuerstromkreisen sind den für die eingebauten Geräte geltenden Normen zu entnehmen.

Der Hersteller muss für die Schaltgerätekombination die Spannungsgrenzen angeben, innerhalb derer die einwandfreie Funktion der Haupt- und Hilfsstromkreise gesichert ist. Auf jeden Fall müssen diese Grenzen so liegen, dass die Spannung an den Anschlüssen der Hilfsstromkreise der eingebauten Betriebsmittel unter üblichen Belastungsbedingungen innerhalb der Grenzwerte bleibt, die in den für diese Betriebsmittel geltenden IEC-Normen festgelegt sind.

4.1.2 Bemessungsisolationsspannung (U_i) (eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination)

en: Rated insulation voltage (U_i) (of a circuit of an ASSEMBLY)

fr: Tension assignée d'isolement (U_i) (d'un circuit d'un ENSEMBLE)

Die Bemessungsisolationsspannung (U_i) eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination ist die Spannung, auf die sich Isolationsprüfungen und Kriechstrecken beziehen.

Die Bemessungsbetriebsspannung eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination darf nicht größer als dessen Bemessungsisolationsspannung sein. Keinesfalls – auch nicht vorübergehend – darf die Arbeitsspannung eines beliebigen Stromkreises einer Schaltgerätekombination größer als 110 % seiner Bemessungsisolationsspannung sein.

ANMERKUNG Für einphasige Stromkreise, die an IT-Systeme (siehe IEC 60364-3) angeschlossen sind, sollte die Bemessungsisolationsspannung mindestens dem Spannungswert zwischen Außenleitern der Stromversorgung entsprechen.

Bei mehrphasigen Stromkreisen wird die Spannung zwischen den Außenleitern angegeben.

4.1.3 Bemessungsstoßspannungsfestigkeit (U_{imp}) (eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination)

en: Rated impulse withstand voltage (U_{imp}) (of a circuit of an ASSEMBLY)

fr: Tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp}) (d'un circuit d'un ENSEMBLE)

Spitzenwert einer Stoßspannung festgelegter Form und Polarität, mit dem der Stromkreis einer Schaltgerätekombination unter vorgegebenen Prüfbedingungen ohne Ausfall beansprucht werden kann und auf den sich die Luftstrecken beziehen.

Die Bemessungsstoßspannungsfestigkeit eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination muss gleich oder größer sein als die Werte der Stoßüberspannungen (transiente Überspannungen), die in dem System auftreten, in dem die Schaltgerätekombination eingesetzt wird.

ANMERKUNG Bevorzugte Werte für die Bemessungsstoßspannungsfestigkeit sind in [Tabelle 13](#) angegeben.

4.2 Bemessungsstrom (I_n) (eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination)

en: Rated current (I_n) (of a circuit of an ASSEMBLY)

fr: Courant assigné (I_n) (d'un circuit d'un ENSEMBLE)

Der Bemessungsstrom eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination, der vom Hersteller angegeben wird, hängt von den Bemessungswerten der einzelnen elektrischen Betriebsmittel im Stromkreis innerhalb der Schaltgerätekombination, von ihrer Anordnung und der Art ihrer Verwendung ab. Der Stromkreis muss den Bemessungsstrom führen können, ohne dass bei Prüfung nach [8.2.1](#) die Übertemperaturen an den einzelnen Bauteilen die Grenzwerte überschreiten, die in [7.3 \(Tabelle 2\)](#) festgelegt sind.

ANMERKUNG Wegen der vielfältigen Einflüsse, von denen die Bemessungsströme abhängen, können keine Normwerte angegeben werden.

4.3 Bemessungskurzzeitstromfestigkeit (I_{cw}) (eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination)

en: Rated short-time withstand current (I_{cw}) (of a circuit of an ASSEMBLY)

fr: Courant assigné de courte durée admissible (I_{cw}) (d'un circuit d'un ENSEMBLE)

Die Bemessungskurzzeitstromfestigkeit eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination ist der vom Hersteller für diesen Stromkreis angegebene Effektivwert des Kurzzeitstromes, den dieser Stromkreis ohne Schaden unter den in [8.2.3](#) festgelegten Prüfbedingungen führen kann; falls nichts anderes angegeben, gilt eine Zeit von 1 s [IEV 441-17-17, modifiziert].

Bei Wechselspannung entspricht der Strom dem Effektivwert der Wechselstromkomponente, wobei vorausgesetzt wird, dass der höchste auftretende Scheitelwert das n-fache des Effektivwertes nicht überschreitet. Der Faktor n ist in [7.5.3](#) angegeben.

ANMERKUNG 1 Bei kürzeren Zeiten als 1 s müssen sowohl die Bemessungskurzzeitstromfestigkeit als auch die zugehörige Zeitdauer angegeben werden, z. B. 20 kA, 0,2 s.

ANMERKUNG 2 Die Bemessungskurzzeitstromfestigkeit kann entweder ein unbeeinflusster Kurzschlussstrom sein, wenn die Prüfungen mit der Bemessungsbetriebsspannung ausgeführt werden oder ein tatsächlicher Strom, wenn mit einer niedrigeren Spannung geprüft wird.

4.4 Bemessungsstoßstromfestigkeit (I_{pk}) (eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination)

en: Rated peak withstand current (I_{pk}) (of a circuit of an ASSEMBLY)

fr: Courant assigné de crête admissible (I_{pk}) (d'un circuit d'un ENSEMBLE)

Die Bemessungsstoßstromfestigkeit eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination ist der vom Hersteller angegebene Scheitelwert des Stoßstromes dieses Stromkreises, dem dieser unter den Prüfbedingungen standhalten kann, welche in 8.2.3 (siehe auch 7.5.3) festgelegt sind (IEV 441-17-18, modifiziert).

4.5 Bedingter Bemessungskurzschlussstrom (I_{cc}) (eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination)

en: Rated conditional short-circuit current (I_{cc}) (of a circuit of an ASSEMBLY)

fr: Courant assigné de court-circuit conditionnel (I_{cc}) (d'un circuit d'un ENSEMBLE)

Der bedingte Bemessungskurzschlussstrom eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination ist der vom Hersteller angegebene Wert des unbeeinflussten Kurzschlussstromes, den dieser durch eine vom Hersteller vorgegebene Kurzschlusschutzeinrichtung geschützte Stromkreis während der Gesamtausschaltzeit des Gerätes unter den in 8.2.3 (siehe auch 7.5.2) angegebenen Prüfbedingungen führen kann.

Die Angaben zur festgelegten Kurzschlusschutzeinrichtung müssen vom Hersteller gemacht werden.

ANMERKUNG 1 Bei Wechselstrom wird der bedingte Bemessungskurzschlussstrom als Effektivwert der Wechselstromkomponente angegeben.

ANMERKUNG 2 Die Kurzschlusschutzeinrichtungen dürfen in der Schaltgerätekombination oder in einer anderen Einheit untergebracht werden.

4.6 Bemessungskurzschlussstrom bei Schutz durch Sicherungen (I_{cf}) (eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination)

Bleibt frei

4.7 Bemessungsbelastungsfaktor

en: Rated diversity factor

fr: Facteur de diversité assigné

Der Bemessungsbelastungsfaktor einer Schaltgerätekombination oder eines Teiles davon (z. B. ein Feld, ein Fach), der mehrere Hauptstromkreise umfasst, ist das Verhältnis der größten Summe aller Ströme, die zu einem beliebigen Zeitpunkt in den betreffenden Hauptstromkreisen zu erwarten sind, zur Summe der Bemessungsströme aller Hauptstromkreise der Schaltgerätekombination oder des betrachteten Teiles der Schaltgerätekombination.

Wenn der Hersteller einen Bemessungsbelastungsfaktor angibt, muss dieser Wert bei der Erwärmungsprüfung nach 8.2.1 angewendet werden.

ANMERKUNG Falls keine Angaben über die tatsächlichen Ströme vorliegen, dürfen die folgenden Werte angewendet werden:

Tabelle 1 – Werte für den Bemessungsbelastungsfaktor

Anzahl der Hauptstromkreise	Bemessungsbelastungsfaktor
2 und 3	0,9
4 und 5	0,8
6 bis 9 inklusive	0,7
10 (und mehr)	0,6

4.8 Bemessungsfrequenz

en: Rated frequency

fr: Fréquence assignée

Die Bemessungsfrequenz ist die Frequenz, für die die Schaltgerätekombination bestimmt ist und auf die sich die Betriebsbedingungen beziehen.

Falls Stromkreise der Schaltgerätekombination für verschiedene Frequenzen vorgesehen sind, muss der Wert der Bemessungsfrequenz für jeden Stromkreis angegeben werden.

ANMERKUNG Die Frequenz sollte innerhalb der Grenzen liegen, die in den für die eingebauten Betriebsmittel geltenden IEC-Normen festgelegt sind. Soweit vom Hersteller der Schaltgerätekombination nichts anderes angegeben ist, wird angenommen, dass die Grenzen 98 % und 102 % der Bemessungsfrequenz betragen.

5 Angaben zur Schaltgerätekombination

Folgende Angaben müssen vom Hersteller gemacht werden:

5.1 Aufschriften

Jede Schaltgerätekombination muss mit einer oder mehreren Aufschriften dauerhaft so versehen sein, dass diese bei angeschlossener Schaltgerätekombination lesbar sind.

Die Angaben unter a) und b) müssen in den Aufschriften enthalten sein.

Die Angaben zu c) bis t) müssen, soweit zutreffend, entweder als Aufschriften oder in der technischen Dokumentation des Herstellers gegeben sein.

a) Name des Herstellers oder Warenzeichen;

ANMERKUNG Als Hersteller gilt die Firma, die die Verantwortung für die anschlussfertige Schaltgerätekombination übernimmt.

b) Typenbezeichnung oder Kennnummer oder ein anderes Kennzeichen, aufgrund derer die notwendigen Informationen vom Hersteller angefordert werden können;

c) IEC 60439-1;

d) Stromart (und Frequenz bei Wechselstrom);

e) Bemessungsbetriebsspannungen (siehe 4.1.1);

f) Bemessungsisolationsspannungen (siehe 4.1.2);

– Bemessungsstoßspannungsfestigkeit, wenn vom Hersteller angegeben (siehe 4.1.3);

g) Bemessungsspannungen der Hilfsstromkreise (falls zutreffend);

j) Bemessungsstrom jedes Hauptstromkreises (falls zutreffend, siehe 4.2);

k) Kurzschlussfestigkeit (siehe 7.5.2);

l) IP-Schutzart (siehe 7.2.1);

m) Maßnahmen zum Schutz gegen elektrischen Schlag (siehe 7.4);

n) Betriebs- und Umgebungsbedingungen für Innenraumaufstellung, Freiluftaufstellung oder besondere Betriebs- und Umgebungsbedingungen, falls diese von den bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen nach 6.1 abweichen;

– Verschmutzungsgrad, wenn vom Hersteller angegeben (siehe 6.1.2.3);

o) System nach Art der Erdverbindung, für das die Schaltgerätekombination bestimmt ist;

p) Abmessungen (siehe Bilder C.3 und C.4); vorzugsweise in der Reihenfolge: Höhe, Breite (oder Länge), Tiefe;

q) Gewicht;

- r) Form der inneren Unterteilung (siehe 7.7);
- s) Arten der elektrischen Verbindungen der Funktionseinheiten (siehe 7.11);
- t) Umgebung A und/oder B (siehe 7.10.1).

5.2 Kennzeichnungen

Innerhalb der Schaltgerätekombination muss es möglich sein, die einzelnen Stromkreise und ihre Kurzschlusschutzeinrichtungen eindeutig zu unterscheiden.

Soweit einzelne Betriebsmittel der Schaltgerätekombination gekennzeichnet sind, müssen die verwendeten Kennzeichnungen mit IEC 61346-1 und mit den entsprechenden Angaben in den Schaltungsunterlagen, die wiederum IEC 61082 entsprechen müssen, übereinstimmen.

5.3 Aufstellungs-, Betriebs- und Wartungsanweisungen

Der Hersteller muss, falls zutreffend, in seinen Unterlagen die Bedingungen für Aufstellung, Betrieb und Wartung der Schaltgerätekombination und der darin enthaltenen Betriebsmittel angeben.

Soweit erforderlich, müssen in den Anweisungen für Transport, Aufstellung und Betrieb der Schaltgerätekombination diejenigen Maßnahmen beschrieben werden, die für die einwandfreie Aufstellung, Inbetriebnahme und Betrieb wichtig sind.

Wo erforderlich müssen die oben erwähnten Unterlagen Angaben über den empfohlenen Umfang und die Häufigkeit der Wartung enthalten.

Soweit sich die Schaltung aus der konstruktiven Anordnung der eingebauten Geräte nicht klar erkennen lässt, müssen Unterlagen, z. B. Schaltungsunterlagen, Tabellen, mitgegeben werden.

Der Hersteller der Schaltgerätekombination muss, soweit zutreffend, die Maßnahmen angeben, die bei Aufstellung, Betrieb und Wartung der Schaltgerätekombination hinsichtlich EMV zu ergreifen sind.

Falls eine Schaltgerätekombination, die speziell für die Umgebung A vorgesehen ist, in der Umgebung B verwendet werden soll, muss der folgende Warnhinweis in die Betriebsanweisung aufgenommen werden:

Warnhinweis:
Dies ist ein Produkt für die Umgebung A. In Haushaltsumgebung kann dieses Produkt Funkstörungen verursachen; in diesem Fall kann der Anwender verpflichtet sein, angemessene Maßnahmen zu ergreifen.

6 Betriebsbedingungen

6.1 Übliche Betriebsbedingungen

Schaltgerätekombinationen müssen so beschaffen sein, dass sie unter den folgenden Bedingungen den Anforderungen dieser Norm entsprechen.

ANMERKUNG Wenn Betriebsmittel, z. B. Relais, elektronische Betriebsmittel, verwendet werden, die nicht für diese Bedingungen konstruiert sind, sind geeignete Maßnahmen zu treffen, durch die ein einwandfreier Betrieb sichergestellt ist (siehe 7.6.2.4, Absatz 2).

6.1.1 Umgebungstemperatur

6.1.1.1 Umgebungstemperatur bei Innenraumaufstellung

Die Umgebungstemperatur ist nicht höher als +40 °C und ihr Mittelwert über eine Dauer von 24 h nicht höher als +35 °C.

Die untere Grenze der Umgebungstemperatur ist –5 °C.

6.1.1.2 Umgebungstemperatur bei Freiluftaufstellung

Die Umgebungstemperatur ist nicht höher als +40 °C und ihr Mittelwert über eine Dauer von 24 h nicht höher als +35 °C.

Die untere Grenze der Umgebungstemperatur ist:

- –25 °C in gemäßigtem Klima und
- –50 °C in arktischem Klima.

ANMERKUNG Die Verwendung von Schaltgerätekombinationen in arktischem Klima bedarf der besonderen Vereinbarung zwischen Hersteller und Anwender.

6.1.2 Atmosphärische Bedingungen

6.1.2.1 Atmosphärische Bedingungen bei Innenraumaufstellung

Die Umgebungsluft ist sauber, und die relative Luftfeuchte der Umgebungsluft soll 50 % bei einer höchsten Temperatur von +40 °C nicht überschreiten. Bei niedrigeren Temperaturen dürfen höhere Luftfeuchtwerte zugelassen werden, z. B. 90 % bei +20 °C. Auf gelegentlich auftretende mäßige Kondenswasserbildung infolge von Temperaturschwankungen ist Rücksicht zu nehmen.

6.1.2.2 Atmosphärische Bedingungen bei Freiluftaufstellung

Die relative Luftfeuchte der Umgebungsluft darf vorübergehend bis 100 % bei einer höchsten Temperatur von +25 °C sein.

6.1.2.3 Verschmutzungsgrad

Der Verschmutzungsgrad (siehe [2.9.10](#)) bezieht sich auf die Umgebungsbedingungen, für welche die Schaltgerätekombination vorgesehen ist.

Für Schaltgeräte und Teile in Umhüllungen gilt der Verschmutzungsgrad der Umgebungsbedingung in der Umhüllung.

Zur Bewertung von Luftstrecken und Kriechstrecken dienen folgende vier Verschmutzungsgrade in der Mikro-umgebung (den verschiedenen Verschmutzungsgraden entsprechende Luft- und Kriechstrecken sind in den [Tabellen 14](#) und [16](#) angegeben).

Verschmutzungsgrad 1:

Keine oder nur trockene, nichtleitende Verschmutzung.

Verschmutzungsgrad 2:

Üblicherweise nur nichtleitende Verschmutzung. Es muss jedoch gelegentlich mit einer zeitweiligen Leitfähigkeit durch Betauung gerechnet werden.

Verschmutzungsgrad 3:

Leitende Verschmutzung oder trockene, nichtleitende Verschmutzung, die durch Betauung leitfähig wird.

Verschmutzungsgrad 4:

Verschmutzung, die dauernde Leitfähigkeit, z. B. aufgrund von leitendem Staub, Regen oder Schnee, hervorruft.

Normverschmutzungsgrad für industriellen Einsatz:

Wenn nichts anderes angegeben ist, gilt für Schaltgerätekombinationen, die in der Industrie eingesetzt werden, der Verschmutzungsgrad 3. Es dürfen jedoch auch andere Verschmutzungsgrade entsprechend dem jeweiligen Einsatz oder der Mikroumgebung angewendet werden.

ANMERKUNG Der Verschmutzungsgrad der Mikroumgebung eines Betriebsmittels darf durch Einbau in eine Umhüllung beeinflusst werden.

6.1.3 Höhenlage

Die Höhenlage des Aufstellungsortes liegt nicht über 2000 m über N.N.

ANMERKUNG Bei elektronischen Betriebsmitteln, die in Höhen oberhalb von 1000 m verwendet werden sollen, kann es notwendig sein, dass eine Reduzierung der elektrischen Festigkeit und der Kühlwirkung der Umgebungsluft berücksichtigt werden muss. Elektronische Betriebsmittel, die unter diesen Bedingungen verwendet werden sollen, sollten aufgrund von Vereinbarungen zwischen Hersteller und Anwender gebaut oder verwendet werden.

6.2 Besondere Betriebsbedingungen

Liegen besondere Bedingungen vor, so müssen die zutreffenden besonderen Anforderungen erfüllt oder besondere Vereinbarungen zwischen Hersteller und Anwender getroffen werden. Der Anwender muss den Hersteller darauf hinweisen, falls derartige außergewöhnliche Betriebsbedingungen vorliegen.

Als besondere Betriebsbedingungen gelten z. B.:

6.2.1 Werte der Umgebungstemperatur, der relativen Luftfeuchte und/oder der Höhenlage, die von den in [6.1](#) festgelegten abweichen.

6.2.2 Auftreten schneller Temperatur- und/oder Luftdruckänderungen, so dass mit einer außergewöhnlichen Betauung innerhalb der Schaltgerätekombination gerechnet werden muss.

6.2.3 Atmosphäre, die einen wesentlichen Anteil an Staub, Rauch, korrosiven oder radioaktiven Bestandteilen, Dämpfen oder Salz enthalten kann.

6.2.4 Einwirkung starker elektrischer oder magnetischer Felder.

6.2.5 Einwirkung extremer Temperaturen, z. B. durch Sonneneinstrahlung oder Öfen.

6.2.6 Einwirkung von Pilzen oder Kleintieren.

6.2.7 Aufstellen in feuergefährdeten Betriebsstätten, explosions- oder explosivstoffgefährdeten Bereichen.

6.2.8 Auftreten heftiger Erschütterungen oder Stöße.

6.2.9 Aufstellung, bei der die Stromtragfähigkeit oder das Ausschaltvermögen beeinflusst wird, z. B. durch Einbau der Schaltgerätekombination in Maschinen oder Mauernischen.

6.2.10 Berücksichtigung geeigneter Abhilfemaßnahmen gegen:

- leitungsgeführte und gestrahlte Störeinflüsse außer denen durch EMV;
- EMV-Störungen, in anderen Umgebungen als in [Anhang H](#) beschrieben.

6.3 Bedingungen während des Transports, der Lagerung und der Aufstellung

6.3.1 Falls die Bedingungen während des Transportierens, des Lagerns und des Aufstellens, z. B. die Temperatur, die Luftfeuchtwerte, von den in [6.1](#) festgelegten abweichen, müssen die erforderlichen Maßnahmen zwischen Hersteller und Anwender vereinbart werden.

Wenn nichts anderes festgelegt ist, gilt während des Transports und der Lagerung der Temperaturbereich zwischen -25 °C und $+55\text{ °C}$ und für kurze Zeitspannen bis 24 h bis $+70\text{ °C}$.

Betriebsmittel, die diesen extremen Temperaturen ausgesetzt werden, ohne dass sie in Betrieb sind, dürfen keinen bleibenden Schaden erleiden und müssen danach unter Betriebsbedingungen bestimmungsgemäß arbeiten.

7 Bauanforderungen

7.1 Mechanischer Aufbau

7.1.1 Allgemeines

Für Schaltgerätekombinationen müssen Werkstoffe verwendet werden, die den mechanischen, elektrischen und thermischen Beanspruchungen sowie den Einwirkungen der Luftfeuchte standhalten, die bei bestimmungsgemäßen Betrieb auftreten können. Teile von Schaltgerätekombinationen, die aus Isolierstoff bestehen, müssen eine festgelegte Beständigkeit gegen außergewöhnliche Wärme und Feuer aufweisen.

Der bei den vorgesehenen Gebrauchs- und Wartungsbedingungen erforderliche Korrosionsschutz muss durch Verwendung geeigneter Werkstoffe oder durch Aufbringen einer entsprechenden Schutzschicht auf korrosionsgefährdete Oberflächen sichergestellt werden.

Alle Umhüllungen oder Trennwände, einschließlich Verriegelungseinrichtungen für Türen, Einschübe usw., müssen mechanisch so fest sein, dass sie den betriebsmäßig auftretenden Beanspruchungen standhalten.

Die Geräte und Stromkreise in der Schaltgerätekombination müssen so angeordnet sein, dass ihre Bedienung und Wartung möglich ist und dass zugleich die notwendige Sicherheit erreicht wird.

7.1.2 Kriechstrecken, Luftstrecken und Trennstrecken

7.1.2.1 Kriechstrecken und Luftstrecken

Alle Betriebsmittel der Schaltgerätekombination müssen Kriechstrecken und Luftstrecken besitzen, wie sie in den entsprechenden Bestimmungen gefordert werden; diese müssen unter bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen erhalten bleiben.

Beim Einbau der Betriebsmittel in Schaltgerätekombinationen müssen die für die Geräte geforderten Kriechstrecken und Luftstrecken oder Bemessungsstoßspannungsfestigkeiten (U_{imp}) unter Berücksichtigung der vorliegenden Betriebsbedingungen eingehalten werden.

Für blanke spannungsführende Leiter und Anschlüsse (z. B. Sammelschienen, Verbindungen zwischen Geräten, Kabelschuhe) müssen mindestens die Kriechstrecken und Luftstrecken oder Stoßspannungsfestigkeiten eingehalten werden, die bei den unmittelbar angeschlossenen Betriebsmitteln gefordert sind.

Außerdem dürfen außergewöhnliche Bedingungen die Abstände oder Isolationsfestigkeiten zwischen Sammelschienen und/oder Verbindungen, außer Kabel/Leitungen, nicht bleibend unter die für die angeschlossenen Geräte festgelegten Werte verkleinern. Solche außergewöhnlichen Bedingungen sind z. B. Kurzschlüsse (siehe auch [8.2.2](#)).

Für Prüfungen von Schaltgerätekombinationen in Übereinstimmung mit [8.2.2.6](#) dieser Norm sind Mindestwerte in den [Tabellen 14](#) und [16](#) und Prüfspannungen in [7.1.2.3](#) enthalten.

7.1.2.2 Trennstrecken von Einschüben

Bei Funktionseinheiten auf Einschüben müssen die Trennstrecken mindestens den Anforderungen entsprechen, wie sie in der entsprechenden Bestimmung für Trennschalter¹⁾ im Neuzustand festgelegt sind; dabei müssen Fertigungstoleranzen und Maßveränderungen infolge Abnutzung berücksichtigt sein.

7.1.2.3 Isolationseigenschaften

Wenn für einen oder mehrere Stromkreise einer Schaltgerätekombination eine Bemessungsstoßspannungsfestigkeit vom Hersteller angegeben wird, müssen die Anforderungen von 7.1.2.3.1 bis 7.1.2.3.6 eingehalten werden, und der Stromkreis muss die Isolationsprüfung und die Anforderungen von 8.2.2.6 und 8.2.2.7 erfüllen.

In anderen Fällen müssen die Stromkreise einer Schaltgerätekombination die Isolationsprüfung, wie sie in 8.2.2.2, 8.2.2.3, 8.2.2.4 und 8.2.2.5 beschrieben ist, erfüllen.

ANMERKUNG Es ist jedoch zu beachten, dass in diesem Fall die Anforderungen der Isolationskoordination nicht erfüllt werden können.

Das Prinzip der Isolationskoordination, basierend auf der Stoßspannungsfestigkeit, wird bevorzugt.

7.1.2.3.1 Allgemeines

Die folgenden Anforderungen beruhen auf den Grundsätzen der IEC 60664-1 und sehen die Möglichkeit der Koordination der Isolation der Betriebsmittel mit den Bedingungen in der Anlage vor.

Der Stromkreis einer Schaltgerätekombination muss die Stoßspannungsfestigkeitsprüfung (siehe 4.1.3) nach der Überspannungskategorie nach Anhang G oder, soweit anwendbar, die entsprechende Wechsel- oder Gleichspannungsprüfung mit den Werten der Tabelle 13 bestehen. Die Spannungsfestigkeit über Trennstrecken von Einrichtungen oder von Einschüben mit Trennfunktion ist in Tabelle 15 festgelegt.

ANMERKUNG Der Zusammenhang zwischen den Nennspannungen des Versorgungsnetzes und der Bemessungsstoßspannungsfestigkeit des Stromkreises einer Schaltgerätekombination ist in Anhang G festgelegt.

Die Bemessungsstoßspannungsfestigkeit für eine gegebene Bemessungsbetriebsspannung darf nicht kleiner sein als die, die im Anhang G der Nennspannung des Versorgungsnetzes des Stromkreises, an den die Schaltgerätekombination angeschlossen ist, und der Überspannungskategorie entspricht.

7.1.2.3.2 Stoßspannungsfestigkeit des Hauptstromkreises

- Die Luftstrecken zwischen aktiven Teilen und geerdeten Teilen sowie zwischen den Polen müssen der Prüfspannung nach Tabelle 13, entsprechend der Bemessungsstoßspannungsfestigkeit, widerstehen.
- Die Luftstrecken zwischen offenen Kontakten von Einschüben in der Trennstellung müssen der Prüfspannung nach Tabelle 15, entsprechend der Bemessungsstoßspannungsfestigkeit, widerstehen.
- Feste Isolierung von Schaltgerätekombinationen in Verbindung mit Luftstrecken a) und/oder b) muss der Stoßspannung, die in a) und/oder b) festgelegt ist, widerstehen, soweit anwendbar.

7.1.2.3.3 Stoßspannungsfestigkeit von Hilfsstromkreisen

- Hilfsstromkreise, die direkt an den Hauptstromkreis mit der Bemessungsbetriebsspannung angeschlossen sind, ohne zusätzliche Maßnahmen für die Reduzierung von Überspannungen, müssen die Anforderungen von 7.1.2.3.2 a) und c) erfüllen.
- Hilfsstromkreise, welche nicht direkt an den Hauptstromkreis angeschlossen sind, dürfen eine vom Hauptstromkreis abweichende Überspannungsfestigkeit haben. Luftstrecken und zugehörige feste Isolierungen solcher Kreise – Wechsel- oder Gleichspannung – müssen der entsprechenden Spannung nach Anhang G widerstehen.

¹⁾ Siehe IEC 60947-3.

7.1.2.3.4 Luftstrecken

Luftstrecken müssen ausreichend sein, um einer Prüfspannung nach 7.1.2.3.2 und 7.1.2.3.3 zu widerstehen.

Die Luftstrecken müssen wenigstens so groß sein wie die in [Tabelle 14](#) für Fall B – Homogenes Feld – festgelegten Werte.

Diese Prüfung ist nicht erforderlich, wenn die Luftstrecken, bezogen auf die Bemessungsstoßspannungsfestigkeit und den Verschmutzungsgrad, größer sind als die in [Tabelle 14](#) für Fall A – Inhomogenes Feld – festgelegten Werte.

Das Verfahren der Messung der Luftstrecken ist in [Anhang F](#) festgelegt.

7.1.2.3.5 Kriechstrecken

a) Dimensionierung

Für die Verschmutzungsgrade 1 und 2 dürfen die Kriechstrecken nicht kleiner sein als die zugehörigen Luftstrecken, die nach 7.1.2.3.4 bestimmt wurden. Für die Verschmutzungsgrade 3 und 4 dürfen die Kriechstrecken nicht kleiner sein als die zugehörigen Luftstrecken für Fall A, um die Gefahr von Überschlügen, als Folge von Überspannungen, zu vermindern. Dies gilt auch, wenn die Luftstrecken, wie in 7.1.2.3.4 erlaubt, kleiner als die Werte für Fall A sind.

Das Verfahren der Messung der Kriechstrecken ist in [Anhang F](#) festgelegt.

Die Kriechstrecken müssen dem Verschmutzungsgrad nach [6.1.2.3](#) und der entsprechenden Werkstoffgruppe bei Bemessungsisolations-(oder Arbeits-)spannung nach [Tabelle 16](#) entsprechen.

Folgende Werkstoffgruppen sind entsprechend dem Wertebereich der Vergleichszahl für Kriechwegbildung (CTI) festgelegt (siehe [2.9.18](#)):

- Werkstoffgruppe I $600 \leq \text{CTI}$
- Werkstoffgruppe II $400 \leq \text{CTI} < 600$
- Werkstoffgruppe IIIa $175 \leq \text{CTI} < 400$
- Werkstoffgruppe IIIb $100 \leq \text{CTI} < 175$

ANMERKUNG 1 Die CTI-Werte beziehen sich auf die Ergebnisse, die nach IEC 60112, Verfahren A, für den Isolierstoff ermittelt wurden.

ANMERKUNG 2 Für anorganische Isolierstoffe, z. B. Glas oder Keramik, die keine Kriechwege bilden, brauchen die Kriechstrecken nicht größer als die zugehörigen Luftstrecken zu sein. Die Gefahr von Überschlügen sollte aber berücksichtigt werden.

b) Verwendung von Rippen

Eine Kriechstrecke kann durch Rippen von mindestens 2 mm Höhe auf das 0,8fache der entsprechenden Werte der [Tabelle 16](#) vermindert werden, unabhängig von der Anzahl der Rippen. Der kleinste Fuß der Rippen wird durch die mechanischen Anforderungen bestimmt (siehe [F.2](#)).

c) Besondere Anwendungen

In Stromkreisen für besondere Anwendungen, bei denen ein Isolationsfehler besonders schwere Folgen hat, müssen eine oder mehrere Einflussgrößen der [Tabelle 16](#) (Abstände, Isolierstoffe, Verschmutzung der Mikroumgebung) so angewendet werden, dass eine höhere Isolationsspannung erreicht wird als die Bemessungsisolationsspannung, die dem Stromkreis nach [Tabelle 16](#) zugeordnet wird.

7.1.2.3.6 Abstände zwischen unterschiedlichen Stromkreisen

Für die Dimensionierung von Kriechstrecken und Luftstrecken und der festen Isolierung zwischen unterschiedlichen Stromkreisen muss die höchste Bemessungsspannung zugrunde gelegt werden (Bemessungsstoßspannungsfestigkeit für die Luftstrecken und die zugehörige feste Isolierung und die Bemessungsisolationsspannung für die Kriechstrecken).

7.1.3 Anschlüsse für von außen eingeführte Leiter

7.1.3.1 Der Hersteller muss angeben, ob die Anschlüsse für Leiter aus Kupfer oder Aluminium oder für beide Materialien geeignet sind. Die Anschlüsse müssen so ausgeführt sein, dass die von außen eingeführten Leiter (durch Schrauben, Steckanschlüsse usw.) angeschlossen werden können und sichergestellt ist, dass die für die Strombemessung und die Kurzschlussfestigkeit des Gerätes und des Stromkreises benötigte Kontaktkraft aufrechterhalten bleibt.

7.1.3.2 Soweit keine besonderen Vereinbarungen zwischen Hersteller und Anwender getroffen sind, müssen die Anschlüsse, zugeordnet zum Bemessungsstrom, Leiter aus Kupfer vom kleinsten bis zum größten Querschnitt aufnehmen können (siehe [Anhang A](#)).

Für Leiter aus Aluminium sind im Allgemeinen die Anschlussmittel ausreichend, die den Anschluss der Höchstwerte für ein- und mehrdrähtige Leiter nach [Tabelle A.1](#) zulassen. Lässt die Verwendung dieses Höchstwertes bei Leitern aus Aluminium die volle Ausnutzung des Bemessungsstromes des Stromkreises nicht zu, ist eine Vereinbarung zwischen Hersteller und Anwender notwendig, ob Anschlussmöglichkeiten für den nächstgrößeren Leiter aus Aluminium geschaffen werden müssen.

Für den Anschluss von außen eingeführter Leiter für elektronische Stromkreise mit kleinen Strömen und kleinen Spannungen (kleiner als 1 A und kleiner als AC 50 V oder DC 120 V) an eine Schaltgerätekombination gilt [Tabelle A.1](#) nicht (siehe [Tabelle A.1](#), [Anmerkung 2](#)).

7.1.3.3 Der verfügbare Anschlussraum muss das ordnungsgemäße Anschließen der vorgesehenen, von außen eingeführten Leiter und bei mehradrigen Leitungen das Aufspleißen der Adern zulassen.

ANMERKUNG In den USA legen nationale Bestimmungen die Mindestanforderungen für Anschlussräume für den ordnungsgemäßen Anschluss von außen herangeführter Leiter fest.

Die Leiter dürfen keinen Beanspruchungen ausgesetzt werden, die ihre übliche Gebrauchsdauer vermindern.

7.1.3.4 Soweit keine anderen Vereinbarungen zwischen Hersteller und Anwender vorliegen, müssen in Drehstromkreisen mit Neutralleiter an die Anschlüsse für den Neutralleiter Kupferleiter mit folgender Strombelastbarkeit angeschlossen werden können:

- der halben Strombelastbarkeit des Außenleiters, falls dieser größer ist als 10 mm^2 ; Mindestwert des Neutralleiters jedoch 10 mm^2 ;
- mit gleicher Strombelastbarkeit wie der Außenleiter, wenn dessen Querschnitt gleich oder kleiner als 10 mm^2 ist.

ANMERKUNG 1 Bei einem anderen Werkstoff als Kupfer sollte der Leiterquerschnitt so gewählt werden, dass sich der gleiche Leitwert ergibt; in diesem Fall können Anschlussmittel für größere Querschnitte notwendig sein.

ANMERKUNG 2 Wenn der Strom im Neutralleiter einen hohen Wert annehmen kann, z. B. bei großen Beleuchtungsanlagen mit Leuchtstoffröhren, kann ein Neutralleiter mit gleicher Strombelastbarkeit wie die Außenleiter notwendig sein; dies ist zwischen Hersteller und Anwender besonders festzulegen.

7.1.3.5 Vorgesehene Anschlüsse für ankommende und abgehende Neutralleiter, Schutzleiter und PEN-Leiter müssen in der Nähe der zugehörigen Außenleiteranschlüsse angeordnet werden.

7.1.3.6 Öffnungen in Kabel-/Leitungseinführungen, Abschlussplatten usw. müssen so ausgeführt sein, dass nach ordnungsgemäßem Einbringen der Kabel/Leitungen die vorgesehenen Schutzmaßnahmen gegen direktes Berühren und die vorgesehene Schutzart erreicht wird. Dies erfordert, dass die vom Hersteller für den jeweiligen Anwendungsfall angegebenen Mittel zum Einführen der Kabel/Leitungen verwendet werden.

7.1.3.7 Kennzeichnung der Anschlüsse

Es wird empfohlen, dass die Kennzeichnung der Anschlüsse mit IEC 60445 übereinstimmt.

7.1.4 Beständigkeit gegen außergewöhnliche Wärme und Feuer

Isolierstoffteile, die infolge elektrischer Effekte Wärmebeanspruchungen ausgesetzt sein könnten und deren Verschlechterung die Sicherheit der Schaltgerätekombination beeinträchtigen könnte, dürfen durch außergewöhnliche Wärme und durch Feuer nicht beeinträchtigt werden.

Die Eignung dieser Teile muss mittels Prüfung nach IEC 60695-2-10 und IEC 60695-2-11 nachgewiesen werden.

Isolierstoffteile, die stromführende Teile in ihrer Lage fixieren, müssen die Glühdrahtprüfung nach 8.2.9 bei einer Prüftemperatur von 960 °C bestehen.

Andere Isolierstoffteile als die im vorstehenden Absatz festgelegten, einschließlich von Teilen, die der Fixierung des Schutzleiters dienen, müssen den Anforderungen der Glühdrahtprüfung nach 8.2.9 bei einer Temperatur von 650 °C genügen.

Diese Anforderung ist nicht zutreffend für Teile oder Betriebsmittel, die bereits nach dieser Norm oder nach der für sie zutreffenden Produktnorm geprüft wurden.

Für kleine Teile (mit Oberflächenmaßen, die 14 mm × 14 mm nicht überschreiten) darf eine andere Prüfung gewählt werden (z. B. Nadelflammenprüfung nach IEC 60695-2-2). Das gleiche Verfahren darf aus anderen praktischen Gründen angewendet werden, wenn der metallische Anteil eines Teils im Vergleich zum Isolierstoffanteil groß ist.

7.2 Umhüllung und Schutzart

7.2.1 Schutzart

7.2.1.1 Die Schutzart einer Schaltgerätekombination hinsichtlich Schutz gegen Berühren aktiver Teile, Eindringen fester Fremdkörper und Eindringen von Wasser wird in der Angabe IP... nach IEC 60529 festgelegt.

Für Schaltgerätekombinationen für Innenraumaufstellung, bei denen kein Schutz gegen Eindringen von Wasser verlangt wird, gelten vorzugsweise die folgenden IP-Schutzarten:

IP00, IP2X, IP3X, IP4X, IP5X

7.2.1.2 Die Schutzart einer Schaltgerätekombination in geschlossener Bauform oder der Front einer Schaltgerätekombination in Tafelbauform muss, wenn sie nach den Angaben des Herstellers aufgestellt und angeschlossen ist, mindestens in Schutzart IP2X ausgeführt sein.

7.2.1.3 Schaltgerätekombinationen für Freiluftaufstellung, die keinen zusätzlichen Schutz erhalten, müssen mindestens in Schutzart IPX3 ausgeführt sein.

ANMERKUNG Bei Freiluftaufstellung darf ein zusätzlicher Schutz durch ein Schutzdach oder ähnliches erreicht werden.

7.2.1.4 Wenn nichts anderes festgelegt ist, gilt die vom Hersteller angegebene Schutzart für die komplette, nach den Angaben des Herstellers (siehe auch 7.1.3.6) aufgestellte und angeschlossene Schaltgerätekombination. Hierzu gehört z. B. erforderlichenfalls das Abdichten offener Befestigungsflächen der Schaltgerätekombination.

Der Hersteller muss auch die Schutzart(en) gegen direktes Berühren, Eindringen fester Fremdkörper und Flüssigkeiten von inneren Teilen der Schaltgerätekombination angeben, zu denen berechnigte Personen während des Betriebes Zugang haben (siehe 7.4.6). Für Schaltgerätekombinationen mit herausnehmbaren Teilen und/oder Einschüben siehe 7.6.4.3.

7.2.1.5 Wenn die Schutzart eines Teiles der Schaltgerätekombination, z. B. an der Bedienungsfront, von der des Hauptteils abweicht, muss der Hersteller die Schutzart dieses Teiles getrennt angeben. Beispiel: IP00, Bedienungsfront IP20.

7.2.1.6 Für PTKS kann nur dann eine IP-Schutzart angegeben werden, wenn entsprechende Nachweise nach IEC 60529 erbracht werden können oder wenn ein typgeprüftes vorgefertigtes Gehäuse verwendet wird.

7.2.2 Berücksichtigung der Luftfeuchte

Bei Schaltgerätekombinationen für Freiluftaufstellung und bei geschlossenen Schaltgerätekombinationen für Innenraumaufstellung, die an Orten mit hoher Luftfeuchte und in weiten Grenzen schwankenden Temperaturen verwendet werden, muss eine schädliche Kondensation innerhalb der Schaltgerätekombination durch geeignete Vorkehrungen (Belüftung und/oder innere Heizung, Klimastutzen usw.) verhindert werden. Die festgelegte Schutzart muss dabei erhalten bleiben (für eingebaute Geräte gilt [7.6.2.4](#)).

7.3 Erwärmung

Die Grenzwerte für die Erwärmung in [Tabelle 2](#) gelten für mittlere Umgebungstemperaturen kleiner oder gleich 35 °C und dürfen bei Schaltgerätekombinationen beim Nachweis in Übereinstimmung mit [8.2.1](#) nicht überschritten werden.

ANMERKUNG Die Erwärmung einer Komponente oder eines Teils davon ist die Differenz zwischen der Temperatur dieses Teiles, wenn sie nach [8.2.1.5](#) gemessen wird, und der Umgebungstemperatur außerhalb der Schaltgerätekombination.

Tabelle 2 – Grenzübertemperaturen

Teile der Schaltgerätekombination	Grenzübertemperatur K
Eingebaute Betriebsmittel ¹⁾	Entsprechend den für sie geltenden Bestimmungen in den Produktnormen der einzelnen Betriebsmittel oder entsprechend den Angaben des Betriebsmittelherstellers ⁶⁾ , unter Berücksichtigung der Innentemperatur der Schaltgerätekombination
Anschlüsse für von außen eingeführte isolierte Leiter	70 ²⁾
Sammelschienen und Leiter, Steckkontakte von herausnehmbaren Teilen oder Einschüben zum Anschluss an Sammelschienen	Begrenzt durch: <ul style="list-style-type: none"> – mechanische Festigkeit der Leiterwerkstoffe ⁷⁾; – möglichen Einfluss auf benachbarte Betriebsmittel; – zulässige Grenzübertemperatur des Isolierstoffes, den der Leiter berührt – Rückwirkungen der Leitertemperatur auf die angeschlossenen Geräte – Art und Oberfläche des Kontaktmaterials bei Steckkontakten
Bedienteile <ul style="list-style-type: none"> – aus Metall – aus Isolierstoff 	15 ³⁾ 25 ³⁾
Berührbare Außenflächen von Umhüllungen oder Verkleidungen <ul style="list-style-type: none"> – aus Metall – aus Isolierstoff 	30 ⁴⁾ 40 ⁴⁾
Steckverbindungen	Begrenzt durch die Werte der zugehörigen Betriebsmittel, deren Bestandteil sie sind ⁵⁾
<p>1) Der Begriff „eingebaute Betriebsmittel“ bedeutet:</p> <ul style="list-style-type: none"> – konventionelle Schaltgeräte, – elektronische Baugruppen (z. B. Gleichrichtersatz, gedruckte Schaltung), – Teile von Betriebsmitteln (z. B. Regler, stabilisierte Stromversorgungseinheit, Operationsverstärker). <p>2) Die Grenzübertemperatur 70 K basiert auf der konventionellen Prüfung nach 8.2.1. Eine Schaltgerätekombination, die unter praktischen Betriebsbedingungen verwendet oder geprüft wird, darf mit Leitungen verbunden sein, deren Art, Beschaffenheit und Anordnung von denen abweicht, die für die konventionelle Prüfung festgelegt sind. Daraus können sich abweichende Übertemperaturen der Anschlüsse ergeben, diese dürfen gefordert oder zugelassen werden. Wenn die Anschlüsse von eingebauten Betriebsmitteln ebenfalls die Anschlüsse für von außen eingeführte isolierte Leiter sind, muss die niedrigere Grenzübertemperatur gelten.</p> <p>3) Bedienteile im Inneren einer Schaltgerätekombination, die erst nach Öffnen der Schaltgerätekombination zugänglich sind, z. B. Griffe zum Herausziehen, die selten benutzt werden, dürfen die Werte dieser Grenzübertemperaturen um 25 K erhöht werden.</p> <p>4) Soweit nicht anders festgelegt, ist für Verkleidungen und Umhüllungen, die zugänglich sind, aber im normalen Betrieb nicht berührt zu werden brauchen, eine Erhöhung dieser Grenzübertemperaturen um 10 K zulässig.</p> <p>5) Dies erlaubt eine gewisse Flexibilität, wenn für diese Betriebsmittel (z. B. elektronische Geräte) andere Grenzübertemperaturen gelten als üblicherweise für Schaltgeräte.</p> <p>6) Die Grenzübertemperaturen für Erwärmungsprüfungen nach 8.2.1 müssen vom Hersteller der Schaltgerätekombination angegeben werden.</p> <p>7) Unter der Voraussetzung, dass alle anderen gelisteten Kriterien erfüllt sind, darf eine maximale Grenzübertemperatur von 105 K für blanke Kupfersammelschienen und -leiter nicht überschritten werden. Der Wert von 105 K bezieht sich auf die Temperatur, oberhalb der eine Entfestigung von Kupfer wahrscheinlich ist.</p>	

7.4 Schutz gegen elektrischen Schlag

Die folgenden Anforderungen sind so abgefasst, dass die verlangten Schutzmaßnahmen eingehalten werden, wenn eine Schaltgerätekombination an ein System angeschlossen wird, das den dafür gültigen Bestimmungen entspricht.

Für die allgemeingültigen Schutzmaßnahmen gilt IEC 60364-4-41.

Die Schutzmaßnahmen, die für Schaltgerätekombinationen besondere Bedeutung haben, sind im Folgenden im Einzelnen behandelt, wobei die Besonderheiten von Schaltgerätekombinationen berücksichtigt wurden.

7.4.1 Schutz sowohl gegen direktes Berühren als auch bei indirektem Berühren

7.4.1.1 Schutz durch Schutzkleinspannung (SELV)

(siehe 411.1 von IEC 60364-4-41)

7.4.2 Schutz gegen direktes Berühren (siehe 2.6.8)

Der Schutz gegen direktes Berühren kann entweder durch konstruktive Maßnahmen an der Schaltgeräte-kombination selbst oder durch zusätzliche Maßnahmen, die beim Aufstellen zu treffen sind, erreicht werden. Dies kann Angaben des Herstellers erforderlich machen.

Ein Beispiel für zusätzliche Maßnahmen ist das Aufstellen einer Schaltgerätekombination in offener Bauform ohne weitere Vorkehrungen in einem Betriebsraum, zu dem nur berechnigte Personen Zugang haben.

Von den nachstehenden Schutzmaßnahmen dürfen eine oder mehrere in Schaltgerätekombinationen angewendet werden. Dabei sind die in den folgenden Abschnitten enthaltenen Anforderungen zu erfüllen. Zwischen Hersteller und Anwender ist festzulegen, welche dieser Schutzmaßnahmen angewendet wird.

ANMERKUNG Anstelle einer solchen Vereinbarung gelten auch Katalogangaben des Herstellers.

7.4.2.1 Schutz durch Isolierung aktiver Teile

Aktive Teile müssen vollständig von einer Isolierung umhüllt sein, die sich nur durch Zerstören entfernen lässt.

Die Isolierung muss aus geeignetem Werkstoff bestehen, der den mechanischen, elektrischen und thermischen Beanspruchungen, denen er im Betrieb unterliegt, dauerhaft standhält.

ANMERKUNG Beispiele sind Kabel/Leitungen und elektrische Komponenten, die vollständig von Isolierstoff umgeben sind.

Eine Schicht aus Lack, Emaille oder ähnlichen Stoffen gilt im Allgemeinen nicht als ausreichende Isolierung für den Schutz gegen elektrischen Schlag im bestimmungsgemäßen Betrieb.

7.4.2.2 Schutz durch Abdeckungen oder Umhüllungen

Die folgenden Anforderungen müssen eingehalten werden:

7.4.2.2.1 Alle Außenflächen müssen für den Schutz gegen direktes Berühren mindestens der Schutzart IP2X oder IPXXB entsprechen. Der Abstand zwischen Bauteilen, die zum Schutz angebracht sind, und aktiven Teilen, deren Berühren sie verhindern sollen, muss mindestens den Werten für Kriechstrecken und Luftstrecken nach 7.1.2 entsprechen, falls diese Bauteile nicht aus Isolierstoff bestehen.

7.4.2.2.2 Alle Schutzabdeckungen und Umhüllungen müssen zuverlässig befestigt sein. Unter Berücksichtigung ihres Werkstoffes, ihrer Größe und Anordnung müssen sie so widerstandsfähig und beständig sein, dass sie den im bestimmungsgemäßen Betrieb auftretenden Beanspruchungen standhalten, ohne dass die in 7.4.2.2.1 geforderten Luftstrecken unterschritten werden.

7.4.2.2.3 Wenn es notwendig ist, dass Schutzabdeckungen sich abnehmen lassen, Umhüllungen sich öffnen oder Teile davon entfernen lassen (Türen, Klappen, Deckel, Verkleidungen u. ä.), muss dabei eine der folgenden Bedingungen eingehalten werden:

- a) Das Abnehmen, Öffnen und Entfernen ist nur unter Verwendung eines Schlüssels oder Werkzeuges möglich.
- b) Alle aktiven Teile, die nach Öffnen der Tür zufällig berührbar sind, müssen getrennt sein, bevor die Tür sich öffnen lässt. In TN-C-Systemen darf der PEN-Leiter nicht getrennt oder geschaltet werden. In TN-S-Systemen braucht der Neutraleiter nicht getrennt oder geschaltet zu werden (siehe IEC 60364-4-46).

Beispiel: Verriegelung der Tür oder der Türen mit einem Trennschalter, so dass diese sich erst öffnen lassen, wenn der Trennschalter ausgeschaltet ist; bei offener Tür darf sich der Trennschalter nicht einschalten lassen, es sei denn durch Umgehen der Verriegelung oder Verwendung eines Werkzeuges.

Wenn die Schaltgerätekombination aus betrieblichen Gründen mit einer Einrichtung versehen ist, die das Öffnen der Tür durch berechnigte Personen zulässt, während die aktiven Teile unter Spannung stehen, muss die Verriegelung automatisch wiederhergestellt werden, wenn die Tür geschlossen ist.

- c) Im Inneren von Schaltgerätekombinationen müssen Schutzhindernisse oder Verschlusschieber enthalten sein, durch die alle aktiven Teile so abgeschirmt sind, dass sie bei offener Tür nicht zufällig berührt werden können. Das Schutzhindernis oder der Verschlusschieber müssen den Anforderungen nach [7.4.2.2.1](#) (Ausnahme siehe Absatz d)) und [7.4.2.2.2](#) entsprechen. Das Schutzhindernis muss fest angebracht sein; der Verschlusschieber muss beim Öffnen der Tür an die richtige Stelle gleiten. Schutzhindernis oder Verschlusschieber dürfen nur mit Werkzeug oder Schlüssel zu entfernen sein.

Erforderlichenfalls sind Warnschilder vorzusehen.

- d) Bei Schaltgerätekombinationen, bei denen im Betrieb gelegentlich Zugang zu bestimmten Teilen notwendig ist (z. B. zum Auswechseln von Sicherungseinsätzen oder Lampen), darf das Abnehmen, Öffnen oder Entfernen von Schutzabdeckungen oder Umhüllungen ohne Schlüssel oder Werkzeug und ohne Freischalten nur möglich sein, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind (siehe [7.4.6](#)):
- Hinter der Schutzabdeckung oder innerhalb der Umhüllung muss ein Schutzhindernis so angeordnet sein, dass aktive Teile, die nicht durch eine andere Schutzmaßnahme geschützt sind, nicht unbeabsichtigt berührt werden können. Dieses Schutzhindernis braucht jedoch das absichtliche Berühren aktiver Teile durch Herumgreifen mit der Hand nicht zu verhindern. Es darf nur mit Werkzeug oder Schlüssel zu entfernen sein.
 - Aktive Teile, deren Spannung den Bedingungen für Schutzkleinspannung (SELV) entspricht, brauchen nicht abgedeckt zu werden.

7.4.2.3 Schutz durch Hindernisse

Diese Schutzmaßnahme betrifft nur offene Schaltgerätekombinationen, siehe 412.3 von IEC 60364-4-41.

7.4.3 Schutz bei indirektem Berühren (siehe [2.6.9](#))

Der Anwender muss angeben, welche Schutzmaßnahme in der elektrischen Anlage angewendet wird, für die die Schaltgerätekombination vorgesehen ist. Es wird besonders hingewiesen auf IEC 60364-4-41; dort sind die Anforderungen für den Schutz bei indirektem Berühren für komplette elektrische Anlagen enthalten, z. B. Anwendung von Schutzleitern.

7.4.3.1 Schutzmaßnahmen mit Schutzleiter

Ein Schutzleiterkreis in einer Schaltgerätekombination besteht entweder aus einem gesonderten Schutzleiter oder aus leitfähigen Konstruktionsteilen oder aus beidem zugleich. Er erfüllt folgende Aufgaben:

- Schutz bei Fehlern innerhalb der Schaltgerätekombination;
- Schutz bei Fehlern an äußeren, durch die Schaltgerätekombination versorgten Stromkreisen.

Folgende Anforderungen müssen erfüllt werden:

7.4.3.1.1 Durch konstruktive Maßnahmen muss sichergestellt werden, dass die Körper der Schaltgerätekombination (siehe [7.4.3.1.5](#)) leitend untereinander und mit dem von außen herangeführten Schutzleiter der Anlage (siehe [7.4.3.1.6](#)) verbunden sind.

In PTSK muss immer ein gesonderter Schutzleiter eingesetzt werden, der so eingebaut wird, dass der Einfluss der elektromagnetischen Kräfte der Sammelschienen vernachlässigbar ist.

Ausnahmen: Auf die gesonderte Schiene darf verzichtet werden, wenn:

- eine typgeprüfte Ausführung zur Anwendung kommt oder
- eine Prüfung der Kurzschlussfestigkeit nach [8.2.3.1.1](#) bis [8.2.3.1.3](#) nicht notwendig ist.

7.4.3.1.2 Bestimmte Körper der Schaltgerätekombination brauchen nicht mit dem Schutzleiter verbunden zu werden, wenn ihre Berührung keine Gefahr darstellt. Dies gilt:

- entweder, wenn sie nicht großflächig berührt oder mit der Hand umfasst werden können oder
- wenn sie klein (ungefähr 50 mm × 50 mm) oder so angeordnet sind, dass ein Spannungsübertritt von aktiven Teilen ausgeschlossen ist.

Dies gilt für Schrauben, Nieten und Typschilder. Dies gilt auch für Elektromagnete von Schützen und Relais, Magnetkernen von Transformatoren und Wandlern (ausgenommen, sie haben einen Schutzleiteranschluss), gewisse Teile von Auslösern usw. ohne Rücksicht auf ihre Größe.

7.4.3.1.3 Bedienteile (Griffe, Handräder usw.) müssen:

- entweder sicher und dauerhaft mit den Teilen elektrisch leitend verbunden sein, die an den Schutzleiter angeschlossen sind, oder
- mit einer zusätzlichen Isolierung gegenüber anderen leitfähigen Teilen der Schaltgerätekombination versehen sein. Diese Isolierung muss mindestens für die größte Bemessungsisolationsspannung des zugehörigen Gerätes bemessen sein.

Teile von Bedienteilen, die beim Bedienen üblicherweise mit der Hand umfasst werden, sollen vorzugsweise aus Isolierstoff hergestellt oder damit überzogen sein, der für die größte Bemessungsisolationsspannung des Betriebsmittels bemessen ist.

7.4.3.1.4 Lackierte und emaillierte Metallteile gelten im Allgemeinen nicht als ausreichend isoliert im Sinne dieser Anforderung.

7.4.3.1.5 Die durchgehende Schutzleiterverbindung muss entweder direkt über die Konstruktionsteile oder durch gesonderte Schutzleiter sichergestellt sein.

- a) Wenn ein Teil der Umhüllung der Schaltgerätekombination, z. B. für laufende Wartungs-/Instandhaltungsarbeiten, entfernt wird, darf die Schutzleiterverbindung für die übrigen Teile der Schaltgerätekombination nicht unterbrochen werden.

Befestigungsmittel der verschiedenen Metallteile der Schaltgerätekombination gelten für die durchgehende Verbindung des Schutzleiters als ausreichend, wenn eine dauerhafte gute Leitfähigkeit und eine ausreichende Stromtragfähigkeit gesichert ist; entsprechend dem in der Schaltgerätekombination möglichen Erdschlussstrom.

ANMERKUNG Metallschläuche sollten nicht als Schutzleiter verwendet werden.

- b) Tragende Metallflächen an herausnehmbaren Teilen oder Einschüben gelten als ausreichend sicher mit dem durchgehenden Schutzleiter verbunden, wenn sie mit genügendem Druck auf der Gegenfläche aufliegen. Unter Umständen sind Maßnahmen erforderlich, um einen guten Kontakt dauerhaft aufrechtzuerhalten. Bei Einschüben muss die durchgehende Schutzleiterverbindung von der Betriebsstellung bis einschließlich zur Trennstellung aufrechterhalten bleiben.
- c) Bei Deckeln, Türen, Abschlussplatten u. ä., an denen keine elektrischen Betriebsmittel befestigt sind, gelten die üblichen Schraubverbindungen und Scharniere aus Metall als ausreichend für die durchgehende Schutzleiterverbindung.

Wenn Geräte mit höherer Spannung als Kleinspannungen an Deckeln, Türen, Abschlussplatten usw. befestigt sind, muss eine sichere durchgehende Schutzleiterverbindung geschaffen werden. An diese Teile sollte ein Schutzleiter (PE) angeschlossen werden, dessen Querschnitt mit [Tabelle 3A](#) übereinstimmt und vom größten Bemessungsbetriebsstrom der Geräte abhängig ist. Eine besondere für diesen Zweck konstruierte elektrische Verbindung (Schleifkontakt, korrosionsgeschützte Scharniere) muss gleichwertig sein.

- d) Alle Teile des Schutzleiterkreises innerhalb einer Schaltgerätekombination müssen so bemessen sein, dass sie die höchsten thermischen und dynamischen Beanspruchungen aushalten, die am Aufstellungs-ort der Schaltgerätekombination auftreten können.
- e) Umhüllungen einer Schaltgerätekombination dürfen als Teil eines Schutzleiterkreises verwendet werden, wenn ihr Querschnitt mindestens den in [7.4.3.1.7](#) geforderten Mindestquerschnitten elektrisch gleichwertig ist.

- f) Wenn die durchgehenden Schutzleiterverbindungen durch Verbinder oder Steckvorrichtungen unterbrochen werden können, darf der Schutzleiterkreis erst nach dem Unterbrechen der Außenleiter geöffnet werden; die durchgehende Schutzleiterkreisverbindung muss vor der Verbindung der Außenleiter wiederhergestellt werden.
- g) Grundsätzlich dürfen mit Ausnahme der unter f) genannten Fälle Schutzleiterkreise innerhalb von Schaltgerätekombinationen keine Trenneinrichtungen (Schalter, Trennschalter usw.) enthalten. Jedoch sind Trennlaschen im Zuge eines Schutzleiterkreises zulässig, wenn sie nur mittels Werkzeug zu entfernen und nur für berechnete Personen zugänglich sind (solche Trennlaschen können für bestimmte Prüfungen erforderlich sein).

7.4.3.1.6 Die Anschlüsse für von außen herangeführte Schutzleiter und Metallmäntel von Kabeln/Leitungen müssen, soweit erforderlich, kontaktblank sein. Wenn nichts anderes angegeben ist, müssen sie für den Anschluss von Kupferleitern geeignet sein. Für jeden Schutzleiter jedes abgehenden Stromkreises ist ein separater Anschluss geeigneter Größe vorzusehen. Bei Umhüllungen und Leitern aus Aluminium oder Aluminiumlegierungen muss besonders auf die Gefahr der elektrolytischen Korrosion geachtet werden. Bei Schaltgerätekombinationen mit leitfähigen Konstruktionsteilen, Umhüllungen usw. muss die durchgehende Schutzleiterverbindung zwischen den Körpern (Schutzleiterkreis) der Schaltgerätekombination und dem Metallmantel/Schutzleiter der angeschlossenen Kabel/Leitungen (Stahlrohr, Bleimantel usw.) sichergestellt sein. Die Anschlüsse für nach außen abgehende Schutzleiter müssen eine sichere Schutzleiterverbindung gewährleisten. Sie dürfen keine andere Funktion haben.

ANMERKUNG Besondere Vorkehrungen können erforderlich sein, wenn metallische Teile der Schaltgerätekombination mit einer besonders widerstandsfähigen Oberfläche (z. B. Pulverbeschichtung) versehen sind.

7.4.3.1.7 Der Querschnitt von Schutzleitern (PE, PEN) in einer Schaltgerätekombination zum Anschließen der von außen herangeführten Schutzleiter muss nach einem der folgenden Verfahren festgelegt werden:

- a) Der Querschnitt von Schutzleitern (PE, PEN) darf nicht kleiner sein als der entsprechende Wert in Tabelle 3.

Falls die Anwendung dieser Tabelle nichtgenormte Querschnitte ergibt, müssen Schutzleiter (PE, PEN) mit dem nächstgrößeren genormten Querschnitt verwendet werden.

Tabelle 3 – Querschnitte für Schutzleiter (PE, PEN)

Querschnittsbereich des Außenleiters S mm^2	Mindestquerschnitt des entsprechenden Schutzleiters (PE, PEN) S_p mm^2
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$35 < S \leq 400$	$S/2$
$400 < S \leq 800$	200
$800 < S$	$S/4$

Die Werte der Tabelle 3 gelten nur, wenn der Schutzleiter (PE, PEN) aus dem gleichen Metall besteht wie der Außenleiter. Wenn dies nicht zutrifft, ist der Querschnitt des Schutzleiters (PE, PEN) so zu bestimmen, dass sich der gleiche Leitwert ergibt wie bei Anwendung der Tabelle 3.

Für PEN-Leiter gelten folgende zusätzliche Anforderungen:

- der Querschnitt darf nicht kleiner sein als 10 mm^2 Cu oder 16 mm^2 Al;
- der PEN-Leiter braucht innerhalb einer Schaltgerätekombination nicht isoliert zu sein;
- Konstruktionsteile dürfen nicht als PEN-Leiter verwendet werden. Tragschienen aus Kupfer oder Aluminium dürfen als PEN-Leiter verwendet werden.
- Tabelle 3 setzt voraus, dass die Neutralleiterströme nicht größer als 30 % der Außenleiterströme sind.
- für bestimmte Anwendungen, bei denen der Strom in PEN-Leitern hohe Werte erreichen kann, z. B. in elektrischen Anlagen mit einer großen Anzahl von Leuchtstoffröhren-Leuchten, kann es

erforderlich sein, dass der PEN-Leiter dieselbe oder höhere Stromtragfähigkeit aufweist wie die Außenleiter, vorausgesetzt, dies wurde zwischen Hersteller und Anwender besonders vereinbart.

- b) Der Querschnitt des Schutzleiters (PE, PEN) muss nach der Formel in [Anhang B](#) berechnet oder durch ein anderes Verfahren, z. B. durch Prüfung, ermittelt werden.

Bei der Querschnittsermittlung der Schutzleiter (PE, PEN) müssen folgende Bedingungen gleichzeitig erfüllt sein:

- 1) Bei einer Prüfung nach [8.2.4.2](#) muss der Widerstandwert der Fehlerschleife die Bedingungen für das Ansprechen der Kurzschlusschutzeinrichtung erfüllen.
- 2) Die Bedingungen für das Ansprechen der Kurzschlusschutzeinrichtung müssen so gewählt werden, dass die Temperatur im Schutzleiter (PE, PEN) infolge des Fehlerstromes nicht so hoch steigt, dass der Leiter oder seine durchgehende Verbindung Schaden nehmen können.

7.4.3.1.8 Bei Schaltgerätekombinationen mit Konstruktionsteilen, Gerüsten, Umhüllungen usw. aus leitfähigem Werkstoff braucht ein gegebenenfalls vorhandener Schutzleiter gegenüber diesen Teilen nicht isoliert angeordnet zu werden (Ausnahme siehe 7.4.3.1.9).

7.4.3.1.9 Leiter zu bestimmten Schutzeinrichtungen einschließlich deren Verbindung zu separaten Erden müssen sorgfältig isoliert sein. Dies gilt z. B. für Fehlerspannungsschutzeinrichtungen und kann auch für die Betriebserdung eines Transformatorensternpunktes gelten.

ANMERKUNG Beim Einsatz derartiger Geräte sind die für sie geltenden Bestimmungen und die darin vorgesehenen besonderen Maßnahmen zu beachten.

7.4.3.1.10 Körper elektrischer Betriebsmittel, die nicht durch die Befestigung in die Schutzmaßnahme einbezogen werden können, müssen mit dem Schutzleiterkreis der Schaltgerätekombination verbunden werden, um eine Schutzverbindung herzustellen. Der Querschnitt muss mit Tabelle 3A übereinstimmen.

Tabelle 3A – Querschnitte für Verbindungsleiter aus Kupfer

Bemessungsbetriebsstrom I_e A	Mindestquerschnitt für Verbindungsleiter mm ²
$I_e \leq 20$	S^*
$20 < I_e \leq 25$	2,5
$25 < I_e \leq 32$	4
$32 < I_e \leq 63$	6
$63 < I_e$	10
* S Querschnitt des Außenleiters (mm ²).	

7.4.3.2 Schutzmaßnahmen ohne Schutzleiter

Der Schutz bei indirektem Berühren kann bei Schaltgerätekombinationen auch durch folgende Schutzmaßnahmen ohne Schutzleiterkreis erreicht werden:


- Schutztrennung;
- Schutzisolierung.

7.4.3.2.1 Schutztrennung

(siehe 413.5 von IEC 60364-4-41)

7.4.3.2.2 Schutz durch Schutzisolierung ¹⁾

Für den Schutz bei indirektem Berühren durch Schutzisolierung müssen folgende Anforderungen erfüllt werden:

- a) Das Betriebsmittel muss vollständig von Isolierstoff umhüllt sein. Die Umhüllung muss das Bildzeichen  tragen. Dies muss von außen erkennbar sein.
- b) Der Isolierstoff der Umhüllung muss in der Lage sein, mechanischen, elektrischen und thermischen Beanspruchungen standzuhalten, die im bestimmungsgemäßen Betrieb oder unter besonderen Bedingungen (siehe 6.1 und 6.2) auftreten können, und er muss alterungsbeständig und flammwidrig sein.
- c) Die Umhüllung darf an keiner Stelle durch leitfähige Teile so durchbrochen werden, dass die Möglichkeit besteht, dass eine Fehlerspannung nach außen verschleppt werden kann.

Dies bedeutet, dass Metallteile, wie Antriebswellen, die aus konstruktiven Gründen die Umhüllung durchstoßen müssen, innerhalb oder außerhalb der Umhüllung für die größte Bemessungsisolationsspannung und falls zutreffend, für die größte Bemessungsstoßspannungsfestigkeit aller Stromkreise in der Schaltgerätekombination isoliert sein müssen.

Wenn ein Bedienteil aus Metall besteht (mit oder ohne Isolierstoffumhüllung), muss dieses mit einer Isolation versehen werden, die für die größte Bemessungsisolationsspannung, und falls zutreffend, für die größte Bemessungsstoßspannungsfestigkeit aller Stromkreise in der Schaltgerätekombination bemessen ist.

Wenn ein Bedienteil vorwiegend aus Isolierstoff besteht, müssen alle Metallteile, die im Falle eines Fehlers der Isolation berührt werden können, ebenfalls für die größte Bemessungsisolationsspannung und, falls zutreffend, für die größte Bemessungsstoßspannungsfestigkeit aller Stromkreise in der Schaltgerätekombination isoliert werden.

- d) Die Umhüllung muss im betriebsfertigen Zustand der Schaltgerätekombination nach dem Anschließen an das Versorgungsnetz alle aktiven Teile, alle Körper und alle Teile eines Schutzleiterkreises so umschließen, dass sie nicht berührt werden können. Die Umhüllung muss wenigstens der Schutzart IP2XC^{*)} entsprechen.

Wenn durch eine derartige Schaltgerätekombination, deren Körper isoliert angeordnet sind, ein Schutzleiter zu den nachgeschalteten elektrischen Betriebsmitteln durchgeschleift wird, müssen für den Anschluss der von außen herangeführten Schutzleiter Klemmen vorgesehen und in geeigneter Weise gekennzeichnet werden.

Innerhalb der Umhüllung müssen der Schutzleiter und seine Klemmen von den aktiven Teilen und von den Körpern ebenso isoliert werden wie die aktiven Teile.

- e) Körper innerhalb der Schaltgerätekombination dürfen nicht mit dem Schutzleiterkreis verbunden werden, d. h., sie dürfen nicht in eine Schutzmaßnahme mit Schutzleiterkreis einbezogen werden. Das gilt auch für eingebaute Geräte, auch wenn sie einen Schutzleiteranschluss haben.
- f) Falls Türen oder Verkleidungen der Umhüllung sich ohne Werkzeug oder Schlüssel öffnen lassen, muss dahinter ein Schutzhindernis aus Isolierstoff angebracht sein, das Schutz gegen zufälliges Berühren von berührbaren aktiven Teilen und Körpern bietet, die erst nach dem Öffnen zugänglich werden; dieses Schutzhindernis darf nur mit Werkzeug entfernbar sein.

7.4.4 Entladung elektrischer Ladungen

Wenn die Schaltgerätekombination Betriebsmittel enthält, die nach dem Abschalten gefährliche elektrische Ladungen führen dürfen (Kondensatoren usw.), muss ein Warnschild angebracht werden.

¹⁾ In Übereinstimmung mit 413.2.1.1 von IEC 60364-4-41 entspricht die Schutzisolierung Betriebsmitteln der Schutzklasse II oder gleichwertiger Isolierung.

^{*)} Siehe IEC 60529.

Kleine Kondensatoren, z. B. für die Lichtbogenlöschung, für das verzögerte Abfallen von Relais, gelten nicht als gefährlich.

ANMERKUNG Ladespannungen, die in weniger als 5 s nach dem Abschalten der Einspeisung unter DC 120 V absinken, gelten nicht als gefährliche elektrische Ladungen.

7.4.5 Bedienungs- und Wartungsgänge innerhalb der Schaltgerätekombination (siehe 2.7.1 und 2.7.2)

Bedienungs- und Wartungsgänge innerhalb der Schaltgerätekombination müssen die Anforderungen von IEC 60364-4-481 erfüllen.

ANMERKUNG Nischen innerhalb von Schaltgerätekombinationen mit einer auf etwa 1 m begrenzten Tiefe gelten nicht als Gänge.

7.4.6 Anforderungen an die Zugängigkeit für berechtigte Personen während des Betriebes

Für die Zugängigkeit berechtigter Personen während des Betriebes müssen aufgrund von Vereinbarungen zwischen Hersteller und Anwender eine oder mehrere der folgenden Anforderungen erfüllt werden. Diese müssen zusätzlich zu den Schutzmaßnahmen nach 7.4 erfüllt werden.

ANMERKUNG Diese vereinbarten Anforderungen gelten auch, wenn eine berechtigte Person, z. B. mit Werkzeug oder durch Umgehen einer Verriegelung (siehe 7.4.2.2.3), Zugang zur Schaltgerätekombination haben kann, während die Schaltgerätekombination ganz oder teilweise unter Spannung steht.

7.4.6.1 Anforderungen an die Zugängigkeit für Überwachung und ähnliche Handlungen

Die Schaltgerätekombination muss so aufgebaut und angeordnet sein, dass die zwischen Hersteller und Anwender vereinbarten Handlungen durchgeführt werden können, während die Schaltgerätekombination in Betrieb und unter Spannung ist.

Derartige Handlungen dürfen sein:

- Sichtkontrolle von
 - Schaltgeräten und anderen Geräten,
 - Einstellbereichen und Anzeigevorrichtungen bei Relais und Auslösern,
 - Leiterverbindungen und Kennzeichnungen;
- Einstellen und Entsperren von Relais, Auslösern und elektronischen Geräten;
- Auswechseln von Sicherungseinsätzen;
- Auswechseln der Lampen von Leuchtmeldern;
- bestimmte Maßnahmen zur Fehlersuche, z. B. Spannungs- und Strommessungen mit entsprechend gebauten und isolierten Geräten.

7.4.6.2 Anforderungen an die Zugängigkeit für Wartungsarbeiten

Für die zwischen Hersteller und Anwender vereinbarten Wartungsarbeiten an einer getrennten Funktionseinheit oder -gruppe der Schaltgerätekombination, während benachbarte Funktionseinheiten oder -gruppen noch unter Spannung stehen, müssen die notwendigen Vorkehrungen getroffen werden. Ihr Umfang, der zwischen Hersteller und Anwender zu vereinbaren ist, hängt von Faktoren wie z. B. Betriebsbedingungen, Häufigkeit der Wartung, Fachkenntnis der berechtigten Personen, örtlichen Errichtungsbestimmungen usw. ab. Derartige Vorkehrungen beinhalten die Auswahl einer geeigneten Form der Unterteilung (siehe 7.7) und dürfen auch sein:

- ausreichender Abstand zwischen der betroffenen Funktionseinheit oder -gruppe und den benachbarten Funktionseinheiten oder -gruppen. Es wird empfohlen, Teile, die für die Wartung herausgenommen werden können, soweit wie möglich mit unverlierbaren Befestigungsmitteln auszustatten;

- Verwendung von Schutzabdeckungen, die dafür vorgesehen und eingebaut sind, gegen direktes Berühren von Betriebsmitteln in angrenzenden Funktionseinheiten oder -gruppen zu schützen;
- Verwendung von Abteilen für jede einzelne Funktionseinheit oder -gruppe;
- Einfügen zusätzlicher schützender Hilfsmittel, die vom Hersteller geliefert oder festgelegt werden.

7.4.6.3 Anforderungen an die Zugängigkeit bei Erweiterungsarbeiten unter Spannung

Für nachträgliche Erweiterungen einer Schaltgerätekombination durch zusätzliche Funktionseinheiten oder -gruppen, während die übrige Schaltgerätekombination unter Spannung ist, gelten die Anforderungen nach 7.4.6.2 nach den Vereinbarungen zwischen Hersteller und Anwender. Das Gleiche gilt auch für das Einbringen und Anschließen zusätzlicher abgehender Kabel/Leitungen, wenn die vorhandenen Kabel/Leitungen unter Spannung stehen.

Außer bei Schaltgerätekombinationen, deren Bauart das Erweitern von Sammelschienen und das Anschließen weiterer Einheiten unter Spannung zulässt, dürfen derartige Arbeiten nicht unter Spannung ausgeführt werden.

7.5 Kurzschlusschutz und Kurzschlussfestigkeit

ANMERKUNG Der Abschnitt gilt zunächst hauptsächlich für Betriebsmittel für Wechselspannung. Anforderungen für Betriebsmittel für Gleichspannung sind in Vorbereitung.

7.5.1 Allgemeines

Schaltgerätekombinationen müssen den durch die Kurzschlussströme verursachten thermischen und dynamischen Beanspruchungen bis zu den Bemessungswerten standhalten.

ANMERKUNG 1 Die Kurzschlussbeanspruchung darf durch den Einbau strombegrenzender Betriebsmittel (Induktivitäten, strombegrenzende Sicherungen oder andere strombegrenzende Schaltgeräte) vermindert werden.

Schaltgerätekombinationen müssen z. B. durch Leistungsschalter, Sicherungen oder durch eine Kombination von beiden gegen die Auswirkungen von Kurzschlussströmen geschützt werden; die Kurzschlusschutzeinrichtungen dürfen in der Schaltgerätekombination oder außerhalb angeordnet sein.

ANMERKUNG 2 Bei Schaltgerätekombinationen für IT-Systeme^{*)} sollte die Kurzschlusschutzeinrichtung in jedem einzelnen Pol ein angemessenes Schaltvermögen für die verkettete Spannung haben, um einen Doppelerdschluss abschalten zu können.

Bei Bestellung einer Schaltgerätekombination muss der Anwender die Kurzschlussbedingungen am Einbauort angeben.

ANMERKUNG 3 Für den Fall, dass ein Fehler zu einem Lichtbogen in der Schaltgerätekombination führt, ist der höchstmögliche Personenschutz anzustreben. Das wichtigste Ziel sollte sein, die Entstehung von Lichtbögen durch geeignete Bauweisen zu verhindern oder ihre Dauer zu begrenzen.

Soweit nicht die Ausnahmen nach 8.2.3.1.1 bis 8.2.3.1.3 gelten, wird empfohlen, in PTSK typgeprüfte Baugruppen, z. B. Sammelschienen, zu verwenden. In Ausnahmefällen, in denen die Anwendung von typgeprüften Anordnungen nicht möglich ist, muss die Kurzschlussfestigkeit durch Extrapolation aus ähnlichen typgeprüften Anordnungen (siehe 8.2.3.2.6, IEC 60865 und IEC 61117) nachgewiesen werden.

7.5.2 Angaben über die Kurzschlussfestigkeit

7.5.2.1 Für eine Schaltgerätekombination mit nur einer Einspeisung muss der Hersteller die Kurzschlussfestigkeit wie folgt angeben:

7.5.2.1.1 Bei Schaltgerätekombinationen mit eingebauter Kurzschlusschutzeinrichtung (SCPD) in der Einspeisung durch Angabe des höchstzulässigen unbeeinflussten Kurzschlussstromes an den Klemmen der

^{*)} Siehe IEC 60364-3.

Einspeisung. Dieser Wert darf die angegebenen Bemessungswerte nicht überschreiten (siehe 4.3, 4.4, 4.5 und 4.6). Zugehörige Werte für Leistungsfaktor und Scheitelwert siehe 7.5.3.

Wenn die Kurzschlusschutzeinrichtung eine Sicherung oder ein strombegrenzender Leistungsschalter ist, muss der Hersteller genaue Angaben zur SCPD machen (Bemessungsstrom, Ausschaltvermögen, Durchlassstrom, I^2t -Wert usw.).

Falls ein Leistungsschalter mit verzögertem Auslöser verwendet wird, muss der Hersteller die größte Verzögerungszeit und den Einstellwert des Stromes entsprechend dem angegebenen unbeeinflussten Kurzschlussstrom vorgeben.

7.5.2.1.2 Bei Schaltgerätekombinationen ohne eingebaute Kurzschlusschutzeinrichtung in der Einspeisung durch Angabe der Kurzschlussfestigkeit in einer oder mehreren der folgenden Arten:

- a) Durch Angabe der Bemessungskurzzeitstromfestigkeit (siehe 4.3), zusammen mit dem zugehörigen Zeitwert, falls dieser von 1 s abweicht, und der Bemessungsstoßstromfestigkeit (siehe 4.4).

ANMERKUNG Für Zeitwerte bis zu einem Höchstwert von 3 s gilt für die Beziehung zwischen Bemessungskurzzeitstromfestigkeit und dem zugehörigen Zeitwert die Gleichung $I^2t = \text{konstant}$, vorausgesetzt, der Scheitelwert überschreitet nicht den Wert der Bemessungsstoßstromfestigkeit.

- b) Durch Angabe des bedingten Bemessungskurzschlussstromes (siehe 4.5).

Für b) muss der Hersteller die Kenndaten (Bemessungsstrom, Ausschaltvermögen, Durchlassstrom, I^2t -Wert usw.) für die erforderliche Kurzschlusschutzeinrichtung für den Schutz der Schaltgerätekombination angeben.

ANMERKUNG Es wird vorausgesetzt, dass beim Auswechseln von Sicherungseinsätzen die neuen Einsätze die gleichen Kenndaten haben wie die ausgewechselten.

7.5.2.2 Für eine Schaltgerätekombination mit mehreren Einspeisungen, deren gleichzeitiger Betrieb unwahrscheinlich ist, kann die Kurzschlussfestigkeit für jede Einspeisung nach 7.5.2.1 angegeben werden.

7.5.2.3 Für eine Schaltgerätekombination mit mehreren Einspeisungen, die gleichzeitig in Betrieb sein können, und für eine Schaltgerätekombination mit einer Einspeisung und einem oder mehreren Abgängen zu umlaufenden Maschinen großer Leistung, die gegebenenfalls zum Kurzschlussstrom beitragen, muss eine besondere Vereinbarung getroffen werden, wie der unbeeinflusste Kurzschlussstrom in jeder Einspeisung, in jedem Abgang und auf den Sammelschienen zu ermitteln ist.

7.5.3 Zuordnung von Stoßstrom zum Effektivwert des Kurzschlussstromes

Der für die elektrodynamische Beanspruchung maßgebliche Stoßstrom muss durch Multiplikation des Effektivwertes des Kurzschlussstromes mit dem Faktor n ermittelt werden. Normwerte des Faktors n und des zugehörigen Leistungsfaktors enthält Tabelle 4.

Tabelle 4 – Normwerte des Faktors n

Effektivwert des Kurzschlussstromes kA	$\cos \varphi$	n
$I \leq 5$	0,7	1,5
$5 < I \leq 10$	0,5	1,7
$10 < I \leq 20$	0,3	2
$20 < I \leq 50$	0,25	2,1
$50 < I$	0,2	2,2
ANMERKUNG Die Werte entsprechen den meisten Anwendungsfällen. An bestimmten Einbauorten, z. B. in der Nachbarschaft von Transformatoren, Generatoren, können niedrigere Werte des Leistungsfaktors auftreten; dadurch kann der Scheitelwert des unbeeinflussten Stoßstromes anstelle des Effektivwertes des Kurzschlussstromes zum begrenzenden Wert werden.		

7.5.4 Koordination von KurzschlussSchutzeinrichtungen

7.5.4.1 Die Koordination von Schutzeinrichtungen muss zwischen Hersteller und Anwender vereinbart werden. Angaben in den Katalogen des Herstellers dürfen als solche Vereinbarung angesehen werden.

7.5.4.2 Wenn die Betriebsbedingungen eine kontinuierliche Energieversorgung verlangen, sollten die KurzschlussSchutzeinrichtungen in Schaltgerätekombinationen möglichst so eingestellt oder ausgewählt werden, dass Selektivität erreicht wird. Ein Kurzschluss in einem beliebigen Abgang wird durch das Schaltgerät in dem fehlerhaften Stromkreis abgeschaltet, ohne dass andere Abgänge beeinträchtigt werden.

7.5.5 Stromkreise innerhalb von Schaltgerätekombinationen

7.5.5.1 Hauptstromkreise

7.5.5.1.1 Die Sammelschienen (blank oder isoliert) müssen so angeordnet werden, dass ein Kurzschluss zwischen ihnen unter bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen nicht zu erwarten ist. Falls keine anderen Angaben vorliegen, müssen sie entsprechend den Angaben für die Kurzschlussfestigkeit (siehe 7.5.2) bemessen werden und mindestens so ausgelegt sein, dass sie die Kurzschlussbeanspruchung aushalten, die aufgrund der Begrenzung durch die KurzschlussSchutzeinrichtung auf der Einspeiseseite der Sammelschienen auftreten kann.

7.5.5.1.2 Innerhalb eines Feldes dürfen die Leiter (inklusive der Verteilschienen) zwischen den Hauptsammelschienen und der Einspeiseseite von Funktionseinheiten einschließlich der Komponenten dieser Einheiten für die verminderte Kurzschlussbeanspruchung bemessen sein, die auf der Ausgangsseite der KurzschlussSchutzeinrichtung dieser Einheit auftritt, vorausgesetzt, dass diese Verbindungen so angeordnet sind, dass unter bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen weder ein Kurzschluss zwischen Außenleitern und/oder zwischen Außenleitern und Schutzleiter zu erwarten ist (siehe 7.5.5.3). Solche Verbindungen sollen vorzugsweise aus massiven Leitern hergestellt werden.

7.5.5.2 Hilfsstromkreise

Bei der Planung der Hilfsstromkreise muss die Art der Erdverbindung der versorgenden Stromquelle berücksichtigt werden, und es muss sichergestellt werden, dass ein Körper- oder Erdschluss nicht zu unkontrollierten gefahrbringenden Betriebszuständen führt.

Hilfsstromkreise müssen im Allgemeinen gegen die Auswirkungen von Kurzschlüssen geschützt sein. Die KurzschlussSchutzeinrichtung muss jedoch entfallen, wenn durch das Unterbrechen des Hilfsstromkreises eine Gefahr entstehen kann. Die Leiter in den Hilfsstromkreisen müssen dann so angeordnet werden, dass unter bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen kein Kurzschluss zu erwarten ist (siehe 7.5.5.3).

7.5.5.3 Auswahl und Verlegung von nicht geschützten aktiven Leitern, um die Möglichkeit von Kurzschlüssen zu reduzieren

Aktive Leiter einer Schaltgerätekombination, die nicht durch Schutzeinrichtungen zum Schutz bei Kurzschluss geschützt sind (siehe 7.5.5.1.2 und 7.5.5.2), müssen in ihrem gesamten Verlauf in der Schaltgerätekombination so ausgewählt und verlegt sein, dass unter bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen zwischen den Außenleitern oder zwischen Außenleiter und Erde kein Kurzschluss zu erwarten ist. Beispiele für die Leiterarten und die Anforderungen an die Verlegung sind in [Tabelle 5](#) gegeben:

Tabelle 5 – Leiteraushwahl und Verlegebedingungen

Art des Leiters	Anforderungen
Blanke Leiter oder einadrige Leiter mit Basisisolierung, z. B. nach IEC 60227-3.	Gegenseitige Berührung oder Berührung mit leitfähigen Teilen muss verhindert sein, z. B. durch die Verwendung von Abstandhaltern.
Einadrige Leiter mit Basisisolierung und einer zulässigen Betriebstemperatur des Leiters von mindestens 90 °C, z. B. nach IEC 60245-3, oder wärmebeständige PVC-isolierte Leiter nach IEC 60227-3.	Gegenseitige Berührung oder Berührung mit leitfähigen Teilen ist ohne äußere Druckeinwirkung zulässig. Berührung mit scharfen Kanten ist zu verhindern. Es darf keine Gefahr der mechanischen Beschädigung bestehen. Diese Leiter dürfen nur so belastet werden, dass eine Temperatur von 80 % der zulässigen Betriebstemperatur des Leiters nicht überschritten wird.
Leiter mit Basisisolierung, z. B. nach IEC 60227-3, die eine zusätzliche zweite Isolierung haben, z. B. einzeln mit Isolierschlauch überzogen oder einzeln in Kunststoffrohren verlegt.	Keine zusätzlichen Anforderungen, wenn keine Gefahr einer mechanischen Beschädigung besteht.
Leiter, die mit einem Werkstoff von sehr hoher mechanischer Festigkeit isoliert sind, z. B. Ethylentetrafluorethylen- (ETFE-) Isolierung, oder doppelt isolierte Leiter mit einem verstärkten Außenmantel, bemessen für die Verwendung bis 3 kV, z. B. nach IEC 60502.	
Ein- oder mehradrige Kabel/Mantelleitungen, z. B. nach IEC 60245-4 oder IEC 60227-4.	
ANMERKUNG Blanke und isolierte Leiter, verlegt nach den Angaben dieser Tabelle und mit einer Kurzschlusschutteinrichtung auf der Lastseite, dürfen höchstens 3 m lang sein.	

7.6 Betriebsmittel für den Einbau in Schaltgerätekombinationen

7.6.1 Auswahl der Betriebsmittel

Die in Schaltgerätekombinationen eingebauten Betriebsmittel müssen den für sie geltenden IEC-Normen entsprechen.

Die Betriebsmittel müssen bezüglich der äußeren Bauform der Schaltgerätekombination (z. B. offen oder geschlossen), ihrer Bemessungsspannungen (Bemessungsisolationsspannung, Bemessungsstoßspannungsfestigkeit usw.), Bemessungsströme, Bemessungsfrequenz, Lebensdauer, Ein- und Ausschaltvermögen, Kurzschlussfestigkeit usw. für den betreffenden Anwendungsfall geeignet sein.

Wenn die Kurzschlussfestigkeit und/oder das Ausschaltvermögen der Betriebsmittel für die am Aufstellungs-ort zu erwartende Beanspruchung nicht ausreicht, müssen sie durch strombegrenzende Schutteinrichtungen, z. B. Sicherungen oder Leistungsschalter, geschützt werden. Bei der Auswahl von strombegrenzenden Schutteinrichtungen für eingebaute Schaltgeräte müssen die vom Hersteller des Gerätes vorgeschriebenen höchstzulässigen Werte berücksichtigt werden; dabei ist auf die Zuordnung (siehe 7.5.4) zu achten.

Die Zuordnung von Betriebsmitteln, z. B. Zuordnung von Motorstartern zu Kurzschlusschutteinrichtungen, muss den dafür gültigen IEC-Normen entsprechen.

Betriebsmittel in Stromkreisen, für die eine Bemessungsstoßspannungsfestigkeit vom Hersteller angegeben wird, dürfen keine höheren Schaltüberspannungen erzeugen als die Bemessungsstoßspannungsfestigkeit dieses Stromkreises, und sie dürfen keinen höheren Schaltüberspannungen ausgesetzt werden als die Bemessungsstoßspannungsfestigkeit dieses Stromkreises. Dies sollte bei der Auswahl der Betriebsmittel für die Verwendung in diesem Stromkreis berücksichtigt werden.

Beispiel:

Betriebsmittel mit einer Bemessungsstoßspannungsfestigkeit $U_{imp} = 4000 \text{ V}$, einer Bemessungsisolationsspannung $U_i = 250 \text{ V}$ und einem Höchstwert der Schaltüberspannung von 1200 V (bei einer Bemessungsbetriebsspannung von 230 V) dürfen verwendet werden in Stromkreisen mit Überspannungskategorie I, II, III oder sogar IV, wenn entsprechende Überspannungsschutzmaßnahmen vorgesehen sind.

ANMERKUNG Überspannungskategorien siehe 2.9.12 und Anhang G.

7.6.2 Einbau der Betriebsmittel

Die Betriebsmittel müssen nach den Angaben ihrer Hersteller eingebaut sein (Einbaulage und Einhaltung von Abständen, z. B. bezüglich Schaltlichtbogen, Abnehmen von Lichtbogenkammern).

7.6.2.1 Zugängigkeit

Geräte sowie auf der gleichen Tragkonstruktion (Einbauplatte, Einbaurahmen) befestigte Funktionseinheiten und Anschlüsse für von außen eingeführte Kabel/Leitungen müssen so angeordnet sein, dass sie für das Befestigen, den Anschluss der Leiter, die Wartung und für einen Austausch zugänglich sind. Insbesondere wird empfohlen, dass Anschlussklemmen wenigstens 0,2 m über der Standfläche einer auf dem Boden aufgestellten Schaltgerätekombination so angeordnet sind, dass Kabel und Leitungen leicht anzuschließen sind.

Betätigungs- und Rückstelleinrichtungen zum Einstellen oder Entsperren innerhalb der Schaltgerätekombination müssen zur Betätigung leicht zugänglich sein.

Im Allgemeinen sollten in auf dem Boden aufgestellten Schaltgerätekombinationen Anzeigegeräte, die vom Bedienenden abgelesen werden müssen, nicht höher als 2 m über der Standfläche der Schaltgerätekombination angeordnet sein. Bedienteile, z. B. Griffe, Drucktaster, sollten so angeordnet sein, dass sie leicht bedient werden können; d. h., im Allgemeinen sollte ihre Mittellinie nicht höher als 2 m über der Standfläche der Schaltgerätekombination liegen.

ANMERKUNG 1 Betätigungselemente für Not-AUS-Einrichtungen (siehe 537.4 von IEC 60364-5-537) sollten in einem Bereich von 0,8 m bis 1,6 m über der Standfläche zugänglich sein.

ANMERKUNG 2 Auf dem Boden aufgestellte oder an einer Wand befestigte Schaltgerätekombinationen sollten in einer Höhe zur Bedienebene angeordnet werden, dass die vorgenannten Anforderungen in Bezug auf die Zugängigkeit und die Höhen der Bedienteile eingehalten werden.

7.6.2.2 Beeinflussung

Betriebsmittel müssen in der Schaltgerätekombination so angeordnet und verdrahtet werden, dass ihre einwandfreie Funktion nicht durch Beeinflussung, z. B. Wärme, Lichtbögen, Erschütterungen, Magnetfelder, die im bestimmungsgemäßen Betrieb auftritt, beeinträchtigt wird. Bei Schaltgerätekombinationen mit elektronischen Betriebsmitteln kann eine besondere Trennung oder Abschirmung der Überwachungsstromkreise von den Leistungsstromkreisen erforderlich sein.

Bei Umhüllungen, in denen Sicherungen untergebracht sind, muss besonders auf die Wärmeentwicklung geachtet werden (siehe 7.3). Der Hersteller muss Typ und Bemessungswerte der verwendeten Sicherungseinsätze angeben.

7.6.2.3 Schutzabdeckungen

Schutzabdeckungen für handbetätigte Schaltgeräte müssen so angeordnet sein, dass Personen durch Schaltlichtbögen nicht gefährdet werden.

Zur Verminderung der Gefährdung beim Auswechseln von Sicherungseinsätzen müssen Trennwände zwischen den Phasen verwendet werden, soweit dies nicht aufgrund der Bauart und Anordnung der Sicherungen überflüssig ist.

7.6.2.4 Betriebsbedingungen am Einbauort

Die Betriebsmittel für Schaltgerätekombinationen werden nach den bestimmungsgemäßen Bedingungen für die Schaltgerätekombination nach 6.1 (siehe auch 7.6.2.2) ausgewählt.

Soweit erforderlich, müssen geeignete Vorkehrungen (Heizung, Belüftung) getroffen werden, damit die für die einwandfreie Funktion notwendigen Bedingungen eingehalten werden, z. B. die Mindesttemperatur für den einwandfreien Betrieb von Relais, Zählern, elektronischen Betriebsmitteln nach den für diese gültigen Bestimmungen.

7.6.2.5 Wärmeabfuhr

Schaltgerätekombinationen dürfen sowohl für natürliche Belüftung als auch für Zwangsbelüftung vorgesehen sein. Wenn am Einbauort Sondermaßnahmen für die einwandfreie Wärmeabfuhr notwendig sind, muss der Hersteller die erforderlichen Angaben machen (z. B. Einhaltung von Abständen gegenüber Teilen, die die Wärmeabfuhr behindern können oder selbst Wärme erzeugen).

7.6.3 Einsätze

Bei Einsätzen (siehe 2.2.5) lassen sich die Verbindungen der Hauptstromkreise (siehe 2.1.2) nur anschließen oder lösen, wenn die Schaltgerätekombination spannungslos ist. Das Herausnehmen und Befestigen dieser Einsätze ist im Allgemeinen nur mit Werkzeug möglich.

Zum Entfernen eines Einsatzes kann es notwendig sein, dass die gesamte Schaltgerätekombination oder ein Teil davon ausgeschaltet wird.

Zur Verhinderung unerlaubter Betätigung darf das Schaltgerät mit Vorkehrungen versehen sein, um es in einer oder in mehreren seiner Stellungen zu sichern.

ANMERKUNG Wenn in Ausnahmefällen Arbeiten an spannungsführenden Teilen zulässig sind, sind die entsprechenden Sicherheitsmaßnahmen zu beachten.

7.6.4 Herausnehmbare Teile und Einschübe

7.6.4.1 Aufbau

Herausnehmbare Teile und Einschübe müssen so gebaut sein, dass die eingebauten elektrischen Betriebsmittel sicher vom Hauptstromkreis getrennt oder mit ihm verbunden werden können, während dieser unter Spannung steht. Herausnehmbare Teile und Einschübe dürfen mit einer Codiereinrichtung ausgerüstet werden (siehe 2.4.17). Die Mindestwerte für Kriechstrecken und Luftstrecken (siehe 7.1.2.1) müssen sowohl in den verschiedenen Stellungen als auch während des Übergangs von einer Stellung in eine andere eingehalten werden.

ANMERKUNG In bestimmten Fällen ist sicherzustellen, dass diese Vorgänge nicht unter Last vorgenommen werden.

Herausnehmbare Teile müssen eine Betriebsstellung (siehe 2.2.8) und eine Absetzstellung (siehe 2.2.11) haben.

Einschübe müssen zusätzlich eine Trennstellung (siehe 2.2.10) haben; sie dürfen eine Prüfstellung (siehe 2.2.9) haben oder dürfen in einen Prüfzustand (siehe 2.1.9) versetzt werden können. Sie müssen in diesen Stellungen eindeutig fixiert werden. Diese Stellungen müssen eindeutig erkennbar sein.

Für die elektrischen Zustände in den verschiedenen Stellungen von Einschüben gilt [Tabelle 6](#).

7.6.4.2 Verriegeln und Verschließen von Einschüben

Soweit keine anderen Angaben vorliegen, muss bei Einschüben eine Einrichtung sicherstellen, dass sie nur herausgezogen und/oder wieder eingeschoben werden können, wenn ihre Hauptstromkreise unterbrochen sind.

Zur Verhinderung unerlaubter Betätigung dürfen Einschübe mit Vorkehrungen versehen sein, um sie in einer oder in mehreren ihrer Stellungen zu sichern (siehe 7.1.1).

7.6.4.3 Schutzart

Die Schutzart (siehe 7.2.1) für Schaltgerätekombinationen mit herausnehmbaren Teilen und/oder Einschüben gilt üblicherweise für den Fall, dass diese in der Betriebsstellung sind (siehe 2.2.8). Der Hersteller muss die Schutzart in anderen Stellungen und während des Übergangs von einer Stellung zur anderen angeben.

Schaltgerätekombinationen mit Einschüben dürfen auch so aufgebaut sein, dass die Schutzart, die in der Betriebsstellung gilt, auch in der Prüfstellung, Trennstellung und während des Übergangs von einer in die andere Stellung eingehalten wird.

Falls nach Herausnehmen eines herausnehmbaren Teiles und/oder Einschubes die ursprüngliche Schutzart nicht aufrechterhalten wird, müssen Maßnahmen vereinbart werden, um einen ausreichenden Schutz zu erreichen. Entsprechende Angaben im Katalog des Herstellers dürfen anstelle einer Vereinbarung treten.

7.6.4.4 Verbindung der Hilfsstromkreise

Hilfsstromkreise dürfen so aufgebaut werden, dass sie mit oder ohne Werkzeug geöffnet werden können.

Bei Einschüben müssen die Verbindungen der Hilfsstromkreise vorzugsweise ohne Werkzeug lösbar sein.

7.6.5 Kennzeichnung

7.6.5.1 Kennzeichnung der Leiter in Haupt- und Hilfsstromkreisen

Mit Ausnahme der in 7.6.5.2 erwähnten Fälle unterliegen Art und Umfang der Kennzeichnung der Leiter an Anschlussstellen (Klemmen), an die diese Leiter angeschlossen sind oder an den Leitungsenden selbst, z. B. durch Anordnung, Farben oder Symbole (Bildzeichen), der Verantwortung des Herstellers und müssen mit den Angaben in Schaltplänen und Zeichnungen übereinstimmen. Soweit möglich, muss eine Kennzeichnung nach IEC 60445 und IEC 60446 angewendet werden.

Tabelle 6 – Elektrischer Zustand in den verschiedenen Stellungen von Einschüben

Stromkreis	Art der Verbindung	Stellung			
		Betriebsstellung (siehe 2.2.8)	Prüfzu- stand/Stellung (siehe 2.1.9, 2.2.9)	Trennstellung (siehe 2.2.10)	Absetzstellung (siehe 2.2.11)
Einspeisung Hauptstromkreis	Einspeise- Steckverbindung oder andere Anschlussart			○	○
Abgang Hauptstromkreis	Abgangs- Steckverbindung oder andere Anschlussart		oder ¹⁾	oder ○ ¹⁾	○
Hilfsstromkreis	Steckverbindung oder ähnliche Anschlussart			○	○
Zustand der Stromkreise in den Einschüben		unter Spannung	unter Spannung, Hilfsstromkreise für Funktionsprüfung bereit	spannungslos, falls keine Rückspannung anliegt	○
Zustand der Abgangsklemmen von Hauptstromkreisen der Schaltgerätekombination		unter Spannung	unter Spannung oder nicht durch Trennstrecke unterbrochen ²⁾	spannungslos, falls keine Rückspannung anliegt	spannungslos, falls keine Rückspannung anliegt
		Anforderungen nach 7.4.4 müssen erfüllt sein.			

Für die durchgehende Schutzleiterverbindung gilt 7.4.3.1.5 b); sie muss bis zum Erreichen der Trennstrecke aufrechterhalten werden.

1) Hängt von der Bauart ab.

2) Hängt davon ab, ob die Klemmen von anderen Stromquellen, z. B. Notstromsystem, versorgt werden.

| = verbunden

○ = getrennt (Trennstrecke erreicht)


|/ = geöffnet, ohne dass die Anforderungen an eine Trennstrecke erfüllt sein müssen

7.6.5.2 Kennzeichnung des Schutzleiters (PE, PEN) und des Neutraleiters (N) in Hauptstromkreisen

Der Schutzleiter muss durch Form, Anordnung, Kennzeichnung oder Farbe leicht erkennbar sein. Wenn eine Farbkennzeichnung verwendet wird, muss sie grün-gelb (zweifarbige) sein. Wird als Schutzleiter eine isolierte einadrige Leitung verwendet, muss sich diese Farbkennzeichnung möglichst über die ganze Länge erstrecken.

ANMERKUNG Die Farbkennzeichnung grün-gelb ist ausschließlich dem Schutzleiter vorbehalten.

Jeder Neutraleiter in Hauptstromkreisen sollte durch Form, Anordnung, Kennzeichnung oder Farbe leicht erkennbar sein. Bei Farbkennzeichnung wird hellblau empfohlen.

Anschlüsse für von außen herangeführte Schutzleiter müssen nach IEC 60445 gekennzeichnet werden. Ein Beispiel ist das Symbol  Reg. Nr. 5019 nach IEC 60417. Dieses Bildzeichen darf entfallen, wenn der von außen herangeführte Schutzleiter für den Anschluss an einem innenliegenden Schutzleiter vorgesehen ist, der grün-gelb gekennzeichnet ist.

7.6.5.3 Betätigungssinn und Anzeige von Bedienstellungen

Die Bedienstellungen der Betriebsmittel und Geräte sollen eindeutig gekennzeichnet sein. Wenn der Betätigungssinn nicht mit IEC 60447 übereinstimmt, muss der Betätigungssinn eindeutig gekennzeichnet sein.

7.6.5.4 Leuchtmelder und Drucktaster

Für die Farben von Leuchtmeldern und Drucktaster gilt IEC 60073.

7.7 Innere Unterteilung von Schaltgerätekombinationen durch Schutzabdeckungen oder Trennwände

Eine oder mehrere der nachstehenden Bedingungen können durch innere Unterteilung von Schaltgerätekombinationen durch Trennwände oder Schutzabdeckungen (aus Metall oder nicht aus Metall) in getrennte Abteile oder umhüllte geschützte Räume erreicht werden:

- Schutz gegen Berühren gefährlicher Teile in den benachbarten Funktionseinheiten. Die Schutzart muss wenigstens IPXXB sein;
- Schutz gegen das Eindringen fester Fremdkörper aus einer Funktionseinheit der Schaltgerätekombination in eine benachbarte. Die Schutzart muss wenigstens IP2X sein.

ANMERKUNG Die Schutzart IP2X deckt auch Schutzart IPXXB ab.

Übliche Formen der inneren Unterteilung durch Schutzabdeckungen oder Trennwände sind (Beispiele siehe [Anhang D](#)):

Tabelle 6A – Formen der inneren Unterteilung

Hauptmerkmal	Weitere Merkmale	Form
Keine innere Unterteilung		Form 1
Innere Unterteilung zwischen Sammelschienen und Funktionseinheiten	Anschlüsse für von außen herangeführte Leiter nicht von den Sammelschienen unterteilt	Form 2a
	Anschlüsse für von außen herangeführte Leiter von den Sammelschienen unterteilt	Form 2b
Innere Unterteilung zwischen Sammelschienen und Funktionseinheiten und Funktionseinheiten untereinander. Unterteilung der Anschlüsse für von außen herangeführte Leiter von den Funktionseinheiten, aber nicht von denen anderer Funktionseinheiten	Anschlüsse für von außen herangeführte Leiter nicht von den Sammelschienen unterteilt	Form 3a
	Anschlüsse für von außen herangeführte Leiter von den Sammelschienen unterteilt	Form 3b
Innere Unterteilung zwischen Sammelschienen und allen Funktionseinheiten und zwischen allen Funktionseinheiten untereinander. Innere Unterteilung der zu einer Funktionseinheit gehörenden Anschlüsse für von außen herangeführte Leiter von denen aller anderen Funktionseinheiten und von den Sammelschienen	Anschlüsse für von außen herangeführte Leiter im gleichen Abteil wie die zugeordnete Funktionseinheit	Form 4a
	Anschlüsse für von außen herangeführte Leiter, die nicht im gleichen Abteil sind wie die zugeordnete Funktionseinheit, sondern in einem gesonderten, eigenen, durch Umhüllung geschützten Raum oder Abteil angeordnet sind.	Form 4b

Die Form der inneren Unterteilung und höhere Schutzarten müssen zwischen Hersteller und Anwender vereinbart werden.

Bezüglich der Widerstandsfähigkeit und Beständigkeit der Schutzabdeckungen und Trennwände siehe [7.4.2.2.2](#).

Bezüglich der Zugängigkeit für Wartungsarbeiten bei getrennten Funktionseinheiten siehe [7.4.6.2](#).

Bezüglich der Zugängigkeit bei Erweiterungsarbeiten unter Spannung siehe [7.4.6.3](#).

7.8 Elektrische Verbindungen innerhalb einer Schaltgerätekombination: blanke und isolierte Leiter

7.8.1 Allgemeines

Die Verbindungen stromführender Teile dürfen sich unter der betriebsmäßigen Erwärmung, Alterung der Isolierstoffe und der im bestimmungsgemäßen Betrieb auftretenden Erschütterungen nicht unzulässig verändern. Besonders sind der Einfluss der Wärmedehnung, der Einfluss der elektrolytischen Wirkungen bei unterschiedlichen Metallen und die Beständigkeit der Werkstoffe bei den auftretenden Temperaturen zu berücksichtigen.

Die Verbindungen zwischen stromführenden Teilen müssen einen ausreichenden und dauerhaften Kontaktdruck sicherstellen.

7.8.2 Abmessungen und Bemessung von blanken und isolierten Leitern

Die Querschnittswahl für Leiter innerhalb der Schaltgerätekombination unterliegt der Verantwortung des Herstellers. Außer von der Strombelastbarkeit hängt sie auch von den mechanischen Beanspruchungen, denen die Schaltgerätekombination unterliegt, von der Verlegungsart, von der Art der Isolierung und gegebenenfalls von der Art der angeschlossenen Betriebsmittel (z. B. elektronische Bauteile) ab.

7.8.3 Verdrahtung (siehe auch 7.8.2)

7.8.3.1 Die isolierten Leiter müssen wenigstens für die Bemessungsisolationsspannung (siehe 4.1.2) des betreffenden Stromkreises bemessen sein.

7.8.3.2 Kabel und Leitungen dürfen zwischen zwei Klemmen keine Flickstelle oder Lötstelle haben.

7.8.3.3 Isolierte Leiter dürfen nicht an blanken aktiven Teilen anderen Potentials oder scharfen Kanten anliegen; sie müssen in geeigneter Weise befestigt sein.

7.8.3.4 Zuleitungen zu Geräten und Messgeräten in Verkleidungen oder Türen müssen so angebracht sein, dass sie beim Bewegen der Verkleidungen oder Türen mechanisch nicht beschädigt werden.

7.8.3.5 Lötverbindungen an Geräten sind in Schaltgerätekombinationen nur zulässig, wenn diese Geräte Lötfähnen besitzen.

Wenn derartige Betriebsmittel im bestimmungsgemäßen Betrieb starken Erschütterungen ausgesetzt sind, müssen diese Leitungen in kurzem Abstand von der Lötstelle zusätzlich mechanisch befestigt werden.

7.8.3.6 Wenn im bestimmungsgemäßen Betrieb starke Erschütterungen, z. B. beim Betrieb von Baggern und Kranen, auf Schiffen, bei Hebezeugen, auf Lokomotiven, auftreten, sollte auf die Halterung der Leiter geachtet werden. Außer an Geräten nach 7.8.3.5 sind gelötete Kabelschuhe oder verlötete Enden von mehrdrähtigen Leitern für den Einsatz unter starken Erschütterungen nicht zulässig.

7.8.3.7 Im Allgemeinen sollte an einer Klemme nur ein Leiter angeschlossen werden; das Anschließen von zwei oder mehr Leitern ist nur zulässig, wenn die Klemmen für diesen Zweck vorgesehen sind.

7.9 Anforderungen an die Energieversorgung für elektronische Betriebsmittel

Soweit in den einschlägigen IEC-Normen für elektronische Betriebsmittel keine anderen Angaben gemacht werden, gelten folgende Anforderungen:

7.9.1 Spannungsbereich ¹⁾

- 1) Der Spannungsbereich bei Einspeisung durch Batterien beträgt $\pm 15\%$ der Bemessungsspeisungsspannung.
ANMERKUNG Dieser Bereich schließt die zusätzliche Spannungserhöhung beim Laden von Batterien nicht ein.
- 2) Spannungsbereich der Speisegleichspannung, die durch Gleichrichtung aus einer Versorgungswechselspannung erzeugt wird (siehe Punkt 3)).
- 3) Der Spannungsbereich von Wechselspannungsquellen ist gleich der Bemessungseingangsspannung $\pm 10\%$.
- 4) Falls ein größerer Toleranzbereich notwendig ist, muss er zwischen Hersteller und Anwender vereinbart werden.

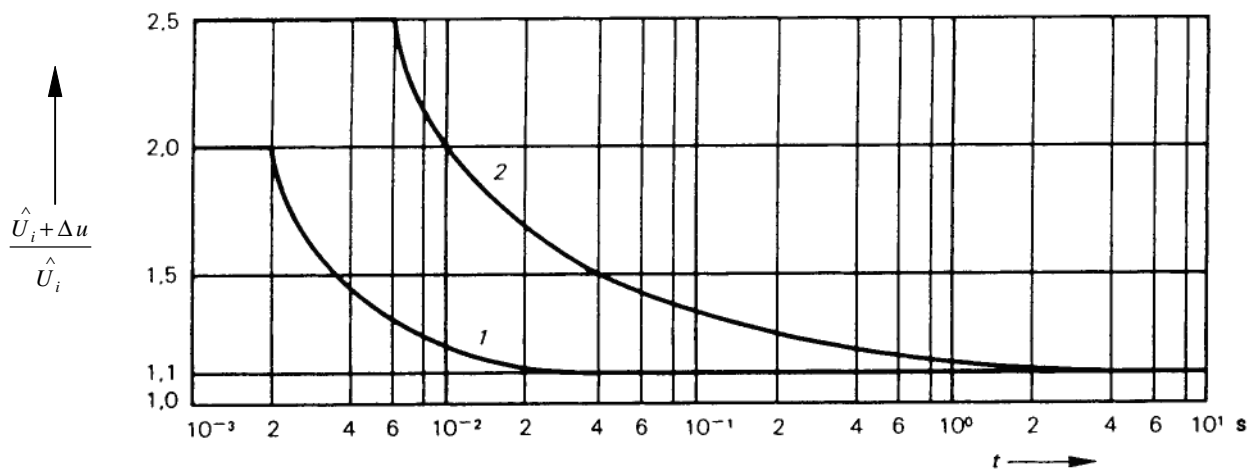
7.9.2 Überspannungen ¹⁾

Für Überspannungen in der Stromversorgung gilt Bild 1. Dieses Bild gilt für nichtperiodische Überspannungen als Abweichung vom Scheitelwert der Bemessungsspannung des Netzes im Kurzzeitbereich. Schaltgerätekombinationen müssen so gebaut sein, dass ihre Funktionsfähigkeit bei Überspannungen unterhalb der Werte der Kurve 1 sichergestellt ist.

Bei Überspannungen im Bereich zwischen den Kurven 1 und 2 darf der Betrieb der Schaltgerätekombination durch Ansprechen von Überspannungsschutzeinrichtungen nicht unterbrochen werden; dabei darf keine Beschädigung der Schaltgerätekombination auftreten, wenn der Scheitelwert $2 U_i + 1000 \text{ V}$ nicht überschreitet.

ANMERKUNG 1 Werte für Zeiten unter 1 ms sind in Vorbereitung.

ANMERKUNG 2 Es wird vorausgesetzt, dass höhere Überspannungen, als in den vorhergehenden Abschnitten angegeben, durch entsprechende Maßnahmen begrenzt werden.



\hat{U}_i Scheitelwert der Bemessungsisolationsspannung

Δu Überlagerte nichtperiodische Spannungsspitze

t Zeit

Bild 1 – Verhältnis $\frac{\hat{U}_i + \Delta u}{\hat{U}_i}$ in Abhängigkeit von der Zeit

¹⁾ In Übereinstimmung mit IEC 60146-2.

7.9.3 Kurvenform ¹⁾

Für Eingangswchselspannungen zur Speisung von Schaltgerätekombinationen mit elektronischen Betriebsmitteln ist der Oberschwingungsgehalt wie folgt begrenzt:

- 1) Der Oberschwingungsgehalt darf 10 % nicht überschreiten, d. h., der Grundschwingungsgehalt ist $\geq 99,5 \%$.
- 2) Grenzwerte für die einzelnen Oberschwingungen sind in Bild 2 angegeben.

ANMERKUNG 1 Es wird vorausgesetzt, dass die Baugruppe noch nicht angeschlossen ist und dass der Innenwiderstand der Stromquelle zwischen Hersteller und Anwender festgelegt wird, wenn dieser einen nennenswerten Wert hat.

ANMERKUNG 2 Die gleichen Werte gelten für elektronische Steuerungs- und Überwachungskreise.

- 3) Der größte periodische Augenblickswert der Versorgungswechselspannung liegt höchstens 20 % über dem jeweiligen Scheitelwert der Grundschwingung.

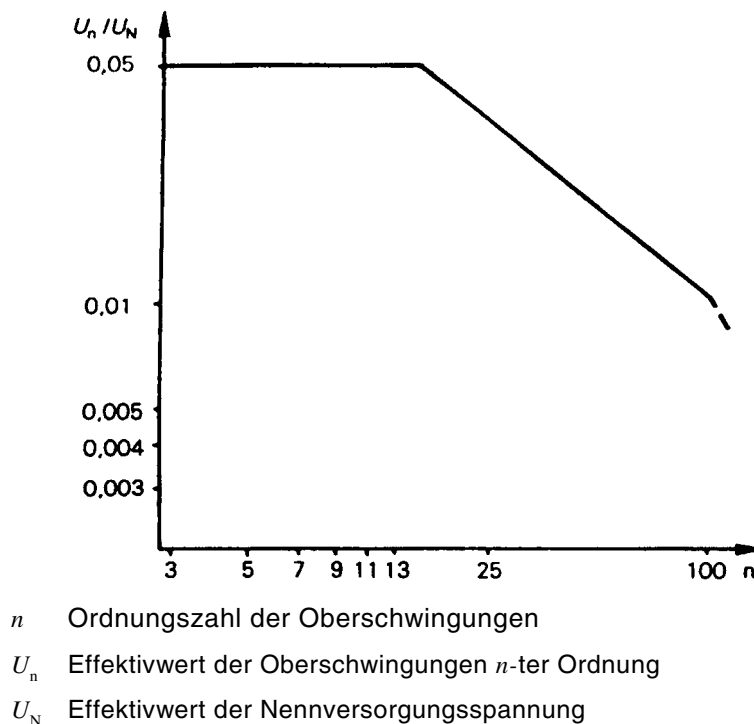


Bild 2 – Grenzwerte der Oberschwingungen der Nennversorgungsspannung

7.9.4 Vorübergehende Abweichungen der Spannung und der Frequenz

Die Betriebsmittel müssen ohne Beschädigung funktionieren, wenn vorübergehende Abweichungen unter folgenden Bedingungen auftreten:

- a) Spannungsabsenkungen um höchstens 15 % der Bemessungsspannung bis höchstens 0,5 s.
- b) Die Frequenz der Stromversorgung darf höchstens $\pm 1 \%$ von der Bemessungsfrequenz abweichen. Eine größere Toleranz muss zwischen Hersteller und Anwender vereinbart werden.
- c) Der Hersteller muss angeben, wie lange die Versorgungsspannung für ein Betriebsmittel unterbrochen sein darf.

¹⁾ In Übereinstimmung mit IEC 60146-2.

7.10 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

7.10.1 Allgemeines

Für die Mehrzahl der Anwendungen von Schaltgerätekombinationen, die unter den Anwendungsbereich dieser Norm fallen, werden zwei Bereiche von Umgebungsbedingungen betrachtet:

- a) Umgebung A;
- b) Umgebung B.

Umgebung A: bezieht sich auf nichtöffentliche oder industrielle Niederspannungsnetze/Bereiche/Einrichtungen einschließlich starker Störquellen.

ANMERKUNG 1 Die Umgebung A entspricht der Klasse A für Geräte in CISPR 11 und in IEC 61000-6-4.

ANMERKUNG 2 Industrielle Bereiche werden durch eine oder mehrere der folgenden Bedingungen charakterisiert:

- industrielle, wissenschaftliche oder medizinische Geräte, z. B. Werkzeugmaschinen, sind vorhanden;
- große induktive oder kapazitive Lasten werden häufig geschaltet;
- Ströme und die damit verbundenen Magnetfelder sind groß.

Umgebung B: bezieht sich auf öffentliche Niederspannungsnetze wie z. B. für die Bereiche Wohnen, Gewerbe und Leichtindustrie. Starke Störquellen, wie Lichtbogenschweißeinrichtungen, werden durch diese Umgebung nicht abgedeckt.

ANMERKUNG 3 Die Umgebung B entspricht der Klasse B für Geräte in CISPR 11 und in IEC 61000-6-3.

ANMERKUNG 4 Die folgende (nicht vollständige) Liste gibt Hinweise für Bereiche, die eingeschlossen sind:

- Wohneigentum, z. B. Häuser, Wohnungen;
- Einzelhandelsverkaufsstellen, z. B. Läden, Supermärkte;
- Geschäftsräume, z. B. Büros, Banken;
- öffentliche Vergnügungstätten, z. B. Kinos, Schankräume, Tanzlokale;
- Freiluftbereiche, z. B. Tankstellen, Parkplätze, Sportcenter;
- Bereiche mit Leichtindustrie, z. B. Werkstätten, Laboratorien, Servicecenter.

Der Hersteller der Schaltgerätekombination muss angeben, für welche Umgebung (A und/oder B) die Schaltgerätekombination geeignet ist.

7.10.2 Prüfanforderungen

Schaltgerätekombinationen werden in den meisten Fällen als Einzelanfertigung hergestellt oder zusammengebaut und beinhalten eine mehr oder weniger zufällige Kombination von Betriebsmitteln.

An fertigen Schaltgerätekombinationen brauchen keine Prüfungen der EMV-Störfestigkeit und -Störaussendung vorgenommen zu werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- a) Die eingebauten Betriebsmittel erfüllen die EMV-Anforderungen für die angegebene Umgebung (siehe 7.10.1), wie sie in den zutreffenden EMV-Produkt- oder Fachgrundnormen gefordert sind.
- b) Der interne Einbau und die Verdrahtung sind nach den Angaben der Hersteller der Betriebsmittel ausgeführt (Anordnung bezüglich gegenseitiger Beeinflussung, abgeschirmter Kabel, Erdung usw.).

In allen anderen Fällen sind die EMV-Anforderungen durch Prüfungen nachzuweisen wie in [H.8.2.8](#) beschrieben.

7.10.3 Störfestigkeit

7.10.3.1 Schaltgerätekombinationen ohne eingebaute elektronische Schaltungen

Unter üblichen Betriebsbedingungen sind Schaltgerätekombinationen, die keine elektronischen Schaltungen enthalten, nicht empfindlich gegen elektromagnetische Störungen, so dass keine Störfestigkeitsprüfungen erforderlich sind.

7.10.3.2 Schaltgerätekombinationen mit eingebauten elektronischen Schaltungen

Elektronische Betriebsmittel, die in Schaltgerätekombinationen eingebaut werden, müssen die Störfestigkeitsanforderungen der zutreffenden Produktnorm oder der EMV-Fachgrundnorm erfüllen und für die EMV-Umgebung geeignet sein, die der Hersteller der Schaltgerätekombination angibt.

In allen anderen Fällen sind die EMV-Anforderungen durch Prüfungen nachzuweisen wie in [H.8.2.8](#) beschrieben.

ANMERKUNG Betriebsmittel, die elektronische Schaltungen verwenden, in denen alle Bauelemente passiv sind (z. B. Dioden, Widerstände, Varistoren, Kondensatoren, Überspannungsableiter, Drosseln) brauchen nicht geprüft werden.

Der Geräte- und/oder Bauelementehersteller muss, basierend auf den Anerkennungskriterien, die in der zutreffenden Produktnorm gegeben werden, die spezifischen Leistungskriterien für seine Produkte angeben.

7.10.4 Störaussendung

7.10.4.1 Schaltgerätekombinationen ohne eingebaute elektronische Schaltungen

Bei Schaltgerätekombinationen, die keine elektronischen Schaltungen enthalten, können elektromagnetische Störungen nur bei gelegentlichen Schaltvorgängen von Betriebsmitteln erzeugt werden. Die Dauer der Störungen liegt im ms-Bereich. Die Frequenz, Höhe und Auswirkung dieser Störaussendungen sind als Teil der üblichen elektromagnetischen Umgebung von Niederspannungsanlagen anzusehen. Die Anforderungen für die elektromagnetische Störaussendung gelten als erfüllt. Nachweise sind nicht erforderlich.

7.10.4.2 Schaltgerätekombinationen mit eingebauten elektronischen Schaltungen

Elektronische Betriebsmittel, die in Schaltgerätekombinationen eingebaut werden, müssen die Störaussendungsanforderungen der zutreffenden Produktnorm oder der EMV-Fachgrundnorm erfüllen und für die EMV-Umgebung geeignet sein, die der Hersteller der Schaltgerätekombination angibt.

7.10.4.2.1 Frequenzen von 9 kHz oder höher

Schaltgerätekombinationen, welche elektronische Schaltungen enthalten (wie Schaltnetzteile und Schaltungen, die Mikroprozessoren mit Hochfrequenztakt enthalten), können ständige elektromagnetische Störungen erzeugen. Derartige Störaussendungen dürfen die in der betreffenden Produktnorm festgelegten Grenzwerte nicht überschreiten oder müssen den Werten in [Tabelle H.1](#) für Umgebung A und/oder [Tabelle H.2](#) für Umgebung B entsprechen. Diese Prüfungen sind nur erforderlich, wenn die Hauptstromkreise und/oder die Hilfsstromkreise Betriebsmittel enthalten, die nicht entsprechend der zutreffenden Produktnorm geprüft worden sind und Grundschriftfrequenzen gleich oder größer 9 kHz haben.

Prüfungen müssen, soweit vorhanden, entsprechend der zutreffenden Produktnorm durchgeführt werden, anderenfalls entsprechend [H.8.2.8](#).

7.10.4.2.2 Frequenzen niedriger als 9 kHz

Schaltgerätekombinationen, die elektronische Schaltungen enthalten, die im speisenden Netz niederfrequente Oberschwingungen erzeugen, müssen, soweit zutreffend, den Anforderungen von IEC 61000-3-2 genügen.

7.11 Bezeichnung der Art der elektrischen Verbindung der Funktionseinheiten

Die Art der elektrischen Verbindungen der Funktionseinheiten innerhalb der Schaltgerätekombination oder von Teilen der Schaltgerätekombination kann durch einen Drei-Buchstaben-Code bezeichnet werden:

- Der erste Buchstabe bezeichnet die Art der elektrischen Verbindung der Einspeisung des Hauptstromkreises;
- Der zweite Buchstabe bezeichnet die Art der elektrischen Verbindung des Abganges des Hauptstromkreises;
- Der dritte Buchstabe bezeichnet die Art der elektrischen Verbindung der Hilfsstromkreise.

Folgende Buchstaben müssen verwendet werden:

- F für feste Verbindungen (siehe 2.2.12.1);
- D für lösbare Verbindungen (siehe 2.2.12.2);
- W für geführte Verbindungen (siehe 2.2.12.3).

8 Prüfungen

8.1 Einteilung der Prüfungen

Die Prüfungen zum Nachweis der Kenndaten einer Schaltgerätekombination umfassen:

- Typprüfungen (siehe 8.1.1 und 8.2);
- Stückprüfungen (siehe 8.1.2 und 8.3).

Auf Anforderung muss der Hersteller angeben, wie die Nachweise erbracht werden.

ANMERKUNG Nachweise und durchzuführende Prüfungen für TSK und PTSK sind in [Tabelle 7](#) gegeben.

8.1.1 Typprüfungen (siehe 8.2)

Die Typprüfungen dienen zum Nachweis der Einhaltung der Anforderungen, die in dieser Norm für Schaltgerätekombinationen festgelegt sind.

Die Typprüfungen werden an einem Muster einer Schaltgerätekombination oder an solchen Teilen von Schaltgerätekombinationen durchgeführt, die in gleicher oder ähnlicher Bauart hergestellt werden.

Die Prüfungen müssen vom Hersteller durchgeführt bzw. veranlasst werden.

Typprüfungen umfassen:

- a) Nachweis der Einhaltung der Grenzübertemperaturen (siehe 8.2.1);
- b) Nachweis der Isolationseigenschaft (siehe 8.2.2);
- c) Nachweis der Kurzschlussfestigkeit (siehe 8.2.3);
- d) Nachweis der Wirksamkeit des Schutzleiterkreises (siehe 8.2.4);
- e) Nachweis der Kriechstrecken und Luftstrecken (siehe 8.2.5);
- f) Nachweis der mechanischen Funktion (siehe 8.2.6);
- g) Nachweis der IP-Schutzart (siehe 8.2.7);
- h) EMV-Prüfungen (siehe 7.10 und, wenn zutreffend, [Anhang H](#)).

Diese Prüfungen dürfen in beliebiger Reihenfolge und/oder an verschiedenen Prüflingen des gleichen Typs durchgeführt werden.

Falls Bauteile einer Schaltgerätekombination konstruktiv geändert werden, brauchen neue Typprüfungen nur in dem Umfang durchgeführt zu werden, in dem die Änderungen die Ergebnisse dieser Typprüfungen ungünstig beeinflussen können.

8.1.2 Stückprüfungen (siehe 8.3)

Bei Stückprüfungen sollen etwaige Werkstoff- und Fertigungsfehler festgestellt werden. Stückprüfungen sind an jeder neuen Schaltgerätekombination nach dem Zusammenbau oder an jeder Transporteinheit durchzuführen. Eine erneute Stückprüfung am Aufstellungsort wird nicht gefordert.

Schaltgerätekombinationen, die aus typisierten Bauteilen außerhalb des Herstellerwerkes dieser Bauteile unter ausschließlicher Verwendung von Teilen und Zubehör, das vom Hersteller vorgeschrieben oder für diesen Zweck beigestellt wird, zusammengebaut werden, müssen durch denjenigen stückgeprüft werden, der den Zusammenbau der Schaltgerätekombination vorgenommen hat.

Stückprüfungen umfassen:

- a) Durchsicht der Schaltgerätekombination einschließlich der Verdrahtung und gegebenenfalls elektrische Funktionsprüfung (siehe 8.3.1);
- b) Isolationsprüfung (siehe 8.3.2);
- c) Kontrolle der Schutzmaßnahmen und der durchgehenden Verbindung der Schutzleiter (siehe 8.3.3).

Diese Prüfungen dürfen in beliebiger Reihenfolge durchgeführt werden.

ANMERKUNG Die Durchführung der Stückprüfungen im Herstellerwerk befreit den Errichter der Schaltgerätekombination nicht von der Verpflichtung zu einer Überprüfung der Schaltgerätekombination nach dem Transport und nach dem Errichten.

8.1.3 Prüfung von Geräten und selbständigen Baugruppen, die in der Schaltgerätekombination eingebaut sind

Weder bei der Typprüfung noch bei der Stückprüfung wird eine besondere Prüfung der eingebauten Geräte oder selbständiger Baugruppen, die in der Schaltgerätekombination enthalten sind, verlangt, wenn diese nach 7.6.1 ausgewählt und nach den Angaben des Herstellers eingebaut sind.

8.2 Typprüfungen

8.2.1 Nachweis der Einhaltung der Grenzübertemperaturen

8.2.1.1 Allgemeines

Mit der Erwärmungsprüfung soll nachgewiesen werden, dass die in 7.3 für die verschiedenen Teile der Schaltgerätekombination angegebenen Werte der Grenzübertemperatur nicht überschritten werden.

Die Prüfung muss im Allgemeinen mit eingebauten Geräten bei Belastung mit Bemessungsstrom nach 8.2.1.3 durchgeführt werden.

Die Prüfung darf mit Heizwiderständen gleicher Verlustwärme nach 8.2.1.4 durchgeführt werden.

Es ist zulässig, dass Einzelteile von Schaltgerätekombinationen (Tafeln, Kästen, Umhüllungen usw.) geprüft werden (siehe 8.2.1.2), wenn durch entsprechende Maßnahmen sichergestellt ist, dass diese Prüfung repräsentativ ist.

Erwärmungsprüfungen an Hauptstromkreisen, bemessen für Ströme über 800 A, die mit 50 Hz durchgeführt wurden, bleiben gültig für 60 Hz, wenn der Bemessungsstrom auf 95 % reduziert wird. Für Bemessungsströme bis einschließlich 800 A sind Prüfungen, welche bei 50 Hz durchgeführt wurden, üblicherweise auch gültig für 60 Hz.

Die Erwärmungsprüfung an einzelnen Stromkreisen muss mit der Stromart, für die sie vorgesehen sind, und mit der vorgesehenen Frequenz durchgeführt werden. Die bei der Prüfung angelegten Spannungen müssen so gewählt werden, dass in den Stromkreisen der in 8.2.1.3 festgelegte Strom fließt. Spulen von Relais, Schützen, Auslösern usw. müssen mit Bemessungsspannung versorgt werden.

Bei offenen Schaltgerätekombinationen braucht die Erwärmungsprüfung nicht durchgeführt zu werden, wenn aus den Typprüfungen der einzelnen Teile oder aus dem Leiterquerschnitt und aus der Anordnung der Geräte offensichtlich ist, dass keine unzulässigen Übertemperaturen auftreten und dass keine schädlichen Rückwirkungen auf Betriebsmittel, die mit der Schaltgerätekombination verbunden sind, und auf benachbarte Isolierteile auftreten.

Tabelle 7 – Zusammenstellung der Nachweise und Prüfungen von TSK und PTSK

Lfd. Nr.	Zu prüfende Anforderungen	Abschnitt	TSK	PTSK
1	Grenzüber Temperatur	8.2.1	Nachweis der Einhaltung der Grenzüber Temperatur durch Prüfung (Typprüfung)	Nachweis der Einhaltung der Grenzüber Temperatur durch Prüfung oder Extrapolation
2	Isolationseigenschaften	8.2.2	Nachweis der Isolationseigenschaften durch Prüfung (Typprüfung)	Nachweis der Isolationseigenschaften durch Prüfung nach 8.2.2 oder 8.3.2 oder Nachweis des Isolationswiderstandes nach 8.3.4 (siehe lfd. Nr. 9 und Nr. 11)
3	Kurzschlussfestigkeit	8.2.3	Nachweis der Kurzschlussfestigkeit durch Prüfung (Typprüfung)	Nachweis der Kurzschlussfestigkeit durch Prüfung oder Extrapolation von ähnlichen typgeprüften Anordnungen
4	Wirksamkeit des Schutzleiterkreises Einwandfreie Verbindung zwischen Körpern der Schaltgerätekombination und Schutzleiterkreis Kurzschlussfestigkeit des Schutzleiterkreises	8.2.4 8.2.4.1 8.2.4.2	 Nachweis der einwandfreien Verbindung zwischen Körpern der Schaltgerätekombination und Schutzleiterkreis (Typprüfung) Nachweis der Kurzschlussfestigkeit des Schutzleiterkreises durch Prüfung (Typprüfung)	 Nachweis der einwandfreien Verbindung zwischen Körpern der Schaltgerätekombination und Schutzleiterkreis Nachweis der Kurzschlussfestigkeit des Schutzleiterkreises durch Prüfung oder entsprechende Ausführung und Anordnung des Schutzleiters (siehe 7.4.3.1.1, letzter Absatz)
5	Kriechstrecken und Luftstrecken	8.2.5	Nachweis der Kriechstrecken und Luftstrecken (Typprüfung)	Nachweis der Kriechstrecken und Luftstrecken
6	Mechanische Funktion	8.2.6	Nachweis der mechanischen Funktion (Typprüfung)	Nachweis der mechanischen Funktion
7	IP-Schutzart	8.2.7	Nachweis der IP-Schutzart (Typprüfung)	Nachweis der IP-Schutzart
8	Verdrahtung, elektrische Funktion	8.3.1	Besichtigen der Schaltgerätekombination einschließlich der Verdrahtung und ggf. elektrische Funktionsprüfung (Stückprüfung)	Besichtigen der Schaltgerätekombination einschließlich der Verdrahtung und ggf. elektrische Funktionsprüfung
9	Isolation	8.3.2	Isolationsprüfung (Stückprüfung)	Isolationsprüfung oder Nachweis des Isolationswiderstandes nach 8.3.4 (siehe lfd. Nr. 2 und Nr. 11)
10	Schutzmaßnahmen	8.3.3	Überprüfung der Schutzmaßnahmen und der durchgehenden Schutzleiterkreise (Stückprüfung)	Überprüfung der Schutzmaßnahmen
11	Isolationswiderstand	8.3.4		Nachweis des Isolationswiderstandes, falls nicht die Prüfung nach 8.2.2 oder 8.3.2 durchgeführt wurde (siehe lfd. Nr. 2 und Nr. 9)

Die Einhaltung der Grenzüber Temperaturen bei PTSK muss nachgewiesen werden, entweder:

- durch Prüfung nach 8.2.1 oder
- durch Extrapolation, z. B. in Übereinstimmung mit IEC 60890.

8.2.1.2 Anordnung der Schaltgerätekombination

Die Schaltgerätekombination muss wie im bestimmungsgemäßen Betrieb angeordnet werden; dabei sind alle Verkleidungen usw. in der vorgesehenen Weise anzubringen.

Bei der gesonderten Prüfung von einzelnen Teilen oder Baueinheiten von Schaltgerätekombinationen müssen durch angrenzende Teile oder Baueinheiten gleiche Temperaturbedingungen wie im bestimmungsgemäßen Betrieb geschaffen werden. Heizwiderstände dürfen verwendet werden.

8.2.1.3 Erwärmungsprüfung mit Strombelastung aller eingebauten Geräte

Die Prüfung muss an einer oder mehreren repräsentativen Kombinationen von Stromkreisen durchgeführt werden, für die die Schaltgerätekombination vorgesehen ist und die so ausgewählt sind, dass dabei mit ausreichender Genauigkeit die größte mögliche Erwärmung erreicht wird.

Bei dieser Prüfung wird der Einspeisungsstromkreis mit seinem Bemessungsstrom (siehe 4.2) und jeder Abgangsstromkreis mit seinem Bemessungsstrom, multipliziert mit dem Bemessungsbelastungsfaktor (siehe 4.7), belastet. Wenn in der Schaltgerätekombination Sicherungen vorkommen, müssen diese bei der Prüfung mit den vom Hersteller angegebenen Sicherungseinsätzen bestückt werden. Die Verlustleistung der bei der Prüfung verwendeten Sicherungseinsätze muss im Prüfbericht festgehalten werden.

Die Größe und Anordnung der bei der Prüfung verwendeten, von außen zugeführten Kabel/Leitungen muss im Prüfbericht festgehalten werden.

Die Prüfung muss so lange fortgesetzt werden, bis die Übertemperatur einen konstanten Wert erreicht hat (im Allgemeinen nach nicht mehr als 8 h). Praktisch ist diese Bedingung erfüllt, wenn die Änderung der Temperatur 1 K/h nicht überschreitet.

ANMERKUNG 1 Wenn dies für die Geräte zulässig ist, darf der Strom zur Abkürzung der Prüfung während der ersten Zeit erhöht werden; er muss später auf den vorgeschriebenen Prüfstrom reduziert werden.

ANMERKUNG 2 Wenn während der Prüfung der Elektromagnet eines Steuergerätes an Spannung liegt, muss die Temperatur gemessen werden, sobald das Wärmegleichgewicht sowohl im Hauptstromkreis als auch im Steuerstromkreis des Elektromagneten erreicht ist.

ANMERKUNG 3 Die Prüfung von mehrphasigen Schaltgerätekombinationen mit Einphasenwechselstrom ist nur zulässig, wenn die magnetische Beeinflussung so gering ist, dass sie vernachlässigt werden kann. Die magnetische Beeinflussung ist besonders bei Strömen über 400 A zu beachten.

Wenn keine genauen Angaben für die äußeren Kabel/Leitungen und für die Betriebsbedingungen vorliegen, muss der Querschnitt für diese Kabel/Leitungen auf Basis des Bemessungsstromes des jeweiligen Stromkreises wie folgt gewählt werden:

8.2.1.3.1 Für Werte des Bemessungsstromes bis einschließlich 400 A:

- a) Die Verbindungen müssen aus einadrigen isolierten Kupferleitungen bestehen, deren Querschnitt [Tabelle 8](#) entspricht;
- b) Soweit möglich, müssen diese Prüflleitungen frei in Luft angeordnet werden;
- c) die Mindestlänge der Prüflleitungen von Anschluss zu Anschluss muss betragen:
 - 1 m für Querschnitte bis einschließlich 35 mm²;
 - 2 m für Querschnitte größer 35 mm².

Tabelle 8 – Prüf-Kupferleiter für Bemessungsströme bis einschließlich 400 A

Bereich des Bemessungsstromes ¹⁾		Leiterquerschnitt ^{2) 3)}	
		mm ²	AWG/MCM
0	8	1,0	18
8	12	1,5	16
12	15	2,5	14
15	20	2,5	12
20	25	4,0	10
25	32	6,0	10
32	50	10	8
50	65	16	6
65	85	25	4
85	100	35	3
100	115	35	2
115	130	50	1
130	150	50	0
150	175	70	00
175	200	95	000
200	225	95	0000
225	250	120	250
250	275	150	300
275	300	185	350
300	350	185	400
350	400	240	500

¹⁾ Der Wert des Bemessungsstromes muss größer als der erste Wert in der ersten Spalte und kleiner oder gleich dem zweiten Wert in dieser Spalte sein.

²⁾ Mit Zustimmung des Herstellers dürfen zur Vereinfachung der Prüfung auch kleinere als die für den bestimmten Bemessungsstrom angegebenen Leiter verwendet werden.

³⁾ Einer der beiden für den vorgegebenen Bemessungsstrom angegebenen Leiter darf verwendet werden.

8.2.1.3.2 Für Werte des Bemessungsstromes über 400 A bis 800 A:

- Die Leiter müssen aus einadrigen PVC-isolierten Kupferleitungen oder -kabeln oder aus gleichwertigen Kupferschienen bestehen, deren Querschnitte [Tabelle 9](#) entsprechen, wie vom Hersteller festgelegt.
- Leitungen/Kabel oder Kupferschienen müssen ungefähr mit einem Mittenabstand angeordnet werden, der dem Mittenabstand zwischen den Anschlüssen entspricht. Kupferschienen müssen mattschwarz gestrichen sein. Parallele Leitungen/Kabel je Anschluss müssen mit einem freien Abstand von ungefähr 10 mm zusammengehalten sein. Parallele Schienen je Anschluss müssen einen freien Abstand zueinander haben, der etwa der Schienendicke entspricht. Wenn es nicht möglich ist, Schienen mit den angegebenen Maßen an den Anschlüssen zu verwenden oder diese nicht zur Verfügung stehen, ist die Verwendung anderer Schienen zulässig, die ungefähr den gleichen Querschnitt und ungefähr die gleiche oder kleinere kühlende Oberfläche haben müssen. Leitungen/Kabel dürfen nicht verdreht und Kupferschienen nicht in sich vertauscht werden.
- Bei Ein- oder Mehrphasenprüfungen muss die Mindestlänge der vorübergehenden Verbindung zur Prüfstromquelle 2 m betragen. Die Mindestlänge zu einem Sternpunkt darf auf 1,2 m verringert werden.

8.2.1.3.3 Für Werte des Bemessungsstromes über 800 A bis 3150 A:

- Die Leiter müssen aus Kupferschienen mit Querschnitten entsprechend [Tabelle 9](#) bestehen, es sei denn, die Schaltgerätekombination ist ausschließlich für Kabel-/Leistungsanschluss vorgesehen. Dann gelten die Angaben des Herstellers bezüglich des Querschnitts und der Anordnung der Kabel/Leitungen.
- Kupferschienen müssen mit einem Mittenabstand angeordnet werden, der ungefähr dem Mittenabstand zwischen den Anschlüssen entspricht; Kupferschienen müssen mattschwarz gestrichen sein. Parallele Schienen je Anschluss müssen einen freien Abstand zueinander haben, der etwa der Schienendicke entspricht. Wenn es nicht möglich ist, Schienen mit den angegebenen Maßen an den Anschlüssen zu verwenden oder diese nicht zur Verfügung stehen, ist die Verwendung anderer Schienen zulässig, die ungefähr den gleichen Querschnitt und ungefähr gleiche oder kleinere kühlende Oberfläche haben müssen. Kupferschienen dürfen nicht in sich vertauscht werden.
- Bei Ein- und Mehrphasenprüfungen muss die Mindestlänge der vorübergehenden Verbindung zur Prüfstromquelle 3 m betragen, sie kann jedoch auf 2 m verringert werden, wenn die Stelle, an der sie mit

der Stromquelle verbunden ist, nicht mehr als 5 K kälter ist als auf halber Länge der Verbindung. Die Mindestlänge zu einem Sternpunkt muss 2 m betragen.

Tabelle 9 – Zuordnung der Normquerschnitte von Kupferleitern zum Bemessungsstrom

Wert des Bemessungsstromes A	Bereich des Bemessungsstromes ¹⁾ A	Prüfleiter			
		Leitungen/Kabel		Kupferschienen ²⁾	
		Anzahl	Querschnitt ³⁾ mm ²	Anzahl	Maße ³⁾ mm
500	400 bis 500	2	150(16)	2	30 × 5(15)
630	500 bis 630	2	185(18)	2	40 × 5(15)
800	630 bis 800	2	240(21)	2	50 × 5(17)
1000	800 bis 1000	–	–	2	60 × 5(19)
1250	1000 bis 1250	–	–	2	80 × 5(20)
1600	1250 bis 1600	–	–	2	100 × 5(23)
2000	1600 bis 2000	–	–	3	100 × 5(20)
2500	2000 bis 2500	–	–	4	100 × 5(21)
3150	2500 bis 3150	–	–	3	100 × 10(23)

1) Der Stromwert muss größer sein als der erste Wert und kleiner oder gleich dem zweiten Wert.
2) Schienenanordnung in senkrechter Lage der Schienenbreite (hochkant). Waagrechte Lage der Schienenbreite (flach) ist zulässig, wenn vom Hersteller angegeben.
3) In Klammern sind die voraussichtlich zu erwartenden Übertemperaturen der Prüfleiter, in K, angegeben.

8.2.1.3.4 Für Werte des Bemessungsstromes über 3150 A:

Alle wesentlichen Einzelheiten der Prüfung wie Art der Stromquelle, Anzahl der Phasen und Frequenz (falls zutreffend), Querschnitt der Prüfleitungen usw. müssen zwischen Hersteller und Anwender vereinbart werden und im Prüfbericht vermerkt sein.

8.2.1.4 Erwärmungsprüfung mit Heizwiderständen gleicher Verlustleistung

Bei gewissen Typen geschlossener Schaltgerätekombinationen mit Haupt- und Hilfsstromkreisen mit verhältnismäßig geringem Bemessungsstrom darf die Verlustleistung der eingebauten Geräte und Leitungen mit Heizwiderständen nachgebildet werden, die die gleiche Wärmemenge erzeugen und in der Umhüllung an geeigneten Stellen angeordnet sind.

Der Querschnitt der Zuleitungen zu diesen Widerständen muss so gewählt werden, dass keine nennenswerte Wärmemenge aus der Umhüllung herausgeführt wird.

Die Prüfung mit Heizwiderständen gilt als ausreichend repräsentativ für alle Schaltgerätekombinationen mit gleicher Umhüllung, auch wenn diese mit unterschiedlichen Geräten bestückt werden; dabei wird vorausgesetzt, dass die Summe der Verlustleistungen aller eingebauten Geräte unter Berücksichtigung des Belastungsfaktors den bei der Prüfung erreichten Wert nicht überschreitet.

Die Übertemperatur der eingebauten Geräte darf die in [Tabelle 2](#) (siehe [7.3](#)) angegebenen Werte nicht überschreiten. Diese Übertemperatur kann näherungsweise errechnet werden, indem zu der in freier Luft gemessenen Übertemperatur dieser Geräte die Differenz zwischen der Temperatur in der Umhüllung und der Lufttemperatur außerhalb der Umhüllung addiert wird.

8.2.1.5 Messung der Temperaturen

Zur Messung der Temperaturen müssen Thermoelemente oder Thermometer verwendet werden. Bei Wicklungen müssen die Temperaturen immer aus der Widerstandsänderung ermittelt werden. Für die Messung der Temperaturen der Luft innerhalb der Schaltgerätekombination müssen mehrere Messgeräte an geeigneten Stellen angeordnet werden.

Die Thermometer oder Thermoelemente müssen gegen Luftströmungen und Wärmestrahlung geschützt werden.

8.2.1.6 Umgebungstemperatur

Die Umgebungstemperatur ist während des letzten Viertels der Prüfdauer mit mindestens zwei gleichmäßig um die Schaltgerätekombination verteilten Thermometern oder Thermoelementen zu messen. Diese müssen in etwa halber Höhe der Schaltgerätekombination und etwa in 1 m Abstand von der Schaltgerätekombination angebracht werden. Die Thermometer oder Thermoelemente müssen gegen Luftströmungen und Wärmestrahlung geschützt werden.

Wenn die Umgebungstemperatur während der Prüfung zwischen +10 °C und +40 °C liegt, gelten die Werte der [Tabelle 2](#) als Grenzübertemperaturen.

Wenn die Umgebungstemperatur während der Prüfung +40 °C übersteigt oder +10 °C unterschreitet, gilt diese Norm nicht; Hersteller und Anwender müssen dann eine besondere Vereinbarung treffen.

8.2.1.7 Bewertung der Erwärmungsprüfung

Am Ende der Prüfung darf die Übertemperatur die in [Tabelle 2](#) angegebenen Werte nicht überschreiten. Die Geräte müssen bei der in der Schaltgerätekombination herrschenden Temperatur und innerhalb der für die Geräte vorgeschriebenen Spannungsgrenzen einwandfrei arbeiten.

8.2.2 Nachweis der Isolationseigenschaften

8.2.2.1 Allgemeines

Diese Typprüfung braucht nicht an den Teilen von Schaltgerätekombinationen durchgeführt zu werden, die nach den für sie gültigen Bestimmungen typgeprüft sind, wenn ihre Spannungsfestigkeit durch die Art des Einbaus nicht beeinträchtigt wird.

Bei PTSK braucht diese Prüfung nicht durchgeführt zu werden (siehe [Tabelle 7](#)).

Wenn die Schaltgerätekombination einen Schutzleiter enthält, der von den Körpern in Übereinstimmung mit [7.4.3.2.2 d](#)) isoliert ist, muss dieser Leiter wie ein selbständiger Stromkreis behandelt werden, d. h., er muss mit der gleichen Spannung geprüft werden wie der Hauptstromkreis, zu dem er gehört.

Prüfungen müssen erfolgen:

- in Übereinstimmung mit [8.2.2.6.1 bis 8.2.2.6.4](#), falls vom Hersteller Werte für die Bemessungsstoßspannungsfestigkeit U_{imp} (siehe auch [4.1.3](#)) angegeben werden;
- in allen anderen Fällen in Übereinstimmung mit [8.2.2.2 bis 8.2.2.5](#).

8.2.2.2 Prüfung von Umhüllungen aus Isolierstoff

An Umhüllungen aus Isolierstoff muss eine zusätzliche Isolationsprüfung durchgeführt werden. Dabei wird die Prüfspannung angelegt zwischen einer Metallfolie, die außen um die Umhüllung über alle Öffnungen und Fugen gelegt ist, und den untereinander verbundenen aktiven Teilen sowie den Körpern innerhalb der Umhüllung, die den Öffnungen und Fugen am nächsten liegen. Die Prüfspannung muss den 1,5fachen Wert der Prüfspannung nach [Tabelle 10](#) haben.

ANMERKUNG Prüfspannungen für Umhüllungen für Schaltgerätekombinationen in Schutzisolierung sind in Vorbereitung.

8.2.2.3 Äußere Bedienteile aus Isolierstoff

Bei Bedienteilen aus Isolierstoff oder mit nach [7.4.3.1.3](#) mit Isolierstoff bedeckten Bedienteilen muss eine Isolationsprüfung mit dem 1,5fachen Wert der Prüfspannung nach [Tabelle 10](#) durchgeführt werden. Die Prüfspannung muss zwischen den aktiven Teilen und einer Metallfolie angelegt werden, die um die gesamte

Oberfläche des Bedienteils herumgelegt ist. Während dieser Prüfung dürfen die Konstruktionsteile (der Schaltgerätekombination) weder an Erde gelegt noch mit einem anderen Stromkreis verbunden werden.

8.2.2.4 Anlegen und Wert der Prüfspannung

Die Prüfspannung muss angelegt werden:

- 1) zwischen allen aktiven Teilen und den miteinander verbundenen Körpern der Schaltgerätekombination;
- 2) zwischen jedem Pol und allen anderen mit den Körpern der Schaltgerätekombination zu verbindenden Polen.

Die Prüfspannung darf beim Anlegen höchstens 50 % der Werte, die in diesem Abschnitt angegeben sind, betragen. Sie muss innerhalb weniger Sekunden gleichmäßig auf den vollen, in diesem Abschnitt vorgeschriebenen Wert gesteigert werden und 5 s anstehen. Die Wechselspannungsprüfquellen müssen ausreichende Leistung haben, damit die Prüfspannung unabhängig von den Ableitströmen konstant bleibt. Die Prüfspannung muss praktisch sinusförmig sein und eine Frequenz zwischen 45 Hz und 62 Hz haben.

Die Prüfspannung muss folgende Werte haben:

8.2.2.4.1 Für Hauptstromkreise und für Hilfsstromkreise, die nicht unter 8.2.2.4.2 fallen, gilt Tabelle 10.

Tabelle 10 – Prüfspannungen

Bemessungsisolationsspannung U_i (Leiter gegen Leiter) V	Prüfwechselspannung (Effektivwert) V
$U_i \leq 60$	1000
$60 < U_i \leq 300$	2000
$300 < U_i \leq 690$	2500
$690 < U_i \leq 800$	3000
$800 < U_i \leq 1000$	3500
$1000 < U_i \leq 1500$ ¹⁾	3500
1) Nur für Gleichspannung	

8.2.2.4.2 Für Hilfsstromkreise, die laut Angabe des Herstellers nicht für einen Anschluss an die Hauptstromkreise geeignet sind, muss der Wert mit Tabelle 11 übereinstimmen.

Tabelle 11 – Prüfspannungen

Bemessungsisolationsspannung U_i (Leiter gegen Leiter) V	Prüfwechselspannung (Effektivwert) V
$U_i \leq 12$	250
$12 < U_i \leq 60$	500
$60 < U_i$	$2 U_i + 1000$, Mindestwert 1500

8.2.2.5 Bewertung der Isolationsprüfung

Die Isolationsprüfung gilt als bestanden, wenn kein Durchschlag oder Überslag auftritt.

8.2.2.6 Prüfung der Stoßspannungsfestigkeit

8.2.2.6.1 Allgemeine Anforderungen

Die Schaltgerätekombination, die geprüft werden soll, muss komplett auf ihrem Tragrahmen oder einem entsprechenden Tragrahmen, wie er im bestimmungsgemäßen Betrieb vorgesehen ist, nach Angaben des Herstellers montiert sein, und die übrigen Anforderungen von 6.1 sind zu erfüllen.

Bedienteile aus Isolierstoff und nichtmetallene Umhüllungen von Betriebsmitteln, die ohne zusätzliche Umhüllung verwendet werden, müssen mit einer Metallfolie abgedeckt und mit dem Rahmen oder der Montageplatte verbunden werden. Die Folie muss alle Teile abdecken, die mit einem genormten Prüffinger berührt werden können (siehe IEC 60529, Prüfsonde B).

8.2.2.6.2 Prüfspannungen

Die Prüfspannung muss nach den in 7.1.2.3.2 und 7.1.2.3.3 festgelegten Werten ausgewählt werden.

Mit Zustimmung des Herstellers darf die Prüfung mit netzfrequenter Wechselspannung oder mit Gleichspannung nach Tabelle 13 durchgeführt werden. Überspannungsableiter dürfen während der Prüfung abgeklemmt werden, vorausgesetzt, dass die Charakteristik der Überspannungsableiter bekannt ist. Betriebsmittel, die mit einem Überspannungsableiter versehen sind, müssen jedoch vorzugsweise mit Stoßspannung geprüft werden. Bei der Prüfung darf die Bemessungsenergie des Überspannungsableiters nicht überschritten werden.

ANMERKUNG Die Bemessung der Überspannungseinrichtung sollte sich nach der Anwendung richten. Hinweise zur Bemessung sind in Vorbereitung.

- Die Prüfung mit Stoßspannung 1,2/50 μ s muss bei jeder Polarität dreimal in Zeitabständen von wenigstens 1 s durchgeführt werden.
- Eine Prüfung mit netzfrequenter Wechselspannung und Gleichspannung muss für die Dauer von drei Perioden bei Wechselspannung und für die Dauer von 10 ms für jede Polarität bei Gleichspannung durchgeführt werden.

Luftstrecken, welche gleich oder größer sind als die Werte von Fall A von Tabelle 14, dürfen durch Messen in Übereinstimmung mit den in Anhang F beschriebenen Verfahren nachgewiesen werden.

8.2.2.6.3 Anlegen der Prüfspannung

Die Prüfspannung ist wie folgt anzulegen:

- Zwischen allen aktiven Teilen (einschließlich der Steuer- und Hilfsstromkreise, die mit dem Hauptstromkreis verbunden sind) und den untereinander verbundenen Körpern der Schaltgerätekombination.
- Zwischen jedem Pol des Hauptstromkreises und den anderen Polen.
- Zwischen jedem Steuer- und Hilfsstromkreis, der üblicherweise nicht mit dem Hauptstromkreis verbunden ist und
 - dem Hauptstromkreis;
 - anderen Stromkreisen;
 - Körpern elektrischer Betriebsmittel;
 - Umhüllungen oder Montageplatten.
- Für Einschübe in Trennstellung über die Trennstrecke zwischen Einspeiseseite und Einschub und zwischen Einspeiseklemmen und Abgangsklemmen, falls vorhanden.

8.2.2.6.4 Prüfergebnisse

Es darf kein unbeabsichtigter Durchschlag während der Prüfung erfolgen.

ANMERKUNG 1 Eine Ausnahme bildet ein beabsichtigter Durchschlag, z. B. durch Mittel zur Überspannungsbegrenzung.

ANMERKUNG 2 Der Begriff „Durchschlag“ steht für Vorgänge, die bei einem Isolationsfehler bei elektrischer Beanspruchung auftreten. Hierbei wird die geprüfte Isolation durch die Entladung überbrückt, so dass die Spannung zwischen den Elektroden null oder nahezu null ist.

ANMERKUNG 3 Der Begriff „Gas-/Flüssigkeitsdurchschlag“ wird verwendet, wenn der Durchschlag in einem gasförmigen oder in einem flüssigen Isoliermittel erfolgt.

ANMERKUNG 4 Der Begriff „Überschlag“ wird verwendet, wenn der Durchschlag über eine Oberfläche eines Isoliermittels in einem Gas oder in einer Flüssigkeit erfolgt.

ANMERKUNG 5 Der Begriff „Feststoffdurchschlag“ wird verwendet, wenn der Durchschlag durch einen festen Isolierstoff erfolgt.

ANMERKUNG 6 Ein Durchschlag durch einen festen Isolierstoff verursacht den dauernden Verlust der Spannungsfestigkeit; in einem flüssigen oder gasförmigen Isoliermittel darf der Verlust der Spannungsfestigkeit nur zeitweise sein.

8.2.2.7 Nachweis der Kriechstrecken

Die kürzeste Kriechstrecke zwischen den Außenleitern, zwischen Leitern eines Stromkreises mit unterschiedlichen Spannungen und aktiven Teilen und Körpern muss gemessen werden. Die gemessene Kriechstrecke muss unter Berücksichtigung der Werkstoffgruppe und des Verschmutzungsgrades mit den in 7.1.2.3.5 angegebenen Anforderungen übereinstimmen.

8.2.3 Nachweis der Kurzschlussfestigkeit

8.2.3.1 Stromkreise von Schaltgerätekominationen, für die der Nachweis der Kurzschlussfestigkeit entfällt

Der Nachweis der Kurzschlussfestigkeit wird nicht gefordert:

8.2.3.1.1 Für Schaltgerätekominationen mit einer Bemessungskurzzeitstromfestigkeit oder einem bedingten Bemessungskurzschlussstrom von höchstens 10 kA.

8.2.3.1.2 Für Schaltgerätekominationen mit Schutz durch strombegrenzende Einrichtungen, deren Durchlassstrom beim höchstzulässigen unbeeinflussten Kurzschlussstrom an den Anschlüssen des Eingangskreises der Schaltgerätekomination 17 kA nicht überschreitet.

8.2.3.1.3 Für Hilfsstromkreise von Schaltgerätekominationen, die bei einer sekundären Bemessungsspannung von mindestens 110 V an Transformatoren mit höchstens 10 kVA oder bei einer sekundären Bemessungsspannung von weniger als 110 V an Transformatoren mit höchstens 1,6 kVA angeschlossen werden und deren Kurzschlussimpedanz mindestens 4 % beträgt.

8.2.3.1.4 Bei allen Teilen von Schaltgerätekominationen (Sammelschienen, Sammelschienenhalter, Sammelschienenverbindungen, Einspeisungen und Abgänge, Schaltgeräte usw.), die bereits unter Bedingungen typgeprüft wurden, die für den Einbau in Schaltgerätekominationen gelten.

ANMERKUNG Beispiele sind Schaltgeräte mit einem bedingten Bemessungskurzschlussstrom nach der IEC 60947-3 oder Motorstartern, die mit Kurzschlusschutzeinrichtungen koordiniert sind nach IEC 60947-4-1.

8.2.3.2 Stromkreise von Schaltgerätekominationen, deren Kurzschlussfestigkeit nachgewiesen werden muss

Dies gilt für alle in 8.2.3.1 nicht erwähnten Stromkreise.

8.2.3.2.1 Prüfanordnung

Die Schaltgerätekomination oder ihre Teile müssen wie im bestimmungsgemäßen Betrieb angeordnet werden. Abgesehen von der Prüfung der Sammelschienen genügt, abhängig von der Bauart der Schaltgerätekomination, die Prüfung der einzelnen Funktionseinheit, wenn die übrigen Funktionseinheiten gleichartig gebaut sind und das Ergebnis der Prüfung nicht beeinträchtigen.

8.2.3.2.2 Durchführung der Prüfung – Allgemeines

Wenn der Prüfkreis Sicherungen enthält, müssen entsprechend dem Bemessungsstrom Sicherungseinsätze mit dem größten Bemessungsstrom und, falls erforderlich, ein vom Hersteller angegebenes Fabrikat verwendet werden.

Die Zuleitungen und die Kurzschlussverbindungen für die Prüfung der Schaltgerätekombination müssen ausreichende Festigkeit haben, damit sie den Beanspruchungen durch den Kurzschlussstrom standhalten; sie müssen so angeordnet sein, dass sie keine zusätzlichen Beanspruchungen hervorrufen.

Soweit nicht anders vereinbart, muss der Prüfkreis an die Eingangsklemmen der Schaltgerätekombination angeschlossen werden. Schaltgerätekombinationen für Drehstrom müssen dreiphasig angeschlossen werden.

Für den Nachweis aller Bemessungskurzschlussfestigkeiten (siehe 4.3, 4.4, 4.5 und 4.6) muss der Wert des unbeeinflussten Kurzschlussstromes mit einer Versorgungsspannung gleich der 1,05fachen Bemessungsbetriebsspannung durch ein Kalibrierungsschwingungsdiagramm festgestellt werden. Dazu müssen die Zuleitungen zur Schaltgerätekombination durch eine Verbindung mit vernachlässigbarer Impedanz kurzgeschlossen werden, die so nahe wie möglich bei den Eingangsklemmen der Schaltgerätekombination liegt. Das Schwingungsdiagramm muss erkennen lassen, dass der Strom bis zum Augenblick des Ansprechens einer Kurzschlussschutzeinrichtung in der Schaltgerätekombination oder während einer vorgeschriebenen Zeit etwa konstant bleibt; dieser Strom muss etwa den in 8.2.3.2.4 vorgeschriebenen Wert erreichen.

Bei Prüfungen mit Wechselstrom darf die Frequenz im Prüfkreis während der Kurzschlussprüfung $\pm 25\%$ von der Bemessungsfrequenz abweichen.

Alle Teile von Betriebsmitteln, die im Betrieb für den Anschluss an einen Schutzleiter vorgesehen sind, einschließlich der Umhüllung, müssen wie folgt angeschlossen werden:

- 1) Bei Schaltgerätekombinationen, geeignet für die Verwendung in Dreiphasen-Vierleitersystemen (siehe IEC 60038) mit geerdetem Sternpunkt und entsprechender Kennzeichnung, an den Neutralpunkt der Stromquelle oder an einen künstlichen Neutralpunkt ausreichender Induktivität, der das Fließen eines unbeeinflussten Fehlerstromes von mindestens 1500 A zulässt;
- 2) Bei Schaltgerätekombinationen, die sowohl für die Verwendung in Dreiphasen-Dreileiter- als auch in Dreiphasen-Vierleitersystemen geeignet und entsprechend gekennzeichnet sind, an dem Außenleiter, bei dem ein Überslag zur Erde am wenigsten zu erwarten ist.

ANMERKUNG Verfahren zur Kennzeichnung und Bezeichnung sind in Vorbereitung.

Außer bei Schaltgerätekombinationen nach 7.4.3.2.2 muss der Prüfkreis eine zuverlässige Einrichtung (z. B. eine Sicherung in Form eines Kupferdrahtes von 0,8 mm Durchmesser und mindestens 50 mm Länge) zur Anzeige eines Fehlerstromes enthalten. Der unbeeinflusste Fehlerstrom im Stromkreis der Sicherung muss $1500\text{ A} \pm 10\%$ betragen. Ausnahmen sind in den Anmerkungen 2 und 3 angegeben. Falls erforderlich, muss ein Widerstand zur Begrenzung des Stromes verwendet werden.

ANMERKUNG 1 Ein Kupferdraht mit einem Durchmesser von 0,8 mm schmilzt bei 1500 A etwa innerhalb einer Halbperiode bei Frequenzen zwischen 45 Hz und 67 Hz (oder innerhalb 0,01 s bei Gleichstrom).

ANMERKUNG 2 Der unbeeinflusste Fehlerstrom darf bei kleinen Geräten kleiner als 1500 A sein, nach den Anforderungen der jeweiligen Gerätenorm, und der Kupferdraht darf einen kleineren Durchmesser haben (siehe Anmerkung 4), entsprechend einer Schmelzzeit nach Anmerkung 1.

ANMERKUNG 3 Wenn die Stromquelle einen künstlichen Sternpunkt hat, darf ein kleinerer unbeeinflusster Fehlerstrom mit Einverständnis des Herstellers verwendet werden, und der Kupferdraht darf einen kleineren Durchmesser haben (siehe Anmerkung 4) entsprechend einer Schmelzzeit nach Anmerkung 1.

ANMERKUNG 4 Der Zusammenhang zwischen unbeeinflusstem Fehlerstrom im Stromkreis der Sicherung und dem Durchmesser des Kupferdrahtes sollte mit den Angaben der Tabelle 12 übereinstimmen.

Tabelle 12 – Zusammenhang zwischen dem Kupferdrahtdurchmesser und dem unbeeinflussten Fehlerstrom

Durchmesser des Kupferdrahtes mm	Unbeeinflusster Fehlerstrom im Stromkreis der Sicherung A
0,1	50
0,2	150
0,3	300
0,4	500
0,5	800
0,8	1500

8.2.3.2.3 Prüfung der Hauptstromkreise

Für Schaltgerätekombinationen mit Sammelschienen gelten die nachfolgenden Prüfungen a), b) und d).

Für Schaltgerätekombinationen ohne Sammelschienen gilt die Prüfung nach a).

Für Schaltgerätekombinationen, bei denen die Anforderungen nach 7.5.5.1.2 nicht erfüllt sind, gilt zusätzlich c).

- a) Wenn ein Abgang ein vorher noch nicht entsprechend geprüftes Betriebsmittel enthält, muss wie folgt geprüft werden:

Bei der Prüfung eines Abganges müssen seine Abgangsklemmen mit einer verschraubten Kurzschlussbrücke versehen sein. Wenn die Schutzeinrichtung im Abgang ein Leistungsschalter ist, darf im Prüfkreis zur Induktivität, die zur Einstellung des Kurzschlussstromes verwendet wird, ein Widerstand nach 8.3.4.1.2 b) von IEC 60947-1 parallelgeschaltet werden.

Für Leistungsschalter mit einem Bemessungsstrom bis einschließlich 630 A muss der Prüfkreis eine Leitung enthalten von 0,75 m Länge mit einem Querschnitt, der dem konventionellen Prüfstrom (siehe IEC 60947-1, Tabellen 9 und 10) entspricht. Das Schaltgerät muss eingeschaltet und wie im bestimmungsgemäßen Betrieb geschlossen gehalten werden. Die Prüfspannung muss einmal so lange angelegt werden, bis die Kurzschlusschutzeinrichtung in diesem Abgang ansprechen kann, um den Fehler abzuschalten; auf jeden Fall muss die Prüfspannung wenigstens zehn Perioden anliegen (Dauer der Prüfspannung).

- b) Bei Schaltgerätekombinationen mit Hauptsammelschienen muss die Kurzschlussfestigkeit der Hauptsammelschienen und des Einspeisestromkreises einschließlich eventuell zusätzlicher Schienenverbindungen geprüft werden.

Die Kurzschlussstelle muss mindestens $2\text{ m} \pm 0,40\text{ m}$ vom nächsten Punkt der Einspeisung entfernt sein. Für den Nachweis des Bemessungskurzzeitstromes (siehe 4.3) und der Bemessungsstoßstromfestigkeit (siehe 4.4) darf diese Entfernung vergrößert werden, wenn die Prüfungen mit kleineren Spannungen durchgeführt werden und der Prüfstrom der Bemessungswert (siehe 8.2.3.2.4 b)) ist. Bei Schaltgerätekombinationen, bei denen die Länge der zu prüfenden Sammelschienen kürzer als 1,6 m ist und eine Erweiterung der Sammelschienen nicht vorgesehen ist, muss die Kurzschlussbrücke am Ende dieser Schienen eingebaut werden. Wenn die Sammelschienen aus unterschiedlichen Abschnitten bestehen (bezüglich Querschnitten, Abstand zwischen benachbarten Schienen, Art und Anzahl der Stützen je m), muss jeder Abschnitt einzeln geprüft werden. Eine gemeinsame Prüfung ist zulässig, wenn die vorgenannten Bedingungen eingehalten werden.

- c) In den Leitern zwischen Sammelschienen und einer einzelnen Abgangseinheit muss eine verschraubte Kurzschlussbrücke so nah wie möglich an den Eingangsanschlüssen der Abgangseinheit angebracht werden. Die Höhe des Kurzschlussstromes muss derjenigen für die Prüfung der Hauptsammelschienen entsprechen.
- d) Die Kurzschlussfestigkeit einer gegebenenfalls vorhandenen Neutralleiterschienen muss einschließlich vorhandener Schienenverbindungen gegen die am nächsten angeordnete Außenleiterschienen durch Prüfung nachgewiesen werden. Für die Verbindung zwischen der Neutralleiterschienen und der Außenleiterschienen gelten die Anforderungen von 8.2.3.2.3 b). Soweit keine anderen Festlegungen zwischen Hersteller und Anwender getroffen sind, muss der Prüfstrom in der Schiene des Neutralleiters 60 % des Wertes erreichen, der bei der dreiphasigen Prüfung festgestellt wurde.

8.2.3.2.4 Höhe und Dauer des Kurzschlussstromes

- a) Für Schaltgerätekombinationen, die mit Kurzschlusschutzeinrichtungen, im Eingangskreis oder an anderer Stelle, geschützt sind, muss die Prüfspannung eine ausreichende Zeit, für nicht weniger als 10 Zyklen anstehen, damit die Kurzschlusschutzeinrichtung den Fehler abschalten kann.
- b) Schaltgerätekombinationen ohne Kurzschlusschutzeinrichtung in der Einspeiseeinheit (siehe 7.5.2.1.2).

Für alle Bemessungskurzschlussstromfestigkeiten muss die thermische und dynamische Festigkeit mit dem unbeeinflussten Strom an den Eingangsklemmen einer vom Hersteller vorgeschriebenen Schutzeinrichtung, soweit vorhanden, nachgewiesen werden, mit Werten der Bemessungskurzzeitstromfestigkeit, der Bemessungsstoßstromfestigkeit, des bedingten Bemessungskurzschlussstromes oder dem Bemessungskurzschlussstrom bei Schutz durch Sicherung.

Falls es schwierig ist, am Prüfstandort die Prüfungen der Kurzzeitstromfestigkeit oder der Stoßstromfestigkeit mit der höchsten Betriebsspannung durchzuführen, dürfen die Prüfungen nach 8.2.3.2.3 b), c) und d) mit einer geeigneten kleineren Spannung durchgeführt werden. Der tatsächliche Prüfstrom muss in diesen Fällen gleich der Kurzzeitstromfestigkeit oder der Stoßstromfestigkeit sein. Dies muss im Prüfbericht festgehalten werden. Falls Schutzeinrichtungen, soweit vorhanden, während der Prüfung vorübergehend ihre Kontakte öffnen, muss die Prüfung mit der höchsten Betriebsspannung wiederholt werden.

Falls bei der Kurzzeitstrom- und Stoßstromfestigkeitsprüfung Überstromrelais vorhanden sind, die während der Prüfung ansprechen könnten, müssen sie unwirksam gemacht werden.

Alle Prüfungen müssen durchgeführt werden mit der Bemessungsfrequenz der Betriebsmittel, mit einer Grenzabweichung von $\pm 25\%$ und einem vom Kurzschlussstrom abhängigen Leistungsfaktor in Übereinstimmung mit Tabelle 4.

Der Wert des Stromes während der Kalibrierung ist der durchschnittliche Effektivwert des Wechselstromanteils in allen Phasen. Wenn die Prüfungen mit der höchsten Betriebsspannung durchgeführt werden, ist der Kalibrierungsstrom der tatsächliche Prüfstrom. In jeder Phase muss der Strom innerhalb einer Grenzabweichung von $+5\%$ und der Leistungsfaktor innerhalb einer Grenzabweichung von $0_{-0,05}$ liegen.

Der Strom muss für die angegebene Zeit angelegt werden; während dieser Zeit muss der Effektivwert des Wechselstromanteils konstant bleiben.

ANMERKUNG 1 Wenn eine Beschränkung der Prüfbedingungen notwendig ist, ist eine abweichende Prüfdauer zulässig. In diesem Fall sollte der Prüfstrom nach der Gleichung $I^2 t = \text{konstant}$ verändert werden; dabei wird vorausgesetzt, dass der Scheitelwert des Bemessungsstoßstromes nicht ohne Zustimmung des Herstellers überschritten wird und dass der Effektivwert des Kurzzeitstroms während mindestens 0,1 s nach Einschalten des Stromes nicht niedriger ist als der Bemessungswert in mindestens einem Außenleiter.

ANMERKUNG 2 Die Prüfung der Stoßstromfestigkeit und die Prüfung der Kurzzeitstromfestigkeit dürfen getrennt durchgeführt werden. In diesem Fall ist die Zeit für die Prüfung der Stoßstromfestigkeit so zu wählen, dass der $I^2 t$ -Wert nicht größer wird als der entsprechende Wert bei der Prüfung der Kurzzeitstromfestigkeit; sie darf jedoch nicht kürzer als drei Perioden sein.

ANMERKUNG 3 Wenn der geforderte Prüfstrom nicht in jeder Phase erreicht werden kann, darf mit Zustimmung des Herstellers die positive Prüftoleranz überschritten werden.

Die Prüfung des bedingten Kurzschlussstromes und des Kurzschlussstromes bei Schutz durch Sicherungen müssen durchgeführt werden mit der 1,05fachen Bemessungsbetriebsspannung (siehe 8.2.3.2.2), mit dem unbeeinflussten Kurzschlussstrom an der Einspeiseseite der festgelegten Schutzeinrichtungen, gleich dem Wert des bedingten Bemessungskurzschlussstromes oder des Kurzschlussstromes bei Schutz durch Sicherungen. Prüfungen mit kleinen Spannungen sind nicht erlaubt.

8.2.3.2.5 Bewertung der Kurzschlussprüfung

Nach der Kurzschlussprüfung dürfen die Leiter nicht unzulässig verformt sein. Eine leichte Verformung der Sammelschienen wird zugestanden, wenn die Kriechstrecken und Luftstrecken nach 7.1.2 noch eingehalten werden. Außerdem dürfen keine Anzeichen für eine nennenswerte Beschädigung an der Isolation der Leiter und an den tragenden Isolierteilen zu sehen sein, d. h., dass die Anforderungen dieser Norm an die mechanischen und elektrischen Eigenschaften des Betriebsmittels durch den Zustand der Isolierung nicht beeinträchtigt sind.

Die Einrichtung zur Anzeige eines Fehlerstromes darf, falls vorhanden, nicht ansprechen.

Teile der Verbindungsstellen von Leitern dürfen sich nicht gelöst haben und Leiter sich nicht von den Ausgangsklemmen gelöst haben.

Eine Verformung der Umhüllung ist so weit zulässig, dass die IP-Schutzart nicht beeinträchtigt ist und dass die Luftstrecken nicht unter die vorgeschriebenen Werte verringert werden.

Bei Verformung der Sammelschienen oder der Konstruktionsteile der Schaltgerätekombination, durch die das übliche Einbringen von Einschüben oder herausnehmbaren Teilen beeinträchtigt wird, ist die Prüfung nicht bestanden.

Im Zweifelsfall muss geprüft werden, ob der Zustand der in der Schaltgerätekombination eingebauten Betriebsmittel den geltenden Bestimmungen entspricht.

Zusätzlich muss nach der Prüfung von 8.2.3.2.3 a) und den Prüfungen, die die Kurzschlusschutzeinrichtungen beinhalten, die geprüfte Ausrüstung in der Lage sein, die Isolationsprüfung von 8.2.2 bei einem Spannungswert für die Nachprüfungsbedingung, der in der entsprechenden Norm für die zuständige Kurzschlussprüfung beschrieben ist, wie folgt zu bestehen:

- a) zwischen allen aktiven Teilen und dem Rahmen der Schaltgerätekombination und
- b) zwischen jedem Pol und allen anderen Polen, die an dem Rahmen der Schaltgerätekombination angeschlossen sind.

Die o. g. Prüfungen a) und b) müssen mit ersetzten Sicherungen und geschlossenen Schaltgeräten durchgeführt werden.

8.2.3.2.6 Bei PTSK muss die Kurzschlussfestigkeit nachgewiesen werden:

- entweder durch Prüfung nach 8.2.3.2.1 bis 8.2.3.2.5
- oder durch Extrapolation von ähnlichen typgeprüften Baugruppen.

ANMERKUNG 1 Ein Beispiel für ein Extrapolationsverfahren von typgeprüften Baugruppen ist in IEC 61117 gegeben.

ANMERKUNG 2 Bei der Extrapolation sollten die Festigkeit des Leiters, die Abstände zwischen spannungsführenden Teilen und Körpern, die Abstände der Stützer, die Höhe und die Festigkeit der Stützer und die Festigkeit und Art der Tragkonstruktion berücksichtigt werden.

8.2.4 Nachweis der Wirksamkeit des Schutzleiterkreises

8.2.4.1 Nachweis der einwandfreien Verbindung zwischen Körpern der Schaltgerätekombination und dem Schutzleiterkreis

Es muss nachgewiesen werden, dass die verschiedenen Körper der Schaltgerätekombination wirksam mit dem Schutzleiterkreis der Umhüllung verbunden sind und dass der Widerstand zwischen dem Eingangsschutzleiter und dem entsprechenden Körper $0,1 \Omega$ nicht überschreitet.

Zum Nachweis wird ein Widerstandsmessgerät oder eine Einrichtung eingefügt, die einen Strom von mindestens AC oder DC 10 A bei einem Widerstand von $0,1 \Omega$ zwischen den Widerstandsmesspunkten liefern kann.

ANMERKUNG Es kann erforderlich sein, die Dauer der Prüfung auf 5 s zu begrenzen, da sich die Prüfung sonst nachteilig auf Betriebsmittel mit kleinen Strömen auswirken kann.

8.2.4.2 Nachweis der Kurzschlussfestigkeit des Schutzleiterkreises durch Prüfung (gilt nicht für Stromkreise nach 8.2.3.1)

Ein einphasiger Prüfstromkreis muss an der Eingangsklemme eines Außenleiters und am Anschluss für den ankommenden Schutzleiter angeschlossen werden. Wenn die Schaltgerätekombination einen gesonderten Schutzleiter enthält, muss die Prüfung mit dem nächstliegenden Außenleiter durchgeführt werden. Jeder

repräsentative Abgang muss einzeln geprüft werden; dazu ist er mit einer Kurzschlussverbindung zwischen der Abgangsklemme des entsprechenden Außenleiters dieses Abgangs und des Schutzleiters zu versehen.

Bei der Prüfung müssen die einzelnen Abgänge mit den vorgesehenen Schutzeinrichtungen ausgerüstet werden, bei denen der Scheitelwert des Durchlassstromes und der I^2t -Wert am größten sind. Die Prüfung darf mit einer außerhalb der Schaltgerätekombination angeordneten Schutzeinrichtung durchgeführt werden.

Bei dieser Prüfung müssen die Konstruktionsteile der Schaltgerätekombination gegen Erde isoliert sein. Die Prüfspannung muss gleich dem Wert der einphasigen Bemessungsbetriebsspannung sein. Der Wert des unbeeinflussten Kurzschlussstromes bei dieser Prüfung muss 60 % des unbeeinflussten Kurzschlussstromes entsprechen, der bei der dreiphasigen Prüfung der Kurzschlussfestigkeit der Schaltgerätekombination erreicht wurde.

Alle übrigen Bedingungen dieser Prüfung müssen analog zu 8.2.3.2 sein.

8.2.4.3 Bewertung der Prüfung der Kurzschlussfestigkeit des Schutzleiterkreises

Die durchgehende Verbindung und die Kurzschlussfestigkeit des Schutzleiterkreises darf nicht unzulässig beeinträchtigt werden, gleichgültig, ob er aus einem gesonderten Leiter oder aus Konstruktionsteilen besteht.

Außer durch Besichtigung darf dies durch Messungen nachgewiesen werden, die mit einem Strom in der Größenordnung des Bemessungsstromes des betreffenden Abgangs durchgeführt werden.

ANMERKUNG 1 Wenn Konstruktionsteile als Schutzleiter verwendet werden, ist Spratzen/Funken und eine örtliche Erwärmung an Verbindungsstellen zulässig, soweit diese die durchgehende elektrische Verbindung nicht beeinträchtigen und unter der Voraussetzung, dass benachbarte brennbare Teile nicht entzündet werden.

ANMERKUNG 2 Ein Vergleich der vor und nach dieser Prüfung gemessenen Widerstandswerte zwischen dem Anschluss für den ankommenden Schutzleiter und der Schutzleiterklemme für den betreffenden Abgang ist ein Maßstab für die Einhaltung dieser Bedingung.

8.2.5 Nachweis von Kriechstrecken und Luftstrecken

Es muss nachgewiesen werden, dass die Kriechstrecken und Luftstrecken den in 7.1.2 angegebenen Werten entsprechen.

Bei einer Schaltgerätekombination mit Einschüben muss nachgewiesen werden, dass sowohl in einer gegebenenfalls vorhandenen Prüfstellung (siehe 2.2.9) sowie auch in der Trennstellung (siehe 2.2.10) die Kriechstrecken und Luftstrecken eingehalten werden.

8.2.6 Nachweis der mechanischen Funktion

Diese Prüfung muss nicht an Teilen von Schaltgerätekombinationen durchgeführt werden, die bereits nach den für sie geltenden Bestimmungen typgeprüft wurden, vorausgesetzt, dass ihre mechanische Funktion durch die Art ihres Einbaus nicht beeinträchtigt wird.

Für alle Teile, die eine Typprüfung erfordern, ist die einwandfreie mechanische Funktion nach Einbau in die Schaltgerätekombination nachzuweisen. Die Anzahl der Betätigungszyklen beträgt 50.

ANMERKUNG Bei Einschüben muss der Betätigungszyklus jede Bewegung von der Betriebsstellung bis zur Trennstellung und zurück zur Betriebsstellung enthalten.

Gleichzeitig muss die Funktion mechanischer Verriegelungseinrichtungen, die mit diesen Bewegungen gekoppelt sind, geprüft werden. Die Prüfung gilt als bestanden, wenn die Betätigung des Gerätes, der Verriegelungen usw. nicht beeinträchtigt wurde und wenn der Kraftaufwand für die Betätigung vor und nach der Prüfung praktisch unverändert bleibt.

8.2.7 Nachweis der Schutzart

Die Schutzart nach 7.2.1 und 7.7 muss nach IEC 60529 nachgewiesen werden, falls erforderlich, angepasst an den besonderen Typ der Schaltgerätekombination.

Falls unmittelbar nach der Prüfung auf Wassereindringen Spuren von Wasser in der Umhüllung beobachtet werden, muss die Isolationseigenschaft durch Prüfung nach 8.2.2 nachgewiesen werden. Soweit erforderlich, sind die Prüfungen in geeigneter Weise der betreffenden Schaltgerätekombination anzupassen. Die Prüfeinrichtung für die Schutzart IP3X und IP4X sowie der Typ der Stützeinrichtung für die Umhüllung während der IP4X Prüfung müssen im Prüfbericht angegeben werden.

Schaltgerätekombinationen mit der Schutzart IP5X müssen in Übereinstimmung mit 13.4 von IEC 60529, Kategorie 2, geprüft werden.

Schaltgerätekombinationen mit der Schutzart IP6X müssen in Übereinstimmung mit 13.4 von IEC 60529, Kategorie 1, geprüft werden.

8.2.8 EMV-Prüfungen

Für EMV-Prüfungen siehe H.8.2.8.

8.2.9 Nachweis der Beständigkeit von Isolierstoffen gegen außergewöhnliche Wärme und Feuer (Glühdrahtprüfung)

Die Glühdrahtprüfung muss in Übereinstimmung mit IEC 60695-2-10 und IEC 60695-2-11 unter den in 7.1.4 festgelegten Bedingungen durchgeführt werden:

- a) an vollständigen Teilen der Schaltgerätekombination, oder
- b) an Stücken, welche diesen Teilen entnommen wurden, oder
- c) an Proben aus identischem Werkstoff, die eine entsprechende Dicke haben.

8.3 Stückprüfungen

8.3.1 Durchsicht der Schaltgerätekombination einschließlich der Verdrahtung und gegebenenfalls elektrische Funktionsprüfung

Die Funktionstüchtigkeit mechanischer Betätigungselemente, Verriegelungen, Sperrvorrichtungen usw. muss geprüft werden. Die einwandfreie Verlegung der Leiter und Kabel/Leitungen sowie der einwandfreie Einbau der Geräte muss geprüft werden. Außerdem ist eine Durchsicht notwendig, um sicherzustellen, dass die vorgeschriebene Schutzart, die Kriechstrecken und die Luftstrecken eingehalten werden.

Die Verbindungen, besonders Schraubverbindungen, müssen gegebenenfalls durch Stichproben auf einwandfreie Kontaktgabe geprüft werden.

Außerdem muss nachgewiesen werden, dass die Angaben und Kennzeichnungen nach 5.1 und 5.2 vollständig sind und dass die Schaltgerätekombination diesen entspricht. Darüber hinaus muss die Übereinstimmung der Schaltgerätekombination mit den Schaltungsunterlagen, den technischen Angaben usw., die vom Hersteller beigelegt werden, geprüft werden.

Je nach Umfang der Schaltgerätekombination kann neben der Durchsicht der Verdrahtung eine elektrische Funktionsprüfung notwendig sein. Das Vorgehen bei der Prüfung und die Anzahl der Prüfungen hängt vom Vorhandensein komplizierter Verriegelungen, Folgeschaltungen usw. ab.

In einigen Fällen kann es notwendig sein, dass diese Prüfung am Aufstellungsort durchgeführt oder wiederholt wird, wenn die elektrische Anlage, für die die Schaltgerätekombination vorgesehen ist, in Betrieb gesetzt wird. In diesem Fall muss eine besondere Vereinbarung zwischen Hersteller und Anwender getroffen werden.

8.3.2 Isolationsprüfung

Prüfungen müssen durchgeführt werden:

- in Übereinstimmung mit 8.3.2.1 und 8.3.2.2 b), falls der Hersteller den Wert der Bemessungsstoßspannungsfestigkeit U_{imp} (siehe 4.1.3) angegeben hat;
- in anderen Fällen in Übereinstimmung mit 8.3.2.1 und 8.3.2.2 a).

Diese Prüfungen sind bei PTSK nicht erforderlich, wenn der Nachweis des Isolationswiderstandes nach 8.3.4 oder 8.2.2.1 vorgenommen wurde.

Diese Prüfung braucht auch nicht an Hilfsstromkreisen von TSK und PTSK durchgeführt zu werden, die durch eine Kurzschlusschutzeinrichtung bis 16 A geschützt sind und wenn bereits eine elektrische Funktionsprüfung (siehe 8.3.1) mit der Bemessungsspannung, für die die Hilfsstromkreise ausgelegt sind, durchgeführt worden ist.

8.3.2.1 Allgemeines

Alle elektrischen Betriebsmittel der Schaltgerätekombination müssen bei der Prüfung angeschlossen sein, mit Ausnahme der Geräte, die nach den für sie gültigen Bestimmungen für eine geringere Prüfspannung ausgelegt sind. Stromverbrauchsgeräte (z. B. Wicklungen, Messgeräte), über die beim Anlegen der Prüfspannung ein Strom fließen würde, müssen an einer Seite ihrer Anschlüsse abgeklemmt werden. Wenn solche Geräte nicht für die volle Prüfspannung ausgelegt sind, dürfen sie an allen Anschlüssen abgeklemmt werden.

Störschutzkondensatoren, die zwischen aktiven Teilen und Körpern liegen, dürfen nicht abgeklemmt werden und müssen die Prüfspannung aushalten.

8.3.2.2 Anlegen, Dauer und Werte der Prüfspannung

- a) Die Prüfspannung nach 8.2.2.4 muss mindestens 1 s angelegt werden. Die Wechselspannungsquelle muss ausreichende Leistungen haben, damit die Prüfspannung, unabhängig vom Ableitstrom, konstant bleibt. Die Prüfspannung muss praktisch sinusförmig sein und eine Frequenz zwischen 45 Hz und 62 Hz haben.

Wenn die zu prüfenden Betriebsmittel in den Haupt- und Hilfsstromkreisen schon früher einer Isolationsprüfung unterworfen waren, muss die Prüfspannung auf 85 % der in 8.2.2.4 angegebenen Werte reduziert werden.

Bei der Prüfung müssen:

- entweder alle Schaltgeräte geschlossen sein oder
- nacheinander alle Teile des Stromkreises an Prüfspannung gelegt werden.

Die Prüfspannung muss zwischen aktiven Teilen und dem leitfähigen Konstruktionsteilen der Schaltgerätekombination angelegt werden.

- b) Die Prüfungen müssen in Übereinstimmung mit 8.2.2.6.2 und 8.2.2.6.3 durchgeführt werden. Falls in einem Stromkreis Betriebsmittel enthalten sind, welche in Übereinstimmung mit ihrer entsprechenden Norm mit einer kleineren Prüfspannung stückgeprüft wurden, muss diese niedrige Prüfspannung für die Prüfung verwendet werden. Die Prüfspannung darf jedoch nicht kleiner als 30 % der Bemessungsstoßspannungsfestigkeit (ohne Berücksichtigung des Höhenkorrekturfaktors) sein oder das Doppelte der Bemessungsisolationsspannung, je nachdem, welches der höhere Wert ist.

8.3.2.3 Bewertung der Isolationsprüfung

Diese Prüfung gilt als bestanden, wenn kein Durchschlag oder Überslag auftritt.

8.3.3 Kontrolle der Schutzmaßnahmen und der durchgehenden Verbindung der Schutzleiter

Die Maßnahmen zum Schutz gegen direktes oder indirektes Berühren (siehe 7.4.2 und 7.4.3) müssen kontrolliert werden.

Die Schutzleiterverbindungen müssen durchgesehen werden, um sicherzustellen, dass die in 7.4.3.1.5 vorgeschriebenen Maßnahmen erfüllt sind. Besonders müssen die Schraubverbindungen, gegebenenfalls durch Stichprobenprüfung, auf einwandfreien Kontakt überprüft werden.

8.3.4 Nachweis des Isolationswiderstandes

Bei PTSK, die weder einer Prüfung der Isolationseigenschaft nach 8.2.2 noch einer Prüfung der Isolation nach 8.3.2 unterzogen wurden, muss der Nachweis des Isolationswiderstandes durch Messung erbracht werden, bei der ein Isolationswiderstandsmessgerät mit wenigstens 500 V verwendet werden muss.

In diesem Fall gilt die Prüfung als bestanden, wenn der Isolationswiderstand zwischen Stromkreisen und Körper wenigstens 1000 Ω/V je Stromkreis beträgt, wobei die Bemessungsspannung dieser Stromkreise gegen Erde betrachtet wird.

Ausgenommen sind Geräte, über die wegen ihrer besonderen Bedingungen beim Anlegen der Prüfspannung ein Strom fließen würde (z. B. Wicklungen, Messgeräte) oder die nicht für die volle Prüfspannung ausgelegt sind. Diese Geräte müssen an einer bzw. an allen Klemmen abgeklemmt werden.

Tabelle 13 – Prüfung der Isolationsfestigkeit mit Stoßspannung, netzfrequenter Wechselspannung und Gleichspannung

Bemessungs- stoßspannungs- festigkeit U_{imp} kV	Prüfspannungen und entsprechende Aufstellungshöhen									
	$U_{1,2/50}$ Stoß bei AC und DC kV					AC Effektivwert kV				
	N.N.	200 m	500 m	1000 m	2000 m	N.N.	200 m	500 m	1000 m	2000 m
0,33	0,36	0,36	0,35	0,34	0,33	0,25	0,25	0,25	0,25	0,23
0,5	0,54	0,54	0,53	0,52	0,5	0,38	0,38	0,38	0,37	0,36
0,8	0,95	0,9	0,9	0,85	0,8	0,67	0,64	0,64	0,60	0,57
1,5	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2	1,2	1,1	1,06
2,5	2,9	2,8	2,8	2,7	2,5	2,1	2,0	2,0	1,9	1,77
4	4,9	4,8	4,7	4,4	4	3,5	3,4	3,3	3,1	2,83
6	7,4	7,2	7	6,7	6	5,3	5,1	5,0	4,75	4,24
8	9,8	9,6	9,3	9	8	7	6,8	6,6	6,4	5,66
12	14,8	14,5	14	13,3	12	10,5	10,3	10,0	9,5	8,48

ANMERKUNG 1 In dieser Tabelle sind die kennzeichnenden Merkmale eines homogenen Feldes, Fall B (siehe 2.9.15), verwendet, für das die Stoßspannungs-, Wechselspannungs- und Gleichspannungsscheitelwertfestigkeit übereinstimmen. Der Effektivwert ist vom Scheitelwert abgeleitet.

ANMERKUNG 2 Wenn die Luftstrecken zwischen den Fällen A und B liegen, sind die Prüfungen nach dieser Tabelle mit Wechsel- und Gleichspannung härter als die mit Stoßspannung.

ANMERKUNG 3 Prüfungen mit netzfrequenter Wechselspannung dürfen mit Einverständnis des Herstellers durchgeführt werden (siehe 8.2.2.6.2).

Tabelle 14 – Mindestluftstrecken

Bemessungs- stoß- spannungs- festigkeit U_{imp}	Mindestluftstrecken mm							
	Fall A inhomogenes Feld (siehe 2.9.16)				Fall B homogenes Feld ideale Bedingungen (siehe 2.9.15)			
	Verschmutzungsgrad				Verschmutzungsgrad			
	kV	1	2	3	4	1	2	3
0,33	0,01	0,2	0,8	1,6	0,01	0,2	0,8	1,6
0,5	0,04				0,04			
0,8	0,1				0,1			
1,5	0,5	0,5	0,3		0,3			
2,5	1,5	1,5	1,5	0,6	0,6			
4	3	3	3	3	1,2	1,2	1,2	2
6	5,5	5,5	5,5	5,5	2	2	2	
8	8	8	8	8	3	3	3	
12	14	14	14	14	4,5	4,5	4,5	4,5

ANMERKUNG Die angegebenen kleinsten Luftstrecken beruhen auf der 1,2/50 µs-Stoßspannung, bei einem Luftdruck von 80 kPa, entsprechend einem Normalluftdruck bei 2000 m über N.N.

Tabelle 15 – Prüfspannungen über die offenen Kontakte von Geräten mit Trennfunktion

Bemessungs- stoßspannungs- festigkeit U_{imp}	Prüfspannungen und entsprechende Aufstellungshöhen									
	$U_{1,2/50}$ Stoß bei AC und DC kV					AC Effektivwert kV				
	N.N.	200 m	500 m	1000 m	2000 m	N.N.	200 m	500 m	1000 m	2000 m
0,33	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2	1,2	1,1	1,06
0,5	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2	1,2	1,1	1,06
0,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2	1,2	1,1	1,06
1,5	2,3	2,3	2,2	2,2	2	1,6	1,6	1,55	1,55	1,42
2,5	3,5	3,5	3,4	3,2	3	2,47	2,47	2,4	2,26	2,12
4	6,2	6	5,8	5,6	5	4,38	4,24	4,10	3,96	3,54
6	9,8	9,6	9,3	9	8	7,0	6,8	6,60	6,40	5,66
8	12,3	12,1	11,7	11,1	10	8,7	8,55	8,27	7,85	7,07
12	18,5	18,1	17,5	16,7	15	13,1	12,80	12,37	11,80	10,6

ANMERKUNG 1 Wenn die Luftstrecken zwischen den Fällen A und B (siehe Tabelle 14) liegen, sind die Werte für Wechsel- und Gleichspannung in dieser Tabelle härter als mit Stoßspannung.

ANMERKUNG 2 Prüfungen mit netzfrequenter Wechselspannung dürfen mit Einverständnis des Herstellers durchgeführt werden (siehe 8.2.2.6.2).

Tabelle 16 – Mindestkriechstrecken

Bemessungs- isolationsspannung des Gerätes oder Arbeits- spannung AC eff o. DC V ⁵⁾	Kriechstrecken für Geräte für Dauerbeanspruchung mm														
	Verschmutzungsgrad			Verschmutzungsgrad				Verschmutzungsgrad				Verschmutzungsgrad			
	1 ⁶⁾	2 ⁶⁾	1	2				3				4			
	Werkstoffgruppe			Werkstoffgruppe				Werkstoffgruppe				Werkstoffgruppe			
	2)	3)	2)	I ¹⁾	II	IIIa	IIIb	I	II	IIIa	IIIb	I	II	IIIa	IIIb
10	0,025	0,04	0,08	0,4	0,4	0,4		1	1	1		1,6	1,6	1,6	
12,5	0,025	0,04	0,09	0,42	0,42	0,42		1,05	1,05	1,05		1,6	1,6	1,6	
16	0,025	0,04	0,1	0,45	0,45	0,45		1,1	1,1	1,1		1,6	1,6	1,6	
20	0,025	0,04	0,11	0,48	0,48	0,48		1,2	1,2	1,2		1,6	1,6	1,6	
25	0,025	0,04	0,125	0,5	0,5	0,5		1,25	1,25	1,25		1,7	1,7	1,7	
32	0,025	0,04	0,14	0,53	0,53	0,53		1,3	1,3	1,3		1,8	1,8	1,8	
40	0,025	0,04	0,16	0,56	0,8	1,1		1,4	1,6	1,8		1,9	2,4	3	
50	0,025	0,04	0,18	0,6	0,85	1,2		1,5	1,7	1,9		2	2,5	3,2	
63	0,04	0,063	0,2	0,63	0,9	1,25		1,6	1,8	2		2,1	2,6	3,4	
80	0,063	0,1	0,22	0,67	0,95	1,3		1,7	1,9	2,1		2,2	2,8	3,6	
100	0,1	0,16	0,25	0,71	1	1,4		1,8	2	2,2		2,4	3,0	3,8	
125	0,16	0,25	0,28	0,75	1,05	1,5		1,9	2,1	2,4		2,5	3,2	4	
160	0,25	0,4	0,32	0,8	1,1	1,6		2	2,2	2,5		3,2	4	5	
200	0,4	0,63	0,42	1	1,4	2		2,5	2,8	3,2		4	5	6,3	
250	0,56	1	0,56	1,25	1,8	2,5		3,2	3,6	4		5	6,3	8	4)
320	0,75	1,6	0,75	1,6	2,2	3,2		4	4,5	5		6,3	8	10	
400	1	2	1	2	2,8	4		5	5,6	6,3		8	10	12,5	
500	1,3	2,5	1,3	2,5	3,6	5		6,3	7,1	8,0		10	12,5	16	
630	1,8	3,2	1,8	3,2	4,5	6,3		8	9	10		12,5	16	20	
800	2,4	4	2,4	4	5,6	8		10	11	12,5		16	20	25	
1000	3,2	5	3,2	5	7,1	10		12,5	14	16		20	25	32	
1250			4,2	6,3	9	12,5		16	18	20		25	32	40	
1600			5,6	8	11	16		20	22	25		32	40	50	
2000			7,5	10	14	20		25	28	32		40	50	63	
2500			10	12,5	18	25		32	36	40	4)	50	63	80	
3200			12,5	16	22	32		40	45	50		63	80	100	
4000			16	20	28	40		50	56	63		80	100	125	
5000			20	25	36	50		63	71	80		100	125	160	
6300			25	32	45	63		80	90	100		125	160	200	
8000			32	40	56	80		100	110	125		160	200	250	
10000			40	50	71	100		125	140	160		200	250	320	

1) Werkstoffgruppen I oder II, IIIa oder IIIb, sofern die Wahrscheinlichkeit der Kriechwegbildung wegen der in 2.4 von IEC 60664-1 genannten Bedingungen reduziert ist.

2) Werkstoffgruppen I, II, IIIa oder IIIb.

3) Werkstoffgruppen I, II, oder IIIa.

4) Kriechstrecken wurden für diesen Bereich nicht festgelegt. Werkstoffgruppe IIIb wird im Allgemeinen nicht für Verschmutzungsgrad 3 über 630 V und für Verschmutzungsgrad 4 empfohlen.

5) Ausnahmsweise dürfen für die Bemessungsisolationsspannungen 127, 208, 415, 440, 660/690 und 830 V die Kriechstrecken entsprechend den niedrigeren Werten 125, 200, 400, 630 und 800 V angewendet werden.

6) Die Werte dieser beiden Spalten gelten für die Kriechstrecken gedruckter Schaltungen.

ANMERKUNG 1 Bekanntlich tritt keine Kriechwegbildung oder Aushöhlung bei Isolierstoffen auf, die Arbeitsspannungen bis 32 V ausgesetzt sind. Jedoch ist die Gefahr der elektrolytischen Korrosion zu beachten, und aus diesem Grund wurden Mindestkriechstrecken festgelegt.

ANMERKUNG 2 Die gewählten Spannungswerte entsprechen der Reihe R10.

Anhang A (normativ)

Größe und kleinste Anschlussquerschnitte für Kupferleiter (siehe 7.1.3.2)

Die nachstehende Tabelle gilt für den Anschluss eines Kupferleiters je Anschlussstelle.

Tabelle A.1

Bemessungsstrom	Ein- und mehrdrähtige Leiter		Feindrähtige Leiter	
	Querschnitte		Querschnitte	
	min.	max.	min.	max.
A	mm ²		mm ²	
6	0,75	1,5	0,5	1,5
8	1	2,5	0,75	2,5
10	1	2,5	0,75	2,5
12	1	2,5	0,75	2,5
16	1,5	4	1	4
20	1,5	6	1	4
25	2,5	6	1,5	4
32	2,5	10	1,5	6
40	4	16	2,5	10
63	6	25	6	16
80	10	35	10	25
100	16	50	16	35
125	25	70	25	50
160	35	95	35	70
200	50	120	50	95
250	70	150	70	120
315	95	240	95	185
ANMERKUNG 1 Wenn die äußeren Zuleitungen direkt an eingebaute Geräte angeschlossen werden, gelten die in den einschlägigen Bestimmungen festgelegten Querschnitte.				
ANMERKUNG 2 Wenn andere Leiterquerschnitte, als in der Tabelle angegeben, erforderlich sind, muss eine besondere Vereinbarung zwischen Hersteller und Anwender getroffen werden.				

Anhang B (normativ)

Verfahren für die Querschnittsberechnung von Schutzleitern im Hinblick auf thermische Beanspruchung durch Ströme von kurzer Dauer (Weitere Einzelheiten siehe IEC 60364-5-54)

Der Querschnitt von Schutzleitern, die den thermischen Beanspruchungen von Strömen während einer Dauer von 0,2 s bis 5 s standhalten müssen, ist mit folgender Gleichung zu berechnen:

$$S_p = \frac{\sqrt{I^2 \times t}}{k}$$

Dabei ist:

S_p Mindestquerschnitt in Quadratmillimetern;

I Wert des Kurzschlusswechselstromes (Effektivwert) bei einem Fehler mit vernachlässigbarer Impedanz, der durch die Kurzschlusseinrichtung fließen kann, in Ampere;

t Ausschaltzeit der Abschalteinrichtung in Sekunden;

ANMERKUNG Der strombegrenzende Effekt der Impedanzen des Stromkreises und die strombegrenzenden Eigenschaften der Schutzeinrichtung (I^2t) sollten berücksichtigt werden.

k Faktor, der vom Werkstoff des Schutzleiters, von der Isolierung und anderen Teilen sowie von der Anfangs- und Endtemperatur abhängt.

Tabelle B.1 – Werte des Faktors k von isolierten Schutzleitern, die nicht in Kabeln/Leitungen enthalten sind oder für blanke Schutzleiter in Verbindung mit der Kabelumhüllung

	Isolierung von Schutzleiter oder Kabelumhüllung		
	PVC	VPE EPR blanke Leiter	IIK
Grenztemperatur des Leiters	160 °C	250 °C	220 °C
	Faktor k		
Leiterwerkstoff:			
Kupfer	143	176	166
Aluminium	95	116	110
Stahl	52	64	60
ANMERKUNG Die Anfangstemperatur des Leiters ist mit 30 °C angenommen.			

Anhang C

(gestrichen)

Anhang D (informativ)

Formen der inneren Unterteilung (siehe 7.7)

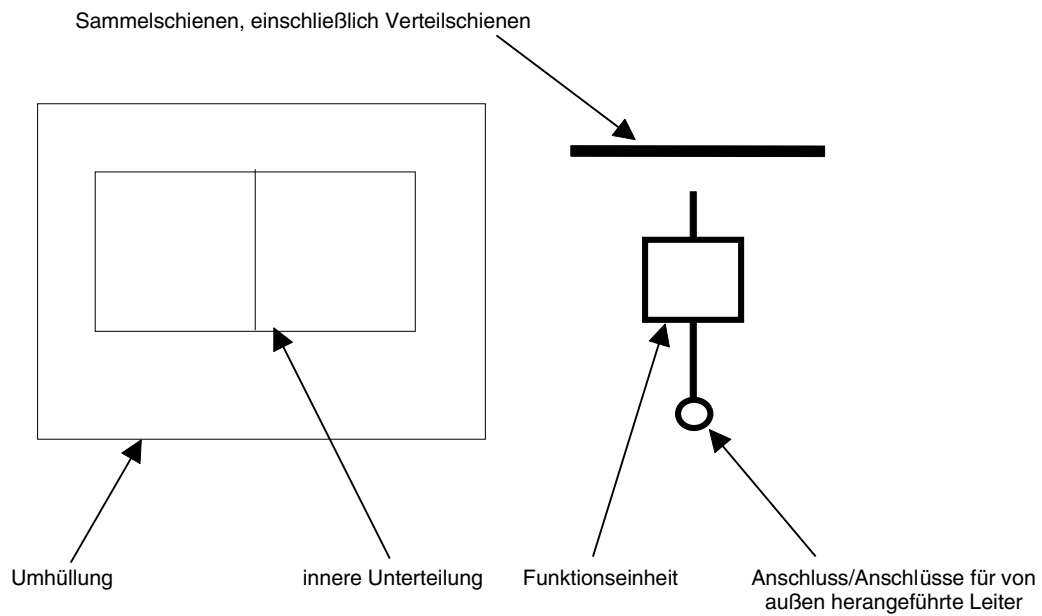
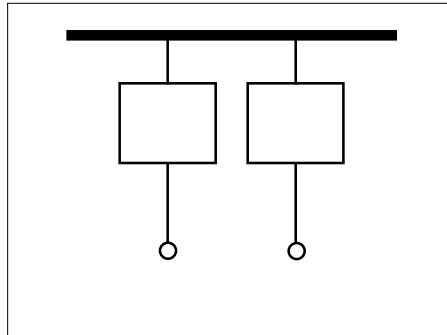


Bild D.1 – Zeichenerklärung zu den Bildern D.2

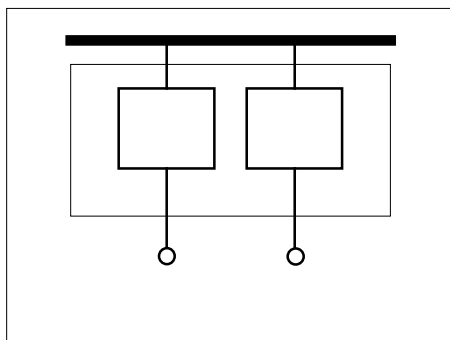
Form 1

Keine innere Unterteilung

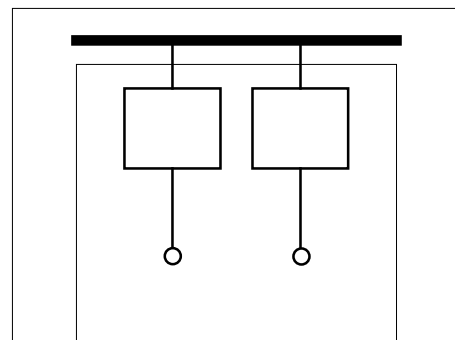


Form 2

Unterteilung zwischen Sammelschienen und Funktionseinheiten



Form 2a:
Keine Unterteilung zwischen Anschlüssen und
Sammelschienen

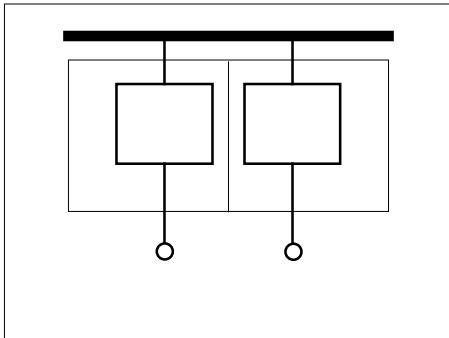


Form 2b:
Unterteilung zwischen Anschlüssen und
Sammelschienen

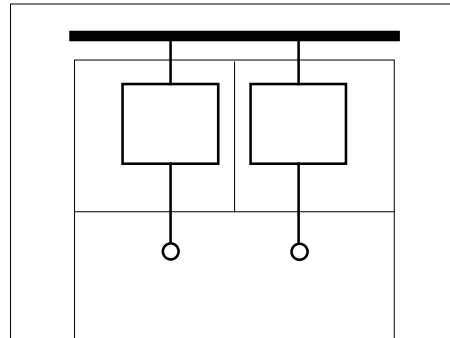
Bild D.2 – Formen 1 und 2

Form 3

Unterteilung zwischen Sammelschienen und allen Funktionseinheiten
 +
 Unterteilung zwischen allen Funktionseinheiten untereinander
 +
 Unterteilung zwischen den Anschlüssen für von außen herangeführte Leiter und den Funktionseinheiten, aber nicht zwischen den Anschlüssen der Funktionseinheiten



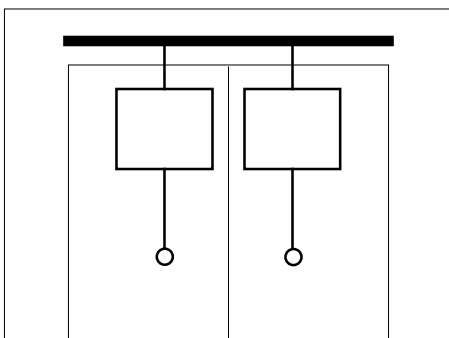
Form 3a
Keine Unterteilung zwischen Anschlüssen und Sammelschienen



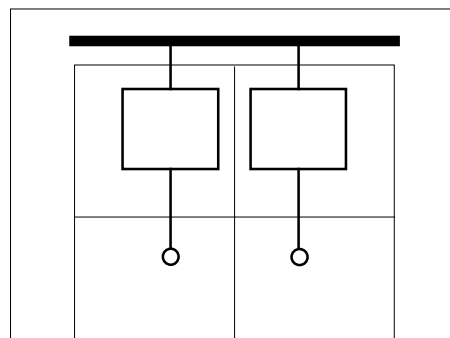
Form 3b
Unterteilung zwischen Anschlüssen und Sammelschienen

Form 4

Unterteilung zwischen Sammelschienen und allen Funktionseinheiten
 +
 Unterteilung zwischen allen Funktionseinheiten untereinander
 +
 Unterteilung zwischen den Anschlüssen für von außen herangeführte Leiter, die einer Funktionseinheit zugeordnet sind, und den Anschlüssen aller anderen Funktionseinheiten sowie der Sammelschienen



Form 4a
Anschlüsse in derselben Unterteilung wie die angeschlossene Funktionseinheit



Form 4b
Anschlüsse nicht in derselben Unterteilung wie die angeschlossene Funktionseinheit

Bild D.2 – Formen 3 und 4

Anhang E (informativ)

Punkte, die Vereinbarungen zwischen Hersteller und Anwender zum Inhalt haben

Abschnitt
dieser Norm

- 4.7 Bemessungsbelastungsfaktor
- 6.1.1.2 (Anmerkung) Verwendung von Schaltgerätekombinationen in arktischem Klima
- 6.1.3 (Anmerkung) Verwendung elektronischer Betriebsmittel/Bauteile in Höhenlagen über 1000 m über N.N.
- 6.2 Besondere Betriebsbedingungen
- 6.2.10 Elektrische und gestrahlte Störeinflüsse
- 6.3.1 Bedingungen während des Transportes, der Lagerung und der Aufstellung
- 7.1.3 Anschlüsse für von außen eingeführte Leiter
- 7.2.1.1 IP-Schutzart für die aufgestellte und angeschlossene Schaltgerätekombination. Für auf dem Boden befestigte Schaltgerätekombinationen auch die IP-Schutzart für die Befestigungsfläche
- 7.4.2 Wahl der Schutzmaßnahme gegen direktes Berühren
- 7.4.3 Wahl der Schutzmaßnahme bei indirektem Berühren
- 7.4.6 Zugängigkeit für berechtigte Personen während des Betriebes
- 7.4.6.1 Zugängigkeit für Überwachung und ähnliche Handlungen
- 7.4.6.2 Zugängigkeit für Wartungsarbeiten
- 7.4.6.3 Zugängigkeit für Erweiterungsarbeiten unter Spannung
- 7.5.2.3 Wert des unbeeinflussten Kurzschlussstromes bei mehreren Einspeisungen oder Abgängen zu umlaufenden Maschinen großer Leistung
- 7.5.4 Koordination von Kurzschlusschutzeinrichtungen
- 7.6.4.1 Codiereinrichtung
- 7.6.4.3 IP-Schutzart nach dem Herausnehmen eines herausnehmbaren Teiles oder eines Einschubes
- 7.7 Form der inneren Unterteilung
- 7.9.1 Toleranz der Eingangsspannung für die Versorgung elektronischer Betriebsmittel
- 7.9.4 b) Abweichung von der Frequenz der Stromversorgung
- 8.2.1.3.4 Erwärmungsprüfung für Werte des Prüfstromes über 3150 A
- 8.2.1.6 Umgebungstemperatur für die Erwärmungsprüfung
- 8.2.3.2.3 d) Werte des Stromes für Kurzschlussprüfung des Neutralleiters
- 8.3.1 Funktionsprüfungen

Anhang F (normativ)

Messung von Kriechstrecken und Luftstrecken *

F.1 Grundregeln

Die Breite x der Nuten in den [Beispielen 1 bis 11](#) gilt generell für alle Beispiele mit folgender Abhängigkeit vom Verschmutzungsgrad:

Verschmutzungsgrad	Kleinste Breite x von Nuten mm
1	0,25
2	1,0
3	1,5
4	2,5

Wenn die zugehörige Luftstrecke kleiner als 3 mm ist, darf die kleinste Breite auf ein Drittel dieser Luftstrecke reduziert werden.

Die Regeln für die Messung der Kriech- und Luftstrecken sind in den folgenden [Beispielen 1 bis 11](#) angegeben. Diese Beispiele unterscheiden nicht zwischen Spalten und Nuten oder zwischen der Art der Isolation.

Weiterhin gilt:

- jede Ecke wird mit einem Isolierstück von x mm Breite als überbrückt angenommen, das in der ungünstigsten Stellung angebracht ist (siehe [Beispiel 3](#));
- ist die obere Breite der Nut x mm oder mehr, wird die Kriechstrecke entlang den Konturen der Nut gemessen (siehe [Beispiel 2](#));
- Kriech- und Luftstrecken zwischen sich zueinander bewegenden Teilen werden in der Lage gemessen, in der sie die ungünstigste Stellung haben.

F.2 Anwendung von Rippen

Wegen ihres Einflusses auf die Verschmutzung und ihres guten Einflusses auf die Trocknung vermindern Rippen das Entstehen von Ableitströmen erheblich. Kriechstrecken können deshalb auf das 0,8fache des geforderten Wertes reduziert werden, sofern die kleinste Höhe der Rippen 2 mm beträgt.

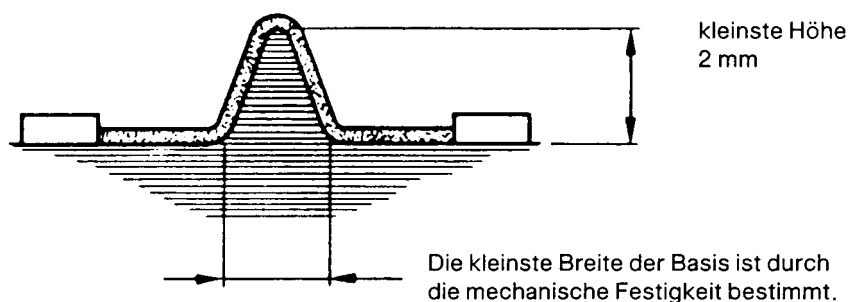
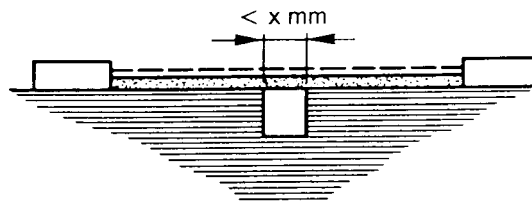


Bild F.1 – Messung von Rippen

* Dieser Anhang F ist identisch mit Anhang G von IEC 60947-1.

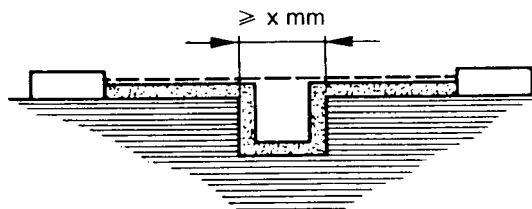
Beispiel 1



Bedingung: Diese Kriechstrecke schließt die Nut mit parallelen oder schrägen Seiten beliebiger Tiefe mit einer Breite kleiner als x mm ein.

Regel: Luft- und Kriechstrecken werden direkt, wie gezeigt, über die Nut gemessen.

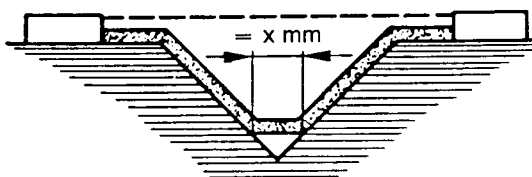
Beispiel 2



Bedingung: Diese Kriechstrecke schließt eine Nut mit parallelen Seiten beliebiger Tiefe und einer Breite von gleich oder größer x mm ein.

Regel: Die Luftstrecke ist der kürzeste Abstand. Die Kriechstrecke folgt den Konturen der Nut.


Beispiel 3



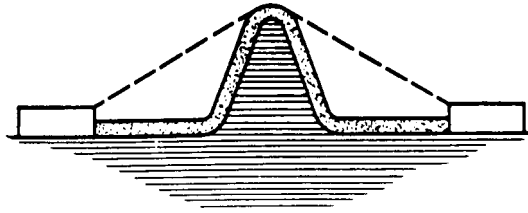
Bedingung: Diese Kriechstrecke schließt eine V-förmige Nut mit einer Breite größer als x mm ein.

Regel: Die Luftstrecke ist der kürzeste Abstand. Die Kriechstrecke folgt der Kontur der Nut, aber der Boden der Nut wird mit x mm Länge angenommen.

--- Luftstrecke

 Kriechstrecke

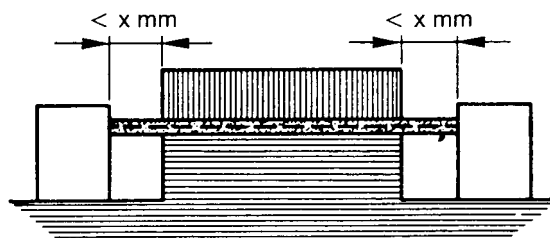
Beispiel 4



Bedingung: Diese Kriechstrecke schließt eine Rippe ein.

Regel: Die Luftstrecke ist der kürzeste Luftweg über die Spitze der Rippe. Die Kriechstrecke folgt der Kontur der Rippe.

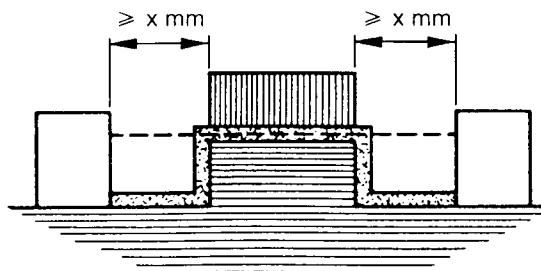
Beispiel 5



Bedingung: Diese Kriechstrecke schließt eine unverklebte Fuge mit Nuten kleiner als x mm Breite auf jeder Seite ein.

Regel: Die Luft- und Kriechstrecken sind der kürzeste Abstand.

Beispiel 6



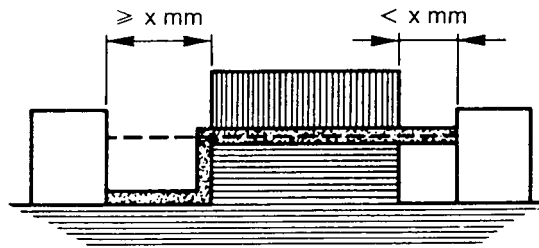
Bedingung: Diese Kriechstrecke schließt eine unverklebte Fuge mit Nuten größer oder gleich x mm Breite auf jeder Seite ein.

Regel: Die Luftstrecke ist der kürzeste Abstand. Die Kriechstrecke folgt der Kontur der Nut.

--- Luftstrecke

 Kriechstrecke

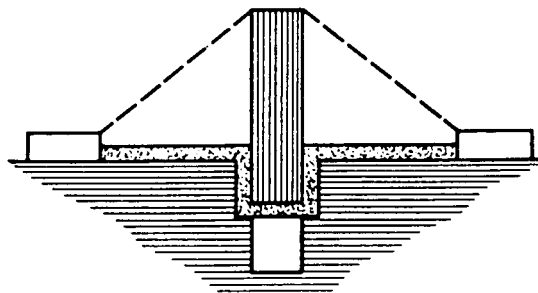
Beispiel 7



Bedingung: Diese Kriechstrecke schließt eine unverklebte Fuge mit einer Nut kleiner als x mm Breite auf der einen Seite und einer Nut größer als x mm Breite auf der anderen Seite ein.

Regel: Der Verlauf der Luft- und Kriechstrecken ist wie dargestellt.

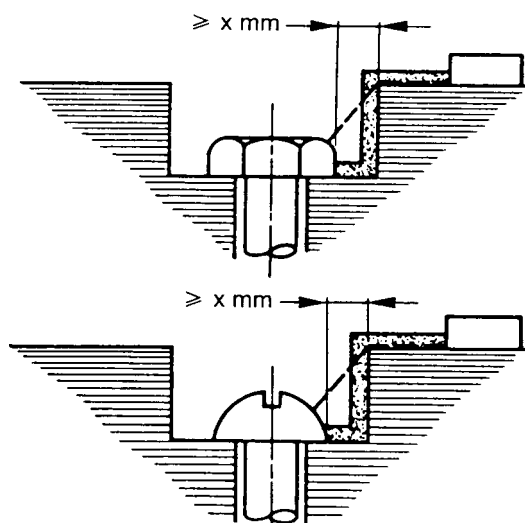
Beispiel 8



Bedingung: Die Kriechstrecke über die unverklebte Rippe in einer Nut ist geringer als die Kriechstrecke über die Rippe.

Regel: Die Luftstrecke ist der kürzeste Luftweg über die Spitze der Rippe.

Beispiel 9



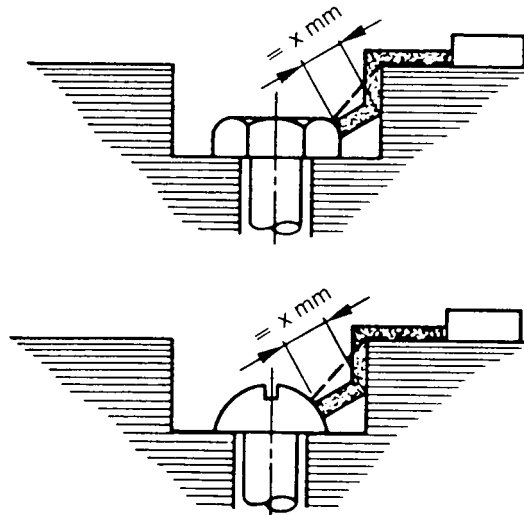
Bedingung: Der Abstand des Schraubenkopfes von den Wänden der Vertiefung ist groß genug, um berücksichtigt zu werden.

Regel: Der Verlauf der Luft- und Kriechstrecken ist wie dargestellt.

— — — — — Luftstrecke

 Kriechstrecke

Beispiel 10

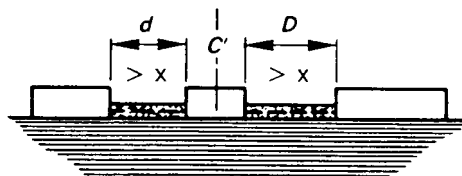


Bedingung: Der Abstand des Schraubenkopfes von den Wänden der Vertiefung ist zu klein, um berücksichtigt zu werden.

Regel: Die Messung der Kriechstrecke erfolgt, wenn der Abstand des Schraubenkopfes zur Wand x mm ist.

Beispiel 11


C' potentialfrei



Die Luftstrecke ist $d + D$

Die Kriechstrecke ist ebenfalls $d + D$

--- Luftstrecke

 Kriechstrecke

Anhang G (normativ)

Zusammenhang zwischen der Nennspannung des Versorgungsnetzes und der Bemessungsstoßspannungsfestigkeit von Betriebsmitteln *

Einführung

Dieser Anhang gibt die erforderlichen Informationen zur Auswahl von Betriebsmitteln für die Verwendung in elektrischen Systemen oder Teilen davon.

Die [Tabelle G.1](#) bietet Beispiele für die Beziehung zwischen der Nennspannung des Versorgungsnetzes und der zugehörigen Bemessungsstoßspannungsfestigkeit des Betriebsmittels.


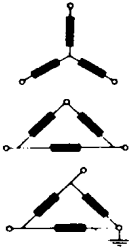


Die in [Tabelle G.1](#) angegebenen Bemessungsstoßspannungsfestigkeiten basieren auf den kennzeichnenden Verhaltensmerkmalen der Überspannungsableiter. Die Werte der [Tabelle G.1](#) basieren auf den kennzeichnenden Merkmalen nach IEC 60099-1.

Es sollte beachtet werden, dass die Begrenzung von Überspannungen unter Bezug auf die Werte der [Tabelle G.1](#) auch durch Bedingungen im System erreicht werden kann, wie das Vorhandensein geeigneter Impedanzen oder Kabel-/Leitungslängen.

In den Fällen, in denen die Begrenzungen der Überspannungen durch andere Mittel als Überspannungsableiter erreicht wird, wird ein Leitfaden für den Zusammenhang zwischen der Nennspannung des Versorgungsnetzes und der Bemessungsstoßspannungsfestigkeit der Betriebsmittel in IEC 60364-4-443 gegeben.

* Dieser Anhang ist identisch mit Anhang H von IEC 60947-1.

**Tabelle G.1 – Zusammenhang zwischen Nennspannung
der Stromversorgung und der Bemessungsstoßspannungsfestigkeit
des Gerätes bei Schutz durch Überspannungsableiter nach IEC 60099-1**

Größte Bemessungsbetriebsspannung gegen Erde; Effektivwert AC oder DC V	Nennspannung des Stromversorgungsnetzes (≤ Bemessungsisolationsspannung des Gerätes)				Vorzugswerte der Bemessungsstoßspannungsfestigkeit in kV (1,2/50 µs) bei 2000 m über N.N.			
	 Effektivwert AC	 Effektivwert AC	 Effektivwert AC oder DC	 Effektivwert AC oder DC	Überspannungskategorie			
					IV Stromver- sorgungs- ebene (Ein- speisung)	III Ver- teilungs- ebene	II Lastebene (Instal- lations- bereich)	I Besonders geschützte Bereiche
50	–	–	12,5, 24, 25, 30, 42, 48	–	1,5	0,8	0,5	0,33
100	66/115	66	60	–	2,5	1,5	0,8	0,5
150	120/208 127/220	115, 120 127	110, 120	220–110 240–120	4	2,5	1,5	0,8
300	220/380 230/400 240/415 260/440 277/480	220, 230 240, 260 277	220	440–220	6	4	2,5	1,5
600	347/600 380/660 400/690 415/720 480/830	347, 380 400, 415 440, 480 500, 577 600	480	960–480	8	6	4	2,5
1000	–	660 690, 720 830, 1000	1000	–	12	8	6	4

Anhang H (normativ)

Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

H.1 Allgemeines

Dieser Anhang ist für elektromagnetische Verträglichkeit von Schaltgerätekombinationen anzuwenden, die elektronische Schaltungen enthalten, die nicht mit 7.10.2 übereinstimmen.

Die Abschnittsnummerierung dieses Anhangs stimmt mit der des Hauptteils der Norm überein.

H.2 Begriffe

H.2.11.1

Port

en: port

fr: accès

besondere Schnittstelle zwischen dem spezifizierten Betriebsmittel und der externen elektromagnetischen Umgebung (siehe Bild H.1)



Bild H.1 – Beispiele für Ports

H.2.11.2

Umhüllungsport

en: enclosure port

fr: accès par l'enveloppe

physikalische Grenze des Betriebsmittels, von der elektromagnetische Felder ausgestrahlt werden oder auf die sie einwirken

H.2.11.3

Leitungsport

en: cable port

fr: accès par les bornes de câbles

Port, an dem ein Leiter oder eine Leitung an das Betriebsmittel angeschlossen wird

ANMERKUNG Beispiele sind Signalports, die für die Übertragung von Daten verwendet werden.

H.2.11.4

Funktionserdungsport

en: functional earth port

fr: accès par la borne de terre

Port, der kein Signal-, Steuerungs- oder Versorgungsport ist und für eine Erdverbindung vorgesehen ist, die einen anderen Zweck hat als elektrische Sicherheit

H.2.11.5

Signalport

Port, an dem ein Leiter oder eine Leitung an das Betriebsmittel angeschlossen wird, der/die Informationen zur Datenübertragung überträgt

ANMERKUNG Beispiele sind Datenbusse, Kommunikationsnetzwerke, Steuerungsnetzwerke.

H.2.11.6

Versorgungsport

en: power port

fr: accès par l'alimentation

Port, an dem ein Leiter oder eine Leitung an das Betriebsmittel angeschlossen wird, der/die die elektrische Primärenergie zum Betrieb (zur Funktion) eines Betriebsmittels oder verbundener Betriebsmittel trägt

H.8.2.8 Prüfungen der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV)

Funktionseinheiten in der Schaltgerätekombination, die nicht die Anforderungen von [7.10.2 a\) und b\)](#) erfüllen, müssen, wenn zutreffend, folgenden Prüfungen unterworfen werden.

Störaussendungs- und Störfestigkeitsprüfungen müssen in Übereinstimmung mit den entsprechenden EMV-Normen durchgeführt werden (siehe [Tabellen H.1, H.2, H.3 und H.4](#)); der Hersteller muss jedoch, falls erforderlich, alle zusätzlichen Maßnahmen angeben, die zum Nachweis der Leistungskriterien der Schaltgerätekombination erforderlich sind (z. B. die Anwendung von Verweilzeiten).

H.8.2.8.1 Störfestigkeitsprüfung

H.8.2.8.1.1 Schaltgerätekombinationen, die keine elektronischen Schaltungen enthalten

Es sind keine Prüfungen erforderlich. Siehe [7.10.3.1](#).

H.8.2.8.1.2 Schaltgerätekombinationen, die elektronische Schaltungen enthalten

Die Prüfungen müssen entsprechend den Umgebungen A oder B durchgeführt werden. Die Werte sind in den [Tabellen H.3 und/oder H.4](#) aufgeführt, außer für den Fall, dass vom Hersteller der elektronischen Betriebsmittel ein anderer Prüfschärfegrad angegeben ist und dies begründet wurde.

Die Leistungskriterien müssen vom Hersteller der Schaltgerätekombination basierend auf den Anerkennungskriterien in [Tabelle H.5](#) angegeben werden.

H.8.2.8.2 Störaussendungsprüfungen

H.8.2.8.2.1 Schaltgerätekombinationen, die keine elektronischen Schaltungen enthalten

Es sind keine Prüfungen erforderlich. Siehe [7.10.4.1](#).

H.8.2.8.2.2 Schaltgerätekombinationen, die elektronische Schaltungen enthalten

Der Hersteller der Schaltgerätekombination muss die angewendeten Prüfverfahren angeben, siehe [7.10.4.2](#).

Tabelle H.1 – Störaussendungsgrenzen für die Umgebung A

Prüfgegenstand	Frequenzbereich MHz ^{a)}	Grenzwerte	Referenznorm
Gestrahlte Störaussendung	30 bis 230	30 dB (µV/m) Quasispitzenwert bei 30 m ^{b)}	IEC 61000-6-4 oder CISPR 11 Klasse A, Gruppe 1
	230 bis 1000	37 dB (µV/m) Quasispitzenwert bei 30 m ^{b)}	
Leitungsgeführte Störaussendung	0,15 bis 0,5	79 dB (µV) Quasispitzenwert 66 dB (µV) Mittelwert	
	0,5 bis 5	73 dB (µV) Quasispitzenwert 60 dB (µV) Mittelwert	
	5 bis 30	73 dB (µV) Quasispitzenwert 60 dB (µV) Mittelwert	
Anmerkung Die in dieser Tabelle angegebenen Grenzwerte wurden ohne Änderung aus CISPR 11 übernommen.			
^{a)} Der untere Grenzwert gilt bei der Übergangsfrequenz.			
^{b)} Darf in einem Abstand von 10 m gemessen werden, wobei die Grenzwerte um 10 dB zu erhöhen sind oder in einem Abstand von 3 m, wobei die Grenzwerte um 20 dB zu erhöhen sind.			

Tabelle H.2 – Störaussendungsgrenzen für die Umgebung B

Prüfgegenstand	Frequenzbereich MHz ^{a)}	Grenzwerte	Referenznorm	
Gestrahlte Störaussendung	30 bis 230	30 dB (µV/m) Quasispitzenwert bei 10 m ^{b)}	IEC 61000-6-3 oder CISPR 11 Klasse B, Gruppe 1	
	230 bis 1000	37 dB (µV/m) Quasispitzenwert bei 10 m ^{b)}		
Leitungsgeführte Störaussendung	0,15 bis 0,5 Die Grenzwerte nehmen linear mit dem Logarithmus der Frequenz ab.	66 dB (µV) – 56 dB (µV) Quasispitzenwert 56 dB (µV) – 46 dB (µV) Mittelwert		
	0,5 bis 5	56 dB (µV) Quasispitzenwert 46 dB (µV) Mittelwert		
	5 bis 30	60 dB (µV) Quasispitzenwert 50 dB (µV) Mittelwert		
Anmerkung Die in dieser Tabelle angegebenen Grenzwerte wurden ohne Änderung aus CISPR 11 übernommen.				
^{a)} Der untere Grenzwert gilt bei der Übergangsfrequenz.				
^{b)} Darf in einem Abstand von 3 m gemessen werden, wobei die Grenzwerte um 10 dB zu erhöhen sind.				

Tabelle H.3 – Prüfungen der EMV-Störfestigkeit für Umgebung A
(siehe H.8.2.8.1)

Prüfgegenstand	Geforderter Prüfschärfegrad	Leistungskriterium ^{c)}
Prüfung der Störfestigkeit gegen die Entladung statischer Elektrizität IEC 61000-4-2	± 8 kV / Luftentladung oder ± 4 kV / Kontaktentladung	B
Prüfung der Störfestigkeit gegen hochfrequente elektromagnetische Felder IEC 61000-4-3 bei 80 MHz bis 1 GHz und 1,4 GHz bis 2 GHz	10 V/m	A
Prüfung der Störfestigkeit gegen schnelle transiente elektrische Störgrößen/Burst IEC 61000-4-4	± 2 kV an Versorgungspports ± 1 kV an Signalports einschließlich Hilfsstromkreisen	B
1,2/50 µs 8/20 µs Prüfung der Störfestigkeit gegen Stoßspannungen IEC 61000-4-5 ^{a)}	± 2 kV (Leiter gegen Erde) ± 1 kV (Leiter gegen Leiter)	B
Prüfung der Störfestigkeit gegen leitungsgeführte hochfrequente elektromagnetische Felder IEC 61000-4-6 bei 150 kHz bis 80 MHz	10 V	A
Störfestigkeit gegen netzfrequente elektromagnetische Felder IEC 61000-4-8	30 A/m ^{b)}	A
Störfestigkeit gegen Spannungseinbrüche und Kurzzeitunterbrechungen IEC 61000-4-11	30 % Reduktion für 0,5 Zyklen 60 % Reduktion für 5 und 50 Zyklen > 95 % Reduktion für 250 Zyklen	B C C
Störfestigkeit gegen Oberschwingungen in der Versorgung IEC 61000-4-13	Keine Anforderungen	
^{a)} Für Geräte und/oder für Ein-/Ausgangsanschlüsse mit einer Bemessungsgleichspannung kleiner oder gleich 24 V sind keine Prüfungen erforderlich. ^{b)} Anwendbar nur für Betriebsmittel, die Geräte enthalten, die empfindlich gegen magnetische Felder sind. ^{c)} Die Leistungskriterien sind unabhängig von der Umgebung. Siehe Tabelle H.5 .		

Tabelle H.4 – Prüfungen der EMV-Störfestigkeit für Umgebung B
(siehe H.8.2.8.1)

Prüfgegenstand	Geforderter Prüfschärfegrad	Leistungskriterium ^{c)}
Prüfung der Störfestigkeit gegen die Entladung statischer Elektrizität IEC 61000-4-2	± 8 kV / Luftentladung oder ± 4 kV / Kontaktentladung	B
Prüfung der Störfestigkeit gegen hochfrequente elektromagnetische Felder IEC 61000-4-3 bei 80 MHz bis 1 GHz und 1,4 GHz bis 2 GHz	3 V/m	A
Prüfung der Störfestigkeit gegen schnelle transiente elektrische Störgrößen/Burst IEC 61000-4-4	± 1 kV an Versorgungsports $\pm 0,5$ kV an Signalports einschließlich Hilfsstromkreisen	B
1,2/50 μ s und 8/20 μ s Prüfung der Störfestigkeit gegen Stoßspannungen IEC 61000-4-5 ^{a)}	$\pm 0,5$ kV (Leiter gegen Erde) ausgenommen Netzversorgungsports, für die ± 1 kV gilt (Leiter gegen Erde) $\pm 0,5$ kV (Leiter gegen Leiter)	B
Prüfung der Störfestigkeit gegen leitungsgeführte hochfrequente elektromagnetische Felder IEC 61000-4-6 bei 150 kHz bis 80 MHz	3 V	A
Störfestigkeit gegen netzfrequente elektromagnetische Felder IEC 61000-4-8	3 A/m ^{b)}	A
Störfestigkeit gegen Spannungseinbrüche und Kurzzeitunterbrechungen IEC 61000-4-11 ^{d)}	30 % Reduktion für 0,5 Zyklen 60 % Reduktion für 5 Zyklen > 95 % Reduktion für 250 Zyklen	B C C
Störfestigkeit gegen Oberschwingungen in der Versorgung IEC 61000-4-13	Keine Anforderungen	
^{a)} Für Geräte und/oder für Ein-/Ausgangsanschlüsse mit einer Bemessungsgleichspannung kleiner oder gleich 24 V sind keine Prüfungen erforderlich. ^{b)} Anwendbar nur für Betriebsmittel, die Geräte enthalten, die empfindlich gegen magnetische Felder sind. ^{c)} Die Leistungskriterien sind unabhängig von der Umgebung. Siehe Tabelle H.5 . ^{d)} Anwendbar nur für Netzversorgungsports.		

Tabelle H.5 – Anerkennungskriterien bei Vorliegen elektromagnetischer Störungen

Merkmal	Anerkennungskriterien (während der Prüfung: Leistungskriterien)		
	A	B	C
Gesamtverhalten	Keine merklichen Änderungen der Betriebseigenschaften. Betrieb wie vorgesehen.	Zeitweise Absenkung oder Verlust des Verhaltens, selbstheilend.	Zeitweise Absenkung oder Verlust des Verhaltens, verlangt den Eingriff des Bedieners oder das Zurücksetzen des Systems. ^{a)}
Funktion der Hauptstromkreise und Steuerstromkreise	Keine Störung.	Zeitweise Absenkung oder Verlust des Verhaltens, selbstheilend. ^{a)}	Zeitweise Absenkung oder Verlust des Verhaltens, verlangt den Eingriff des Bedieners oder das Zurücksetzen des Systems. ^{a)}
Funktion der Anzeigen und Steuertableau	Keine Änderungen im sichtbaren Informationsgehalt der Anzeigen. Nur geringfügige Schwankungen in der Lichtintensität der LEDs oder geringfügige Bewegungen der Buchstaben.	Zeitweise sichtbare Änderungen oder Verlust an Informationsgehalt. Unbeabsichtigtes Aufleuchten von LED.	Abschalten. Dauernder Verlust der Anzeige oder Falschinformation. Unzulässiger Betriebszustand. Nicht selbstheilend.
Informationsverarbeitende und messwertaufnehmende Funktionen	Ungestörte Kommunikation und ungestörter Datenaustausch zu externen Geräten.	Zeitweise gestörte Kommunikation, möglicherweise Fehlermeldungen von internen und externen Geräten.	Fehlerhafte Informationsverarbeitung. Verlust von Daten und/oder Informationsgehalt. Fehler in der Kommunikation. Nicht selbstheilend.
^{a)} Besondere Anforderungen müssen in den Produktnormen festgelegt werden.			

Literaturhinweise

IEC 60050(195), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 195: Earthing and protection against electric shock*

IEC 60050(601), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 601: Generation, transmission and distribution of electricity – General*

IEC 60050(826), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 826: Electrical installations of buildings*

IEC 60364-5-537:1981, *Electrical installations of buildings – Part 5: Selection and erection of electrical equipment – Chapter 53: Switchgear and controlgear – Section 537: Devices for isolation and switching*

ANMERKUNG Zusammen mit deren Änderung 1:1989 harmonisiert als HD 384.5.537 S2:1998 (modifiziert).

IEC 61000-6-1:1997, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-1: Generic standards – Immunity for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 61000-6-2:1999, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments*

Anhang ZA (normativ)

Normative Verweisungen auf Internationale Publikationen mit ihren entsprechenden Europäischen Publikationen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen zu dieser Europäischen Norm nur, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

ANMERKUNG: Wenn Internationale Publikationen durch gemeinsame Abänderungen geändert wurden, durch (mod) angegeben, gelten die entsprechenden EN/HD.

<u>Publikation</u>	<u>Jahr</u>	<u>Titel</u>	EN/HD	Jahr
IEC 60038 (mod)	1983	IEC Standard voltages ¹⁾	HD 472 S1	1989
IEC 60050-441	1984	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses	–	–
IEC 60050-471	1984	Chapter 471: Insulators	–	–
IEC 60050-604	1987	Chapter 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation	–	–
IEC 60060	Reihe	High-voltage techniques	HD 588.1 S1 EN 60060-2 +A11	1991 1994 1998
IEC 60071-1	1976 ²⁾	Insulation co-ordination Part 1: Terms, definitions, principles and rules	–	–
IEC 60073	1996	Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Coding principles for indication devices and actuators	EN 60073	1996
IEC 60099-1	1991	Surge arresters – Part 1: Non-linear resistor type gapped surge arresters for a.c. systems	EN 60099-1	1994
IEC 60112	1979	Method for determining the comparative and the proof tracking indices of solid insulating materials under moist conditions	HD 214 S2	1980
IEC 60146-2	1974	Semiconductor convertors Part 2: Semiconductor self-commutated convertors	–	–
IEC 60158-2 (mod)	1982	Low-voltage controlgear Part 2: Semiconductor contactors (solid state contactors)	HD 419.2 S1	1987
IEC 60204-1	1997	Safety of machinery – Electrical equipment of machines Part 1: General requirements	EN 60204-1 + Corr. September	1997 1998
IEC 60227-3 (mod)	1993	Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V Part 3: Non-sheathed cables for fixed wiring	HD 21.3 S3	1995

¹⁾ Der Titel des HD 472 S1 lautet: Nennspannungen für öffentliche Niederspannungsnetze.

²⁾ IEC 60071-1:1993 ist harmonisiert als EN 60071-1:1995.

Publikation	Jahr	Titel	EN/HD	Jahr
IEC 60227-4	1992 ³⁾	Part 4: Sheathed cables for fixed wiring	–	–
IEC 60245-3	1994 ⁴⁾	Rubber insulated cables Rated voltages up to and including 450/750 V Part 3: Heat resistant silicone insulated cables	–	–
IEC 60245-4 (mod)	1994	Part 4: Cords and flexible cables	HD 22.4 S3	1995
IEC 60269	Reihe	Low-voltage fuses	EN 60269 HD 630	Reihe Reihe
IEC 60364-3 (mod)	1993	Electrical installations of buildings Part 3: Assessment of general characteristics	HD 384.3 S2	1995
IEC 60364-4-41 (mod)	1992	Part 4: Protection for safety Chapter 41: Protection against electric shock	HD 384.4.41 S2	1996
IEC 60364-4-443 (mod)	1995	Chapter 44: Protection against overvoltages Section 443: Protection against overvoltages of atmospheric origin or due to switching	HD 384.4.443 S1	1999
IEC 60364-4-46 (mod)	1981	Chapter 46: Isolation and switching	HD 384.5.46 S1	1987
IEC 60364-5-54 (mod)	1980	Part 5: Selection and erection of electrical equipment Chapter 54: Earthing arrangements and protective conductors	HD 384.5.54 S1	1988
IEC 60417	1973	Graphical symbols for use on equipment – Index, survey and compilation of the single sheets	HD 243 S12 ⁵⁾	1995
IEC 60445	1988	Identification of equipment terminals and of terminations of certain designated conductors, including general rules for an alphanumeric system	EN 60445	1990
IEC 60446	1989 ⁶⁾	Identification of conductors by colours or numerals	–	–
IEC 60447	1993	Man-machine interface (MMI) – Actuating principles	EN 60447	1993
IEC 60502	1994	Extruded solid dielectric insulated power cables for rated voltages from 1 kV up to 30 kV	–	–
IEC 60529	1989	Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)	EN 60529 + Corr. Mai	1991 1993
IEC 60664-1 (mod)	1992	Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests	HD 625.1 S1 + Corr. Nov.	1996 1996
IEC 60695-2-10	2000	Fire hazard testing Part 2-10: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire apparatus and common test procedure	EN 60695-2-10	2001
IEC 60695-2-11	2000	Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire flammability test method for end-products	EN 60695-2-11	2001
IEC 60865	Reihe	Short-circuit currents – Calculation of effects	EN 60865	Reihe
IEC 60890 + Corr. März + A1	1987 1988 1995	A method of temperature-rise assessment by extrapolation for partially type tested assemblies (PTTA) of low-voltage switchgear and controlgear	HD 528 S2	1997

³⁾ IEC 60227-4:1979, mod., ist harmonisiert als HD 21.4 S2:1990.

⁴⁾ IEC 60245-3:1980, mod., ist harmonisiert als HD 22.3 S3:1995.

⁵⁾ HD 243 S12 enthält die Ergänzungen A:1974 bis M:1994 zu IEC 60417.

⁶⁾ IEC 60446:1999 ist harmonisiert als EN 60446:1999.

Publikation	Jahr	Titel	EN/HD	Jahr
IEC 60947-1 (mod)	1988	Low-voltage switchgear and controlgear Part 1: General rules (Corrigendum 1992)	EN 60947-1 ⁷⁾ + Corr. Juni	1991 1997
IEC 60947-3	1999	Part 3: Switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units	EN 60947-3	1999
IEC 60947-4-1	1990	Part 4: Contactors and motor-starters – Section 1: Electromechanical contactors and motor-starters	EN 60947-4-1 + Corr. Juni	1992 1997
IEC 61000-3-2 (mod)	2000	Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits – Limits for harmonic current emissions (equipment input current up to and including 16 A per phase)	EN 61000-3-2	2000
IEC 61000-4-2	1995	Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement and techniques – Electrostatic discharge immunity test – Basic EMC publication	EN 61000-4-2	1995
IEC 61000-4-3	2002	Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test	EN 61000-4-3	2002
IEC 61000-4-4	1995	Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test – Basic EMC Publication	EN 61000-4-4	1995
IEC 61000-4-5	1995	Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test	EN 61000-4-5	1995
IEC 61000-4-6	2003	Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio- frequency fields	–	–
IEC 61000-4-8	1993	Part 4-8: Testing and measurement techniques – Power frequency magnetic field immunity test	EN 61000-4-8	1993
IEC 61000-4-11	1994	Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests	EN 61000-4-11	1994
IEC 61000-4-13	2002	Part 4-13: Testing and measurement techniques – Harmonics and interharmonics including mains signalling at a.c. power port, low frequency immunity tests	EN 61000-4-13	2002
IEC 61000-6-3 (mod)	1996	Part 6-3: Generic standards – Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments	EN 61000-6-3	2001
IEC 61000-6-4 (mod)	1997	Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments	EN 61000-6-4	2001
IEC 61082	Reihe	Preparation of documents used in electrotechnology	EN 61082	Reihe
IEC 61117	1992	A method for assessing the short-circuit withstand strength of partially type-tested assemblies (PPTA)	–	–
IEC 61346-1	1996	Industrial systems, installations and equipment and industrial products – Structuring principles and reference designations Part 1: Basic rules	EN 61346-1	1996
CISPR 11 (mod) + A1	1997 1999	Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement	EN 55011 + A1	1998 1999

⁷⁾ EN 60947-1 wurde ersetzt durch EN 60947-1:1999, die auf IEC 60947-1:1999 basiert.