

Sicherheit von Maschinen - Elektrische Ausrüstung von Maschinen. Teil 1: Allgemeine Anforderungen

Sécurité des machines - Equipement électrique des machines. Partie 1: Règles générales

Safety of machinery - Electrical equipment of machines. Part 1: General requirements

Diese Norm ist die deutsche Fassung EN 60204-1:2006 [IEC 60204-1:2005, modif.]

Die Europäische Norm EN 60204-1:2006 hat den Status einer Schweizer Norm. Sie gilt in der Schweiz als anerkannte Regel der Technik.

Die EN 60204-1:2006 gilt seit: 01.06.2006.

Für die vorliegende Norm ist das Schweizerische Elektrotechnische Komitee (CES), Technisches Komitee 44 - Elektrische Ausrüstung von Maschinen für industrielle Anwendung - zuständig.

Deutsche Fassung

Sicherheit von Maschinen –
Elektrische Ausrüstung von Maschinen –
Teil 1: Allgemeine Anforderungen
(IEC 60204-1:2005, modifiziert)

Safety of machinery –
Electrical equipment of machines –
Part 1: General requirements
(IEC 60204-1:2005, modified)

Sécurité des machines –
Équipement électrique des machines –
Partie 1: Règles générales
(CEI 60204-1:2005, modifiée)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2006-06-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

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

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Vorwort

Der Text der internationalen Norm IEC 60204-1, erarbeitet vom IEC TC 44, Sicherheit von Maschinen – Elektrotechnische Aspekte, zusammen mit den gemeinsamen Modifikationen erarbeitet vom technischen Komitee CENELEC TC 44X, Sicherheit von Maschinen – Elektrotechnische Aspekte, wurde von CENELEC als EN 60204-1 am 2006-06-01 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 60204-1: 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): 2007-06-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2009-06-01

Als „normativ“ gekennzeichnete Anhänge sind Bestandteile der Norm.

Als „informativ“ gekennzeichnete Anhänge dienen lediglich der Information

ANMERKUNG Die Anwendung dieser Norm kann die Auswahl von Baugruppen und/oder Teilen beinhalten, die mit der elektrischen Ausrüstung einer Maschine in Übereinstimmung mit den Vorschriften und/oder Spezifikationen der Hersteller der Baugruppen und/oder Teile integriert werden müssen.

Ebenso ist es im Zusammenhang mit gesetzlichen Pflichten, die für Maschinenhersteller innerhalb der Europäischen Union gelten, wichtig zu erkennen, dass die Sicherheit der elektrischen Ausrüstung den Gebrauch von Ausrüstungen und Dienstleistungen anderer Beteiligter zur Folge haben kann (siehe 3.54).

Um die Hersteller in der Erfüllung dieser Pflichten zu unterstützen kann es für den vorgesehenen Benutzer der Ausrüstung notwendig sein Informationen zur Verfügung zu stellen. Dies kann durch eine Vereinbarung zwischen Benutzer und Hersteller über grundlegende Bedingungen und zusätzliche Anforderungen des Benutzers erleichtert werden, um eine sachgerechte Konstruktion, Verwendung und Nutzung der elektrischen Ausrüstung der Maschine zu ermöglichen (siehe Anhang B). Solch eine Vereinbarung ist nicht dafür vorgesehen das Sicherheitsniveau der elektrischen Ausrüstung, wie es durch diese Norm vorgegeben ist, zu reduzieren.

Anerkennungsnotiz

Der Text der internationalen Norm IEC 60204-1 wurde von CENELEC als eine Europäische Norm mit den vereinbarten gemeinsamen Abänderungen angenommen.

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	9
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe	12
4 Allgemeine Anforderung	19
4.1 Allgemeines	19
4.2 Auswahl der Ausrüstung.....	20
4.3 Elektrische Versorgung	20
4.4 Physikalische Umgebungs- und Betriebsbedingungen	21
4.5 Transport und Lagerung	23
4.6 Handhabungsvorrichtungen	24
4.7 Errichtung	24
5 Netzanschlüsse und Einrichtungen zum Trennen und Ausschalten	24
5.1 Netzanschlüsse	24
5.2 Klemme für den Anschluss an das externe Schutzerdungs-System	24
5.3 Netz-Trenneinrichtung	25
5.4 Ausschalteneinrichtungen zur Verhinderung von unerwartetem Anlauf	27
5.5 Einrichtungen zum Trennen der elektrischen Ausrüstung	28
5.6 Schutz vor unbefugtem, unbeabsichtigtem und/oder irrtümlichem Schließen	28
6 Schutz gegen elektrischen Schlag	29
6.1 Allgemeines	29
6.2 Schutz gegen direktes Berühren	29
6.3 Schutz bei indirektem Berühren	31
6.4 Schutz durch PELV	33
7 Schutz der Ausrüstung	33
7.1 Allgemeines	33
7.2 Überstromschutz	34
7.3 Schutz von Motoren gegen Überhitzung	36
7.4 Schutz gegen anomale Temperaturen	37
7.5 Schutz bei Unterbrechung der Versorgung oder Spannungseinbruch und Spannungswiederkehr	37
7.6 Motor-Überdrehzahlenschutz	38
7.7 Erdschluss-/Fehlerstrom-Schutz	38
7.8 Drehfeldüberwachung	38
7.9 Schutz gegen Überspannungen durch Blitzschlag und durch Schalthandlungen	38
8 Potentialausgleich	38
8.1 Allgemeines	38

	Seite
8.2 Schutzleitersystem.....	39
8.3 Funktions-Potentialausgleich.....	42
8.4 Maßnahmen, um die Auswirkungen hoher Ableitströme zu begrenzen.....	43
9 Steuerstromkreise und Steuerfunktionen.....	43
9.1 Steuerstromkreise.....	43
9.2 Steuerfunktionen.....	43
9.3 Schutzverriegelungen.....	49
9.4 Steuerfunktionen im Fehlerfall.....	50
10 Bedienerschnittstelle und an der Maschine montierte Steuergeräte.....	53
10.1 Allgemeines.....	53
10.2 Drucktaster.....	54
10.3 Anzeigeleuchten und Anzeigen.....	56
10.4 Leuchtdrucktaster.....	57
10.5 Drehbare Bedienelemente.....	57
10.6 Starteinrichtungen.....	57
10.7 Geräte für NOT-HALT.....	57
10.8 Geräte für NOT-AUS.....	58
10.9 Geräte zur Freigabesteuerung.....	58
11 Schaltgeräte: Anordnung, Aufbau und Gehäuse.....	59
11.1 Allgemeine Anforderungen.....	59
11.2 Anordnung und Aufbau.....	59
11.3 Schutzgrad.....	60
11.4 Gehäuse, Türen und Öffnungen.....	61
11.5 Zugang zu Schaltgeräten.....	62
12 Leiter, Kabel und Leitungen.....	62
12.1 Allgemeine Anforderungen.....	62
12.2 Leiter.....	62
12.3 Isolierung.....	63
12.4 Strombelastbarkeit im Normalbetrieb.....	64
12.5 Spannungsfall in Leitern, Kabeln und Leitungen.....	64
12.6 Flexible Leitungen.....	64
12.7 Schleifleitungen und Schleifringkörper.....	66
13 Verdrahtungstechnik.....	68
13.1 Anschlüsse und Leitungsverlauf.....	68
13.2 Identifizierung von Leitern.....	69
13.3 Verdrahtung innerhalb von Gehäusen.....	71
13.4 Verdrahtung außerhalb von Gehäusen.....	71
13.5 Leitungskanäle, Verbindungskästen und andere Kästen.....	74
14 Elektromotoren und zugehörige Ausrüstung.....	76

	Seite
14.1 Allgemeine Anforderungen	76
14.2 Motorgehäuse.....	76
14.3 Motor-Abmessungen	76
14.4 Motoranordnung und -einbauträume	77
14.5 Kriterien für die Motorauswahl.....	77
14.6 Schutzgeräte für mechanische Bremsen	77
15 Zubehör und Beleuchtung	78
15.1 Zubehör	78
15.2 Arbeitsplatzbeleuchtung an Maschinen und Zubehör	78
16 Kennzeichnung, Warnschilder und Referenzkennzeichen (Betriebsmittelkennzeichen)	79
16.1 Allgemeines	79
16.2 Warnschilder.....	79
16.3 Funktionskennzeichnung.....	80
16.4 Kennzeichnung der Ausrüstung	80
16.5 Referenzkennzeichen (Betriebsmittelkennzeichen)	80
17 Technische Dokumentation	80
17.1 Allgemeines	80
17.2 Erforderliche Angaben.....	81
17.3 Anforderungen an alle Unterlagen	81
17.4 Unterlagen für die Errichtung.....	82
17.5 Übersichtspläne und Funktionspläne	82
17.6 Stromlaufpläne	82
17.7 Betriebshandbuch.....	83
17.8 Handbuch für Instandhaltung	83
17.9 Stückliste	83
18 Prüfungen	83
18.1 Allgemeines	83
18.2 Überprüfung der Bedingungen zum Schutz durch automatische Abschaltung der Versorgung	84
18.3 Isolationswiderstandsprüfungen.....	88
18.4 Spannungsprüfungen	88
18.5 Schutz gegen Restspannungen	88
18.6 Funktionsprüfungen.....	88
18.7 Nachprüfungen	88
Anhang A (normativ) Schutz bei indirektem Berühren in TN-Systemen	89
Anhang B (informativ) Fragebogen für die elektrische Ausrüstung von Maschinen	93
Anhang C (informativ) Beispiele von Maschinen, die durch diesen Teil der IEC 60204 abgedeckt sind	96
Anhang D (informativ) Strombelastbarkeit und Überstromschutz für Leiter, Kabel und Leitungen in der elektrischen Ausrüstung von Maschinen.....	98

	Seite
Anhang E (informativ) Erläuterung der Funktionen für Handlungen im Notfall.....	104
Anhang F (informativ) Anleitung für die Benutzung dieses Teils der IEC 60204.....	105
Anhang G (informativ) Vergleich typischer Leiterquerschnitte.....	107
Literaturhinweise	109
Verzeichnis.....	111
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen.....	114
Anhang ZZ (informativ) Zusammenhang mit grundlegenden Anforderungen von EG-Richtlinien	118
 Bilder	
Bild 1 – Blockdiagramm einer typischen Maschine.....	8
Bild 2 – Beispiel des Potentialausgleichs für die elektrische Ausrüstung einer Maschine	40
Bild 3 – Methode a)	52
Bild 4 – Methode b)	52
Bild A.1 – Typische Anordnung für die Messung einer Fehlerschleifenimpedanz.....	92
Bild D.1 – Methoden der Leiter-, Kabel- bzw. Leitungsverlegung unabhängig von der Anzahl der Leiter/Kabel bzw. Leitungen	99
Bild D.2 – Kennwerte der Leiter und Schutzgeräte.....	101
 Tabellen	
Tabelle 1 – Mindestquerschnitt des externen Schutzleiters aus Kupfer	25
Tabelle 2 – Farbkodierung für Drucktaster-Bedienteile und ihre Bedeutung.....	55
Tabelle 3 – Symbole für Drucktaster.....	55
Tabelle 4 – Farben von Anzeigeleuchten und ihre Bedeutung in Bezug auf den Zustand der Maschine.....	56
Tabelle 5 – Mindestquerschnitte für Kupferleiter	63
Tabelle 6 – Beispiel für die Strombelastbarkeit (I_Z) von PVC-isolierten Kupferleitern oder -kabeln bzw. -leitungen im Beharrungszustand in einer Umgebungstemperatur der Luft von +40 °C für verschiedene Verlegarten.....	65
Tabelle 7 – Reduktionsfaktoren für Trommelleitungen	66
Tabelle 8 – Minimal zulässige Biegeradien für die Zwangsführung von flexiblen Leitungen	73
Tabelle 9 – Anwendung der Prüfungen in TN-Systemen	86
Tabelle 10 – Beispiele für die maximale Kabel-/Leitungslänge von jedem Schutzgerät bis zu seiner Last	87
Tabelle A.1 – Maximale Abschaltzeiten in TN-Systemen	89
Tabelle D.1 – Korrekturfaktoren	98
Tabelle D.2 – Reduktionsfaktoren von I_Z bei Häufung von Kabeln und Leitungen.....	100
Tabelle D.3 – Reduktionsfaktoren von I_Z für Mehraderkabel(-leitungen) bis zu 10 mm ²	100
Tabelle D.4 – Einteilung der Leiter.....	101
Tabelle D.5 – Maximal zulässige Leitertemperaturen unter Normal- und Kurzschlussbedingungen	102
Tabelle F.1 – Möglichkeiten der Anwendung.....	106
Tabelle G.1 – Vergleich von Leitergrößen	107

Einleitung

Dieser Teil von IEC 60204 enthält Anforderungen und Empfehlungen für die elektrische Ausrüstung von Maschinen, um

- die Sicherheit von Personen und Sachen;
- die Erhaltung der Funktionsfähigkeit;
- die Erleichterung der Instandhaltung

zu fördern.

Weitere Hinweise für die Anwendung dieses Teils der IEC 60204 enthält Anhang F.

Bild 1 stellt eine Hilfe zum Verständnis der Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Elementen einer Maschine und der dazugehörenden Ausrüstung dar. Bild 1 ist ein Blockschaltbild einer typischen Maschine mit zugehöriger Ausrüstung, welches die verschiedenen Teile der elektrischen Ausrüstung zeigt, die in diesem Teil von IEC 60204 angesprochen werden. Die Zahlen in Klammern () beziehen sich auf Abschnitte in diesem Teil von IEC 60204. Aus Bild 1 ist erkennbar, dass alle Elemente zusammengekommen, einschließlich der Schutzvorrichtungen, Werkzeuge/Befestigungen, Software und der Dokumentation die Maschine bilden und dass eine oder mehrere zusammenarbeitende Maschinen mit üblicherweise wenigstens einer übergeordneten Steuerungsebene eine Fertigungseinheit oder ein Fertigungszentrum bilden.

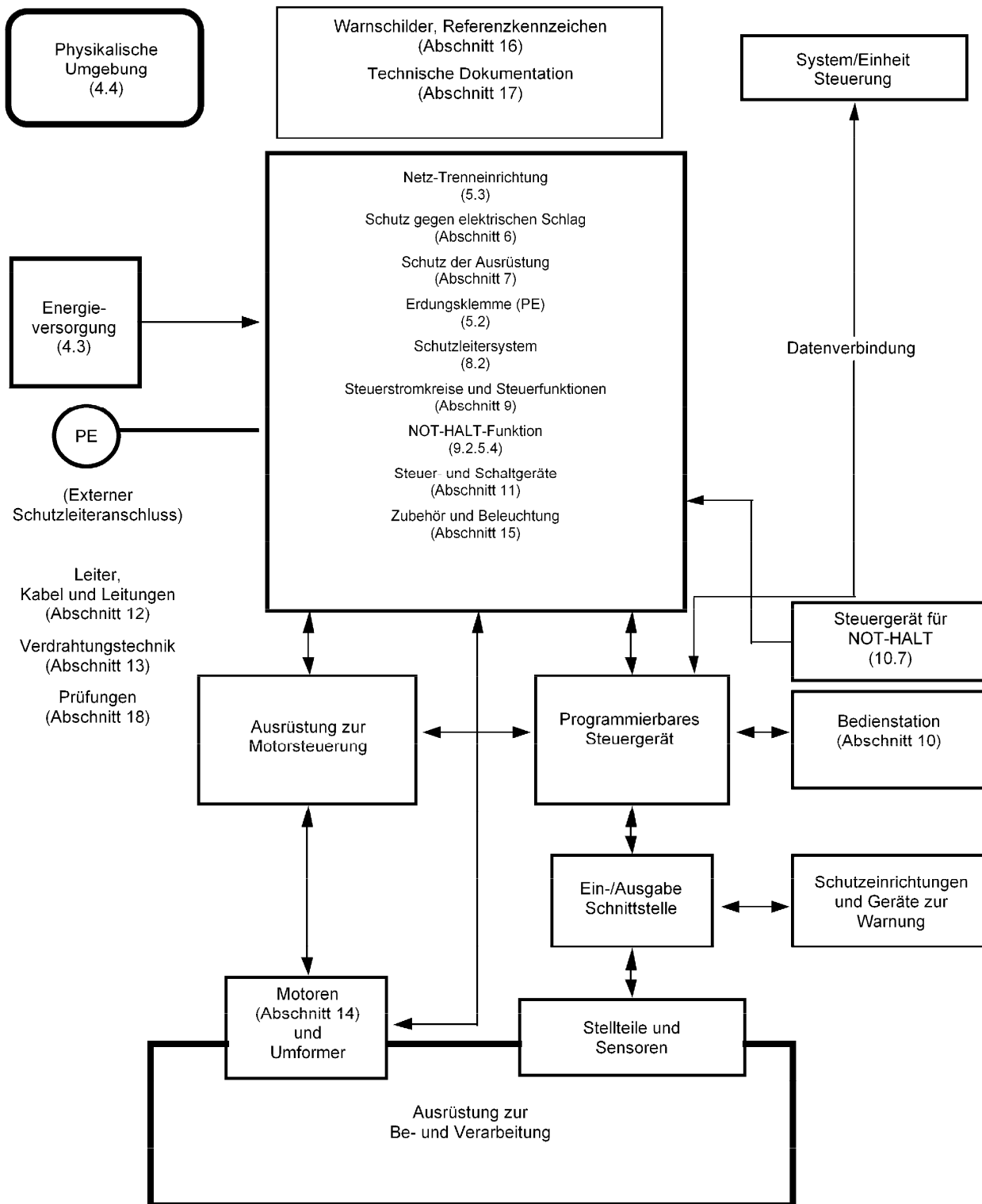


Bild 1 – Blockdiagramm einer typischen Maschine

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60204 gilt für die Anwendung von elektrischer, elektronischer und programmierbarer elektronischer Ausrüstung und Systemen für Maschinen, die während des Arbeitens nicht von Hand getragen werden, einschließlich einer Gruppe von Maschinen, die abgestimmt zusammenarbeiten.

ANMERKUNG 1 Dieser Teil von IEC 60204 ist eine Anwendungsnorm und beabsichtigt nicht die technische Entwicklung zu begrenzen oder zu behindern.

ANMERKUNG 2 In dieser Norm beinhaltet der Ausdruck „elektrisch“ die allgemeine Elektrotechnik, die Elektronik und die programmierbare Elektronik (d. h. elektrische Ausrüstung bedeutet elektrische, elektronische und programmierbare elektronische Ausrüstung).

ANMERKUNG 3 Im Zusammenhang mit diesem Teil von IEC 60204 ist mit dem Begriff „Person“ jede Einzelperson gemeint, einschließlich solcher Personen, welche vom Betreiber oder seinem(n) Vertreter(n) für Benutzung und Betreuung der in Frage kommenden Maschine bestimmt und eingewiesen wurden.

Die Ausrüstung, die von diesem Teil von IEC 60204 abgedeckt wird, beginnt an der Netzanschluss-Stelle der elektrischen Ausrüstung der Maschine (siehe 5.1).

ANMERKUNG 4 Die Anforderungen für die Errichtung der elektrischen Versorgung in Gebäuden, enthält die Reihe IEC 60364.

Dieser Teil von IEC 60204 gilt für die elektrische Ausrüstung oder Teile der elektrischen Ausrüstung, die mit Nennspannungen bis einschließlich 1 000 V Wechselspannung oder bis einschließlich 1 500 V Gleichspannung und mit Nennfrequenzen bis einschließlich 200 Hz betrieben werden.

ANMERKUNG 5 Für höhere Spannungen siehe IEC 60204-11.

Dieser Teil von IEC 60204 berücksichtigt nicht alle Anforderungen (z. B. Schutz, Verriegelung oder Steuerung), die notwendig sind oder durch andere Normen oder Vorschriften gefordert werden, um Personen vor anderen als elektrischen Gefährdungen zu schützen. Jede Maschinenart hat spezielle Anforderungen, die zu berücksichtigen sind, um für eine angemessene Sicherheit zu sorgen.

Dieser Teil beinhaltet insbesondere die elektrische Ausrüstung von Maschinen, wie in 3.35 definiert, ist jedoch nicht hierauf begrenzt.

ANMERKUNG 6 Anhang C listet Beispiele von Maschinen auf, deren elektrische Ausrüstung durch diesen Teil von IEC 60204 abgedeckt sein kann).

Dieser Teil von EN 60204 legt keine zusätzlichen und besonderen Anforderungen fest, die für die elektrische Ausrüstung von Maschinen zutreffen können, einschließlich solcher, die:

- für die Benutzung im Freien bestimmt sind (d. h. außerhalb von Gebäuden oder anderen schützenden Einrichtungen);
- explosionsfähige Stoffe verwenden, be- oder verarbeiten oder herstellen (z. B. Farbe oder Sägemehl);
- für die Benutzung in explosionsgefährdeten und/oder feuergefährdeten Atmosphären bestimmt sind;
- besondere Risiken haben, wenn bestimmte Stoffe hergestellt oder verwendet werden;
- für die Benutzung im Bergbau bestimmt sind;
- Nähmaschinen, Näheinheiten oder Nähanlagen sind.

ANMERKUNG 7 Für Nähmaschinen siehe EN 60204-31.

- Hebezeuge sind.

ANMERKUNG 8 Für Hebezeuge siehe EN 60204-32.

Hauptstromkreise, in denen elektrische Energie direkt als Werkzeug verwendet wird, sind von diesem Teil von IEC 60204 ausgenommen.

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 60034-1, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*

IEC 60034-5, *Rotating electrical machines – Part 5: Degrees of protection provided by the integral design of rotating electrical machines (IP code) – Classification*

IEC 60034-11, *Rotating electrical machines – Part 11: Thermal protection*

IEC 60072-1, *Dimensions and output series for rotating electrical machines – Part 1: Frame numbers 56 to 400 and flange numbers 55 to 1 080*

IEC 60072-2, *Dimensions and output series for rotating electrical machines – Part 2: Frame numbers 355 to 1 000 and flange numbers 1 180 to 2 360*

IEC 60073:2002, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Coding principles for indicators and actuators*

IEC 60309-1:1999, *Plugs, socket-outlets, and couplers for industrial purposes – Part 1: General requirements*

IEC 60364-4-41:2001, *Electrical installations of buildings – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-4-43:2001, *Electrical installations of buildings – Part 4-43: Protection for safety – Protection against overcurrent*

IEC 60364-5-52:2001, *Electrical installations of buildings – Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems*

IEC 60364-5-53:2002, *Electrical installations of buildings – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Isolation, switching and control*

IEC 60364-5-54:2002, *Electrical installations of buildings – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors*

IEC 60364-6-61:2001, *Electrical installations of buildings – Part 6-61: Verification – Initial verification*

IEC 60417-DB:2002², *Graphical symbols for use on equipment*

IEC 60439-1:1999, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 1: Type-tested and partially type-tested assemblies*

IEC 60445:1999, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of equipment terminals and of terminations of certain designated conductors, including general rules for an alphanumeric system*

IEC 60446:1999, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of conductors by colours or numerals*

IEC 60447:2004, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Man-machine interface (MMI) – Actuating principles*

IEC 60529:1999, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code) Amendment 1 (2001)*

² „DB“ bezieht sich auf die IEC-Online-Datenbank.

IEC 60617-DB:2001³: *Graphical symbols for diagrams*

IEC 60621-3:1979, *Electrical installations for outdoor sites under heavy conditions (including open-cast mines and quarries) – Part 3: General requirements for equipment and ancillaries*

IEC 60664-1:1992, *Insulation co-ordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60947-1:2004, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*

IEC 60947-2:2003, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 2: Circuit breakers*

IEC 60947-3:1999, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 3: Switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse combination units*

IEC 60947-5-1:2003, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 5-1: Control circuit devices and switching elements – Electromechanical control circuit devices*

IEC 60947-7-1:2002, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 7-1: Ancillary equipment – Terminal blocks for copper conductors*

IEC 61082-1:1991, *Preparation of documents used in electrotechnology – Part 1: General requirements*

IEC 61082-2:1993, *Preparation of documents used in electrotechnology – Part 2: Function-oriented diagrams*

IEC 61082-3:1993, *Preparation of documents used in electrotechnology – Part 3: Connection diagrams, tables and lists*

IEC 61082-4:1996, *Preparation of documents used in electrotechnology – Part 4: Location and installation documents*

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

IEC 61310 (all parts), *Safety of machinery – Indication, marking and actuation*

IEC 61346 (all parts), *Industrial systems, installations and equipment and industrial products – Structuring principles and reference designations*

IEC 61557-3:1997, *Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V a.c. and 1 500 V d.c. – Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures – Part 3: Loop impedance*

IEC 61558-1:1997, *Safety of power transformers, power supply units and similar – Part 1: General requirements and tests*
Amendment 1 (1998)

IEC 61558-2-6, *Safety of power transformers, power supply units and similar – Part 2-6: Particular requirements for safety isolating transformers for general use*

IEC 61984:2001, *Connectors – Safety requirements and tests*

IEC 62023:2000, *Structuring of technical information and documentation*

IEC 62027:2000, *Preparation of parts lists*

IEC 62061:2005, *Safety of machinery – Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems*

³ „DB“ bezieht sich auf die IEC-Online-Datenbank.

IEC 62079:2001, *Preparation of instructions – Structuring, content and presentation*

ISO 7000:2004, *Graphical symbols for use on equipment – Index and synopsis*

ISO 12100-1:2003, *Safety of machinery – Basic concepts, general principles for design – Part 1: Basic terminology, methodology*

ISO 12100-2:2003, *Safety of machinery – Basic concepts, general principles for design – Part 2: Technical principles*

ISO 13849-1:1999, *Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 1: General principles for design*

ISO 13849-2:2003, *Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 2: Validation*

ISO 13850:1996, *Safety of machinery – Emergency stop – Principles for design*

3 Begriffe

Für die Zwecke dieser Norm gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Bedienteil

Teil eines Gerätes, auf das eine äußere manuelle Handlung einwirkt

ANMERKUNG 1 Das Bedienteil darf z. B. ein Handgriff, ein Knopf, eine Taste, eine Rolle, ein Stößel usw. sein.

ANMERKUNG 2 Es gibt einige Betätigungsmittel, die keine äußere Betätigungskraft benötigen, sondern nur eine Handlung.

ANMERKUNG 3 siehe auch 3.34.

3.2

Umgebungstemperatur

Temperatur der Luft oder eines anderen Mediums, in dem die Ausrüstung verwendet wird

3.3

Abdeckung

Teil, welches Schutz gegen direktes Berühren aus allen üblichen Zugangs- oder Zugriffsrichtungen bietet

3.4

Kabelwanne

Kabeltragesystem, das aus einer durchgehenden Trageplatte mit hochgezogenen Rändern besteht und keine Abdeckung hat

ANMERKUNG Eine Kabelwanne kann perforiert oder nicht perforiert sein.

IEV 826-15-08]

3.5

zu öffnender Elektro-Installationskanal

System mit verschlossenen Umhüllungen, das aus einem Unterteil mit einem abnehmbaren Deckel besteht und das zur vollständigen Umhüllung von isolierten Leitern, Kabeln und Leitungen, Anschluss-Schnüren sowie zur Aufnahme von anderen Teilen der elektrischen Ausrüstung bestimmt ist

3.6

gleichzeitig

zusammen betätigen; angewendet zur Beschreibung einer Situation, in der zwei oder mehrere Steuergeräte zur gleichen Zeit in betätigtem Zustand sind (aber nicht notwendigerweise synchron)

3.7**Elektro-Installationsrohr**

Teil einer geschlossenen Kabel- und Leitungsanlage von rundem oder nicht rundem Querschnitt für isolierte Leiter und/oder Kabel und Leitungen in elektrischen Anlagen, das es ermöglicht, diese einzuziehen und/oder auszuwechseln

ANMERKUNG Elektro-Installationsrohre sollten miteinander ausreichend so verbunden sein, dass die isolierten Leiter und/oder Kabel nur eingezogen, nicht aber von der Längsseite her eingebracht werden können.

[IEV 826-06-03]

3.8**Steuerstromkreis (einer Maschine)**

Stromkreis, der für die Steuerung, einschließlich Überwachung der Maschine und der elektrischen Ausrüstung benutzt wird

3.9**Steuergerät**

Gerät, welches mit dem Steuerstromkreis verbunden ist um den Betrieb der Maschine zu steuern (z. B. Stellungsmelder, Handsteuerschalter, Relais, Schütz, magnetisch betätigtes Ventil)

3.10**Schaltanlagen und/oder Schaltgeräte für Energieverbrauch**

Schaltgeräte und deren Kombinationen mit zugehörigen Steuer-, Mess-, Schutz- und Regeleinrichtungen sowie Baugruppen aus derartigen Geräten und Einrichtungen mit den dazugehörigen Verbindungen, Zubehöerteilen, Gehäusen und tragenden Gerüsten, die hauptsächlich zur Steuerung von elektrischen Energieverbrauchsgeräten bestimmt sind

[IEV 441-11-03, modifiziert]

3.11**gesteuertes Stillsetzen**

Stillsetzen einer Maschinenbewegung mit elektrischer Energie zu den Maschinen-Antriebselementen, die während des Stillsetzvorganges erhalten bleibt

3.12**direktes Berühren**

Berühren aktiver Teile durch Menschen oder Tiere

[IEV 826-12-03]

3.13**Zwangsöffnung (eines Schaltgliedes)**

die Sicherstellung einer Kontakttrennung als direktes Ergebnis einer festgelegten Bewegung des Bedienteils des Schalters über nicht elastische Teile (z. B. nicht abhängig von einer Feder)

[IEC 60947-5-1, K.2.2]

3.14**Leitungskanal (Kabelkanal)**

geschlossener Kanal, der speziell zur Unterbringung und zum Schutz elektrischer Leiter, Kabel und Leitungen und Sammelschienen ausgelegt ist

ANMERKUNG Elektro-Installationsrohre (siehe 3.7), zu öffnende Elektro-Installationskanäle (siehe 3.5) und Unterflurkanäle sind Arten von Leitungskanälen.

3.15**elektrische Betriebsstätte**

Raum oder Bereich für elektrische Ausrüstung, zu welchem der Zugang bestimmungsgemäß auf Fachkräfte oder unterwiesene Personen eingeschränkt ist, durch das Öffnen einer Tür oder das Entfernen einer Abdeckung ohne die Benutzung eines Schlüssels oder Werkzeuges und der mit geeigneten Warnschildern eindeutig gekennzeichnet ist

3.16

elektronische Ausrüstung

Teil der elektrischen Ausrüstung, der Schaltungen enthält, deren Betrieb von elektronischen Geräten und Bauelementen abhängt

3.17

NOT-HALT-Gerät

Manuell betätigtes Steuergerät, das zur Auslösung einer NOT-HALT-Funktion verwendet wird

[ISO 13850, 3.2]

ANMERKUNG Siehe Anhang E.

3.18

NOT-AUS-Gerät

manuell betätigtes Steuergerät, das die Abschaltung der elektrischen Energieversorgung zu einer ganzen oder einem Teil einer Installation bewirkt, wo ein Risiko für elektrischen Schlag oder ein anderes Risiko elektrischen Ursprungs besteht

ANMERKUNG Siehe Anhang E.

3.19

abgeschlossene elektrische Betriebsstätte

Raum oder Bereich für elektrische Ausrüstung, zu welchem der Zugang bestimmungsgemäß auf Fachkräfte oder unterwiesene Personen eingeschränkt ist, durch das Öffnen einer Tür oder dem Entfernen einer Abdeckung, unter Benutzung eines Schlüssels oder Werkzeuges und der mit geeigneten Warnschildern eindeutig gekennzeichnet ist

3.20

Gehäuse

Teil, das die Ausrüstung gegen bestimmte äußere Einflüsse schützt und in allen Richtungen Schutz gegen direktes Berühren bietet

ANMERKUNG Der Begriff, dem derzeit gültigen IEV entnommen, bedarf innerhalb des Anwendungsbereiches dieses Teils der IEC 60204 der folgenden Erläuterungen:

- a) Gehäuse bieten Personen oder Nutztieren (Haustieren) Schutz gegen das Erreichen von gefahrbringenden Teilen;
- b) Abdeckungen, Gestaltung der Öffnungen oder beliebige andere Mittel, die geeignet sind, das Eindringen der festgelegten Prüfsonden zu verhindern oder zu begrenzen, unabhängig ob sie an dem Gehäuse angebracht sind oder durch die umschlossene Ausrüstung gebildet werden, gelten als ein Teil des Gehäuses, außer wo sie ohne Anwendung eines Schlüssels oder Werkzeuges entfernt werden können.
- c) Ein Gehäuse kann sein:
 - ein Schrank oder ein Kasten, entweder an der Maschine oder getrennt von der Maschine angebracht;
 - ein Einbauraum, bestehend aus einem umschlossenen Raum innerhalb des Maschinenkörpers.

3.21

Ausrüstung

Werkstoffe, Armaturen, Geräte, Komponenten, Vorrichtungen, Halterungen, Betriebsmittel und ähnliches, verwendet als Teil von oder in Verbindung mit der elektrischen Ausrüstung von Maschinen

3.22

Potentialausgleich

Herstellen elektrischer Verbindungen zwischen leitfähigen Teilen, um Potentialgleichheit zu erzielen

[IEV 195-1-10]

3.23**Körper (eines elektrischen Betriebsmittels)**

berührbares leitfähiges Teil der elektrischen Ausrüstung, das unter normalen Betriebsbedingungen nicht unter Spannung steht, aber im Fehlerfall unter Spannung stehen kann

[IEV 826-12-10, modifiziert]

3.24**fremdes leitfähiges Teil**

leitfähiges Teil, das nicht zur elektrischen Anlage gehört, das jedoch ein Potential, im allgemeinen das Erdpotential, einführen kann

[IEV 826-12-11, modifiziert]

3.25**Ausfall**

Beendigung der Fähigkeit einer Einheit, eine geforderte Funktion zu erfüllen

ANMERKUNG 1 Nach dem Ausfall befindet sich die Einheit in einem Fehlzustand.

ANMERKUNG 2 „Ausfall“ ist ein Ereignis, im Gegensatz zum „Fehler“, der ein Zustand ist.

ANMERKUNG 3 Das so definierte Konzept ist auf Elemente, die nur aus Software bestehen, nicht anwendbar.

[IEV 191-04-01]

ANMERKUNG 4 In der Praxis werden die Benennungen Fehler und Ausfall häufig synonym verwendet.

3.26**Fehler (Fehlzustand)**

Zustand einer Einheit, gekennzeichnet durch die Unfähigkeit eine geforderte Funktion zu erfüllen, wobei die durch Wartung oder andere geplante Handlungen bzw. durch das Fehlen äußerer Mittel verursachte Funktionsunfähigkeit ausgeschlossen ist

ANMERKUNG 1 Ein Fehler (Fehlzustand) ist oft das Ergebnis eines Ausfalls der Einheit selbst, er kann aber auch ohne vorherigen Ausfall vorhanden sein.

ANMERKUNG 2 Im Englischen sind die Benennungen „fault“ und seine Definition identisch mit der in IEV 191-05-01 enthaltenen. Im Bereich der Maschinen werden die französische Benennung „défaut“ und die deutsche Benennung „Fehler“ eher benutzt als die Benennungen „Panne“ und „Fehlzustand“, die im IEV 191-05-01 für diese Definition benutzt werden.

3.27**Funktions-Potentialausgleich**

Potentialausgleich, notwendig für das ordnungsgemäße Funktionieren der elektrischen Ausrüstung

3.28**Gefährdung**

potenzielle Quelle einer physischen Verletzung oder Schädigung der Gesundheit

ANMERKUNG 1 Der Begriff „Gefährdung“ kann spezifiziert werden, um den Ursprung (z. B. mechanische Gefährdung, elektrische Gefährdung) oder die Art des erwarteten Schadens (z. B. Gefährdung durch elektrischen Schlag, Gefährdung durch Schneiden, Gefährdung durch Vergiftung, Gefährdung durch Feuer) näher zu bezeichnen.

ANMERKUNG 2 Die Gefährdung im Sinne dieser Definition:

- ist entweder bei der bestimmungsgemäßen Verwendung der Maschine dauerhaft vorhanden (z. B. Bewegung von gefahrbringenden beweglichen Teilen, Lichtbogen beim Schweißen, ungesunde Körperhaltung, Geräuschemission, hohe Temperatur);

- oder kann unerwartet auftreten (z. B. Explosion, Gefährdung durch Quetschen als Folge eines unbeabsichtigten/ unerwarteten Anlaufs, Herausschleudern als Folge eines Bruches, Stürzen als Folge von Beschleunigung/ Abbremsen).

[ISO 12100-1, 3.6, modifiziert]

3.29

indirektes Berühren

Berühren von Körpern elektrischer Betriebsmittel, die infolge eines Fehlers unter Spannung stehen, durch Personen oder Nutztiere (Haustiere)

[IEV 826-12-04, modifiziert]

3.30

induktives Energieversorgungssystem

System zur induktiven Energieübertragung, bestehend aus einem Fahrwegumformer und einem Fahrwegleiter, entlang dem sich einer oder mehrere Aufnehmer und diesen zugeordnete Umformer bewegen können, ohne irgendeinen galvanischen oder mechanischen Kontakt, um elektrische Energie z. B. auf eine fahrbare Maschine zu übertragen

ANMERKUNG Der Fahrwegleiter und der Aufnehmer entsprechen der Primär- und Sekundärseite eines Transformators.

3.31

(elektrotechnisch) unterwiesene Person

Person, die durch eine Elektrofachkraft ausreichend informiert oder beaufsichtigt ist und damit befähigt ist, Risiken zu erkennen und Gefährdungen durch Elektrizität zu vermeiden

[IEV 826-18-02, modifiziert]

3.32

Verriegelung (als technische Schutzmaßnahme)

Anordnung, die Trennende Schutz Einrichtung(en) oder Gerät(e) mit dem Steuerungssystem und/oder ganz oder teilweise mit der elektrischen Energieversorgung der Maschine verbindet

3.33

aktives Teil

Leiter oder leitfähiges Teil, der/das dazu bestimmt ist, bei ungestörtem Betrieb unter Spannung zu stehen, einschließlich des Neutralleiters, aber vereinbarungsgemäß nicht der PEN-Leiter

ANMERKUNG Dieser Begriff besagt nicht unbedingt, dass ein Risiko für elektrischen Schlag besteht.

3.34

Maschinen-Antriebselement

kraftbetriebener Mechanismus, der die Bewegung der Maschine bewirkt

3.35

Maschine

Gesamtheit von miteinander verbundenen Teilen oder Baugruppen, von denen mindestens eine(s) beweglich ist, sowie mit den entsprechenden Maschinen-Antriebselementen, Steuer- und Energiekreisen, die für eine bestimmte Anwendung zusammengefügt sind, insbesondere für die Verarbeitung, Behandlung, Fortbewegung oder Verpackung eines Materials.

Der Ausdruck „Maschine“ deckt auch eine Zusammenstellung von Maschinen ab, die so angeordnet und gesteuert werden, dass sie, um das gleiche Ziel zu erreichen, als einheitliches Ganzes funktionieren.

[ISO 12100-1, 3.1, modifiziert]

ANMERKUNG Der Ausdruck „Baugruppe“ wird hier in einer allgemeinen Bedeutung benutzt und bezieht sich nicht nur auf elektrische Baugruppen.

3.36**Kennzeichnung**

Kennzeichen oder Beschriftungen vorzugsweise zum Zweck der Identifizierung von Ausrüstungen, Baugruppen und/oder Geräten, was bestimmte Merkmale hiervon einschließen kann

3.37**Neutralleiter (Symbol N)**

Leiter, der mit dem Neutralpunkt eines Netzes verbunden und geeignet ist, zur Übertragung elektrischer Energie beizutragen

[IEV 826-14-07, modifiziert]

3.38**Hindernis**

Teil, das ein unbeabsichtigtes direktes Berühren verhindert, nicht aber eine beabsichtigte Handlung

3.39**Überstrom**

Strom, der den Bemessungswert überschreitet. Der Bemessungswert für Leiter ist die zulässige Strombelastbarkeit

[IEV 826-11-14, modifiziert]

3.40**Überlast (eines Stromkreises)**

Zeit-/Stromverhältnis in einem Stromkreise, das über der Bemessungs-Volllast des fehlerfreien Stromkreises liegt

ANMERKUNG Überlast sollte nicht als ein Synonym für Überstrom benutzt werden.

3.41**Stecker/Steckdosen-Kombination**

Bauteil und ein passendes Gegenstück, geeignet zum Anschließen von Leitern, bestimmt für das Verbinden oder Trennen von zwei oder mehreren Leitern

ANMERKUNG Stecker/Steckdosen-Kombinationen schließen ein:

- Steckverbinder, welche die Anforderungen von IEC 61984 erfüllen;
- ein Stecker und eine Steckdose, eine Leitungskupplung oder ein Gerätestecker nach IEC 60309-1;
- ein Stecker und eine Steckdose, nach IEC 60884-1 oder ein Gerätestecker nach IEC 60320-1.

3.42**Hauptstromkreis**

Stromkreis, der die Betriebsmittel, die dem Produktionsablauf dienen und die Steuertransformatoren mit Energie aus dem Netz versorgt

3.43**Schutz-Potentialausgleich**

Potentialausgleich zum Schutz gegen elektrischen Schlag

ANMERKUNG Maßnahmen zum Schutz gegen elektrischen Schlag können ebenso das Risiko von Verbrennungen oder Feuer reduzieren.

3.44**Schutzleitersystem**

Schutzleiter und leitfähige Teile, die zum Schutz gegen elektrischen Schlag im Falle eines Isolationsfehlers miteinander verbunden sind

3.45

Schutzleiter

Leiter, erforderlich für den Schutz-Potentialausgleich einiger Maßnahmen zum Schutz gegen elektrischen Schlag, um die elektrische Verbindung zu einem der nachstehenden Teile herzustellen:

- Körper;
- fremde leitfähige Teile;
- Haupterdungsklemme (PE)

[IEV 826-13-22, modifiziert]

3.46

Redundanz

Anwendung von mehr als einem Gerät oder System oder Teil eines Gerätes oder Systems, um sicherzustellen, dass bei Ausfall der Funktion eines Gerätes oder Systems ein anderes verfügbar ist, diese Funktion zu erfüllen

3.47

Referenzkennzeichen (Betriebsmittelkennzeichen)

Unterscheidungscode, der dazu dient, ein Teil in der Dokumentation und in der Ausrüstung zu identifizieren

3.48

Risiko

Kombination der Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines Schadens (d. h. physischen Verletzung oder Schädigung der Gesundheit) und seines Schadensausmaßes

[ISO 12100-1, 3.11, modifiziert]

3.49

Schutzeinrichtung

Trennende Schutzeinrichtung oder Schutzgerät, bereitgestellt als Mittel, um Personen vor einer Gefährdung zu schützen

3.50

technische Schutzmaßnahmen

Schutzmaßnahmen, bei denen Schutzeinrichtungen zur Anwendung kommen, um Personen vor Gefährdungen zu schützen, die durch inhärent sichere Konstruktion nicht in angemessener Weise beseitigt werden können, oder vor Risiken zu schützen, die dadurch nicht ausreichend vermindert werden können

[ISO 12100-1, 3.20]

3.51

Zugangsebene (Bedienebene)

Ebene, auf der Personen während der Bedienung oder den Instandhaltungsarbeiten an der elektrischen Ausrüstung stehen

3.52

Kurzschluss-Strom

Überstrom, der bei einem Kurzschluss infolge eines Fehlers oder einer falschen Verbindung in einem elektrischen Stromkreis fließt

[IEV 441-11-07]

3.53

Elektrofachkraft

Person mit geeignetem Training, geeigneter Ausbildung und Erfahrung, die sie in die Lage versetzt, Risiken zu erkennen und Gefährdungen zu vermeiden, die von der Elektrizität ausgehen können

[IEV 826-18-01, modifiziert]

3.54**Lieferant**

juristische Person (z. B. Hersteller, Auftragnehmer, Errichter, Ausrüster), die Ausrüstung oder Dienstleistungen in Verbindung mit der Maschine zur Verfügung stellt

ANMERKUNG Die Betreiberorganisation kann ebenso in der Eigenschaft als Lieferant für sich selbst handeln.

3.55**Schaltgerät**

Gerät zum Einschalten und/oder Ausschalten des Stromes in einem oder mehreren Stromkreisen

[IEV 441-14-01, modifiziert]

ANMERKUNG Ein Schaltgerät darf eine oder beide dieser Schalthandlungen verrichten.

3.56**ungesteuertes Stillsetzen**

Stillsetzen einer Maschinenbewegung durch Unterbrechen der Energiezufuhr zu den Maschinen-Antriebs-elementen

ANMERKUNG Diese Definition schließt irgendeinen besonderen Zustand anderer (z. B. nicht elektrischer) Stillsetzgeräte nicht mit ein, wie z. B. von mechanischen oder hydraulischen Bremsen, die außerhalb des Anwendungsbereiches dieser Norm sind.

3.57**Betreiber**

juristische Person, die die Maschine und ihre zugehörige elektrische Ausrüstung verwendet

4 Allgemeine Anforderung**4.1 Allgemeines**

Dieser Teil von IEC 60204 ist bestimmt für die Anwendung auf die elektrischen Ausrüstungen, die bei einer großen Vielfalt von Maschinen und bei einer Gruppe von Maschinen, die koordiniert zusammenarbeiten, verwendet werden.

Die Risiken, die mit Gefährdungen durch die elektrische Ausrüstung verbunden sind, müssen als Teil der Gesamtanforderungen im Rahmen der Risikobeurteilung der Maschine bewertet werden. Diese bestimmt die angemessene Risikominderung und die notwendigen Schutzmaßnahmen für Personen, die solchen Gefährdungen ausgesetzt sein können, während noch eine annehmbare Leistungsfähigkeit der Maschine und ihrer Ausrüstung aufrechterhalten wird.

Gefahrbringende Situationen können u. a. aus folgenden Ursachen entstehen:

- Ausfälle oder Fehler in der elektrischen Ausrüstung mit daraus folgender Möglichkeit eines elektrischen Schlags oder eines Brandes aus elektrischer Ursache;
- Ausfälle oder Fehler in Steuerstromkreisen (oder Bauteilen oder Geräten, die zu diesen Stromkreisen gehören) mit daraus folgender Fehlfunktion der Maschine;
- Störungen oder Unterbrechungen in Energieversorgungen wie auch Ausfälle oder Fehler in den Hauptstromkreisen mit daraus folgender Fehlfunktion der Maschine;
- Verlust der durchgehenden Verbindung von Stromkreisen, die von Schleifkontakten oder rollenden Kontakten abhängig sind mit daraus folgendem Ausfall einer Sicherheitsfunktion;
- elektrische Störungen, z. B. elektromagnetische, elektrostatische entweder von außerhalb der elektrischen Ausrüstung oder intern erzeugt, die zu einer Fehlfunktion der Maschine führen;
- Freiwerden von gespeicherter Energie (entweder elektrische oder mechanische), die z. B. zu einem elektrischen Schlag oder einer unerwarteten Bewegung führen, die eine Verletzung verursachen können;
- heiße Oberflächen, die Verletzungen verursachen können.

Sicherheitsmaßnahmen sind eine Kombination aus Maßnahmen, die im Konstruktionsstadium zu berücksichtigen sind und solchen Maßnahmen, deren Durchführung vom Betreiber verlangt wird.

Bei der Konstruktion und Entwicklung müssen die Gefährdungen und die daraus resultierenden Risiken identifiziert werden. Wo die Gefährdungen nicht beseitigt und/oder die Risiken nicht ausreichend durch inhärent sichere Konstruktionsmaßnahmen reduziert werden können, müssen Schutzmaßnahmen (z. B. technische Schutzmaßnahmen) vorgesehen werden, um das Risiko zu reduzieren. Ergänzende Mittel (z. B. Mittel zum Bewusstmachen) müssen vorgesehen werden, wo eine weitere Risikominderung erforderlich ist. Zusätzlich können Risiko mindernde Arbeitsverfahren notwendig sein.

Die Verwendung des in Anhang B dieses Teils der IEC 60204 gezeigten Fragebogens wird empfohlen, um eine geeignete Vereinbarung zwischen dem Betreiber und dem (den) Lieferanten über die Grundvoraussetzungen und zusätzliche Anforderungen des Betreibers bezüglich der elektrischen Ausrüstung zu erleichtern. Diese zusätzlichen Anforderungen bezwecken:

- zusätzliche Eigenschaften vorzusehen, bedingt durch die Art der Maschine (oder Gruppe der Maschinen) und der Anwendung;
- die Wartung und Reparatur zu erleichtern und
- die Zuverlässigkeit zu erhöhen und die Bedienung zu erleichtern.

4.2 Auswahl der Ausrüstung

4.2.1 Allgemeines

Elektrische Komponenten und Betriebsmittel müssen

- für ihren vorgesehenen Einsatz geeignet sein und
- den für sie zutreffenden IEC Normen entsprechen, soweit solche existieren und
- entsprechend den Lieferantenanweisungen verwendet werden.

4.2.2 Elektrische Ausrüstung nach Reihe EN 60439

Die elektrische Ausrüstung der Maschine muss die Sicherheitsanforderungen erfüllen, die mit der Risikobeurteilung der Maschine identifiziert wurden. Abhängig von der Maschine, ihrer bestimmungsgemäßen Verwendung und ihrer elektrischen Ausrüstung darf der Konstrukteur Teile der elektrischen Ausrüstung der Maschine auswählen, die EN 60439-1 entsprechen und, soweit notwendig, anderen zutreffenden Teilen der Reihe EN 60439 entsprechen (siehe auch Anhang F).

4.3 Elektrische Versorgung

4.3.1 Allgemeines

Die elektrische Ausrüstung muss so ausgelegt sein, dass sie unter den Verhältnissen der Netzversorgung fehlerfrei arbeitet:

- wie in 4.3.2 oder 4.3.3 festgelegt oder
- wie anderweitig durch den Betreiber festgelegt (siehe Anhang B) oder
- wie durch den Lieferanten im Falle von besonderen Energieversorgungen wie Bordgeneratoren festgelegt.

4.3.2 Wechselstromversorgungen

Spannung	Dauerbetriebsspannung: 0,9 bis 1,1 der Nennspannung.
Frequenz	0,99 bis 1,01 der Nennfrequenz dauernd; 0,98 bis 1,02 kurzzeitig.
Oberschwingungen	Die harmonische Verzerrung für die Summe aus der 2ten bis zur 5ten Oberwelle darf 10 % der gesamten Effektivspannung zwischen den aktiven Leitern nicht überschreiten. Zusätzliche 2 % der gesamten Effektivspannung zwischen den aktiven Leitern für die Summe von der 6ten bis zur 30ten Oberwelle sind zulässig.
Spannungsunsymmetrie	In Drehstromversorgungen darf weder die Spannung des Gegensystems noch die Spannung des Nullsystems 2 % des Mitsystems überschreiten.
Spannungsunterbrechung	Spannungsunterbrechungen oder Spannungen von null Volt dürfen nicht länger als 3 ms zu einer beliebigen Zeit innerhalb einer Periode der Versorgung anstehen. Zwischen aufeinander folgenden Unterbrechungen muss eine Zeitdauer von mehr als 1 s liegen.
Spannungseinbrüche	Spannungseinbrüche dürfen 20 % der Scheitelspannung der Versorgung für mehr als eine Periode nicht überschreiten. Zwischen aufeinander folgenden Einbrüchen muss mehr als 1 s liegen.

4.3.3 Gleichstromversorgungen

Durch Batterien:

Spannung	0,85 bis 1,15 der Nennspannung; 0,7 bis 1,2 der Nennspannung im Fall von batteriebetriebenen Fahrzeugen.
Spannungsunterbrechung	Nicht länger als 5 ms.

Durch Umrichter:

Spannung	0,9 bis 1,1 der Nennspannung.
Spannungsunterbrechung	Nicht länger als 20 ms. Zwischen aufeinander folgenden Unterbrechungen muss mehr als 1 s liegen.

ANMERKUNG Dies ist eine Abweichung vom IEC Guide 106, um einen ordnungsgemäßen Betrieb der elektronischen Ausrüstung sicherzustellen.

Welligkeit (Spitze zu Spitze)	Darf das 0,15fache der Nennspannung nicht überschreiten.
--	--

4.3.4 Besondere Versorgungssysteme

Für besondere Versorgungssysteme wie Bordgeneratoren dürfen die in 4.3.2 und 4.3.3 festgelegten Grenzen überschritten werden, vorausgesetzt die Ausrüstung ist dafür ausgelegt, unter diesen Bedingungen einwandfrei zu arbeiten.

4.4 Physikalische Umgebungs- und Betriebsbedingungen

4.4.1 Allgemeines

Die elektrische Ausrüstung muss für die physikalischen Umgebungsbedingungen und für die Betriebsbedingungen ihrer bestimmungsgemäßen Verwendung geeignet sein. Die Anforderungen von 4.4.2 bis 4.4.8 decken die physikalischen Umgebungsbedingungen und die Betriebsbedingungen für die Mehrzahl der Maschinen ab, die durch diesen Teil von EN 60204 erfasst sind. Wenn besondere Bedingungen vorliegen oder die spezifizierten Grenzwerte überschritten werden, wird eine Vereinbarung zwischen Benutzer und Lieferanten (siehe 4.1) empfohlen (siehe Anhang B).

4.4.2 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

Die Ausrüstung darf keine elektromagnetischen Störungen oberhalb des für die vorgesehene betriebliche Umgebung zulässigen Niveaus erzeugen. Zusätzlich muss die Ausrüstung eine ausreichende Störfestigkeit gegen elektromagnetische Störungen haben, sodass sie in ihrer vorgesehenen Umgebung einwandfrei arbeitet.

ANMERKUNG 1 Die EMV-Gruppennormen IEC 61000-6-1 oder IEC 61000-6-2 und IEC 61000-6-3 oder IEC 61000-6-4 legen allgemeine Grenzwerte für Störaussendung und Störfestigkeit fest.

ANMERKUNG 2 IEC 61000-5-2 enthält Leitlinien für die Erdung und Verkabelung elektrischer und elektronischer Systeme mit dem Ziel, die EMV sicherzustellen. Falls spezielle Produktnormen vorhanden sind (z. B. IEC 61496-1, IEC 61800-3, IEC 60947-5-2), haben diese Vorrang vor den Gruppennormen.

Maßnahmen, um die Erzeugung von elektromagnetischen Störungen, d. h. leitungsgebundene und abgestrahlte Emissionen, zu begrenzen, schließen ein:

- Filtern der Energiezuführung;
- Abschirmung der Kabel und Leitungen;
- Gehäuse, die konzipiert sind, hochfrequente Abstrahlung zu minimieren;
- Funkentstörtechniken.

Maßnahmen, um die Störfestigkeit der Ausrüstung gegen leitungsgebundene und eingestrahlte Hochfrequenzstörungen zu verbessern, schließen ein:

- Auslegung des Systems für den Funktions-Potentialausgleich unter Berücksichtigung der folgenden Punkte:
 - Verbindung empfindlicher Stromkreise an Masse. Solche Anschlüsse sollten mit dem Symbol IEC 60417-5020 (DB:2002-10) bezeichnet oder beschriftet sein;



- Verbindung der Masse zur Erde (PE) mit einem Leiter niedriger Hochfrequenzimpedanz und so kurz wie praktisch möglich.
- Verbindung empfindlicher elektrischer Ausrüstung oder Stromkreise direkt mit dem Schutzleiterkreis (PE) oder an einen Leiter der Funktionserdung (FE) (siehe Bild 2), um Gleichtaktstörungen zu minimieren. Letzterer Anschluss sollte mit dem Symbol IEC 60417-5018 (DB: 2002-10) bezeichnet oder beschriftet sein:



- räumliche Trennung empfindlicher Stromkreise von Störquellen;
- Gehäuse, die konzipiert sind, hochfrequente Einstrahlung zu minimieren;
- EMV-gerechte Verdrahtungspraxis:
 - Anwendung von verdrehten Leitern, um die Auswirkung von Gegentaktstörungen zu vermindern;
 - Einhalten eines ausreichenden Abstandes zwischen Störungen aussendenden Leitern und Leitern empfindlicher Stromkreise;
 - Ausrichtung der Kabel und Leitungen so gut wie möglich auf 90° bei Kreuzungen;
 - Leiterführungen so dicht wie möglich an der Masseebene;
 - Benutzung von elektrostatischen und/oder elektromagnetischen Abschirmungen mit Anschlüssen niedriger Hochfrequenzimpedanz.

4.4.3 Umgebungstemperatur der Luft

Die elektrische Ausrüstung muss in der Lage sein, in der vorgesehenen Umgebungstemperatur der Luft einwandfrei zu arbeiten. Die Mindestanforderung für die gesamte elektrische Ausrüstung ist ein einwandfreies Arbeiten bei Lufttemperaturen zwischen +5°C und +40°C. Für sehr heiße Umgebungen (z. B. heiße Klimate, Walzwerke, Papiermaschinen) und für kalte Umgebungen werden zusätzliche Maßnahmen empfohlen (siehe Anhang B).

4.4.4 Luftfeuchte

Die elektrische Ausrüstung muss in der Lage sein, einwandfrei zu arbeiten, wenn die relative Luftfeuchte 50 % bei einer maximalen Temperatur von + 40 °C nicht übersteigt. Höhere relative Luftfeuchten sind bei niedrigeren Temperaturen zulässig (z. B. 90 % bei 20 °C).

Schädliche Auswirkungen durch gelegentliche Betauung müssen durch richtige Auslegung der Ausrüstung vermieden werden oder, wo notwendig, durch geeignete, zusätzliche Maßnahmen (z. B. eingebaute Heizgeräte, Klimaanlage, Entwässerungsöffnungen).

4.4.5 Höhenlage

Die elektrische Ausrüstung muss in der Lage sein, in Höhenlagen bis zu 1 000 m über dem mittleren Meeresspiegel einwandfrei zu arbeiten.

4.4.6 Verschmutzungen

Die elektrische Ausrüstung muss ausreichend gegen das Eindringen von Feststoffen und Flüssigkeiten (siehe 11.3) geschützt sein.

Die elektrische Ausrüstung muss ausreichend gegen Verunreinigungen geschützt sein (z. B. Staub, Säuren, korrosive Gase, Salze), die in der physikalischen Umgebung in der die elektrische Ausrüstung errichtet werden soll, vorhanden sein können (siehe Anhang B).

4.4.7 Ionisierende und nichtionisierende Strahlung

Wenn die Ausrüstung einer Strahlung ausgesetzt ist (z. B. Mikrowellen, UV-, Laser-, Röntgenstrahlung), müssen zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden, um eine Fehlfunktion der Ausrüstung und eine beschleunigte Zerstörung der Isolierung zu vermeiden. Eine besondere Vereinbarung zwischen dem Lieferanten und dem Betreiber wird empfohlen (siehe Anhang B).

4.4.8 Vibration, Schock und Stoß

Unerwünschte Folgen durch Vibration, Schock und Stoß (einschließlich solcher, die von der Maschine und ihrer zugehörigen Ausrüstung sowie von der physikalischen Umgebung erzeugt werden) müssen durch die Auswahl von geeigneter Ausrüstung, durch getrennte Anordnung von der Maschine oder durch Verwendung von schwingungsdämpfenden Befestigungen vermieden werden. Eine besondere Vereinbarung zwischen dem Lieferanten und dem Betreiber wird empfohlen (siehe Anhang B).

4.5 Transport und Lagerung

Die elektrische Ausrüstung muss so ausgelegt sein, dass sie den Auswirkungen von Transport- und Lagerungstemperaturen im Bereich von –25 °C bis +55 °C sowie kurzzeitig, nicht länger als 24 Stunden, bis +70 °C widersteht, oder es müssen geeignete Vorkehrungen getroffen werden, sie davor zu schützen. Es müssen geeignete Vorkehrungen getroffen werden, um Beschädigung durch Feuchtigkeit, Vibration und Schock zu verhindern. Eine besondere Vereinbarung zwischen dem Lieferanten und dem Betreiber kann notwendig sein (siehe Anhang B).

ANMERKUNG Elektrische Ausrüstung, die anfällig gegen Beschädigungen durch tiefe Temperaturen ist, schließt PVC-isolierte Kabel mit ein.

4.6 Handhabungsvorrichtungen

Schwere und sperrige elektrische Ausrüstung, die für den Transport von der Maschine abgebaut werden muss oder die unabhängig von der Maschine ist, muss mit geeigneten Vorrichtungen zum Hantieren mit Hebezeugen oder ähnlichem versehen sein.

4.7 Errichtung

Die elektrische Ausrüstung muss nach den Vorgaben des Lieferanten der elektrischen Ausrüstung errichtet werden.

5 Netzanschlüsse und Einrichtungen zum Trennen und Ausschalten

5.1 Netzanschlüsse

Wo praktisch möglich wird empfohlen, die elektrische Ausrüstung einer Maschine an eine einzige Energieversorgung anzuschließen. Wo eine andere Versorgung für bestimmte Teile der Ausrüstung (z. B. elektronische Ausrüstung, die mit einer anderen Spannung arbeitet) erforderlich ist, sollte diese Versorgung, soweit praktisch möglich, von Einrichtungen (z. B. Transformatoren, Umrichter) erfolgen, die Bestandteil der elektrischen Ausrüstung der Maschine sind. Für große komplexe maschinelle Anlagen mit einer Anzahl weit auseinander stehender Maschinen, die koordiniert zusammenarbeiten, kann die Notwendigkeit für mehr als eine Versorgung bestehen, abhängig von den Verhältnissen der Versorgung auf der Anlage (siehe 5.3.1).

Außer wenn die Maschine für den Anschluss an die Versorgung mit einem Stecker ausgerüstet ist (siehe 5.3.2 e)), wird empfohlen, dass die Zuleitungen an die Netz-Trenneinrichtung angeschlossen werden.

Wo ein Neutraleiter benutzt wird, muss dies deutlich in der technischen Dokumentation der Maschine, wie zum Beispiel im Installationsplan und im Stromlaufplan, angegeben sein. Es muss eine getrennte, isolierte Klemme, bezeichnet mit „N“ nach 16.1, für den Neutraleiter vorgesehen werden (siehe auch Anhang B).

Es darf weder eine Verbindung zwischen dem Neutraleiter und dem Schutzleitersystem innerhalb der elektrischen Ausrüstung bestehen, noch darf eine PEN-Klemme vorgesehen sein.

Ausnahme: In TN-C-Systemen darf an der Netzanschluss-Stelle der Maschine eine Verbindung zwischen der Klemme für den Neutraleiter und der PE-Klemme hergestellt werden.

Alle Klemmen der Netzanschluss-Stelle müssen deutlich nach IEC 60445 und 16.1 gekennzeichnet sein. Für die Kennzeichnung der externen Schutzleiterklemme siehe 5.2.

Siehe 17.8 für die Bereitstellung von Instandhaltungsanweisungen.

5.2 Klemme für den Anschluss an das externe Schutzerdungs-System

Abhängig von der Netzform der Versorgung, muss für jeden Netzanschluss in der Nähe der zugehörigen Klemmen für die Außenleiter, eine Klemme vorgesehen werden, zum Anschluss der Maschine an das externe Schutzerdungs-System oder an den externen Schutzleiter.

Die Klemme muss so dimensioniert sein, dass sie den Anschluss eines externen Schutzleiters aus Kupfer mit einem Querschnitt nach Tabelle 1 ermöglicht.

Tabelle 1 – Mindestquerschnitt des externen Schutzleiters aus Kupfer

Querschnitt der Außenleiter aus Kupfer für den Netzanschluss der Ausrüstung S (mm ²)	Mindestquerschnitt des externen Schutzleiters aus Kupfer S_p (mm ²)
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

Wird ein externer Schutzleiter aus einem anderen Material als Kupfer verwendet, muss die Klemmengröße entsprechend gewählt werden (siehe auch 8.2.2).

An jeder Netzanschluss-Stelle muss die Klemme für das externe Schutzerdungs-System oder den externen Schutzleiter mit den Buchstaben PE bezeichnet oder beschriftet sein (siehe IEC 60445).

5.3 Netz-Trenneinrichtung

5.3.1 Allgemeines

Eine Netz-Trenneinrichtung muss vorgesehen werden:

- für jeden Netzanschluss zu einer oder mehreren Maschinen;

ANMERKUNG Der Netzanschluss kann direkt an die Maschine angeschlossen werden oder über ein Zuleitungssystem. Zuleitungssysteme können einschließen: Schleifleitungen, Schleifringkörper, flexible Leitungssysteme (aufgetrommelt, als Leitungsgirlande) oder induktive Energieversorgungssysteme.

- für jede Bordstromversorgung.

Wenn erforderlich, muss die Netz-Trenneinrichtung die elektrische Ausrüstung der Maschine von der Versorgung trennen (z. B. für Arbeiten an der Maschine, einschließlich der elektrischen Ausrüstung).

Wenn zwei oder mehrere Netz-Trenneinrichtungen vorgesehen sind, müssen für deren richtige Arbeitsweise auch Schutzverriegelungen vorgesehen werden, um einer gefährbringenden Situation vorzubeugen, einschließlich einem Schaden an der Maschine oder dem Produktionsgut.

5.3.2 Arten

Die Netz-Trenneinrichtung muss eine der folgenden Arten sein:

- a) ein Lasttrennschalter, mit oder ohne Sicherungen, nach IEC 60947-3 für Gebrauchskategorie AC-23B oder DC-23B;
- b) ein Trennschalter, mit oder ohne Sicherungen, nach IEC 60947-3, mit einem Hilfskontakt, der auf jeden Fall bewirkt, dass Schaltgeräte die Last vor dem Öffnen der Hauptkontakte des Trennschalters abschalten;
- c) ein Leistungsschalter – geeignet zum Trennen – nach IEC 60947-2;
- d) jedes andere Schaltgerät nach einer IEC-Produktnorm für dieses Gerät, welches sowohl die Anforderungen an Trenneinrichtungen von IEC 60947-1 erfüllt als auch die Gebrauchskategorie, die in der Produktnorm als angemessen für das Schalten von Motoren unter Last oder anderen induktiven Lasten festgelegt ist;
- e) eine Stecker/Steckdosen-Kombination für eine Stromversorgung mit flexiblen Leitungen.

5.3.3 Anforderungen

Wenn die Netz-Trenneinrichtung einer der in 5.3.2 a) bis d) festgelegten Arten entspricht, muss sie alle folgenden Anforderungen erfüllen:

- Trennen der elektrischen Ausrüstung von der Versorgung, wobei nur eine AUS- (Trenn-) und eine EIN-Stellung vorhanden ist, gekennzeichnet mit „O“ und „I“ (Symbole IEC 60417-5008 (DB:2002-10) und IEC 60417-5007 (DB:2002-10), siehe 10.2.2));
- eine sichtbare Kontakt-Trennstrecke oder Stellungsanzeige haben, die AUS (getrennt) nicht anzeigen kann, bevor alle Kontakte tatsächlich offen und die Anforderungen für die Trennfunktion erfüllt sind;
- eine äußere Bedienungsvorrichtung (z. B. Handhabe) haben, (Ausnahme: Kraftbetriebene Schaltgeräte brauchen nicht von außerhalb des Gehäuses zu betätigen sein, wenn andere Möglichkeiten vorhanden sind, sie zu öffnen). Wo die äußere Bedienungsvorrichtung nicht für Handlungen im Notfall vorgesehen ist, wird empfohlen, dass sie schwarz oder grau ist (Siehe 10.7.4 und 10.8.4);
- mit einer Vorrichtung versehen sein, die es erlaubt, sie in der AUS-(Trenn-)Stellung abzuschließen (z. B. durch Vorhängeschlösser). Wenn sie abgeschlossen ist, muss sowohl ein Fernbedientes als auch ein Schließen vor Ort verhindert sein;
- alle aktiven Leiter von ihren Energieversorgungskreisen trennen. Bei TN-Systemen ist es jedoch freigestellt, ob der Neutralleiter getrennt wird oder nicht, ausgenommen in Ländern wo die Trennung des Neutralleiters (wenn verwendet) vorgeschrieben ist;
- das Ausschaltvermögen muss ausreichend sein, den Strom des größten Motors im blockierten Zustand zusammen mit der Summe der tatsächlichen Betriebsströme aller übrigen Motoren und/oder Verbraucher abzuschalten. Das so ermittelte Ausschaltvermögen darf mit einem bewährten Belastungsfaktor^{N1)} reduziert werden.

Wenn die Netz-Trenneinrichtung aus einer Stecker/Steckdosen-Kombination besteht, muss sie folgende Anforderungen erfüllen:

- Ein Schaltvermögen aufweisen oder mit einem Lastschaltgerät verriegelt sein, das ein Schaltvermögen hat, ausreichend um den Strom des größten Motors im blockierten Zustand zusammen mit der Summe der tatsächlichen Betriebsströme aller übrigen Motoren und/oder Verbraucher abzuschalten. Das so ermittelte Ausschaltvermögen darf mit einem bewährten Belastungsfaktor^{N1)} reduziert werden. Wenn das Lastschaltgerät elektrisch betätigt wird (z. B. ein Schütz) muss es eine angemessene Gebrauchskategorie haben;
- a) bis f) von 13.4.5.

ANMERKUNG Ein angemessen bemessener Stecker und eine Steckdose, eine Leitungskupplung oder ein Gerätestecker nach IEC 60309-1 können diese Anforderungen erfüllen.

Wo die Netz-Trenneinrichtung eine Stecker/Steckdosen-Kombination ist, muss ein Schaltgerät mit einer angemessenen Gebrauchskategorie vorgesehen werden, um die Maschine ein- und auszuschalten. Dies kann durch Verwendung des oben beschriebenen verriegelten Schaltgerätes erreicht werden.

5.3.4 Bedienungsvorrichtung

Die Bedienungsvorrichtung (z. B. eine Handhabe) der Netz-Trenneinrichtung muss leicht zugänglich und zwischen 0,6 m und 1,9 m oberhalb der Zugangsebene angeordnet sein. Eine Obergrenze von 1,7 m wird empfohlen.

ANMERKUNG Die Betätigungsrichtung ist in IEC 61310-3 festgelegt.

5.3.5 Ausgenommene Stromkreise

Die folgenden Stromkreise brauchen nicht von der Netz-Trenneinrichtung abgeschaltet zu werden:

- Beleuchtungsstromkreise, die für Beleuchtung während Instandhaltung oder Reparatur benötigt werden;

^{N1)} Nach Ansicht des Deutschen Nationalen Komitees müsste es Gleichzeitigkeitsfaktor heißen.

- Stecker und Steckdosen für den ausschließlichen Anschluss von Reparatur- oder Instandhaltungswerkzeugen und Ausrüstung (z. B. Handbohrmaschinen, Prüfausrüstung);
- Stromkreise für den Unterspannungsschutz, die ausschließlich für eine automatische Abschaltung im Fall eines Ausfalles der Einspeisung vorgesehen sind;
- Stromkreise, die Ausrüstungen versorgen, die normalerweise für korrekten Betrieb an ihrer Energieversorgung bleiben müssen (z. B. temperaturgesteuerte Messeinrichtungen, Werkstückheizungen (bei laufenden Arbeiten), Programm-Speicher);
- Steuerstromkreise für Verriegelung.

Es wird jedoch empfohlen, solche Stromkreise mit eigenen Trenneinrichtungen zu versehen.

Wo solch ein Stromkreis nicht durch die Netz-Trenneinrichtung abgeschaltet wird:

- muss (müssen) (ein) dauerhafte(s) Warnschild(er) nach 16.1 in der Nähe der Netztrenneinrichtung angebracht sein;
- muss eine entsprechende Aussage im Wartungshandbuch enthalten sein, und es gilt (gelten) eine oder mehrere der folgenden Anforderungen:
 - ein dauerhaftes Warnschild nach 16.1 muss in der Nähe jedes ausgenommenen Stromkreises angebracht sein oder
 - der ausgenommene Stromkreis muss räumlich getrennt von anderen Stromkreisen sein oder
 - die Leiter müssen farblich identifizierbar sein, unter Berücksichtigung der Empfehlung in 13.2.4.

5.4 Ausschaltseinrichtungen zur Verhinderung von unerwartetem Anlauf

Es müssen Ausschaltseinrichtungen zur Verhinderung von unerwartetem Anlauf vorgesehen werden (z. B. wo während der Instandhaltung ein Anlauf der Maschine oder eines Teils der Maschine eine Gefährdung hervorrufen kann).

Solche Einrichtungen müssen für die vorgesehene Verwendung geeignet und zweckmäßig sein, müssen angemessen angeordnet und für ihre Funktion und Zweck leicht identifizierbar sein (z. B. wo notwendig, durch eine dauerhafte Kennzeichnung nach 16.1).

ANMERKUNG 1 Diese Norm behandelt nicht alle Vorkehrungen zur Verhinderung von unerwartetem Anlauf. Siehe ISO 14118 (EN 1037).

Mittel müssen vorgesehen werden, um unbeabsichtigtem und/oder irrtümlichem Schließen der Ausschalt-einrichtungen vorzubeugen (siehe 5.6).

ANMERKUNG 2 Weitere Informationen für den Ort und die Betätigung von Geräten, die zur Verhinderung von unerwartetem Anlauf benutzt werden, enthält EN 60447.

Die folgenden Geräte, welche die Trennerfunktion erfüllen, dürfen hierfür verwendet werden:

- Geräte, beschrieben in 5.3.2;
- Trennschalter, herausziehbare Sicherungselemente und herausziehbare Trennlaschen nur wenn sie in abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten angeordnet sind (siehe 3.19).

Geräte, die nicht die Trennerfunktion erfüllen (z. B. ein Schütz, ausgeschaltet durch einen Steuerstromkreis), dürfen nur vorgesehen werden, wo ihre bestimmungsgemäße Verwendung einschließt:

- Inspektionen;
- Einstellungen;
- Arbeiten an der elektrischen Ausrüstung, wo:
 - keine Gefährdung durch elektrischen Schlag (siehe Abschnitt 6) und Verbrennung besteht;
 - die Ausschaltseinrichtung während der Arbeiten wirksam bleibt;

- die Arbeit von geringem Umfang ist (z. B. Auswechseln einer steckbaren Einheit ohne Eingriff in die bestehende Verdrahtung).

ANMERKUNG 3 Die Auswahl eines Gerätes sollte zum Beispiel in Betracht ziehen: Informationen abgeleitet aus der Risikobeurteilung, den bestimmungsgemäßen Gebrauch und die vorhersehbare Fehlanwendung des Gerätes. Z. B. kann die Verwendung von Trennschaltern, herausziehbaren Sicherungselementen oder herausziehbaren Trennlaschen, die in einer abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätte angeordnet sind, ungeeignet für die Benutzung durch Reinigungspersonal sein (siehe 17.2 b)12)).

5.5 Einrichtungen zum Trennen der elektrischen Ausrüstung

Es müssen Einrichtungen zum Trennen der elektrischen Ausrüstung vorgesehen werden, um die Ausführung von Arbeiten im freigeschalteten und getrennten Zustand zu ermöglichen. Solche Einrichtungen müssen:

- für die vorgesehene Verwendung geeignet und leicht zu bedienen sein;
- gut zugänglich angebracht sein;
- leicht erkennbar sein, zu welchem Teil oder Stromkreis bzw. zu welchen Teilen oder Stromkreisen der Ausrüstung sie gehören (z. B., wo notwendig, durch dauerhafte Kennzeichnung nach 16.1).

Einrichtungen müssen vorgesehen werden, um einem unbeabsichtigten und/oder irrtümlichen Schließen dieser Geräte vorzubeugen, sowohl an der Steuerungseinrichtung selbst, als auch von anderen Orten (siehe auch 5.6).

Die Netz-Trenneinrichtung (siehe 5.3) darf fallweise für diese Funktion verwendet werden. Wo es jedoch notwendig ist, an einzelnen Teilen der elektrischen Ausrüstung einer Maschine zu arbeiten oder an einer von mehreren Maschinen, die über ein gemeinsames Schleifleitungssystem oder induktives Energieversorgungssystem gespeist werden, muss eine Trenneinrichtung für jeden Teil oder jede Maschine vorgesehen werden, das (die) eine eigene Trennung erfordert.

Zusätzlich zur Netz-Trenneinrichtung dürfen die folgenden Geräte, welche die Trennfunktion erfüllen, für diesen Zweck vorgesehen werden:

- Geräte, beschrieben in 5.3.2;
- Trennschalter, herausziehbare Sicherungseinsätze und herausziehbare Trennlaschen nur wenn sie in einem elektrischen Betriebsraum angeordnet sind (siehe 3.15) und mit der elektrischen Ausrüstung eine entsprechende Information bereitgestellt ist (siehe 17.2 b)9) und b)12)).

ANMERKUNG Wo der Schutz gegen elektrischen Schlag nach 6.2.2 c) vorgesehen ist, sind für diesen Zweck herausziehbare Sicherungseinsätze und herausziehbare Trennlaschen für die Benutzung durch Elektrofachkräfte oder unterwiesene Personen bestimmt.

5.6 Schutz vor unbefugtem, unbeabsichtigtem und/oder irrtümlichem Schließen

Die in 5.4 und 5.5 beschriebenen Geräte, die außerhalb einer abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätte angeordnet sind, müssen mit Mitteln ausgerüstet werden, um sie in der AUS-Stellung (getrenntem Zustand) zu sichern (z. B. durch Vorkehrungen für Vorhängeschlösser, Verriegelungseinrichtung mit Schlüsseltransfer-system). Wenn so gesichert, muss sowohl eine fernbediente, als auch eine Vorort Wiedereinschaltung verhindert sein.

Wo nicht abschließbare Trenneinrichtungen verwendet werden (z. B. herausziehbare Sicherungseinsätze, herausziehbare Trennlaschen), dürfen andere Mittel zum Schutz gegen Wiederverbinden (z. B. Warnschilder nach 16.1) verwendet werden.

Wenn jedoch eine Stecker/Steckdosen-Kombination nach 5.3.2 e) so angebracht ist, dass sie unter der unmittelbaren Aufsicht der Person ist, die die Arbeiten ausführt, brauchen keine Einrichtungen zum Abschließen in der AUS-Stellung vorgesehen werden.

6 Schutz gegen elektrischen Schlag

6.1 Allgemeines

Die elektrische Ausrüstung muss den Schutz von Personen gegen elektrischen Schlag vorsehen:

- gegen direktes Berühren (siehe 6.2 und 6.4);
- bei indirektem Berühren (siehe 6.3 und 6.4).

Die Maßnahmen für diesen Schutz in 6.2, 6.3 und für PELV in 6.4 sind eine empfohlene Auswahl aus IEC 60364-4-41. Wo diese empfohlenen Maßnahmen nicht praktikabel sind, zum Beispiel wegen physikalischer oder betrieblicher Umstände, dürfen andere Maßnahmen aus IEC 60364-4-41 benutzt werden.

6.2 Schutz gegen direktes Berühren

6.2.1 Allgemeines

Für jeden Stromkreis oder jeden Teil der elektrischen Ausrüstung müssen entweder die Maßnahmen nach 6.2.2 oder 6.2.3 und, wo zutreffend, 6.2.4 angewendet werden.

Ausnahme: Wo diese Maßnahmen nicht geeignet sind, dürfen andere Maßnahmen zum Schutz gegen direktes Berühren angewendet werden (z. B. Benutzung von Abdeckungen, Schutz durch Abstand, Benutzung von Hindernissen, Anwendung von Konstruktions- oder Installationstechniken, die einen Zugang verhindern), wie sie in IEC 60364-4-41 festgelegt sind (siehe auch 6.2.5 und 6.2.6).

Wenn Ausrüstungen so angeordnet sind, dass sie der allgemeinen Öffentlichkeit, einschließlich Kindern zugänglich sind, dann müssen Maßnahmen entweder nach 6.2.2 mit einem Mindestschutzgrad gegen direktes Berühren entsprechend IP4X bzw. IPXXD (siehe IEC 60529) oder 6.2.3 angewendet werden.

6.2.2 Schutz durch Gehäuse (Umhüllungen)

Aktive Teile müssen sich innerhalb von Gehäusen befinden, die den entsprechenden Anforderungen aus 4, 11 und 14 genügen und die Schutz gegen direktes Berühren von wenigstens IP2X oder IPXXB bieten (siehe IEC 60529).

Wo die oberen Abdeckungen der Gehäuse leicht zugänglich sind, muss der Schutzgrad gegen direktes Berühren, den die oberen Abdeckungen bieten, mindestens IP4X oder IPXXD sein.

Das Öffnen eines Gehäuses (d. h. Öffnen von Türen, Deckeln, Abdeckungen und ähnlichem) darf nur, unter einer der folgenden Bedingungen möglich sein:

- a) Die Verwendung eines Schlüssels oder Werkzeuges ist für den Zugang notwendig. Für abgeschlossene elektrische Betriebsstätten siehe IEC 60364-4-41 oder IEC 60439-1, soweit anwendbar.

ANMERKUNG 1 Die Verwendung eines Schlüssels oder Werkzeuges ist dazu bestimmt, den Zugang auf Elektrofachkräfte oder unterwiesene Personen zu begrenzen (siehe 17.2 b) 12)).

Alle aktiven Teile, die möglicherweise beim Zurücksetzen oder Justieren von hierfür vorgesehenen Geräten berührt werden können, während die Ausrüstung noch eingeschaltet ist, müssen gegen direktes Berühren mit einem Schutzgrad von mindestens IP2X oder IPXXB geschützt sein. Andere aktive Teile auf der Innenseite von Türen müssen gegen direktes Berühren mit einem Schutzgrad von mindestens IP1X oder IPXXA geschützt sein.

- b) Abschaltung aktiver Teile innerhalb des Gehäuses, bevor das Gehäuse geöffnet werden kann.

Dies kann erreicht werden durch Verriegeln der Tür mit einer Trenneinrichtung (z. B. der Netz-Trenneinrichtung) derart, dass die Tür nur geöffnet werden kann, wenn die Trenneinrichtung offen ist, und dass die Trenneinrichtung nur eingeschaltet werden kann, wenn die Tür geschlossen ist.

Ausnahme: Eine Spezialeinrichtung oder ein Werkzeug, nach Vorgabe des Lieferanten, kann benutzt werden, um die Verriegelung aufzuheben, vorausgesetzt, dass:

- es jederzeit, während die Verriegelung aufgehoben ist, möglich ist, die Trenneinrichtung zu öffnen und in der AUS-(getrennt)Stellung abzuschließen oder auf andere Weise ein unbefugtes Schließen der Trenneinrichtung zu verhindern;
- beim Schließen der Tür die Verriegelung automatisch wieder wirksam wird;
- alle aktiven Teile, die beim Zurückstellen oder Einstellen von hierfür vorgesehenen Geräten möglicherweise berührt werden können, während die Ausrüstung noch eingeschaltet ist, gegen direktes Berühren mit mindestens dem Schutzgrad IP2X oder IPXXB geschützt sind und andere aktive Teile auf der Innenseite von Türen gegen direktes Berühren mit mindestens dem Schutzgrad IP1X oder IPXXA geschützt sind;
- eine entsprechende Information mit der elektrischen Ausrüstung bereitgestellt ist (siehe 17.2 b) 9) und b) 12)).

ANMERKUNG 2 Die Spezialeinrichtung oder das Werkzeug ist ausschließlich für die Benutzung durch Elektrofachkräfte oder unterwiesene Personen bestimmt (siehe 17.2 b) 12)).

Mittel müssen vorgesehen werden, um den Zugang zu aktiven Teilen hinter Türen, die nicht direkt mit den Trenneinrichtungen verriegelt sind, auf Elektrofachkräfte oder unterwiesene Personen einzuschränken. (Siehe 17.2 b) 12))

Alle Teile, die nach dem Ausschalten der Trenneinrichtung(en) (siehe 5.3.5) unter Spannung bleiben, müssen gegen direktes Berühren mit mindestens dem Schutzgrad IP2X oder IPXXB (siehe IEC 60529) geschützt sein. Solche Teile müssen nach 16.2.1 mit einem Warnschild gekennzeichnet sein (siehe auch 13.2.4 für die Identifizierung von Leitern durch Farbe).

Ausgenommen von dieser Kennzeichnungsanforderung sind:

- Teile, die nur durch Verbindung mit Verriegelungsstromkreisen aktiv sein können und die nach 13.2.4 durch Farbe als potenziell spannungsführend identifizierbar sind;
 - die Netz-Anschlussklemmen der Netz-Trenneinrichtung, wenn Letztere für sich in einem getrennten Gehäuse montiert ist.
- c) Das Öffnen ohne die Verwendung eines Schlüssels oder Werkzeugs und ohne Abschalten der aktiven Teile darf nur möglich sein, wenn alle aktiven Teile mindestens nach dem Schutzgrad IP2X oder IPXXB (siehe IEC 60529) gegen direktes Berühren geschützt sind. Wo Abdeckungen diesen Schutz bieten, dürfen sie entweder nur mit einem Werkzeug entfernt werden können, oder alle durch sie geschützten aktiven Teile müssen automatisch abgeschaltet werden, wenn die Abdeckung entfernt wird.

ANMERKUNG 3 Wo Schutz gegen direktes Berühren nach 6.2.2 c) erreicht wird und durch die Betätigung von Geräten von Hand (z. B. schließen von Schützen oder Relais von Hand) eine Gefährdung entstehen kann, sollte solchen Betätigungen mit Abdeckungen oder Hindernissen vorgebeugt werden, deren Entfernung ein Werkzeug erfordert.

6.2.3 Schutz durch Isolierung aktiver Teile

Aktive Teile mit Schutz durch Isolierung müssen vollständig mit einer Isolierung umhüllt werden, die nur durch Zerstören entfernt werden kann. Eine solche Isolierung muss gegen die mechanischen, chemischen, elektrischen und thermischen Beanspruchungen widerstandsfähig sein, denen sie unter üblichen Betriebsbedingungen ausgesetzt sein kann.

ANMERKUNG Ein Farbanstrich, Firnis, Lack und ähnliches wird für sich allein im Allgemeinen nicht als ausreichender Schutz gegen elektrischen Schlag unter üblichen Betriebsbedingungen angesehen.

6.2.4 Schutz gegen Restspannungen

Aktive Teile, die nach dem Ausschalten der Versorgung eine Restspannung von mehr als 60 V aufweisen, müssen innerhalb einer Zeit von 5 s nach Ausschalten der Versorgung auf 60 V oder weniger entladen werden, vorausgesetzt, dass diese Entladerate nicht die ordnungsgemäße Funktion der Ausrüstung stört. Bauteile, die eine gespeicherte Ladung von 60 μC oder weniger haben, sind von dieser Anforderung ausgenommen. Wo diese definierte Entladerate die ordnungsgemäße Funktion der Ausrüstung beeinflusst, muss ein dauerhafter Warnhinweis an einer leicht sichtbaren Stelle auf oder unmittelbar neben dem Gehäuse, das die Kapazitäten enthält, angebracht werden. Er muss auf die Gefährdung hinweisen und den Zeitverzug angeben, der notwendig ist, bis das Gehäuse geöffnet werden darf.

Wenn das Ziehen von Steckern oder ähnlichen Geräten zum Freilegen von Leitern (z. B. Steckerstifte) führt, darf die Entladezeit 1 s nicht überschreiten. Anderenfalls müssen solche Leiter gegen direktes Berühren mindestens nach dem Schutzgrad IP2X oder IPXXB geschützt werden. Falls weder eine Entladezeit von 1 s noch ein Schutz von mindestens IP2X oder IPXXB erreicht werden kann (z. B. bei abklappbaren Stromabnehmern von Schleifleitungen oder Schleifringkörpern, siehe 12.7.4), müssen zusätzliche Schalteinrichtungen oder eine angemessene Warneinrichtungen (z. B. ein Warnhinweis nach 16.1) vorgesehen werden.

6.2.5 Schutz durch Abdeckungen

Für Schutz durch Abdeckungen muss IEC 60364-4-41, 412.2 angewendet werden.

6.2.6 Schutz durch Abstand oder durch Hindernisse

Für Schutz durch Abstand muss IEC 60364-4-41, 412.4 angewendet werden. Für Schutz durch Hindernisse muss IEC 60364-4-41, 412.3 angewendet werden.

Für Schleifleitungssysteme mit einem Schutzgrad kleiner als IP2X siehe 12.7.1.

6.3 Schutz bei indirektem Berühren

6.3.1 Allgemeines

Der Schutz bei indirektem Berühren (siehe 3.29) ist vorgesehen zur Verhütung von gefahrbringenden Situationen im Fall eines Isolationsfehlers zwischen aktiven Teilen und Körpern.

Für jeden Stromkreis oder jeden Teil der elektrischen Ausrüstung muss mindestens eine der Maßnahmen von 6.3.2 und 6.3.3 angewendet werden:

- Maßnahmen, die das Auftreten einer Berührungsspannung verhindern (6.3.2) oder
- automatische Abschaltung der Versorgung bevor die Berührungszeit mit einer Berührungsspannung gefahrbringend werden kann (6.3.3).

ANMERKUNG 1 Das Risiko von schädlichen physiologischen Einwirkungen einer Berührungsspannung ist abhängig von der Höhe der Berührungsspannung und der möglichen Einwirkdauer.

ANMERKUNG 2 Für Schutzklassen der Ausrüstung und Schutzvorkehrungen siehe IEC 61140.

6.3.2 Maßnahmen, die das Auftreten einer Berührungsspannung verhindern

6.3.2.1 Allgemeines

Maßnahmen, die das Auftreten einer Berührungsspannung verhindern, beinhalten Folgendes:

- Verwendung von Geräten der Schutzklasse II oder mit gleichwertiger Isolierung;
- Schutztrennung;

6.3.2.2 Schutz durch Verwendung von Geräten der Schutzklasse II oder durch gleichwertige Isolierung

Diese Maßnahme ist vorgesehen, um das Auftreten von Berührungsspannungen an den zugänglichen Teilen, durch einen Fehler in der Basisisolierung, zu verhindern.

Dieser Schutz wird durch eine oder mehrere der folgenden Möglichkeiten bereitgestellt:

- Geräte oder Vorrichtungen der Schutzklasse II (doppelte Isolierung, verstärkte Isolierung oder gleichwertige Isolierung nach IEC 61140);
- schutzisolierte Schaltgeräte oder Schaltgerätekombinationen nach IEC 60439-1;
- zusätzliche oder verstärkte Isolierung nach IEC 60364-4-41, 413.2.

6.3.2.3 Schutztrennung

Schutztrennung eines einzelnen Stromkreises ist vorgesehen, um einer Berührungsspannung durch die Berührung mit Körpern vorzubeugen, die durch einen Fehler in der Basisisolierung von aktiven Teilen dieses Stromkreises spannungsführend werden können.

Für diese Schutzmaßnahme gelten die Anforderungen nach IEC 60364-4-41, 413.5.

6.3.3 Schutz durch automatische Abschaltung der Einspeisung

Diese Maßnahme besteht aus der Unterbrechung eines oder mehrerer Außenleiter(s) durch das automatische Ansprechen einer Schutzeinrichtung im Fehlerfall. Diese Unterbrechung muss innerhalb einer ausreichend kurzen Zeit erfolgen, um die Dauer einer Berührungsspannung auf eine Zeit zu begrenzen, innerhalb der die Berührungsspannung nicht gefahrbringend ist. Unterbrechungszeiten sind in Anhang A angegeben.

Diese Maßnahme erfordert eine Koordination zwischen:

- der Art der Versorgung und dem Erdungssystem;
- den Impedanzwerten der verschiedenen Teile des Schutzleitersystems;
- den Charakteristiken der Schutzeinrichtungen, welche den (die) Isolationsfehler erkennen.

Automatische Abschaltung der Versorgung eines beliebigen Stromkreises, ausgelöst durch einen Isolationsfehler, ist dazu bestimmt, einen gefahrbringenden Zustand durch eine Berührungsspannung zu verhindern.

Diese Schutzmaßnahme umfasst beides:

- Schutz-Potentialausgleich der Körper (siehe 8.2.3);
- und entweder
 - a) Überstromschutzeinrichtungen für die automatische Abschaltung der Versorgung, bei Erkennung eines Isolationsfehlers in einem TN-System oder
 - b) Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs), um die automatische Abschaltung der Versorgung einzuleiten, bei Erkennung eines Isolationsfehlers von einem aktiven Teil zu Körpern oder zur Erde in einem TT-System oder
 - c) Erdschlussüberwachungen oder Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs), um eine automatische Abschaltung eines IT-Systems einzuleiten. Ausgenommen, wo eine Schutzeinrichtung vorgesehen ist, um die Versorgung beim ersten Erdschluss zu unterbrechen, muss eine Isolationsüberwachung vorgesehen werden, um das Auftreten eines ersten Fehlers von einem aktiven Teil zu Körpern oder Erde anzuzeigen. Diese Erdschlussüberwachung muss ein akustisches und/oder optisches Signal einleiten, welches so lange andauert, wie der Fehler besteht.

ANMERKUNG Bei großen Maschinen kann ein System zur Lokalisierung eines Erdschlusses die Wartung erleichtern.

Wo automatische Abschaltung entsprechend a) vorgesehen ist und eine Abschaltung innerhalb der in A.1 spezifizierten Zeit nicht sichergestellt werden kann, muss ein zusätzlicher Potentialausgleich, soweit notwendig, vorgesehen werden, um die Anforderungen von A.3 zu erfüllen.

6.4 Schutz durch PELV

6.4.1 Allgemeine Anforderungen

Die Anwendung von PELV (Schutzkleinspannung) dient dem Schutz von Personen gegen elektrischen Schlag bei indirektem Berühren und nicht großflächigem direkten Berühren (siehe 8.2.5).

PELV-Stromkreise müssen allen folgenden Bedingungen genügen:

- a) Die Nennspannung darf nicht größer sein als:
 - 25 V effektive Wechselspannung oder 60 V überschwingungsfreie Gleichspannung, wenn die Ausrüstung üblicherweise in trockenen Räumen verwendet wird und wenn nicht damit zu rechnen ist, dass der menschliche Körper großflächig mit aktiven Teilen in Berührung kommt oder
 - 6 V effektive Wechselspannung oder 15 V überschwingungsfreie Gleichspannung in allen anderen Fällen;

ANMERKUNG Als überschwingungsfrei ist vereinbarungsgemäß definiert, ein sinusförmiger Wechselspannungsanteil von nicht mehr als 10 % effektiv.

- b) eine Seite des Stromkreises oder ein Punkt der Energiequelle dieses Stromkreises muss an das Schutzleitersystem angeschlossen werden;
- c) aktive Teile von PELV-Stromkreisen müssen von anderen aktiven Stromkreisen elektrisch getrennt werden. Die elektrische Trennung darf nicht geringer sein, als es bei einem Sicherheitstrenntransformator zwischen der Primär- und Sekundärwicklung gefordert ist (siehe IEC 61558-1 und IEC 61558-2-6);
- d) die Leiter jedes PELV-Stromkreises müssen räumlich von allen anderen Stromkreisen getrennt werden. Falls diese Anforderung nicht praktikabel ist, müssen die Vorkehrungen für die Isolierung nach 13.1.3 angewendet werden;
- e) Stecker und Steckdosen für PELV-Stromkreise müssen Folgendem genügen:
 - 1) Stecker dürfen nicht in Steckdosen anderer Spannungssysteme eingesteckt werden können;
 - 2) Steckdosen dürfen Stecker anderer Spannungssysteme nicht aufnehmen können.

6.4.2 Stromquellen für PELV

Die Stromquelle für PELV muss eine der Nachfolgenden sein:

- ein Sicherheitstrenntransformator nach IEC 61558-1 oder IEC 61558-2-6;
- eine Stromquelle, die den gleichen Sicherheitsgrad erfüllt wie ein Sicherheitstrenntransformator (z. B. ein Motorgenerator mit gleichwertig getrennten Wicklungen);
- eine elektrochemische Stromquelle (z. B. eine Batterie) oder eine andere Stromquelle (z. B. ein dieselgetriebener Generator), unabhängig von einem Stromkreis höherer Spannung;
- eine elektronische Energieversorgung nach geeigneten Normen, die Maßnahmen festlegen, um sicherzustellen, dass selbst im Falle eines internen Fehlers, die Spannung an den Ausgangsklemmen die in 6.4.1 festgelegten Werte nicht überschreiten kann.

7 Schutz der Ausrüstung

7.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt beschreibt im Einzelnen die Maßnahmen zum Schutz der Ausrüstung gegen Einflüsse von:

- Überstrom als Folge eines Kurzschlusses;
- Überlast und/oder Verlust der Kühlung bei Motoren;

- anomale Temperatur;
- Ausfall oder Absinken der Versorgungsspannung;
- Überdrehzahl von Maschinen / Maschinenelementen;
- Erdschluss/Fehlerstrom;
- falsches Drehfeld;
- Überspannung durch Blitzschlag und Schalthandlungen.

7.2 Überstromschutz

7.2.1 Allgemeines

Überstromschutz muss vorgesehen werden, wo der Strom in einem Maschinenstromkreis entweder den Bemessungswert eines Bauteils oder die Strombelastbarkeit der Leiter überschreiten kann, je nachdem, welcher der niedrigere Wert ist. Die auszuwählenden Bemessungswerte oder Einstellwerte sind in 7.2.10 angegeben.

7.2.2 Netzanschlussleitung

Falls vom Betreiber nicht anders angegeben, ist der Lieferant der elektrischen Ausrüstung nicht verantwortlich für die Bereitstellung der Überstromschutzeinrichtung für die Netzanschlussleiter zur elektrischen Ausrüstung (siehe Anhang B).

Der Lieferant der elektrischen Ausrüstung muss auf dem Installationsplan die erforderlichen Daten zur Auswahl der Überstromschutzeinrichtung angeben (siehe 7.2.10 und 17.4).

7.2.3 Hauptstromkreise

Einrichtungen zur Erfassung und zur Unterbrechung von Überstrom, ausgewählt nach 7.2.10, müssen in allen aktiven Leiter verwendet werden.

Die folgenden Leiter, soweit verwendet, dürfen nicht abgeschaltet werden, ohne alle zugehörigen aktiven Leiter mit abzuschalten:

- der Neutraleiter von Wechselstrom-Leistungskreisen;
- der geerdete Leiter von Gleichstrom-Leistungskreisen;
- Leiter von Gleichstrom-Leistungskreisen, die mit Körpern von beweglichen Maschinen verbunden sind.

Wo der Querschnitt des Neutraleiters mindestens gleich oder gleichwertig dem der Außenleiter ist, ist weder eine Überstromerfassung noch eine Unterbrechung des Neutraleiters erforderlich. Für einen Neutraleiter mit einem kleineren Querschnitt als dem der zugehörigen Außenleiter müssen die Maßnahmen nach IEC 60364-5-52, 524 angewendet werden.

In IT-Systemen wird empfohlen, keine Neutraleiter zu verwenden. Wo jedoch ein Neutraleiter verwendet wird, müssen die Maßnahmen nach IEC 60364-4-43, 431.2.2 angewendet werden.

7.2.4 Steuerstromkreise

Leiter von Steuerstromkreisen, die direkt an die Versorgungsspannung angeschlossen sind, sowie für die Einspeisung von Steuertransformatoren, müssen nach 7.2.3 gegen Überstrom geschützt sein.

Leiter von Steuerstromkreisen, die durch einen Steuertransformator oder eine Gleichstromversorgung gespeist werden, müssen gegen Überstrom geschützt sein (siehe auch 9.4.3.1):

- in Steuerstromkreisen, die an das Schutzleitersystem angeschlossen sind, durch Einbau einer Überstromschutzeinrichtung in den Schaltleiter;^{N2)}
- in Steuerstromkreisen, die nicht an das Schutzleitersystem angeschlossen sind:
 - wo die gleichen Leiterquerschnitte in allen Steuerstromkreisen benutzt sind, durch Einbau einer Überstromschutzeinrichtung in den Schaltleiter, bzw.
 - wo unterschiedliche Leiterquerschnitte in den verschiedenen Steuerstromkreisen benutzt sind, durch Einbau einer Überstromschutzeinrichtung sowohl in den Schaltleiter als auch den gemeinsamen Leiter eines jeden Teilstromkreises.

7.2.5 Steckdosenstromkreise und ihre zugehörigen Leiter

Stromkreise von Steckdosen für die allgemeine Anwendung, die hauptsächlich zur Versorgung von Instandhaltungsausrüstung bestimmt sind, müssen mit einem Überstromschutz ausgerüstet werden. Überstromschutzeinrichtungen müssen in den nicht geerdeten aktiven Leitern jeder Einspeisung solcher Steckdosen vorgesehen werden.

7.2.6 Beleuchtungsstromkreise

Alle ungeerdeten Leiter von Beleuchtungsstromkreisen müssen gegen die Auswirkungen von Kurzschlüssen durch eigene Überstromschutzeinrichtungen geschützt werden.

7.2.7 Transformatoren

Transformatoren müssen nach den Angaben des Herstellers gegen Überstrom geschützt werden. Solcher Schutz muss (siehe auch 7.2.10):

- unnötiges Auslösen durch Einschaltströme des Transformators vermeiden;
- eine Erhöhung der Wicklungstemperatur über den für die Isolationsklasse des Transformators zulässigen Wert vermeiden, wenn er den Auswirkungen eines Kurzschlusses an seinen Sekundärklemmen ausgesetzt ist.

Die Art und Einstellung der Überstromschutzeinrichtung sollte in Übereinstimmung mit den Empfehlungen des Transformator-Lieferanten sein.

7.2.8 Anordnung von Überstromschutzeinrichtungen

Eine Überstromschutzeinrichtung muss dort angeordnet werden, wo eine Reduzierung des Leiterquerschnittes oder eine andere Änderung die Strombelastbarkeit der Leiter vermindert, ausgenommen wo alle folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- die Strombelastbarkeit des Leiters ist mindestens gleich der, die sich aus der Last ergibt;
- der Teil des Leiters zwischen der Stelle der Verminderung der Strombelastbarkeit und dem Ort der Überstromschutzeinrichtung ist nicht länger als 3 m;
- der Leiter ist so verlegt, dass die Möglichkeit eines Kurzschlusses vermindert ist, z. B. geschützt durch ein Gehäuse oder einen Leitungskanal.

7.2.9 Überstromschutzeinrichtungen

Die Bemessungs-Abschaltleistung für Kurzschluss muss mindestens ebenso groß sein wie der am Einbauort zu erwartende Fehlerstrom. Wo der Kurzschluss-Strom von der Versorgung zu einer Überstromschutzeinrichtung zusätzliche Stromanteile enthalten kann (z. B. von Motoren, von Kondensatoren zur Blindstromkompensation), müssen diese Stromanteile ebenfalls berücksichtigt werden.

^{N2)} Nationale Anmerkung: siehe Bild 3.

Eine geringere Abschaltleistung ist zulässig, wenn auf der Versorgungsseite eine andere Schutzeinrichtung (z. B. die Überstromschutzeinrichtung für die Netzanschlussleitung (siehe 7.2.2)) mit der erforderlichen Abschaltleistung installiert ist. In diesem Fall müssen die Kennwerte der zwei Einrichtungen so aufeinander abgestimmt sein, dass die Durchlassenergie (I^2t) der beiden in Reihe geschalteten Einrichtungen den Wert nicht überschreitet, dem die lastseitige Überstromschutzeinrichtung und die hierdurch geschützten Leiter ohne Beschädigung standhalten können (siehe IEC 60947-2, Anhang A).

ANMERKUNG Die Anwendung von so aufeinander abgestimmten Überstromschutzeinrichtungen kann zum Ansprechen beider Überstromschutzeinrichtungen führen.

Wo Sicherungen als Überstromschutzeinrichtung vorgesehen sind, muss ein im Anwendungsland üblicherweise erhältlicher Typ gewählt werden, oder es müssen Vereinbarungen über die Lieferung von Ersatzteilen getroffen werden.

7.2.10 Bemessungs- und Einstellwerte der Überstromschutzeinrichtungen

Der Bemessungsstrom von Sicherungen oder der Einstellstrom sonstiger Überstromschutzeinrichtungen muss so niedrig wie möglich gewählt werden, jedoch ausreichend für vorhersehbare Überströme (z. B. bei Motoranlauf oder beim Einschalten von Transformatoren). Bei der Auswahl dieser Schutzeinrichtungen muss der Schutz von Steuergeräten gegen Beschädigungen durch Überströme (z. B. gegen Verschweißen von Kontakten der Steuergeräte) berücksichtigt werden.

Der Bemessungsstrom oder Einstellstrom einer Überstromschutzeinrichtung ist für die Strombelastbarkeit der zu schützenden Leiter festzulegen nach 12.4, D.2 und der maximal zulässigen Zeit t bis zur Abschaltung nach D.3, unter Berücksichtigung der Notwendigkeit einer Koordination mit anderen elektrischen Einrichtungen in dem zu schützenden Stromkreis.

7.3 Schutz von Motoren gegen Überhitzung

7.3.1 Allgemeines

Schutz von Motoren gegen unzulässige Erwärmung muss für jeden Motor mit einer Bemessungsleistung über 0,5 kW vorgesehen werden.

Ausnahmen: Bei Anwendungen, wo eine automatische Unterbrechung des Motorbetriebes nicht akzeptabel ist (z. B. bei Feuerlöschpumpen), muss die Erfassungseinrichtung ein Warnsignal abgeben, auf welches der Bediener reagieren kann.

Der Schutz von Motoren gegen unzulässige Erwärmung kann erreicht werden durch:

- Überlastschutz (7.3.2)

ANMERKUNG 1 Überlastschutzeinrichtungen erfassen das Zeit-/Stromverhältnis (I^2t) in einem Stromkreis, der seine Bemessungsvolllast überschreitet und leiten angemessene Steuerungsreaktionen ein.

- Übertemperaturschutz (7.3.3) oder

ANMERKUNG 2 Temperaturmesseinrichtungen erfassen die Übertemperatur und leiten angemessene Steuerreaktionen ein.

- Schutz durch Strombegrenzung (7.3.4).

Automatischer Wiederanlauf eines jeden Motors nach dem Ansprechen des Schutzes gegen unzulässige Erwärmung muss verhindert werden, wo dies eine gefahrbringende Situation oder Schaden an der Maschine oder am Arbeitsgut verursachen kann.

7.3.2 Überlastungsschutz

Wo Überlastschutz vorgesehen ist, muss die Erfassung der Überlast(en) in jedem aktiven Leiter, ausgenommen im Neutralleiter, vorgesehen werden. Wo jedoch die Überlasterkennung des Motors nicht für den Überlastschutz der Kabel und Leitungen benutzt wird (siehe auch D.2), darf die Zahl der Erfassungsgeräte für die Überlast auf Wunsch des Betreibers verringert werden (siehe auch Anhang B). Für Motoren mit einphasigen oder Gleichstrom-Energieversorgungen ist die Erfassung in nur einem ungeerdeten aktiven Leiter erlaubt.

Wo der Überlastschutz durch Ausschalten erreicht wird, muss das Schaltgerät alle aktiven Leiter ausschalten. Das Schalten des Neutralleiters ist für den Überlastschutz nicht notwendig.

Wo Motoren mit speziellen Betriebsbedingungen, die häufig anlaufen oder bremsen müssen (z. B. Motoren, die für Eilgang genutzt werden, für Fahren gegen Anschlag, für schnellen Drehrichtungswechsel, für Feinbohren), kann es schwierig sein, einen Überlastschutz vorzusehen, der eine vergleichbare Zeitkonstante wie die zu schützende Wicklung hat. Geeignete Schutzeinrichtungen, die für Motoren besonderer Betriebsart ausgelegt sind oder ein Übertemperaturschutz (siehe 7.3.3) können notwendig sein.

Bei Motoren, die nicht überlastet werden können (z. B. Drehmomentmotoren, Bewegungsantriebe, die entweder durch mechanische Lastmessenrichtungen geschützt oder die entsprechend dimensioniert sind), wird ein Überlastschutz nicht gefordert.

7.3.3 Übertemperaturschutz

Die Bereitstellung von Motoren mit Übertemperaturschutz (siehe IEC 60034-11) wird empfohlen, in Situationen, wo die Kühlung beeinträchtigt sein kann (z. B. in staubigen Umgebungen). Abhängig vom Motortyp ist ein Schutz des Motors, bei blockiertem Läufer oder Phasenausfall, durch den Übertemperaturschutz nicht immer sichergestellt. Dann sollte ein zusätzlicher Schutz vorgesehen werden.

Übertemperaturschutz wird ebenso für Motoren empfohlen, die nicht überlastet werden können (z. B. Drehmomentmotoren, Bewegungsantriebe, die entweder durch mechanische Überlast-Schutzeinrichtungen geschützt oder entsprechend dimensioniert sind), wo die Möglichkeit einer Übertemperatur besteht (z. B. durch verminderte Kühlung).

7.3.4 Schutz durch Strombegrenzung

Wo in Drehstrommotoren der Schutz gegen die Auswirkungen von unzulässiger Erwärmung durch Strombegrenzung erreicht wird, darf die Zahl der strombegrenzenden Geräte von 3 auf 2 vermindert werden (siehe 7.3.2). Bei Motoren mit einphasiger Wechselstrom- oder Gleichstrom-Energieversorgung ist die Strombegrenzung in nur einem ungeerdeten aktiven Leiter erlaubt.

7.4 Schutz gegen anomale Temperaturen

Widerstandsheizungen oder andere Stromkreise, die in der Lage sind, anomale Temperaturen zu erreichen oder zu erzeugen (z. B. wegen Bemessung für Kurzzeitbetrieb oder Verlust des Kühlmittels) und deshalb zu einer gefährbringenden Situation führen können, müssen mit einer geeigneten Erfassungseinrichtung ausgerüstet sein, um einen entsprechenden Steuerbefehl einzuleiten.

7.5 Schutz bei Unterbrechung der Versorgung oder Spannungseinbruch und Spannungswiederkehr

Wo eine Unterbrechung der Versorgung oder ein Spannungseinbruch eine gefährbringende Situation, Schaden an der Maschine oder am Arbeitsgut verursachen kann, muss ein Unterspannungsschutz vorgesehen werden, um z. B. die Maschine bei einem vorbestimmten Spannungsniveau abzuschalten.

Wo der Betrieb der Maschine eine Unterbrechung oder einen kurzzeitigen Spannungseinbruch erlaubt, darf ein verzögerter Unterspannungsschutz vorgesehen werden. Das Auslösen dieser Unterspannungsschutzeinrichtung darf die Wirkung irgendeiner Stillsetzsteuerung der Maschine nicht beeinträchtigen.

Bei Spannungswiederkehr oder beim Einschalten der Versorgung muss ein automatischer oder unerwarteter Wiederanlauf der Maschine verhindert sein, wo solch ein Wiederanlauf eine gefahrbringende Situation verursachen kann.

Wo nur ein Teil einer Maschine oder einer Gruppe von Maschinen, die koordiniert zusammenarbeiten, von einer Spannungsabsenkung oder Unterbrechung der Versorgung betroffen ist, muss der Unterspannungsschutz angemessene Reaktionen der Steuerung einleiten, um die Koordinierung sicherzustellen.

7.6 Motor-Überdrehzahlschutz

Überdrehzahlschutz muss vorgesehen werden, wo Überdrehzahlen auftreten können und diese möglicherweise eine gefahrbringende Situation verursachen könnten, unter Berücksichtigung der Maßnahmen aus 9.3.2. Der Überdrehzahlschutz muss entsprechende Steuerbefehle einleiten und einen automatischen Wiederanlauf verhindern.

Der Überdrehzahlschutz sollte so arbeiten, dass die mechanisch zulässige Geschwindigkeit des Motors oder seiner Last nicht überschritten wird.

ANMERKUNG Diese Überwachung kann z. B. aus einem Fliehkraftschalter oder aus einem Geschwindigkeits-Grenzwertmelder bestehen.

7.7 Erdschluss-/Fehlerstrom-Schutz

Zusätzlich zum vorgesehenen Überstromschutz für automatische Abschaltung nach 6.3 kann ein Erdschluss-/Fehlerstrom-Schutz vorgesehen werden, um Schäden an der Ausrüstung zu verringern, die durch Erdschluss-Ströme unterhalb der Ansprechschwelle des Überstromschutzes verursacht werden.

Die Einstellung der Einrichtungen muss so niedrig wie möglich sein, vereinbar mit einem ordnungsgemäßen Arbeiten der Ausrüstung.

7.8 Drehfeldüberwachung

Wo ein falsches Drehfeld der Versorgungsspannung eine gefahrbringende Situation oder eine Beschädigung der Maschine verursachen kann, muss ein Schutz vorgesehen werden.

ANMERKUNG Voraussetzungen, welche zu einem falschen Drehfeld führen können, schließen ein:

- eine Maschine, die von einer Versorgung auf eine andere umgestellt wird;
- eine fahrbare Maschine mit Anschlussmöglichkeiten für eine externe Energieversorgung.

7.9 Schutz gegen Überspannungen durch Blitzschlag und durch Schalthandlungen

Schutzeinrichtungen können zum Schutz gegen die Auswirkungen von Überspannungen durch Blitzschlag oder durch Schalthandlungen vorgesehen werden.

Wo vorgesehen:

- müssen Einrichtungen für die Unterdrückung der Überspannungen durch Blitzschlag an den Eingangsklemmen der Netz-Trenneinrichtung angeschlossen werden;
- müssen Einrichtungen für die Unterdrückung der Überspannungen durch Schalthandlungen an den Klemmen jeder Ausrüstung angeschlossen werden, die einen solchen Schutz erfordern.

8 Potentialausgleich

8.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt sieht Anforderungen für beides, Schutz-Potentialausgleich und Funktions-Potentialausgleich, vor. Bild 2 stellt diese Konzepte dar.

Der Schutz-Potentialausgleich ist eine grundlegende Vorsorge für den Schutz im Fehlerfall. Er ermöglicht den Schutz von Personen gegen elektrischen Schlag bei indirektem Berühren (siehe 6.3.3 und 8.2).

Das Ziel des Funktions-Potentialausgleiches (siehe 8.3) ist die Verminderung:

- der Auswirkungen eines Isolationsfehlers, der den Betrieb der Maschine beeinflussen könnte;
- der Auswirkungen von elektrischen Störungen auf empfindliche elektrische Ausrüstung, die den Betrieb der Maschine beeinflussen könnten.

Normalerweise wird Funktions-Potentialausgleich durch eine Verbindung zum Schutzleitersystem erreicht. Wo jedoch der Pegel der elektrischen Störungen auf dem Schutzleitersystem nicht ausreichend niedrig für ein ordnungsgemäßes Funktionieren der elektrischen Ausrüstung ist, kann es notwendig sein, das Funktions-Potentialausgleichssystem an einen gesonderten Erdleiter für funktionale Erdung anzuschließen (siehe Bild 2).

8.2 Schutzleitersystem

8.2.1 Allgemeines

Das Schutzleitersystem besteht aus:

- PE-Klemme(n) (siehe 5.2);
- den Schutzleitern in der Ausrüstung der Maschine einschließlich von Gleitkontakten, wo sie Teil des Schutzleiterkreises sind;
- den Körpern und den leitfähigen Konstruktionsteilen der elektrischen Ausrüstung;
- solchen fremden leitfähigen Teilen, die Bestandteil der Maschinenstruktur sind.

Alle Teile des Schutzleitersystems müssen so ausgelegt sein, dass sie in der Lage sind, den höchsten thermischen und mechanischen Beanspruchungen durch Erdschluss-Ströme standzuhalten, die in dem jeweiligen Teil des Schutzleitersystems fließen könnten.

Wo die Leitfähigkeit von Konstruktionsteilen der elektrischen Ausrüstung oder der Maschine kleiner ist als die des kleinsten Schutzleiters für den Anschluss der Körper, muss ein zusätzlicher Ausgleichsleiter vorgesehen werden. Dieser zusätzliche Ausgleichsleiter muss mindestens den halben Querschnitt des zugehörigen Schutzleiters haben.

Falls ein IT-System verwendet wird, muss die Maschinenstruktur Teil des Schutzleitersystems sein, und es muss eine Isolationsüberwachung vorgesehen werden. Siehe 6.3.3 c).

Leitfähige Konstruktionsteile der Ausrüstung, die 6.3.2.2 entsprechen, brauchen nicht an das Schutzleitersystem angeschlossen werden. Fremde leitfähige Teile der Maschinenstruktur brauchen nicht an das Schutzleitersystem angeschlossen werden, wo die gesamte bereitgestellte Ausrüstung 6.3.2.2 entspricht.

Fremde leitfähige Teile der Ausrüstung nach 6.3.2.3 dürfen nicht an das Schutzleitersystem angeschlossen werden.

8.2.2 Schutzleiter

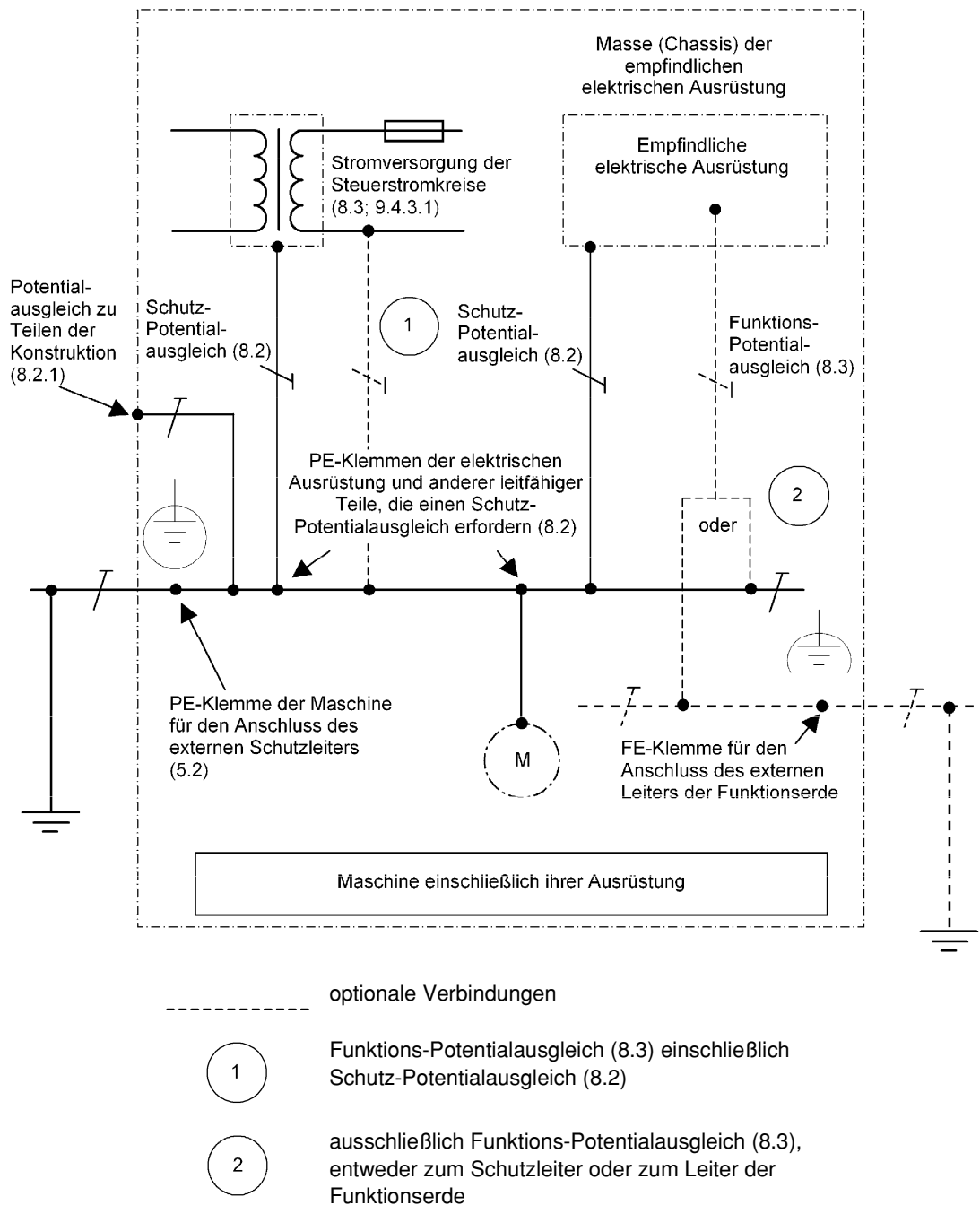
Schutzleiter müssen nach 13.2.2 identifizierbar sein.

Kupferleiter sind vorzuziehen. Wo ein anderer Leiterwerkstoff als Kupfer verwendet wird, darf sein elektrischer Widerstand je Längeneinheit nicht den des zulässigen Kupferleiters überschreiten. Der Querschnitt solcher Leiter darf nicht kleiner als 16 mm^2 sein.

Der Querschnitt von Schutzleitern muss nach den Anforderungen von

- IEC 60364-5-54, 543 oder
- IEC 60439-1, 7.4.3.1.7 bestimmt werden, je nachdem was zutrifft.

Diese Anforderung ist in den meisten Fällen erfüllt, wenn das Verhältnis der Querschnitte der jeweils zusammengehörigen Außenleiter und Schutzleiter zu einem Teil der Ausrüstung mit Tabelle 1 übereinstimmt (siehe 5.2). Siehe auch 8.2.8.



ANMERKUNG Der Leiter für Funktionserdung wurde früher „fremdspannungsarmer Erdleiter“ genannt, und die „FE“-Klemme war mit „TE“ bezeichnet (siehe IEC 60445).

Bild 2 – Beispiel des Potentialausgleichs für die elektrische Ausrüstung einer Maschine

8.2.3 Durchgehende Verbindung des Schutzleitersystems

Alle Körper der elektrischen Ausrüstung müssen nach 8.2.1 mit dem Schutzleitersystem verbunden sein.

Ausnahme: Siehe 8.2.5.

Wo ein Teil aus irgendeinem Grund entfernt wird (z. B. routinemäßige Instandhaltung), darf das Schutzleitersystem für die verbleibenden Teile nicht unterbrochen werden.

Verbindungs- und Anschlusspunkte müssen so ausgelegt sein, dass ihre Strombelastbarkeit nicht durch mechanische, chemische oder elektrochemische Einflüsse beeinträchtigt wird. Bei Verwendung von Gehäusen und Leitern aus Aluminium oder Aluminiumlegierungen sollte die Möglichkeit der elektrolytischen Korrosion besonders beachtet werden.

Flexible oder starre metallische Leitungskanäle und metallische Kabelmäntel dürfen nicht als Schutzleiter benutzt werden. Trotzdem müssen solche metallischen Leitungskanäle und Metallmäntel aller Verbindungskabel (z. B. Kabelarmierung, Bleimantel) mit dem Schutzleitersystem verbunden werden.

Wo elektrische Ausrüstungen an Deckeln, Türen oder Abdeckplatten angebracht sind, muss die Durchgängigkeit des Schutzleitersystems sichergestellt sein, und die Verwendung eines Schutzleiters wird empfohlen (siehe 8.2.2). Andernfalls müssen Befestigungen, Scharniere oder Gleitkontakte benutzt werden, die für einen niedrigen Widerstand ausgelegt sind (siehe 18.2.2, Prüfung 1).

Die Durchgängigkeit des Schutzleiters in Kabeln und Leitungen, welche Beschädigungen ausgesetzt sind (z. B. Leitungstrossen) muss durch angemessene Maßnahmen sichergestellt werden (z. B. Überwachungen).

Für Anforderungen an die Durchgängigkeit des Schutzleiters bei der Benutzung von Schleifleitungen und Schleifringkörpern siehe 12.7.2.

8.2.4 Ausschluss von Schaltgeräten im Schutzleitersystem

Das Schutzleitersystem darf weder ein Schaltgerät, noch eine Überstromschutzeinrichtung enthalten (z. B. Schalter, Sicherung).

Es dürfen keine Mittel zur Unterbrechung des Schutzleiters vorgesehen werden.

Ausnahme: Mittel zu Prüf- und Messzwecken, die nur mit Benutzung eines Werkzeuges geöffnet werden können und die in einer abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätte angeordnet sind.

Wo die Durchgängigkeit des Schutzleitersystems durch Mittel, wie abklappbare Stromabnehmer oder Stecker/ Steckdosen-Kombinationen unterbrochen werden kann, muss das Schutzleitersystem durch einen beim Öffnen nacheilenden und beim Schließen voreilenden Kontakt unterbrochen werden. Dies gilt ebenso für entfernbare oder herausziehbare Steckeinheiten (siehe auch 13.4.5).

8.2.5 Teile, die nicht an das Schutzleitersystem angeschlossen werden brauchen

Es ist nicht notwendig, Körper an das Schutzleitersystem anzuschließen, wo diese so angebracht sind, dass sie keine Gefährdung darstellen:

- weil sie nicht großflächig berührt oder mit der Hand umfasst werden können und weil sie kleine Abmessungen haben (weniger als ungefähr 50 mm × 50 mm) oder
- weil sie so angeordnet sind, dass weder eine Berührung mit aktiven Teilen noch ein Isolationsfehler wahrscheinlich ist.

Dies betrifft kleine Teile, wie Schrauben, Nieten und Typenschilder und Teile innerhalb von Gehäusen, ungeachtet ihrer Größe (z. B. Elektromagnete von Schützen oder Relais sowie mechanische Teile von Geräten) (siehe auch IEC 60364-4-41, 410.3.3.5).

8.2.6 Schutzleiter-Anschlusspunkte

Alle Schutzleiter müssen nach 13.1.1 angeschlossen werden. Die Anschlusspunkte für Schutzleiter dürfen keine andere Funktion haben und sind nicht dazu bestimmt, um z. B. Geräte oder Teile zu befestigen oder zu verbinden.

Jeder Schutzleiter-Anschlusspunkt muss als solcher gekennzeichnet oder beschriftet sein, durch Verwendung des Symbols IEC 60417-5019 (DB:2002-10),



oder mit den Buchstaben **PE** – das grafische Symbol wird bevorzugt – oder durch Anwendung der Zweifarbenkombination GRÜN-GELB, oder durch eine beliebige Kombination dieser Möglichkeiten.

8.2.7 Fahrbare Maschinen

Auf fahrbaren Maschinen mit eigener Energieversorgung müssen die Schutzleiter, die leitfähigen Konstruktionsteile der elektrischen Ausrüstung und solche fremden leitfähigen Teile, die Bestandteil der Maschinenstruktur sind, zum Schutz gegen elektrischen Schlag an eine Schutzleiterklemme angeschlossen werden. Wo eine fahrbare Maschine ebenso dafür vorbereitet ist, an einen externen Netzanschluss angeschlossen zu werden, muss diese Schutzleiterklemme auch der Anschlusspunkt für den externen Schutzleiter sein.

ANMERKUNG Wenn eine eigene elektrische Energieversorgung innerhalb von stationären, fahrbaren oder beweglichen Teilen der Ausrüstung enthalten ist und wenn keine externe Versorgung angeschlossen ist (z. B. wenn ein eingebautes Batterieladegerät nicht angeschlossen ist), gibt es keine Notwendigkeit, diese Ausrüstungen an einen externen Schutzleiter anzuschließen.

8.2.8 Zusätzliche Anforderungen an den Schutz-Potentialausgleich für elektrische Ausrüstung mit Erdableitströmen größer als AC oder DC 10 mA

ANMERKUNG 1 Erdableitstrom ist definiert als „Strom, der von den aktiven Teilen der Installation zur Erde fließt, ohne dass ein Isolationsfehler vorliegt“ (IEV 442-01-24). Dieser Strom darf einen kapazitiven Anteil haben, einschließlich dem aus der absichtlichen Anwendung von Kondensatoren.

ANMERKUNG 2 Die meisten elektrischen Antriebssysteme für regelbare Drehzahl, welche die entsprechenden Teile von IEC 61800 erfüllen, haben einen Erdableitstrom größer als AC 3,5 mA. Ein Verfahren zur Messung des Berührungstromes ist als Typprüfung in IEC 61800-5-1 angegeben, um den Erdableitstrom eines elektrischen Antriebssystems für regelbare Drehzahl zu bestimmen.

Wo elektrische Ausrüstung an irgendeinem Netzanschluss einen Erdableitstrom (z. B. elektrische Antriebssysteme für regelbare Drehzahl oder Ausrüstung für Informationstechnik) von mehr als AC oder DC 10 mA hat, muss (müssen) eine oder mehrere der folgenden Bedingungen für das Schutzleitersystem erfüllt werden:

- der Schutzleiter muss einen Mindestquerschnitt von 10 mm^2 Cu oder 16 mm^2 Al über seine gesamte Länge haben;
- wo der Schutzleiter einen Querschnitt von weniger als 10 mm^2 Cu oder 16 mm^2 Al hat, muss ein zweiter Schutzleiter mit mindestens demselben Querschnitt bis zu dem Punkt vorgesehen werden, wo der Schutzleiter einen Querschnitt von nicht weniger als 10 mm^2 Cu oder 16 mm^2 Al aufweist;

ANMERKUNG 3 Dies kann erfordern, dass die elektrische Ausrüstung einen getrennten Anschluss für einen zweiten Schutzleiter aufweist.

- automatische Abschaltung der Versorgung bei Verlust der Durchgängigkeit des Schutzleiters.

Um Schwierigkeiten durch elektromagnetische Störungen vorzubeugen, gelten die Anforderungen von 4.4.2 ebenso für die Installation des zweiten Schutzleiters.

Zusätzlich muss ein Warnschild in der Nähe des PE-Anschlusses vorgesehen werden und, wo notwendig, auf dem Typenschild der elektrischen Ausrüstung. Die unter 17.2 b)1) zur Verfügung gestellte Information muss Informationen über den Ableitstrom und den Mindestquerschnitt des externen Schutzleiters enthalten.

8.3 Funktions-Potentialausgleich

Schutz gegen Betriebsstörungen als Folge von Isolationsfehlern kann durch Verbindung an einen gemeinsamen Leiter nach 9.4.3.1 erreicht werden.

Für Empfehlungen bezüglich Funktions-Potentialausgleich, um Betriebsstörungen durch elektromagnetische Störungen zu verhindern: siehe 4.4.2.

8.4 Maßnahmen, um die Auswirkungen hoher Ableitströme zu begrenzen

Die Auswirkungen eines hohen Ableitstromes können auf die Ausrüstung, die den hohen Ableitstrom erzeugt, eingeschränkt werden, durch Anschluss dieser Ausrüstung an einen fest zugeordneten Transformator mit getrennten Wicklungen. Das Schutzleitersystem muss an die Körper der Ausrüstung und zusätzlich an die Sekundärwicklung des Transformators angeschlossen werden. Der (die) Schutzleiter zwischen der Ausrüstung und der Sekundärwicklung des Transformators muss (müssen) einer oder mehreren der in 8.2.8 beschriebenen Anordnungen entsprechen.

9 Steuerstromkreise und Steuerfunktionen

9.1 Steuerstromkreise

9.1.1 Versorgung von Steuerstromkreisen

Wo Steuerstromkreise von einer Wechselstromquelle gespeist werden, müssen Steuertransformatoren für die Versorgung der Steuerkreise verwendet werden. Solche Transformatoren müssen getrennte Wicklungen haben. Wo mehrere Transformatoren eingesetzt werden, wird empfohlen, die Wicklungen dieser Transformatoren so zu schalten, dass die Sekundärspannungen phasengleich sind.

Wo Gleichspannungs-Steuerstromkreise, die von einer Wechselstromquelle gespeist werden, an das Schutzleitersystem angeschlossen sind (siehe 8.2.1), müssen diese von einer getrennten Wicklung des Wechselstrom-Steuertransformators oder von einem anderen Steuertransformator versorgt werden.

ANMERKUNG Schaltnetzgeräte, die mit einem Transformator mit getrennten Wicklungen nach IEC 61558-2-17 ausgerüstet sind, entsprechen dieser Anforderung.

Transformatoren sind nicht gefordert für Maschinen mit einem einzigen Motorstarter und/oder maximal 2 Steuergeräten (z. B. ein Verriegelungsgerät, Start/Stopp-Bedienstation).

9.1.2 Steuerspannungen

Der Nennwert der Steuerspannung muss mit dem ordnungsgemäßen Betrieb des Steuerstromkreises vereinbar sein. Die Nennspannung darf 277 V nicht übersteigen, wenn sie von einem Transformator gespeist wird.

9.1.3 Schutz

Steuerstromkreise müssen mit einem Überstromschutz nach 7.2.4 und 7.2.10 ausgerüstet sein.

9.2 Steuerfunktionen

ANMERKUNG 1 Die Normen ISO 13849-1 (1999), ISO 13849-2 (2003) und IEC 62061 enthalten Angaben über sicherheitsbezogene Aspekte von Steuerfunktionen.

ANMERKUNG 2 Dieser Abschnitt legt keine Anforderungen an die Ausrüstung zur Realisierung der Steuerfunktionen fest. Beispiele für solche Anforderungen enthält Abschnitt 10.

9.2.1 Start-Funktionen

Start-Funktionen müssen durch Erregen des entsprechenden Kreises erfolgen (siehe 9.2.5.2).

9.2.2 Stopp-Funktionen

Es gibt folgende drei Kategorien von Stopp-Funktionen:

- Stopp-Kategorie 0: Stillsetzen durch sofortiges Unterbrechen der Energiezufuhr zu den Maschinen-Antriebs-elementen (d. h. ein ungesteuertes Stillsetzen, siehe 3.56);
- Stopp-Kategorie 1: ein gesteuertes Stillsetzen (siehe 3.11), wobei die Energiezufuhr zu den Maschinen-Antriebs-elementen beibehalten wird, um das Stillsetzen zu erzielen. Die Energiezufuhr wird erst dann unterbrochen, wenn der Stillstand erreicht ist;
- Stopp-Kategorie 2: ein gesteuertes Stillsetzen, bei dem die Energiezufuhr zu den Maschinen-Antriebs-elementen beibehalten wird.

9.2.3 Betriebsarten

Jede Maschine kann eine oder mehrere Betriebsarten haben, die von der Art der Maschine und ihrer Anwendung bestimmt werden. Wenn durch eine Betriebsartenwahl eine gefahrbringende Situation entstehen kann, muss eine unbefugte und/oder unbeabsichtigte Auswahl durch geeignete Mittel verhindert werden (z. B. Schlüsselschalter, Zugangscode).

Die Betriebsartenwahl allein darf keinen Maschinenbetrieb auslösen. Dazu muss eine getrennte Betätigung der Startsteuerung erforderlich sein.

Für jede spezielle Betriebsart müssen die entsprechenden Sicherheitsfunktionen und/oder Schutzmaßnahmen erfüllt sein.

Eine Anzeige der gewählten Betriebsart muss vorgesehen werden (z. B. die Stellung eines Betriebsartenwahlschalters, eine Anzeigelampe, eine Bildschirm-Darstellung).

9.2.4 Aufhebung von Sicherheitsfunktionen und/oder Schutzmaßnahmen

Wo es notwendig ist, Sicherheitsfunktionen und/oder Schutzmaßnahmen aufzuheben (z. B. für Einricht- oder Instandhaltungsarbeiten), muss Schutz sichergestellt werden durch:

- Außer-Funktion-Setzen aller anderen Betriebsarten (Steuerungsarten) und
- andere zutreffende Mittel (siehe ISO 12100-2:2003, 4.11.9), die z. B. von den Folgenden eines oder mehrere einschließen können:
 - Auslösen einer Bewegung durch Befehlsschalter mit selbsttätiger Rückstellung (Tippschalter) (hold-to-run) oder durch ähnliche Steuergeräte;
 - eine tragbare Bedienstation mit einem NOT-HALT-Gerät und, wo angebracht, einer Zustimmungseinrichtung. Wo eine tragbare Bedienstation in Gebrauch ist, darf die Einleitung einer Bewegung nur von dieser Bedienstation aus möglich sein;
 - eine kabellose Bedienstation mit einem Gerät um Stopp-Funktionen nach 9.2.7.3 einzuleiten und, wo angebracht, einer Zustimmungseinrichtung. Wo eine kabellose Bedienstation in Gebrauch ist, darf die Einleitung einer Bewegung nur von dieser Bedienstation aus möglich sein;
 - Begrenzung der Bewegungsgeschwindigkeit oder der Bewegungskraft;
 - Begrenzung des Bewegungsbereiches.

9.2.5 Betrieb

9.2.5.1 Allgemeines

Die notwendigen Sicherheitsfunktionen und/oder Schutzmaßnahmen (z. B. Verriegelungen (siehe 9.3)) für sicheren Betrieb müssen vorgesehen werden.

Maßnahmen müssen ergriffen werden, um nach jedem Anhalten der Maschine eine unbeabsichtigte oder unerwartete Bewegung der Maschine zu verhindern (z. B. durch die Aufhebung eines gesperrten Zustandes, Fehler in der Energieversorgung, Batteriewechsel, Verlust von Steuersignalen bei kabellosen Steuerungen).

Wo eine Maschine mehr als eine Bedienstation hat, müssen Maßnahmen vorgesehen werden, um sicherzustellen, dass die Einleitung von Kommandos von verschiedenen Bedienstationen nicht zu einer Gefährdungssituation führt.

9.2.5.2 Start

Der Start eines Betriebes darf nur möglich sein, wenn alle entsprechenden Sicherheitsfunktionen und/oder Schutzmaßnahmen in der richtigen Stellung und betriebsbereit sind, ausgenommen für die in 9.2.4 beschriebenen Gegebenheiten.

An solchen Maschinen (z. B. fahrbaren Maschinen), wo für bestimmte Arbeitsgänge Sicherheitsfunktionen und/oder Schutzmaßnahmen nicht angewendet werden können, muss die Handsteuerung solcher Arbeitsgänge, soweit anwendbar, durch Steuergeräte mit selbsttätiger Rückstellung, zusammen mit Zustimmungseinrichtungen, erfolgen.

Es müssen geeignete Verriegelungen vorgesehen werden, um eine einwandfreie Anlauffolge sicherzustellen.

Im Fall von Maschinen, die mehr als eine Bedienstation erfordern, um einen Start einzuleiten, muss jede Bedienstation eine gesonderte, manuell betätigte Starteinrichtung haben. Die Bedingungen um einen Anlauf einzuleiten müssen sein:

- alle erforderlichen Bedingungen für den Maschinenbetrieb müssen erfüllt sein, und
- alle Starteinrichtungen müssen in Ruhestellung (AUS) sein, dann
- müssen alle Starteinrichtungen gleichzeitig betätigt werden (siehe 3.6).

9.2.5.3 Stopp

Stoppfunktionen der Stopp-Kategorie 0 und/oder Stopp-Kategorie 1 und/oder Stopp-Kategorie 2 müssen vorgesehen werden, wo sie auf Grund der Risikobeurteilung und den funktionalen Erfordernissen der Maschine angezeigt sind (siehe 4.1).

ANMERKUNG Wenn die Netz-Trenneinrichtung (siehe 5.3) auslöst, wird eine Stopp-Kategorie 0 erzeugt.

Stopp-Funktionen müssen zugehörige Startfunktionen aufheben (siehe 9.2.5.2).

Wo erforderlich, müssen Möglichkeiten vorgesehen werden, um Schutzeinrichtungen und Verriegelungen anzuschließen. Falls solch eine Schutzeinrichtung oder Verriegelung ein Anhalten der Maschine verursacht, kann es notwendig sein, der Steuerungslogik diesen Zustand zu signalisieren. Das Rücksetzen der Stoppfunktion darf keine gefahrbringende Situation einleiten.

Wo mehr als eine Bedienstation vorgesehen ist, müssen Stopp-Kommandos von jeder Bedienstation wirksam sein, soweit dies die Risikobeurteilung für die Maschine erfordert.

9.2.5.4 Handlungen im Notfall (NOT-HALT, NOT-AUS)

9.2.5.4.1 Allgemeines

Dieser Teil der IEC 60204 legt die Anforderungen an NOT-HALT-Funktionen und an NOT-AUS-Funktionen, der in Anhang E aufgelisteten Handlungen im Notfall, fest. Beide werden für die Zwecke dieses Teils der IEC 60204 durch eine einzelne menschliche Handlung ausgelöst.

Wenn eine aktive Betätigung eines NOT-HALT- (siehe 10.7) oder NOT-AUS-Gerätes (siehe 10.8) einen nachfolgenden Steuerbefehl ausgelöst hat, muss die Wirkung dieses Befehls bis zu seiner Rückstellung erhalten bleiben. Diese Rückstellung darf nur durch eine manuelle Handlung am dem Ort möglich sein, wo der Befehl eingeleitet wurde. Die Rückstellung des Befehls darf die Maschine nicht wieder in Gang setzen, sondern nur das Wieder-in-Gang-Setzen ermöglichen.

Es darf nicht möglich sein, die Maschine wieder in Gang zu setzen, bis alle NOT-HALT-Befehle zurück gestellt wurden. Es darf nicht möglich sein, die Maschine wieder einzuschalten, bis alle NOT-AUS-Befehle zurückgestellt wurden.

ANMERKUNG NOT-HALT und NOT-AUS sind ergänzende Schutzmaßnahmen, die kein primäres Mittel zur Risikominderung für Gefährdungen (z. B. Einfangen, Einwickeln, elektrischer Schlag oder Feuer) bei einer Maschine sind (siehe ISO 12100 (alle Teile)).

9.2.5.4.2 NOT-HALT

Prinzipien für die Ausführung der NOT-HALT-Ausrüstung, einschließlich funktionaler Gesichtspunkte, sind in ISO 13850 festgelegt.

NOT-HALT muss entweder entsprechend Stopp-Kategorie 0 oder Stopp-Kategorie 1 (siehe 9.2.2) funktionieren. Die Wahl der Stopp-Kategorie des NOT-HALT ist abhängig von den Ergebnissen einer Risikobeurteilung der Maschine.

Zusätzlich zu den Anforderungen für Stopp (siehe 9.2.5.3) gelten für die NOT-HALT-Funktion folgende Anforderungen:

- sie muss gegenüber allen anderen Funktionen und Betätigungen in allen Betriebsarten Vorrang haben;
- die Energiezufuhr zu den Maschinenantrieben, die eine gefahrbringende Situation (gefahrbringende Situationen) verursachen können, muss ohne Erzeugung anderer Gefährdungen entweder unverzüglich unterbrochen werden (Stopp-Kategorie 0) oder so gesteuert werden, dass die gefahrbringende Bewegung so schnell wie möglich angehalten wird (Stopp-Kategorie 1);
- das Rücksetzen darf keinen Wiederanlauf einleiten.

9.2.5.4.3 NOT-AUS

Funktionale Aspekte für NOT-AUS sind in IEC 60364-5-53, 536.4 festgelegt.

NOT-AUS sollte vorgesehen werden, wo:

- Schutz gegen direktes Berühren (z. B. mit Schleifleitungen, Schleifringkörpern, Schaltgeräten in elektrischen Betriebsräumen) nur durch Abstand oder Hindernisse erreicht wird (siehe 6.2.6) oder
- es die Möglichkeit anderer Gefährdungen oder Beschädigungen durch elektrische Energie gibt.

NOT-AUS wird durch das Abschalten der entsprechenden Energieeinspeisung mit elektromechanischen Schaltgeräten erreicht, mit der Folge einer Stopp-Kategorie 0 der an diese Energieversorgung angeschlossenen Maschinenantriebe. Wenn für eine Maschine diese Stopp-Kategorie 0 nicht zulässig ist, kann es notwendig sein, andere Maßnahmen vorzusehen, z. B. Schutz gegen direktes Berühren, sodass NOT-AUS nicht notwendig ist.

9.2.5.5 Überwachung der Befehlsausführung

Eine Bewegung oder Aktion einer Maschine oder eines Maschinenteils, die zu einer gefahrbringenden Situation führen kann, muss überwacht werden durch das Bereitstellen z. B. von Wegbegrenzern, Motorüberdrehzahlerrfassung, Erfassung mechanischer Überlast oder Kollisionsschutzeinrichtungen.

ANMERKUNG Bei einigen handgesteuerten Maschinen übernehmen die Bediener die Überwachung.

9.2.6 Andere Steuerfunktionen

9.2.6.1 Befehls Einrichtungen mit selbsttätiger Rückstellung (Tippschalter)

Befehls Einrichtungen mit selbsttätiger Rückstellung müssen eine ständige Betätigung der (des) Steuergeräte(s) erfordern, um einen Betrieb zu erreichen.

ANMERKUNG Die Funktion einer Befehlseinrichtung mit selbsttätiger Rückstellung kann auch mit Geräten für Zweihandschaltung realisiert werden.

9.2.6.2 Zweihandschaltung

Drei Arten der Zweihandschaltung sind in ISO 13851 festgelegt. Ihre Auswahl hängt von der Risikobeurteilung ab. Sie müssen die folgenden Merkmale aufweisen:

Typ I: Dieser Typ erfordert:

- die Bereitstellung von zwei Bediengeräten und deren gleichzeitige Betätigung durch beide Hände;
- dauernde gleichzeitige Betätigung während der gefahrbringenden Situation;
- die Beendigung des Maschinenbetriebes beim Loslassen entweder eines oder beider Bediengeräte, wenn die gefahrbringenden Situationen immer noch vorhanden sind.

Eine Typ-I-Zweihandsteuerung wird als nicht geeignet angesehen, für die Einleitung von gefahrbringenden Arbeitsgängen.

Typ II: Eine Typ-I-Steuerung, die das Loslassen beider Bediengeräte erfordert, bevor ein Maschinenbetrieb wieder gestartet werden kann.

Typ III: Eine Typ-II-Steuerung, die eine gleichzeitige Betätigung der Bediengeräte wie folgt erfordert:

- es muss notwendig sein, die Bediengeräte innerhalb einer bestimmten Zeitspanne von nicht mehr als 0,5 s zueinander zu betätigen;
- wenn diese Zeitspanne überschritten wird, müssen beide Bediengeräte losgelassen werden, bevor ein Maschinenbetrieb erneut eingeleitet werden kann.

9.2.6.3 Freigabesteuerung

Freigabesteuerung (siehe auch 10.9) ist eine manuell aktivierte Verriegelungsfunktion der Steuerung, die:

- a) wenn sie betätigt wird, es erlaubt mit einer separaten Startsteuerung einen Maschinenbetrieb einzuleiten und
- b) wenn sie nicht betätigt wird,
 - eine Stoppfunktion nach 9.2.5.3 einleitet und
 - die Einleitung eines Maschinenbetriebes verhindert.

Eine Freigabesteuerung muss so aufgebaut sein, dass die Möglichkeit sie zu umgehen minimiert wird, z. B. durch die Forderung, dass die Freigabesteuerung deaktiviert werden muss, bevor ein erneuter Maschinenbetrieb eingeleitet werden darf. Es sollte nicht möglich sein, die Freigabesteuerung mit einfachen Mitteln zu umgehen.

9.2.6.4 Kombinierte Start-Stopp-Steuerungen

Drucktaster und ähnliche Steuergeräte, die bei ihrem Betätigen abwechselnd eine Bewegung einleiten und stillsetzen, dürfen nur für Funktionen verwendet werden, die nicht zu einem gefahrbringenden Zustand führen können.

9.2.7 Kabellose Steuerungen

9.2.7.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt behandelt funktionale Anforderungen an Steuerungssysteme, die kabellose (z. B. Funk, Infrarot) Techniken zur Übertragung von Befehlen und Signalen zwischen einer Maschinensteuerung und (einer) Bedienstation(en) verwenden.

ANMERKUNG Einige dieser Anwendungen und Systemüberlegungen können auch für Steuerfunktionen mit serieller Datenübertragung über Kabel (z. B. koaxial, verdreht, Glasfaser) anwendbar sein.

Mittel müssen vorgesehen werden, um die Energieversorgung der Bedienstation einfach entfernen oder trennen zu können (siehe auch 9.2.7.3).

Mittel müssen vorgesehen werden (z. B. Schlüsselschalter, Zugangscode), um soweit notwendig, eine unbefugte Benutzung der Bedienstation zu verhindern.

Jede Bedienstation muss eine eindeutige Anzeige haben, welche Maschine(n) bestimmungsgemäß durch diese Bedienstation gesteuert wird (werden).

9.2.7.2 Begrenzung der Steuerung

Es müssen Maßnahmen getroffen werden, um sicherzustellen, dass die Steuerbefehle:

- nur auf die beabsichtigte Maschine einwirken;
- nur die beabsichtigten Funktionen bewirken.

Es müssen Maßnahmen getroffen werden, um zu verhindern, dass die Maschine auf andere Signale reagiert, als auf solche, die von der (den) hierfür vorgesehene(n) Bedienstation(en) ausgehen.

Wo notwendig, müssen Mittel vorgesehen werden, dass die Maschine von den Bedienstationen nur in einer oder mehreren fest vorgegebenen Zonen oder Gebieten gesteuert werden kann.

9.2.7.3 Stopp

Kabellose Bedienstationen müssen ein eigenes und eindeutig erkennbares Mittel enthalten, um die Stopp-Funktion der Maschine oder all der Bewegungen, die eine gefahrbringende Situation verursachen können, einzuleiten. Das Bedienteil, das diese Stopp-Funktion einleitet, darf nicht als NOT-HALT markiert oder beschriftet sein (siehe 10.7).

Eine Maschine, die mit einer kabellosen Steuerung ausgerüstet ist, muss Mittel haben, um automatisch das Anhalten der Maschine einzuleiten, um in den folgenden Situationen einem potenziell gefahrbringenden Betrieb vorzubeugen:

- wenn ein Stopp-Signal empfangen wird;
- wenn im kabellosen Steuerungssystem ein Fehler entdeckt wird;
- wenn kein gültiges Signal (welches ein Signal einschließt, dass die Verbindung eingerichtet und aufrechterhalten ist) innerhalb eines festgelegten Zeitraums erkannt wurde (siehe Anhang B), außer wenn eine Maschine eine vorprogrammierte Aufgabe ausführt, die sie aus der Reichweite der kabellosen Steuerung herausführt, wo keine gefahrbringende Situation auftreten kann.

9.2.7.4 Verwendung von mehr als einer Bedienstation

Wo eine Maschine mehr als eine Bedienstation hat, einschließlich einer oder mehrerer kabellosen Bedienstationen, müssen Maßnahmen vorgesehen werden, um sicherzustellen, dass zu einem Zeitpunkt immer nur eine der Bedienstationen freigegeben sein kann. Eine Anzeige, welche der Bedienstationen die Maschine steuert, muss an geeigneten Stellen vorgesehen werden, die sich aus der Risikobeurteilung für die Maschine ergeben.

Ausnahme: Ein Stopp-Befehl muss von jeder der Bedienstationen wirksam sein, wenn es sich aus der Risikobeurteilung für die Maschine ergibt.

9.2.7.5 Batteriegespeiste Bedienstationen

Eine Änderung der Batteriespannung darf keine gefahrbringende Situation verursachen. Falls eine oder mehrere potenziell gefahrbringende Bewegungen mit Hilfe der batteriegespeisten kabellosen Bedienstation gesteuert werden, muss dem Bediener eine eindeutige Warnung gegeben werden, wenn die Batteriespannung festgelegte Grenzen über-/unterschreitet. Unter diesen Umständen muss die kabellose Bedienstation für den Bediener lang genug funktionsfähig bleiben, um die Maschine in eine nicht gefahrbringende Situation zu bringen.

9.3 Schutzverriegelungen

9.3.1 (Wieder-) Schließen oder Rückstellen von verriegelten Schutzeinrichtungen

Das (Wieder-) Schließen oder Rückstellen einer verriegelten Schutzeinrichtung darf keinen gefahrbringenden Maschinenbetrieb einleiten.

ANMERKUNG Anforderungen an trennende Schutzeinrichtungen mit Startfunktion (steuernde trennende Schutzeinrichtung) sind in ISO 12100-2, 5.3.2.5 festgelegt.

9.3.2 Überschreiten von Betriebsgrenzen

Wo eine Betriebsgrenze (z. B. Geschwindigkeit, Druck, Position) überschritten werden kann und damit zu einer gefahrbringenden Situation führt, müssen Mittel vorgesehen werden, um das Überschreiten einer vorbestimmten Grenze bzw. mehrerer vorbestimmter Grenzen zu erfassen und eine angemessene Steuerungsaktion einzuleiten.

9.3.3 Betrieb von Hilfseinrichtungen

Das einwandfreie Arbeiten von Hilfsfunktionen muss durch geeignete Einrichtungen (z. B. Druckfühler) überwacht werden.

Wo ein Motor oder ein Gerät für eine Hilfsfunktion (z. B. Schmierung, Kühlmittelversorgung, Spänebeseitigung) nicht in Betrieb ist und dies zu einer gefahrbringenden Situation führen oder Schaden an der Maschine oder dem Arbeitsgut verursachen kann, muss eine geeignete Verriegelung vorgesehen werden.

9.3.4 Verriegelung zwischen verschiedenen Betriebsfunktionen und Verriegelung gegenläufiger Bewegungen

Alle Schütze, Relais und andere Steuergeräte, die Teile der Maschine steuern und deren gleichzeitige Betätigung eine gefahrbringende Situation herbeiführen kann (z. B. solche, die gegenläufige Bewegungen einleiten), müssen gegen fehlerhaften Betrieb verriegelt sein.

Wendeschütze (z. B. solche, die die Drehrichtung eines Motors steuern) müssen so verriegelt sein, dass im Normalbetrieb beim Schalten kein Kurzschluss entstehen kann.

Wo zur Sicherheit oder für kontinuierlichen Betrieb bestimmte Funktionen an der Maschine in wechselseitiger Beziehung erforderlich sind, muss eine ordnungsgemäße Koordinierung durch geeignete Verriegelungen sichergestellt werden. Für eine Gruppe von Maschinen, die koordiniert zusammenarbeiten und die mehr als eine Steuerung haben, müssen Vorkehrungen getroffen werden, um den Betrieb der Steuerungen, soweit erforderlich, zu koordinieren.

Wo ein Ausfall der Betätigungseinrichtung einer mechanischen Bremse dazu führen kann, dass die Bremse aktiviert ist, während das zugehörige Maschinen-Antriebsselement eingeschaltet ist und daraus eine gefahrbringende Situation entstehen kann, müssen Verriegelungen vorgesehen werden, um das Maschinen-Antriebsselement auszuschalten.

9.3.5 Gegenstrombremsung

Wo die Bremsung eines Motors mit Gegenstrom erfolgt, müssen Maßnahmen vorgesehen werden, um am Ende der Bremsung den Motoranlauf in die Gegenrichtung zu verhindern, wo diese Drehrichtungsumkehr eine gefahrbringende Situation herbeiführen oder die Maschine oder das Arbeitsgut beschädigen kann. Für diesen Zweck ist ein Gerät, welches ausschließlich zeitabhängig arbeitet, nicht zulässig.

Steuerstromkreise müssen so ausgeführt sein, dass das Drehen einer Motorwelle, z. B. von Hand, nicht zu einer gefahrbringenden Situation führt.

9.4 Steuerfunktionen im Fehlerfall

9.4.1 Allgemeine Anforderungen

Wo Ausfälle oder Störungen in der elektrischen Ausrüstung eine gefahrbringende Situation oder Schaden an der Maschine oder am Arbeitsgut verursachen können, müssen geeignete Maßnahmen getroffen werden, um die Wahrscheinlichkeit des Auftretens solcher Ausfälle oder Störungen zu verringern. Die erforderlichen Maßnahmen und der Grad bis zu dem sie verwirklicht werden – entweder einzeln oder in Kombination – hängen von der Risikohöhe der jeweiligen Anwendung ab (siehe 4.1).

Die elektrischen Steuerkreise müssen ein angemessenes Niveau der sicherheitstechnischen Leistungsfähigkeit haben, welches mit der Risikobeurteilung für die Maschine bestimmt wurde. Die Anforderungen von IEC 62061 und/oder ISO 13849-1:1999, ISO 13849-2:2003 müssen angewendet werden.

Maßnahmen, diese Risiken zu verringern, schließen ein, sind aber nicht begrenzt auf:

- Schutzeinrichtungen an der Maschine (z. B. verriegelte trennende Schutzeinrichtungen, Auslöseeinrichtungen);
- Schutzverriegelung des elektrischen Stromkreises;
- Verwendung von erprobten Schaltungstechniken und Komponenten (siehe 9.4.2.1);
- Vorsehen von teilweiser oder vollständiger Redundanz (siehe 9.4.2.2) oder Diversität (siehe 9.4.2.3);
- Vorsehen von Funktionsprüfungen (siehe 9.4.2.4).

Wo Speicherinhalte, z. B. durch die Energie einer Batterie, aufrechterhalten werden, müssen Maßnahmen ergriffen werden, um gefahrbringenden Situationen vorzubeugen, die aus einem Ausfall oder Entfernen der Batterie entstehen.

Mittel müssen vorgesehen werden, um einem unbefugten oder unbeabsichtigten Ändern von Speicherinhalten vorzubeugen, z. B. durch die Forderung nach Benutzung eines Schlüssels, Zugangscodes oder Werkzeuges.

9.4.2 Maßnahmen zur Risikoverminderung im Fehlerfall

9.4.2.1 Verwendung von erprobten Schaltungstechniken und Komponenten

Diese Maßnahmen schließen ein, sind aber nicht begrenzt auf:

- Verbindung der Steuerstromkreise mit dem Schutzleitersystem zu Funktionszwecken (siehe 9.4.3.1 und Bild 2);
- Verbindung der Steuergeräte nach 9.4.3.1;
- Stillsetzen durch Entregung (siehe 9.2.2);
- Schalten aller Leiter des Steuerstromkreises zu dem zu steuernden Gerät (siehe 9.4.3.1);
- Verwendung von zwangsläufig öffnenden Schaltgeräten (siehe IEC 60947-5-1);
- schaltungstechnische Maßnahmen, um die Möglichkeit, dass von Ausfällen unerwünschte Betriebsweisen verursacht werden, zu verringern.

9.4.2.2 Vorsehen von teilweiser oder vollständiger Redundanz

Durch Vorsehen von teilweiser oder vollständiger Redundanz ist es möglich, die Wahrscheinlichkeit zu verringern, dass ein Einzelfehler in einem elektrischen Stromkreis zu einer gefahrbringenden Situation führen kann. Redundanz kann im üblichen Betrieb wirksam sein (d. h. online Redundanz) oder durch spezielle Stromkreise konzipiert sein, welche die Schutzfunktion nur übernehmen, wenn die Betriebsfunktion ausfällt (d. h. offline Redundanz).

Wo offline Redundanz verwendet wird, die während des üblichen Betriebes nicht wirksam ist, müssen geeignete Vorkehrungen getroffen werden, um sicherzustellen, dass diese Steuerstromkreise im Anforderungsfall wirksam sind.

9.4.2.3 Anwendung von Diversität

Die Verwendung von Steuerstromkreisen mit verschiedenen Funktionsprinzipien oder Verwendung von unterschiedlichen Komponenten oder Gerätetypen kann die Wahrscheinlichkeit von Gefährdungen, die aus Fehlern und/oder Ausfällen resultieren, vermindern. Beispiele schließen ein:

- die Kombination von Öffnern und Schließern, betätigt durch verriegelte Schutzeinrichtungen;
- die Verwendung von Steuerungskomponenten unterschiedlicher Bauart in dem Steuerstromkreis;
- die Kombination von elektromechanischer und elektronischer Ausrüstung in redundanten Anordnungen.

Die Kombination von elektrischen und nichtelektrischen Systemen (z. B. mechanisch, hydraulisch, pneumatisch) kann die redundante Funktion ausführen und für Diversität sorgen.

9.4.2.4 Vorsehen von Funktionsprüfungen

Funktionsprüfungen dürfen entweder automatisch durch das Steuersystem oder von Hand bei Inspektionen oder durch Prüfungen beim Anlauf und nach festgelegten Zeitabständen oder als Kombination, je nach Erfordernis, ausgeführt werden (siehe auch 17.2 und 18.6).

9.4.3 Schutz gegen fehlerhaften Betrieb durch Erdschlüsse, Spannungsunterbrechungen und Verlust der elektrischen Durchgängigkeit

9.4.3.1 Erdschlüsse

Erdschlüsse in irgendeinem Steuerstromkreis dürfen nicht zu unbeabsichtigtem Anlauf oder potenziell gefahrbringenden Bewegungen führen oder das Stillsetzen der Maschine verhindern.

Methoden diese Anforderungen zu erfüllen, schließen die Folgenden ein, sind aber nicht hierauf begrenzt:

Methode a) Steuerstromkreise durch Steuertransformatoren gespeist:

- 1) Im Fall von geerdeter Steuerstromversorgung ist der gemeinsame Leiter am Einspeisepunkt mit dem Schutzleitersystem verbunden. Alle Kontakte, Halbleiter usw., welche bestimmungsgemäß elektromagnetische oder andere Geräte betätigen (z. B. ein Relais, Anzeigelampe), werden zwischen einer Seite der Steuerstromkreisversorgung, dem Schaltleiter und einer Klemme der Spule oder des Gerätes, eingeschleift. Die andere Klemme der Spule oder des Gerätes (vorzugsweise immer mit der gleichen Kennzeichnung) ist direkt, ohne irgendwelche Schaltelemente, an den gemeinsamen Leiter der Steuerstromkreisversorgung angeschlossen (siehe Bild 3).

Ausnahme: Kontakte von Schutzgeräten dürfen zwischen dem gemeinsamen Leiter und den Spulen angeschlossen werden, vorausgesetzt dass:

- der Stromkreis bei einem Erdschluss automatisch unterbrochen wird oder
 - die Verbindung sehr kurz ist (z. B. in demselben Gehäuse), sodass ein Erdschluss unwahrscheinlich ist (z. B. Überlastrelais).
- 2) Steuerstromkreise, die von einem Steuertransformator gespeist werden, der nicht mit dem Schutzleitersystem verbundenen ist, haben dieselbe Anordnung wie in Bild 3, sind jedoch mit einem Gerät versehen, das im Erdschlussfall den Stromkreis automatisch unterbricht (siehe auch 7.2.4).

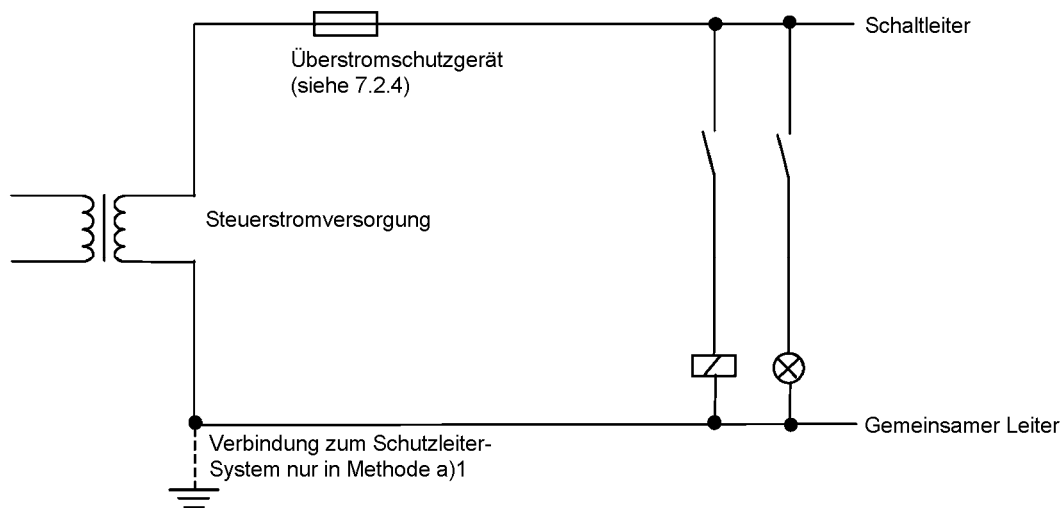


Bild 3 – Methode a)

Methode b) Steuerstromkreise, gespeist von einem Steuertransformator mit einer Mittenanzapfung. Diese Mittenanzapfung ist mit dem Schutzleitersystem verbunden. Wie die Anordnung in Bild 4 zeigt, hat die Überstromschutzeinrichtung Schaltelemente in allen Leitern, die die Steuerstromkreise speisen.

ANMERKUNG 1 Bei einem Steuerstromkreis mit geerdeter Mittelanzapfung können bei einem einzelnen Erdschluss 50 % der Spannung an einer Relaispule stehen bleiben. In diesem Zustand kann ein Relais angezogen bleiben und damit ein Stillsetzen der Maschine verhindern.

ANMERKUNG 2 Spulen oder Geräte dürfen entweder auf einer oder auf beiden Seiten geschaltet werden.

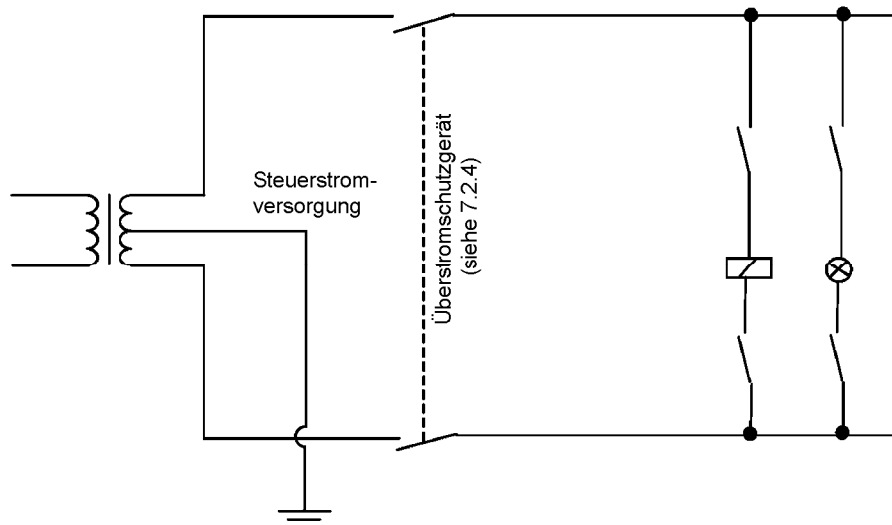


Bild 4 – Methode b)

Methode c) Wo der Steuerstromkreis nicht von einem Steuertransformator gespeist wird und entweder:

- 1) direkt zwischen den Außenleitern einer geerdeten Versorgung angeschlossen ist oder
- 2) direkt zwischen den Außenleitern oder zwischen einem Außenleiter und einem Neutraleiter einer Versorgung angeschlossen ist, die nicht oder über eine hohe Impedanz geerdet ist,

schalten mehrpolige Steuerschalter alle aktiven Leiter, die für den Anlauf oder das Stillsetzen solcher Maschinenfunktionen benutzt werden, die eine gefährbringende Situation oder eine Beschädigung der Maschine im Fall eines unbeabsichtigten Anlaufs oder Fehlers beim Anhalten, verursachen können. Oder im Fall von c) 2) muss ein Gerät vorgesehen werden, das im Erdschlussfall den Stromkreis automatisch unterbricht.

9.4.3.2 Spannungsunterbrechungen

Die in 7.5 beschriebenen Anforderungen müssen eingehalten werden.

Wo das Steuersystem einen Speicherbaustein bzw. Speicherbausteine verwendet, muss im Falle eines Ausfalls der Versorgung die einwandfreie Wirkungsweise sichergestellt werden (z. B. durch Verwendung eines nichtflüchtigen Speichers), um einem Verlust des Speicherinhaltes vorzubeugen, der zu einer gefährbringenden Situation führen kann.

9.4.3.3 Verlust der Durchgängigkeit eines Stromkreises

Wo der Verlust der Durchgängigkeit von sicherheitsbezogenen Steuerstromkreisen, die Schleifkontakte enthalten, zu einer gefährbringenden Situation führen kann, müssen geeignete Maßnahmen ergriffen werden (z. B. Verdopplung der Schleifkontakte).

10 Bedienerschnittstelle und an der Maschine montierte Steuergeräte

10.1 Allgemeines

10.1.1 Allgemeine Anforderungen an Geräte

Dieser Abschnitt enthält Anforderungen an Geräte, die außerhalb oder teilweise außerhalb von Steuergehäusen angebracht sind.

Soweit durchführbar, müssen diese Einrichtungen nach den zutreffenden Teilen der IEC 61310 ausgewählt, montiert und gekennzeichnet oder kodiert werden.

Die Möglichkeit von unbeabsichtigter Betätigung muss minimiert werden, z. B. durch Platzierung der Geräte, geeignete Konstruktion, Vorsehen zusätzlicher Schutzmaßnahmen. Besondere Beachtung muss der Auswahl, Anordnung, Programmierung und Benutzung von Bediener-Eingabegeräten gegeben werden, wie berührungssensitiven Bildschirmen (Touchscreens), Tastaturen und Tastenfeldern für die Steuerung von gefährbringendem Maschinenbetrieb. Siehe IEC 60447.

10.1.2 Anordnung und Montage

Soweit es durchführbar ist, müssen an der Maschine angebrachte Steuergeräte:

- für Bedienung und Instandhaltung leicht zugänglich sein;
- derart montiert sein, dass die Möglichkeit einer Schädigung bei Tätigkeiten wie z. B. Materialtransport minimiert wird.

Die Bedienteile von handbedienten Steuergeräten müssen so ausgewählt und installiert werden, dass:

- sie mindestens 0,6 m oberhalb der Bedienebene und von der üblichen Arbeitsposition des Bedieners leicht erreichbar sind;
- der Bediener nicht in eine gefährbringende Situation gerät, wenn er sie bedient;

Die Bedienteile von mit dem Fuß bedienten Steuergeräten müssen so ausgewählt und installiert werden, dass:

- sie von der üblichen Arbeitsposition des Bedieners leicht erreichbar sind;
- der Bediener nicht in eine gefährbringende Situation gerät, wenn er sie bedient.

10.1.3 Schutz

Der Schutzgrad (siehe IEC 60529) muss, zusammen mit weiteren geeigneten Maßnahmen, Schutz bieten gegen:

- die Einflüsse von aggressiven Flüssigkeiten, Dämpfen oder Gasen, die sich in der physikalischen Umgebung befinden oder von der Maschine verwendet werden;
- den Eintritt von Verunreinigungen (z. B. Späne, Staub, Fremdkörper).

Zusätzlich müssen die Bedienerschnittstellen einen Schutzgrad gegen direktes Berühren von mindestens IPXXD haben (siehe IEC 60529).

10.1.4 Wegfühler

Wegfühler, (z. B. Positionsschalter, Näherungsschalter) müssen so angeordnet sein, dass sie beim Überfahren nicht beschädigt werden.

Wegfühler in Stromkreisen mit sicherheitsbezogenen Steuerfunktionen müssen zwangsöffnend sein (siehe IEC 60947-5-1) oder müssen eine vergleichbare Zuverlässigkeit bieten (siehe 9.4.2).

ANMERKUNG Eine sicherheitsbezogene Steuerfunktion ist dazu bestimmt, den sicheren Zustand der Maschine aufrecht zu erhalten oder gefahrbringenden Situationen vorzubeugen, die an der Maschine entstehen können.

10.1.5 Tragbare und herabhängende Bedienstationen

Tragbare und herabhängende Bedienstationen und ihre Steuergeräte müssen so ausgewählt und angeordnet sein, dass die Möglichkeit unbeabsichtigter Maschinenbetriebe durch Stöße und Vibrationen (z. B. falls die Bedienstation herunterfällt oder an ein Hindernis anstößt) minimiert ist (siehe auch 4.4.8).

10.2 Drucktaster

10.2.1 Farben

Drucktaster-Bedienteile müssen nach Tabelle 2 farbig gekennzeichnet sein (siehe auch 9.2 und Anhang B).

Die Farben für START/EIN-Bedienteile sollten WEISS, GRAU, SCHWARZ oder GRÜN, vorzugsweise WEISS sein. ROT darf nicht verwendet werden.

Die Farbe ROT muss für NOT-HALT- und NOT-AUS-Bedienteile verwendet werden.

Die Farben für STOPP/AUS-Bedienteile sollten SCHWARZ, GRAU oder WEISS, vorzugsweise SCHWARZ sein. GRÜN darf nicht verwendet werden. ROT ist erlaubt, aber es wird empfohlen, dass ROT nicht in der Nähe von Geräten für Handlungen im Notfall verwendet wird.

WEISS, GRAU oder SCHWARZ sind die bevorzugten Farben für Drucktaster-Bedienteile, die wechselweise als START/EIN- und STOPP/AUS-Drucktaster wirken. Die Farben ROT, GELB oder GRÜN dürfen nicht verwendet werden (siehe auch 9.2.6).

WEISS, GRAU oder SCHWARZ sind die bevorzugten Farben für Drucktaster-Bedienteile, die einen Betrieb bewirken, während sie betätigt sind und den Betrieb beenden, wenn sie losgelassen werden (z. B. Tippen). Die Farben ROT, GELB oder GRÜN dürfen nicht verwendet werden.

Rückstell-Drucktaster müssen BLAU, WEISS, GRAU oder SCHWARZ sein. Wo sie auch als STOPP/AUS-Taster wirken, werden die Farben WEISS, GRAU oder SCHWARZ bevorzugt, vorzugsweise SCHWARZ. GRÜN darf nicht benutzt werden.

Wo dieselben Farben WEISS, GRAU, oder SCHWARZ für verschiedene Funktionen benutzt werden (z. B. WEISS für START/EIN- und für STOPP/AUS-Betätigungselemente), müssen zusätzliche Mittel der Kennzeichnung (z. B. Form, Position, Symbol) für die Erkennung der Drucktaster-Bedienteile benutzt werden.


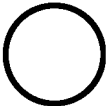


Tabelle 2 – Farbkodierung für Drucktaster-Bedienteile und ihre Bedeutung

Farbe	Bedeutung	Erklärung	Anwendungsbeispiele
ROT	Notfall	Bei einer gefahrbringenden Situation oder im Notfall betätigen	NOT-HALT Einleitung von Not-Funktionen (siehe auch 10.2.1)
GELB	Anomal	Bei einem anomalen Zustand betätigen	Eingriff, um einen anomalen Zustand zu unterdrücken Eingriff, um einen unterbrochenen automatischen Ablauf wieder zu starten
BLAU	Zwingend	Bei einem Zustand betätigen, der eine zwingende Handlung erfordert	Rückstellfunktion
GRÜN	Normal	Betätigen, um normale Zustände einzuleiten	(Siehe 10.2.1)
WEISS	Keine spezielle Bedeutung zugeordnet	Für allgemeine Einleitung von Funktionen, außer für NOT-HALT	START/EIN (bevorzugt) STOPP/AUS
GRAU			START/EIN STOPP/AUS
SCHWARZ			START/EIN STOPP/AUS (bevorzugt)

10.2.2 Kennzeichnung

Zusätzlich zu der in 16.3 beschriebenen Funktionskennzeichnung wird empfohlen, Drucktaster in der Nähe des Bedienteils oder vorzugsweise direkt auf dem Bedienteil, mit den Symbolen aus der Tabelle 3 zu kennzeichnen:

Tabelle 3 – Symbole für Drucktaster

START oder EIN	STOPP oder AUS	Drucktaster, die wechselweise als START- oder STOPP-Taster und als EIN- oder AUS-Taster wirken	Drucktaster, die – während sie gedrückt werden – als START- oder EIN-Taster wirken und als STOPP- oder AUS-Taster, wenn sie losgelassen werden (d. h. Tippen).
IEC 60417-5007 (DB:2002-10) 	IEC 60417-5008 (DB:2002-10) 	IEC 60417-5010 (DB:2002-10) 	IEC 60417-5011 (DB:2002-10) 

10.3 Anzeigeleuchten und Anzeigen

10.3.1 Allgemeines

Anzeigeleuchten und Anzeigen auf Bildschirmen dienen dazu, folgende Informationen zu geben:

- Anzeige: Um den Bedienenden aufmerksam zu machen oder um anzuzeigen, dass eine bestimmte Aufgabe ausgeführt werden sollte. Die Farben ROT, GELB, BLAU und GRÜN werden üblicherweise für diese Betriebsart verwendet. Für blinkende Anzeigeleuchten und Anzeigen auf Bildschirmen siehe 10.3.3.
- Bestätigung: Es wird ein Befehl oder ein Zustand bestätigt, oder das Ende eines Wechsels oder einer Übergangszeit wird bestätigt. Die Farben BLAU und WEISS werden üblicherweise für diese Betriebsart verwendet und GRÜN darf in einigen Fällen benutzt werden.

Anzeigeleuchten und Bildschirme müssen so ausgesucht und angeordnet werden, dass sie von der normalen Position des Bedieners sichtbar sind (siehe auch IEC 61310-1).

Stromkreise für Anzeigeleuchten von Warnleuchten müssen mit Einrichtungen ausgestattet sein, um die Betriebsbereitschaft dieser Lampen zu überprüfen.

10.3.2 Farben

Wenn zwischen dem Lieferanten und Betreiber nicht anders vereinbart (siehe Anhang B), müssen die Anzeigeleuchten in Bezug auf den Zustand (Status) der Maschine nach Tabelle 4 farblich kodiert sein.

Tabelle 4 – Farben von Anzeigeleuchten und ihre Bedeutung in Bezug auf den Zustand der Maschine

Farbe	Bedeutung	Erklärung	Handlung durch den Bediener
ROT	Notfall	Gefahrbringender Zustand	Sofortige Handlung, um auf einen gefahrbringenden Zustand zu reagieren (z. B. Ausschalten der Energieversorgung der Maschine, vor dem gefahrbringenden Zustand gewarnt sein und von der Maschine Abstand halten)
GELB	Anomal	Anomaler Zustand; bevorstehender kritischer Zustand	Überwachen und/oder Eingreifen (z. B. durch Wiederherstellen der vorgesehenen Funktion)
BLAU	Zwingend	Anzeige eines Zustandes, der Handlung durch den Bediener erfordert	Zwingende Handlung
GRÜN	Normal	Normaler Zustand	Optional
WEISS	Neutral	Andere Zustände; darf verwendet werden, wenn Zweifel über die Anwendung von ROT, GELB, GRÜN oder BLAU bestehen	Überwachen

Anzeigesäulen an Maschinen sollten die verwendeten Farben in der folgenden Reihenfolge von oben nach unten haben: ROT, GELB, BLAU, GRÜN und WEISS.

10.3.3 Blinkende Leuchten und Anzeigen

Zur weiteren Unterscheidung oder Information und insbesondere, um etwas zusätzlich hervorzuheben, können für folgende Zwecke blinkende Leuchten und Anzeigen auf Bildschirmen vorgesehen werden:

- um Aufmerksamkeit zu erregen;
- um sofortiges Handeln anzufordern;
- um eine Diskrepanz zwischen dem Kommando und dem aktuellen Zustand anzuzeigen;
- um eine Änderung eines Prozesses anzuzeigen (Blinken während eines Übergangs).

Es wird empfohlen, dass die höheren Blinkfrequenzen für Leuchten oder Anzeigen auf Bildschirmen mit den wichtigeren Informationen benutzt werden (siehe IEC 60073 für empfohlene Blinkfrequenzen und Puls-/Pausen-Verhältnisse).

Wo blinkende Leuchten oder Anzeigen auf Bildschirmen benutzt werden, um Informationen höherer Priorität bereitzustellen, sollten auch akustische Warngeräte bereitgestellt werden.

10.4 Leuchtdrucktaster

Bedienteile für Leuchtdrucktaster müssen nach den Tabellen 2 und 4 farblich kodiert sein. Bestehen Schwierigkeiten, eine geeignete Farbe zuzuordnen, muss WEISS verwendet werden. Die Farbwirkung Rot für das NOT-HALT-Bedienteil darf nicht davon abhängig sein, ob seine Beleuchtung eingeschaltet ist.

10.5 Drehbare Bedienelemente

Geräte, die ein drehbares Teil haben, wie z. B. Dreh-Potentiometer und Wahlschalter, müssen Einrichtungen haben, die eine Drehung der feststehenden Teile verhindern. Reibung allein darf nicht als ausreichend erachtet werden.

10.6 Starteinrichtungen

Bedienteile, die dazu verwendet werden, eine Startfunktion oder die Bewegung von Maschinenteilen (z. B. Schlitten, Spindeln, Mitnehmer) einzuleiten, müssen so gebaut und angeordnet sein, dass eine unbeabsichtigte Bedienung minimiert wird. Jedoch dürfen für Zweihand-Steuerungen Pilzdrucktaster benutzt werden (siehe ISO 13851).

10.7 Geräte für NOT-HALT

10.7.1 Anordnung der Geräte für NOT-HALT

Geräte für NOT-HALT müssen leicht erreichbar sein.

Geräte für NOT-HALT müssen an jedem Bedienstand sowie an anderen Orten vorhanden sein, wo die Einleitung eines NOT-HALT erforderlich sein kann (Ausnahme: siehe 9.2.7.3).

Das Außer-Betrieb-Nehmen der Bedienstation kann dazu führen, dass es zur Verwechslung zwischen aktiven und nicht aktiven NOT-HALT-Geräten kommt. In solchen Fällen müssen Mittel bereitgestellt werden (z. B. Benutzeranweisung), um die Verwechslung zu minimieren.

10.7.2 Arten von NOT-HALT-Geräten

Die Arten der Geräte für NOT-HALT schließen ein:

- einen mit Drucktasten betätigten Schalter, palmen- oder pilzkopfförmig;
- einen Reißleinschalter;
- einen Fußschalter ohne mechanischen Schutz.

Die Geräte müssen zwangsöffnend sein (siehe IEC 60947-5-1, Anhang K).

10.7.3 Farbe der Bedienteile

Bedienteile von NOT-HALT-Geräten müssen ROT sein. Falls ein Hintergrund unmittelbar um das Bedienteil vorhanden ist, muss dieser Hintergrund GELB sein. Siehe auch ISO 13850.

10.7.4 Betätigung der Netz-Trenneinrichtung vor Ort um NOT-HALT zu bewirken

Die Netz-Trenneinrichtung darf vor Ort betätigt werden, um die NOT-HALT-Funktion einzuleiten, wenn:

- sie für den Bediener leicht erreichbar ist und
- sie von einer der Arten ist, die in 5.3.2 a), b), c) oder d) beschrieben sind.

Wenn die Netz-Trenneinrichtung auch für diesen Zweck vorgesehen ist, muss sie die Farbanforderungen von 10.7.3 erfüllen.

10.8 Geräte für NOT-AUS

10.8.1 Lage der Geräte für NOT-AUS

Geräte für NOT-AUS müssen dort angeordnet werden, wo es für die vorgegebene Anwendung notwendig ist. Üblicherweise werden diese Geräte getrennt vom Bedienstand angeordnet. Wo es notwendig ist, eine Bedienstation mit einem NOT-HALT-Gerät und einem NOT-AUS-Gerät auszurüsten, müssen Mittel vorgesehen werden, um Verwechslungen zwischen diesen Einrichtungen zu verhindern.

ANMERKUNG Dies kann z. B. erreicht werden, durch die Anordnung des NOT-AUS-Gerätes in einem Gehäuse mit Einschlagscheibe.

10.8.2 Arten von NOT-AUS-Geräten

Die Arten der Geräte für NOT-AUS schließen ein:

- einen mit Drucktasten betätigten Schalter, palmen- oder pilzkopfförmig;
- einen Reißleinschalter.

Die Geräte müssen zwangsöffnend sein (siehe IEC 60947-5-1, Anhang K).

Die mit Drucktasten betätigten Schalter dürfen in einem Einschlag-Gehäuse sein.

10.8.3 Farben der Bedienteile

Bedienteile für NOT-AUS-Geräte müssen ROT sein. Falls ein Hintergrund unmittelbar um das Bedienteil vorhanden ist, muss dieser Hintergrund GELB sein.

Wo es zur Verwechslung zwischen NOT-HALT- und NOT-AUS-Geräten kommen kann müssen Mittel bereitgestellt werden, um die Verwechslung zu minimieren.

10.8.4 Betätigung der Netz-Trenneinrichtung vor Ort um NOT-AUS zu bewirken

Wo die Netz-Trenneinrichtung vor Ort für NOT-AUS zu bedienen ist, muss sie leicht erreichbar sein und sollte die Anforderungen von 10.8.3 an die Farbgebung erfüllen.

10.9 Geräte zur Freigabesteuerung

Wenn ein Gerät für die Freigabesteuerung als Teil eines Systems vorgesehen ist, darf es, um einen Betrieb zu erlauben, die Steuerungsfreigabe nur signalisieren, wenn es in einer bestimmten Stellung betätigt ist. In jeder anderen Stellung muss ein Betrieb gestoppt oder verhindert werden.

Geräte zur Freigabesteuerung müssen so ausgesucht und angeordnet werden, dass die Möglichkeit einer Umgehung minimiert ist.

Geräte zur Freigabesteuerung müssen so ausgesucht werden, dass sie folgende Eigenschaften haben:

- nach ergonomischen Grundsätzen konstruiert sein;
- für einen Typ mit zwei Stellungen;

- Stellung 1: AUS-Funktion des Schalters (Bedienteil ist nicht betätigt);
- Stellung 2: Freigabe-Funktion (Bedienteil ist betätigt);
- für einen Typ mit drei Stellungen:
 - Stellung 1: AUS-Funktion des Schalters (Bedienteil ist nicht betätigt);
 - Stellung 2: Freigabe-Funktion (Bedienteil ist betätigt und in seiner Mittelstellung);
 - Stellung 3: AUS-Funktion (Bedienteil ist über seine Mittelstellung hinaus betätigt);
 - wenn von der Stellung 3 in die Stellung 2 zurückgegangen wird, ist die Freigabe-Funktion nicht aktiviert.

ANMERKUNG Die Freigabe-Funktion ist in 9.2.6.3 beschrieben.

11 Schaltgeräte: Anordnung, Aufbau und Gehäuse

11.1 Allgemeine Anforderungen

Alle Schaltgeräte müssen so angeordnet und montiert sein, dass:

- ihre Zugänglichkeit und Instandhaltung;
- ihr Schutz gegen äußere Einflüsse oder Bedingungen unter denen sie bestimmungsgemäß betrieben werden;
- Betrieb und Instandhaltung der Maschine und ihrer zugehörigen Ausrüstung

erleichtert wird.

11.2 Anordnung und Aufbau

11.2.1 Zugänglichkeit und Instandhaltung

Alle Teile der Schaltanlage müssen so angeordnet und ausgerichtet sein, dass sie identifiziert werden können, ohne sie oder die Verdrahtung zu bewegen. Für Teile, die für einen ordnungsgemäßen Betrieb überprüft werden müssen oder die der Notwendigkeit eines Austausches unterworfen sind, sollten diese Tätigkeiten möglich sein, ohne eine andere Ausrüstung oder Teile der Maschine (außer Öffnen von Türen oder Entfernen von Deckeln, Abdeckungen oder Hindernissen) ausbauen zu müssen. Klemmen, die nicht zu Schaltgeräten gehören, müssen diesen Anforderungen auch entsprechen.

Alle Schaltgeräte müssen so angebracht sein, dass sie die Bedienung und Instandhaltung von der Vorderseite erleichtern. Wo ein Spezialwerkzeug erforderlich ist, um ein Gerät zu justieren, zu warten oder zu entfernen, muss dieses Werkzeug mitgeliefert werden. Wo für regelmäßige Instandhaltung oder Einstellung Zugang erforderlich ist, müssen die entsprechenden Geräte zwischen 0,4 m und 2,0 m oberhalb der Zugangsebene angebracht sein. Es wird empfohlen, Klemmen mindestens 0,2 m oberhalb der Zugangsebene und in solcher Weise anzuordnen, dass Leiter, Kabel und Leitungen leicht angeschlossen werden können.

Keine Geräte, außer solchen für Bedienung, Anzeige, Messung und Kühlung, dürfen an Türen und üblicherweise abnehmbaren Zugangsabdeckungen von Gehäusen angebracht sein. Wo Steuergeräte durch Steckersysteme angeschlossen sind, muss deren Zusammengehörigkeit durch Art (Form), Kennzeichnung oder Referenzkennzeichen (Betriebsmittelkennzeichen) oder eine Kombination aus diesen deutlich gemacht werden (siehe 13.4.5).

Steckbare Geräte, die während des üblichen Betriebes gehandhabt werden, müssen mit unverwechselbaren Merkmalen versehen werden, falls das Fehlen einer solchen Einrichtung zu Fehlfunktionen führen kann.

Stecker/Steckdosen-Kombinationen, die während des üblichen Betriebes gehandhabt werden, müssen so angeordnet und aufgebaut sein, dass sie ungehinderten Zugriff erlauben.

Wo Prüfpunkte für den Anschluss von Prüfausrüstung vorgesehen sind, müssen sie:

- so angebracht sein, dass sie ungehindert zugänglich sind;
- in Übereinstimmung mit der Dokumentation (siehe 17.3) eindeutig identifizierbar sein;
- angemessen isoliert sein;
- ausreichend Platz haben.

11.2.2 Räumliche Trennung oder Gruppenbildung

Nichtelektrische Teile und Geräte, die nicht direkt zur elektrischen Ausrüstung gehören, dürfen nicht innerhalb der Gehäuse, die Schaltgeräte enthalten, angeordnet sein. Geräte wie Magnetventile sollten von der übrigen elektrischen Ausrüstung getrennt werden (z. B. in einem getrennten Einbauraum).

Steuergeräte, die am selben Ort angebracht sind und die an die Versorgungsspannung oder sowohl an Versorgungs- als auch Steuerspannungen angeschlossen sind, müssen gruppenweise unterteilt und getrennt von denen angeordnet werden, die nur an die Steuerspannung angeschlossen sind.

Klemmen müssen in Gruppen aufgeteilt werden für:

- Hauptstromkreise;
- zugeordnete Steuerstromkreise;
- andere Steuerstromkreise, die von externen Quellen gespeist werden (z. B. für Verriegelungen).

Die Gruppen dürfen aneinander angrenzend montiert werden, vorausgesetzt, jede Gruppe kann leicht identifiziert werden (z. B. durch Kennzeichnungen, durch Gebrauch verschiedener Größen, durch Gebrauch von Trennwänden oder durch Farbe).

Beim Anordnen von Geräten (einschließlich der Verbindungen untereinander) müssen die für sie von dem Lieferanten festgelegten Luft- und Kriechstrecken unter Berücksichtigung der äußeren Einflüsse oder Bedingungen der physikalischen Umgebung eingehalten werden.

11.2.3 Wärmewirkungen

Wärmeerzeugende Bauteile (z. B. Kühlkörper, Leistungswiderstände) müssen so angeordnet sein, dass die Temperatur jedes Bauteils in der Nachbarschaft innerhalb der zulässigen Grenze bleibt.

11.3 Schutzgrad

Der Schutz von Schaltgerätekombinationen gegen Eindringen von festen Fremdkörpern und Flüssigkeiten muss angemessen sein, unter Berücksichtigung der äußeren Einflüsse, unter denen die Maschine bestimmungsgemäß betrieben wird (d. h. der Aufstellungsort und die physikalischen Umgebungsbedingungen) und muss ausreichend sein gegen Staub, Kühlmittel und Metallspäne.

ANMERKUNG 1 Anforderungen für den Schutz gegen elektrischen Schlag enthält Abschnitt 6.

ANMERKUNG 2 Die Schutzgrade gegen Eindringen von Wasser sind durch IEC 60529 abgedeckt. Zusätzliche Schutzmaßnahmen können gegen andere Flüssigkeiten notwendig werden.

Gehäuse von Schaltgerätekombinationen müssen mindestens den Schutzgrad IP22 (siehe IEC 60529) haben.

Ausnahmen:

- a) Wo eine elektrische Betriebsstätte als Schutzgehäuse für einen angemessenen Schutzgrad gegen Eindringen von festen Fremdkörpern und Flüssigkeiten dient.
- b) Wo abklappbare Stromabnehmer auf Schleifleitungssystemen benutzt werden und IP22 nicht erreicht wird, aber die Maßnahmen von 6.2.5 angewendet werden.

ANMERKUNG 3 Nachstehend sind einige Anwendungsbeispiele aufgelistet, zusammen mit dem Schutzgrad, der typisch für ihre Gehäuse ist:

- | | |
|--|---------------------|
| – belüftete Gehäuse, die nur Motoranlasswiderstände und andere Ausrüstung von großen Abmessungen enthalten | IP10 |
| – belüftete Gehäuse, die andere Ausrüstungen enthalten | IP32 |
| – Gehäuse für allgemeine industrielle Anwendung | IP32, IP43 und IP54 |
| – Gehäuse für Anwendung an Orten, die mit Niederdruck-Wasserstrahl gereinigt (abgespritzt) werden | IP55 |
| – Gehäuse, die Schutz gegen feinen Staub gewähren | IP65 |
| – Gehäuse, die Schleifringkörper enthalten | IP2X |

Abhängig von den Verhältnissen am Einbauort können andere Schutzgrade zweckmäßig sein.

11.4 Gehäuse, Türen und Öffnungen

Gehäuse müssen aus einem Material gebaut sein, welches sowohl den mechanischen, elektrischen und thermischen Beanspruchungen, als auch den Auswirkungen der Feuchtigkeit und anderen Umwelteinflüssen widerstehen kann, die im normalen Betrieb wahrscheinlich anzutreffen sind.

Verschlüsse, die dazu dienen, Türen und Abdeckungen zu sichern, sollten unverlierbar sein. Fenster, die zum Beobachten innen eingebauter Anzeigegeräte vorgesehen sind, müssen aus einem Material sein, das geeignet ist, mechanischen Beanspruchungen und chemischen Einflüssen standzuhalten (z. B. gehärtetes Glas, Polycarbonatplatten von nicht weniger als 3 mm Dicke).

Es wird empfohlen, dass Gehäusetüren nicht breiter als 0,9 m sind und senkrechte Scharniere mit einem Öffnungswinkel von mindestens 95° haben.

Die Fugen oder Dichtungen von Türen, Deckeln, Abdeckungen und Gehäusen müssen den chemischen Einflüssen von aggressiven Flüssigkeiten, Dämpfen oder Gasen, die an der Maschine benutzt werden, widerstehen. Die Mittel, um den Schutzgrad eines Gehäuses an Türen, Deckeln und Abdeckungen aufrechtzuerhalten, die für Betrieb oder Instandhaltung zu öffnen oder zu entfernen sind:

- müssen sicher befestigt sein, entweder an der Tür/Abdeckung oder dem Gehäuse;
- dürfen sich nicht durch die Entfernung oder den Ersatz der Tür oder der Abdeckung verschlechtern und so den Schutzgrad beeinträchtigen.

Wo Öffnungen in Gehäusen vorgesehen sind (z. B. für Kabel- oder Leitungseinführungen), einschließlich solcher zum Boden oder Fundament oder zu anderen Teilen der Maschine, müssen Mittel vorgesehen werden, um den für die Ausrüstung festgelegten Schutzgrad sicherzustellen. Kabel- und Leitungseinführungen müssen auf der Baustelle wieder leicht geöffnet werden können. Eine geeignete Öffnung darf im Boden von Gehäusen innerhalb der Maschine vorgesehen sein, sodass Kondensat ablaufen kann.

Zwischen Gehäusen mit elektrischer Ausrüstung und Kammern mit Kühlmittel, Schmier- und Hydraulikflüssigkeiten oder solchen in die Öl, andere Flüssigkeiten oder Staub eindringen können, darf keine Öffnung vorhanden sein. Diese Anforderung bezieht sich weder auf elektrische Einrichtungen, die ausdrücklich dafür vorgesehen sind in Öl zu arbeiten (z. B. elektromagnetische Kupplungen) noch auf elektrische Ausrüstungen, in denen Kühlmittel gebraucht werden.

Wo zu Befestigungszwecken Löcher in einem Gehäuse sind, können Mittel notwendig sein, um sicherzustellen, dass nach der Befestigung diese Löcher den geforderten Schutz nicht beeinträchtigen.

Ausrüstung, die bei normalem oder anomalem Betrieb eine Oberflächentemperatur erreichen kann, die ausreicht, um ein Feuerrisiko oder einen schädlichen Einfluss für ein Gehäusematerial zu bewirken, muss:

- in einem Gehäuse angeordnet sein, das das ohne Feuerrisiko oder schädlichen Einfluss solchen Temperaturen, wie sie entstehen können, widersteht und

- mit einem ausreichenden Abstand zu benachbarten Ausrüstungen montiert und angeordnet sein, dass eine sichere Wärmeableitung ermöglicht wird (siehe auch 11.2.3) oder
- auf andere Weise mit einem Material geschirmt sein, das ohne Feuerrisiko oder schädlichen Einfluss der von der Ausrüstung abgegebenen Wärme widerstehen kann.

ANMERKUNG Ein Warnschild nach 16.2.2 kann notwendig sein.

11.5 Zugang zu Schaltgeräten

Türen in Gängen und für den Zugang zu elektrischen Betriebsstätten müssen:

- mindestens 0,7 m breit und 2,0 m hoch sein;
- nach außen öffnen;
- mit Mitteln ausgerüstet sein, die ein Öffnen von innen ohne Schlüssel oder Werkzeug ermöglichen (z. B. Panikverschlüsse).

Gehäuse, die es einer Person ohne weiteres erlauben vollständig hineinzugehen, müssen mit Mitteln ausgestattet sein, die eine Flucht erlauben, z. B. Panikverschlüsse auf der Innenseite der Türen. Gehäuse, die für einen solchen Zugang bestimmt sind, z. B. für Rücksetzen, Justierung, Wartung, müssen eine lichte Weite von mindestens 0,7 m und eine lichte Höhe von mindestens 2,1 m haben.

In Fällen, wo:

- Ausrüstung während des Zutritts wahrscheinlich unter Spannung steht und
- leitfähige Teile frei liegen,

muss die lichte Weite mindestens 1 m sein. In Fällen, wo sich solche Teile auf beiden Seiten des Laufganges befinden, muss die lichte Weite mindestens 1,5 m sein.

ANMERKUNG Diese Abmessungen sind aus der Reihe ISO 14122 abgeleitet.

12 Leiter, Kabel und Leitungen

12.1 Allgemeine Anforderungen

Leiter, Kabel und Leitungen müssen so ausgewählt werden, dass sie für die vorkommenden Betriebsbedingungen (z. B. Spannung, Strom, Schutz gegen elektrischen Schlag, Häufung von Kabeln und Leitungen) und für äußere Einflüsse (z. B. Umgebungstemperatur, Vorhandensein von Wasser oder korrosiven Stoffen, mechanische Beanspruchungen (einschließlich der Beanspruchungen während des Verlegens), Brandgefährdungen) geeignet sind.

ANMERKUNG Weitere Informationen enthält CENELEC HD 516 S2.

Diese Anforderungen gelten nicht für die Innenverdrahtung von Kombinationen, Baugruppen und Geräten, die nach ihren entsprechenden IEC-Normen (z. B. IEC 60439-1) hergestellt und geprüft sind.

12.2 Leiter

Im Allgemeinen müssen die Leiter aus Kupfer sein. Wo Aluminium verwendet wird, muss der Querschnitt mindestens 16 mm² sein.

Um eine angemessene mechanische Festigkeit sicherzustellen, sollte der Querschnitt von Leitern nicht kleiner sein, als in Tabelle 5 angegeben. Jedoch dürfen Leiter mit einem kleineren Querschnitt oder anderen Konstruktionen als in Tabelle 5 gezeigt, in Ausrüstungen verwendet werden, vorausgesetzt, eine angemessene mechanische Festigkeit wird durch andere Mittel erreicht, und die ordnungsgemäße Funktion wird nicht beeinträchtigt.

ANMERKUNG Eine Einstufung der Leiter enthält Tabelle D.4.

Tabelle 5 – Mindestquerschnitte für Kupferleiter

		Art des Leiters, der Kabel und Leitungen				
Einbauort	Anwendung	Einadrig		Mehradrig		
		Flexibel Klasse 5 oder 6	Massiv (Klasse 1) oder mehrdräftig (Klasse 2)	Zweiadrig, abgeschirmt	Zweiadrig, nicht abgeschirmt	Drei- und mehradrig, abgeschirmt oder nicht
Außerhalb von (schützenden) Gehäusen	Hauptstromkreise, fest verlegt	1,0	1,5	0,75	0,75	0,75
	Hauptstromkreise, die häufiger Bewe- gung unterworfen sind	1,0	–	0,75	0,75	0,75
	Steuerstromkreise	1,0	1,0	0,2	0,5	0,2
	Datenübertragungs- Systeme	–	–	–	–	0,08
Innerhalb von Gehäusen ¹⁾	Hauptstromkreise nicht bewegte An- schlüsse	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
	Steuerstromkreise	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	Datenübertragungs- Systeme	–	–	–	–	0,08
ANMERKUNG Alle Querschnitte sind in mm ² angegeben						
1) Ausgenommen, besondere Anforderungen einzelner Normen, siehe auch 12.1						

Leiter der Klasse 1 und 2 sind in erster Linie für Verbindungen zwischen starren, unbeweglichen Teilen bestimmt.

Alle Leiter, die häufigen Bewegungen ausgesetzt sind (z. B. 1 Bewegung pro Betriebsstunde der Maschine), müssen flexible verseilte Leiter der Klassen 5 oder 6 haben.

12.3 Isolierung

Die Isoliermaterialien schließen ein (aber sind nicht begrenzt auf):

- Polyvinylchlorid (PVC);
- Gummi, natürlich und synthetisch;
- Silikongummi (SiR);
- mineralische Stoffe;
- vernetztes Polyäthylen (XLPE);
- Äthylen/Propylen-Mischung (EPR).

Wo die Isolierung von Leitern, Kabeln und Leitungen (z. B. PVC) wegen der Weiterleitung eines Brandes oder wegen der Abgabe von toxischen oder korrosiven Rauchgasen eine Gefährdung darstellen kann, sollte der Rat des Kabellieferanten eingeholt werden. Es ist wichtig, dem Erhalt der Funktionsfähigkeit eines Stromkreises für sicherheitsbezogene Funktionen besondere Beachtung zu widmen.

Die Isolierung der verwendeten Kabel und Leitungen und Leiter muss geeignet sein für eine Prüfspannung von:

- nicht weniger als AC 2 000 V für eine Dauer von 5 min für Betriebsspannungen größer als AC 50 V oder DC 120 V oder
- nicht weniger als AC 500 V für eine Dauer von 5 min für PELV-Stromkreise (siehe IEC 60364-4-41, Klasse-III-Betriebsmittel).

Die mechanische Festigkeit und Stärke der Isolierung muss so sein, dass die Isolierung im Betrieb oder während des Verlegens, speziell für Kabel und Leitungen, die in Kanäle eingezogen werden, nicht beschädigt werden kann.

12.4 Strombelastbarkeit im Normalbetrieb

Die Strombelastbarkeit ist von mehreren Faktoren abhängig, z. B. Isoliermaterial, der Anzahl der Leiter in einem Kabel oder einer Leitung, der Konstruktion (Kabelmantel), Verlegearten, Häufung und Umgebungstemperatur.

ANMERKUNG 1 Detailliertere Informationen und weitere Anleitung können IEC 60364-5-52 sowie einigen nationalen Normen oder Herstellerangaben entnommen werden.

Ein typisches Beispiel der Strombelastbarkeit im Beharrungszustand für eine PVC-isolierte Verdrahtung zwischen Gehäusen und einzelnen Teilen der Ausrüstung ist in Tabelle 6 wiedergegeben.

ANMERKUNG 2 Für besondere Anwendungen, wo die richtige Auslegung des Kabels bzw. der Leitungen von dem Verhältnis zwischen Spielzeit und der thermischen Zeitkonstante des Kabels bzw. der Leitung (z. B. Anlauf gegen ein hohes Trägheitsmoment, Aussetzbetrieb) abhängen kann, sollte der Kabel-/Leitungshersteller befragt werden.

12.5 Spannungsfall in Leitern, Kabeln und Leitungen

Der Spannungsfall von der Netzanschluss-Stelle bis zum Verbraucher darf unter üblichen Betriebsbedingungen 5 % der Nennspannung nicht überschreiten. Um diese Anforderung zu erfüllen, kann es notwendig sein, Leiter mit einem größeren Querschnitt, als den aus Tabelle 6 abgeleiteten, zu verwenden.

12.6 Flexible Leitungen

12.6.1 Allgemeines

Flexible Leitungen müssen Leiter der Klasse 5 oder Klasse 6 haben.

ANMERKUNG 1 Bei Leitern der Klasse 6 sind die Durchmesser der Litzendrähte kleiner. Deshalb sind sie flexibler als Leiter der Klasse 5 (siehe Tabelle D.4).

Leitungen, die schweren Betriebsarten ausgesetzt sind, müssen angemessen konstruiert sein, zum Schutz gegen:

- Abrieb, auf Grund mechanischer Behandlung und Ziehen über raue Oberflächen;
- Knicken bei Betrieb ohne Führungen;
- Beanspruchung auf Grund von Führungsrollen und Zwangsführung, beim Auf- und Abspulen auf oder von Leitungstrommeln.

ANMERKUNG 2 Leitungen für solche Einsatzfälle sind in den entsprechenden nationalen Normen spezifiziert.

ANMERKUNG 3 Die Gebrauchsdauer der Leitungen wird verringert, wo ungünstige Betriebsbedingungen, wie z. B. hohe Zugbeanspruchung, kleine Biegeradien, Umlenkung in eine andere Ebene und/oder häufige Arbeitsspiele zusammentreffen.

Tabelle 6 – Beispiel für die Strombelastbarkeit (I_z) von PVC-isolierten Kupferleitern oder -kabeln bzw. -leitungen im Beharrungszustand in einer Umgebungstemperatur der Luft von +40 °C für verschiedene Verlegarten

	Verlegearten (siehe D.1.2)			
	B 1	B 2	C	E
Querschnitt (mm ²)	Strombelastbarkeit I_z für Drehstromkreise (A)			
0,75	8,6	8,5	9,8	10,4
1,0	10,3	10,1	11,7	12,4
1,5	13,5	13,1	15,2	16,1
2,5	18,3	17,4	21	22
4	24	23	28	30
6	31	30	36	37
10	44	40	50	52
16	59	54	66	70
25	77	70	84	88
35	96	86	104	110
50	117	103	125	133
70	149	130	160	171
95	180	156	194	207
120	208	179	225	240
Elektronik (Paar)				
0,20	nicht anwendbar	4,3	4,4	4,4
0,5	nicht anwendbar	7,5	7,5	7,8
0,75	nicht anwendbar	9,0	9,5	10
<p>ANMERKUNG 1 Die Werte der Strombelastbarkeit der Tabelle 6 basieren auf</p> <ul style="list-style-type: none"> – einem symmetrisch belasteten Drehstromkreis für Leiterquerschnitte von 0,75 mm² und größer, – einem Steuerstromkreispaar für Querschnitte zwischen 0,2 mm² und 0,75 mm². <p>Wo mehrere belastete Kabel und Leitungen/Paare installiert sind, sind die Werte der Tabelle 6 nach den Tabellen D.2 oder D.3 herabzusetzen.</p> <p>ANMERKUNG 2 Für von +40 °C abweichende Umgebungstemperaturen sind die Strombelastbarkeiten mit den Werten in Tabelle D.1 zu korrigieren.</p> <p>ANMERKUNG 3 Diese Werte sind für flexible aufgetrommelte Leitungen nicht anwendbar (siehe 12.6.3).</p> <p>ANMERKUNG 4 Für die Strombelastbarkeit anderer Kabel und Leitungen siehe IEC 60364-5-52.</p>				

12.6.2 Mechanische Bemessung

Das Leitungsführungssystem der Maschine muss so ausgelegt sein, dass die Zugbeanspruchung für die Leiter während des Maschinenbetriebs so niedrig wie praktisch möglich ist. Wo Kupferleiter verwendet werden, darf die Zugbeanspruchung, bezogen auf den Kupferquerschnitt der Leiter, 15 N/mm² nicht überschreiten. Wo die Erfordernisse der Anwendung die Zugbeanspruchung von 15 N/mm² überschreiten, sollten Leitungen mit speziellen konstruktiven Eigenschaften verwendet werden. Die dann maximal zulässige Zugbeanspruchung sollte mit dem Leitungshersteller abgestimmt werden.

Die maximal zulässige Zugbeanspruchung von Leitern flexibler Leitungen, mit anderem Material als Kupfer, muss der Spezifikation des Leitungsherstellers folgen.

ANMERKUNG Die nachstehenden Bedingungen beeinflussen die Zugbeanspruchung der Leiter:

- Beschleunigungskräfte;
- Bewegungsgeschwindigkeit;
- Eigengewicht freihängender Leitungen;
- Art der Führung;
- Konstruktion des Leitungstrommelsystems.

12.6.3 Strombelastbarkeit von aufgetrommelten Leitungen

Bei Trommelleitungen müssen die Leiterquerschnitte so ausgewählt werden, dass auch bei voll aufgewickelter Leitungslänge und betriebsmäßig üblicher Strombelastung die maximal zulässige Leitertemperatur nicht überschritten wird.

Für Rundleitungen, die auf Leitungstrommeln aufgewickelt sind, sollte die maximale Strombelastung in Luft nach Tabelle 7 reduziert werden (siehe auch IEC 60621-3, Abschnitt 44).

ANMERKUNG Die Strombelastbarkeit für Leitungen in Luft kann aus den Herstellerangaben oder den entsprechenden nationalen Normen entnommen werden.

Tabelle 7 – Reduktionsfaktoren für Trommelleitungen

Art der Trommel	Zahl der Lagen der Leitung				
	beliebig	1	2	3	4
Zylindrisch, belüftet	–	0,85	0,65	0,45	0,35
Radial, belüftet	0,85	–	–	–	–
Radial, unbelüftet	0,75	–	–	–	–

ANMERKUNG 1 Eine Radialtrommel ist eine Trommel, bei der die Lagen der Leitung spiralförmig zwischen eng stehenden Flanschen angeordnet sind. Sind die Flansche massiv ausgeführt, wird die Trommel als unbelüftet, haben sie ausreichende Öffnungen, wird sie als belüftet bezeichnet.

ANMERKUNG 2 Eine belüftete zylindrische Trommel ist eine Trommel, wo die Lagen der Leitungen zwischen weit auseinander liegenden Endflanschen liegen und der Trommelkörper und die Endflansche Belüftungsöffnungen haben.

ANMERKUNG 3 Es wird empfohlen, dass die Reduktionsfaktoren mit den Leitungs- und den Leitungstrommelherstellern abgestimmt werden. Hieraus können sich andere Faktoren ergeben.

12.7 Schleifleitungen und Schleifringkörper

12.7.1 Schutz gegen direktes Berühren

Schleifleitungen und Schleifringkörper müssen so installiert oder umhüllt sein, dass während des üblichen Zuganges zur Maschine ein Schutz gegen direktes Berühren durch die Anwendung einer der folgenden Schutzmaßnahmen erreicht wird:

- Schutz durch teilweise Isolierung der aktiven Teile oder, wo dies praktisch nicht möglich ist
- Schutz durch Umhüllungen oder Abdeckungen von mindestens IP2X (siehe IEC 60364-4-41, 412.2).

Waagerechte Oberflächen von Abdeckungen oder Umhüllungen, welche leicht zugänglich sind, müssen einen Schutzgrad von mindestens IP4X haben (siehe IEC 60364-4-41, 412.2.2).

Wo der geforderte Schutzgrad nicht erreichbar ist, muss Schutz durch Abstand zu den spannungsführenden Teilen, in Verbindung mit NOT-AUS nach 9.2.5.4.3 angewendet werden.

Schleifleitungen müssen so angeordnet und/oder geschützt sein, dass:

- einer Berührung, insbesondere von ungeschützten Schleifleitungen mit leitfähigen Teilen, wie z. B. Bedienungsschnüre von Seilzugschaltern, Zugentlastungsmitteln und (Antriebs-) Steuerketten, vorgebeugt wird;
- einer Beschädigung durch eine schwingende Last vorgebeugt wird.

12.7.2 Schutzleiterkreis

Wo Schleifleitungen und Schleifringkörper als Teil des Schutzleitersystems installiert sind, dürfen diese betriebsmäßig keinen Strom führen. Deshalb müssen sowohl der Schutzleiter (PE) als auch der Neutralleiter (N) eine eigene Schleifleitung oder einen eigenen Schleifring haben. Die Durchgängigkeit des Schutzleiterkreises über Schleifkontakte muss durch die Anwendung geeigneter Maßnahmen gewährleistet werden (z. B. Verdopplung der Stromabnehmer, Durchgängigkeits-Überwachung).

12.7.3 Schutzleiter-Stromabnehmer

Schutzleiter-Stromabnehmer müssen durch ihre Form oder Bauweise so beschaffen sein, dass sie gegen die übrigen Stromabnehmer nicht austauschbar sind. Solche Stromabnehmer müssen Schleifkontakte haben.

12.7.4 Abklappbare Stromabnehmer mit Trennschalterfunktion

Abklappbare Stromabnehmer mit Trennschalterfunktion müssen so ausgelegt sein, dass der Schutzleiterkreis beim Abschalten nachteilig gegenüber den aktiven Leitern öffnet und die Durchgängigkeit des Schutzleiterkreises wieder hergestellt ist, bevor einer der aktiven Leiter schließt (siehe auch 8.2.4).

12.7.5 Luftstrecken

Luftstrecken zwischen den jeweiligen Leitern und zwischen benachbarten Systemen von Schleifleitungen, Schleifringen und deren Stromabnehmern müssen mindestens für eine Bemessungs-Stoßspannung der Überspannungskategorie III nach IEC 60664-1 geeignet sein.

12.7.6 Kriechstrecken

Kriechstrecken zwischen den jeweiligen Leitern und zwischen benachbarten Systemen von Schleifleitungen, Schleifringen und deren Stromabnehmern müssen für den Betrieb in der vorgesehenen Umgebung geeignet sein, z. B. Freiluft (IEC 60664-1), innerhalb von Gebäuden, geschützt durch Umhüllungen.

In außergewöhnlich staubigen, feuchten oder korrosiven Umgebungen gelten die folgenden Anforderungen an die Kriechstrecken:

- ungeschützte Schleifleitungen und Schleifringkörper müssen mit Isolatoren, die mindestens eine Kriechstrecke von 60 mm haben, ausgestattet sein;
- gekapselte Schleifleitungen, isolierte mehrpolige Schleifleitungen sowie isolierte Einzelschleifleitungen müssen mindestens eine Kriechstrecke von 30 mm haben.

Die Herstellerempfehlungen bezüglich besonderer Maßnahmen zur Vorbeugung gegen allmähliches Absinken der Isolationswerte durch ungünstige Umgebungseinflüsse (z. B. durch Ablagerungen von leitfähigem Staub, durch chemische Einflüsse) müssen beachtet werden.

12.7.7 Schleifleitungsabschnitte

Wo Schleifleitungen so angeordnet sind, dass sie in voneinander getrennte Abschnitte unterteilt werden können, müssen geeignete konstruktive Maßnahmen angewendet werden, um das Unterspannungssetzen benachbarter Abschnitte durch die Stromabnehmer zu verhindern.

12.7.8 Konstruktion und Errichtung der Schleifleitungen und Schleifringkörper

Schleifleitungen und Schleifringkörper müssen in getrennten Gruppen für Hauptstromkreise und für Steuerstromkreise angeordnet werden.

Schleifleitungen und Schleifringkörper müssen so ausgelegt werden, dass sie den mechanischen Kräften und thermischen Auswirkungen von Kurzschluss-Strömen ohne Beschädigung widerstehen.

Abnehmbare Abdeckungen für Schleifleitungssysteme, die unterirdisch oder unter Flur verlegt sind, müssen so ausgelegt sein, dass sie durch eine einzelne Person ohne Hilfe eines Werkzeuges nicht geöffnet werden können.

Wo Schleifleitungen in einem gemeinsamen Metallgehäuse untergebracht sind, müssen die einzelnen Abschnitte des Gehäuses leitend miteinander verbunden werden und abhängig von ihrer Länge an mehreren Punkten an einen Schutzleiter angeschlossen werden. Metallabdeckungen von Schleifleitungen, die unterirdisch oder unter Flur verlegt sind, müssen ebenfalls miteinander verbunden und an einen Schutzleiter angeschlossen werden.

ANMERKUNG Das Schutzleitersystem muss die Deckel oder Abdeckplatten von Metallgehäusen oder unterirdischen Kanälen einbeziehen. Wo metallene Scharniere Teil des Schutzleitersystems sind, muss deren Durchgängigkeit nachgewiesen werden (siehe Abschnitt 18).

Unterirdische und Unterflur-Schleifleitungskanäle müssen Entwässerungseinrichtungen haben.

13 Verdrahtungstechnik

13.1 Anschlüsse und Leitungsverlauf

13.1.1 Allgemeine Anforderungen

Alle Anschlüsse, besonders die des Schutzleitersystems, müssen gegen Selbstlockern gesichert sein.

Die Anschlussmittel müssen für den Querschnitt und die Art der anzuschließenden Leiter geeignet sein.

Der Anschluss von zwei oder mehreren Leitern an eine Klemme ist nur in den Fällen zulässig, wo die Klemmen für diesen Zweck ausgelegt sind. Jedoch darf nur ein Schutzleiter je Klemmenanschlusspunkt angeschlossen werden.

Gelötete Anschlüsse sind nur erlaubt, wo die Anschlüsse zum Löten geeignet sind.

Klemmen an Klemmenleisten müssen deutlich gekennzeichnet oder beschriftet sein und mit den Kennzeichnungen auf den Plänen übereinstimmen.

Wo ein falscher Anschluss (z. B. verursacht durch Austausch von Geräten) eine Risikoquelle sein kann und die Möglichkeit einer falschen Verbindung nicht durch konstruktive Maßnahmen zu vermindern ist, müssen die Klemmen und/oder die Anschlüsse nach 13.2.1 gekennzeichnet sein.

Die Verlegung von flexiblen Elektro-Installationsrohren sowie Kabeln und Leitungen muss derart sein, dass Flüssigkeiten von den Verschraubungen fortlaufen.

Wenn an Geräten oder Klemmen keine geeigneten Anschlussmöglichkeiten für mehrdrähtige Leiter vorgesehen sind, müssen die Leiterenden mit Aderendhülsen oder Ähnlichem versehen werden. Lötzinn darf für diesen Zweck nicht verwendet werden.

Abgeschirmte Leiter müssen so angeschlossen werden, dass Abspleißen von Litzen verhindert und einfaches Abklemmen ermöglicht wird.

Kennzeichnungsanhänger müssen lesbar, dauerhaft und für die physikalischen Umgebungsbedingungen geeignet sein.

Klemmenleisten müssen so angebracht und verdrahtet sein, dass weder die interne noch die externe Verdrahtung über die Klemmen verläuft (siehe IEC 60947-7-1).

13.1.2 Trassen für Leiter, Kabel und Leitungen

Leiter, Kabel und Leitungen müssen durchgehend von Anschlussklemme zu Anschlussklemme ohne Spleiße oder Verbinder verlegt werden. Verbindungen mit Stecker/Steckdosen-Kombinationen, die einen ausreichenden Schutz gegen zufälliges Trennen haben, gelten nicht als Verbinder im Sinne dieses Abschnittes.

Ausnahme: Wo es praktisch nicht durchführbar ist, Klemmen in Verbindungskästen vorzusehen, dürfen Spleiße oder Verbinder benutzt werden (z. B. auf fahrbaren Maschinen, Maschinen mit langen flexiblen Leitungen, Kabel- oder Leitungsverbindungen, welche eine Länge überschreiten, die vom Kabel- oder Leitungshersteller praktisch nicht auf einer Trommel zu liefern ist; bei Reparatur eines Kabels oder einer Leitung auf Grund von mechanischen Beanspruchungen bei Installation oder Betrieb).

Wo es notwendig ist, Kabel und Leitungen bzw. Kabel- und Leitungsbäume anzuschließen und abzuklemmen, muss eine hierfür ausreichende Zusatzlänge vorgesehen werden.

Die Anschlüsse der Kabel und Leitungen sind ausreichend abzufangen, um mechanischen Beanspruchungen der Leiteranschlüsse vorzubeugen.

Wo immer es möglich ist, muss der Schutzleiter dicht bei den zugehörigen aktiven Leitern verlegt werden, um die Impedanz der Schleife zu verringern.

13.1.3 Leiter von verschiedenen Stromkreisen

Leiter von verschiedenen Stromkreisen dürfen nebeneinander verlegt werden, im selben Leitungskanal (z. B. Elektro-Installationsrohr, zu öffnender Elektro-Installationskanal) liegen oder zum selben Mehrleiterkabel gehören, vorausgesetzt, dass diese Anordnung die einwandfreie Betriebsweise der entsprechenden Stromkreise nicht beeinträchtigt. Werden diese Stromkreise mit unterschiedlichen Spannungen betrieben, müssen die Leiter entweder durch geeignete Abdeckungen getrennt sein, oder für die höchste vorkommende Spannung, der ein beliebiger Leiter im selben Leitungskanal ausgesetzt sein kann, isoliert sein, z. B. für ungeerdete Systeme die Spannung Phase gegen Phase und für geerdete Systeme die Spannung Phase gegen Erde.

13.1.4 Verbindung zwischen dem Aufnehmer und dem Umrichter des Aufnehmers eines induktiven Energieübertragungssystems

Die Kabel und Leitungen zwischen dem Aufnehmer und dessen Umformer, wie von dem Hersteller der induktiven Energieübertragung festgelegt, müssen sein:

- so kurz wie praktikabel;
- angemessen geschützt gegen mechanische Beschädigung.

ANMERKUNG Der Ausgang des Aufnehmers kann eine Stromquelle sein. Deshalb kann eine Beschädigung des Kabels oder der Leitung zu einer Gefährdung durch hohe Spannungen führen.

13.2 Identifizierung von Leitern

13.2.1 Allgemeine Anforderungen

Jeder Leiter muss an jedem Anschluss in Übereinstimmung mit der Technischen Dokumentation (siehe Abschnitt 17) identifizierbar sein.

Es wird empfohlen (z. B. um die Wartung zu erleichtern), dass Leiter durch Ziffern, Alphanumerik, Farbe (entweder durchgängig oder mit einem oder mehreren Streifen) oder einer Kombination von Farbe und Ziffern oder Alphanumerik identifizierbar sind. Wenn Ziffern benutzt werden, müssen diese arabisch, Buchstaben lateinisch sein (entweder Groß- oder Kleinbuchstaben).

ANMERKUNG Für eine Vereinbarung zwischen dem Lieferanten und Betreiber über die bevorzugte Methode der Identifizierung kann der informative Anhang B benutzt werden.

13.2.2 Identifizierung des Schutzleiters

Der Schutzleiter muss durch Form, Anordnung, Kennzeichnung oder Farbe deutlich unterscheidbar sein. Wenn Identifizierung nur durch Farbe erfolgt, dann muss die Zweifarben-Kombination GRÜN-GELB über die gesamte Leiterlänge benutzt werden. Diese Farbkennzeichnung ist ausschließlich dem Schutzleiter vorbehalten.

Bei isolierten Leitern muss die Zweifarben-Kombination GRÜN-GELB derart sein, dass je 15 mm Länge eine der Farben mindestens 30 % und nicht mehr als 70 % der Leiteroberfläche bedeckt; die andere Farbe muss den Rest der Oberfläche bedecken.

Wo der Schutzleiter leicht durch seine Form, Anordnung oder Aufbau (z. B. geflochtener Leiter, blanker ver-seilter Leiter) identifiziert werden kann oder, wo ein isolierter Leiter schwer zugänglich ist, ist eine Farbkenn-zeichnung über die gesamte Länge nicht erforderlich, aber die Enden oder zugänglichen Stellen müssen deutlich durch das grafische Symbol IEC 60417-5019 (DB:2002-10) oder durch die Zweifarben-Kombination GRÜN-GELB identifizierbar sein.

13.2.3 Identifizierung des Neutralleiters

Wo ein Stromkreis einen Neutralleiter enthält, der ausschließlich durch Farbe identifizierbar ist, muss die Farbe für diesen Leiter BLAU sein. Um Verwechslungen mit anderen Farben zu vermeiden, wird empfohlen, dass ein ungesättigtes BLAU benutzt wird, hier „HELLBLAU“ genannt (siehe 3.2.2 von IEC 60446). Wo die gewählte Farbe die einzige Identifizierung des Neutralleiters ist, darf diese Farbe für keinen anderen Leiter verwendet werden, wo eine Verwechslung möglich ist.

Wo Identifizierung durch Farbe angewendet wird, müssen blanke Leiter, die als Neutralleiter verwendet werden, entweder durch einen Streifen von 15 mm bis 100 mm Breite in jedem Feld oder jeder Einheit und an jeder zugänglichen Stelle oder über ihre gesamte Länge farblich gekennzeichnet sein.

13.2.4 Identifizierung durch Farbe

Wo eine Farbcodierung zur Identifizierung von Leitern verwendet wird (andere Leiter als Schutzleiter (siehe 13.2.2) und Neutralleiter (siehe 13.2.3)), dürfen folgende Farben benutzt werden:

SCHWARZ, BRAUN, ROT, ORANGE, GELB, GRÜN, BLAU (einschließlich HELLBLAU), VIOLETT, GRAU, WEISS, ROSA, TÜRKIS.

ANMERKUNG Diese Liste der Farben ist aus IEC 60757 abgeleitet.

Wo Farben zur Identifizierung von Leitern verwendet werden, wird empfohlen, dass die Farbe durchgehend über die Länge des Leiters benutzt wird, entweder durch die Farbe der Isolierung oder durch Farbmarkierungen in regelmäßigen Abständen und an den Enden oder zugänglichen Stellen.

Aus Sicherheitsgründen sollten die Farben GRÜN oder GELB nicht benutzt werden, wo eine Möglichkeit der Verwechslung mit der Zweifarbenkombination GRÜN-GELB besteht (siehe 13.2.2).

Farbliche Identifizierung mit einer Kombination der oben aufgelisteten Farben dürfen benutzt werden, vorausgesetzt, es kann keine Verwechslungen geben und dass GRÜN oder GELB nicht benutzt wird, außer in der Zweifarbenkombination GRÜN-GELB.

Wo für die Identifizierung von Leitern eine Farbcodierung benutzt wird, wird empfohlen, dass sie farblich wie folgt kodiert sind:

- SCHWARZ: Hauptstromkreise für Wechsel- und Gleichstrom;
- ROT: Steuerstromkreise für Wechselstrom;
- BLAU: Steuerstromkreise für Gleichstrom;
- ORANGE: Ausgenommene Stromkreise nach 5.3.5.

Ausnahmen zum vorher Genannten sind erlaubt, wo

- eine Isolierung verwendet wird, die in den empfohlenen Farben nicht erhältlich ist, oder
- Mehrleiterkabel und -leitungen verwendet werden, außer bei der Zweifarbenkombination GRÜN-GELB.

13.3 Verdrahtung innerhalb von Gehäusen

Leiter innerhalb von Gehäusen müssen, falls erforderlich, befestigt werden, um sie in Position zu halten. Nichtmetallische Leitungskanäle sind nur erlaubt, wenn sie aus einem flammhemmenden Isoliermaterial bestehen (siehe Reihe IEC 60332).

Es wird empfohlen, die elektrische Ausrüstung innerhalb eines Gehäuses so zu planen und auszuführen, dass Änderungen an der Verdrahtung von der Vorderseite des Gehäuses aus möglich sind (siehe auch 11.2.1). Wo dies nicht möglich ist und Steuergeräte von der Rückseite des Gehäuses aus angeschlossen werden, müssen Zugangstüren oder Schwenkrahmen vorgesehen werden.

Anschlüsse von Geräten, die an Türen oder anderen beweglichen Teilen befestigt sind, müssen mit flexiblen Leitern nach 12.2 und 12.6 ausgeführt werden, um eine häufige Bewegung der Teile zu erlauben. Die Leiter müssen, unabhängig vom elektrischen Anschluss, am feststehenden und am beweglichen Teil abgefangen werden (siehe auch 8.2.3 und 11.2.1).

Leiter, Kabel und Leitungen, die nicht in Leitungskanälen verlegt sind, müssen ausreichend befestigt werden.

Klemmenleisten oder Stecker/Steckdosen-Kombinationen müssen für Steuerleitungen verwendet werden, die aus dem Gehäuse herausführen. Für Stecker/Steckdosen-Kombinationen siehe auch 13.4.5 und 13.4.6.

Kabel und Leitungen von Hauptstrom- und Mess-Stromkreisen dürfen direkt an die dafür bestimmten Geräteanschlussklemmen angeschlossen werden.

13.4 Verdrahtung außerhalb von Gehäusen

13.4.1 Allgemeine Anforderungen

Die zur Einführung von Kabeln und Leitungen oder Leitungskanälen in ein Gehäuse verwendeten Mittel mit ihren einzelnen Verschraubungen, Durchführungen usw. müssen sicherstellen, dass der Schutzgrad nicht verringert wird (siehe 11.3).

13.4.2 Äußere Leitungskanäle

Leiter und ihre Anschlüsse außerhalb von Gehäusen der elektrischen Ausrüstung müssen in geeigneten Leitungskanälen (d. h. Elektro-Installationsrohre oder zu öffnende Elektro-Installationskanäle), wie in 13.5 beschrieben, verlaufen. Ausgenommen hiervon sind geeignet geschützte Kabel und Leitungen, die ohne Leitungskanäle und mit oder ohne Verwendung von offenen Kabelwannen oder Kabelbefestigungen installiert werden dürfen. Wo Geräte, wie Positionsschalter oder Näherungsschalter, mit integrierter Anschlussleitung geliefert werden, brauchen deren Leitungen nicht in einem Leitungskanal verlegt werden, wenn die Leitung für den Zweck geeignet, ausreichend kurz und so positioniert oder geschützt ist, dass das Beschädigungsrisiko minimiert ist.

Armaturen, die für Leitungskanäle oder Mehrleiterkabel und -leitungen verwendet werden, müssen für die physikalischen Umgebungsbedingungen geeignet sein.

Für bewegliche Verbindungen zu hängenden Drucktaster-Steuertafeln müssen flexible Elektro-Installationsrohre oder flexible Mehrleiterkabel bzw. -leitungen verwendet werden. Das Gewicht der hängenden Steuertafeln muss durch andere Mittel als durch das flexible Elektro-Installationsrohr oder das flexible Mehrleiterkabel bzw. die -leitung abgefangen werden, ausgenommen das Elektro-Installationsrohr oder das Kabel und die Leitung sind speziell für diesen Zweck ausgelegt.

13.4.3 Verbindung zu sich bewegenden Maschinenteilen

Verbindungen zu sich häufig bewegenden Teilen müssen mit Leitern nach 12.2 und 12.6 ausgeführt werden. Flexible Kabel und Leitungen und flexible Elektro-Installationsrohre müssen so installiert werden, dass übermäßige Biege- und Zugbeanspruchungen, vor allem an den Armaturen, vermieden werden.

Kabel und Leitungen, die Bewegungen ausgesetzt sind, müssen so befestigt werden, dass die Anschlussstellen weder auf Zug noch auf scharfes Biegen beansprucht werden. Wenn dies durch eine Schleife erreicht wird, muss diese eine ausreichende Länge haben, um einen Biegeradius von mindestens dem 10fachen Kabel/Leitungsdurchmesser vorzusehen.

Flexible Leitungen von Maschinen müssen so installiert oder geschützt werden, dass die Möglichkeit der äußeren Beschädigung minimiert wird. Dies schließt Einflüsse durch folgende Kabel- und Leitungsanwendungen oder potenzielle Fehlanwendung ein:

- Überfahren durch die Maschine selbst;
- Überfahren durch Fahrzeuge oder andere Maschinen;
- Berührung mit der Maschinenkonstruktion während den Bewegungen;
- Einlaufen in bzw. Auslaufen aus Leitungskörben oder auf bzw. von Leitungstrommeln;
- Beschleunigungskräfte und Windkräfte auf Kabelgirlandensysteme oder freihängende Leitungen;
- übermäßige Reibung durch Leitungsaufnehmer;
- Aussetzen übermäßiger Strahlungswärme.

Der Kabel- bzw. Leitungsmantel muss gegen üblichen Verschleiß widerstandsfähig sein, der auf Grund der Bewegungen und der Auswirkungen von Schadstoffen in der Umgebung (z. B. Öl, Wasser, Kühlmittel, Staub) zu erwarten ist.

Wo Kabel und Leitungen einer Bewegung ausgesetzt und in der Nähe sich bewegender Teile sind, müssen Vorkehrungen getroffen werden, um dauernd einen Mindestabstand von 25 mm zwischen den sich bewegenden Teilen und den Kabeln und Leitungen einzuhalten. Wo dieser Abstand praktisch nicht eingehalten werden kann, sind feste Abdeckungen zwischen den Kabeln und Leitungen und den sich bewegenden Teilen vorzusehen.

Um Torsionsbeanspruchung in der Leitung zu verhindern, muss das Leitungsführungssystem so konstruiert sein, dass beim

- Auf- und Abwickeln auf bzw. von Leitungstrommeln und
- Einlaufen in die oder Verlassen der Leitungsführungssysteme

die seitliche Ablenkung der Leitungen 5° nicht überschreitet.

Es müssen Maßnahmen ergriffen werden, die sicherstellen, dass mindestens zwei Windungen der flexiblen Leitungen immer auf der Leitungstrommel verbleiben.

Einrichtungen, die dazu dienen, eine flexible Leitung zu führen und zu tragen, müssen so konstruiert sein, dass der innere Biegeradius an allen Punkten, wo die Leitungen gebogen werden, nicht geringer ist als die in Tabelle 8 angegebenen Werte, soweit nicht mit dem Leitungshersteller, unter Berücksichtigung der zulässigen Zugspannungen und der vorgesehenen Gebrauchsdauer, anders vereinbart.

Tabelle 8 – Minimal zulässige Biegeradien für die Zwangsführung von flexiblen Leitungen

Anwendung	Leitungsdurchmesser oder Dicke (d) einer Flachleitung in mm		
	$d \leq 8$	$8 < d \leq 20$	$d > 20$
Leitungstrommeln	$6 d$	$6 d$	$8 d$
Rollenumlenkungen	$6 d$	$8 d$	$8 d$
Leitungswagen	$6 d$	$6 d$	$8 d$
Alle anderen	$6 d$	$6 d$	$8 d$

Das gerade Stück zwischen zwei Krümmungen muss mindestens der 20fache Leitungsdurchmesser sein.

Wo sich flexible Elektro-Installationsrohre in der Nähe beweglicher Teile befinden, müssen durch Konstruktion und Befestigungen für alle Betriebszustände Schäden an den flexiblen Elektro-Installationsrohren verhindert werden.

Flexible Elektro-Installationsrohre dürfen nicht bei schnellen oder häufigen Bewegungen eingesetzt werden, außer sie sind speziell für diesen Zweck ausgelegt.

13.4.4 Verbindung zwischen Geräten an der Maschine

Wo mehrere an der Maschine befestigte Schaltgeräte (z. B. Wegfühler, Drucktaster) in Reihe oder parallel geschaltet sind, wird empfohlen, dass die Verbindungen über Zwischenklemmen geführt werden, die als Prüfpunkte ausgeführt sind. Diese Klemmen müssen leicht erreichbar angeordnet, ausreichend geschützt und in den zugehörigen Schaltplänen dargestellt sein.

13.4.5 Stecker/Steckdosen-Kombinationen

Wo Stecker/Steckdosen-Kombinationen vorgesehen sind, müssen diese, soweit anwendbar, eine oder mehrere der folgenden Anforderungen erfüllen.

Ausnahme: Die folgenden Anforderungen gelten nicht für Komponenten oder Geräte innerhalb eines Gehäuses, angeschlossen über fest installierte Stecker-/Buchsensysteme (keine bewegliche Leitung) oder Komponenten, die an ein Bussystem über eine Stecker-/Buchsenkombination angeschlossen sind.

- Wenn die Stecker/Steckdosen-Kombinationen ordnungsgemäß nach f) installiert sind, müssen sie durch ihre Bauart jederzeit eine unbeabsichtigte Berührung mit aktiven Teilen verhindern, einschließlich während des Steckens oder Ziehens der Verbinder. Der Schutzgrad muss mindestens IPXXB entsprechen. PELV-Stromkreise sind von dieser Anforderung ausgenommen.
- Falls sie in TN- oder TT-Systemen verwendet werden, müssen sie einen beim Schließen voreilenden und beim Öffnen nacheilenden Schutzleiterkontakt (Erdungskontakt) haben (siehe auch 6.3, 8.2.4).
- Stecker/Steckdosen-Kombinationen die bestimmungsgemäß unter Last gesteckt oder getrennt werden sollen, müssen ein ausreichendes Lastschaltvermögen haben. Wo ihr Bemessungsstrom 30 A oder größer ist, müssen sie mit einem Schaltgerät derart verriegelt sein, dass die Verbindung oder Trennung nur möglich ist, wenn das Schaltgerät in der AUS-Stellung ist.
- Stecker/Steckdosen-Kombinationen, die für mehr als 16 A bemessen sind, müssen eine Verriegelungseinrichtung haben, um ein unbeabsichtigtes oder zufälliges Trennen zu verhindern.
- Wo ein unbeabsichtigtes oder zufälliges Trennen von Stecker/Steckdosen-Kombinationen eine gefährbringende Situation verursachen kann, müssen diese eine Verriegelungseinrichtung haben.

Die Installation von Stecker/Steckdosen-Kombinationen muss, soweit anwendbar, die folgenden Anforderungen erfüllen:

- Das Teil, welches nach dem Trennen unter Spannung bleibt, muss einen Schutzgrad von mindestens IP2X oder IPXXB haben, unter Berücksichtigung der erforderlichen Luft- und Kriechstrecken. PELV-Stromkreise sind von dieser Anforderung ausgenommen.

- g) Metallgehäuse von Stecker/Steckdosen-Kombinationen müssen an das Schutzleitersystem angeschlossen sein. PELV-Stromkreise sind von dieser Anforderung ausgenommen.
- h) Stecker/Steckdosen-Kombinationen, die bestimmungsgemäß Last führen dürfen, aber bestimmungsgemäß nicht unter Last getrennt werden dürfen, müssen daher eine Verriegelungseinrichtung haben, um ein unbeabsichtigtes oder zufälliges Trennen zu verhindern und müssen deutlich gekennzeichnet sein, dass sie nicht zum Trennen unter Last bestimmt sind.
- i) Wo mehr als eine Stecker/Steckdosen-Kombination in derselben elektrischen Ausrüstung vorgesehen ist, müssen die zugehörigen Kombinationen eindeutig identifizierbar sein. Es wird empfohlen eine mechanische Kodierung zu verwenden, um ein falsches Zusammenstecken zu verhindern.
- j) Stecker/Steckdosen-Kombinationen, die in Steuerstromkreisen verwendet werden, müssen die anwendbaren Anforderungen von IEC 61984 erfüllen. Ausnahme: siehe k).
- k) Für Haushaltsgeräte und ähnliche allgemeine Zwecke bestimmte Stecker/Steckdosen-Kombinationen dürfen nicht für Steuerstromkreise verwendet werden. Bei Stecker/Steckdosen-Kombinationen nach IEC 60309-1 dürfen nur solche Kontakte für Steuerstromkreise verwendet werden, die bestimmungsgemäß für diese Zwecke vorgesehen sind.

Ausnahme: Die Anforderungen von k) gelten nicht für Steuerfunktionen, welche hochfrequente Signale über die Energieversorgung nutzen.

13.4.6 Demontage für den Versand

Wo es notwendig ist, dass für den Versand die Verdrahtung getrennt wird, müssen an den Trennstellen Klemmen oder Stecker/Steckdosen-Kombinationen vorgesehen werden. Diese Klemmen müssen in einem geeigneten Gehäuse untergebracht sein. Die Stecker/Steckdosen-Kombinationen müssen vor Umgebungseinflüssen bei Transport und Lagerung geschützt sein.

13.4.7 Zusätzliche Leiter

Es sollte in Erwägung gezogen werden, für Instandhaltung oder Reparatur zusätzliche Leiter vorzusehen. Wenn Reserveleiter vorgesehen sind, müssen diese an Ersatzklemmen angeschlossen oder so isoliert sein, dass eine Berührung mit aktiven Teilen verhindert wird.

13.5 Leitungskanäle, Verbindungskästen und andere Kästen

13.5.1 Allgemeine Anforderungen

Leitungskanäle müssen einen für die Anwendung geeigneten Schutzgrad haben (siehe IEC 60529).

Alle scharfen Kanten, Grate, raue Oberflächen oder Gewinde, mit denen die Isolierung der Leiter in Berührung kommen kann, müssen von Leitungskanälen und deren Verbindungen entfernt werden. Wo erforderlich, muss ein zusätzlicher Schutz, bestehend aus flammhemmendem, ölbeständigem Isoliermaterial vorgesehen werden, um die Leiterisolierung zu schützen.

Kondenswasserlöcher von 6 mm Durchmesser sind in zu öffnenden Elektro-Installationskanälen, Verbindungskästen und anderen Verdrahtungskästen erlaubt, in denen sich Öl oder Feuchtigkeit ansammeln kann.

Um eine Verwechslung von Elektro-Installationsrohren mit Öl-, Luft- oder Wasserleitungen zu vermeiden, wird empfohlen, dass die Elektro-Installationsrohre entweder getrennt verlegt oder geeignet gekennzeichnet sind.

Leitungskanäle und Kabelwannen müssen gut befestigt und in ausreichendem Abstand von beweglichen Teilen angebracht werden, sodass die Möglichkeit von Schäden oder Abnutzung minimiert wird. In Durchgangsbereichen für Personen müssen Leitungskanäle und Kabelwannen mindestens 2 m über der Arbeitsebene angebracht werden.

Leitungskanäle sind nur zum mechanischen Schutz vorzusehen (siehe 8.2.3 für Anforderungen an den Anschluss an das Schutzleitersystem).

Kabelwannen, die teilweise abgedeckt sind, sollten nicht als Leitungskanäle oder zu öffnende Elektro-Installationskanäle (siehe 13.5.6) angesehen werden, die verwendeten Kabel und Leitungen müssen für die Installation mit oder ohne offene Kabelwannen oder Kabelpritschen geeignet sein.

13.5.2 Prozentuale Füllung von Kanälen

Der Füllgrad sollte den Verlauf und die Länge des Leitungskanals und die Beweglichkeit der Leiter berücksichtigen. Es wird empfohlen, die Leitungskanäle so zu bemessen und anzuordnen, dass die Einführung von Leitern, Leitungen und Kabeln erleichtert wird.

13.5.3 Starre metallische Elektro-Installationsrohre und deren Verbindungen

Starre metallische Elektro-Installationsrohre und deren Verbindungen müssen aus verzinktem Stahl oder einem korrosionsbeständigen Material sein, das für die Bedingungen geeignet ist. Die Verwendung von verschiedenen, sich berührenden Metallen, die ein galvanisches Element bilden können, sollte vermieden werden.

Elektro-Installationsrohre müssen sicher gehalten und an jedem Ende befestigt sein.

Die Verbindungen müssen mit dem Schutzrohr zusammenpassen und für die Anwendung geeignet sein. Die Verbindungen müssen mit Gewinde versehen sein, außer wenn bauliche Schwierigkeiten einen Zusammenbau verhindern. Werden gewindelose Verbindungen verwendet, müssen die Elektro-Installationsrohre sicher an der Ausrüstung befestigt werden.

Bögen von Elektro-Installationsrohren müssen so hergestellt werden, dass das Elektro-Installationsrohr nicht beschädigt und der Innendurchmesser nicht wirksam verringert wird.

13.5.4 Flexible metallische Elektro-Installationsrohre und deren Verbindungen

Ein flexibles metallisches Elektro-Installationsrohr muss aus einem biegsamen Metallrohr oder Drahtgeflecht bestehen. Es muss für die zu erwartenden physikalischen Umgebungsbedingungen geeignet sein.

Die Verbindungen müssen mit dem Elektro-Installationsrohr zusammenpassen und für die Anwendung geeignet sein.

13.5.5 Flexible nichtmetallische Elektro-Installationsrohre und deren Verbindungen

Ein flexibles, nichtmetallisches Elektro-Installationsrohr muss widerstandsfähig gegen Knicken sein und mit dem Mantel von Mehrleiterkabeln vergleichbare physikalische Kennwerte aufweisen.

Das Elektro-Installationsrohr muss für die Verwendung in den zu erwartenden physikalischen Umgebungsbedingungen geeignet sein.

Die Verbindungen müssen mit dem Elektro-Installationsrohr zusammenpassen und für die Anwendung geeignet sein.

13.5.6 Zu öffnende Elektro-Installationskanäle

Zu öffnende Elektro-Installationskanäle außerhalb von Gehäusen müssen gut befestigt sein und von allen sich bewegenden oder Schmutz verursachenden Teilen der Maschine ferngehalten werden.

Abdeckungen müssen so geformt sein, dass sich die Seiten überlappen; Dichtungen müssen erlaubt sein. Abdeckungen müssen mit geeigneten Mitteln an die zu öffnenden Elektro-Installationskanäle angefügt sein. Bei horizontalen zu öffnenden Elektro-Installationskanälen darf die Abdeckung nicht von unten aufgesetzt sein, ausgenommen, sie sind für eine solche Installation speziell konstruiert.

ANMERKUNG Anforderungen an Elektro-Installationskanalsysteme für die Elektroinstallation enthält Reihe IEC 61084.

Wo der zu öffnende Elektro-Installationskanal in Teilstücken geliefert wird, müssen die Verbindungen zwischen den Teilstücken eng aneinander stoßen, aber sie brauchen nicht abgedichtet zu werden.

Die einzigen erlaubten Öffnungen sind solche für Verdrahtung oder zur Entwässerung. Zu öffnende Elektro-Installationskanäle dürfen keine ausgebrochenen, aber unbenutzten Öffnungen haben.

13.5.7 Einbauräume in Maschinen und zu öffnende Elektro-Installationskanäle

Die Verlegung von Leitern in Einbauräumen oder in zu öffnenden Elektro-Installationskanälen innerhalb des Maschinenrahmens oder -fundaments ist erlaubt, vorausgesetzt die Einbauräume oder zu öffnenden Installationskanäle sind getrennt von Kühlmittel- oder Ölbehältern und vollständig geschlossen. Leiter, die in geschlossenen Einbauräumen und zu öffnenden Elektro-Installationskanälen verlaufen, müssen so gesichert und angeordnet sein, dass sie keinen Beschädigungen ausgesetzt sind.

13.5.8 Anschluss- und sonstige Kästen

Anschlusskästen und andere für die Verdrahtung benötigte Kästen müssen für Instandhaltungszwecke zugänglich sein. Diese Kästen müssen Schutz gegen Eindringen von festen Fremdkörpern und Flüssigkeiten gewähren, unter Berücksichtigung der äußeren Einflüsse, unter denen die Maschine bestimmungsgemäß arbeiten soll (siehe 11.3).

Diese Kästen dürfen weder ausgebrochene aber unbenutzte Öffnungen noch irgendwelche anderen Öffnungen haben und müssen so gebaut sein, dass keine Stoffe wie Staub, Flugstaub, Öl und Kühlmittel eindringen können.

13.5.9 Motoranschlusskästen

Motoranschlusskästen dürfen nur Anschlüsse für den Motor und am Motor befestigte Geräte (z. B. Bremsen, Temperaturfühler, Polumschalter, Tachogeneratoren) enthalten.

14 Elektromotoren und zugehörige Ausrüstung

14.1 Allgemeine Anforderungen

Elektromotoren sollten den entsprechenden Teilen der Reihe IEC 60034 entsprechen.

Die Schutzanforderungen für Motoren und zugehöriger Ausrüstung sind in 7.2 für Überstrom, in 7.3 für Überlast und in 7.6 für Überdrehzahl beschrieben.

Weil viele Steuergeräte die Versorgung zu einem Motor im Stillstand nicht abschalten, muss Vorsorge getroffen werden, um Übereinstimmung mit den Anforderungen aus 5.3, 5.4, 5.5, 7.5, 7.6 und 9.4 sicherzustellen. Motor-Steuergeräte müssen nach Abschnitt 11 angeordnet und eingebaut sein.

14.2 Motorgehäuse

Es wird empfohlen, Motorgehäuse auszuwählen, die in IEC 60034-5 enthalten sind.

Der Schutzgrad muss für alle Motoren mindestens IP23 (siehe IEC 60529) betragen. Höhere Anforderungen können je nach Einsatz- und Umweltbedingungen (siehe 4.4) erforderlich sein. Einbau-Motoren müssen so angeordnet sein, dass sie ausreichend gegen mechanische Beschädigung geschützt sind.

14.3 Motor-Abmessungen

Soweit es durchführbar ist, müssen die Abmessungen von Motoren denen der Reihe IEC 60072 entsprechen.

14.4 Motoranordnung und -einbauträume

Jeder Motor und seine zugehörigen Kupplungen, Treibriemen, Riemenscheiben oder Ketten müssen so angeordnet werden, dass sie ausreichend geschützt und für Inspektion, Wartung, Einstellung und Ausrichtung, Schmierung und Auswechslung leicht zugänglich sind. Die Motoranordnung muss so erfolgen, dass alle Motorbefestigungen entfernt werden können und alle Klemmenkästen zugänglich sind.

Motoren müssen so angeordnet sein, dass ausreichende Kühlung sichergestellt ist und die Temperaturerhöhung innerhalb der Grenzen der Isolationsklasse bleibt (siehe IEC 60034-1).

Wo durchführbar, sollten Motoreinbauträume sauber und trocken sein und, wenn erforderlich, müssen sie direkt zur Außenseite der Maschine belüftet werden. Die Lüftungsöffnungen müssen so beschaffen sein, dass das Eindringen von Spänen, Staub oder Sprühwasser ein vertretbares Maß hat.

Zwischen dem Motoreinbautraum und irgendwelchen anderen Einbauträumen, die nicht die Anforderungen an Motoreinbauträume erfüllen, dürfen keine Öffnungen bestehen. Wird ein Elektro-Installationsrohr oder eine Rohrleitung aus einem anderen Einbautraum, der nicht den Anforderungen an Motoreinbauträume entspricht, in den Motorraum geführt, muss jeder Spalt rund um das Elektro-Installationsrohr oder Rohrleitung abgedichtet werden.

14.5 Kriterien für die Motorauswahl

Die Kennwerte von Motoren und der zugehörigen Ausrüstung müssen nach den erwarteten Betriebs- und physikalischen Umgebungsbedingungen (siehe 4.4) ausgewählt werden. Die Aspekte, welche in dieser Hinsicht berücksichtigt werden müssen, schließen ein:

- Motortyp;
- Betriebsart (siehe IEC 60034-1);
- Betrieb mit fester oder veränderlicher Drehzahl (und dem daraus folgenden veränderlichen Einfluss der Belüftung);
- mechanische Schwingung;
- Art der Motorsteuerung;
- Einfluss des Oberschwingungsspektrums der Spannung und/oder des Stromes zur Versorgung des Motors (insbesondere wenn dieser von einem statischen Umrichter versorgt wird) auf die Temperaturerhöhung;
- Art des Anlaufes und der mögliche Einfluss des Anlaufstromes auf den Betrieb anderer Verbraucher an derselben Energieversorgung, sowie unter Beachtung möglicher vom Energieversorgungsunternehmen vorgeschriebener Sonderbedingungen;
- Änderung des Gegendrehmoments mit der Zeit oder Drehzahl;
- Einfluss von Belastungen mit großem Trägheitsmoment;
- Einfluss durch Betrieb mit konstantem Moment oder konstanter Leistung;
- möglicher Bedarf von induktiven Blindwiderständen zwischen Motor und Umrichter.

14.6 Schutzgeräte für mechanische Bremsen

Das Ansprechen von Überlastschutz- und Überstromschutz-Geräten für Stellglieder von mechanischen Bremsen muss zur gleichen Zeit die Abschaltung der zugeordneten Maschinen-Antriebe auslösen.

ANMERKUNG Zugeordnete Maschinen-Antriebselemente sind solche, die derselben Bewegung zuzuordnen sind, z. B. Leitungstrommeln und Fahrwerke.

15 Zubehör und Beleuchtung

15.1 Zubehör

Wo die Maschine oder ihre zugehörige Ausrüstung mit Steckdosen ausgerüstet ist, die bestimmungsgemäß für Zubehör (z. B. handgehaltene kraftbetriebene Werkzeuge, Prüfausrüstung) vorgesehen sind, gilt Folgendes:

- die Steckdosen sollten mit IEC 60309-1 übereinstimmen. Wo dies praktisch nicht durchführbar ist, sollten sie deutlich mit den Spannungs- und Strombemessungswerten gekennzeichnet sein;
- die Durchgängigkeit des Schutzleitersystems zu den Steckdosen muss sichergestellt sein, ausgenommen wo Schutz durch PELV vorgesehen ist;
- alle ungeerdeten Leiter einer Steckdose müssen gegen Überstrom und, wenn erforderlich, gegen Überlast nach 7.2 und 7.3 geschützt sein, gesondert von dem Schutz anderer Stromkreise;
- wo die Energieversorgung der Steckdose nicht durch die Netz-Trenneinrichtung der Maschine oder durch die Maschinensektion getrennt wird, gelten die Anforderungen nach 5.3.5.

ANMERKUNG 1 Siehe auch Anhang B.

ANMERKUNG 2 Stromkreise für Steckdosen können mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) ausgerüstet werden.

15.2 Arbeitsplatzbeleuchtung an Maschinen und Zubehör

15.2.1 Allgemeines

Verbindungen zum Schutzleitersystem müssen nach 8.2.2 sein.

Der EIN/AUS-Schalter darf weder in der Lampenfassung noch in der flexiblen Anschlussleitung eingebaut sein.

Stroboskopische Effekte des Lichtes müssen durch die Auswahl geeigneter Leuchten vermieden werden.

Wo eine fest installierte Beleuchtung innerhalb eines Gehäuses vorgesehen ist, sollte die elektromagnetische Verträglichkeit durch die Anwendung der in 4.4.2 beschriebenen Prinzipien berücksichtigt werden.

15.2.2 Versorgung

Die Nennspannung der örtlichen Beleuchtung darf 250 V zwischen den Leitern nicht übersteigen. Eine Spannung nicht größer als 50 V zwischen den Leitern wird empfohlen.

Lichtstromkreise müssen von einer der folgenden Stromquellen gespeist werden (siehe auch 7.2.6):

- einem eigenen Trenntransformator, angeschlossen an die Lastseite der Netz-Trenneinrichtung. Ein Überstromschutz muss im Sekundärkreis vorgesehen werden;
- einem eigenen Trenntransformator, angeschlossen an die Netzseite der Netz-Trenneinrichtung. Diese Stromquelle darf nur für Lichtstromkreise, die für Instandhaltungsarbeiten in Steuerschränken vorgesehen sind, verwendet werden. Überstromschutz muss im Sekundärkreis vorgesehen werden (siehe auch 5.3.5 und 13.1.3);
- einem Stromkreis von der Maschinenausrüstung mit eigenem Überstromschutz;
- einem Trenntransformator, angeschlossen an die Netzseite der Netz-Trenneinrichtung, ausgerüstet mit einer eigenen primärseitigen Trenneinrichtung (siehe 5.3.5) und sekundärseitigem Überstromschutz und montiert innerhalb des Steuergehäuses in der Nähe der Netz-Trenneinrichtung (siehe auch 13.1.3);
- einem extern gespeisten Lichtstromkreis (z. B. Versorgung der Werksbeleuchtung). Dies ist nur in Steuergehäusen erlaubt und als Maschinen-Arbeitsplatzbeleuchtung, wo deren gesamte Bemessungsleistung nicht größer als 3 kW ist.

Ausnahme: Wo eine fest installierte Beleuchtung beim üblichen Betrieb nicht von Bedienern zu erreichen ist, gelten die Anforderungen dieses Abschnittes nicht.

15.2.3 Schutz

Stromkreise für Arbeitsplatzbeleuchtung müssen nach 7.2.6 geschützt werden.

15.2.4 Leuchten

Verstellbare Leuchten müssen für die physikalischen Umgebungsbedingungen geeignet sein.

Die Lampenfassungen müssen:

- in Übereinstimmung mit der zutreffenden IEC-Norm sein;
- aus Isolierstoff hergestellt sein, damit Schutz gegen unbeabsichtigtes Berühren des Lampensockels gegeben ist.

Reflektoren müssen durch Befestigungen gehalten werden und nicht von der Lampenfassung.

Ausnahme: Wo eine fest installierte Beleuchtung beim üblichen Betrieb nicht von Bedienern zu erreichen ist, gelten die Anforderungen dieses Abschnittes nicht.

16 Kennzeichnung, Warnschilder und Referenzkennzeichen (Betriebsmittelkennzeichen)

16.1 Allgemeines

Warnschilder, Typenschilder, Kennzeichnungen und Bezeichnungsschilder müssen von ausreichender Dauerhaftigkeit sein, um den jeweiligen Umweltbedingungen standzuhalten.

16.2 Warnschilder

16.2.1 Gefährdung durch elektrischen Schlag

Gehäuse, bei denen nicht anderweitig klar zu erkennen ist, dass sie elektrische Betriebsmittel enthalten, die Anlass für ein Risiko durch elektrischen Schlag sein können, müssen mit dem grafischen Symbol IEC 60417-5036 (DB:2002-10) gekennzeichnet sein.



Das Warnschild muss auf der Gehäusetür oder der Abdeckung deutlich sichtbar sein.

Das Warnschild darf entfallen (siehe auch 6.2.2 b) für:

- ein Gehäuse, bestückt mit einer Netz-Trenneinrichtung;
- eine Mensch-Maschinen-Schnittstelle oder eine Bedienstation;
- ein einzelnes Gerät mit eigenem Gehäuse (z. B. Positionsfühler).

16.2.2 Gefährdung durch heiße Oberflächen

Wo die Risikobeurteilung die Notwendigkeit ergibt, vor der Möglichkeit gefährdender Oberflächentemperaturen der elektrischen Ausrüstung zu warnen, muss das grafische Symbol IEC 60417-5041 (DB:2002-10) benutzt werden.



ANMERKUNG Für elektrische Installationen wird diese Maßnahme in IEC 60364-4-42, Abschnitt 423 und Tabelle 42A behandelt.

16.3 Funktionskennzeichnung

Steuergeräte, optische Anzeigen und Anzeigefelder (insbesondere sicherheitsbezogene) müssen klar und dauerhaft bezüglich ihrer Funktionen auf oder neben den Betriebsmitteln gekennzeichnet sein. Solche Kennzeichnungen dürfen zwischen dem Betreiber und dem Lieferanten der Ausrüstung (siehe Anhang B) abgestimmt sein. Vorzug sollte der Verwendung von genormten Symbolen aus IEC 60417-DB:2002 und ISO 7000 gegeben werden.

16.4 Kennzeichnung der Ausrüstung

Ausrüstung (z. B. Schaltgerätekombinationen) muss lesbar und dauerhaft so gekennzeichnet sein, dass die Kennzeichnung nach dem Einbau leicht erkennbar ist. Ein Typenschild mit den folgenden Informationen muss am Gehäuse in der Nähe jeder Einspeisung angebracht sein:

- Name oder Firmenzeichen des Lieferanten;
- wenn erforderlich, Zulassungszeichen;
- Seriennummer, wo zutreffend;
- Bemessungsspannung, Phasenzahl und Frequenz (falls Wechselspannung), Volllaststrom für jede Einspeisung;
- Kurzschluss-Auslegung der Ausrüstung;
- Nummer der Hauptdokumentation (siehe IEC 62023).

Der Volllaststrom, der auf dem Typenschild angegeben ist, darf nicht geringer sein, als die Summe der Betriebsströme für alle Motoren und der sonstigen Ausrüstungen, die unter den üblichen Bedingungen zur selben Zeit in Betrieb sein können.

Wo nur ein einzelnes Motorsteuergerät benutzt wird, darf diese Information stattdessen auf dem Typenschild der Maschine bereitgestellt werden, wenn dieses deutlich sichtbar ist.

16.5 Referenzkennzeichen (Betriebsmittelkennzeichen)

Alle Gehäuse, Zubehörteile, Steuergeräte und Komponenten müssen deutlich mit demselben Referenzkennzeichen (Betriebsmittelkennzeichen), wie in der technischen Dokumentation dargestellt, identifizierbar sein.

17 Technische Dokumentation

17.1 Allgemeines

Die Informationen, die für das Errichten, den Betrieb und die Instandhaltung der elektrischen Ausrüstung einer Maschine erforderlich sind, müssen in geeigneten Ausführungen geliefert werden, z. B. als Zeichnungen, Schaltpläne, Schaubilder, Tabellen, Betriebsanleitungen. Die Informationen müssen in einer vereinbarten Sprache sein (siehe Anhang B). Die zur Verfügung gestellten Informationen dürfen, je nach Komplexität der gelieferten elektrischen Ausrüstung, unterschiedlich sein. Für sehr einfache Ausrüstungen darf die entsprechende Information in einem einzigen Dokument enthalten sein, vorausgesetzt, dass dieses Dokument alle Geräte der elektrischen Ausrüstung aufzeigt und es ermöglicht, die Anschlüsse an das Versorgungsnetz herzustellen.

ANMERKUNG 1 Die technische Dokumentation, die mit Teilen der elektrischen Ausrüstung bereitgestellt wird, kann Teil der Dokumentation der elektrischen Ausrüstung der Maschine bilden.

ANMERKUNG 2 In einigen Ländern ist die Anforderung (eine) bestimmte Sprache(n) zu benutzen, gesetzlich geregelt.

17.2 Erforderliche Angaben

Die mit der elektrischen Ausrüstung zur Verfügung gestellten Informationen müssen enthalten:

- a) ein Hauptdokument (Stückliste oder Liste der Dokumente);
- b) ergänzende Dokumente, die einschließen:
 - 1) eine klare, umfassende Beschreibung der Ausrüstung, der Errichtung und Montage sowie des Anschlusses an die elektrische(n) Versorgung(en);
 - 2) Anforderungen an die elektrische(n) Versorgung(en);
 - 3) wo zutreffend, Angaben zur physikalischen Umgebung (z. B. Beleuchtung, Erschütterung, atmosphärische Schadstoffe);
 - 4) wo zutreffend, Übersichts-(Block-)Schaltplan(-pläne);
 - 5) Stromlaufplan(-pläne);
 - 6) Angaben (falls zutreffend):
 - zur Programmierung, soweit notwendig für die Benutzung der Ausrüstung;
 - zum(zu) Arbeitsablauf (-abläufen);
 - zu Überprüfungsintervallen;
 - zur Häufigkeit und zu Verfahren von Funktionsprüfungen;
 - zur Anleitung zur Einstellung, Instandhaltung und Reparatur, speziell für Einrichtungen und Stromkreise mit Schutzfunktionen;
 - Liste der empfohlenen Ersatzteile und
 - Liste der mitgelieferten Werkzeuge;
 - 7) eine Beschreibung (einschließlich Verbindungspläne) der Schutzeinrichtungen, der gegeneinander verriegelten Funktionen und der Verriegelung von trennenden Schutzeinrichtungen gegen Gefährdungen, insbesondere für Maschinen, die koordiniert zusammenarbeiten;
 - 8) eine Beschreibung der technischen Schutzmaßnahmen und der vorgesehenen Mittel, wo es notwendig ist, die technischen Schutzmaßnahmen unwirksam zu machen (z. B. zum Einrichten oder zur Wartung) (siehe 9.2.4);
 - 9) Arbeitsanleitungen über die Verfahren die Maschine für die sichere Durchführung von Wartungsarbeiten zu sichern (siehe auch 17.8);
 - 10) Informationen über Handhabung, Transport und Lagerung;
 - 11) soweit anwendbar, Informationen bezüglich der Lastströme, der Spitzenströme beim Anlauf und zulässiger Spannungseinbrüche;
 - 12) Informationen über die Restrisiken auf Grund der angenommenen Schutzmaßnahmen, Hinweise ob, irgendeine spezielle Ausbildung erforderlich ist und eine Aufstellung aller notwendigen persönlichen Schutzausrüstungen.

17.3 Anforderungen an alle Unterlagen

Soweit nicht zwischen Hersteller und Betreiber anders vereinbart:

- muss die Dokumentation nach den entsprechenden Teilen von IEC 61082 sein;
- müssen die Referenzkennzeichen (Betriebsmittelkennzeichen) nach den entsprechenden Teilen von IEC 61346 sein;
- müssen die Anweisungen/Handbücher nach IEC 62079 sein;
- müssen die Stücklisten, wo bereitgestellt, nach IEC 62027, Klasse B, sein.

ANMERKUNG Siehe Punkt 13 von Anhang B.

Für Verweise auf die verschiedenen Unterlagen muss der Lieferant eine der folgenden Methoden wählen:

- wo die Dokumentation aus einer kleinen Anzahl von Unterlagen besteht (z. B. weniger als 5), muss jede der Unterlagen als Querverweis die Unterlagennummern aller anderen zur elektrischen Ausrüstung gehörenden Unterlagen enthalten oder
- ausschließlich für Einzelebenen-Hauptdokumente (siehe IEC 62023) müssen alle Unterlagen mit Unterlagennummern und Titeln in einer Zeichnungs- oder Unterlagenliste aufgelistet sein oder
- alle Unterlagen einer bestimmten Ebene der Dokumentenstruktur (siehe IEC 62023) müssen mit Unterlagennummern und Titeln in einer derselben Ebene zugehörigen Stückliste aufgelistet sein.

17.4 Unterlagen für die Errichtung

Die Unterlagen für die Errichtung müssen alle Angaben enthalten, die für die vorbereitenden Arbeiten zum Aufstellen der Maschine (einschließlich Inbetriebnahme) notwendig sind. In komplexen Fällen kann es erforderlich sein, sich für Einzelheiten auf Montagezeichnungen zu beziehen.

Die empfohlene Lage, die Art und die Querschnitte der Versorgungskabel und -leitungen, die am Aufstellungsort zu installieren sind, müssen eindeutig angegeben werden.

Die erforderlichen Daten zur Auswahl von Art, Kennwerten, Bemessungsströmen und Einstellung der Überstrom-Schutzeinrichtung(en) für die Versorgungsleiter zu der elektrischen Ausrüstung der Maschine müssen angegeben werden (siehe 7.2.2).

Wo erforderlich, müssen Größe, Zweck und Anordnung aller Leitungskanäle im Fundament, die vom Betreiber bereit zu stellen sind, angegeben werden (siehe Anhang B).

Die Größe, Art und der Zweck von Leitungskanälen, Kabelwannen oder Kabelträgern zwischen der Maschine und der zugehörigen Ausrüstung, die vom Betreiber bereit zu stellen sind, müssen genau vorgegeben werden (siehe Anhang B).

Wo notwendig, muss die Zeichnung angeben, wo Platz für den Abbau oder die Instandhaltung der elektrischen Ausrüstung erforderlich ist.

ANMERKUNG 1 Beispiele von Installationsplänen sind in IEC 61082-4 enthalten.

Zusätzlich muss, wo es zweckmäßig ist, ein Verbindungsplan oder eine -tabelle bereitgestellt werden. Dieser Plan oder diese Tabelle muss vollständige Angaben zu allen externen Verbindungen enthalten. Wo die elektrische Ausrüstung bestimmungsgemäß an mehr als einer elektrischen Versorgung betrieben wird, muss der Verbindungsplan oder die -tabelle die erforderlichen Änderungen oder Verbindungen aufzeigen, die zur Nutzung jeder Versorgung erforderlich sind.

ANMERKUNG 2 Beispiele für Verbindungspläne/-tabellen sind in IEC 61082-3 enthalten.

17.5 Übersichtspläne und Funktionspläne

Wo es notwendig ist, das Verständnis für die Arbeitsprinzipien zu erleichtern, muss ein Übersichtsplan bereitgestellt werden. Ein Übersichtsplan stellt die elektrische Ausrüstung zusammen mit ihren funktionalen Zusammenhängen symbolisch dar, ohne notwendigerweise alle Verbindungen zu zeigen.

ANMERKUNG 1 Beispiele für Übersichtspläne sind in der Reihe IEC 61082 enthalten.

Funktionspläne dürfen als Teil oder als Zusatz des Übersichtsplanes bereitgestellt werden.

ANMERKUNG 2 Beispiele für Funktionspläne sind in IEC 61082-2 enthalten.

17.6 Stromlaufpläne

Ein(mehrere) Stromlaufplan(-pläne) muss(müssen) bereitgestellt werden. Diese(r) Plan(Pläne) muss(müssen) die elektrischen Stromkreise der Maschine und deren dazugehörige elektrische Ausrüstung

zeigen. Jedes grafische Symbol, das nicht in IEC 60617-DB:2001 enthalten ist, muss einzeln aufgeführt und in den Schaltplänen oder in ergänzenden Unterlagen beschrieben werden. Die Symbole und Kennzeichen für Komponenten und Geräte müssen in allen Unterlagen und an der Maschine übereinstimmen.

Wo es angebracht ist, muss ein Plan vorgesehen werden, der die Klemmen für Schnittstellen-Verbindungen zeigt. Zur Vereinfachung darf dieser Plan in Verbindung mit dem(n) Stromlaufplan(-plänen) verwendet werden. Der Plan sollte einen Hinweis auf den ausführlicheren Stromlaufplan jeder im Plan gezeigten Einheit enthalten.

Schaltersymbole müssen in elektromechanischen Schaltplänen mit allen Versorgungseinrichtungen (z. B. Elektrizität, Luft, Wasser, Schmiermittel) im ausgeschalteten Zustand dargestellt werden und mit der Maschine und deren elektrischer Ausrüstung in normaler Startbereitschaft.

Leiter müssen nach 13.2 identifiziert werden.

Stromkreise müssen so dargestellt werden, dass sie das Verständnis ihrer Funktion sowie Instandhaltung und Fehlersuche erleichtern. Kennwerte, die sich auf die Funktion der Steuergeräte und Komponenten beziehen, die aber nicht durch ihre symbolische Darstellung erkennbar sind, müssen auf den Plänen in der Nähe des Symbols oder in einer Fußnote eingetragen werden.

17.7 Betriebshandbuch

Die technische Dokumentation muss ein Betriebshandbuch enthalten, das geeignete Verfahren zur Errichtung und zum Gebrauch der elektrischen Ausrüstung angibt. Besondere Beachtung sollte den vorgesehenen Sicherheitsmaßnahmen geschenkt werden.

Wo der Betrieb der Ausrüstung programmiert werden kann, müssen detaillierte Angaben zu den Programmiermethoden, zur erforderlichen Ausrüstung, zur Programmüberprüfung und (falls erforderlich) zu zusätzlichen Sicherheitsverfahren bereitgestellt werden.

17.8 Handbuch für Instandhaltung

Die technische Dokumentation muss ein Handbuch für die Instandhaltung enthalten, die geeignete Verfahren zur Einstellung, zur Wartung und vorbeugenden Inspektion sowie zur Reparatur ausführlich beschreibt. Empfehlungen für Wartungs-/Instandhaltungsintervalle sowie Protokolle sollten Bestandteil dieser Anleitung sein. Sind Methoden zur Überprüfung des ordnungsgemäßen Betriebes vorgesehen (z. B. Software-Testprogramme), muss deren Anwendung erläutert werden.

17.9 Stückliste

Die Stückliste, soweit bereitgestellt, muss wenigstens die notwendigen Angaben zur Bestellung von Ersatz- oder Austauschteilen enthalten (z. B. Komponenten, Geräte, Software, Prüfausrüstung, technische Dokumentation), die für vorbeugende oder korrigierende Instandhaltung benötigt werden, einschließlich solcher, die empfohlen werden, durch den Betreiber der Ausrüstung im Lager vorrätig zu halten.

18 Prüfungen

18.1 Allgemeines

Dieser Teil von IEC 60204 enthält allgemeine Anforderungen für die elektrische Ausrüstung von Maschinen.

Der Umfang der Prüfungen für eine bestimmte Maschine wird in den zugeordneten Produktnormen angegeben. Wo keine der Maschine zugeordnete Produktnorm existiert, müssen die Prüfungen immer die Punkte a), b) und f) beinhalten und können einen oder mehrere der Punkte c) bis e) mit einschließen:

- a) Überprüfung, dass die elektrische Ausrüstung mit ihrer technischen Dokumentation übereinstimmt;
- b) Falls zum Schutz bei indirektem Berühren der Schutz durch automatische Abschaltung angewendet wird, müssen die Bedingungen für den Schutz durch automatische Abschaltung nach 18.2 überprüft werden;

- c) Isolationswiderstandsprüfung (siehe 18.3);
- d) Spannungsprüfung (siehe 18.4);
- e) Schutz gegen Restspannung (siehe 18.5);
- f) Funktionsprüfungen (siehe 18.6).

Wenn diese Prüfungen durchgeführt werden, wird empfohlen, dass die oben gelisteten Reihenfolge eingehalten wird.

Wenn die elektrische Ausrüstung geändert wurde, gelten die Anforderungen nach 18.7.

Für Prüfungen nach 18.2 und 18.3 sind Messausrüstungen nach der Reihe EN 61557 anwendbar.

ANMERKUNG Für andere Prüfungen (soweit nach dieser Norm gefordert) sollte eine Messausrüstung nach den zutreffenden IEC- oder Europäischen Normen verwendet werden.

Die Prüfergebnisse müssen dokumentiert werden.

18.2 Überprüfung der Bedingungen zum Schutz durch automatische Abschaltung der Versorgung

18.2.1 Allgemeines

Die Voraussetzungen für die automatische Abschaltung der Versorgung (siehe 6.3.3) müssen durch Prüfungen nachgewiesen werden.

Für TN-Systeme sind diese Prüfmethode in 18.2.2 beschrieben; ihre Anwendung bei unterschiedlichen Verhältnissen in der Energieversorgung ist in 18.2.3 festgelegt.

Für TT- und IT-Systeme siehe IEC 60364-6-61.

18.2.2 Prüfmethode in TN-Systemen

Prüfung 1 überprüft die Durchgängigkeit des Schutzleitersystems. Prüfung 2 überprüft die Voraussetzungen für den Schutz durch automatische Abschaltung der Versorgung.

Prüfung 1 – Überprüfung der Durchgängigkeit des Schutzleitersystems

Der Widerstand jedes Schutzleitersystems zwischen der PE-Klemme (siehe 5.2 und Bild 3)^{N3)} und relevanten Punkten, die Teil jedes Schutzleitersystems sind, muss mit einem Strom zwischen mindestens 0,2 A und ungefähr 10 A gemessen werden. Dieser Strom ist einer elektrisch getrennten Versorgung (z. B. SELV, siehe IEC 60364-4-41, 413.1) mit einer maximalen Leerlaufspannung von AC 24 V oder DC 24 V zu entnehmen. Es wird empfohlen, keine PELV-Versorgung zu verwenden, da solche Versorgungen bei dieser Prüfung irreführende Ergebnisse verursachen können. Der gemessene Widerstand muss in dem Bereich liegen, der entsprechend der Länge, dem Querschnitt und dem Material des entsprechenden Schutzleiters bzw. der Schutzleiter zu erwarten ist.

ANMERKUNG 1 Werden größere Ströme für die Durchgängigkeitsprüfung benutzt, erhöht dies die Genauigkeit der Prüfergebnisse, insbesondere bei niedrigen Widerstandswerten, d. h. bei größeren Querschnitten und/oder kürzeren Leiterlängen.

Prüfung 2 – Überprüfung der Impedanz der Fehlerschleife und der Eignung der zugeordneten Überstrom-Schutzeinrichtung

Die Anschlüsse der Energieversorgung und des ankommenden externen Schutzleiters an die PE-Klemme der Maschine müssen durch Sichtprüfung kontrolliert werden.

^{N3)} Nach Ansicht des Deutschen Nationalen Komitees muss es „Bild 2“ heißen.

Die Voraussetzungen für den Schutz durch automatische Abschaltung der Versorgung nach 6.3.3 und Anhang A müssen durch beides überprüft werden:

- 1) Überprüfung der Impedanz der Fehlerschleife durch:
 - Rechnung oder
 - Messung nach A.4 und
- 2) Bestätigung, dass die Einstellung und die Kennwerte der zugeordneten Überstrom-Schutzeinrichtung in Übereinstimmung mit den Anforderungen von Anhang A sind.

ANMERKUNG 2 Eine Messung der Impedanz der Fehlerschleife kann bei Stromkreisen ausgeführt werden, wo die Bedingungen für den Schutz durch automatische Abschaltung einen Strom I_a bis zu 1 kA erfordern (I_a ist der Strom, der die automatische Auslösung der Abschalteinrichtung innerhalb der in Anhang A spezifizierten Zeit verursacht).

18.2.3 Anwendung der Prüfmethoden in TN-Systemen

Prüfung 1 von 18.2.2 muss für jedes Schutzleitersystem einer Maschine durchgeführt werden.

Wenn die Prüfung 2 von 18.2.2 durch Messung erfolgt, muss ihr immer die Prüfung 1 vorausgehen.

ANMERKUNG Eine Unterbrechung im Schutzleitersystem kann während der Schleifenimpedanz-Messung für den Prüfer oder andere Personen eine gefährbringende Situation oder Schäden in der elektrischen Ausrüstung verursachen.

Die Prüfungen, die für Maschinen mit einem unterschiedlichen Ausführungsstand notwendigen sind, sind in Tabelle 9 festgelegt. Tabelle 10 kann benutzt werden, um den Ausführungsstand einer Maschine zu ermitteln.

Tabelle 9 – Anwendung der Prüfungen in TN-Systemen

Verfahren	Ausführungsstand der Maschine	Prüfungen auf der Baustelle
A	Die elektrische Ausrüstung der Maschinen wurde am Aufstellungsort errichtet und angeschlossen. Die Durchgängigkeit der Schutzleitersysteme wurde nach der Errichtung und dem Anschluss am Aufstellungsort noch nicht bestätigt.	<p>Prüfung 1 und Prüfung 2 (siehe 18.2.2)</p> <p>Ausnahme: Falls vorausgegangene Berechnungen der Fehlerschleifen-Impedanz oder des Widerstandes durch den Hersteller zur Verfügung stehen und wo</p> <ul style="list-style-type: none"> – die Anordnung der Installationen die Überprüfung der für die Berechnung verwendeten Längen und Querschnitte der Leiter erlaubt und – bestätigt werden kann, dass die Impedanz des speisenden Netzes am Aufstellungsort kleiner oder gleich dem Wert der Versorgung ist den der Hersteller für die Berechnung angenommen hat. <p>Prüfung 1 (siehe 18.2.2) der am Aufstellungsort angeschlossenen Schutzleitersysteme sowie Sichtprüfung der Anschlüsse der Energieversorgung und des ankommenden externen Schutzleiters auf die PE-Klemme der Maschine ist ausreichend.</p>
B	<p>Maschine, geliefert mit einer bestätigten Prüfung (siehe 18.1) der Durchgängigkeit der Schutzleitersysteme durch Prüfung 1 oder Prüfung 2 durch Messung, mit Schutzleitersystemen, deren Kabel-/Leitungslängen die Beispiele aus Tabelle 10 überschreiten:</p> <p>Fall B1): Vollständig zusammen gebaut geliefert und für den Transport nicht zerlegt,</p> <p>Fall B2): Geliefert, in einem für den Transport zerlegten Zustand, wo die Durchgängigkeit der Schutzleiter nach Zerlegung, Transport und wieder Zusammenbau sichergestellt ist (z. B. durch die Verwendung steckbarer Verbindungen).</p>	<p>Prüfung 2 (siehe 18.2.2)</p> <p>Ausnahme:</p> <p>Wo bestätigt werden kann, dass die Impedanz der Netzversorgung am Aufstellungsort kleiner oder gleich ist als die, die der Berechnung zugrunde lag oder die bei der Prüfung 2 durch Messung verwendet wurde, wird keine Prüfung am Aufstellungsort gefordert, abgesehen von der Überprüfung der Anschlüsse:</p> <ul style="list-style-type: none"> – im Fall B1) der Energieversorgung und des ankommenden externen Schutzleiters auf die PE-Klemme der Maschine; – im Fall B2) der Energieversorgung und des ankommenden externen Schutzleiters auf die PE-Klemme der Maschine und von allen Verbindungen der(s) Schutzleiter(s), die für den Transport aufgetrennt wurden.
C	<p>Maschine mit Schutzleitersystemen deren Kabel-/Leitungslängen die Beispiele aus Tabelle 10 nicht überschreiten, geliefert mit einer bestätigten Prüfung (siehe 18.1) der Durchgängigkeit der Schutzleitersysteme durch Prüfung 1 oder Prüfung 2 durch Messung (siehe 18.2.2).</p> <p>Fall C1): Vollständig zusammen gebaut geliefert und nicht für den Transport wieder zerlegt,</p> <p>Fall C2): Geliefert im für den Transport zerlegten Zustand, wo die Durchgängigkeit der Schutzleiter nach Zerlegung, Transport und wieder Zusammenbau sichergestellt ist (z. B. durch die Verwendung steckbarer Verbindungen).</p>	<p>Am Aufstellungsort ist keine Prüfung erforderlich. Für eine Maschine, die nicht über eine Stecker/Steckdosen-Kombination an die Netzversorgung angeschlossen wird, muss der ordnungsgemäße Anschluss des ankommenden externen Schutzleiters auf die PE-Klemme der Maschine durch Sichtprüfung festgestellt werden.</p> <p>Im Fall C2) müssen die Unterlagen für die Errichtung (siehe 17.4) fordern, dass alle Verbindungen der(s) Schutzleiter(s), die für den Transport aufgetrennt wurden, überprüft werden, z. B. durch Sichtprüfung.</p>

Tabelle 10 – Beispiele für die maximale Kabel-/Leitungslänge von jedem Schutzgerät bis zu seiner Last

1 Impedanz der Einspeisung vor jedem Schutzgerät	2 Querschnitt der Leiter	3 Bemessungs- wert oder Einstellung des Schutzgerätes I_N	4 Sicherung Abschaltzeit 5 s	5 Sicherung Abschaltzeit 0,4 s	6 Leitungs- schutzschalter- Charakteristik B^4 $I_a = 5 \times I_N$ Abschaltzeit 0,1 s	7 Leitungs- schutzschalter- Charakteristik C^5 $I_a = 10 \times I_N$ Abschaltzeit 0,1 s	8 Einstellbarer Leistungs- schalter $I_a = 8 \times I_N$ Abschaltzeit 0,1 s
mΩ	mm ²	A	maximale Kabel-/Leitungslänge in m von jedem Schutzgerät bis zu seiner Last				
500	1,5	16	97	53	76	30	28
500	2,5	20	115	57	94	34	36
500	4,0	25	135	66	114	35	38
400	6,0	32	145	59	133	40	42
300	10	50	125	41	132	33	37
200	16	63	175	73	179	55	61
200	25 (Außenleiter) 16 (PE)	80	133				38
100	35 (Außenleiter) 16 (PE)	100	136				73
100	50 (Außenleiter) 25 (PE)	125	141				66
100	70 (Außenleiter) 35 (PE)	160	138				46
50	95 (Außenleiter) 50 (PE)	200	152				98
50	120 (Außenleiter) 70 (PE)	250	157				79

Die Werte der maximalen Kabel-/Leitungslängen in Tabelle 10 basieren auf den folgenden Annahmen:

- PVC Kabel-/Leitungen mit Kupferleitern, Leitertemperatur im Kurzschlussfall 160° C (siehe Tabelle D.5);
- Kabel-/Leitungen mit Außenleiterquerschnitten bis 16 mm² sind mit einem Schutzleiter desselben Querschnittes wie die Außenleiter versehen;
- Kabel-/Leitungen mit Außenleiterquerschnitten über 16 mm² sind mit einem Schutzleiter mit reduziertem Querschnitt versehen, wie in der Tabelle gezeigt;
- Drehstromsystem, Nennspannung der Energieversorgung 400 V;
- maximale Impedanz der Energieversorgung vor jedem Schutzgerät nach Spalte 1;
- die Werte der Spalte 3 korrelieren mit Tabelle 6 (siehe 12.4).

Eine Abweichung von diesen Annahmen kann eine vollständige Berechnung oder Messung der Fehlerschleifen-Impedanz erforderlich machen. Weitere Informationen stehen in IEC 60228 und IEC 61200-53 zur Verfügung.

⁴ In Übereinstimmung mit der Reihe IEC 60898.

⁵ In Übereinstimmung mit der Reihe IEC 60898.

18.3 Isolationswiderstandsprüfungen

Wenn Isolationswiderstandsprüfungen durchgeführt werden, darf der Isolationswiderstand, gemessen mit 500 V Gleichspannung zwischen den Leitern der Hauptstromkreise und dem Schutzleitersystem, nicht kleiner als 1 M Ω sein. Die Prüfung darf an einzelnen Abschnitten der gesamten Anlage durchgeführt werden.

Ausnahme: Für bestimmte Teile der elektrischen Ausrüstung, wie z. B. Sammelschienen, Schleifleitungssysteme oder Schleifringkörper, ist ein niedrigerer Wert erlaubt, jedoch darf dieser Wert nicht kleiner als 50 k Ω sein.

Falls die elektrische Ausrüstung der Maschine Geräte für den Überspannungsschutz enthält, die während der Prüfung voraussichtlich ansprechen, ist es erlaubt, entweder:

- diese Geräte abzuklemmen oder
- die Prüfspannung auf einen Wert zu reduzieren, der niedriger als das Schutzniveau des Überspannungsschutzes ist, aber nicht niedriger als der Spitzenwert des oberen Grenzwertes der Versorgungsspannung (Phase gegen Neutralleiter).

18.4 Spannungsprüfungen

Wenn Spannungsprüfungen durchgeführt werden, sollte eine Prüfeinrichtung nach IEC 61180-2 benutzt werden.

Die Nennfrequenz der Prüfspannung muss 50 Hz oder 60 Hz sein.

Die maximale Prüfspannung muss entweder dem zweifachen Wert der Bemessungsspannung für die Energieversorgung der Ausrüstung entsprechen oder 1 000 V sein, je nachdem, welcher Wert der Größere ist. Die maximale Prüfspannung muss zwischen den Leitern der Hauptstromkreise und dem Schutzleitersystem für eine Zeit von ungefähr 1 s angelegt werden. Die Anforderungen sind erfüllt, wenn kein Lichtbogendurchschlag erfolgt.

Baugruppen und Geräte, die nicht dafür bemessen sind dieser Prüfspannung standzuhalten, müssen vor der Prüfung abgetrennt werden.

Baugruppen und Geräte die nach ihren Produktnormen spannungsgeprüft wurden, dürfen während der Prüfung abgetrennt werden.

18.5 Schutz gegen Restspannungen

Wo zweckmäßig, müssen Prüfungen durchgeführt werden, um die Übereinstimmung mit 6.2.4 sicherzustellen.

18.6 Funktionsprüfungen

Die Funktionen der elektrischen Ausrüstung müssen geprüft werden.

Die Funktion von Stromkreisen für die elektrische Sicherheit müssen geprüft werden (z. B. Erdschlussüberwachung).

18.7 Nachprüfungen

Wenn ein Teil der Maschine und ihrer zugehörigen Ausrüstung ausgewechselt oder geändert wird, muss dieser Teil, soweit es durchführbar ist, erneut überprüft und geprüft werden (siehe 18.1).

Besondere Aufmerksamkeit sollte den möglichen nachteiligen Auswirkungen gegeben werden, die Nachprüfungen auf die Ausrüstung haben können (z. B. Überbeanspruchung der Isolierung, abklemmen/wieder an-klemmen von Geräten).

Anhang A (normativ)

Schutz bei indirektem Berühren in TN-Systemen

(Abgeleitet von IEC 60364-4-41:2001 und IEC 60364-6-61:2001)

A.1 Allgemeines

Schutz bei indirektem Berühren muss durch eine Überstromschutzeinrichtung vorgesehen werden. Diese muss im Fehlerfall zwischen einem aktiven Teil und einem Körper oder einem Schutzleiter in dem Stromkreis oder einer Ausrüstung, automatisch die Versorgung zu dem Stromkreis oder der Ausrüstung innerhalb einer ausreichend kurzen Zeit abschalten. Eine Abschaltzeit, die 5 s nicht überschreitet, wird für Maschinen als ausreichend kurz angesehen.

Ausnahme: Wo diese Abschaltzeit nicht sichergestellt werden kann, müssen ergänzende Maßnahmen vorgesehen werden (z. B. zusätzlicher Schutz-Potentialausgleich), die eine voraussichtliche Berührungsspannung von mehr als AC 50 V oder DC 120 V ohne Wechselanteil, zwischen gleichzeitig erreichbaren leitfähigen Teilen verhindern. Siehe A.3.

Für Stromkreise, welche über Steckdosen oder direkt ohne Steckdosen, handgehaltene Klasse-I-Betriebsmittel oder tragbare Ausrüstung versorgen (z. B. Steckdosen für Zubehör an einer Maschine, siehe 15.1), legt Tabelle A.1 die maximalen Abschaltzeiten fest, die als ausreichend kurz angesehen werden.

Tabelle A.1 – Maximale Abschaltzeiten in TN-Systemen

U_0^a V	Abschaltzeit s
120	0,8
230	0,4
277	0,4
400	0,2
> 400	0,1
^a U_0 ist der Effektivwert der Nenn-Wechselspannung gegen Erde. ANMERKUNG 1 Für Spannungen, die innerhalb des in IEC 60038 angegebenen Toleranzbandes sind, gilt die Abschaltzeit, die der Nennspannung entspricht. ANMERKUNG 2 Für Zwischenwerte der Spannung muss der nächst höhere Wert der obigen Tabelle benutzt werden.	

A.2 Voraussetzungen für den Schutz durch automatische Abschaltung der Energieversorgung mit Überstrom-Schutzeinrichtungen

Die Kennwerte der Überstrom-Schutzeinrichtungen und die Impedanzen der Stromkreise müssen so sein, dass, falls ein Fehler vernachlässigbarer Impedanz irgendwo in der elektrischen Ausrüstung zwischen einem Außenleiter und einem Schutzleiter oder Körper auftritt, eine automatische Abschaltung der Versorgung innerhalb der festgelegten Zeit erfolgt (d. h. $\leq 5s$ oder \leq den Werten nach Tabelle A.1). Die folgende Bedingung erfüllt diese Anforderung:

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$

Hierbei ist:

- Z_s die Impedanz der Fehlerschleife, einschließlich der Stromquelle, des aktiven Leiters bis zu der Fehlerstelle und des Schutzleiters zwischen der Fehlerstelle und der Stromquelle;
- I_a der Strom, der die automatische Abschaltung der Schutzeinrichtung innerhalb der festgelegten Zeit bewirkt;
- U_0 die Nenn-Wechselspannung gegen Erde.

Die Widerstandserhöhung der Leiter mit der Erhöhung der Temperatur durch den Fehlerstrom muss berücksichtigt werden (siehe A.4.3).

ANMERKUNG Informationen für die Berechnung von Kurzschluss-Strömen können z. B. der Reihe IEC 60909 entnommen werden oder sind von den Lieferanten der Kurzschluss-Schutzeinrichtungen erhältlich.

A.3 Voraussetzung für den Schutz durch Reduzierung der Berührungsspannung unter 50V

Wo die Anforderungen von A.2 nicht sichergestellt werden können und der zusätzliche Schutz-Potentialausgleich als Mittel gewählt wird, um den Schutz gegen gefährbringende Berührungsspannungen sicherzustellen, ist die Voraussetzung für diesen Schutz, dass die Berührungsspannung unter 50 V reduziert wird. Dies wird erreicht, wenn die Impedanz des Schutzleiterkreises (Z_{PE}) nicht größer ist als:

$$Z_{PE} \leq \frac{50}{U_0} \times Z_s$$

Hierbei ist Z_{PE} die Impedanz des Schutzleitersystems zwischen der Ausrüstung, irgendwo in der Installation und der PE-Klemme der Maschine (siehe 5.2 und Bild 2) oder zwischen gleichzeitig erreichbaren Körpern und/oder fremden leitfähigen Teilen.

Eine Bestätigung dieser Voraussetzung kann durch Anwendung der Prüfmethode 1 von 18.2.2 zur Messung des Widerstandes R_{PE} erreicht werden. Die Voraussetzung für den Schutz ist erreicht, wenn der Messwert von R_{PE} nicht größer ist als:

$$R_{PE} \leq \frac{50}{I_{a(5\text{ s})}}$$

Hierbei ist:

- $I_{a(5\text{ s})}$ der Strom, der das Schutzgerät innerhalb von 5 s abschaltet;
- R_{PE} der Widerstand des Schutzleitersystems zwischen der PE-Klemme (siehe 5.2 und Bild 2) und der Ausrüstung, irgendwo auf der Maschine oder zwischen gleichzeitig erreichbaren Körpern und/oder fremden leitfähigen Teilen.

ANMERKUNG 1 Der zusätzliche Schutz-Potentialausgleich wird als eine Ergänzung zum Schutz bei indirektem Berühren erachtet.

ANMERKUNG 2 Der zusätzliche Schutz-Potentialausgleich darf die vollständige Installation, einen Teil der Installation, ein einzelnes Gerät oder einen Raum umfassen.

A.4 Überprüfung der Voraussetzungen für den Schutz durch automatische Abschaltung der Versorgung

A.4.1 Allgemeines

Die Wirksamkeit der Maßnahmen zum Schutz bei indirektem Berühren durch automatische Abschaltung der Versorgung nach A.2 wird wie folgt überprüft:

- Überprüfung der Kennwerte des zugeordneten Schutzgerätes durch Sichtprüfung: bei Leistungsschaltern die Nennstromeinstellung, bei Sicherungen den Bemessungsstrom und
- Messung der Fehlerschleifenimpedanz (Z_s).

Ausnahme: Wo die Berechnung der Fehlerschleifenimpedanz oder des Schutzleiter-Widerstandes zur Verfügung steht und wenn die Anordnung der Installation die Überprüfung der Länge und des Querschnittes der Leiter erlaubt, darf die Überprüfung der Durchgängigkeit des Schutzleiters die Messung ersetzen.

A.4.2 Messung der Fehlerschleifenimpedanz

Die Messung der Fehlerschleifenimpedanz muss mit einer Messausrüstung nach IEC 61557-3 durchgeführt werden. Die Information in der Dokumentation der Messausrüstung über die Genauigkeit der Messergebnisse und des anzuwendenden Messverfahrens muss berücksichtigt werden.

Für die Durchführung der Messung muss die Maschine an eine Versorgung mit denselben Netzdaten wie die Nenndaten der Versorgung in der bestimmungsgemäßen Installation angeschlossen werden.

ANMERKUNG Bild A.1 illustriert eine typische Messanordnung für die Messung der Fehlerschleifenimpedanz an einer Maschine. Falls es nicht durchführbar ist, dass der Motor während der Prüfung angeschlossen ist, können die zwei bei der Prüfung nicht benutzten Außenleiter geöffnet werden, z. B. durch Herausnehmen der Sicherungen.

Der Messwert der Fehlerschleifenimpedanz muss A.2 entsprechen.

A.4.3 Berücksichtigung der Differenz zwischen dem gemessenen Wert der Leiterwiderstände und dem tatsächlichen Wert unter Fehlerbedingungen

ANMERKUNG Weil die Messungen bei Umgebungstemperatur und mit kleinen Strömen gemacht werden, ist es notwendig die Erhöhung des Leiterwiderstandes mit der Temperaturerhöhung unter Fehlerbedingungen zu berücksichtigen, um die Übereinstimmung der Messwerte der Fehlerschleifenimpedanz mit den Anforderungen von A.2 nachzuweisen.

Die Erhöhung des Leiterwiderstandes mit der Temperaturerhöhung durch den Fehlerstrom wird durch folgende Gleichung berücksichtigt:

$$Z_s(m) \leq \frac{2}{3} \times \frac{U_0}{I_a}$$

Hierbei ist $Z_s(m)$ der gemessene Wert von Z_s .

Wo der Messwert der Fehlerschleifenimpedanz $\frac{2}{3} U_n / I_a^{N4)}$ überschreitet, kann eine genauere Bewertung nach dem in IEC 60364-6-61, E.612.6.3 beschriebenen Verfahren gemacht werden.

^{N4)} Nach Ansicht des Deutschen Nationalen Komitees muss es U_0 statt U_n lauten.

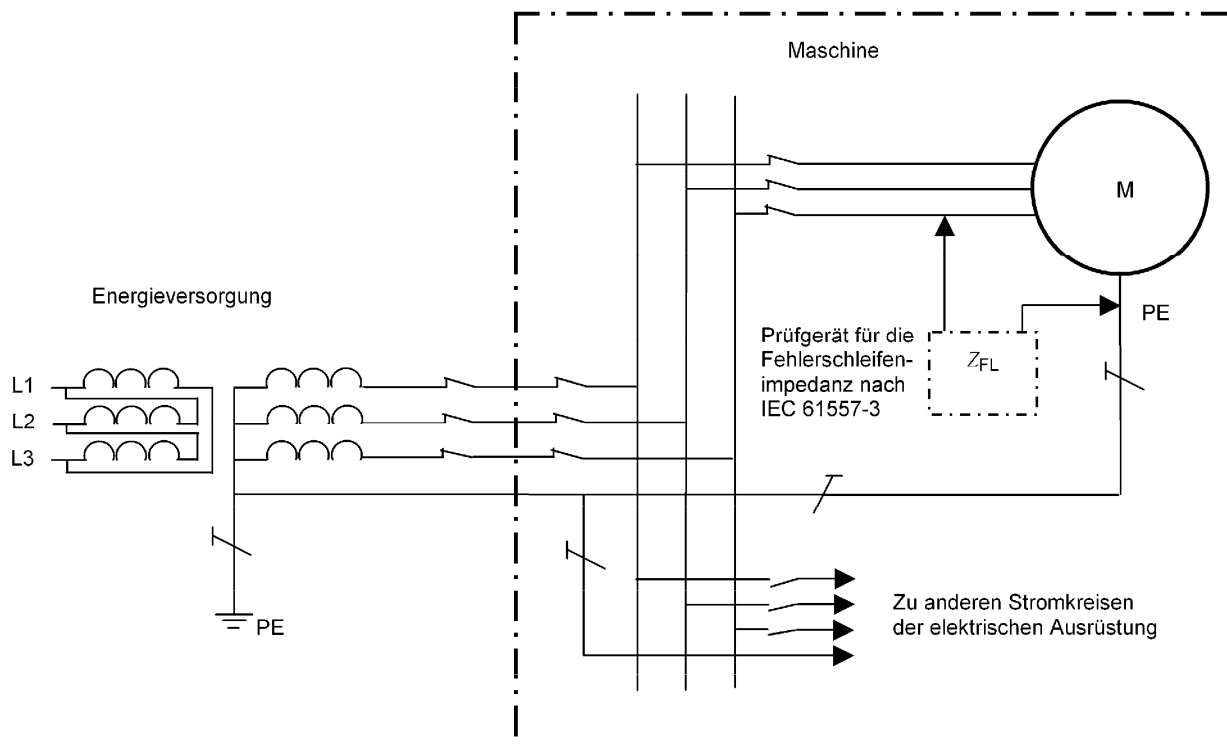


Bild A.1 – Typische Anordnung für die Messung einer Fehlerschleifenimpedanz

Anhang B (informativ)

Fragebogen für die elektrische Ausrüstung von Maschinen

Es wird empfohlen, dass die folgenden Informationen vom vorgesehenen Betreiber der Ausrüstung bereitgestellt werden. Sie können eine Abstimmung zwischen Betreiber und Lieferanten über grundlegende Voraussetzungen und zusätzliche Anforderungen des Betreibers erleichtern, um eine passende Auslegung, Anwendung und Nutzung der elektrischen Ausrüstung der Maschine zu ermöglichen (siehe 4.1).

Name des Herstellers/Lieferanten			
Name des Endnutzers			
Angebots-/Auftrags-Nummer		Datum	
Typ der Maschine		Seriennummer	
1. Besondere Bedingungen (siehe Abschnitt 1)			
a) Soll die Maschine im Freien betrieben werden?	Ja		Nein
b) Wird die Maschine explosionsgefährdetes oder feuergefährdetes Material benutzen oder verarbeiten?	Ja/Nein		Falls ja, Spezifikation
c) Ist die Maschine für den Gebrauch in potenziell explosionsgefährdeter oder feuergefährdeter Atmosphäre bestimmt?	Ja/Nein		Falls ja, Spezifikation
d) Können von der Maschine besondere Gefährdungen ausgehen, wenn bestimmte Materialien produziert oder verwendet werden?	Ja/Nein		Falls ja, Spezifikation
e) Ist die Maschine für die Benutzung im Bergbau bestimmt?	Ja		Nein
2. Elektrische Versorgungen und zugehörige Bedingungen (siehe Abschnitt 4.3)			
a) Erwartete Spannungsänderungen (falls mehr als $\pm 10\%$)			
b) Erwartete Frequenzänderungen (falls mehr als $\pm 2\%$)	Dauernd		Kurzzeitig
c) Angabe von zukünftig möglichen Änderungen der elektrischen Ausrüstung, die eine Erweiterung der Anforderungen an die Energieversorgung erfordern			
d) Spezifizierung der Spannungsunterbrechungen der Versorgung, falls diese länger sind als in Abschnitt 4 spezifiziert und wo die elektrische Ausrüstung unter diesen Bedingungen den Betrieb aufrechterhalten muss			
3. Physikalische Umgebungs- und Betriebsbedingungen (siehe Abschnitt 4.4)			
a) Elektromagnetische Umgebung (siehe 4.4.2)	Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereich oder Kleinbetrieb		Industriebereich
Besondere Voraussetzungen oder Anforderungen			
b) Bereich der Umgebungstemperatur			
c) Bereich der Luftfeuchtigkeit			
d) Aufstellungshöhe			
e) Besondere Umweltbedingungen (z. B. korrosive Atmosphäre, Staub, nasse Umgebung)			
f) Strahlung			
g) Vibration, Schock			

h) Besondere Installations- oder Betriebsbedingungen (z. B. flammhemmende Kabel, Leitungen und Leiter)				
i) Transport und Lagerung (z. B. Temperaturen außerhalb des in 4.5 spezifizierten Bereiches)				
4. Elektrische Einspeisung				
Spezifizierung für jede Einspeisung:				
a) Nennspannung (V)	AC		DC	
	Falls AC, Zahl der Phasen		Frequenz	
Erwarteter Kurzschluss-Strom am Einspeisepunkt der Maschine (Effektivwert in kA) (siehe auch Punkt 2)				
b) Art der Erdung der Energieversorgung (siehe IEC 60364-1)	TN (Netz mit einem direkt geerdeten Punkt, mit einem Schutzleiter (PE), direkt verbunden mit diesem Punkt); Angabe, ob der geerdete Punkt der neutrale Punkt (Mittelpunkt des Sterns) oder ein anderer Punkt ist		TT (Netz mit einem direkt geerdeten Punkt, jedoch ist der Schutzleiter (PE) der Maschine nicht an diesem Erdungspunkt des Systems angeschlossen)	
	IT (Netz, welches nicht direkt geerdet ist)			
c) Soll die elektrische Ausrüstung an einen Neutraleiter (N) angeschlossen werden? (siehe 5.1)	Ja		Nein	
d) Netz-Trenneinrichtung				
Ist die Trennung des Neutraleiters (N) erforderlich?	Ja		Nein	
Ist eine entfernbare Verbindung zum Trennen des Neutraleiters (N) erforderlich?	Ja		Nein	
Typ der bereitzustellenden Netz-Trenneinrichtung				
5. Schutz gegen elektrischen Schlag (siehe Abschnitt 6)				
a) Für welchen Personenkreis ist der Zugang zum Inneren von Gehäusen während des normalen Betriebes der Ausrüstung erforderlich?	Elektrofachkräfte		Elektrotechnisch unterwiesene Personen	
b) Sind Schlösser mit abziehbaren Schlüsseln bereitzustellen, um Türen oder Abdeckungen zu sichern? (siehe 6.2.2)	Ja		Nein	
6. Schutz der Ausrüstung (siehe Abschnitt 7)				
a) Wird der Betreiber oder der Lieferant den Überstromschutz der Einspeiseleiter vorsehen? (siehe 7.2.2)				
Typ und Bemessung des Überstromschutzgerätes				
b) Größter Drehstrommotor (kW), der direkt eingeschaltet werden darf				
c) Darf die Zahl der Überlast-Erfassungsgeräte für Motoren reduziert werden? (siehe 7.3)	Ja		Nein	
7. Betrieb				
Bei kabellosen Steuerungssystemen: Spezifizierung der Zeitverzögerung nach der beim Fehlen eines gültigen Signals eine automatische Abschaltung der Maschine eingeleitet wird				

8. Bedienerchnittstelle und an der Maschine angebrachte Steuergeräte (siehe Abschnitt 10)				
Besondere Vorgaben für Farben (z. B. um sich bereits bestehenden Maschinen anzupassen):	Start		Stopp	
	Andere			
9. Schaltgeräte				
Schutzgrad von Gehäusen (siehe 11.3) oder besondere Bedingungen				
10. Verdrahtungstechnik (siehe Abschnitt 13)				
Muss eine bestimmte Methode für die Leiteridentifizierung angewendet werden (siehe 13.2.1)	Ja		Nein	
Art				
11. Zubehör und Beleuchtung (siehe Abschnitt 15)				
a) Ist ein besonderer Steckdosentyp erforderlich?	Ja		Nein	
Falls Ja, welcher Typ?				
b) Müssen die Steckdosen für Wartungszwecke mit einem zusätzlichen Schutz durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) versehen werden?	Ja		Nein	
c) Wo die Maschine mit einer Arbeitsplatzbeleuchtung ausgestattet ist:	Höchste zulässige Spannung (V)		Falls die Spannung der Beleuchtungs-Stromkreise nicht direkt von der Energieversorgung abgeleitet wird: Angabe der bevorzugten Spannung	
12. Kennzeichnung, Warningschilder und Referenzkennzeichen (Betriebsmittelkennzeichen) (siehe Abschnitt 16)				
a) Funktionskennzeichnung (siehe 16.3)				
Spezifikation:				
b) Aufschriften / besondere Kennzeichnungen	Auf der elektrischen Ausrüstung?		In welcher Sprache?	
c) Zulassungszeichen	Ja		Nein	
Falls ja, welches?				
13. Technische Dokumentation (siehe Abschnitt 17)				
a) Technische Dokumentation (siehe 17.1)	Auf welchem Medium?		In welcher Sprache?	
b) Größe, Ort und Zweck von Kabelkanälen, Kabelwannen oder Kabelbefestigungen, die durch den Betreiber bereitzustellen sind (siehe 17.5)				
c) Angabe, ob besondere Begrenzungen von Größe oder Gewicht den Transport einer speziellen Maschine oder einer Schaltgerätekombination zur Baustelle beeinflussen:	Maximale Abmessungen		Maximales Gewicht	
d) Ist im Fall von Sondermaschinen eine Bestätigung über einen Testlauf mit belasteter Maschine zu liefern?	Ja		Nein	
e) Ist im Fall von anderen Maschinen eine Bestätigung über einen Testlauf eines belasteten Prototyps der Maschine zu liefern?	Ja		Nein	

Anhang C (informativ)

Beispiele von Maschinen, die durch diesen Teil der IEC 60204 abgedeckt sind

Die folgende Liste zeigt Beispiele von Maschinen, deren elektrische Ausrüstung diesem Teil von IEC 60204 entsprechen sollte. Die Liste ist nicht erschöpfend, aber sie stimmt mit der Definition von Maschinen (3.35) überein. Dieser Teil von IEC 60204 braucht nicht auf Haushaltsmaschinen und ähnliche Hausgeräte angewendet werden, die innerhalb des Geltungsbereiches der Normenreihe IEC 60335 liegen.

Metallbe- und -verarbeitungsmaschinen

- spanabhebende Metallbearbeitungsmaschinen
- spanlose Metallbearbeitungsmaschinen

Kunststoff- und Gummimaschinen

- Spritzgießmaschinen
- Extruder und Extrusionsanlagen
- Blasformmaschinen
- Pressen und Spritzgießmaschinen
- Zerkleinerungsmaschinen

Holzbe- und -verarbeitungsmaschinen

- Holzbearbeitungsmaschinen
- Laminiermaschinen
- Sägewerksmaschinen

Montagemaschinen

Fördertechnik, Handhabungstechnik

- Roboter
- Förderbänder
- Transfereinrichtungen
- Regalbediengeräte

Textilmaschinen

Kühl- und Klimatisier-Maschinen

Lebensmittelmaschinen

- Teigteilmaschinen
- Misch- und Rührmaschinen
- Torten- und Tortelettmaschinen
- Fleischverarbeitungsmaschinen

Druck-, Papier- und Kartonmaschinen

- Druckmaschinen
- Papierverarbeitungs-, Schneide- und Falzmaschinen
- Umroll- und Schneidemaschinen
- Faltschachtel-Klebmaschinen
- Papier- und Karton-Herstellungsmaschinen

Mess- und Prüfmaschinen

- Koordinatenmessmaschinen
- Vorrichtungen für In-Prozess-Messtechnik

Kompressoren

Verpackungsmaschinen

- Palletiermaschinen/Entpalletiermaschinen
- Einschlag- und Schrumpffolieneinschlagsmaschinen

Wäschereimaschinen

Heizungs- und Lüftungsmaschinen

Leder/Kunstlederwaren- und Schuhmaschinen

- Schneide- und Stanzmaschinen
- Aufrau-, Ausglas-, Schleif-, Kantenbearbeitungs- und Bürstmaschinen
- Schuhspritzmaschinen
- Zwickmaschinen

Hebezeuge (siehe IEC 60204-32)

- Krane
- Hubgeräte

Maschinen zum Personentransport

- Fahrtreppen
- Seilbahnen zum Personentransport, z. B. Sessellifte, Skilifte
- Personenaufzüge

Motorisch angetriebene Türen/Tore

Freizeitmaschinen

- Jahrmarkts-Fahrgeschäfte

Pumpen

Land- und Forstwirtschaftsmaschinen

Bau- und Baustoff-Maschinen

- Tunnelbaumaschinen
- Betondosiermaschinen
- Ziegelherstellmaschinen
- Stein-, Keramik- und Glasherstellmaschinen

Transportable Maschinen

- Holzbe- und -verarbeitungsmaschinen
- Metallbe- und -verarbeitungsmaschinen

Fahrbare Maschinen

- Hebebühnen
- Gabelstapler
- Baumaschinen

Maschinen für Roheisenverarbeitung

Gerbereimaschinen

- Mehrwalzenmaschinen
- Bandmesser-Maschinen
- hydraulische Gerbereimaschinen

Bergbau- und Steinbruch-Maschinen

Anhang D (informativ)

Strombelastbarkeit und Überstromschutz für Leiter, Kabel und Leitungen in der elektrischen Ausrüstung von Maschinen

Zweck dieses Anhanges ist es, zusätzliche Informationen zur Auswahl der Leiterquerschnitte zu geben, wo die Bedingungen, die für Tabelle 6 gelten, (siehe Abschnitt 12) abgewandelt werden müssen (siehe Anmerkungen zu Tabelle 6).

D.1 Allgemeine Betriebsbedingungen

D.1.1 Umgebungstemperatur der Luft

Die Strombelastbarkeit PVC-isolierter Leiter ist in Tabelle 6 in Bezug auf eine Umgebungstemperatur der Luft von +40 °C angegeben. Korrekturfaktoren für andere Umgebungstemperaturen enthält Tabelle D.1.

Die Korrekturfaktoren für gummiisierte Kabel und Leitungen werden von dem Hersteller angegeben.

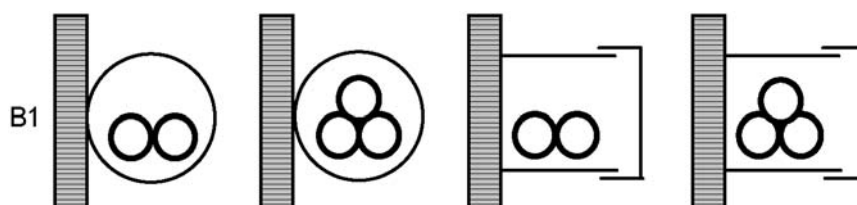
Tabelle D.1 – Korrekturfaktoren

Umgebungstemperatur der Luft (°C)	Korrekturfaktor
30	1,15
35	1,08
40	1,00
45	0,91
50	0,82
55	0,71
60	0,58
ANMERKUNG Die Korrekturfaktoren sind IEC 60364-5-52 entnommen. Maximale Temperatur bei normalen Betriebsbedingungen für PVC: 70°C.	

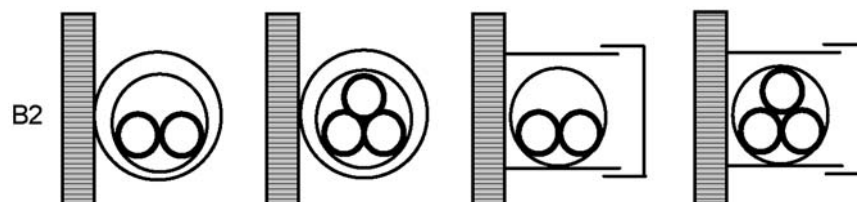
D.1.2 Verlegearten

Bei Maschinen werden die Verlegearten nach Bild D.1 für Leiter, Kabel und Leitungen zwischen Gehäusen und einzelnen Teilen der Ausrüstung als typisch angenommen (die verwendeten Buchstaben entsprechen IEC 60364-5-52:2001):

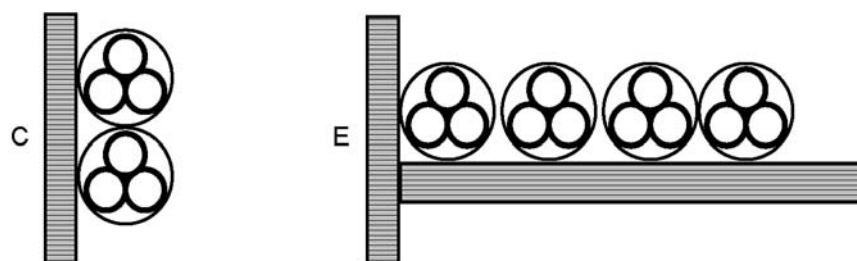
- Methode B1: Verwendung von Elektro-Installationsrohren (3.7) und zu öffnenden Elektro-Installationskanälen (3.5) zur Aufnahme und zum Schutz der Leiter oder von einadrigen Kabeln bzw. Leitungen;
- Methode B2: Wie B1, jedoch für mehradrige Kabel bzw. Leitungen;
- Methode C: Mehradrige Kabel bzw. Leitungen, frei in Luft auf Wänden verlegt, horizontal oder vertikal ohne Zwischenraum zwischen den Kabeln bzw. Leitungen;
- Methode E: Mehradrige Kabel bzw. Leitungen frei in Luft auf offenen Kabelpritschen verlegt, horizontal oder vertikal (3.4).



Leiter/einadrige Kabel bzw. Leitungen in Installationsrohren und in zu öffnenden Installationskanälen



Kabel bzw. Leitungen in Installationsrohren und in zu öffnenden Installationskanälen



Kabel bzw. Leitungen auf Wänden

Kabel bzw. Leitungen auf offenen Kabeltrassen

Bild D.1 – Methoden der Leiter-, Kabel- bzw. Leitungsverlegung unabhängig von der Anzahl der Leiter/Kabel bzw. Leitungen

D.1.3 Häufung von Kabeln und Leitungen

Wo mehrere belastete Leiter in Kabeln bzw. Leitungen oder Leiterpaare installiert sind, sind die Werte von I_Z aus Tabelle 6 oder aus den Herstellerangaben nach den Tabellen D.2 oder D.3 zu reduzieren.

ANMERKUNG Stromkreise mit $I_b < 30\%$ von I_Z brauchen nicht reduziert werden.

Tabelle D.2 – Reduktionsfaktoren von I_z bei Häufung von Kabeln und Leitungen

Verlegeart (siehe Bild D.1) (siehe ANMERKUNG 3)	Anzahl der belasteten Stromkreise/Kabel bzw. Leitungen			
	2	4	6	9
B1 (Stromkreise) und B2 (Kabel/Leitungen)	0,80	0,65	0,57	0,50
C, einlagig ohne Zwischenraum zwischen den Kabeln/Leitungen	0,85	0,75	0,72	0,70
E, einlagig auf einer perforierten Kabelpritsche ohne Zwischenraum zwischen den Kabeln/Leitungen	0,88	0,77	0,73	0,72
E, wie vor, jedoch mit 2 bis 3 Kabelpritschen, mit einem vertikalen Zwischenraum zwischen jeder der Kabelpritschen von 300 mm (siehe Anmerkung 4)	0,86	0,76	0,71	0,66
Steuerstromkreis-Paare $\leq 0,5 \text{ mm}^2$, unabhängig von der Verlegeart	0,76	0,57	0,48	0,40
<p>ANMERKUNG 1 Diese Faktoren sind anwendbar auf:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Kabel/Leitungen, alle gleich belastet, der Stromkreis selbst ist symmetrisch belastet; – Gruppen von Stromkreisen isolierter Leiter oder Gruppen von Kabeln/Leitungen mit derselben zulässigen maximalen Betriebstemperatur; <p>ANMERKUNG 2 Dieselben Faktoren gelten für:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Gruppen von 2 oder 3 einadrigen Kabeln/Leitungen; – Mehradrige Kabel/Leitungen. <p>ANMERKUNG 3 Faktoren aus IEC 60364-5-52:2001 abgeleitet.</p> <p>ANMERKUNG 4 Eine perforierte Kabelpritsche ist eine Pritsche, wo die Löcher mehr als 30 % der Grundfläche einnehmen (abgeleitet aus IEC 60364-5-52:2001).</p>				

Tabelle D.3 – Reduktionsfaktoren von I_z für Mehraderkabel(-leitungen) bis zu 10 mm^2

Anzahl der belasteten Leiter oder Paare	Leiter ($> 1 \text{ mm}^2$) (siehe Anmerkung 3)	Paare ($0,25 \text{ mm}^2$ bis $0,75 \text{ mm}^2$)
1	–	1,0
3	1,0	–
5	0,75	0,39
7	0,65	0,34
10	0,55	0,29
24	0,40	0,21
ANMERKUNG 1 Anwendbar auf Mehraderkabel(-leitungen) mit gleichmäßig belasteten Leitern/Paaren.		
ANMERKUNG 2 Für Häufung von Mehraderkabeln(-leitungen), siehe Reduktionsfaktoren aus Tabelle D.2.		
ANMERKUNG 3 Faktoren sind aus IEC 60364-5-52:2001 entnommen.		

D.1.4 Einteilung der Leiter

Tabelle D.4 – Einteilung der Leiter

Klasse	Beschreibung	Gebrauch/Anwendung
1	Massive Kupfer oder Aluminium Leiter	Für feste Installationen
2	mehrdrähtige Leiter aus Kupfer oder Aluminium	
5	Flexible mehrdrähtige Kupferleiter	Für Maschineninstallationen mit Vibrationen; Anschluss an sich bewegende Teile
6	Flexible mehrdrähtige Kupferleiter Leiter, die flexibler als Klasse 5 sind	Für häufige Bewegungen
ANMERKUNG Abgeleitet aus IEC 60228.		

D.2 Koordination zwischen Leitern und Schutzgeräten für den Überstromschutz

Bild D.2 illustriert das Verhältnis zwischen den Kennwerten der Leiter und den Kennwerten der Schutzgeräte für den Überstromschutz.

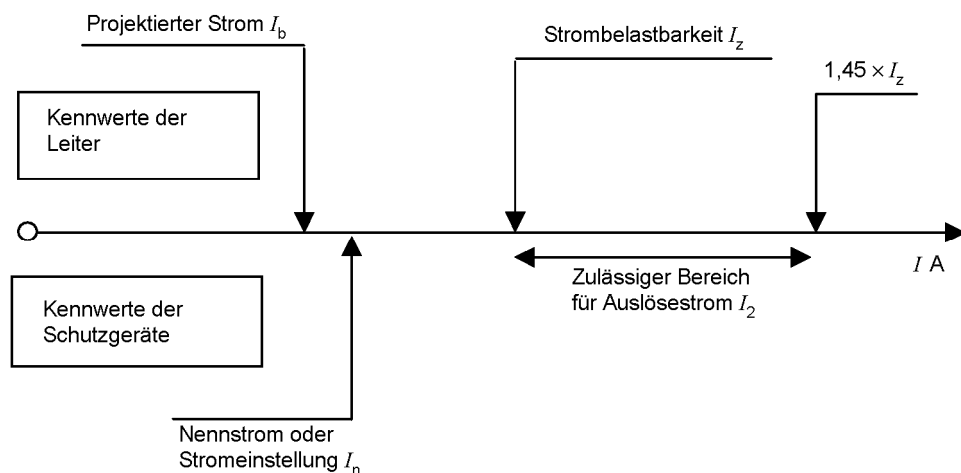


Bild D.2 – Kennwerte der Leiter und Schutzgeräte

Ein ordnungsgemäßer Schutz eines Kabels oder einer Leitung erfordert, dass die Betriebskennwerte eines Schutzgerätes (z. B. Überstromschutzgerät, Motor-Überlastschutzgerät), welches das Kabel oder die Leitung gegen Überlast schützt, die folgenden zwei Bedingungen erfüllen:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (1)$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_z \quad (2)$$

Hierbei ist:

I_b der projektierte Strom des Stromkreises;

I_z die effektive Strombelastbarkeit in A für Dauerbetrieb des Kabels oder der Leitung nach Tabelle 6 für die spezifischen Installationsbedingungen:

- Temperatur, Korrektur von I_z siehe Tabelle D.1;
- Häufung, Korrektur von I_z siehe Tabelle D.2;
- Mehraderkabel(-leitungen), Korrektur von I_z : siehe Tabelle D.3;

I_n der Nennstrom des Schutzgerätes;

ANMERKUNG 1 Für einstellbare Schutzgeräte entspricht der Nennstrom I_n dem gewählten Einstellstrom.

I_2 ist der kleinste Strom, der ein effektives Ansprechen des Schutzgerätes innerhalb einer spezifizierten Zeit sicherstellt (z. B. 1 h für Schutzgeräte bis zu 63 A).

Der Strom I_2 , der ein effektives Ansprechen des Schutzgerätes sicherstellt, ist in der Produktnorm angegeben oder kann vom Hersteller zur Verfügung gestellt werden.

ANMERKUNG 2 Der Überlastschutz für den (die) Leiter von Motorstromkreisen kann von dem Überlastschutz für den (die) Motor(en) übernommen werden, wenn für den Kurzschluss-Schutz ein Kurzschluss-Schutzgerät bereitgestellt ist.

Wo ein Gerät verwendet wird das beides erfüllt, Überlast- und Kurzschluss-Schutz, in Übereinstimmung mit diesem Abschnitt für den Überlastschutz der Leiter, stellt es weder einen kompletten Schutz in allen Fällen sicher (z. B. Überlast mit Strömen kleiner als I_2), noch wird es notwendigerweise eine kostengünstige Lösung sein. Deshalb kann solch ein Gerät dort ungeeignet sein, wo wahrscheinlich Überlastströme von weniger als I_2 vorkommen können.

D.3 Überstromschutz für Leiter

Alle Leiter erfordern einen Schutz gegen Überstrom (siehe 7.2) durch Schutzgeräte in allen aktiven Leitern, sodass jeder Kurzschluss-Strom, der in dem Kabel oder der Leitung fließt, unterbrochen wird, bevor der Leiter die maximal zulässige Temperatur erreicht hat.

ANMERKUNG Für Neutralleiter siehe 7.2.3, Absatz 2.

Tabelle D.5 – Maximal zulässige Leitertemperaturen unter Normal- und Kurzschlussbedingungen

Art der Isolierung	Maximale Leitertemperatur unter Normalbedingungen (°C)	Höchstzulässige Kurzzeitleitertemperatur unter Kurzschlussbedingungen ^a (°C)
Polyvinylchlorid (PVC)	70	160
Gummi	60	200
Vernetztes Polyäthylen (XLPE)	90	250
Äthylen/Propylen-Mischung (EPR)	90	250
Silikongummi (SiR)	180	350
ANMERKUNG Für höchstzulässige Kurzzeitleitertemperaturen über 200 °C sind weder verzinnte noch blanke Kupferleiter geeignet. Für die Verwendung über 200 °C sind versilberte oder vernickelte Kupferleiter geeignet.		
^a Diese Werte basieren auf der Annahme eines adiabatischen Verhaltens für eine Zeit von nicht mehr als 5 s.		

In der Praxis sind die Anforderungen nach 7.2 erfüllt, wenn die Schutzeinrichtung bei einem Strom I den Stromkreis innerhalb einer Auslösezeit unterbricht, die in keinem Fall die Zeit t überschreitet, wobei $t < 5$ s ist.

Der Wert für die Zeit t in s muss nach der folgenden Formel berechnet werden:

$$t = (k \times S/I)^2$$

Hierbei ist:

S der Querschnitt in mm^2 ;

I der effektive Kurzschluss-Strom in Ampere, ausgedrückt für Wechselstrom als Effektivwert;

k der Faktor für Kupferleiter, wenn sie mit folgendem Material isoliert sind:

PVC	115
Gummi	141
SiR	132
XLPE	143
EPR	143

Der Gebrauch von Sicherungen mit den Auslösecharakteristiken gG oder gM (siehe IEC 60269-1) und von Leistungsschaltern mit der Auslösecharakteristik B und C nach der Reihe IEC 60898 stellen sicher, dass die Temperaturgrenzen der Tabelle D.5 nicht überschritten werden, vorausgesetzt dass der Nennstrom I_n nach Tabelle 6 gewählt wurde, wo $I_n \leq I_z$ ist.

Anhang E (informativ)

Erläuterung der Funktionen für Handlungen im Notfall

ANMERKUNG Diese Konzepte sind hier angeführt, um dem Leser ein Verständnis für diese Begriffe zu geben, obwohl in diesem Teil von IEC 60204 nur zwei von ihnen benutzt werden.

Handlung im Notfall

Eine Handlung im Notfall schließt einzeln oder in Kombination ein:

- NOT-HALT (Stillsetzen im Notfall);
- NOT-START (Ingangsetzen im Notfall);
- NOT-AUS (Ausschalten im Notfall);
- NOT-EIN (Einschalten im Notfall).

NOT-HALT (Stillsetzen im Notfall)

Eine Handlung im Notfall, die dazu bestimmt ist, einen Prozess oder eine Bewegung anzuhalten, der (die) gefahrbringend wurde.

NOT-START (Ingangsetzen im Notfall)

Eine Handlung im Notfall, die dazu bestimmt ist, einen Prozess oder eine Bewegung zu starten, um eine gefahrbringende Situation zu beseitigen oder zu verhindern.

NOT-AUS (Ausschalten im Notfall)

Eine Handlung im Notfall, die dazu bestimmt ist, die Versorgung mit elektrischer Energie zu einer ganzen oder zu einem Teil einer Installation abzuschalten, wo ein Risiko für elektrischen Schlag oder ein anderes Risiko elektrischen Ursprungs besteht.

NOT-EIN (Einschalten im Notfall)

Eine Handlung im Notfall, die dazu bestimmt ist, die Versorgung mit elektrischer Energie zu einem Teil einer Anlage einzuschalten, der für Notsituationen benötigt wird.

Anhang F (informativ)

Anleitung für die Benutzung dieses Teils der IEC 60204

F.1 Allgemeines

Dieser Teil von IEC 60204 enthält eine große Anzahl von allgemeinen Anforderungen, die für die elektrische Ausrüstung einer speziellen Maschine anwendbar sein können oder nicht. Eine einfache Verweisung auf die komplette Norm IEC 60204-1, ohne jegliche nähere Festlegung ist daher nicht ausreichend. Es sind entsprechende Auswahlen zu treffen, um alle Anforderungen dieses Teils der IEC 60204 abzudecken. Ein Technisches Komitee, das eine Gruppennorm oder eine spezifische Produktnorm (Typ C in CEN) erarbeitet und der Lieferant einer Maschine, für die keine Gruppennorm oder spezifische Produktnorm existiert, sollten diesen Teil von IEC 60204 wie folgt anwenden:

- a) durch Verweisung und
- b) durch Auswahl der geeignetsten Option bzw. Optionen hinsichtlich der Anforderungen, die in den zutreffenden Abschnitten festgelegt sind, und
- c) durch Änderung bestimmter Abschnitte, soweit notwendig, wo besondere Anforderungen für die Ausrüstung der Maschine hinreichend durch andere zutreffende Normen abgedeckt sind,

vorausgesetzt, dass die gewählten Optionen und durchgeführten Änderungen das Schutzniveau, das für die Maschine nach der Risikobewertung gefordert wird, nicht nachteilig beeinflussen.

Wenn die drei vorstehend genannten Prinzipien a), b) und c) angewendet werden, wird empfohlen, dass

- Bezug genommen wird, auf die zutreffenden Abschnitte und Unterabschnitte dieser Norm
 - 1) die erfüllt werden und wo relevant, auf die zutreffende Option hingewiesen wird;
 - 2) die für die spezifischen Anforderungen an eine Maschine oder Ausrüstung geändert oder erweitert wurden, und
- hinsichtlich der Anforderungen an die elektrische Ausrüstung, die adäquat durch eine andere Norm abgedeckt werden, direkt auf diese Norm verwiesen wird.

In allen Fällen ist Fachwissen unentbehrlich, um in der Lage zu sein:

- die notwendige Risikobewertung für die Maschine durchzuführen;
- alle Anforderungen dieses Teils der IEC 60204 zu lesen und zu verstehen;
- die zutreffenden Anforderungen dieses Teils der IEC 60204 auszuwählen, wo Alternativen gegeben sind;
- Alternativen oder zusätzliche besondere Anforderungen zu identifizieren, die von den Anforderungen dieses Teils der IEC 60204 abweichen oder durch diese nicht berücksichtigt sind, welche aber für die Maschine und ihre Anwendung erforderlich sind;
- diese besonderen Anforderungen präzise festzulegen.

Bild 1 dieses Teils der IEC 60204 zeigt ein Blockdiagramm einer typischen Maschine und kann als Startpunkt für diese Aufgaben verwendet werden. Es gibt die Abschnitte und Unterabschnitte an, die besondere Anforderungen/Ausrüstungen behandeln. Dieser Teil von IEC 60204 ist ein komplexes Dokument. Jedoch kann die Tabelle F.1 die notwendige Hilfestellung geben, um die optionalen Anwendungen für eine besondere Maschine zu identifizieren und sie gibt Verweisungen auf andere zutreffende Normen.

Tabelle F.1 – Möglichkeiten der Anwendung

Thema	Abschnitt oder Unterabschnitt	i)	ii)	iii)	iv)
Anwendungsbereich	1		X		
Allgemeine Anforderungen	4	X	X	X	ISO 12100 (alle Teile) ISO 14121
Auswahl der Ausrüstung	4.2.2		X	X	IEC 60439 Reihe
Netz-Trenneinrichtung	5.3	X			
Ausgenommene Stromkreise	5.3.5	X		X	ISO 12100 (alle Teile)
Schutz vor unerwartetem Anlauf, Trennung	5.4, 5.5 und 5.6	X	X	X	ISO 14118
Schutz gegen elektrischen Schlag	6	X			IEC 60364-4-41
Handlungen im Notfall	9.2.5.4	X		X	ISO 13850
Zweihandschaltung	9.2.6.2	X	X		ISO 13851
Kabellose Steuerung	9.2.7	X	X	X	
Steuerfunktionen im Fehlerfall	9.4	X	X	X	ISO 14121 ISO 13849 (alle Teile) IEC 62061
Wegfühler	10.1.4	X	X	X	ISO 14119
Farben und Kennzeichnungen von Geräten für die Bedienerschnittstelle	10.2, 10.3 und 10.4	X	X		IEC 60073 IEC 61310 (alle Teile)
Geräte für NOT-HALT (Stillsetzen im Notfall)	10.7	X	X		ISO 13850
Geräte für NOT-AUS (Ausschalten im Notfall)	10.8	X			
Steuergeräte – Schutz gegen Eintritt von Verunreinigungen usw.	10.1.3 und 11.3	X	X	X	IEC 60529
Identifizierung von Leitern	13.2	X	X		
Prüfung	18	X	X	X	
Zusätzliche Betreiberanforderungen	Anhang B		X	X	
<p>Abschnitte und Unterabschnitte dieses Teils der IEC 60204, wo Handlungen in Betracht gezogen werden sollten (angezeigt durch X) hinsichtlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> i) Auswahl der festgelegten Maßnahmen; ii) zusätzliche Anforderungen; iii) unterschiedliche Anforderungen; iv) andere Normen, die zutreffen können. 					

Anhang G (informativ)

Vergleich typischer Leiterquerschnitte

Tabelle G.1 zeigt einen Vergleich der Leiterquerschnitte von American Wire Gauge (AWG) mit mm², inches² und circular mils.

Tabelle G.1 – Vergleich von Leitergrößen

Leiter- Nennquer- schnitt	Gauge No	Querschnitt		Gleichstrom- Widerstand von Kupfer bei 20°C	Circular mils
mm ²	(AWG)	mm ²	inches ²	Ohm / km	
0,2		0,196	0,000 304	91,62	387
	24	0,205	0,000 317	87,60	404
0,3		0,283	0,000 438	63,46	558
	22	0,324	0,000 504	55,44	640
0,5		0,500	0,000 775	36,70	987
	20	0,519	0,000 802	34,45	1 020
0,75		0,750	0,001 162	24,80	1 480
	18	0,823	0,001 272	20,95	1 620
1,0		1,000	0,001 550	18,20	1 973
	16	1,31	0,002 026	13,19	2 580
1,5		1,500	0,002 325	12,20	2 960
	14	2,08	0,003 228	8,442	4 110
2,5		2,500	0,003 875	7,56	4 934
	12	3,31	0,005 129	5,315	6 530
4		4,000	0,006 200	4,700	7 894
	10	5,26	0,008 152	3,335	10 380
6		6,000	0,009 300	3,110	11 841
	8	8,37	0,012 967	2,093	16 510
10		10,000	0,001 550	1,840	19 735
	6	13,3	0,020 610	1,320	26 240
16		16,000	0,024 800	1,160	31 576
	4	21,1	0,032 780	0,829 5	41 740
25		25,000	0,038 800	0,734 0	49 338
	2	33,6	0,052 100	0,521 1	66 360
35		35,000	0,054 200	0,529 0	69 073
	1	42,4	0,065 700	0,413 9	83 690
50		47,000	0,072 800	0,391 0	92 756

Der Widerstand für Temperaturen abweichend von 20° C, kann mit folgender Formel ermittelt werden:

$$R = R_1 [1 + 0,003\,93 (t - 20)]$$

Hierbei ist:

R_1 der Widerstand bei 20 °C;

R der Widerstand bei der Temperatur t °C.

Literaturhinweise

IEC 60038:2002, *IEC standard voltages*

IEC 60204-11:2000, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 11: Requirements for HV equipment for voltages above 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c. and not exceeding 36 kV*

IEC 60204-31:2001, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 31: Particular safety and EMC requirements for sewing machines, units, and systems*

IEC 60204-32:1998, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 32: Requirements for hoisting machines*

IEC 60228:2004, *Conductors of insulated cables*

IEC 60269-1:1998, *Low-voltage fuses – Part 1: General requirements*

IEC 60287 (all parts), *Electric cables – Calculation of the current rating*

IEC 60332 (all parts), *Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions*

IEC 60335 (all parts), *Household and similar electrical appliances – Safety*

IEC 60364 (all parts), *Electrical installations of buildings*

IEC 60757:1983, *Code for designation of colours*

IEC 60947-5-2:1997, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 5-2: Control circuit devices and switching elements – Proximity switches*

Amendment 1 (1999)

Amendment 2 (2003)

IEC 61000-5-2:1997, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5: Installation and mitigation guidelines – Section 2: Earthing and cabling*

IEC 61000-6-1:1997, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6: Generic standards – Section 1: Immunity for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 61000-6-2:2005, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments*

IEC 61000-6-4:1997, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6: Generic standards – Section 4: Emission standard for industrial environments*

IEC 61084-1:1991, *Cable trunking and ducting systems for electrical installations – Part 1: General requirements*

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

IEC 61200-53:1994, *Electrical installation guide – Part 53: Selection and erection of electrical equipment – Switchgear and controlgear*

IEC 61496-1:2004, *Safety of machinery – Electro-sensitive protective equipment – Part 1: General requirements and tests*

IEC 61557 (all parts), *Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V a.c. and 1 500 V d.c. – Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures –*

IEC 61558-2-17:1997, *Safety of power transformers, power supply units and similar – Part 2: Particular requirements for transformers for switch mode power supplies*

IEC 61800-3:2004, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 3: EMC requirements and standard including specific test methods*

IEC 61800-5-1:2003, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 5-1: Safety requirements – Electrical, thermal and energy*

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

IEC Guide 106:1996, *Guide for specifying environmental conditions for equipment performance rating*

ISO 3864-1:2002, *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Part 1: Design principles for safety signs in workplaces and public areas*

ISO 13849-2:2003, *Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 2: Validation*

ISO 13851:2002, *Safety of machinery – Two-hand control devices – Functional aspects and design principles*

ISO 14118:2000, *Safety of machinery – Prevention of unexpected start-up*

ISO 14122-1:2001, *Safety of machinery – Permanent means of access to machinery – Part 1: Choice of fixed means of access between two levels*

ISO 14122-2:2001, *Safety of machinery – Permanent means of access to machinery – Part 2: Working platforms and walkways*

ISO 14122-3:2001, *Safety of machinery – Permanent means of access to machinery – Part 3: Stairs, stepladders and guard-rails*

CENELEC HD 516 S2, *Guide to use of low-voltage harmonized cables*

Verzeichnis

Dieses Verzeichnis ist alphabetisch geordnet und zeigt in welchen Abschnitten dieses Teils der IEC 60204 die Ausdrücke verwendet werden. Die Ausdrücke sind in Abschnitt 3 definiert. Die Nummer der Definition ist fett gedruckt.

Abdeckung	3.3 , 3.15, 3.20, 3.21, 3.29, 6.2.1, 6.2.2, 6.2.5, 11.2.1, 11.2.2, 12.7.1, 13.1.3, 13.4.3
abgeschlossene elektrische Betriebsstätte	3.19 , 5.4, 5.6, 6.2.2, 8.2.4
aktives Teil	3.33 , 3.12, 6.2.2, 6.2.3, 6.2.4, 6.3.1, 6.3.2, 6.3.3, 6.4.1, 8.2.5, 8.2.8, 12.7.1, 13.4.5, 13.4.7, A.1
Ausfall	3.25 , 3.26, 3.44, 4.1, 6.3.2.2, 8.1, 8.2.5, 8.3, 9.3.4, 9.4.1, 9.4.2, 9.4.2.1, 9.4.2.2, 9.4.2.3, 9.4.3.1, 9.4.3.2
Ausrüstung	3.21 , 1, 3.2, 3.5, 3.8, 3.10, 3.15, 3.16, 3.19, 3.20, 3.21, 3.23, 3.27, 3.42, 3.47, 3.51, 3.54, 3.57, 4.1, 4.2, 4.3.1, 4.3.4, 4.4.1, 4.4.2, 4.4.3, 4.4.4, 4.4.5, 4.4.6, 4.4.7, 4.4.8, 4.5, 4.6, 4.7, 5.1, 5.2, 5.3.1, 5.3.5, 5.4, 5.5, 6.1, 6.2.1, 6.2.2, 6.2.4, 6.3.1, 6.3.2.1, 6.3.2.2, 6.4.1, 7.1, 7.2.2, 7.2.5, 7.7, 7.9, 8.1, 8.2.1, 8.2.2, 8.2.3, 8.2.7, 8.2.8, 8.4, 9.2.5.4.1, 9.4.1, 10.3.2, 11.1, 11.2.1, 11.2.2, 11.3, 11.4, 11.5, 12.2, 12.3, 12.4, 13.3, 13.4.2, 13.4.5, 13.5.3, 14.1, 14.5, 15.2, 16.1, 16.2.1, 16.2.2, 16.3, 16.4, 17.1, 17.2, 17.3, 17.4, 17.6, 17.7, 17.9, 18.1, 18.2.2, 18.2.3, 18.3, 18.4, 18.6, 18.7, A.1, A.2, A.3, Anhang B, D.1.2
Bedienteil	3.1 , 3.13, 9.2.5.4.1, 10.1.2, 10.2.1, 10.2.2, 10.4, 10.6, 10.7.3, 10.8.2, 10.8.3, 10.9
Betreiber	3.57 , 1, 3.54, 4.1, 4.3.2, 4.4.1, 4.4.7, 4.4.8, 4.5, 7.2.2, 7.2.9, 7.3.2, 10.3.2, 13.2.1, 14.5, 16.3, 17.3, 17.4, 17.9, Anhang B, F.1
direktes Berühren	3.12 , 3.20, 3.38, 6.1, 6.2.1, 6.2.2, 6.2.4, 9.2.5.4, 10.1.3, 12.7.1
elektrische Betriebsstätte	3.15 , 5.5, 9.2.5.4.3, 11.3, 11.5
Elektrofachkraft	3.53 , 3.15, 3.19, 3.31, 5.5, 6.2.2, Anhang B
Elektro-Installationsrohr	3.7 , 3.14, 13.1.1, 13.1.3, 13.4.2, 13.4.3, 13.5.1, 13.5.3, 13.5.4, 13.5.5, 14.4, D.1.2
elektronische Ausrüstung	3.16 , 4.3.3, 4.4.2, 5.1, 9.4.2.3
(elektrotechnisch) unterwiesene Person	3.31 , 3.15, 3.19, 5.5, 6.2.2, Anhang B
Fehler (Fehlzustand)	3.26 , 3.23, 3.25, 3.29, 3.40, 3.52, 4.1, 6.3.2.2, 6.3.2.3, 6.3.3, 6.4.2, 7.1, 7.2.9, 7.7, 8.1, 8.2.1, 8.2.8, 9.2.5.1, 9.2.7.3, 9.4.2.3, 9.4.3.1, 17.6, 18.2.2, 18.2.3, 18.6, A.1, A.2, A.4.1, A.4.2, A.4.3
fremdes leitfähiges Teil	3.24 , 3.45, 8.2.1, A.3
Funktions-Potentialausgleich	3.27 , 4.4.2, 8.1, 8.3
Gefährdung, gefahrbringend	3.28 , 1, 3.20, 3.30, 3.49, 3.50, 3.53, 4.1, 5.4, 6.2.2, 6.2.4, 6.3.1, 6.3.2, 6.3.3, 7.3.1, 7.4, 7.5, 7.6, 7.8, 8.2.5, 9.2.3, 9.2.5.1, 9.2.5.3, 9.2.5.4.1, 9.2.5.4.2, 9.2.5.4.3, 9.2.5.5, 9.2.6.1, 9.2.6.4, 9.2.7.3, 9.2.7.5, 9.3.1, 9.3.2, 9.3.3, 9.3.4, 9.3.5, 9.4.1, 9.4.2.2, 9.4.2.3, 9.4.3.1, 9.4.3.2, 9.4.3.3, 10.1.1, 10.1.2, 10.1.4, 10.2.1, 10.3.2, 12.1, 12.3, 13.1, 13.4.5, 16.2.1, 16.2.2, 17.2, 18.2.3, Anhang B, Anhang E
Gehäuse	3.20 , 3.10, 4.4.2, 5.3.3, 6.2.2, 6.2.4, 7.2.8, 8.2.3, 8.2.5, 9.4.3.1, 10.8.1, 10.8.2, 11.2.1, 11.2.2, 11.3, 11.4, 11.5, 12.7.1, 12.7.6, 12.7.8, 13.3, 13.5.6, 14.2, 15.2.1, 15.2.2, 16.2.1, 16.4, 16.5, Anhang B
gesteuertes Stillsetzen	3.11 , 9.2.2
gleichzeitig	3.6 , 9.2.5.2, 9.2.6.2
Hauptstromkreis	3.42 , 1, 3.35, 4.1, 7.2.3, 11.2.2, 12.2, 12.7.8, 13.2.4, 18.3, 18.4
Hindernis	3.38 , 6.2.1, 6.2.2, 6.2.6, 9.2.5.4.3, 11.2.1
indirektes Berühren	3.29 , 6.1, 6.3, 6.4, 8.1, 18.1, Anhang A
induktives Energieversorgungssystem	3.30 , 5.3.1, 5.5, 13.1.4

Kabelwanne	3.4, 13.4.2, 13.5.1, 17.4, Anhang B
Kennzeichnung	3.36, 5.4, 5.5, 6.2.2, 9.4.3.1, 10.2.2, 11.2.1, 11.2.2, 13.1.1, 13.2.2, 16, Anhang B
Körper (eines elektrischen Betriebsmittels)	3.23, 3.30, 3.45, 6.3.1, 6.3.3, 7.2.3, 8.2.1, 8.2.3, 8.2.5, 8.4, A.1, A.2, A.3, A.4.2
Kurzschluss-Strom	3.52, 7.2.9, 12.7.8, Anhang B, D.3
Leitungskanal (Kabelkanal)	3.14, 7.2.8, 8.2.3, 12.3, 12.7.8, 13.1.3, 13.3, 13.4.1, 13.4.2, 13.5.1, 13.5.2, 17.4
Lieferant	3.54, 4.1, 4.2.1, 4.3.1, 4.4.1, 4.4.7, 4.4.8, 4.5, 4.7, 6.2.2, 7.2.2, 7.2.7, 7.2.10, 10.3.2, 11.2.2, 11.4, 12.3, 13.2.1, 16.1, 16.3, 16.4, 17.1, 17.3, 17.9, Anhang B, F.1
Maschine	3.35, 1, 3.8, 3.11, 3.20, 3.21, 3.26, 3.28, 3.30, 3.32, 3.34, 3.54, 3.56, 3.57, 4.1, 4.2.2, 4.4.1, 4.4.8, 4.6, 5.1, 5.2, 5.3.1, 5.3.4, 5.4, 5.5, 7.1, 7.2.1, 7.2.3, 7.3.1, 7.5, 7.8, 8.1, 8.2.1, 8.2.7, 9.1.1, 9.2.2, 9.2.3, 9.2.5.1, 9.2.5.2, 9.2.5.3, 9.2.5.4.1, 9.2.5.4.2, 9.2.5.4.3, 9.2.5.5, 9.2.6.2, 9.2.6.3, 9.2.7.1, 9.2.7.2, 9.2.7.3, 9.2.7.4, 9.2.7.5, 9.3.1, 9.3.3, 9.3.4, 9.3.5, 9.4.1, 9.4.3.1, 10.1.1, 10.1.2, 10.1.3, 10.1.4, 10.1.5, 10.3.2, 10.6, 11.1, 11.2.1, 11.3, 11.4, 11.5, 12.2, 12.6.2, 12.7.1, 13.1.2, 13.4.3, 13.4.4, 13.5.6, 13.5.7, 13.5.8, 14.2, 14.4, 15.1, 15.2, 16.2.1, 16.3, 16.4, 17.1, 17.2, 17.4, 17.6, 18.1, 18.2.1, 18.2.2, 18.2.3, 18.3, 18.7, A.1, A.3, A.4.2, Anhang B, Anhang C, D.1.2, F.1
Maschinen-Antriebselement	3.34, 3.11, 3.35, 3.56, 9.2.2, 9.2.5.4.2, 9.2.5.4.3, 9.3.4, 14.6
Neutralleiter (Symbol N)	3.37, 3.33, 5.1, 5.3.3, 7.2.3, 7.3.2, 9.4.3.1, 12.7.2, 13.2.3, 13.2.4, D.3
NOT-AUS-Gerät	3.18, 9.2.5.4.1, 9.2.5.4.3, 10.2.1, 10.8, 12.7.1
NOT-HALT-Gerät	3.17, 9.2.4, 9.2.7.2, 10.7, 10.8.1
Potentialausgleich	3.22, 3.27, 3.43, 8.1
Redundanz	3.46, 9.4.1, 9.4.2.2
Referenzkennzeichen (Betriebsmittelkennzeichen)	3.47, 11.2.1, 16.5, 17.3, 17.9, Anhang B
Risiko	3.48, 1, 3.31, 3.33, 3.43, 3.50, 3.53, 4.1, 4.2.2, 5.4, 9.2.4, 9.2.5.3, 9.2.5.4.1, 9.2.5.4.2, 9.2.6.2, 9.2.7.4, 9.4.1, 9.4.2, 11.4, 13.2.1, 13.4.2, 16.2.1, 16.2.2, A.1, Anhang E, F.1
Schaltanlagen und/oder Schaltgeräte für Energieverbrauch	3.10, 4.2.2, 6.3.2.2, 9.2.5.4.3, 11.1, 11.2.1, 11.2.2, 11.3, 11.5, 16.4, Anhang B
Schaltgerät	3.55, 3.10, 5.3.2, 5.3.3, 6.2.4, 7.2.10, 7.3.2, 8.2.4, 9.2.5.4.3, 9.4.2.1, 9.4.3.1, 13.4.4, 13.4.5
Schutzeinrichtung	3.49, 3.50, 4.1, 9.3.1, 17.2
Schutzleiter	3.45, 3.44, 5.1, 5.2, 8.2.1, 8.2.2, 8.2.3, 8.2.6, 8.2.7, 8.2.8, 8.4, 12.7.2, 12.7.3, 12.7.4, 13.1.1, 13.1.2, 13.2.2, 13.2.4, 18.2.2, A.1, A.2, A.4.1, Anhang B
Schutzleitersystem	3.44, 5.1, 6.4.1, 7.2.4, 8.1, 8.2, 8.4, 9.1.1, 9.4.2.1, 9.4.3.1, 12.7.2, 13.1.1, 13.4.5, 13.5.1, 15.1, 15.2.1, 18.1, 18.2.2, 18.2.3, 18.3, 18.4, A.3, A.4.2
Schutz-Potentialausgleich	3.43, 3.44, 3.45, 5.1, 6.3.3, 6.4.1, 7.2.4, 8.1, 8.2, 8.3, 9.1.1, 9.4.2.1, 9.4.3.1, 12.7.2, 12.7.8, 13.1.1, 13.4.5, 13.5.1, 15.1, 15.2.1, 18.1, 18.2.2, 18.2.3, 18.3, 18.4, A.1, A.3, A.4.2
Stecker/Steckdosen-Kombination	3.41, 5.3.2, 5.3.3, 5.6, 8.2.4, 11.2.1, 13.1.2, 13.3, 13.4.5, 13.4.6, 18.2.3
Steuergerät	3.9, 3.17, 3.18, 9.1.1, 9.2.4, 9.2.5.2, 9.2.6.1, 9.2.6.2, 9.2.6.3, 9.3.4, 9.4.2.1, 10.1.2, 10.1.3, 10.1.5, 10.5, 11.2.1, 11.2.2, 13.3, 16.3, 16.5, 17.6, Anhang B
Steuerstromkreis (einer Maschine)	3.8, 3.9, 3.42, 4.1, 5.3.5, 5.4, 7.2.4, 9.1.1, 9.1.2, 9.1.3, 9.3.5, 9.4.2.1, 9.4.2.2, 9.4.2.3, 9.4.3.1, 9.4.3.3, 11.2.2, 12.2, 12.4, 12.7.8, 13.2.4, 13.4.5, D.1.3
technische Schutzmaßnahmen	3.50, 3.32, 4.1, 17.2
Überlast (eines Stromkreises)	3.40, 7.1, 7.3.1, 7.3.2, 7.3.3, 9.2.5.5, 9.4.3.1, 14.1, 14.6, 15.1, Anhang B, D.2
Überstrom	3.39, 3.40, 3.52, 6.3.3, 7.1, 7.2, 7.7, 8.2.4, 9.1.3, 9.4.3.1, 14.1, 14.6, 15.1, 15.2.2, 17.4, 18.2.2, A.1, A.2, Anhang B, D.2, D.3
Umgebungstemperatur	3.2, 12.1, 12.4, A.4.3, Anhang B

ungesteuertes Stillsetzen	3.56 , 9.2.2
Verriegelung (als technische Schutzmaßnahme)	3.32 , 1, 6.2.2, 9.1.1, 9.2.5.3, 9.2.6.3, 9.3, 9.4.2.3, 11.2.2, 13.4.5, 17.2
zu öffnender Elektro-Installationskanal	3.5 , 3.14, 13.1.3, 13.4.2, 13.5.1, 13.5.6
Zugangsebene (Bedienebene)	3.51 , 5.3.4, 10.1.2, 11.2.1
Zwangsöffnung (eines Schaltgliedes)	3.13 , 9.4.2.1, 10.1.4, 10.8.2

Anhang ZA (normativ)

Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

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).

ANMERKUNG Wenn internationale Publikationen durch gemeinsame Abänderungen geändert wurden, durch (mod) angegeben, gelten die entsprechenden EN/HD.

Publikation	Jahr	Titel	EN/HD	Jahr
IEC 60034-1	— ¹⁾	Rotating electrical machines Part 1: Rating and performance	EN 60034-1	2004 ²⁾
IEC 60034-5	— ¹⁾	Rotating electrical machines Part 5: Degrees of protection provided by the integral design of rotating electrical machines (IP code) – Classification	EN 60034-5	2001 ²⁾
IEC 60034-11	— ¹⁾	Rotating electrical machines Part 11: Thermal protection	EN 60034-11	2004 ²⁾
IEC 60072-1	— ¹⁾	Dimensions and output series for rotating electrical machines Part 1: Frame numbers 56 to 400 and flange numbers 55 to 1 080	—	—
IEC 60072-2	— ¹⁾	Dimensions and output series for rotating electrical machines Part 2: Frame numbers 355 to 1 000 and flange numbers 1 180 to 2 360	—	—
IEC 60073	2002	Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Coding principles for indicators and actuators	EN 60073	2002
IEC 60309-1	1999	Plugs, socket-outlets and couplers for industrial purposes Part 1: General requirements	EN 60309-1 + A11	1999 2004
IEC 60364-4-41	2001	Electrical installations of buildings Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock	—	—
IEC 60364-4-43 + Corr. August	2001 2002	Electrical installations of buildings Part 4-43: Protection for safety – Protection against overcurrent	—	—
IEC 60364-5-52	2001	Electrical installations of buildings Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems	—	—
IEC 60364-5-53 + A1	2001 2002	Electrical installations of buildings Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Isolation, switching and control	—	—

¹⁾ Undatierte Verweisung.

²⁾ Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm gültige Ausgabe.

Publikation	Jahr	Titel	EN/HD	Jahr
IEC 60364-5-54, (mod)	2002	Electrical installations of buildings Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors	HD 60364-5-54	2006 ^{N5)}
IEC 60364-6-61	2001	Electrical installations of buildings Part 6-61: Verification – Initial verification	–	–
IEC 60417	data- base	Graphical symbols for use on equipment	–	–
IEC 60439-1	1999	Low-voltage switchgear and controlgear assemblies Part 1: Type-tested and partially type-tested assemblies	EN 60439-1	1999
IEC 60445 + Corr. Juli	1999 2002	Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of equipment terminals and of terminations of certain designated conductors, including general rules for an alphanumeric system	EN 60445	2000
IEC 60446 + Corr. Juli	1999 2002	Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of conductors by colours or numerals	EN 60446	1999
IEC 60447	2004	Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Actuating principles	EN 60447	2004
IEC 60529 + A1	1989 1999	Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)	EN 60529 + Corr. May + A1	1991 1993 2000
IEC 60617	data- base	Graphical symbols for diagrams	–	–
IEC 60621-3	1979	Electrical installations for outdoor sites under heavy conditions (including open-cast mines and quarries) Part 3: General requirements for equipment and ancillaries	–	–
IEC 60664-1, (mod)	1992	Insulation coordination for equipment within low- voltage systems Part 1: Principles, requirements and tests	EN 60664-1 ³⁾	2003
IEC 60947-1	2004	Low-voltage switchgear and controlgear Part 1: General rules	EN 60947-1 + Corr. Nov.	2004 2004
IEC 60947-2	2003	Low-voltage switchgear and controlgear Part 2: Circuit-breakers	EN 60947-2	2003
IEC 60947-3 + Corr. Juli	1999 1999	Low-voltage switchgear and controlgear Part 3: Switches, disconnectors, switch- disconnectors and fuse-combination units	EN 60947-3	1999
IEC 60947-5-1	2003	Low-voltage switchgear and controlgear Part 5-1: Control circuit devices and switching elements – Electromechanical control circuit devices	EN 60947-5-1 + corr. July	2004 2005
IEC 60947-7-1 + Corr. März	2002 2003	Low-voltage switchgear and controlgear Part 7-1: Ancillary equipment – Terminal blocks for copper conductors	EN 60947-7-1	2002

^{N5)} HD 60364-5-54 wurde 2007 veröffentlicht.

³⁾ EN 60664-1 enthält A1:2000 + A2:2002 zu IEC 60664-1 (mod.)

IEC 61082-1 + Corr. November	1991 1993	Preparation of documents used in electrotechnology Part 1: General requirements	EN 61082-1	1993
IEC 61082-2	1993	Preparation of documents used in electrotechnology Part 2: Function-oriented diagrams	EN 61082-2	1994
IEC 61082-3	1993	Preparation of documents used in electrotechnology Part 3: Connection diagrams, tables and lists	EN 61082-3	1994
IEC 61082-4	1996	Preparation of documents used in electrotechnology Part 4: Location and installation documents	EN 61082-4	1996
IEC 61140	2001	Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment	EN 61140	2002
IEC 61310	Series	Safety of machinery – Indication, marking and actuation	–	–
IEC 61346	Series	Industrial systems, installations and equipment and industrial products – Structuring principles and reference designations	EN 61346	Series
IEC 61557-3	1997	Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 kV a.c. and 1,5 kV d.c. – Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures Part 3: Loop impedance	EN 61557-3	1997
IEC 61558-1, (mod) + A1	1997 1998	Safety of power transformers, power supply units and similar Part 1: General requirements and tests	EN 61558-1 + corr. April + A1 + A11 ⁴⁾	1997 2003 1998 2003
IEC 61558-2-6	– ¹⁾	Safety of power transformers, power supply units and similar Part 2-6: Particular requirements for safety isolating transformers for general use	EN 61558-2-6	1997 ²⁾
IEC 61984	2001	Connectors – Safety requirements and tests	EN 61984	2001
IEC 62023	2000	Structuring of technical information and documentation	EN 62023	2000
IEC 62027	2000	Preparation of parts lists	EN 62027	2000
IEC 62061 + Corr. Juli	2005 2005	Safety of machinery – Functional safety of safety- related electrical, electronic and programmable electronic control systems	EN 62061	2005
IEC 62079	2001	Preparation of instructions – Structuring, content and presentation	EN 62079	2001
ISO 7000	2004	Graphical symbols for use on equipment – Index and synopsis	–	–
ISO 12100-1	2003	Safety of machinery – Basic concepts, general principles for design Part 1: Basic terminology, methodology	EN ISO 12100-1	2003
ISO 12100-2	2003	Safety of machinery – Basic concepts, general principles for design Part 2: Technical principles	EN ISO 12100-2	2003
ISO 13849-1	1999	Safety of machinery – Safety-related parts of control systems Part 1: General principles for design	–	–

⁴⁾ EN 61558-1 wurde durch EN 61558-1:2005 ersetzt, die auf IEC 61558-1:2005 basiert.

ISO 13849-2	2003	Safety of machinery – Safety-related parts of control systems Part 2: Validation	EN ISO 13849-2	2003
ISO 13850	1996	Safety of machinery – Emergency stop – Principles for design	–	–

Anhang ZZ (informativ)

Zusammenhang mit grundlegenden Anforderungen von EG-Richtlinien

Diese Europäische Norm wurde unter einem Mandat erstellt, das von der Europäischen Kommission und der Europäischen Freihandelszone an CENELEC gegeben wurde. Diese Europäische Norm deckt innerhalb ihres Anwendungsbereiches

- nur die folgenden grundlegenden Anforderungen ab, die in Anhang I der EG-Richtlinie 98/37/EG enthalten sind:
 - 1.1.2
 - 1.2
 - 1.5.1
 - 1.5.4
 - 1.6.3 (für die Trennung der elektrischen Energieversorgung der Maschine)
 - 1.6.4 (für den Zugang zur elektrischen Ausrüstung)
 - 1.7.0
 - 1.7.1
 - 1.7.2 (für ein Restrisiko elektrischer Art)
 - 1.7.4(c).

Die Übereinstimmung mit dieser Norm ist eine Möglichkeit, die Konformität mit den festgelegten grundlegenden Anforderungen der betreffenden EG-Richtlinie zu erklären.

WARNHINWEIS: Für Produkte, die in den Anwendungsbereich dieser Norm fallen, können weitere Anforderungen und weitere EG-Richtlinien anwendbar sein.
