

Peter Bryner
Daniel Hofmann
Markus Marfurt
Pius Nauer
Hans R. Ris
Urs Schmid
Josef Schmucki

NIN COMPACT NIBT

Maximales Know-how – minimales Volumen



VSEI Ideen verbinden
USIE Idées branchées
Idee in rete

ELECTROSUISSE
Luppenstrasse 1 / Postfach 269
8320 Fehraltorf

Tel: 044 / 956 11 11
Fax: 044 / 956 11 22
e-mail: nin@electrosuisse.ch
<http://www.electrosuisse.ch>

VSEI
VERBAND SCHWEIZERISCHER
ELEKTRO-INSTALLATIONSFIRMEN
Limmatstrasse 63 / Postfach 2328
8031 Zürich

Tel: 044 / 444 17 17
Fax: 044 / 444 17 18
e-mail: info@vsei.ch
<http://www.vsei.ch>

5. Auflage 2014

Herausgeber: Electrosuisse, 8320 Fehraltorf
Herstellung: Electrosuisse, 8320 Fehraltorf
Druck: Somedia Production, 7007 Chur

© 2014, Electrosuisse Fehraltorf
(Nachdruck, Vervielfältigung und Übersetzungen auch auszugsweise verboten)

ISBN 978-3-905214-89-5

Vorwort der Autoren

Die auf den 1. Januar 2000 vom SEV eingeführte NIN 2000 – in Papierform als grosser Ordner und digitalisiert auf einer CD – wurde in der Praxis gut aufgenommen. Vor allem die CD findet in Anwenderkreisen grossen Anklang; lässt sich doch dank der guten Erschliessung für (fast) jedes Installationsproblem rasch ein entsprechender Normen Hinweis finden. Allerdings entstand bei den Benutzern schon bald nach Erscheinen das Bedürfnis nach einer «schlankeren» NIN, die man nicht nur bequemer mit sich führen kann, sondern sich auch in «abgespeckter» Version auf das Wesentliche in der elektrischen Installationstechnik beschränkt.

Diesem Wunsch wird nun mit der NIN COMPACT als Ringordner A5 entsprochen. Darin finden Elektrofachleute die wesentlichsten Teile der NIN 2000 in kompakter Form, verständlich und praxisnah verfasst. NIN COMPACT erleichtert damit nicht nur die normgerechte Installation, durch sie wird auch das bereits bestehende hohe Sicherheitsniveau auf dem Gebiet der elektrischen Installationstechnik weiter angehoben. Mit dem Werk erhalten nicht nur Lehrlinge, sondern auch erfahrene Praktiker einen leichteren Zugang zu den gültigen Regeln der Technik.

Die NIN 2000 bleibt die Basisnorm. Alle relevanten internationalen IEC- und Cenelec-Normen sind in der NIN 2000 angepasst und integriert. Sie bleibt die Grundlage für die Erstellung von Elektroinstallationen. Updates werden entsprechend der internationalen Normensituation herausgegeben.

Herausgegeben wird die NIN COMPACT vom Schweizerischen Elektrotechnischen Verein SEV und dem AZ Verlag mit der Fachzeitschrift Elektrotechnik. Die Autoren sind erfahrene Fachleute auf dem Sektor Schulung und Ausführung elektrischer Anlagen. Ihr umfangreiches Know-How floss in viele eingearbeitete Beispiele ein, die dem Anwender die richtige Umsetzung der Normen zeigen.

Die Gestaltung der NIN COMPACT ist sehr übersichtlich. Der didaktisch gut gestaltete Text, die eingearbeiteten Grafiken und Tabellen erschliessen die Thematik lesefreundlich. Eine grau hinterlegte, schmale Hinweisspalte macht mit Symbolen und Stichworten auf Wichtiges aufmerksam.

Der Aufbau entspricht der bekannten Struktur der NIN 2000, eingeführt durch fachliche Grundlagen und ergänzt durch die wichtigsten Begriffe in einem Stichwortverzeichnis. Im Fach- und im Normenteil wurden bewusst einige «Doppelspurigkeiten» mitgeführt. Einerseits ist für das Verständnis der Normen ein minimaler elektrophysikalischer Background notwendig und anderseits kann so der Normentext lesbarer gestaltet werden.

Die beiden Projektleiter Hans R. Ris, AZ-Verlag und Werner Tanner, SEV danken allen, die im Projekt mitgearbeitet haben. Ein spezieller Dank geht an Frau Eliane Andenmatten. Sie hat mit ihrem beispiellosen Einsatz und ihrem Können wesentlich zum Gelingen von NIN COMPACT beigetragen.

Aarau/Fehraltorf, August 2001

Peter Bryner, Ernst Feldmann, Hans R. Ris, Josef Schmucki

Vorwort zur 5. Auflage

Synchronisiert mit der Inkraftsetzung der NIN 2015 auf 1. Januar 2015 liegt auch die aktualisierte NIN COMPACT in bekannter Form vor. Sie hat sich seit ihrer Einführung im August 2001 zu einem Bestseller entwickelt. Die NIN COMPACT dient in der Aus- und Weiterbildung als Fachbuch und dem Praktiker als kompetentes Nachschlagewerk im Alltag. Die kompakte Form bleibt das Geheimnis ihres Erfolges.

Im Gegensatz zur SN 411000:2015 (NIN), die aus rechtlichen Gründen die elektrische Installationstechnik flächendeckend und vollständig erfasst, haben sich die Autoren der NIN COMPACT auf das Wesentliche beschränkt. Der bisherige Erfolg zeigt, dass dies gut gelungen ist. Neben der Aktualisierung wurden außerdem verschiedene Verbesserungen vorgenommen.

Aussagekräftige Bilder, ergänzende Hinweise, schlankere Formulierungen und übersichtlichere Gliederung tragen zu einer besseren Erschliessung der NIN COMPACT bei. Ähnlich wie in der «grossen» NIN die Beispiele und Erläuterungen (B+E) den jeweiligen Kapiteln zugeordnet sind, wurden für diese Ausgabe viele Teile des Fachteils direkt den jeweiligen Kapiteln der Norm zugeordnet.

Neu wird die NIN COMPACT auch als App für iOS- und Android-Tablets herausgegeben. Um die Vorteile als App-Anwendung richtig nutzen zu können, wie z.B. einem Link per «Klick» zu folgen, wurden Anpassungen am Layout erforderlich.

Wir bedanken uns bei Heinz Boxler, Roland Kluser, Armin Reisch und Marius Stulz für die vielen wertvollen Hinweise aus der Praxis und aus der Schulung. Zudem geht ein besonderer Dank an Lisa Wörzler für die grosse Unterstützung durch ihre Arbeit.

Bemerkungen, Ergänzungen und Wünsche aus Fachkreisen nehmen die Autoren gerne entgegen.

Fehraltorf, Juli 2014

*Peter Bryner, Daniel Hofmann, Pius Nauer, Markus Marfurt,
Hans R. Ris, Urs Schmid, Josef Schmucki*

Hinweise zur Benutzung der NIN COMPACT

Allgemeine Symbole

zulässig	möglich, nicht sinnvoll, aber man darf	
richtig	normale sinnvolle Anwendung	
erforderlich	muss, ist erforderlich	
nicht möglich	baulich, physikalisch	
unzulässig	verboten, man darf nicht	

Symbole für Verweise

Verweis auf die NIN 2015 digital	
Verweis auf die NIN 2015	
Verweis auf ein anderes Kapitel in der NIN COMPACT	
Verweis auf ein anderes Dokument (EN, HD, SEV, ...)	

Symbole für Leiterbezeichnungen

Leiter	Aussenleiter	—
Neutralleiter N	mit Verbindung zum Sternpunkt	/
Schutzleiter PE	geerdeter Leiter	/
PEN-Leiter	Neutralleiter mit Schutzfunktion	/

Struktur, Aufbau, Nummerierung

Der Aufbau und die Nummerierung im Normenteil der NIN COMPACT entsprechen jenen der NIN 2015.

Die graue vertikale Markierung kennzeichnet eine fachliche Erläuterung. Die graue horizontale Linie weist auf einen Link hin.

Der Teil 2 (Stichwortverzeichnis und Begriffsbestimmungen) wurde überarbeitet und die Begriffe und das Stichwortverzeichnis wurden zusammengefasst. Die erklärten Begriffe sind in der alphabetischen Reihenfolge **fett** dargestellt.

Änderungen

Durchgängige, generelle Änderungen

Nebst vielen partiellen Änderungen, welche nur einen Teil, einen Abschnitt, eine Bestimmung oder gar nur ein Betriebsmittel betreffen, wurden einige durchgängige Änderungen vorgenommen. Diese generellen Änderungen erleichtern das Lesen und machen die Norm dadurch verständlicher.

Die wichtigsten Anforderungen der NISV SR 814.710), welche NS-Installationen betreffen, sind integriert worden. (siehe 1.3.1.6; 3.3.2 und 5.2.11.15)

Doppeltitel Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren) und Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren)

In den neueren IEC und CENELEC-Dokumenten werden die Doppelbezeichnungen für «Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren)» und «Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren)» verwendet. Diese Bezeichnungen wurden in dieser Ausgabe beibehalten.

Konsequente Terminologie bei den Bezeichnungen der Titelebenen

Die folgende Bezeichnung der Titelebenen ist als einheitliche Terminologie eingeführt worden:

1 Teil

1.1 Kapitel

1.1.1 Abschnitt

1.1.1.1 Unterabschnitt

1.1.1.1.1 Unterabschnitt

Partielle Änderungen

1 Anwendungsbereich, Zweck und allgemeine Grundsätze

Dieser Teil hat keine Änderungen erfahren.

2 Begriffsbestimmungen

Die im Kapitel 2.1 (harmonisierte Begriffe) nicht enthaltenen, jedoch in der NIN verwendeten Begriffe sind im Kapitel 2.2 (nationale Begriffe) enthalten. Diejenigen Begriffe, welche nur in einzelnen Kapiteln des Teil 7 verwendet werden, sind im jeweiligen Kapitel unter 7.xx.2 aufgeführt.

3 Bestimmungen allgemeiner Merkmale

Keine weiteren Änderungen.

4 Schutzmassnahmen

Für die beiden Kapitel 4.2 und 4.3 sind neue Harmonisierungs-Dokumente eingearbeitet worden. Dabei wurden gleichzeitig die Bestimmungen aus dem Kapitel 4.8 in das Kapitel 4.2 integriert.

Der neue, umfangreiche Abschnitt 4.4.4 «Massnahmen gegen elektromagnetische Einflüsse» ist die Integration des entsprechenden Harmonisierungs-Dokumentes.

5 Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel

Für die beiden Kapitel 5.1, 5.2 und 5.3 sind einige Ergänzungen und Präzisierungen, auch aufgrund neuer Harmonisierungs-Dokumente eingearbeitet worden.

Der Abschnitt 5.3.9 Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen – Installationsverteiler für die Bedienung durch Laien (DBO) wurde aufgrund der aktuellen EN 61439 vollständig überarbeitet.

Aufgrund der Überarbeitung der Brandschutzrichtlinien des VKF und eines neuen Harmonisierungs-Dokumentes wurde das Kapitel 5.6 überarbeitet.

6 Prüfungen

Im Teil 6 wurde nur eine Präzisierung über die Qualifikation von Personen für die Durchführung von Prüfungen hinzugefügt.

7 Zusatzbestimmungen für Räume, Bereiche und Anlagen besonderer Art

Dieser Teil, welcher Zusatzbestimmungen für Räume, Bereiche und Anlagen besonderer Art enthält, hat – vor allen in der «grossen» NIN starke Änderungen und Erweiterungen erfahren. Einige Kapitel sind praktisch unverändert geblieben, einige sind leicht überarbeitet, und andere sind neu hinzugefügt worden.

Adressverzeichnis

ELECTROSUISSE

Luppmenstrasse 1 / Postfach 269
8320 Fehrlitorf

Tel: 044 / 956 11 11

Fax: 044 / 956 11 22

e-mail: nin@electrosuisse.ch
<http://www.electrosuisse.ch>

VSEI

VERBAND SCHWEIZERISCHER
ELEKTRO-INSTALLATIONSFIRMEN
Limmatstrasse 63 / Postfach 2328
8031 Zürich

Tel: 044 / 444 17 17

Fax: 044 / 444 17 18

e-mail: info@vsei.ch
<http://www.vsei.ch>

VEREINIGUNG KANTONALER FEUERVERSICHERUNG

Bundesgasse 20
3011 Bern

Tel: 031 / 320 22 22

Fax: 031 / 320 22 99

<http://www.vkf.ch>

ESTI

EIDGENÖSSISCHES STARKSTROMINSPEKTORAT
Luppmenstrasse 1
8320 Fehrlitorf

Tel: 044/ 956 12 12

Fax: 044 / 956 12 22

e-mail: esti@esti.ch
<http://www.esti.ch>

SUVA

SCHWEIZERISCHE
UNFALLVERSICHERUNGSANSTALT
Fluhmattstrasse 1
6004 Luzern

Tel: 0848 / 83 08 30

Fax: 0848 / 83 08 31

<http://www.suva.ch>

VSEK / ASCE

Zentralvorstand
Postfach 212
7504 Pontresina

[www.vsek.ch/](http://www.vsek.ch)
info@vsek.ch

Verzeichnis für Begriffe und Stichworte

Abdeckung	Schutz gegen direktes Berühren in allen üblichen Zugangs- oder Zugriffsrichtungen gewährt wird (wenigstens IP 2X) und gegebenenfalls einen Schutz gegen Lichtbögen von Schaltgeräten und ähnlichem bietet.	5.1.1.3
Abdeckung	Arbeiten in der Nähe von unter Spannung stehenden Teilen	F1.1.2
	Arbeiten unter Spannung AuS	F1.1.3
	automatische Abschaltung	4.1.1.1
	Basisschutz	4.1.A.2
	Schutztrennung	4.1.3.1
	SELV, PELV	4.1.4.4
	Fluchtwege	4.2.2.2
	Spannungsführende Teile	5.1.1.3
	mechanische Beanspruchungen	5.2.2.6
	Luft- und Kriechstrecken	5.3.9.8.3
	Basisschutz	5.3.9.8.4
	Steckvorrichtungen	5.3.10
	Sichtprüfung	6.1.2
Abgang	Funktionseinheit, die üblicherweise für die Abgabe elektrischer Energie an einen oder mehrere abgehende Stromkreise bestimmt ist.	5.3.9.9.3
Ableitstrom	Strom in einem unerwünschten Strompfad unter üblichen Betriebsbedingungen.	2.1.11.20
Ableitstrom	Ableitstrom	F2.3.6
	Verträglichkeit	3.3.1
	Schutzleiterströme	5.1.6
	Brandschutz	5.3.2
	Differenzstromüberwachung	5.3.8.5
	PV-Anlagen	7.12.4.4.3

Abschaltzeit	Personenschutz	F1
	Kurzschlusschutz	4.1.1.3.2
	System TN	4.1.1.4
	Wärmeenergie	E4.2.1
	Kurzschluss-Schutzeinrichtung	4.3.4.3 §1
	Berechnung	4.3.4.3 §2
	Mindestquerschnitte	5.4.3.1 §2
	Automatische Abschaltung der Stromversorgung	6.1.3.6
	wiederkehrende Prüfung	6.2.1 §2
Abschirmung	TN-Systeme	E3.1.1.1
	Äussere Wärmequelle	5.2.2.2 §1
	Leitungen dürfen nicht in der Nähe von ander ...	5.2.8.3
	DC Hauptleitung	7.12.5.4
	Kennzeichnungen	7.53.5.1
abschliessbar	Elektrische Anlagen und Installationen	4.6.2.2 §1
Abschrankung	Für spezielle Räume, Bereiche und Anlagen be ...	4.1.0.3 §4
	Allgemeines	5.1.3.1
Abzweigdosen	Unterteilung Stromkreise	3.1.4.2
	mit brennbaren Stoffen	4.2.2.4
	Schutz bei Überlast	4.3.3.3
	Verbindungsstellen in ortsfesten Leitungen	5.2.6.2
	spezielle Abzweigdosen	5.3.2.1
	Schutzleiteranschluss	5.4.3.2
	Klemmen von Leitungen	5.5.9.6
Ader	Leiter mit seiner Isolierhülle in einer Leitung.	2.2.1.1
Ader	Bestimmte Schutzmassnahmen	4.1.0.3 §7
	Kennzeichnung	5.1.4
	Umgebungseinflüsse	5.2.1.1 §1

Aderfarbe / Aderkennzeichnung	Kennzeichnung Verbindungen in SK	5.2.1.1.4 5.3.9.8.6
Aderleitung	Wenn bestimmte Schutzmassnahmen nicht erfüll ... Mehrere Stromkreise in einem Elektroinstalla ... Strombelastbarkeit Aufbau der Leitungen	4.1.0.3 §9 5.2.1.7 §2 5.2.3 5.2.3.1.1.3
AFDD	Brandschutz Störlichtbogen-Schutzeinrichtungen	4.2.1.3 5.3.2.7
Aktives Teil	Leiter oder leitfähiges Teil, der/das dazu vorgesehen ist, im üblichen Betrieb unter Spannung zu stehen, einschliesslich eines Neutralleiters, vereinbarungsgemäss jedoch nicht eines PEN Leiters, PEM Leiters und PEL Leiters. <i>Dieser Begriff besagt nicht unbedingt, dass das Risiko eines elektrischen Schlags besteht.</i>	2.1.12.08
aktives Teil	Schutzmassnahmen in Niederspannungsanlagen Schutzklassen Basisschutz Schutz bei Fehlerströmen EMV Allgemeines Basisschutz Schutzkasse II SELV PELV AFDD Mehrere Stromkreise Sicherungssysteme	F2.3 F2.4 1.3.1.2 1.3.1.5 1.3.1.6 4.1.1.1 4.1.A.2 4.1.2.1 4.1.4.3 4.2.1.3 4.6.2.3 5.3.3.3
allpolig	Schalter zum betriebsmässigen Schalten Allgemeines	4.6.5.1 §1 5.3.8.1
Anlagebesitzer	Andere Vorschriften Grundsatz Schutz-Potenzialausgleich	1.0.3 3.1.4 §1 4.1.1.3.1.2

	Heizungssysteme	7.53.5.2
Anlagen, provisorische	Anlagen, die nach kurzer Zeit durch eine definitive Anlage ersetzt oder endgültig abgebrochen werden, wie Versuchseinrichtungen und dgl.	2.2.1.2
Anlagen, provisorische	Die NIN gilt für die Planung, Errichtung und... Provisorische Anlagen dürfen entsprechend de ...	1.1.1 §1 5.1.A.1 §3
Anlagen, temporäre	Anlagen, die öfters abgebrochen und wieder erstellt werden, wie Schaubuden, Karussells, Baukrane und dgl.	2.2.1.3
Anlagen, temporäre	Die NIN gilt für die Planung, Errichtung und... Einteilung der äusseren Einflüsse	1.1.1 §1 5.1.A
Anschlussleitung	Leitung des Energielieferanten bis zu den Eingangsklemmen des Anschlussüberstromunterbrechers.	2.2.1.4 Fig. 2.2.1.69
Anschlussleitung	Schutz-Potenzialausgleich Im System TN ist die Erdung der elektrischen ... Die Berechnung der maximal zulässigen Abscha ... EMV Sternförmig Alle Verbindungen müssen für Besichtigung, P ... PV-SPD	E4.1.1.3 4.1.1.4 §1 4.3.4.3 §2 5.2.2.15 5.2.6.1 §3 7.12.4.4.3.8
Anschlussüberstromunterbrecher	Überstromunterbrecher zwischen der Anlage des Energielieferanten und der Niederspannungsinstallation.	2.2.1.6 Fig. 2.2.1.69
Anschlussüberstromunterbrecher	Elektrische Anlagen Stromversorgung In fest installierten Anlagen darf ein einz... Überstromschutz Überstromschutz SPD PEN-Leiter Ein Neutralleitertrenner muss an folgenden P... Erdungsleiter müssen den Anforderungen für S... EMV Spannungsfall	F2 E1.0.2.1 4.1.1.4 4.3.2.5 4.3.2.5 §4 4.4.3.4 4.6.1.2 4.6.2.1 5.4.2.3 5.2.2.15 E5.2.5

	Bemessung Erdungsleiter	5.4.2.3
	SPA	5.4.4.1
	Prüfung	6.1.3.6.1
	Kennzeichnung PV-Anlagen	7.12.5.1.4
Apparate- steckvorrichtung	Steckvorrichtung, deren Stecker für den unmittelbaren Zusammenbau mit Apparaten bestimmt ist.	2.2.1.8
Arbeitsstätten / Arbeitsplätze	Orte im Betrieb oder ausserhalb des Betriebs, an dem sich Arbeitnehmer oder Arbeitnehmerinnen zur Ausführung der ihnen zugewiesenen Arbeiten aufzuhalten haben.	2.2.1.9
Arbeitsstätte	Basisschutz bei Steckverbindungen An folgen ... Wahl der Steckvorrichtungen in Abhängigkeit ... Anwendungsbereich med.	5.1.2.1 §7 5.3.10.3 7.10.1
Auflösung	Spezielle Bedingungen für PEN-, Schutz- und ... bei der Auflösung von System TN-C in TN-S	4.6.1.2 4.6.2.1 §4
Aufschriften	Grundsatz Geräteaufschriften Aufschriften	5.1.1.1 5.1.A.1.5 5.3.9.10
Aufteilung	Stromkreisaufteilung Aufteilung in Stromkreise	E3.1.3 3.1.4
Ausleger	Trageteile, nur an einem Ende befestigt und in Abständen waagerecht angebracht, auf denen Kabel und/oder Leitungen verlegt sind.	2.1.15.10
Ausschalten für nicht elektrische Instandhaltung	Öffnen der Kontakte einer Schalteinrichtung, das dazu bestimmt ist, ein einzelnes oder mehrere elektrische Betriebsmittel auszuschalten, um eine andere Gefahr als die durch elektrischen Schlag oder Lichtbögen während nicht elektrischer Arbeiten an diesen Betriebsmitteln zu verhüten.	2.1.17.02

Aussenleiter (Polleiter) (Symbol L)	Leiter, der im üblichen Betrieb unter Spannung steht und in der Lage ist, zur Übertragung oder Verteilung elektrischer Energie beizutragen, aber kein Neutralleiter oder Mittelleiter ist.	2.1.14.09
Aussenleiter (Polleiter)	Fehler in elektrischen Anlagen	F2.3.1
	Berührungsstrom	F2.3.3
	Stromversorgung	1.3.2.2
	System nach Art der Erdverbindung	3.1.2
	Automatische Abschaltung	4.1.1.3.2
	Schutz	4.3.1.1
	Schutzeinrichtung	4.3.3.2
	Massnahmen	4.6.1.1
	Trennen	4.6.2
	Betriebsmässiges Schalten	4.6.5
	Betriebsbedingungen	5.1.2.1
	Strombelastbarkeit	5.2.3
	Mindestquerschnitte von Leitern	5.2.4
	Bauanforderungen	5.3.9.8.6.
	Steckvorrichtungen	5.3.10.6
	Isolationswiderstände	6.1.3
Automatische Abschaltung der Stromversorgung	Unterbrechung eines oder mehrerer Aussenleiter durch selbsttägiges Ansprechen einer Schutzeinrichtung im Falle eines Fehlzustands.	2.1.12.18
automatische Abschaltung	Fehlerschutz	1.3.1.2.2
	Schutzmassnahme: Automatische Abschaltung de ...	4.1.1
	Allgemeines	4.1.3.1
	Allgemeines	4.3.1
	Überstromschutzeinrichtungen	5.3.1.2
	Schutz gegen elektrischen Schlag	5.5.9.9
	Messungen dürfen nur mit geprüften Messgerät ...	6.1.3.1 §1
	Automatische Abschaltung der Stromversorgung	6.1.3.6
Backup-Schutz	Kenngrössen	4.3.4.5

Badewanne oder Dusche	Räume mit Badewanne oder Dusche	7.01
Basisisolierung	Isolierung von gefährlichen aktiven Teilen als Basisschutz	2.1.12.14
	<i>Der Begriff «Basisisolierung» gilt nicht für eine Isolierung, die ausschliesslich Funktionszwecken dient.</i>	
Basisisolierung	Schutzklassen	F2.4
Basischutz	Wenn bestimmte Schutzmassnahmen nicht erfüll ...	4.1.0.3 §7
	Allgemeines	4.1.1.1
	Sonderisolierung	4.1.2.1
	Leitungen	4.1.2.2.4
	Schutzmassnahme: Schutz durch Kleinspannung ...	4.1.4
Basisschutz	Schutz gegen elektrischen Schlag, wenn keine Fehlzustände vorliegen. <i>Im Allgemeinen entspricht bei Niederspannungsanlagen, -netzen und -betriebsmitteln der Basisschutz dem Schutz gegen direktes Berühren.</i>	2.1.12.05
Baustelle	Baustellen	7.04
Bedienungsgang	Gang, genutzt zum Bedienen, wie Schalten, Steuern, Einstellen oder Überwachen, von elektrischen Einrichtungen.	2.1.10.09
Bedienungsgang	Fluchtwege	4.2.2.2.6
	Zugänglichkeit	5.1.3
Befestigungsmittel	Grundsatz	5.2.1.1 §1
	Leitungsverlegung	5.2.1.3
	Leitungen müssen so ausgewählt und errichtet ...	5.2.2.8 §1
	Falls erforderlich, müssen Vorkehrungen getr ...	5.2.6.1 §4

Belastbarkeit	Leistungsbedarf	F3.1
	Neutralleiter	4.3.1.2
	Überlastschutz	4.3.3
	Die Ansprech-Kennlinie der Überstrom-Schutze ...	4.3.3.2 §1
	Kurzschlusschutz	4.3.4
	Überstromschutz in Abhängigkeit der Art der ...	4.3.5
	Begrenzung	4.3.6
	Allgemeines und Arten von Leitungen	5.2.1
	Strombelastbarkeit	5.2.3
	Mindestquerschnitt	5.2.4.3
	SK	5.3.9.8.6
Beleuchtung	Leistungsbedarf	F3.1
	Stromkreisaufteilung	F3.3
	Tageslichtabhängige Steuerung	F3.3.1-4
	Geltungsbereich	1.1.1
	Planung	1.3.2
	Grundsatz	3.1.4 §1
	Allgemeines	3.5.1
	In jedem Teil einer Anlage muss eine und dür ...	4.1.0.3 §3
	Spannungsfall	E5.2.5
	Leuchten und Beleuchtungsanlagen	5.5.9
	Beleuchten von Fluchtwegen	5.6.1
	Die Stromquelle muss in einem geeigneten, be ...	5.6.2 §2
	Not- und Sicherheitsbeleuchtung	5.6.9
	Funktionsprüfung	6.1.3.10
	Beleuchtungsanlagen im Freien	7.14
	Kleinspannungs Beleuchtungsanlagen	7.15
Bemessungs-auslösestrom	Überstromschutz	4.3
	Steckdosen	5.1.2.1 §2
	Strombelastbarkeit	5.2.3
	Koordination von Fehlerstrom-Schutzeinrichtu ...	5.3.6.2.3
	Bemessungsstrom (In) der SK (Nennstrom)	5.3.9.5
	Querschnitt des Leiters, SK	5.3.9.8.8
	Steckvorrichtungen	5.3.10.7
	Automatische Abschaltung	6.1.3.6.1 §1

Bemessungs-	Automatische Abschaltung	4.1.0.3.3
differenzstrom RCD	Zusätzlicher Schutz durch RCD	4.1.1.1
	Schutz gegen elektrischen Schlag	4.1.5.1
	Schutzeinrichtungen	5.3.1
	Einrichtungen zum Brandschutz	5.3.2
	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) Typ F	5.3.2.2
	Koordination von Schutzeinrichtungen ...	5.3.6.2
	Steckvorrichtungen	5.3.10.4
Bemessungs- spannung	Spannung, durch die die elektrische Anlage oder ein Teil der elektrischen Anlage gekennzeichnet ist.	2.1.11.01
Bemessungsspannung	Bemessungswert	F2.2.1
	Verkettete	F2.3.4.2
	Stromversorgung	3.1.3.1
	Leitungen	4.1.2.2.4
	Schutztrennung	4.1.3.1
	Basis-, Fehlerschutz	4.1.4.2
	SELV- und PELV	4.1.4.4.5
	Schalten	4.6.5.1.4
	Betriebsbedingungen	5.1.2.1.1
	Höchste	5.2.1.7
	Spannungsfall	5.2.5
	Leitungen in Kanälen	5.2.8.1.1
	Kennzeichnungen SK	5.3.9.6
	Steckvorrichtungen	5.3.10
	Netz-PEN-Leiter	5.4.3.4
	Isolationswiderstand	E6.1.3.3
	PV-DC	7.12.5.3.7.3

Bemessungsstrom	PSA	F1.1.4
	Bemessungswert	F2.2.1
	Genormte	F2.2.3
	freizügig verwendbare Steckvorrichtung	4.1.1.3.3
	Überstromschutz	4.3
	Überlastschutz	4.3.3
	Die Ansprech-Kennlinie der Überstrom-Schutze ...	4.3.3.2 §1
	Kurzschlusschutz	4.3.4
	Überstromschutz in Abhängigkeit der Art der ...	4.3.5
	Not-Aus, Not-Halt	4.6.5.1.3
	Betriebsmässiges Schalten	4.6.5.1
	Betriebsmittel	5.1.2.1.2
	Ortsveränderliche Leitungen	5.2.4.4
	Schmelzeinsätze	5.3.3.3
	Koordination RCD	5.3.6.2.3
	Schalter Kondensatoren	5.3.7.5.5
	SK	5.3.9.1
	Kennzeichnungen SK	5.3.9.5
	Nachweis der Erwärmung	5.3.9.8.7
	Steckvorrichtung	5.3.10
	Auslösezeit	6.1.3.6
	Kennzeichnungen Bodenheizungen	7.53.5.1.4
Bemessungswert (Nennwert)	Wert einer Grösse, der im Allgemeinen vom Hersteller für eine festgelegte Betriebsbedingung einem Bauelement, einem Gerät oder einer Ausrüstung zugeordnet wird. <i>Beispiele für üblicherweise für Schmelzeinsätze angegebene Bemessungswerte sind Spannung, Stromstärke, Ausschaltvermögen.</i>	2.2.1.36
Bereich mit eingeschränkter Zugangs-berechtigung	Bereich, zu dessen Zugang nur Elektrofachkräfte und elektrotechnisch unterwiesene Personen berechtigt sind.	2.1.18.04

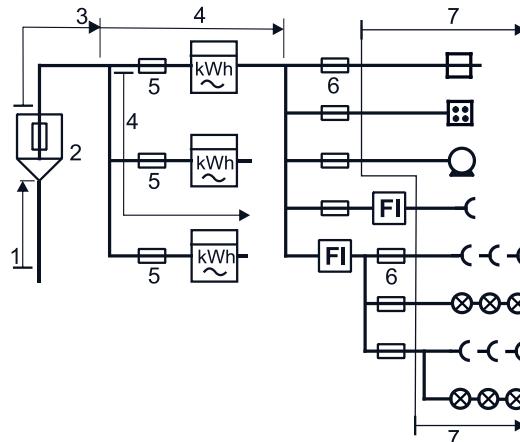
berührbar, gleichzeitig	Berührungsspannung, Berührungsstrom Hohe Temperatur Fehlerschutz Schutz-Potenzialausgleich Sonderisolierung Sichtprüfung	F2.3.3 1.3.4.1.6 4.1.1.3.1.1 E4.1.1.3 4.1.2.1 6.1.2 §2+3
berührbar, leitfähig	Schutz-Potenzialausgleich Schutz gegen elektrischen Schlag Schutz gegen elektrischen Schlag Schaltgerätekombination	4.1.1.3.1.2 4.1.5.2 §1 4.1.C.2 §2 5.3.9.1
berühren, direktes	Basisschutz Allgemeine Anforderungen Automatische Abschaltung Anforderungen an den Basisschutz Doppelte oder verstärkte Isolierung Anforderungen an den Basisschutz Basis- und Fehlerschutz Schutz gegen elektrischen Schlag SK	1.3.1.2.1 4.1.0.3.2 4.1.1.1 4.1.1.2 4.1.2.1 4.1.2.2 4.1.4.2 5.3.9.8.4
berühren, indirektes	Schutzklassen Fehlerschutz Fehlerschutzvorkehrung Vorkehrungen für den Fehlerschutz Fehlerschutz Anforderungen an den Fehlerschutz Doppelte oder verstärkte Isolierung Basis- und Fehlerschutz Anforderungen an den Basis- und Fehlerschutz Fehlerschutz mit RCD	F2.4 1.3.1.2.2 4.1.0.3.2 4.1.0.9 4.1.1.1 4.1.1.3 4.1.2.1 §1 4.1.2.2 4.1.4.2 5.3.1.3.5

Berührungsspannung	Spannung zwischen leitfähigen Teilen, wenn diese gleichzeitig von einem Menschen oder einem Tier berührt werden. <i>Der Wert der Berührungsspannung kann durch die Impedanz des mit diesen leitfähigen Teilen in elektrischem Kontakt stehenden Menschen oder Tieres merklich beeinflusst werden.</i>	2.1.11.05
Berührungsspannung, unbeeinflusste	Spannung zwischen gleichzeitig berührbaren leitfähigen Teilen, wenn solche leitfähigen Teile von einem Menschen oder einem Tier nicht berührt werden.	2.1.11.03
Berührungsstrom	Strom durch den Körper eines Menschen oder Tieres, wenn dieser Körper ein oder mehrere Teile einer elektrischen Anlage oder eines elektrischen Betriebsmittels berührt.	2.1.11.12
Berührungsstrom	Begrenzung	F1
	Wirkungen auf den Menschen	E1.3.1
	Fehlerstromkreis	2.3.2a
	Isolationsfehler	F2.3.3
Betreiber	Netzbetreiberin	1.3.1.1.2
	Besondere Anforderungen	1.3.2.2.5
	Anforderungen an das Erdreich	E4.1.A.2
	Art der Erder	E4.1.A.2
	Metallmantel und Fernmeldekabel	4.1.1.3.1.2
	System TN	4.1.1.4.1
	Anschlussüberstromunterbrecher	4.3.2.5.1
	Speisepunkt	4.3.4.1
	Herstellerangaben	5.1.2.1.1.5
	Äußere Einflüsse	5.1.A.1.2
	RCD	5.3.1.3.4
	Risikobewertung Brandschutz	5.3.2.1
	Anschluss einer Stromerzeugungsanlage	E5.5.1
	PV-Anlagen	7.12.4.4.3
	Verantwortlichkeiten	7.61.1.1.2
Betriebserdung eines Netzes (Netzbetriebserdung)	Schutzerdung und Funktionserdung eines oder mehrerer Punkte in einem Elektrizitätsversorgungsnetz.	2.1.13.11

Betriebsmässiges Schalten	Handlung, die dazu bestimmt ist, die elektrische Energieversorgung für eine elektrische Anlage oder für einen Teil der Anlage im normalen Betrieb einzuschalten oder zu verändern.	2.1.17.05
Betriebsmittel	Produkt, das zum Zweck der Erzeugung, Umwandlung, Übertragung, Verteilung oder Anwendung von elektrischer Energie benutzt wird, z. B. Maschinen, Transformatoren, Schaltgeräte und Steuergeräte, Messgeräte, Schutzeinrichtungen, Kabel und Leitungen, elektrische Verbrauchsmittel.	2.1.16.01
Betriebsmittel	Stromversorgung	E1.0.2.1
	Andere Vorschriften	1.0.3.2
	Abweichungen	1.0.4.1
	Geltungsbereich	1.1.1.2c
	Anlagen mit folgenden Risiken	1.3.1.1.1
	Thermische Auswirkungen	1.3.1.3.1
	Störfestigkeit	1.3.1.6.4
	Schutz	1.3.2.8
	Zugänglichkeit	1.3.2.12.1
	Auswahl	1.3.3
	Errichten	1.3.4.1
	Verträglichkeit	3.3.1
	Instandhaltbarkeit	3.4
	Auswirkungen	4.1.0.3.3
	Entfallen	4.1.0.9
	Anforderungen an den Basisschutz	4.1.1.2
	Abdeckungen oder Umhüllungen	4.1.A2
	Schutzpotenzialausgleich	E4.1.1.3
	Basis- und Fehlerschutz	4.1.2.2.1
	SELV- und PELV-Stromkreise	4.1.4.4.1+5
	Schutz gegen Brände	4.2.1.1
	Besondere Risiken	4.2.2.1
	Heizgeräte	4.2.2.3.2+4
	Orte mit brennbaren Baustoffen	4.2.2.4.1+3
	Spannungsfestigkeit	4.4.3.3.1
	Bemessungs-Stehstossspannung	4.4.3.4
	Elektromagnetische Störungen	4.4.4.4.1
	Reduktion elektromagnetische Störungen	4.4.4.4.2

	TN-System	4.4.4.3
	Unterspannung	4.5.1+2
	Mehrere Stromkreise	4.6.2.3.1
	Wartung	4.6.3.1.1
	Unbeabsichtigtes Wiedereinschalten	4.6.3.2.1
	Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel	Kapitel 5
	Sichtprüfung	6.1.2.1-3
Betriebsmittel, fest angebracht	Elektrisches Betriebsmittel, das auf einer Haltevorrichtung angebracht oder in einer anderen Weise fest an einer bestimmten Stelle montiert ist.	2.1.16.07
Betriebsmittel, ortsveränderlich	Elektrisches Betriebsmittel, das während des Betriebes bewegt wird oder leicht von einem Platz zu einem anderen gebracht werden kann, während es an den Versorgungsstromkreis angeschlossen ist.	2.1.16.04
Betriebsmittel, ortsveränderlich	Stecker	5.3.10.5
Betriebsmittel, ortsfest	Fest angebrachtes elektrisches Betriebsmittel oder elektrisches Betriebsmittel ohne Tragevorrichtung, dessen Masse so gross ist, dass es nicht leicht bewegt werden kann. <i>Der Wert dieser Masse ist in IEC-Normen für Geräte für den Hausgebrauch mit mindestens 18 kg festgelegt.</i>	2.1.16.06
Betriebsmittel, Zugänglichkeit	Zugänglichkeit elektrischer Betriebsmittel Keine erhöhte Temperatur Zugänglichkeit	1.3.2.12 4.2.3 §1 5.1.3
Betriebsräume, elektrische	Verhinderung von Arbeitsunfällen Bedienungsgänge Elektrische Betriebsräume	3.5.1 4.2.2.2.6 7.29
Betriebsstrom, vorgesehener	Strom, den ein Stromkreis im ungestörten Betrieb führen soll.	2.1.11.10
Betriebswert	Die im Betrieb auftretende Grösse, deren Wert durch Messung feststellbar ist.	2.2.1.11

Bezeichnung von Leitungen und
Überstromunterbrechern (Bild 2.2.1.69)



- 1 Anschlussleitung
- 2 Anschlussüberstromunterbrecher
- 3 Hausleitung
- 4 Bezügerleitung
- 5 Bezügerüberstromunterbrecher
- 6 Verbraucherüberstromunterbrecher
- 7 Endstromkreise

Bezeichnungen	Kurzschlusströme Grundsatz IP Kennzeichnung Typenschild	F2.3.4.3 5.1.1.1 5.1.1.1.4 5.1.4 5.3.9.6.1.2
Bezügerleitung	Eine mit der Energiemesseinrichtung des Bezügers versehene Leitung zwischen den Abgangsklemmen des Anschlussüberstromunterbrechers, der Hausleitung oder der Reihenhausleitung und der Verteilanlage des Bezügers.	2.2.1.12 Fig. 2.2.1.69
Bezügerleitung	Mindestquerschnitte	5.2.4 §1
	Mindestquerschnitte	E1.0.2.1
Bezügerüberstrom- unterbrecher	Überstromunterbrecher, der eine Bezügerleitung gegen Überstrom schützt.	2.2.1.13 Fig. 2.2.1.69

Bezügerüberstrom- unterbrecher	Trennstellen	4.6.2.1 2-4
blau	Leitungen	5.2.1.1.4
	Aderfarben	5.2.1.2.3.2
Bezugserde	Elektrisch leitfähig angesehener Teil der Erde, der ausserhalb des Einflussbereichs von Erdungsanlagen liegt und dessen elektrisches Potenzial vereinbarungsgemäss gleich null gesetzt wird.	2.1.13.01
Blitzschutz / Blitz	Schutz-Potenzialausgleich	E4.1.1.3
	Blitzschutzklasse	4.2.2.3.13
	Blitzschutzsysteme	E.4.4
	Schutz gegen Überspannungen	4.4
	Mindestabstände	4.4.4.4.2
	Figur	4.4.4.5.2
	SPD	5.3.4.2.1
	Erdungsanlagen	5.4.2.1.1
	Erdungsleiter	5.4.2.3
	Schutz-Potenzialausgleich	5.4.4.1
	PV-Anlagen	7.12.4.4.3
Brandabschnitt	Vorkehrungen innerhalb eines Brandabschnitts	5.2.7.1
	Ortsveränderliche Leitungen, die keine erhö ...	5.2.7.1 §4
	Elektroinstallationsrohre und zu öffnende El ...	5.2.7.2 §4
Brandgefahr	Schutz gegen Feuer (Brandschutz)	4.2.2
	Anordnung und Montage von Schaltgerätekombi ...	4.2.2.2
Brandschutzrichtlinie	Schutz gegen Brände	4.2.1
	Gebläse-Heizsysteme	4.2.4.1
	Stromversorgung für Sicherheitszwecke	5.6.1

Brandschutz	Stromversorgung für Ersatzzwecke	3.5.2
	Schutz gegen Feuer (Brandschutz)	4.2.2
	Elektrische Anlagen dürfen für brennbare Sto ...	4.2.2.1 §1
	Einrichtungen zum Brandschutz und zum Schutz ...	5.3.2
	Störlichtbogenschutzeinrichtungen	5.3.2.7
	Stromversorgung für Sicherheitszwecke	5.6
	Funktionsprüfung	6.1.3.10
Brandverhalten	Brennbare Stoffe und Zündtemperaturen	E.4.2.5
	Räume oder Orte mit brennbaren Baustoffen	4.2.2.4.4
	Brandgefährdung und Brandverhalten	E.5.2.5
	Leuchten	5.5.9.4.1
	Thermische Auswirkungen	5.5.9.5.1
	Stromkreise für Sicherheitszwecke	5.6.8.2.6
Brennbarkeit	Brennbare Stoffe und Zündtemperaturen	E.4.2.5
	Flammschutzmittel	E.5.2.5.2
brennbar (mittelbrennbar)	Stoff, der nach der Entflammung ohne zusätzliche Wärmezufuhr selbstständig weiterbrennt.	2.2.1.14
brennbar	Schutz gegen Feuer (Brandschutz)	4.2.2
	Mit der Auswahl der elektrischen Betriebsmit ...	5.1.2.2 §4
	Brennbare Rohre müssen vollständig in nichtb ...	5.2.1.7 §4
Camping- Caravanplätze	Elektrische Anlagen	7.08
Charakteristik	Leitungsschutzschalter	4.3.5.2e
	Schmelzeinsatz	4.3.4.5.2f
	Strombelastbarkeit	5.2.3.1.1.3
Differenzstrom	Algebraische Summe der Momentanwerte der Ströme, die zur gleichen Zeit in allen aktiven Leitern an einem gegebenen Punkt eines Stromkreises in einer elektrischen Anlage fliessen.	2.1.11.19

Differenzstrom	300 mA	4.1.0.3
	RCD	4.1.1.1
	Überwachungsgeräte	5.3.2.1
	Brandschutz	5.3.2.2
	Überwachungsgeräte	5.3.2.3
	Selektivität	5.3.6.2.2
	Überwachung	5.3.8.5
	Steckvorrichtungen	5.3.10.4
Direktes Berühren	Berühren aktiver Teile durch Menschen oder Tiere.	2.1.12.03
Direktes Berühren	Basisschutz	1.3.1.2
	Schutzmassnahmen	4.1.0.3.2
	Automatische Abschaltung	4.1.1.1
	Basisschutz	4.1.1.2
	Sonderisolierung	4.1.2.1
	Basis- und Fehlerschutz	4.1.2.2
	ELV	4.2.4.2
	SK	5.3.9.8.4.
Drehfeldrichtung	Messungen dürfen nur mit geprüften Messgerät ...	6.1.3.1 §1
	Bei Drehstrom-Steckdosen ist der Drehsinn zu ...	6.1.3.9 §2
Dusche	Räume mit Badewanne oder Dusche	7.01
Eigentümer	Grundsatz	3.1.4 §1
Einfache elektrische Trennung	Trennung zwischen elektrischen Stromkreisen oder zwischen einem elektrischen Stromkreis und örtlicher Erde durch Basisisolierung.	2.1.12.28
Einfache elektrische Trennung	Schutztrennung	4.1.3.1.
	PV-Anlage	7.12.4.1.1.3

Einflüsse, äussere	Betriebsmittelwahl	E1.0.2.1
	Umgebungsbedingungen	1.3.2.5
	Zusätzlicher Schutz	4.1.0.3.2
	Einrichtung zum Schutz bei Kurzschluss	4.3.4.2.1
	Staub oder Wasser	5.1.1.1.1
	Betriebsbedingungen	5.1.2
	Raumarten	E5.1.2.2
	Charakteristische Eigenschaften	5.1.2.2
	Einteilung	5.1.A
	Provisorische Anlagen	5.1.A.1.3
	Kurzzeichen	5.1.A.1.5
	Leitungswahl	E5.2.2
	Leitungswahl	5.2.2
	Steckdosen	5.3.10.3
	Erdungsanlagen	5.4.2.1.4
	Sichtprüfung	6.1.2.3
Einspeisung	Funktionseinheit einer Schaltgerätekombination, die üblicherweise für die Zufuhr elektrischer Energie in die Schaltgerätekombination bestimmt ist.	5.3.9.2.1.6
	Transformator	F2.3.4.3
	Einspeisung	E1.0.2.1
	Notfall	1.3.2.9
	Verfügbarkeit	3.6
	Abdeckungen	4.1.A.2a
	Kenngrössen	4.3.4.5.2
	Eingeführte Leitungen	E.4.4.6
	TN-System	4.4.4.3
	SK Angaben	5.3.9.6
Elektrische Anlage	Gesamtheit der zugeordneten elektrischen Betriebsmittel mit abgestimmten Kenngrössen zur Erfüllung bestimmter Zwecke.	2.1.10.01

Elektrische Anlage für Sicherheitszwecke	Elektrische Anlage, die dazu bestimmt ist, die Funktion von elektrischen Betriebsmitteln aufrechtzuhalten, die von wesentlicher Bedeutung sind: - für die Sicherheit und Gesundheit von Personen und Nutztieren und/oder - zur Vermeidung von Umweltschäden und Schäden an anderen Betriebsmitteln, wenn das Vermeiden von Umweltschäden und das Vermeiden von Schäden an anderen Betriebsmitteln durch nationale Rechtsvorschriften verlangt werden. <i>Die elektrische Anlage für Sicherheitszwecke schliesst die Stromquelle und die Stromkreise bis zu den Klemmen der elektrischen Betriebsmittel ein. In bestimmten Fällen kann sie auch die Betriebsmittel einschliessen.</i>	2.1.10.04
Elektrischer Schlag	Physiologische Wirkung, hervorgerufen von einem elektrischen Strom durch den Körper eines Menschen oder Tieres.	2.1.12.01
Elektrofachkraft (sachverständige Person)	Person, die aufgrund ihrer Ausbildung und Erfahrung befähigt ist, Risiken zu erkennen und mögliche Gefährdungen durch Elektrizität zu vermeiden.	2.1.18.01
Elektrofachkraft	Schutz durch Hindernisse Einteilung Stromquelle für Sicherheitszwecke Stromkreise für Sicherheitszwecke	4.1.0.3 §5+6 5.1.A.1.2 5.6.6.2 5.6.7.5+6
Elektrofahrzeug	Steckvorrichtung Stromversorgung von Elektrofahrzeugen	5.3.10.1 7.22
Elektroinstallationskanal, zu öffnender	Kombination mit geschlossenen Umhüllungen, die aus einem Unterteil mit einem abnehmbaren Deckel besteht und die zur Aufnahme für isolierte Leiter, Kabel, Leitungen, Anschlussleitungen und/oder zur Aufnahme von anderen elektrischen Betriebsmitteln, einschliesslich Betriebsmittel der Informationstechnik, bestimmt ist.	2.1.15.04
Elektroinstallationskanal, geschlossener	Kombination mit geschlossenen Umhüllungen, mit nicht rundem Querschnitt, die es ermöglicht, isolierte Leiter, Kabel, Leitungen und/oder Anschlussleitungen in elektrischen Anlagen einzuziehen und auszuwechseln.	2.1.15.05

Elektroinstallations-kanal	Kabel- und Leitungsanlagen Flammausbreitung Verlegearten Zu öffnende Mechanische Beanspruchung Abschottung Getrennter Abschnitt	4.1.2.2.4 4.2.2.3.4 5.2.1.3.1 5.2.1.7 5.2.2.6.2 5.2.7.2.2+4 5.2.8.1.1
Elektroinstallations-rohr	Geschlossenes Teil einer Kabel- und Leitungsanlage mit im Allgemeinen rundem Querschnitt für isolierte Leiter, Kabel und/oder Leitungen in elektrischen Anlagen, das es ermöglicht, diese einzuziehen und/ oder auszuwechseln. <i>Elektroinstallationsrohre sollten miteinander ausreichend so verbunden sein, dass die isolierten Leiter und/oder Kabel nur eingezogen, nicht aber von der Längsseite her eingebracht werden können.</i>	2.1.15.03
Elektroinstallations-rohre	Leitungen Feuergefährdete Betriebsstätten Verlegeart Rohre Abschottung Nähe zu elektrischen Anlagen Schutzleiter Bewegliche	4.1.2.2.4.1 4.2.2.3.4 5.2.1.3.1 5.2.1.7 5.2.7.2.2+4 5.2.8.1.1 5.4.3.2.1 5.4.3.2.3
Elektrotechnisch unterwiesene Person, (instruierte Person)	Person, die durch Elektrofachkräfte ausreichend informiert oder beaufsichtigt ist und damit befähigt wird, Risiken zu erkennen und Gefährdungen durch Elektrizität zu vermeiden.	2.1.18.02
Unterwiesene Person	Qualifikation Sicherungssysteme Überwachung Stromkreise für Sicherheitszwecke	4.1.0.3.5+6 4.3.2.1.2+3 5.3.1.3.2 5.6.7.5
Elektrozaungerät	Ortsfest montiert	7.05.5.5.1.8

ELV	Kleinspannungsanlagen sind Stark- oder Schwachstromanlagen; welche mit Spannungen von nicht mehr als 50 V Wechselspannung bzw. 120 V Gleichspannung zwischen den Polen oder zwischen diesen und Erde betrieben werden. <i>Anmerkung</i> <i>ELV ist die Abkürzung des Ausdrucks Extra-Low-Voltage.</i> <i>SELV ist die Abkürzung des Ausdrucks Safety Extra-Low-Voltage.</i> <i>PELV ist die Abkürzung des Ausdrucks Protection by Extra-Low-Voltage.</i> <i>FELV ist die Abkürzung des Ausdrucks Functional Extra-Low-Voltage.</i>	2.2.1.31
ELV	Schutz gegen elektrischen Schlag Schutzmassnahme Schutz durch Kleinspannung ... Erproben und Messen	4.1 4.1.4 6.1.3
EMV	Regeln der Technik Freundlich Unfreundlich Funktionspotenzialausgleich System TN Überspannungsschutzkonzept Bemessungs-Stehstossspannung Massnahmen gegen elektromagnetische Einflüsse Signal- und Datenkabel Erder Angaben SK Schutzleiter PEN-Leiter	E.1.E E3.1.1 E3.1.1.1 4.1.1.3.1.2 4.1.1.4.3 E4.4.1 4.4.3.4 4.4.4.1 4.4.4.4.2 4.4.4.5.1 5.3.9.6 5.4.3.2.3 5.4.3.4
Endstromkreis	Stromkreis, der dafür vorgesehen ist, elektrische Verbrauchsmittel oder Steckdosen unmittelbar mit Strom zu versorgen.	2.1.14.03

Endstromkreis	Maximal zulässige Abschaltzeiten.	4.1.1.3.2 §2
	AFDD	4.2.1.3
	kennzeichnung von Leuchten	4.2.2.3.8.9
	Kennzeichnung der Merkmale	5.3.9.5.
	Not- Sicherheitsbeleuchtung	5.6.9
	Sichtprüfung	6.1.3.6
Entzündung	Grundsätze	1.3.1.1
	Schutz gegen Brände	4.2.1 §1+7,8
	besondere Risiken	4.2.2.1.2
	Leuchtenkennzeichnen	4.2.2.3.8.9
	brennbare Baustoffe	4.2.2.4
	erhöte Brandgefahr	7.05.1.1
Erde	Teil der Erde, der sich in elektrischem Kontakt mit einem Erder befindet und dessen elektrisches Potenzial nicht notwendigerweise null ist.	2.1.13.02
Erde, örtliche		
Erde / Erdung / Erder	TN-System	E3.1.1.1
	Schutzmassnahme: Schutztrennung	4.1.3
	Schutz-Potenzialausgleich	4.1.1.3.1.2
	Erdung	E4.1.A.2
	Blitzschutzklassen	E4.4.3-6
	EMV	4.4.4.5
	Leitungen	5.2.1.1.4
	Erdung und Schutzleiter	5.4
	Erder	5.4.2.2
	Erproben und Messen	6.1.3
Erden, (Verb)	Herstellen einer elektrischen Verbindung zwischen einem gegebenen Punkt in einem Netz, in einer Anlage oder in einem Betriebsmittel und der örtlichen Erde.	2.1.13.03
	Die Verbindung zur örtlichen Erde kann:	
	– beabsichtigt oder	
	– unbeabsichtigt (zufällig)	
	– und kann dauerhaft oder zeitweilig sein.	

Erder	Leitfähiges Teil, das in das Erdreich oder in ein anderes bestimmtes leitfähiges Medium, zum Beispiel Beton, das in elektrischem Kontakt mit der Erde steht, eingebettet ist.	2.1.13.05
Erder, unabhängiger	Erder, der sich in einem solchen Abstand von anderen Erdern befindet, dass sein elektrisches Potenzial nicht nennenswert von Strömen zwischen der Erde und den anderen Erdern beeinflusst wird.	2.1.13.07
Erdernetz	Teil einer Erdungsanlage, der nur die Erder und ihre elektrischen Verbindungen untereinander umfasst.	2.1.13.06
erdfrei	Die Schutzmassnahmen:	4.1.0.3 §6
Erdoberflächenpotenzial	Spannung zwischen einem festgelegten Punkt auf der Erdoberfläche und der Bezugserde.	2.1.11.09
Erdrückleiter	Elektrisch leitfähiger Pfad, der zwischen Erdungsanlagen durch die Erde, Leiter oder leitfähige Teile gebildet wird.	2.1.13.14
Erdschluss	<p>Unbeabsichtigtes Auftreten eines Strompfads zwischen einem aktiven Leiter und Erde.</p> <p><i>Der Strompfad kann durch eine fehlerhafte Isolierung, durch Aufbauten (zum Beispiel Masten, Gerüste, Kräne, Leitern) oder durch Vegetation (zum Beispiel Bäume, Sträucher) führen und eine erhebliche Impedanz aufweisen.</i></p> <p><i>Ein Strompfad zwischen einem Leiter, der aus betrieblichen Gründen nicht geerdet werden darf, und Erde wird auch als ein Erdschluss angesehen.</i></p>	2.1.14.13
Erdschluss	<p>Fehlerarten</p> <p>Ströme</p> <p>Betriebsmittel für den Schutz</p> <p>Lichtbögen</p> <p>Kurzschluss-Schutzeinrichtungen</p> <p>Steuerstromkreise</p> <p>Messung der Fehlerschleifenimpedanz</p> <p>PV-Anlage</p>	<p>F2.3.1</p> <p>E1.0.2.1</p> <p>1.3.2.8</p> <p>E4.2.6</p> <p>4.3.4.4.3 §1</p> <p>4.6.5.2 §1</p> <p>E6.1.3.6</p> <p>7.12.5.2.1</p>

Erdungsanlage	Gesamtheit der zum Erden eines Netzes, einer Anlage oder eines Betriebsmittels verwendeten elektrischen Verbindungen und Einrichtungen.	2.1.13.04
Erdungsleiter	Leiter, der einen Strompfad oder einen Teil des Strompfads zwischen einem gegebenen Punkt eines Netzes, einer Anlage oder eines Betriebsmittels und einem Erder oder einem Erdernetz herstellt. <i>In der elektrischen Anlage eines Gebäudes ist der gegebene Punkt üblicherweise die Haupt-erdungsschiene und der Erdungsleiter verbindet diesen Punkt mit dem Erder oder dem Erdernetz.</i>	2.1.13.12
Erdungsleiter, paralleler	Leiter entlang einer Kabelstrecke, der dazu vorgesehen ist, eine Verbindung mit kleiner Impedanz zwischen den Erdungsanlagen an den Enden der Kabelstrecke herzustellen.	2.1.13.13
Erdungsleiter	Schutz-Potenzialausgleich Schutz-Potenzialausgleich (Hauptpotenzialaus ... System TN Allgemeines Blitzschutzanlage Funktionserdungsleiter Begriff Wenn in der elektrischen Anlage ein Erder vo ... Erdungsleiter (Schutzerdungsleiter) In jeder Anlage, in der ein Schutz-Potenzial ...	E4.1.1.3 4.1.1.3.1.2 4.1.1.4 4.1.3.1 E4.4.4 4.4.4.5 5.2.1.1.4 5.4.2.1 §2 5.4.2.3 5.4.2.4 §1
Erdungswiderstand	Fehlerstrom	F2.3.2
Ersatzstromquelle	Stromquelle, die dazu bestimmt ist, die Versorgung einer elektrischen Anlage oder von einem oder mehreren Teilen einer Anlage bei einer Unterbrechung der üblichen Stromversorgung aus anderen Gründen als für Sicherheitszwecke aufrechtzuerhalten.	2.1.10.08
Ersatzstromversorgungsanlage	Stromversorgungsanlage, die dazu bestimmt ist, die Funktion einer elektrischen Anlage oder von einem Teil oder mehreren Teilen einer Anlage bei einer Unterbrechung der üblichen Stromversorgung aus anderen Gründen als für Sicherheitszwecke aufrechtzuerhalten.	2.1.10.07

Ersatzstromversorgungsanlage	In jedem Teil einer Anlage muss eine und dür ... Dieses Kapitel gilt für Stromerzeugungsanlagen Niederspannungsstromversorgungsanlagen	4.1.0.3 §3 5.5.1 §1 E5.5.1
Erstprüfung	Errichten Qualifikation Erstprüfungen Prüfbericht	1.3.4 6.0.2 6.1 6.1.3.11
Erwärmung	Kurzschlussstrom Leistungsbedarf und Gleichzeitigkeitsfaktor Leistungsbedarf und Gleichzeitigkeitsfaktor Kontakterwärmung Allgemeines Nachweis Protokoll	F1.1.5 F3.1 3.1.1 E4.2.6 5.2.3.1.1.8 §1 5.3.9.8.7 5.3.9.10.1
Erzeugnis	NEV Gesetzliche Grundlagen Zu jedem technischen Produkt oder Erzeugnis ... Für sämtliche Betriebsmittel besteht die Nac ... SK	E1.E 1.0.1.1 5.1.1.1 §4 5.1.1.1 §5 5.3.9.0
explosionsgefährdet	Grundlagen Zusätzliche Anforderungen Trennungsabstand (Näherung / Minimalabstand) Verzicht Überlastschutz Kurzschlussschutz Trennungsabstand Mit der Auswahl der elektrischen Betriebsmit ... PEN-Leiter Stromkreise für Sicherheitszwecke PV-Anlage Elektrische Anlagen in explosionsgefährliche ... Antistatika	E1.1 E1.0.2.1 4.2.2.3.8.13 4.3.3.3 4.3.4.2 E4.4.5.1 5.1.2.2 §4 5.4.3.4 5.6.7.2 7.12.5.2 7.61 E7.61
Fadenmass	Mindestabstand	7.01.3.0

Farbe	Stromversorgung durch eine Netzbetreiberin Kennzeichnung Neutralleiter Not-Aus, Halt Kennzeichnung Periodische Kontrollen PV-Anlagen	E1.02.1 5.1.4 5.2.1.1.4 5.3.7.4.4 5.3.9.8.6. 6.2.1.2 7.12.5.2
Fassungen	Schutz gegen elektrischen Schlag Leuchten Grundsätzlich müssen alle spannungsführenden ... Vorübergehend errichtete elektrische A ...	4.1.A.2 §1 4.2.4.5 5.1.1.3 §1 7.40.5.5 §92
Fehlerschutz	Schutz gegen elektrischen Schlag unter den Bedingungen eines Einzelfehlers. <i>Im Allgemeinen entspricht bei Niederspannungsanlagen, -netzen und -betriebsmitteln der Fehlerschutz dem Schutz bei indirektem Berühren, vornehmlich im Hinblick auf einen Fehler der Basisisolierung.</i>	2.1.12.06
Fehlerspannung	Spannung zwischen einer gegebenen Fehlerstelle und der Bezugserde bei einem Isolationsfehler.	2.1.11.02
Fehlerstrom	Strom, der über eine gegebene Fehlerstelle aufgrund eines Isolationsfehlers fliesst.	2.1.11.11

Fehlerstrom	Begriff	F2.3.2
	Ableitstrom	F2.3.6
	Fehlerschutz	1.3.1.2.2
	In jedem Signalisieren	4.1.0.3 §3
	Maximal zulässige Abschaltzeiten	4.1.1.3.2 §2
	Zusätzlicher Schutz	4.1.1.3.3
	TN System	4.1.1.4
	Zündquelle	E4.2.6
	EMV	4.4.4.4.2
	Schalten des Neutralleiters	4.6.1.2.3 §4
	Allgemeines	5.3.1.1
	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs)	5.3.1.3
	Allgemeines	5.3.2.1
	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs)	5.3.2.2
	Koordination von Fehlerstrom-Schutzeinrichtu ...	5.3.6.2
	Selektivität	5.3.6.2.2
	Koordination von Fehlerstrom-Schutzeinrichtu ...	5.3.6.2.3
	SK	5.3.9.10.1
	Messungen	E6.1.3.1.6

Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)	Zusätzliche Anforderungen	E1.F
	Zusätzliche Anforderungen	1.0.3.1
	System TN	E3.1.1
	Schutz-Potenzialausgleich	E4.1.1.3
	Grundsatz	3.1.4 §1
	Wesentliche Anforderungen	4.1.0.1
	Automatische Abschaltung	4.1.1
	Zusätzlicher Schutz	4.1.1.3.3
	Im System TN dürfen die folgenden Schutzeinr ...	4.1.1.4 §5
	Allgemeines	4.1.3.1
	Schutz gegen elektrischen Schlag	4.1.5.1
	Feuergefährdete Betriebsstätten	4.2.2.3.9
	Das Schalten des Neutralleiters ist in Fehle ...	4.6.1.2.3 §4
	Allgemeines	5.3.1.1
	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs)	5.3.1.3
	Allgemeines	5.3.2.1
	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs)	5.3.2.2
	Differenzstrom-Überwachungsgeräte (RCMs)	5.3.2.3
	Koordination	5.3.6.2
	Selektivität	5.3.6.2.2
	Koordination von Fehlerstrom-Schutzeinrichtu ...	5.3.6.2.3
	Einrichtungen zum Trennen sind so anzurufen ...	5.3.7.2 §5
	Freizügig verwendbare Steckvorrichtungen	5.3.10.4
	PEN-Leiter	5.4.3.4
	Fremde leitfähige Teile dürfen als PEN-Leite ...	5.4.3.4 §4
	Schutz gegen elektrischen Schlag bei Ausstel ...	5.5.9.9
	Bei Schutzeinrichtungen muss, soweit erforde ...	6.1.3.10 §2
	Die Wirksamkeit der Massnahmen für den Fehle ...	6.1.3.6.1 §1
	Zusätzlicher Schutz	6.1.3.7
	Prüfung der Phasenfolge (Drehsinn)	6.1.3.9
	Die wiederkehrende Prüfung besteht aus einer ...	6.2.1 §2
	Bei Anlagen, welche mit Fehlerstrom-Schutzei ...	6.2.2 §2

FELV	Elektrisches System, in dem die Spannung die Grenzwerte für Kleinspannung (ELV) nicht überschreitet. FELV-Stromkreise dürfen (im Unterschied zu SELV-Stromkreisen) mit Erde verbunden werden. Sie sind (im Unterschied zu PELV-Stromkreisen) von aktiven Teilen mit höherer Spannung nicht sicher getrennt. Wenn das FELV-System von einem Versorgungssystem höherer Spannung durch Betriebsmittel versorgt wird, die nicht mindestens einfache Trennung zwischen diesem System und dem Kleinspannungssystem herstellen, wie Spartransformatoren, Potentiometer, Halbleitereinrichtungen usw., dann wird der Ausgangstromkreis als eine Erweiterung des Primärstromkreises angesehen und muss durch die im Eingangstromkreis angewendete Schutzmaßnahme geschützt sein.	2.1.12.30
FELV	Schutz gegen elektrischen Schlag	4.1
	Schutzmaßnahme: Schutz durch Kleinspannung ...	4.1.4.1
	Erproben und Messen	6.1.3
festangeschlossen	Zusätzlicher Schutz	4.1.1.3.3
	Überlastschutz	4.3.3.3.2 §.
	Für ortsveränderliche Leitungen gelten die f ...	5.2.4 §4
	Koordination von Fehlerstrom-Schutzeinrichtu ...	5.3.6.2.3
Feuchtigkeit (feucht)	Isolationsfehler	E4.2.6
	Einfluss Kabel	E5.2.5.1
	IP Schutz	5.1.1.1 §6
	Steckdosen mit Schutzkragen	5.1.2.1 §7
	Allgemeines	5.1.3.1
	Leitungswahl	E5.2.2
	Leitungen müssen so ausgewählt und errichtet ...	5.2.2.3 §1
	Umgebungseinflüsse	5.2.7.2 §6
	Wahl der Steckvorrichtungen	5.3.10.3
	Stromkreise für Sicherheitszwecke	5.6.3 §1
	PVC-Kabel	5.6.8.6
	Isolationswiderstand	E6.1.3.3
	Der Isolationswiderstand ist ausreichend, we ...	6.1.3.3 §2

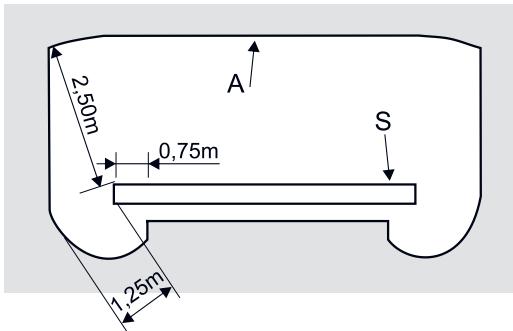
Feuer	Schutz gegen Feuer (Brandschutz)	4.2.2
	Schutz von Motoren bei Überlast	4.3.3.2
	Trennungsabstand (Näherung)	E4.4.5.1
	Feuerungsanlagen	4.6.3.3 §1+2
	Auswahl der elektrischen Betriebsmittel	5.1.2.2 §4
	Auswahl der Betriebsmittel	5.1.5.1
	Die Ausdehnung eines Brandes muss durch die ...	5.2.7.1 §1
	Allgemeines	5.3.2.1
	SK Bauanforderung	5.3.9.8.1
	PEN-Leiter	5.4.3.4
	Abtrennung	5.6.1.2
	Stromkreise für Sicherheitszwecke	5.6.7+8
	Leuchten	7.05.5.5.9
Feuergefährdete Räume mit brennbarem Staub	Räume oder Zonen, in welchen leichtbrennbare Stoffe erzeugt, verarbeitet oder in beträchtlichen Mengen aufbewahrt werden und in denen bei der vorgesehenen normalen Benützung mit einer Staubablagerung in gefährlichen Mengen zu rechnen ist.	2.2.1.19
Feuergefährdete Räume ohne brennbaren Staub	Räume oder Zonen, in welchen leichtbrennbare Stoffe in beträchtlichen Mengen gelagert werden.	2.2.1.20
feuergefährdet	Schutz gegen Feuer (Brandschutz)	4.2.2
	Kennzeichnung von Leuchten	4.2.2.3.8
	Motoren	4.3.3.2
	Verzicht Überlastschutz	4.3.3.3
	Unterschiedliche Räume	5.1.A.1
	Brandschutz	5.3.2.1
	PEN-Leiter	5.4.3.4
	Sicherheitsbeleuchtung	5.6.4.2
	Stromkreise für Sicherheitszwecke	5.6.7.2
feuerhemmend	Bauteile	E4.2.5
	Anordnung und Montage von Schaltgerätekombi ...	4.2.2.2
	Anordnung und Montage von Schaltgerätekombi ...	4.2.2.3

feuersicher	Auswahl der Betriebsmittel	5.1.5.1
	Brandabschnitt	5.2.7.1 §1
flammwidrig	PVC	E5.2.2
	Brandabschnitts	5.2.7.1
	Ortsveränderliche Leitungen	5.2.7.1 §4
	Stromkreise für Sicherheitszwecke	5.6.3 §1
Fluchtweg	Allgemeines	3.5.1
	Klassifizierung	3.5.2
	Elektrische Anlagen	4.2.2.2
	Für das Beleuchten und Kennzeichnen von Fluc ...	5.6.1 §1
	Not- und Sicherheitsbeleuchtung	5.6.9.2
	Funktionsprüfung	6.1.3.10 §2
Freileitung	Gefährdung	F1.1.2
	Überstromschutz	4.3.2.5 §5
	Überspannungen	4.4.3.3.1
	Überspannungsableiter	4.4.3.4
Fremdes leitfähiges Teil	Leitfähiges Teil, das nicht zur elektrischen Anlage gehört, das jedoch ein elektrisches Potenzial, im Allgemeinen das einer örtlichen Erde, einführen kann.	2.1.12.11
fremdes leitfähiges Teil	Ableitstrom	F2.3.6
	Schutz-Potenzialausgleich	E4.1.1.3
	Schutz-Potenzialausgleich	4.1.1.3.1.2
	Schutztrennung	4.1.3.1.3
	Zusatzschutz	4.1.5.2
	System TN	4.4.4.3
	Schutzleiter	5.2.1.1.4
	Arten von Schutzleitern	5.4.3.2
	Als Schutzleiter dürfen verwendet werden:	5.4.3.2 §1
	PEN-Leiter	5.4.3.4 §4

Fremdkörper	Schutzarten	E5.1
	IP-Bezeichnung	5.1.1.1.1.4
	Raumarten	E5.1.2.2
	Auftreten von festen Fremdkörpern (AE)	5.2.2.4
	Bauanforderungen SK	5.3.9.8.1
Fremdspannung	Mehrere Stromkreise	4.6.2.3.1
Fundament	Erder	E4.1.A2
	Schutz-Potenzialausgleich	4.1.1.3.1.2
	Blitzschutzsysteme	E4.4
	Überspannung	4.4.3.1.1
	Potenzialausgleichsanlage	4.4.4.5.2
	Erdung und Schutzleiter	5.4
	Erdungsanlagen	5.4.2
	Erder	5.4.2.2
	Für Erder im Erdreich, sind die gebräuchlich ...	5.4.2.2 §1
	Die Wirksamkeit eines jeden Erders ist abhän ...	5.4.2.2 §2
Fundamenterder	Leitfähiges Teil, das im Beton eines Gebäude-fundamentes, im Allgemeinen als geschlossener Ring, eingebettet ist. (für CH modifiziert)	2.1.13.08
Funktionserdung	Erdung eines Punktes oder mehrerer Punkte eines Netzes, einer Anlage oder eines Betriebsmittels zu anderen Zwecken als die elektrische Sicherheit.	2.1.13.10
Funktions-erdungsleiter	Erdungsleiter zum Zweck der Funktionserdung.	2.1.13.28
Funktionserhalt	Stromkreise für Sicherheitszwecke	5.6.8.4
Funktionspotenzial-ausgleich	Potenzialausgleich aus betrieblichen Gründen, aber nicht zum Zweck der Sicherheit.	2.1.13.21
Funktions-Potenzial-ausgleichsleiter	Leiter zum Zweck des Funktionspotenzialausgleichs.	2.1.13.29
Funktionsprüfung	Es sind geeignete Schutzvorrichtungen vorzus ...	4.6.3.2 §1
	SK Nachweis und Prüfungen	5.3.9.10.1
	Funktionsprüfung	6.1.3.10

Gangbreite	Fluchtweg	4.2.2.2.6
	Bedienungsstandort	5.1.3.1
Gebäude	Elektrische Anlagen	F2
	Geltungsbereich	E1.F
	Geltungsbereich	1.1.1
	Verlegearten	1.3.2.7
	Allgemeines	3.5.1
	Erdungen	E4.1.A2
	Schutz-Potenzialausgleich	E4.1.1.3
	Schutz-Potenzialausgleich	4.1.1.3.1.2
	Trennungsabstand	4.2.2.3.13
	Kurzschlusschutz	4.3.4.5.1
	Blitzschutz	E4.4
	Überspannungen	4.4.3.1.1
	System TN	4.4.4.3
	Einführungen	4.4.4.4.8
	Erdungen	4.4.4.5
	Mit der Auswahl der elektrischen Betriebsmit ...	5.1.2.2 §4
	Vorhanden sein Tieren	5.2.2.10
	EMV	5.2.2.15
	Erder	5.4.2.2
	PEN-Leiter	5.4.3.4
	Not- und Sicherheitsbeleuchtung	5.6.9.2
Gefahren	Explosionsgefahren	F1.1.3
	PSA	F1.1.4
	Unfälle	F1.1.6
Gefährliches aktives Teil	Aktives Teil, von dem unter bestimmten Bedingungen ein schädlicher elektrischer Schlag ausgehen kann.	2.1.12.13
gelb	Not-Aus.	5.3.7.4

Geltungsbereich	Geltungsbereich	E1.F
	Geltungsbereich der NIN	1.1.1
	Anlagen mit sonstigen Gefahren	4.6.3.3.2
	Schalten für Wartungsarbeiten	5.3.7.3
	Not-Aus Not-Halt	5.3.4.7
Geräteschutzschalter	Überstromschutz	4.3.2.2 §1
Gleichstromanlage	Normwerte	F2.2.2
gleichzeitig	PSA	F1.1.4
	PEN-Leiter	E3.1.1.1
	Schalten des Neutralleiters	4.3.1.2.2
	Kurzschlusschutz	4.3.4.2.1
	Risiko	4.5.1.1
	Gleichzeitig Schalten	4.6.1.2.3
	Äussere Einflüsse	5.1.2.2.3
	PEN-Leiter, PE	5.2.1.1.4
	Mindestquerschnitt	5.2.4.3
	Schaltkontakt	5.3.0.2
	Arten von Schutzleiter	5.4.3.2
	Schalten	6.1.3.8
Gleichzeitig berührbare leitfähige Teile	Leiter oder leitfähige Teile, welche gleichzeitig durch eine Person oder wo zutreffend durch ein Tier berührt werden können. – aktive Teile, – Körper, – fremde leitfähige Teile, – Schutzleiter, – Erdreich oder leitfähiger Fussboden.	2.1.12.12
gleichzeitig berührbare Teile	Schutzerdung und Schutz-Potenzialausgleich.	4.1.1.3.1
	Schutz-Potenzialausgleich (Hauptpotenzialaus ...)	4.1.1.3.1.2
	Berührungsspannung und Berührungsstrom	F2.3.3

Gleichzeitigkeitsfaktor	Leistung und Gleichzeitigkeitsfaktor Leistungsbedarf und Gleichzeitigkeitsfaktor Leistung Strombelastbarkeit / Querschnitte der Leiter Koordination von Fehlerstrom-Schutzeinrichtu ... Bemessungsbelastungsfaktor	1.3.3.2.4 3.1.1 5.1.2.1 §4 5.2.3.1.1.15 5.3.6.2.3 5.3.9.5
grün-gelb	Grundsatz Die Umgebungseinflüsse müssen bei der Auswah ...	5.2.1.1 5.2.1.1 §1
Halbleiter	Trennen Einrichtungen für betriebsmässiges Schalten	5.3.7.2 §3 5.3.7.5 §3
Handbereich	Der Berührung zugänglicher Bereich, der sich von Standflächen aus erstreckt, die üblicherweise betreten werden, und dessen Grenzen eine Person in allen Richtungen ohne Hilfsmittel mit der Hand erreichen kann. Bild 2.1.12.19 Handbereich	2.1.12.19
	 <p>A Grenze des Handbereichs S Standfläche üblicherweise betretener Stätten</p>	
Handbereich	Basisschutz Fluchtwege Zugänglichkeit	4.1.0.3.5 4.2.2.2.1 4.2.3.1
Handgerät, elektrisches	Elektrisches Betriebsmittel, das dazu bestimmt ist, während des üblichen Gebrauchs in der Hand gehalten zu werden.	2.1.16.05

Haupterdungs-schiene /-klemme, -anschlusspunkt (Potenzialausgleichsschiene)	Schiene, Klemme oder Anschlusspunkt, die/der Teil der Erdungsanlage einer Anlage ist und die elektrische Verbindung von mehreren Leitern zu Erdungszwecken ermöglicht.	2.1.13.15
Haupterdungs schiene /-klemme	Allgemeines Schutzerdung und Schutz-Potenzialausgleich Schutz-Potenzialausgleich Steckvorrichtungen für ELV-Systeme EMV Erdung Begriff Wenn in der elektrischen Anlage ein Erder vo ... Haupterdungsschienen Verbindungen PV-Analgen	4.1.1.1 4.1.1.3.1 4.1.1.3.1.2 4.1.4.4.5 4.4.4.4.8 4.4.4.5 5.2.1.1.4 5.4.2.1.2 5.4.2.4 5.4.4.1 7.12.4.4.3
Haupterdungsleiter	Schutz-Potenzialausgleich	E4.1.1.3
Hauptschutzleiter	Schutz-Potenzialausgleich Schutz-Potenzialausgleichsleiter	E4.1.1.3 5.4.4.1
Hauptstromkreis	Gebläse-Heizsysteme müssen so gebaut werden, ... Alle Geräte, die heisses Wasser oder Dampf e ... Es sind geeignete Schutzvorrichtungen vorzus ... Einrichtungen zum Schalten für Wartungsarbeiten Einrichtungen zum Schalten für Wartungsarbei ... Einrichtungen für Not-Ausschaltung einschlie ... Gleichzeitigkeitsfaktor. Hauptstromkreise (mit Querschnittsangaben fü ...	4.2.4.1 §1 4.2.4.2 §1 4.6.3.2 §1 5.3.7.3 5.3.7.3 §1 5.3.7.4 5.3.9.25 5.3.9.6.8
Hauseinführung - Werkvorschriften	Spannungsfall in Verbraucheranlagen Stromversorgung durch eine Netzbetreiberin Blitzschutzanlage	5.2.5 E1.0.2.1 E4.4.4
Haushaltküchen	Basisschutz bei Steckverbindungen An folgen ... Arbeitsbereich Steckdosen	5.1.2.1 §7 5.3.10.3

Hausleitung	Leitung zwischen den Abgangsklemmen des Anschlussüberstromunterbrechers oder der Reihenhausleitung und der Anschlussstelle des Bezügers.	2.2.1.23 Fig. 2.2.1.69
Hausüberstrom- unterbrecher	Überstromunterbrecher, der eine Hausleitung gegen Überstrom schützt.	2.2.1.24 Fig. 2.2.1.69
Hebe- und Förderanlagen	Als solche gelten alle Einrichtungen, die dem Personen- und/oder Warentransport dienen. Als Hebe- und Förderanlagen gelten Einrichtungen wie: <ul style="list-style-type: none">– Krananlagen: Laufkrane, Hängekrane, Bockkrane, Portal-krane, Halbportalkrane, Konsolkrane, Dreh- und Turmdrehkrane, Elektrozüge.– Aufzugsanlagen: Personenaufzüge, Warenaufzüge mit oder ohne Personenbegleitung, Warenaufzüge mit Personenbegleitung auf Baustellen (auch solche mit Zahnstangen- und Spindelantrieb und mit Antriebseinrichtung an der Kabine), Bauaufzüge nur für Materialtransport (z. B. mit Plattform), Materialaufzüge zur Beschickung von Maschinen, Schrägaufzüge.– Stetigförderer: Transportbänder, Becherwerke, Rüttler, Transportschnecken, welche als einzelne Objekte oder ganze Förderanlage eingerichtet sein können.– Diverse: RegalumschLAGGERÄTE (Einrichtungen zum Füllen und Entleeren von Regalen, wobei die Bedienung vom Boden aus [Regalstapelgeräte] oder von einem mitfahrenden Bedienungsstand aus [Regalbedienungsgeräte] erfolgen kann), Rolltreppen (Fahrtreppen), Personenförderbänder, Fensterreinigungsanlagen, Hängegerüste, Winden, Hebebühnen, Wagenheber (z. B. für Autoservice), Verladeplattformen (z. B. Anpassrampen), Seilbahnen, ausgenommen jene mit eidgenössischer Konzession, welche den Vorschriften des Eidgenössischen Amtes für Verkehr genügen müssen.	2.2.1.25
Hebe- und Förderanlagen	Unbeabsichtigtes Wiedereinschalten Not-Aus und Not-Halt Allgemeine Bedingungen für die Auswahl und E ... Einrichtungen zum Schalten	4.6.3.2 4.6.4 5.3.1.3.2 5.3.7.3 §5

Heisslufteinrichtungen	Personen, Nutztiere und Sachwerte sind vor s ...	4.2.1 §1
Heizeinheiten (integriert in Gebäu deteile)	Gebäu deteile wie Böden, Wände, Fenster oder Decken fest verbundener elektrischer Heizungs anlagen mit Wärmekabeln, Heizgittern, Heizfolien, Heizmatten, Heiztapeten, Rohrbegleitheizungen und dgl. Eine Heizungsanlage besteht aus einer oder mehreren Heizeinheiten und den dazugehörigen Speise- und Steuerstromkreisen. Jede Heizeinheit ist mit einer Netzanschlussstelle versehen und setzt sich aus einem oder mehreren Heizelementen einschliess lich allfälliger kalter Enden zusammen.	2.2.1.26
Heizeinheiten	Fussboden- und Decken-Flächenheizung	7.53
Heizelement	Heizstrahler	4.2.2.11
	Deckenheizungen	4.2.2.3.9
	Gebläse-Heizsysteme	4.2.4.1
	Verbindungen	5.2.6.1 §3
Heizgeräte	Heizgeräte, bei denen der Luftstrom durch da ...	4.2.2.3.2
Heizkessel - Feuerungsanlagen	In Feuerungsanlagen muss für jeden Heizkesse ...	4.6.3.3 §1
Heizleistung	Gebläse-Heizsysteme müssen so gebaut werden, ...	4.2.4.1 §1
Heizstrahler	Personen, Nutztiere und Sachwerte sind vor s ...	4.2.1.10+11
	Raumheizgeräte	4.2.4.3
	Nutztiere	7.05.4.2.2.16

Hersteller / Herstellerangaben	Bemessungswert	F2.2.1
	Geltungsbereich	E1.F
	Abweichungen	1.0.4
	Für das Errichten ist gemäss ...	1.3.4.1 §1
	Montageanweisung	4.2.1.1
	Leuchten	4.2.1.8
	Feuergefährdete Betriebsstätte	4.2.2.3.1
	Wassererwärmer	4.2.4.2
	Raumheizgeräte	4.2.4.3
	Kurzschluss-Schutzeinrichtung	4.3.4.3 §1
	Überspannungsschutzkonzept	E4.4.1
	Überspannungsableiter	4.4.3.4
	Zu jedem technischen Produkt oder Erzeugnis ...	5.1.1.1 §4
	Schutzleiterströme	5.1.6
	Prüfeinrichtung RCD	5.3.1.3.4
	Allgemeines	5.3.6.1.1
	Schaltgerätekombinationen (SK)	5.3.9
	Leuchten	5.5.9.4 §1
	Es sind die Temperaturangaben auf der Leucht ...	5.5.9.6.3 §2
	Sichtprüfung	6.1.2 §2+.3
	Spannungsfall	6.1.3.11
Hilfsstromkreis	Steuerstromkreise	4.6.5.2
	Hilfsstromkreise SK	5.3.9.8.6
	Hilfsstromkreise	5.5.7
Hindernis	Für spezielle Räume, Bereiche und Anlagen be ...	4.1.0.3.5
	EMV	4.4.4.6
Hochspannung	Unfälle	F1.1.6
	Bereich	F2.1
	Grenzwert	F2.2.1
	In Niederspannungsstromkreisen von Hochspann ...	4.6.3.3 §4
	Kabel	E5.2.3
	Anwendungsbereich	5.5.9.1
Hohlraum, baulicher	Zwischenraum in Gebäudeteilen, der nur an bestimmten Stellen zugänglich ist.	2.1.15.02

Holzbearbeitungs-	In solchen Bereichen und Räumen müssen sowoh ...	4.2.2.1
betriebe	Mit der Auswahl der elektrischen Betriebsmit ...	5.1.2.2 §4
Hotel	Leistungsbedarf	F3.1
	Allgemeines	3.5.2
	Überspannung	4.4.3.2.2
	Sicherheitsbeleuchtung	5.6.9.2
Impedanz gegen Bezugserde	Impedanz zwischen einem gegebenen Punkt in einem Netz, in einer Anlage oder in einem Betriebsmittel und Bezugserde bei gegebener Frequenz.	2.1.13.16
Indirektes Berühren	Berühren von Körpern elektrischer Betriebsmittel, die infolge eines Fehlzustands unter Spannung stehen, durch Menschen oder Tiere	2.1.12.04
Installationsanzeige	Stichtag	1.0.5 §2
	Stromversorgung durch eine Netzbetreiberin	E1.0.2.1
Installationskontrolle	Aufschriften	5.1.1.1.1
	Erstprüfungen	6.1
	Wiederkehrende Prüfung (periodische Kontrolle)	6.2
Installationsrohre	Anforderungen	4.1.2.2.4.1
	Allgemeines und Arten von Leitungen	5.2.1.7
	Abschottungen	5.2.7.2.2+4
	Nähe zu elektrischen Anlagen	5.2.8.1.1
	Arten von Schutzleitern	5.4.3.2
Installationsverteiler	Schaltgerätekombination, die Schaltgeräte und Schutzeinrichtungen (z. B. Sicherungen oder Leitungsschutzschalter) enthält, die einem oder mehreren Abgangsstromkreisen zugeordnet sind, die von einem oder mehreren Stromkreisen eingespeist werden, einschließlich Klemmen für die Neutral- und Schutzleiter. Sie darf auch Melde- und Steuergeräte enthalten. Einrichtungen zum Trennen dürfen im Verteiler enthalten sein oder separat angeordnet werden.	5.3.9

Instandhaltung	Unfallverhütung	1.3.2.9+10,12
	Instandhaltbarkeit	3.4
	Stromversorgung für Sicherheitszwecke	3.5
	EMV	4.4.4.1
	Die Umgebungseinflüsse müssen bei der Auswah ...	5.2.1.1 §1
	Leitungen	5.2.2.6 §1
	Leitungen	5.2.2.8 §1
	Auswahl und Errichtung im Hinblick auf die M ...	5.2.9
	Freizügig verwendbare Steckvorrichtungen	5.3.10.4
IP – Schutzart	Holwände	4.2.2.4
	Schutzarten	E5.1
	Betriebsbedingungen und äussere Einflüsse	5.1.1
	Auftreten von Wasser	5.2.2.3
	Feste Fremdkörper	5.2.2.4
	Schaltgerätekombinationen (SK)	5.3.9
Isolationserhalt	Brandabschnitt	5.2.7.1.3
	Stromkreise für Sicherheitszwecke	5.6.8.2
	Definition	5.6.8.3
Isolationsfehler	Fehlerarten	F2.3.1
	Fehlerstrom	F2.3.2
	Berührungsspannung	F2.3.3
	Zündquelle	E4.2.6
	Brandschutz	4.2.1.1
	Feuergefährdete Betriebsstätte	4.2.2.3.9
	Isolationswiederstand	E6.1.3.3
Isolationsmessung	System TN	4.1.1.4
	Trennen	4.6.1
	Erproben und Messen	6.1.1.3
	Messung	E6.1.3.3
	Messung	6.1.3.3

Isolationswiderstand	Stromkreisaufteilung Überwachung Nachweis SK Erproben und Messen Messen	E3.1.3 5.3.8.1 5.3.9.10 6.1.3 E6.1.3.3
Isolierende Böden und Wände	Böden und Wände von Räumen oder Orten, deren Widerstand hinreichend gross ist, um einen Strom auf einen ungefährlichen Wert zu begrenzen.	2.2.1.29
Isolierter Standort	siehe Schutz durch nichtleitende Räume	2.2.1.30
Isolierung, doppelte	Isolierung, die aus der Basisisolierung und der zusätzlichen Isolierung besteht.	2.1.12.16
Isolierung, verstärkte	Isolierung von gefährlichen aktiven Teilen, die im gleichen Masse Schutz gegen elektrischen Schlag bietet wie die doppelte Isolierung. <i>Die verstärkte Isolierung kann aus mehreren Schichten bestehen, die nicht einzeln als Basisisolierung oder zusätzliche Isolierung geprüft werden können.</i>	2.1.12.17
Isolierung, zusätzliche	Unabhängige Isolierung, die zusätzlich zur Basisisolierung als Fehlerschutz angewendet wird.	2.1.12.15

Kabel	Unfälle	F1.1.6
	Ableitstrom	F2.3.6
	Störgrößen	E1.0.2.1
	Andere Vorschriften	1.0.3.1
	Geltungsbereich	1.1.1.2
	Erdungen	E4.1.A2
	Anlagen	4.1.2.2.4
	ohne Metallumhüllungen	4.1.3.1.1
	Abschottungen	4.2.1
	Fluchtwege	4.2.2.2
	vertikale Fluchtwege	4.2.2.2.5
	Kabelbewehrung	E4.4.1
	Kabelmäntel	E4.4.6
	EMV	4.4.4.1
	Leitfähige Mäntel	4.4.4.4.2
	Getrennt Stromkreise	4.4.4.6
	Kabelmanagementsysteme	4.4.4.7
	Leitungen	E5.2
	Leitungen	5.2
	Allgemeines und Arten von Leitungen	5.2.1
	Auswahl und Errichtung nach den Umgebungsein ...	5.2.2
	Strombelastbarkeit	5.2.3
	Mindestquerschnitte von Leitern	5.2.4
	SK	5.3.9.1
	Aufspreizen	5.3.9.8.8
	Arten von Schutzleiter	5.4.3.2.1
	PEN-Leiter	5.4.3.4
	Anordnung PE	5.4.3.6
	Anlagen	5.6.8
Kabelkanal	Teil einer Kabel- und Leitungsanlage, offen, belüftet oder geschlossen, über oder unter der Erdoberfläche oder dem Fußboden, mit Abmessungen, die Personen keinen Zutritt, aber den Zugang zu den Elektroinstallationsrohren und/oder Kabeln und Leitungen auf der gesamten Länge während und nach der Verlegung ermöglichen.	2.1.15.06
	<i>Ein Kabelkanal darf Teil einer Gebäudekonstruktion sein.</i>	

Kabelkanal, begehbarer	Gang, der Halterungen für Kabel und Verbindungs- elemente und/oder andere Teile der Kabel- und Leitungsanlage enthält und dessen Abmessungen Personen die Möglichkeit geben, sich innerhalb des Ganges auf seiner gesamten Länge frei zu bewegen.	2.1.15.07
Kabelkanal	Getrennt Verlegung	4.4.4.6
	Verlegeart in Abhängigkeit der Bauart einer ...	5.2.1.2
	Verlegeart in Abhängigkeit des Verlegeortes	5.2.1.3
	Hauptstromkreise (mit Querschnittsangaben fü ...	5.3.9.8.6
Kabelpritsche	Kabeltragesystem, das aus einer Reihe von Hal- terungen besteht, die starr mit den Haupttrageteilen verbunden sind.	2.1.15.09
Kabelschelle	In Abständen angebrachte Trageteile, die ein Kabel und/oder eine Leitung oder ein Elektroinstallationsrohr mechanisch halten.	2.1.15.11
Kabelwanne	Kabeltragesystem, das aus einer durchgehenden Trageplatte mit hochgezogenen Rändern besteht und keine Abdeckung hat. <i>Eine Kabelwanne kann perforiert oder nicht perforiert sein.</i>	2.1.15.08
Kabelwanne	Flammausbreitung	4.2.2.3.4
	Die Verlegung einer Leitung muss je nach Sit ...	5.2.1.3 §1
	Strombelastbarkeit	5.2.3
	Änderung der Verlegebedingungen im Verlauf e ...	5.2.3.1.1.7 §5
Kennbuchstaben	In den Anlagen sind Schaltpläne, Legenden un ...	5.1.4.5 §1
Kenngrösse	Kurzschluss	F2.3.4.3
	Planung	1.3.2.8
	Frequenz	1.3.3.2.3
	Betriebsmittel	1.3.4.1.2
	Wärmeleitung	E4.2.2
	Kenngrössen der Kurzschluss-Schutzeinrichtungen	4.3.4.3
	Unterspannung	5.3.5

Kennzeichen	Leuchten	4.2.2.3.8
	Grundsatz	5.1.1.1
	Kennzeichnung	5.1.4
	Grundsatz	5.2.1.1
	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) zum B ...	5.3.2.2
	Einrichtungen zum Trennen	5.3.7.2
	Aufschriften	5.3.9.5.1
	Kennzeichnung	5.3.9.7.6.5
	Durchsicht der Schaltgerätekombination	5.3.9.8.3.1
Klassifizierung	Umgebungsbedingungen	1.3.2.5
	Bestimmungen allgemeiner Merkmale	3.2
	Stromversorgung für Ersatzzwecke	3.5.2
	Klassifizierung	3.5.3
	Schutz gegen atmosphärische Überspann ...	4.4.3.2
	Schutz gegen atmosphärische Überspann ...	4.4.3.2.1
	Grundsatz	5.1.A.1 §5
	Verlegeart in Abhängigkeit des Verlegeortes	5.2.1.3 §4
Kleinspannung ELV	Spannung, die die in IEC 60449 für den Spannungsbereich I festgelegten Spannungsgrenzwerte nicht überschreitet.	2.1.12.30
Kleinspannung	Spannungsbereich I	F2.1
	Schutzklasse III	F2.4
	Spannungsbereich I	1.3.2.2 §1
	SELV oder PELV	4.1.0.3 §3
	Schutzmassnahme	4.1.4
	Spannungsfall	E5.2.5
	Stromversorgungsanlagen	5.5.1 §1
	Sichtprüfung	6.1.2.3
	Isolationswiderstand	6.1.3.3.2.1

Klemme	Eingangsklemmen	F2
	Kurzschlüsse	F2.3.4.1
	Abgangsklemmen	F2.3.4.
	Kontakterwärmung	E4.2.6
	Anschlussklemmen	4.2.1.3
	Abgangsklemmen	4.3.4.5.2a
	Anschlussklemmen	5.2.3.1.1.1
	Elektrische Verbindungen	5.2.6.1.4
	Ortsfeste Leitungen	5.2.6.2.1
	Steckklemmen	5.2.6.2.3
	Eingangsklemmen	5.3.9.8.4
	Anschlussklemmen	5.3.9.8.8
	Eingangsklemmen	5.3.9.9.3
	Bezeichnung	6.1.2.3
	PV-Gleichstromhauptkabel/leitung	7.12.2
	PV-DC Verbindung	7.12.5.2.6
Kondensator	Ableitstrom	F2.3.6
	Temperaturen	4.2.1.2
	Flüssigkeiten	4.2.1.5
	Verzicht auf Schutz bei Überlast	4.3.3.3
	Bemessungsstrom	5.3.7.5.5
	Kompensation	5.5.9.8
Konformität	Äussere Einflüsse	5.1.2.2.1
	SK	5.3.9.0

Kontakt	Verbindungen	1.3.4.1.4
	Schutzkontakt	4.1.2.2.4.2
	Eigenschaften	E4.2.6
	Gebläse-Heizsysteme	4.2.4.1 §1
	Heisswasser	4.2.4.2 §1
	Kontaktdruck	4.3.2.1.5.3a
	Mit Metallen	E5.2.4.3
	Unterschiedliche Metalle	5.2.2.5 §2
	Schaltkontakt	5.3.0.2
	Fusskontakt	5.3.3.2
	Trennstrecke	5.3.7.2.2
	Schaltkontakt	5.3.7.5.3
	Schutzkontakt	5.3.10
	Ohne Schutzkontakt	5.4.3.6.2
Kontrolle	PSA	F1.1.4
	Stromkreisaufteilung	E3.1.3
	Stromkreisaufteilung	3.1.4.1
	Instandhaltbarkeit	3.4
	Kennzeichnungen	5.1.1.1.1
	Schlusskontrolle	6.0.2
	Periodische Kontrolle	6.2
Konzept	Überspannungs-Schutzkonzept	E4.4.1
	Blitzschutzzonen-Konzept	5.3.4.2.1
Körper	Leitfähiges Teil eines elektrischen Betriebsmittels, das berührt werden kann und üblicherweise nicht unter Spannung steht, aber unter Spannung geraten kann, wenn die Basisisolierung versagt.	2.1.12.10
Körperschluss	Betriebsmittel für den Schutz	1.3.2.8
	Fehlerarten	F2.3.1

Körperstrom	Berührungsstrom	F2.3.3.
	Schutzklassen	F2.4
	Auswirkungen	E1.3.1
	Personen und Nutztiere	1.3.1.1.1
	Auswahl von Querschnitten	5.2.3.1.1.1
korrosionsbeständig	Erder	E4.1.A.2
	Material	5.1c
	Äussere Einflüsse	5.1.2.2.2
	Schutzkasten	5.1.3.1
	PVC Kabel	E5.2.5.1
	Schädigung	5.2.2.5.1
	Wahl der Steckvorrichtungen	5.3.10.3
	Mechanischer Aufbau	5.3.9.8.1
	Erdungsanlagen	5.4.2.1.4
	Erder	5.4.2.2
	Schäden	5.6.8.6
	Isolationswiderstand	6.1.3.3.2.1
	PV Anlagen	7.12.3.1.2.2
korrosionsgefährdet	Überstromschutz	4.3.2.5.4
	Hebevorrichtungen	4.6.3.2.1
	Äussere Einflüsse	5.1.2.2 §2
	Allgemeines	5.1.3.1
	Steckvorrichtungen	5.3.10.3
	Erder	5.4.2.2
Kriechstrecke	Kürzester Abstand zwischen zwei leitfähigen Teilen längs einer Isolierstoffoberfläche.	5.3.9.8
Kunststoffisolierung	Kunststoffe als Isolierstoffe	E5.2.3
Kupplungssteckdosen	Für ortsveränderliche Leitungen	5.2.4 §4
	Stecker und Zuleitungen	5.3.10.5
	Schutzleiter	5.4.3.6 §1

Kurzschluss	Zufällig oder absichtlich entstandener Strompfad zwischen zwei oder mehr leitfähigen Teilen, durch den die elektrischen Potenzialdifferenzen zwischen diesen leitfähigen Teilen auf einen Wert gleich null oder nahezu null abfallen.	2.1.14.10
Kurzschluss zwischen Aussenleiter und Erde	Kurzschluss zwischen einem Aussenleiter und Erde in einem Netz mit direkter Neutralpunktterdung oder mit Neutralpunkt-Impedanzerdung.	2.1.14.11
Kurzschluss zwischen Aussenleitern (Polleitern)	Kurzschluss zwischen zwei oder mehr Aussenleitern, der mit einem Kurzschluss zwischen Aussenleiter und Erde an derselben Stelle kombiniert sein kann oder nicht.	2.1.14.12
Kurzschlussfestigkeit	Schaltgerätekombinationen Angaben zur Schaltgerätekombination Aufschriften Eignung Anschlüsse von Aussen Mindestanforderungen Nachweis und Prüfungen	F2.3.4.3 5.3.9.6 5.3.9.5.1 5.3.9.8.5 5.3.9.8.8 5.3.9.9.3 5.3.9.10.1a
kurzschluss- und erdschlusssicher	Beschaffenheit eines elektrischen Betriebsmittels oder einer Kombination, die gegen Kurzschlüsse und Erdschlüsse durch angemessene Vorkehrungen bei der Ausführung und Errichtung geschützt sind.	2.1.14.15
kurzschlussicher	Transformatoren Überstromschutz	F2.3.1 4.3
Kurzschlussstrom	Strom im Kurzschlussfall.	2.1.11.16

Kurzschlussstrom	PSA	F1.1.4
	Energie	F1.1.5
	Begriff	F2.3.4
	Leiterquerschnitte	1.3.2.6.1c
	Elektromechanische Beanspruchungen	1.3.2.7.1
	Stromversorgungen	3.1.3.1
	Wärmeenergie	E4.2.1
	Einrichtungen	4.3.2.1.1+3
	Einrichtungen	4.3.2.3.1
	Schutz	4.3.4
	Überstrombegrenzung	4.3.6
	Verhältnis	5.2.4
	Abschaltstrom	5.3.1.2.1
	Koordination	5.3.6.1.1
	Back-up-Schutz	5.3.6.1.3
	SK Bemessungsdaten	5.3.9.5
	Standhalten	5.3.9.9.3
	Prüfungen	6.1.1.3
	Regelmässiger Selbsttest	6.1.3.1.1
	Fehlerschleifenimpedanz	6.1.3.6.1.1
	PV Standartprüfung	7.12.2
Kurzzeichen	Systeme nach Art der Erdverbindungen	3.1.2.2
	System TN	3.1.2.2 §1
	Schutzzarten	E5.1
	Kennzeichnung	5.1.A.1.5
	Zusammenstellung	5.1.A.1.5.1
	Leitungen	5.2.1.2.3.1
Ladeeinrichtung	Elektrofahrzeuge	7.22.2
Laie	Person, die weder eine Elektrofachkraft noch eine elektrotechnisch unterwiesene Person ist.	2.1.18.03

Laie	Sicherungssysteme	4.3.2.1
	Schalten, trennen	4.6.1
	Betriebsmässiges Schalten	4.6.5
	Abdeckungen und Gehäuse	5.1.1.3 §3
	Auswahl von Sicherungssystemen	5.3.3.3
	Einstellbare Überstrom-Schutzeinrichtungen	5.3.3.4
	Allgemeines	5.3.9.0
	Anwendungsbereich	5.3.9.1
	Anschluss der Steckvorrichtungen	5.3.10.6
Lampe	Oberschwingungen	F3.4
	Sparlampen	F3.4.1
	Geltungsbereich (Neon)	1.1.1.2
	Auswechseln	4.1.A.2.1
	Wärmestau	E4.2.2
	Feuergefährdete Betriebsstätten	4.2.2.3.1
	Elektromagnetische Störungen	4.4.4.4.1
	Spannungsführende Teile	5.1.1.3
	Leuchtenstelle	5.2.6.2 §2
	Leuchten und Beleuchtungsanlagen	5.5.9
	Beleuchtungsanlagen im Freien	7.14
	Kleinspannungsbeleuchtungsanlagen	7.15
Lampenfassung	Zufälliges berühren	5.1.1.3.1
	Illuminationskabel	7.40.5.5 §92
Landwirtschaft	Elektrische Anlagen	7.05
Schnell wechselnde Lasten	Verträglichkeit	3.3.1.1
Leerlaufspannung	Anwendungsbereich	5.5.9.1
	Messung	6.1.3.2 §1
leichtbrennbar	Stoff, der durch ein Streichholz entflammt werden kann	2.2.1.34

leichtbrennbar	Wärmestrahlung Brennbarkeitsgrad	E4.2.3 E4.2.5
Leistung	Kurzschlussstrom Leistungsbedarf Stromversorgung Ort der Verbrauchsstellen Leistungsbedarf und Gleichzeitigkeitsfaktor Leistungsbedarf und Gleichzeitigkeitsfaktor Stromversorgung Klassifizierung von Räumen	F1.1.5 F3.1 E1.0.2 1.3.2.3.1 1.3.3.2.4.1 3.1.1.1 3.1.3.1 3.5.2
Leistungsschalter	Begriffe Wärmeenergie Überstromschutz Schutzeinrichtungen Anschlussüberstromunterbrecher Fehlerstromauslöser Einstellbare Überstrom-Schutzeinrichtungen Arten von Überstromschutzeinrichtungen Einrichtungen zum Trennen Not-Aus, Not-Halt	F2.2.1 E4.2.1 4.3.2.1.1+2 4.3.2.3.1 4.3.2.5.1 5.3.1.3.2e 5.3.3.4 5.3.3.5 5.3.7.2.7 5.3.7.3.4
Leiter	Leitfähiges Teil, das dazu vorgesehen ist, einen bestimmten elektrischen Strom zu führen.	2.1.14.06
Leiterverbindung	Geeignetes Material Elektrische Verbindungen Sichtprüfung Schutzleiter	E5.2.1 5.2.6 6.1.2 6.1.3.3.1
Leitfähiges Teil	Teil, das elektrischen Strom führen kann.	2.1.12.09

Leitfähigkeit	Erdungen Verschmutzung Konstruktionsteile SK Schutzleiter Erdung und Schutzleiter Erproben und Messen Prüfung	E4.1.A.2 5.3.9.7 5.3.9.8.4 5.4.3.2.1.2+3 5.4 6.1.3.1.1 6.1.3.2.1
Leitsatz	Blitzschutz und Fundamenterde Erder	E4.1.A.2 5.4.2.2.1
Leiterschleifen	EMV PV	4.4.4.1 7.12.4.4.3
Leitung (Kabel- und Leitungsanlage)	Gesamtheit, bestehend aus einem oder mehreren isolierten Leitern, Kabeln und Leitungen oder Stromschielen, und deren Befestigungsmittel, sowie falls notwendig deren mechanischer Schutz.	2.1.15.01
Leitung	Überlastung Bauarten Leitungen	F1 1.3.2.7 5.2
Leitungsabschnitt	Überlastschutz Im Zuge der Leitung	4.3.3.2 4.3.3.2

Leuchte	Wärmestau	E4.2.2
	Oberflächentemperatur	E4.2.2a
	Wärmestrahlung	E4.2.3
	Entzündbare Stoffe	4.2.1.8
	Feuergefährdete Betriebsstätten	4.2.2.3.1
	Kennzeichnung	4.2.2.3.8
	Brennbare Stoffe	4.2.2.4.2
	Verwechslungsgefahr	5.1.4.1.1
	Äussere Wärmequellen	5.2.2.2.1
	Spannungsfall	E5.2.5
	Verbindungsstellen	5.2.6.2
	Thermische Eigenschaften	5.3.2.1
	Leuchten und Beleuchtungsanlagen	5.5.9
	Sicherheitszwecke	5.6.6
	Beleuchtungsanlagen im Freien	7.14
	Kleinspannungsbeleuchtungen	7.15
Leuchtröhren	Anwendungsbereich	5.5.9.1
Lichtbogen	AuS	F1.1.3
	PSA	F1.1.4
	Fehlerarten	F2.3.1
	Fehlerstrom	F2.3.2
	Wirkungen auf den Menschen	E1.3.1
	Erreichen der Sicherheit	1.3.1.1.1
	Thermische Auswirkungen	1.3.1.3.1
	Errichten	1.3.4.1.1
	Brandursache	E4.2.6
	Schutz gegen Brände	4.2.1.1+3
	Kurzschlusschutz	4.3.4
	Blitzschutzsysteme	E4.4
	Atmosphärische Einflüsse	4.4.3.1 §1
	Schutzeinrichtungen	5.3.2.7
lösbar	Ableitungen	E4.4.4.1

Luftstrecke	Abstand zwischen zwei leitfähigen Teilen längs eines Fadens, der auf dem kürzesten Weg zwischen diesen Teilen gespannt ist.	5.3.9.2.9.1
Lüftung	Betriebstechnische Anlagen	1.3.2.9.1
	Schutz-Potenzialausgleich	4.1.1.3.1.2.1
	Dimension Lüftungsschlitz	5.1.1.1 §4
	Gasdichte Akkumulatoren	5.6.6.2
magnetisch	Bemessungskurzschlussstrom	F2.3.4.3
	Stromversorgung	E1.0.2.1
	Elektrizität und der Mensch	E1.3
	Grundsätze	1.3.1.1.1
	Massnahmen	1.3.1.6
	Wirkungen	E1.3.1.6
	Wirkungen	3.1.4.1
	Verträglichkeit	3.3.2.2
	EMV	4.1.1.4.1.3
	Überstromschutz	4.3.2.2 §1
	Überstromschutz	4.3.2.3 §1
	EMV	E4.4.1
	Massnahmen	4.4.4
	NEV	5.1.1.1.6
	Herstellerangaben	5.1.2.1.2.5
	Verträglichkeiten	5.1.5.3.1
	Induktionen	5.2.1.1.4
	Einflüsse	5.2.2.15
	Nähe	5.2.8.1.1
	RCD	5.3.1.3.3
	SK Bemessungsdaten	5.3.9.5
Material	Betriebsbedingungen und äussere Einflüsse	5.1.2
Mauerwerk	Vorhandensein von Tieren	5.2.2.10
	Verlegearten	5.2.3.1.1.9
	Unabhängige Verlegung	5.6.8.2

mechanisch	PSA	F1.1.4
	Kurzschlussfall	F2.3.4.3
	Risiken	1.3.1.1.1
	Leiterquerschnitte	1.3.2.6.1
	Gekoppelte Pole	3.1.4.2h
	Leitungen	4.1.2.2.4.1
	Isolationsfehler	E4.2.6
	Betriebsmittel	4.2.1.3
	Fluchtwege	4.2.2.2.1
	Feuergefährdete Betriebsstätten	4.2.2.3.1
	Schutzeinrichtungen	4.3.0.3
	Kurzschlussströme	4.3.4.1
	EMV	4.4.4.6
	Unbeabsichtigtes Unter-Spannung-Setzen	4.6.2.2
	Hebevorrichtungen	4.6.3.2.1
	Äussere Einflüsse	5.1.2.2
	Zugänglichkeit	5.1.3.1
	Leitungen	5.2
	Schalter, koppeln	5.3.0.2
	Schaltgerätekombinationen (SK)	5.3.9
	Mechanischer Aufbau	5.3.9.8.1
	Abdeckung	5.3.9.8.4
	Nachweis und Prüfungen	5.3.9.10.1
	Erdungsanlagen	5.4.2
	Schutzleiter	5.4.3
	Umschalteinrichtungen	E5.5.1
	Belastete Leitungen	5.6.8.2.2
medizinisch genutzte Räume	Elektrische Anlagen in medizinisch genutzten ...	7.10
Messspannung	Isolationswiderstand	E6.1.3.3
	Erproben und Messen	6.1.3
	Mindestwerte	6.1.3.2 §1

Messung	Grundsatz	3.1.4 §1
	Der unbeeinflusste Kurzschlussstrom Icp muss	4.3.4.2 §1
	Erstprüfungen	6.1
	Erproben und Messen	6.1.3
Metallgehäuse	Vorkehrungen für den Fehlerschutz	4.1.0.3 §9
metallisch / Metall	Umhüllungen	E4.1.A2
	Schutz-Potenzialausgleich	E4.1.1.3
	Schutz-Potenzialausgleich	4.1.1.3.1.2
	Umhüllung	4.2.2.3.9
	Leitungen von SELV und PELV	4.1.4.4 §2
	Trennungsabstand	4.2.2.13
	Schutz gegen Verbrennungen	4.2.3.1
	Blitzschutzsystem	E4.4
	Metallene Leitung	E4.4.6
	EMV	4.4.4.4.2
	TN-System	4.4.4.3
	Hindernisse	4.4.4.6
	Kabelmanagementsystem	4.4.4.7
	Auswahl der Betriebsmittel	5.1.5.1.1
	Metallische Leiter	E5.2.1
	Isolierstoffe	E5.2.2
	Korrosion	5.2.2.5.2
	Tiere und Fauna	5.2.2.10
	Erwärmung	5.3.9.8.7
	Erder	5.4.2.2
	Arten von Schutzleitern	5.4.3.2
	PEN-Leiter	5.4.3.4.2
Mindestquerschnitt	Haus- und Bezügerleitung	E1.0.2.1
	Mindestquerschnitte von Leitern	5.2.4
	Erwärmung	5.3.9.8.7
	Mindestquerschnitte	5.4.3.1
Miniatur-sicherungssystem	Allgemeines	4.3.1 §2
	Überstromschutz	4.3.2.1 §5
	Überstromschutz	4.3.2.2 §1

Mittelpunkt	Gemeinsamer Punkt zwischen zwei zueinander symmetrischen Stromkreiselementen, deren andere Enden mit zwei verschiedenen Aussenleitern desselben Stromkreises elektrisch verbunden sind.	2.1.14.04
Mode	Elektrofahrzeuge	7.22.2
Modul	PV	7.12.2
Motor / Motorschutzschalter	Brandschutz Überstromschutz Schutzeinrichtungen Schutz von Motoren bei Überlast Zusätzlicher Überlastschutz Entfallen der Überlast-Schutzeinrichtung EMV Kennzeichnung Motorsteuerungen Mindestquerschnitte Wirtschaftlichkeit Spannungsfall Temperaturbegrenzung Arten von Überstrom-Schutzeinrichtungen Not-Aus, Not-Halt	4.2.2.3.7 4.3.1.1.1 4.3.2.1 4.3.2.2 4.3.3.2 4.3.3.3 4.4.4.4.1 4.6.2.3 4.6.5.3 5.2.4 E5.2.4 5.2.5 5.3.2.4 5.3.3.5 5.3.7.4 §1
Nachweis	Abweichende Ausführungen Nachweispflicht Halogenfreie Kabel Nachweis und Prüfung Erwärmung Prüfungen und Nachweise Erstprüfungen Wiederkehrende Prüfung	1.0.4.1 5.1.1.1.5+6 E5.2.5.1 5.2.7.2 §7 5.3.9.8.7 5.3.9.10 6.1 6.2

nass	Anschlussüberstromunterbrecher	4.3.2.5 §4
	IP-Bezeichnung	5.1.1.1.1.4
	Basisschutz	5.1.2.1 §7
	Äussere Einflüsse	5.1.2.2.3
	Allgemeines	5.1.3.1
	Nasser Raum	5.1.A.1
	Steckvorrichtung mit Schutzkragen	5.3.10.3
	Sichtprüfung	6.1.2 §2+.3
	Isolationswiderstand	6.1.3.3 §2
	Räume mit Badewanne oder Dusche	7.01
Netzbetreiberin	Geltungsbereich	E1.F
	Werkvorschriften	1.0.2
	Stromversorgung	E1.0.2
	Übergangsfrist	1.0.5 §2
	Schutzmassnahme	1.3.1.1 §2
	Besondere Anforderungen	1.3.2.2 §5
	Erdung	E4.1.A.2
	System TN	4.1.1.4.1
	Anschlussüberstromunterbrecher	4.3.2.5 §1
	Kurzschlussstrom am Speisepunkt	4.3.4.1.1
	Betriebsmittel	5.1.1.2 §1
	Äussere Einflüsse	5.1.A.1
	Eigenversorgungsanlagen	E5.5.1
Neutralleiter	Leiter, der mit dem Neutralpunkt elektrisch verbunden und in der Lage ist, zur Verteilung elektrischer Energie beizutragen.	2.1.14.07

Neutralleiter	Kurzschlussstrom	F2.3.4.2
	Oberwelle	F3.4.1
	Neutralleiterstrom	F3.4.2
	Stromversorgung	1.3.2.2
	System TN	E3.1.1
	System nach Art der Erdverbindung	3.1.2
	Aufteilung der Stromkreise	3.1.4
	System TN	4.1.1.4.5
	Schutz des Neutralleiters	4.3.1.2
	Schalten des Neutralleiters	4.3.1.3
	Anschlussüberstromunterbrecher	4.3.2.5 §5
	EMV	4.4.4.4.2.1
	Spezielle Bedingungen	4.6.1.2
	Trennen und Schalten des Neutralleiters	4.6.1.2.3
	Trennen	4.6.2
	Grundsatz	5.2.1.1.4
	Anzahl der belasteten Leiter in einem Stromkreis	5.2.3.4
	Mindestquerschnitte von Leitern	5.2.4
	Verbindungsstellen in ortsfesten Leitungen	5.2.6.2
	Allgemeine Anforderungen	5.3.0.2
	RCD	5.3.1.3.2
	Schutz des Neutralleiters	5.3.2.6
	Einrichtungen zum Trennen	5.3.7.2
	Kennzeichnung	5.3.9.8.6
	Stecker	5.3.10.5
	Neutralleitertrenner	5.4.3.4.3
	Anordnung von Schutzleitern	5.4.3.6.2

Neutralleitertrenner (Spezialklemme)	Ein Neutralleitertrenner ist eine in den Neutralleiter oder PEN-Leiter eingegebauta Trennvorrichtung, die ohne Lösen der angeschlossenen Leiter und nur mit einem Werkzeug betätigt werden kann; er dient der Messung des Isolationszustandes. Eine Spezialklemme ist eine Verbindungsstelle, die das mehrmalige und sichere Trennen und Verbinden ohne Lösen der angeschlossenen Leiter ermöglicht. Das Trennen darf nicht von Hand, muss aber mit einem einzigen Werkzeug möglich sein. In Schaltgerätekombinationen dürfen, sofern kein Neutralleitertrenner verlangt ist, ausnahmsweise Spezialklemmen verwendet werden, bei welchen das Trennen der Leiter durch Lösen derselben erfolgt.	2.2.1.38
Neutralleitertrenner	Grundsatz	3.1.4.1
	Anschlussüberstromunterbrecher	4.3.2.5 §5
	Trennstelle	4.6.2.1
	Einrichtungen zum Trennen	5.3.7.2
	Anordnung	5.3.7.2.8
	Neutralleitertrenner	5.4.3.4.3
Neutralpunkt	Gemeinsamer Punkt eines in Stern geschalteten Mehrphasensystems oder geerdeter Mittelpunkt eines Einphasensystems. <i>Der gemeinsame Punkt eines in Stern geschalteten Mehrphasensystems wird auch als Sternpunkt bezeichnet.</i>	2.1.14.05
nichtbrennbar	Brandkennziffer	E4.2.5
	Nichtbrennbare und wärmeisolierende Soffe	4.2.1.6
	Fluchtwege	4.2.2.2
	Brandschutz	4.2.2.3.4
	Brennbare Baustoffe	4.2.2.4
	Rahmen und Verkleidung von Heizelementen	4.2.4.1 §2
	Raumheizgeräte	4.2.4.3
	Zugänglichkeit	5.1.3.1
	Auswahl der Betriebsmittel	5.1.5.1
	Äussere Einflüsse	5.1.A.1
	Brennbare Rohre	5.2.1.7 §4
	Leitungen	5.2.7.1 §5

nichtbrennbar und wärmeisolierend	Baustoffe, welche nicht entflammt werden können und die Wärme schlecht leiten.	2.2.1.40
nichtbrennbar und wärmeisolierend	Schaltgerätekombinationen	4.2.2.2 §1
	Gefahr durch Rauchbildung	4.2.2.3 §1
	Wassererwärmer oder Dampferzeuger	4.2.4.2
	Heizöfen	4.2.4.3
nichtelektrisch	Vermeiden gegenseitiger Beeinflussung	1.3.2.11 §1
	Schalterarten	4.6.3
	Not-Aus und Not-Halt	4.6.4
	Auswahl der Betriebsmittel	5.1.5.1
	Nähe zu nichtelektrischen technischen Anlagen	5.2.8.3
Nichtleitende Umgebung	Vorkehrung, durch die ein Mensch oder Tier, der/das einen unter einer gefährlichen Spannung stehenden Körper eines elektrischen Betriebsmittels berührt, durch die hohe Impedanz seiner Umgebung (zum Beispiel isolierende Wände und Fussböden) und durch das Fehlen geerdeter, leitfähiger Teile geschützt ist.	2.1.12.36
nichtleitend	Schutzklassen	F2.4
	Isolierstoffe	E5.2
	Ortsveränderliche Leitungen	5.2.1.8
	Isolationswiderstand	E6.1.3.3
Niederspannungsanlagen	Starkstromanlagen, bei welchen die Betriebsspannung grösser als 50V, aber nicht grösser als 1000V ist.	2.2.1.41

Niederspannungs-Schaltgerätekombination (Schaltgerätekombination)	Zusammenfassung eines oder mehrerer Niederspannungsschaltgeräte mit allen zugehörigen Betriebsmitteln unter Verantwortung des Herstellers komplett zusammengebaut, mit allen inneren elektrischen und mechanischen Verbindungen und Konstruktionsteilen. (NN 5.3.9.2.4) <ul style="list-style-type: none"> .1 Typgeprüfte Niederspannungs-Schaltgerätekombination (TSK) Niederspannungs-Schaltgerätekombination, die ohne wesentliche Abweichungen mit dem Ursprungstyp oder -system übereinstimmt. .2 Partiell typgeprüfte Niederspannungs-Schaltgerätekombination (PTSK) Niederspannungs-Schaltgerätekombination, die beides, typgeprüfte und nicht typgeprüfte Baugruppen, enthält, vorausgesetzt, dass letztere abgeleitet sind (z. B. durch Berechnung) von typgeprüften Baugruppen, die die entsprechenden Prüfungen bestanden haben. (NN 5.3.9.8.1) 	5.3.9.2.1.1
NEV	Gesetzliche Bestimmungen Gesetzliche Grundlagen Betriebsmittel SK	E1.E 1.0.1 5.1.1.1.5+6 5.3.9.0
NISV	Blitzschutzsysteme EMV EMV	1.3.1.6.5 3.3.2.2 4.4.4
NIV	Gesetzespyramide Grundlagen Elektrische Anlagen Prüfungen	E1.E 1.0.1 1.3.4.1 6.1
Not-Ausschaltung	Öffnen der Kontakte einer Schalteinrichtung, das dazu bestimmt ist, die elektrische Energieversorgung einer elektrischen Anlage oder eines Teils der elektrischen Anlage auszuschalten, um eine gefährliche Situation aufzuheben oder zu entschärfen.	2.1.17.03
Not-Halt	Handlung, die dazu bestimmt ist, eine Bewegung, die gefährlich geworden ist, so schnell wie möglich anzuhalten.	2.1.17.04

Not-Aus und Not-Halt	Not-Aus und Not-Halt	4.6.4
	Einrichtungen	5.3.7.4
Nutztiere	Anwendungsbereich	4.1.0.1
	Basisschutz	4.1.A.2.1
	Erstprüfung	6.1
	Elektrische Anlagen von landwirtschaftlichen ...	7.05
Oberflächen-temperatur	Wärmeleitung	E4.2.2
	Brandschutz	4.2.1.2
	Feuergefährdete Betriebsstätten	4.2.2.3
	Leuchten Kennzeichnung	5.5.9.4 §1
Oberschwingung	Oberschwingungen	F3.4
	Elektrische Geräte	E1.0.2.1
	Vermeiden schädlicher Einflüsse	1.3.3.4 §1
	Drehstromsystem	5.2.6.2 §3
ortsfest	Zusätzlicher Schutz	4.1.1.3.3
	Schutzeinrichtungen	4.3.3.2
	Steckdosen	5.1.2.1.2+5
	Grundsatz Leitungen	5.2.1.1.2
	Aufbau und Anwendung	5.2.1.2.3.4
	Mechanische Beanspruchung	5.2.2.6.2
	Leitungsverlegung	5.2.2.8.2
	Mindestquerschnitte	5.2.4 §1
	Verbindungsstellen	5.2.6.2
	Wartungsarbeiten	5.3.7.3.6
	Anwendungsbereich	5.3.9.1
	Anschlüsse	5.3.9.8.8
	Steckdosen	5.3.10
	Freizügig verwendbare Steckvorrichtungen	5.3.10.4
	Erdungsleiter	5.4.2.3
	Not- und Sicherheitsbeleuchtung	5.6.4.2
	Sichtprüfung	6.1.2
	Elektrozäune	7.05.5.5.1.8

ortsveränderlich	Stromquellen für SELV und PELV Umgebungseinflüsse Leitungen Strombelastbarkeit Mindestquerschnitte von Leitern Leitungen Verbindungsstellen Vorkehrungen innerhalb eines Brandabschnitts Leitungen Stecker und Zuleitungen PEN-Leiter Überstrom-Schutzeinrichtungen	4.1.4.3 5.2.1.1 §1 5.2.1.8 5.2.3 5.2.4 5.2.4 §4 5.2.6.3 5.2.7.1 5.2.7.1 §4 5.3.10.5 5.4.3.4 5.4.3.6 §1
parallel	betriebsmässiges Umschalten Leitungen Parallel geschaltete Leiter AFDD Überstromschutzeinrichtungen ZEP Niederspannungsstromversorgungsanlagen	4.6.5.1 §5 5.2.2.8 §1 5.2.3.5 5.3.2.7 5.3.9.5 5.4.2.4 §1 E5.5.1
PELV	Elektrisches System, in dem die Spannung die Grenzwerte für Kleinspannung (ELV) nicht überschreitet: – unter üblichen Bedingungen und – unter Einzelfehlerbedingungen, ausgenommen bei Erdschlüssen in anderen elektrischen Stromkreisen. <i>PELV ist die Abkürzung für Funktionskleinspannung mit elektrisch sicherer Trennung.</i>	2.1.12.32
PELV	Schutzklassen Schutz gegen elektrischen Schlag Schutzmassnahme: Schutz durch Kleinspannung Brandschutz Erproben und Messen Kleinspannungsbeleuchtungsanlagen	F2.4 4.1 4.1.4 4.2.2.3.3 6.1.3 7.15
PEN-Leiter	Leiter, der zugleich die Funktionen eines Schutzerdungsleiters und eines Neutralleiters erfüllt.	2.1.13.25

PEN-Leiter	Berührungsspannung	F2.3.3
	Kurzschlussstrom	F2.3.4.2
	Ststem TN	E3.1.1.1
	System TN	E3.1.2
	System TN	4.1.1.4
	Brandschutz	4.2.2.3.12
	Spezielle Bedingungen für PEN-, Schutz-	4.6.1.2
	Trennstelle	4.6.2.1
	Verlegung	5.2.1.1.3
	EMV	5.2.2.15
	Oberwswingungen	5.2.3.4 §3
	RCD	5.3.1.3.5
	Schutzleiter-Anschluss und Querschnitt in SK's	5.3.9.7.4.3 §1
	Trennen	5.3.7.2.10
	Kennzeichnung	5.3.9.6.8
	PEN-Leiter	5.4.3.4
	Isolationsmessung	6.1.3.3
	Schleifenimpedanz	6.1.3.6
Personenbelegung, Bauten und Anlagen mit grosser	Als Bauten und Anlagen mit Räumen mit grosser Personenbelegung gelten insbesondere Mehrzweck-, Sport- und Ausstellungshallen, Schulbauten mit Sälen, Bahnhöfen, Theater, Kinos, Restaurants und ähnliche Versammlungsstätten mit Räumen, in denen sich mehr als 100 Personen aufhalten können sowie Verkaufsgeschäfte mit einer gesamten Verkaufsfläche von weniger als 1200 m ² , wenn die ermittelte Anzahl Personen 100 übersteigt.	2.2.1.10
Personenbelegung, starke	Klassifizierung	3.5.2
	Blitzschutzwicht	E.4.4.2
Pflanzen	Auswahl Betriebsmittel	5.1.2.2 §4
	Vorhandensein	5.2.2.9
Phasenreihenfolge: Uhrzeigersinn	Steckvorrichtungen	5.3.6
	Geprüfte Messgeräte	6.1.3.1 §1
	Drehstrom-Steckdosen	6.1.3.9 §2

Polarität	Geprüfte Messgeräte Messen	6.1.3.8 6.1.3.1
Potenzialausgleich	Herstellen elektrischer Verbindungen zwischen leitfähigen Teilen, um Potenzialgleichheit zu erzielen.	2.1.13.19
Potenzial-ausgleichsanlage	Gesamtheit der Verbindungen zwischen leitfähigen Teilen, die den Potenzialausgleich zwischen diesen Teilen herstellt. <i>Wenn eine Potenzialausgleichsanlage geerdet ist, ist sie Teil einer Erdungsanlage.</i>	2.1.13.30
Potenzial-ausgleichsklemme, Potenzialausgleichs-anchlusspunkt	Klemme oder Anschlusspunkt an einem Betriebsmittel oder einer Einrichtung, bestimmt für die elektrische Verbindung mit der Potenzialausgleichsanlage.	2.1.13.34
Potenzial-ausgleichsschiene	Schiene als Teil einer Potenzialausgleichsanlage für den elektrischen Anschluss einer Anzahl von Leitern zum Zweck des Potenzialausgleichs.	2.1.13.35
Potenzialgleichheit	Zustand, bei dem leitfähige Teile annähernd gleiches elektrisches Potenzial haben.	2.1.13.18
provisorisch	Die NIN gilt für die Planung, Errichtung und... Provisorische Anlagen dürfen entsprechend de ...	1.1.1 §1 5.1.A.1.3
Prüffinger	Schutzarten Grundsätzlich	E5.1 5.1.1.3 §1

Prüfung	Die NIN gilt für die Planung, Errichtung	1.1.1 §1
	Abschalteinrichtung	1.3.2.10
	Elektrischen Anlagen	1.3.4
	Aufteilung	E3.1.3
	Grundsatz	3.1.4 §1
	Instandhaltbarkeit	3.4
	Brandschutz	4.2.2.3.4
	Äussere Einflüsse	5.1.2.2.1+4
	Leitungen	5.2.1.1.4
	Verbindungen	5.2.6.1.3
	Brandabschnitt	5.2.7.1.3
	Abschottung	5.2.7.2.4+7
	Prüfungen und Nachweise	5.3.9.10
	Funktionserhalt	5.6.8.2.2.3+4
	Prüfungen	6
Punkt, geerdet	System TN	E3.1.1
	Systeme nach Art der Erdverbindungen	3.1.2.2
	System TN	3.1.2.2 §1
	unmittelbarer	E4.1.A2
	Sternpunkt Netz	5.2.1.1.4
	System TN	4.1.1.4 §2
	Erstprüfungen	6.1

Querschnitt	Vorschriften Dritter	E1.0.2.1
	Leiterquerschnitte	1.3.2.6
	System TNC	E3.1.1.1
	Brandlasten	4.2.2.2.5.1
	Neutralleiter	4.3.1.2.1
	Überlastschutz	4.3.3
	Kurzschlusschutz	4.3.4
	In den Anlagen sind Schaltpläne, Legenden un ...	5.1.4.5 §1
	Leiter	E5.2.1
	Bemessung der Rohre	5.2.1.3.5
	Strombelastbarkeit	5.2.3
	Mindestquerschnitte von Leitern	5.2.4
	Elektrische Verbindungen	5.2.6
	Auswahl und Errichtung zur Begrenzung von Br ...	5.2.7
	SK	5.3.9.
	Erdung und Schutzleiter	5.4
	Feherschleiffenimpedanz	6.1.3.6
Raumart / Raumgruppe	Verträglichkeit von Merkmalen	3.3.1
	Äussere Einflüsse	5.1.A.1
	Äussere Einflüsse	E5.1.2.2
	Sichtprüfung	6.1.1.2
	Med.	7.10.3
Räume mit nicht-brennbarem Staub	Räume oder Zonen, in denen bei der vorgesehenen normalen Benützung mit einer wesentlichen Ablagerung von nichtbrennbarem Staub zu rechnen ist (z. B. gewisse Räume oder Zonen in Zementfabriken, Steinmühlen, Giessereien).	2.2.1.45
Reduktion	Querschnitt	5.4.2.3
Rettungswege	Fluchtwiege	4.2.2.2
	Sicherheitsbeleuchtung	5.6.9

Rohre	Vorschriften Dritter	E1.0.2.1
	Andere Vorschriften	1.0.3.1
	Metallrohre	4.1.0.3.9
	EMV	4.4.4.4.8
	Durchmesser	5.2.1.3.5
	Eignung	5.2.1.7
	Auswahl	5.2.2
	Leitungsverlegung	5.2.2.8
	Abschottung	5.2.7.2
	Trennen	5.2.8.1
	Strombelastbarkeit	5.2.3
	Schutz-Potenzialausgleich	5.4.2.2.6
	Artdurchgehende Verbindung	5.4.3.2
Rohrschelle	In Abständen angebrachte Trageteile, die ein Kabel und/oder eine Leitung oder ein Elektroinstallationsrohr mechanisch halten.	2.1.15.11
Rückstellung	Wassererwärmer oder Dampferzeuger	4.2.2.1.3
Sauna	Räume mit elektrischen Sauna-Heizgeräten	7.03
Sicherheitskabel	Stromkreise für Sicherheitszwecke	5.6.8.2
Sicherheits-beleuchtung	Not- und Sicherheitsbeleuchtung Funktionsprüfung	5.6.9 6.1.3.10.2
Schalt- und Steuergeräte	Einrichtungen zum Trennen, Schalten, Steuern ...	5.3

Schalten	Abschalteinrichtung Neutralleiter Trennen und Schalten Massnahmen Schalterarten Not-Aus und Not-Halt Betriebsmässiges Schalten Einrichtungen zum Trennen und Schalten Steckdosen	1.3.2.10 4.3.1.3 4.6 4.6.1.1 4.6.3 4.6.4 4.6.5 5.3.7 5.3.10.8
Schalter	Vorschriften Dritter Brandschutz Brennbare Baustoffe Wartungsschalter Schalterarten Not-Aus und Not-Halt Betriebsmässiges Schalten Bemessungsstrom Kennzeichnung auf Brennbare Gebäudeteile Verbindungsstellen Brandschutzschalter Wartungsarbeiten Betriebsmässiges Schalten	E1.0.2.1 4.2.1.5 4.2.2.4.2 4.6.2.2 4.6.3 4.6.4 4.6.5 5.1.2.1.3 5.1.4.1.1 5.1.1 5.2.6.2.1 5.3.2.7 5.3.7.3 5.3.7.5.2+5
Schaltgeräte	Elektrisches Betriebsmittel, das in einem Stromkreis eingesetzt wird, um eine oder mehrere der folgenden Funktionen zu erfüllen: Schützen, Steuern, Trennen, Schalten.	2.1.16.03

Schaltgeräte	Brandschutz	4.2.2.3.3
	EMV	4.4.4.4.1
	Funktion	4.6.1.1
	Einstellbar	5.3.3.4
	Einrichtungen zum Trennen, Schaltgeräte	5.3
	Not-Aus, Not-Halt	5.3.7.4
	Halbleiter	5.3.7.5.3
	Kennzeichnung	5.5.9.4.1
	Sicherheitszwecke	5.6.1.2
	Sichtprüfung	6.1.2.3
Schaltgerätekombination	Betriebsmittelkombination, die verschiedene Arten von Schaltgeräten und Steuergeräten enthält, an die ein oder mehrere abgehende Stromkreise angeschlossen sind, die von einem oder mehreren ankommenden Stromkreisen gespeist wird und die Anschlussstellen für Neutralleiter und Schutzleiter enthält.	2.1.16.08
	Schaltgerätekombination (bisher Schalt- oder Verteilanlage) ist die Zusammenfassung eines oder mehrerer Niederspannungsschaltgeräte mit zugehörigem Material zum Steuern, Messen und Melden sowie der Schutz- und Regeleinrichtungen usw. Sie wird unter Verantwortung des Herstellers komplett zusammengebaut, mit allen inneren elektrischen und mechanischen Verbindungen und Konstruktionsteilen.	2.2.1.47
Schaltgerätekombination	Asbest	F1.2
	Bezeichnungen	F2.3.4.3
	NISV	1.3.1.6.5
	Anordnung und Montage von Schaltgerätekombi ...	4.2.2.2
	Brennbare Stoffe	4.2.2.4
	Koordination Überspannungsableiter	4.4.3.4
	Trennstell	4.6.2.1
	Unterschiedliche Stromarten	5.1.5.2
	Verbindungsstellen	5.2.6.2
	Schaltgerätekombinationen (SK)	5.3.9
	Verwendung als Schutzleiter	5.4.3.2
	Sicherheitszwecke	5.6.1.2
	Funktionsprüfung	6.1.3.10

Schaltplan	technischen Produkt oder Erzeugnis Schaltpläne Kennzeichnen Sicherheitszwecke Sichtprüfung	5.1.1.1 §4 5.1.4.5 5.3.9.6.8 5.6.7.9 6.1.2.2
Schaltvermögen	Kursslussstrom Schutzeinrichtungen Überstromschutz Anschlussüberstromunterbrecher Kenngrößen Koordination von Schutzeinrichtungen Bach up Schutz Trennen Einbau von Betriebsmittel	F2.3.4 4.3.2.1 4.3 4.3.2.5 4.3.4.5 5.3.6 5.3.6.1.3 5.3.7.2.6 5.3.9.8.5
Scheinwerfer	Wärmestrahlung Brandschutz Auswahl und Montage von Leuchten	E4.2.3 4.2.2.3 5.5.9.5 §1
Schema	Werkvorschriften Sicherheitsbeleuchtung Stromkreise für Sicherheitszwecke	E1.0.2.1 5.6.4.2 5.6.7.9
Schleifenwiderstand, -impedanz	Fehlerstrom Kurzschlussstrom Die Leiterquerschnitte Stromversorgung Fehlerschleife TN Berechnung maximal zulässigen Abscha ... EMV Automatische Abschaltung Messung Spannungsfall	F2.3.2 F2.3.4 1.3.2.6 §1 3.1.3.1 4.1.4 4.3.4.3 §2 4.4.4.1 6.1.3.6.1 E6.1.3.6 6..1.3.11
Schloss, Schlösser	Verschlüsse, die nur mit einem Schlüssel bedient werden können.	2.2.1.48

Schloss, Schlüssel	Abdeckungen Schaltarten Feuerungsanlagen Abdeckungen und Gehäuse, die dem Schutz gege ... Einstellbare Überstromschutzeinrichtung Verriegelungen	4.1.A.2.4 4.6.3 4.6.3.3.2+4 5.1.1.3 .2 5.3.3.4 E5.5.1
Schreinerei	Leistungsbedarf Besondere Risiken	F3.1 4.2.2.1
Schutz durch Begrenzung des Beharrungsstroms und der Entladungs-energie	Schutz gegen elektrischen Schlag durch eine solche Ausführung des Stromkreises oder Betriebsmittels, dass unter üblichen und unter Fehlerbedingungen der Beharrungsstrom und die Entladungsenergie auf einen ungefährlichen Wert begrenzt sind.	2.1.12.34
Schutz gegen elektrischen Schlag	Massnahmen, die das Risiko eines elektrischen Schlags vermindern.	2.1.12.02
Schutzabdeckung (Abdeckung)	Teil, das Schutz gegen direktes Berühren aus allen üblichen Zugriffsrichtungen bietet.	2.1.12.23
Schutzerdung	Erdung eines Punktes oder mehrerer Punkte eines Netzes, einer Anlage oder eines Betriebsmittels zu Zwecken der elektrischen Sicherheit.	2.1.13.09
Schutzerdzuleiter	Schutzleiter zum Zweck der Schutzerdung.	2.1.13.23
Schutzglas	Leuchten	4.2.1.8
Schutzhindernis	Teil, das unabsichtliches direktes Berühren, nicht aber direktes Berühren durch eine absichtliche Handlung verhindert.	2.1.12.24
Schutzimpedanz	Bauteil oder Gesamtheit von Bauteilen, deren Impedanz und Ausführung bewirken sollen, dass Beharrungsberührungsstrom und elektrische Ladung auf ungefährliche Werte begrenzt werden.	2.1.12.35
Schutzisolierung	Schutzklassen	F2.4

Schutzklassen	Die Schutzklassen kennzeichnen den Schutz bei indirektem Berühren. Der Schutz gegen direktes Berühren ist bei allen Schutzklassen durch die Grundisolierung gewährleistet.	2.2.1.49
Schutzklasse 0	<p>Schutz bei indirektem Berühren ist nicht vorgesehen. Die Körper der Betriebsmittel werden weder an den Schutzleiter der festen Installation angeschlossen, noch sind sie wie bei der Schutzisolierung von aussen unzugänglich.</p> <p><i>Beim Versagen der Basisisolierung muss der Schutz gegen gefährliche Körperströme durch die Umgebung, z. B. durch nichtleitende Räume, gewährleistet sein.</i></p>	
Schutzklasse I	<p>Der Schutz bei indirektem Berühren wird durch den Anschluss der Körper an den Schutzleiter der festen Installation sichergestellt.</p> <p><i>Anmerkung:</i></p> <p><i>Beim Versagen der Basisisolierung wird der fehlerhafte Stromkreis automatisch abgeschaltet. Es bleibt keine gefährliche Berührungsspannung bestehen. Beim Anschluss der Betriebsmittel über bewegliche Anschlussleitungen wird vorausgesetzt, dass der Schutzleiter mitgeführt und mit dem Körper des Betriebsmittels verbunden wird.</i></p>	
Schutzklasse II	<p>Der Schutz bei indirektem Berühren wird durch eine zweite (doppelte) Isolierung oder durch eine verstärkte Isolierung sichergestellt, die den Bedingungen der Schutzisolierung entsprechen. Es besteht keine Anschlussmöglichkeit für den Schutzleiter (Ausnahmen müssen in den Gerätebestimmungen ausdrücklich zugelassen werden).</p> <p><i>Die Betriebsmittel der Schutzklasse II sind hinsichtlich ihres Schutzes bei indirektem Berühren unabhängig von den Installationsbedingungen. Man unterscheidet vollisolierte Betriebsmittel, bei denen auch die Körper in die Isolierung mit einbezogen werden, und metallgekapselte Betriebsmittel, bei denen die aktiven Teile gegenüber der Metallkapselung doppelt oder verstärkt isoliert sind (Kennzeichnung □).</i></p>	

Schutzklasse II	Schutzmassnahme: Doppelt EMV Wahl der Steckvorrichtungen in Abhängigkeit ... Stecker und Zuleitungen zu ortsveränderliche ... Schutzleiter	4.1.2.2 4.4.4.10 5.3.10.3 5.3.10.5 5.4.3.6
Schutzklasse III	Der Schutz bei indirektem Berühren ist nicht vorgesehen. Der Schutz besteht ausschliesslich in der Begrenzung der Spannung auf die Werte der Kleinspannung ELV. Betriebsmittel der Schutzklasse III dürfen deshalb nur mit Spannungen betrieben werden, welche den Bedingungen für Kleinspannung SELV oder PELV entsprechen.	
Schutzkontakt	Besondere Kontakeinrichtung für den Schutzleiter an Steckvorrichtungen.	2.2.1.50
Schutzkontakt	Schutzmassnahme: Doppelte oder verstärkte ... Schutzmassnahme: Doppelte oder verstärkte ... Wahl der Steckvorrichtungen in Abhängigkeit ... Stecker und Zuleitungen Rechteckige Steckdosen Steckvorrichtungen	4.1.2.2.1 §2 4.1.2.2.4 §2 5.3.10.3 5.3.10.5 5.3.10.6 5.4.3.6
Schutzkragen	Vorschriften Dritter Basisschutz bei Steckverbindungen An folgenden ... Wahl der Steckvorrichtungen in Abhängigkeit ... Stromversorgung durch eine Netzbetreiberin	1.0.3.1 5.1.2.1 .7 5.3.10.3 E1.0.2.1
Schutzleiter (PE)	Leiter zum Zweck der Sicherheit, zum Beispiel zum Schutz gegen elektrischen Schlag. <i>In einer elektrischen Anlage wird der als PE bezeichnete Schutzleiter üblicherweise auch als Schutzerdzungsleiter angesehen.</i>	2.1.13.22

Schutzleiter	Kleinster Kurzschlussstrom	F2.3.4.2
	Schutzklassen	F2.4
	Art der Leiter	1.3.2.2.2
	System TN	E3.1.1
	Systeme nach Art der Erdverbindungen	3.1.2.2
	Grundsatz	3.1.4 §1
	Die Eigenschaften von Betriebsmitteln	3.3.1 §1
	Kleine Abmessung	4.1.0.3.9
	Automatische Abschaltung	4.1.1
	Schutzerdung und Schutz-Potenzialausgleich	4.1.1.3.1
	Hauptschutzleiter	E4.1.1.3
	Doppelte oder verstärkte Isoliert	4.1.2
	Schutzmassnahme: Schutztrennung	4.1.3
	System TN	4.1.1.4
	SELV	4.1.4.4.4+5
	Kennzeichnungen	4.2.2.3.8
	Konzentrisch	4.4.4.4.2.e
	Trennen und Schalten des Schutzleiters	4.6.1.2.2
	Auswahl der Betriebsmittel	5.1.5.1
	Schutzleiterströme	5.1.6
	Erdungsleiter	5.2.1.1.4
	Ortsveränderliche Leitungen	5.2.1.8.5
	Oberschwingungen	5.2.3.4.3
	Verbindungsstellen	5.2.6.2
	RCD	5.3.1.3.2
	Anschlussstellen	5.3.9.8.4
	Aderfarben	5.3.9.8.6.1
	Abgehende Stromkreise	5.3.9.8.8
	Nachweise und Prüfungen	5.3.9.10.1a
	Steckvorrichtungen	5.3.10.
	Erdung und Schutzleiter	5.4
	Eproben und Messen	6.1.3
	Durchgängigkeit	6.2.1.2
Schutz-Potenzial-ausgleichsleiter	Schutzleiter zur Herstellung des Schutz-Potenzialausgleichs.	2.1.13.24

Schutzschirm	Leitfähiger Schirm, der zur Trennung eines Stromkreises und/oder elektrischer Leiter von gefährlichen aktiven Teilen verwendet wird.	2.1.12.25
Schutzschirmung	Trennung von Stromkreisen und/oder Leitern von gefährlichen aktiven Teilen mittels eines elektrischen Schutzschirms, der mit der Schutz-Potenzialausgleichsanlage verbunden ist und für den Schutz gegen elektrischen Schlag vorgesehen ist.	2.1.12.26
Schutztrennung	Schutzmassnahme, bei der gefährliche aktive Teile eines Stromkreises gegenüber allen anderen Stromkreisen und Teilen, gegen örtliche Erde und gegen Berührung isoliert sind.	2.1.12.27
Schutztrennung	Die Schutzmassnahme Schutzmassnahme: Schutztrennung Sichtprüfung	4.1.0.3.3+6 4.1.3 6.1.2
Schutzumhüllung	Elektrische Umhüllung, die die inneren Teile eines Betriebsmittels umgibt, um den Zugang zu oder Zugriff auf gefährliche aktive Teile aus jeder Richtung zu verhindern.	2.1.12.22
Schutzvorkehrung	Unabhängige Schutz durch Hindernisse	4.1.0.3.2 4.1.0.3.5+7
Schutzzweck, -ziel	Erdungen Schutzerdung und Schutz-Potenzialausgleich Steuerstromkreise Erdungsanlagen	E4.1.A.2 4.1.1.3.1 4.6.5.2.3 5.4.2.1 §1
Schwachstrom-anlagen	Elektrische Anlagen, in welchen keine Ströme und Spannungen auftreten können, die für Personen und Sachen gefährlich sind. Im Sinne der vorliegenden Norm sind dies Anlagen mit Betriebsströmen bis und mit 2A und Betriebsspannungen bis und mit 50V Wechsel- bzw. 120V Gleichspannung.	2.2.1.51

Schwachstromanlage	Stark- und Schwachstromanlagen Erdung Geltungsbereich Erdungsanlagen	F2.1 E4.1.A.2 1.1.1 §2 5.4.2.1 §1
Schweißanlage, -transformator	Spannungsführende Teile	5.1.1.3 §1
schwerbrennbar	Stoff, der schwer entflammt werden kann und ohne zusätzliche Wärmezufuhr nicht selbstständig weiterbrennt.	2.2.1.52 F1.4.5
schwerbrennbar	Brennbare Stoffe Brennbare Baustoffe Gebäudeteile Betriebsmittel Stromquelle	E4.2.5 4.2.2.4.3+4 5.1.3.1 5.1.5.1 §1 5.6.2 §2
Sekundärseite, -wicklung	Basisschutz durch Überlastschutz	4.1.3.1 § 4.3.3.3.4 §1
selektiv	Verfügbarkeit der Versorgung Allgemeines Selektivität Selektivität	3.6 5.3.6.1.1 5.3.6.1.2 5.3.6.2.2
SELV	Elektrisches System, in dem die Spannung die Grenzwerte für Kleinspannung (ELV) nicht überschreitet: – unter üblichen Bedingungen und – unter Einzelfehlerbedingungen, auch bei Erd-schlüssen in anderen Stromkreisen. <i>SELV ist die Abkürzung für Sicherheitskleinspannung in einem nicht geerdeten System.</i>	2.1.12.31
SELV	Schutz gegen elektrischen Schlag Schutz durch Kleinspannung Erproben und Messen	4.1 4.1.4 6.1.3

Sicherheits-kennzeichnung	Allgemeines	3.5.1
Sicherheitsstrom-versorgung	Allgemeines	3.5.1
	Stromversorgung für Ersatzzwecke	3.5.2
	Teile einer Anlage	4.1.0.3 §3
Sicherheits-transformator	Schutz durch Kleinspannung	4.1.4
Sicherheitsventil	Auslassöffnung	4.2.4.2 §2
Sicherheitsvorrichtung	Heisswasser oder Dampferzeuger	4.2.4.1 §1
Sicherheitszeichen	Nachweispflicht	5.1.1.1 §6
	Schilder	5.1.4.1 §1
Sicherheitszweck, -ziel	Stromversorgungen	3.1.3.1 §1
	Stromversorgung für Sicherheitszwecke	3.5
	Verfügbarkeit der Versorgung	3.6
	Stromversorgung für Sicherheitszwecke	5.6
Sichtprüfung	Stückprüfungen	5.3.9.8.3
	Sichtprüfung	6.1.2
Signalisierung	Allgemeines	5.6.1 §3
	In jedem Teil einer Anlage muss eine und dürfen...	4.1.0.3 §3
		5.3.7.4
Sonneneinstrahlung	Sonneneinstrahlung (AN)	5.2.2.11
	Umgebungstemperatur	5.2.3.1.1.5
	Verlegearten	5.2.3.1.1.7 §1
Spannung Aussenleiter - Aussenleiter	Spannung zwischen zwei Aussenleitern (Polleitern) an einem gegebenen Punkt eines Stromkreises.	2.1.11.06

Spannung Aussenleiter - Erde	Spannung zwischen einem Aussenleiter und der Bezugserde an einem gegebenen Punkt eines Stromkreises.	2.1.11.08
Spannung Aussenleiter - Neutralleiter	Spannung zwischen einem Aussenleiter und dem Neutralleiter an einem gegebenen Punkt eines Wechselstromkreises.	2.1.11.07
Spannung gegen Erde	Grösste Spannung, die in einer Anlage gegen Erde auftreten kann, wenn die Anlage mit ihrer Nennspannung betrieben wird.	2.2.1.54
Spannung gegen Erde	Merkmale der zur Verfügung stehenden Stromversorgungen	1.3.2.2
	Allgemeines	5.3.9.1.1
	Prüfungen	6.A.1
	Prüfungen	6.B.2
spannungsführende Teile	Schutz von Personen und Nutztiere	1.3.1.2.1 §1
	Schutz von Personen oder Nutztiere	1.3.1.6 §1-3
	Allgemeines	4.1.1.1
	Schutz gegen elektrischen Schlag	4.1.A.2 §1
	Schutz gegen elektrischen Schlag	4.1.A.2 §4
	Mehrere Stromkreise	4.6.2.3
	Betriebsmittel mit aktiven Teilen	4.6.2.3 §1
	Spannungsführende Teile	5.1.1.3
	Auswahl von Leitungen	5.2.2.8 §1
	Sichtprüfung	6.1.2 §2+.3
Spannungsver- schleppung	Auswahl der Betriebsmittel	5.1.5.1
	Betriebsmittel	5.1.5.1 §1
	Differenzstrom-Überwachungsgeräte (RCMs)	5.3.2.3
Spartransformatoren	Im Sinne dieser Norm sind alle Transformatoren, bei denen Primär- und Sekundärwicklung galvanisch leitend miteinander verbunden sind, Spartransformatoren.	2.2.1.55
Speicherheizeräte	Gebläse-Heizsysteme	4.2.4.1

Speisepunkt (der elektrischen Anlage)	Punkt, an dem elektrische Energie in die elektrische Anlage eingespeist wird.	2.1.10.02
Speisepunkt	Werte und Toleranzen	1.3.2.2 §3
	Allgemeines	3.1.3 §1
	Allgemeines	3.5.1
	Überlastschutz	4.3.3.3.4 §1
Spritzwasser	Auswahl der elektrischen Betriebsmittel	5.1.2.2 §4
	Leitungen	5.2.2.3 §1
Ställe	Räume, in welchen regelmässig oder während langerer Zeit Nutztiere untergebracht sind, sowie anstoessende, von ihnen nicht vollständig getrennte Räume (z.B. Futtergänge).	2.2.1.56
Ställe	Elektrische Anlagen	7.05
Starkstromanlagen	Elektrische Anlagen, in welchen Ströme und Spannungen auftreten können, die unter Umständen für Personen und Sachen gefährlich sind. Im Sinne der vorliegenden Norm sind dies Anlagen mit Betriebsströmen über 2A oder Betriebsspannungen über 50 V Wechsel- bzw. 120 V Gleichspannung.	2.2.1.57
Staub	Heizelement	4.2.4.1 §2
	Betriebsmittel	5.1.1.1 §1
	Charakteristischen Eigenschaften	5.1.2.2 §1
	Auswahl der elektrischen Betriebsmittel	5.1.2.2 §4
	Allgemeines	5.1.3.1
	Art des Raumes	5.1.A.1 §1
	Einteilung der unterschiedlichen Räume	5.1.A.1 §2
	Sonneneinwirkung	5.2.2.11 §1
	Leitungen	5.2.2.4 §1+.2
	Einteilung von Schaltgerätekombinationen	5.3.9.3
	Gehäuse und IP Schutzart	5.3.9.7.2
	Herstellerangaben von Leuchten	5.5.9.4 §1
	Sichtprüfung	6.1.2 §2+.3

Steckdose	Derjenige Teil einer Steckvorrichtung, der für die Netzseite der Verbindung bestimmt ist.	2.2.1.58
Stecker	Derjenige Teil einer Steckvorrichtung, der für die Verbraucherseite der Verbindung bestimmt ist.	2.2.1.59
Steckvorrichtung	Vorrichtung, mit welcher ortsveränderliche Leitungen unter sich oder mit ortsfesten Leitungen, mit Apparaten oder mit der Apparate unter sich beliebig oft verbunden werden können. Die Steckvorrichtung besteht aus Steckdose und Stecker. Nicht unter diesen Begriff fallen steckbare Verbindungen, die als Ersatz für feste Verbindungen dienen und die nicht für die Betätigung im Betrieb vorgesehen sind.	2.2.1.60
Steckvorrichtung		4.1.0.3 §3
	Zusätzlicher Schutz	4.1.1.3.3
	Schutzmassnahme: Schutztrennung	4.1.3
	Schutzmassnahme: Schutz durch Kleinspannung SELV oder PELV	4.1.4
	Überlastschutz	4.3.3.3.1
	Schalterarten	4.6.3
	Betriebsmässiges Schalten	4.6.5
	Allgemeines	5.1.1
	Strom	5.1.2.1 §2
	Elektrische Verbindungen	5.2.6
	Steckvorrichtungen	5.3.10
	Einrichtungen zum Trennen und Schalten	5.3.7
	Schutzleiter	5.4.3
	Überstrom-Schutzeinrichtungen	5.4.3.6 §1
	Leitungen	5.5.9.6
Steigleitung	An einer Trennstelle muss es möglich sein, alle ak...	4.6.2.1 §1
	Querschnitte von Aussenleitern	5.2.4 §1
	Schutz-Potenzialausgleich	F2.5.2
	Stromversorgung durch eine Netzbetreiberin	F3.2.1
Stellungsanzeige	Einrichtungen zum Trennen	5.3.7.2
Stern-Dreieck-Anlauf	Schutz von Motoren bei Überlast	4.2.7

Sternpunkt	Systeme nach Art der Erdverbindungen	3.1.2.2
	System TN	3.1.2.2 §1
Steuergerät	Elektrisches Betriebsmittel, das in einem Stromkreis eingesetzt wird, um eine oder mehrere der folgenden Funktionen zu erfüllen: Schützen, Steuern, Trennen, Schalten.	2.1.16.03
Steuergerät	Äussere Einflüsse	5.1.2.2 §2
	Kennzeichnungen	5.1.4.1 §1
	Einrichtungen	5.3
	Temperaturbegrenzung	5.3.2.4
Steuerleiter	Isolierstoffe	5.2.3.1.1.3
	30% Belastung	5.2.3.1.1.8 §4
Steuerstrom	Gebläse-Heizsysteme	4.2.4.1 §1
	Wassererwärmer	4.2.4.2 §1
	Überstromschutz	4.3.2.1 §5
	Unbeabsichtigtes Wiedereinschalten	4.6.3.2 §1
	Steuerstromkreise (Hilfsstromkreise)	4.6.5.2
	Motorsteuerungen	4.6.5.3
	Mindestquerschnitte	5.2.4 §1
	Einrichtungen zum Schalten	5.3.7.3 §1
	Steckvorrichtungen	5.3.7.5.7
Störung	Allgemeines	F1
	Keine Gefahr	1.3.1.3 §1
	Gefährliche Veränderungen	1.3.2.9 §1
	Stromkreisaufteilung	E3.1.3
	Aufteilung in Stromkreise	3.1.4
	Brennbare Teile	4.2.2.1 §7
	EMV	4.4.4
	Keine Gefahr	5.1.1.1 §1
	Vermeidung von unerwünschtem Abschalten	5.3.1.3.3
	PEN-Leiter	5.4.3.4
	Leuchten	5.5.9.4 §1

Strahlung	Tageslicht NISV NISV Wärmestrahlung Brandschutz Heizöfen Isolierstoffe Wärmequellen Sonneneinstrahlung Erwärmung Thermische Auswirkungen PV-Zelle	F3.3.4 1.3.1.6.5 3.3.2.2 E4.2.3 4.2.1.1 4.2.4.3 E5.2.2 5.2.2.2 §1 5.2.2.11 5.3.9.7.3 5.5.9.5 §1 7.12.2
Strombelastbarkeit (Dauerstrombelastbarkeit)	Strombelastbarkeit Maximalwert des Stroms, den ein Leiter, eine Einrichtung oder ein Gerät unter festgelegten Bedingungen dauernd führen kann, ohne dass die Beharrungstemperatur des Leiters, der Einrichtung oder des Geräts einen festgelegten Grenzwert überschreitet.	2.1.11.13
Strombelastbarkeit	Neutralleiter Überlastschutz Kurzschlussenschutz Koordination Allgemeines und Arten von Leitungen Strombelastbarkeit	4.3.1.2.2 4.3.3 4.3.4 4.3.5 5.2.1 5.2.3
Stromkreis	Gesamtheit der elektrischen Betriebsmittel einer elektrischen Anlage, die gegen Überströme durch dieselbe(n) Schutzeinrichtung(en) geschützt wird.	2.1.14.01

Stromkreis	Fehlerstrom	F2.3.2
	Bezeichnung	F2.3.4.3
	Ableitstrom	F2.3.6
	Mehrere	F3.1
	Gültigkeit NIN	1.1.1 §2
	Unterschiedliche Spannungen	1.3.1.6 §1
	Anzahl und Art	1.3.2.3.1
	Kenngrössen	1.3.2.8.1
	Abschalteinrichtung	1.3.2.10.1
	Aufteilung in Stromkreise	3.1.4
	Verfügbarkeit der Versorgung	3.6
	Automatische Abschaltung	4.1.1.3.2.1
	Schutztrennung	4.1.3.1.1+3
	Kleinspannung	4.1.4.1.3
	SELV	4.1.4.4
	Leuchten	4.2.2.3.9+10
	Anforderungen	4.3.0.3+4.3.1
	Verzicht	4.3.4.3
	Getrennte Verlegung	4.4.4.6
	Trennstelle	4.6.2.1.2
	Mehrere	4.6.2.3.1
	Sonstige Gefahren	4.6.3.3.1
	Betriebsmässiges Schalten	4.6.5
	Schaltpläne	5.1.4.5
	Aderfarben	5.2.1.1.4
	Installtionsrohre	5.2.1.7.1
	Spannungsbereiche I und II	5.2.8.1 §1
	Mindestquerschnitte	5.2.4.1
	Unerwünschtes Abschalten	5.3.1.3.3
	Gleichzeitigkeitsfaktor	5.3.6.2.3.1
	Zuordnung	5.3.7.2
	SK	5.3.9
	EI 60	5.6.1
	Sicherheitszwecke	5.6.7
	Sichtprüfung	6.1.3.6
	Drehspindel	6.1.3.9.1
	Spannungsfall	6.1.3.11

Stromkreis für Sicherheitszwecke	Stromkreis, der dazu bestimmt ist, als Teil einer elektrischen Anlage für Sicherheitszwecke verwendet zu werden.	2.1.10.06
Stromquelle	System nach Art der Erdverbindung	3.1.2
	System TN	3.1.2.2 §1
	Allgemeines	3.5.1
	Verfügbarkeit der Versorgung	3.6
	Impedanz	4.1.1.4.1.4
	Schutztrennung	4.1.3.1.1+3
	ELV	4.1.4.2
	SELV	4.1.4.3
	Überstrombegrenzung	4.3.6
	Geerdeter Punkt	5.2.1.1.4
	Stromversorgung für Sicherheitszwecke	5.6
	Stromquellen	5.6.4
	Sicherheitszwecke	5.6.6
	Sicherheitszwecke	5.6.7
	Die Leitfähigkeit des Schutzleiters	6.1.3.2 §1
Stromquelle für Sicherheitszwecke	Stromquelle, die dazu bestimmt ist, als Teil einer elektrischen Anlage für Sicherheitszwecke verwendet zu werden.	2.1.10.05
Stromquelle mit begrenztem Strom	Einrichtung, die einen Stromkreis versorgt: – mit einem Beharrungsstrom und mit einer elektrischen Ladung, die auf ungefährliche Werte begrenzt sind, und – mit einer elektrisch sicheren Trennung zwischen dem Ausgang der Einrichtung und den gefährlichen aktiven Teilen.	2.1.12.33
Stromschiene	Gleichzeitigkeitsfaktor	F3.1
	Flammausbreitung	4.2.2.3.4+9
	EMV	4.4.4.4.1
	Zugänglichkeit	5.1.3.1
	Abschottung	5.2.7.2 §2
	SGK	5.3.9.8.6
	Schutzleiter	5.4.3.2 §1

Stromversorgung	Kurzschlussstrom	F2.3.4.3
	Chrakateristische Größen	E1.0.2
	Sicherheitsstromversorgung	1.3.1.1 §1
	Automatische Abschaltung	1.3.1.2.2 §1
	Merkmale	1.3.2.2
	Keine schädliche Einflüsse	1.3.3.4 §1
	Zweck	3.1
	Verträglichkeit	3.3.1.1
	Sicherheitszwecke	3.5
	Schutz durch automatische Abschaltung	4.1.0.3.3
	Schutz durch automatische Abschaltung	4.1.1.1
	Überspannungen	4.4.3.1.1
	EMV	4.4.4.1
	Versorgungseinrichtungen	4.4.4.4.8
	Umschalten	4.6.5.1 §5
	Überstromschutzeinrichtungen	4.3.1.2.1
	Not-Aus	5.3.7.4.2
	Versorgungsanlagen	E5.5.1+5.5.1
	Stromversorgung für Sicherheitszwecke	5.6
	Automatische Abschaltung der Stromversorgung	6.1.3.6
symmetrische Belastung	Neutralleiterstrom im Drehstromnetz	F3.4.2
	EMV	4.4.4.4.2f
	Belastung der Stromkreise	5.2.3.4 §1
	Aussenleiter	5.2.4 §3
	Anschluss der Steckvorrichtungen	5.3.10.6
Tarifsteuerung	Werkvorschriften	E1.F
	Werkvorschriften	E1.0.2.1
Temperaturbegrenzer	Verursacher	4.2.1.1
	Rückstellung	4.2.2.1.3
	Feuergefährdete Betriebstätten	4.2.2.3.7
	Gebläse-Heizsysteme	4.2.4.1 §1
	Wassererwärmer	4.2.4.2 §1
	Einrichtungen	5.3.2.4

Temperaturregelung (-regler)	Gebläse-Heizsysteme Wassererwärmer	4.2.4.1.1 4.2.4.2.1
temporäre Anlagen	Gültigkeit Äussere Einflüsse	1.1.1 §1 5.1.A
Theater	Klassifizierung	3.5.2
Thermostat	Brandschutz Wassererwärmer Temperaturbegrenzung Sichtprüfung	4.2.1.1 4.2.4.2 §1 5.3.2.4 6.1.2 §2+.3
Tiefgarage	Klassifizierung	3.5.2
Tiefkühlanlagen	Stromversorgung	3.5.1
Tiere	Allgemeines Berührungsspannung Anwendungsbereich Schutz gegen elektrischen Schlag Thermische Auswirkungen Überstrom Überstrom Planung Schutzmassnahmen Vorhandensein Sicherheitszwecke Erstprüfung Landwirtschaft	F1 F2.3.3 1.1 1.3.1.2 1.3.1.3 1.3.1.4 1.3.1.6 1.3.2 4 5.2.2.10 5.6.2.1 6.1.1.3 7.05

TN	System	E3.1.1
	System nach Art der Erdverbindung	E3.1.2
	System nach Art der Erdverbindung	3.1.2.2
	Automatische Abschaltung	4.1.1
	Feuergefährdet	4.2.2.3.12
	Überspannungen	4.4.4.3
	Schalten Neutralleiter	4.6.1.2.3 §2
	Neutralleitertrenner	4.6.2.1.4
	IT-Systeme	5.1.6.2
	EMV	5.2.2.15
	Verbindung an Leuchten	5.2.6.2 §2
	Schutzeinrichtungen	5.3.1.1
	Kein RCD in TN-C	5.3.1.3.5.1
	Neutralleitertrenner	5.3.7.2.8.2
	Isolationsüberwachung	5.3.8.1
	PEN-Leiter	5.4.3.4.3
	Prüfung	6.1.3.6.1 §1
TN-C	System	E3.1.1
	Ungünstig	E3.1.1.1
	System TN	3.1.2.2 §1
	Varianten	4.1.1.4.1.1
	Kein RCD	4.1.1.4.3+5
	Kein	4.4.3
	Auflösung	4.6.2.1 §4
	IT-Systeme	5.1.6.2
	RCD	5.3.1.3.5.1
	Neutralleitertrenner	5.3.7.2.8.2
	PEN-Leiter	5.4.3.4.3

TN-S	System	E3.1.1
	System nach Art der Erdverbindung	E3.1.2, 3.1.2
	Varianten	4.1.1.4.1.1
	Feuergefährdet	4.2.2.3.12
	Überspannungen	4.4.3
	Neutralleiter	4.6.1.2.3 §2
	Auflösung	4.6.2.1 §4
	EMV	5.2.2.15
	Neutralleitertrenner	5.3.7.2.8.2
	PEN-Leiter	5.4.3.4
Transformator	Fehlerarten	F2.3.1
	Kurzschlussstrom	F2.3.4.1+3
	Stromquellen für SELV und PELV	4.1.4.3
	Brandschutz	4.2.1.2+5
	Überlastschutz	4.3.3.2
	Kurzschluss	4.3.4.3
	Kenngrößen	4.3.4.5.1
	Überstrombegrenzung	4.3.6
	EMV	4.4.4.4.1+10
	Schutzleiterströme	5.1.6.1
	Spannungsfall	E5.2.5
	Kennzeichen	5.5.9.7
	Automatische Abschaltung	6.1.3.6.1.1
	Stromversorgung durch eine Netzbetreiberin	F3.2.1
transportabel	Gültigkeit	1.1.1 §1
	Abschaltung im Notfall	1.3.2.9.1
	Anschluss transportabler schwere	5.2.4.5
Trennen	Funktion, die dazu bestimmt ist, aus Gründen der Sicherheit die Stromversorgung von allen Abschnitten oder von einem einzelnen Abschnitt der elektrischen Anlage zu unterbrechen, indem die elektrische Anlage oder deren Abschnitte von jeder elektrischen Stromquelle abgetrennt wird.	2.1.17.01

Trennen	Unfälle	F1.1.6
	Fluchtwege	4.2.2.2.2
	Brandschutz	4.2.2.3.3
	Brennbare Baustoffe	4.2.2.4.3
	Trennen und Schalten	4.6
	Trennen	4.6.2
	Einrichtungen	5.3
	Einrichtungen zum Trennen und Schalten	5.3.7
	Einrichtungen zum Trennen	5.3.7.2
	ZEP	5.4.2.4.2
	Schutzleiter	5.4.3.3.2
Trenntransformator	Schutzmassnahme Schutztrennung	F2.3.4
Trennung, galvanische	Schutzmassnahmen	4.1.0.3
	SPD	4.4.3.1.1
	EMV	4.4.4.5
	Trennstelle	4.6.2.1 §1
	Einrichtungen zum Trennen und Schalten	5.3.7
	Erder	5.4.2.2.5
	PV-Analge	7.12.4.1.1.3.2
Trennung, sichere	Gegenseitige Trennung von Stromkreisen mittels: – doppelter Isolierung oder – Basisisolierung und elektrischer Schutzschildung oder – verstärkter Isolierung.	2.1.12.29
Trennung, sichere	Schutz durch Kleinspannung.	4.1.4.1 §1
	Einrichtungen zum Trennen	5.3.7.2.7
Trennungsabstand	Trennungsabstand (Näherung / Minimalabstand)	4.2.2.3.13
	Näherung	E4.4.5.1

Trennvorrichtung	Aufteilung PEN-Leiter Auflösung Unter-Spannung-Setzen Einrichtungen zum Trennen	3.1.4.1+2 4.6.1.2.1 §1 4.6.2.1.4 4.6.2.2 §1 5.3.7.2.7
trockener Raum	Reparaturhalle Sichtprüfung	5.1.A.1.1 6.1.2 §2+.3
Tropfwasser, Tropfzeichen	IP-Bezeichnungen Umgebungseinflüsse	5.1.1.1.1.4 5.2.7.2 §6
typgeprüft (typenge- prüft)	Elektrische Betriebsmittel Abschottungen Schaltgerätekombinationen (SK)	4.1.2.2.1 §1 5.2.7.2.2+7 5.3.9
Überbrückung	Gasleitung Lichtbogen Funktionsschutzleiter	4.1.1.3.1.2.1 E4.2.6 5.4.3.2 §1
Überlaststrom	Überstrom, der in einem Stromkreis entsteht und nicht durch einen Kurzschluss oder einen Erdschluss hervorgerufen wird.	2.1.11.15
Überlaststrom	Leistungsbedarf und Gleichzeitigkeitsfaktor Überlastschutz Koordination RCD	F3.1 4.3.3.3 5.3.6.2.3

Überspannung	Störgrößen	E1.0.2.1
	Erreichen der Sicherheit	1.3.1.1 §1
	Über-/Unterspannungen	1.3.1.6
	Betriebsmittel	1.3.2.8 §1
	Kategorien	1.3.3.2.1 §1
	Schädliche Einflüsse	1.3.3.4 §1
	Verträglichkeit	3.3.1 §1
	Zündquelle	E4.2.6
	Brandschutz	4.2.1.1
	Schutz gegen Überspannung	E4.4+4.4
	EMV	4.4.4.1
	SPD	5.3.1.3.3
	Überspannungs-Schutzeinrichtungen (SPDs)	5.3.4
	SK	5.3.9.1
	Wo Überspannungs-Schutzeinrichtungen	6.1.3.3 §3
	PV-Anlagen	7.12.4.4.3
Überspannungs-Schutzeinrichtung (SPD)	Schutz gegen atmosphärische Überspannungen	4.4.3
	RCD	5.3.1.3.3
	Überspannungs-Schutzeinrichtungen (SPDs)	5.3.4
	Isolationswiderstand	6.1.3.3.2+3
	PV-Anlagen	7.12.4.4.3
Überstrom	Strom, der den Bemessungswert des Stroms übersteigt. <i>Für Leiter entspricht der Strombemessungswert der Dauerstrombelastbarkeit.</i>	2.1.11.14

Überstrom	Genormte Bemessungsströme	F2.2.3
	Abschaltvermögen	F2.3.4
	Netzbetreiberin	E1.0.2.1
	Schutz bei Überstrom	1.3.1.4
	Betriebsmittel	1.3.2.8.1
	Stromversorgung	E3.1.3+3.1.3.1
	Einpolige Stromkreise	3.1.4.2c
	Schutz-Potenzialausgleich	E4.1.1.3
	HAK	4.1.1.4.1.1
	Wärmewert	E4.2.1
	Brandschutz	4.2.1.1+10
	Gebläse-Heizsysteme	4.2.4.1.1
	Wassererwärmer	4.2.4.2.1
	Überstromschutz	4.3
	PEN-Leiter	4.6.1.2.1.1
	Trennen und Schalten	4.6.1.2.3.1
	Trennstelle	4.6.2.1.2-4
	Steckdosen	5.1.2.1.2.2+3
	Zugänglichkeit	5.1.3.1
	EMV	5.2.2.15
	Strombelastbarkeit	5.2.3.1.1
	Wirtschaftlichkeit	E5.2.4
	Spannungsfall	E5.2.5
	Schutzeinrichtungen	5.3.1.1
	Überstrom-Schutzeinrichtungen	5.3.1.2
	RCD	5.3.1.3.2
	Einrichtungen	5.3.3
	Einstellbar	5.3.3.4
	Arten	5.3.3.5
	Koordination	5.3.6.1
	SK	5.3.9
	Steckdosen	5.3.10.7
	Erdungsleiter	5.4.2.3
	Schutz-Potenzialausgleich	5.4.4.1
	Stromversorgung	5.6.1.2+9
	Automatische Abschaltung	6.1.3

Überstrom-Schutzeinrichtung (Überstromunterbrecher)	Einrichtung, die dazu bestimmt ist, einen Stromkreis zu unterbrechen, wenn der Strom im Leiter des Stromkreises einen vorher festgelegten Wert für eine bestimmte Zeitdauer überschreitet.	2.1.14.14
Überstrom-Schutzeinrichtung		
	Genormte Bemessungsströme	F2.2.3
	Kurzschlussstrom	F2.3.4
	Netzbetreiberin	E1.0.2.1
	Stromversorgung	3.1.3+E3.1.3
	Unterteilung	3.1.4.1.1
	Schutz-Potenzialausgleich	E4.1.1.3
	System TN	4.1.1.4 §5
	Feuergefährdete Betriebsstätte	4.2.2.3.8.10
	Schutz des Neutralleiters	4.3.1.2.1
	Anschlussüberstromunterbrecher	4.3.2.5.5
	Überlastschutz	4.3.3
	PEN-Leiter	4.6.1.2.3.1
	Trennstelle	4.6.2.1.2-4
	Steckdosen, Schalter	5.1.2.1 §2+3
	Zugänglichkeit	5.1.3.1
	Einrichtungen	5.3.1.1+2
	Einstellbar	5.3.3.4
	Arten	5.3.3.5
	Koordination von Schutzeinrichtungen	5.3.6
	Selektivität	5.3.6.1.2
	Koordination	5.3.6.2
	Schaltgerätekombinationen (SK)	5.3.9
	Bemessungsdaten	5.3.9.5
	Steckdosen	5.3.9.10.7
	Erdungsleiter	5.4.2.3
	Anordnung	5.4.3.6
	Sicherheitszwecke	5.6.1.2
	Sichtprüfung	6.1.2.3
	Isolationswiderstand	E6.1.3

Überwachung	Abschaltung im Notfall Verfügbarkeit der Versorgung EMV Einrichtungen zum Trennen, Schalten, Steuern Brandschutz Einrichtungen zur Überwachung Sichtprüfung	1.3.2.9 §1 3.6 4.4.4.1 5.3 5.3.2.1+3 5.3.8 6.1.2.2+3
Umgebungsbedingungen	Umgebungsbedingungen Bedienung der Anlage Verträglichkeit Überspannung Äussere Einflüsse Rohrarten Betriebsbedingungen SK	1.3.2.5 1.3.3.3.1 3.3 4.4.3.3.2.1 E5.1.2.2 5.2.1.3.3.4 5.3.9.7
Umgebungs-temperatur	Mittlere Temperatur der Luft oder eines anderen Mediums in der Umgebung von elektrischen Betriebsmitteln.	2.1.10.03
Umgebungs-temperatur	Wärmeenergie Überstromschutz Leitungsdimensionierung Umgebungstemperatur Betriebsbedingungen SK Leuchten Kennzeichnung	E4.2.1 4.3.2.1 §5 5.2.1 5.3.1.15 5.3.9.7 5.5.9.4.1
Umhüllung	Gebilde, das die Schutzart sicherstellt, die für den vorgesehenen Verwendungszweck geeignet ist.	2.1.12.20

Umhüllung	Arbeiten in der Nähe von Spannung	F1.1.2
	Automatische Abschaltung	4.1.1.1
	Basisschutz	4.1.A.2
	Schutztrennung	4.1.3.1
	SELV- und PELV	4.1.4.4.
	Leuchten Kennzeichnung	4.2.2.3.8
	EMV	4.4.4.6
	Leitungen	5.2.1.1
	Äussere Einflüsse	E5.2.2
	Schutzleitern	5.4.3.2.1
	PEN-Leiter	5.4.3.4.2
	Stromkreise für Sicherheitszwecke	5.6.7.1
	Sichtprüfung	6.1.2 §2+.3
Umhüllung, elektrische	Umhüllung, die Schutz gegen vorhersehbare Gefahren durch Elektrizität bietet.	2.1.12.21
Umrechnungsfaktoren	Strombelastbarkeit	5.2.3
unbeabsichtigt	Abschaltung im Notfall	1.3.2.9 §1
	Basisschutz	4.1.A.2 §1
	Unbeabsichtigtes Unter-Spannung-Setzen	4.6.2.2
	Unbeabsichtigtes Wiedereinschalten	4.6.3.2
	Einrichtungen zum Trennen	5.3.7.2 §2+4
	Shalten für Wartungsarbeiten	5.3.7.3.3
unbeeinflusster Kurzschlussstrom	Stromversorgung	3.1.3 §1
	Schutzeinrichtungen	4.3.2.1.1
	Bestimmung von Kurzschlussstrom	4.3.4.1
	Kenngrössen	4.3.4.5
	Koordination von Schutzeinrichtungen	5.3.6
	Wirkungen	E1.3.1
ungewollt	AFDD	4.2.1.3
	Anlagen mit sonstigen Gefahren	4.6.3.3
	Leitungsverlegung	5.2.1.1.4

Unterhalt	Werkvorschriften	1.0.2
	Technische Unterlagen	5.1.1.1 §4
	Betriebsmittel	5.1.1.2 §1
	Leitungsverluste und Wirtschaftlichkeit	E5.2.4
Unterlagen, technische	Erzeugnis	5.1.1.1 §4
Unterspannung	Arbeiten in der Nähe	F1.1.2
	Arbeiten unter Spannung	F1.1.3
	Unfälle	F1.1.6
	Kurzschlussstrom	F2.3.4
	Elektrizität und der Mensch	E1.3
	Aufteilung in Stromkreise	3.1.4.1
	System TN	4.1.1.4.3
	Brandschutz	E4.2.6
	Unbeabsichtigtes Einschalten	4.6.2.2
	Hilfsstromkreise	4.6.5.2.3
	Not-Aus und Not-Halt	5.3.7.4.6
	Betriebsmässiges Schalten	5.3.7.5.3
	Zusätzliche Abdeckung	5.3.9.8.4
Unterteilen	Aufteilung in Stromkreise	E3.1.3
	Aufteilung in Stromkreise	3.1.4
	Abdeckungen SK	5.3.9.8.4
untrennbar	Schutzklasse II	4.1.2.2.4.2
	Ortsveränderliche Verbraucher	5.3.10.5
	Fussboden- und Decken-Flächenheizung	7.53.4.2.4 §1

Verbindungen von Funktionseinheiten, elektrische	.1 Feste Verbindung Verbindung, die durch ein Werkzeug hergestellt oder getrennt wird. .2 Lösbare Verbindung / Spezialklemme Verbindung, Klemme, Klemmstelle, die mit nur einem Werkzeug betätigt werden kann. <i>Anmerkung:</i> <i>Werden Spezialklemmen auf Sammelschienen aufgebracht, kann die Anforderung, dass die Klemmstelle mit nur einem Werkzeug bedient werden kann, erreicht werden, indem man pro Klemme eine Schraubenmutter fest mit der Sammelschiene verbindet (z. B. Pressmuttern).</i>	5.3.9.2.2.12
Verbindungsstelle	Kurzschlussstrom Leitungsverlegung Verbindungsstellen in ortsfesten Leitungen Verbindungsstellen in ortsvielerlichen Leitungen Einrichtungen zum Trennen	4.3.4.1.2 5.2.2.8 §1 5.2.6.2 5.2.6.3 5.3.7.2.7
Verbotszeichen	Sichtprüfung	6.1.2.2+3
Verbraucherleitung	Mindestquerschnitte	5.2.4 §1
Verbraucherüber-stromunterbrecher	Überstromunterbrecher, der entweder eine Verbraucherleitung gegen Überstrom oder einen Verbraucher gegen Überlaststrom schützt.	2.2.1.63 Fig. 2.2.1.69
Verbrauchsmittel	Elektrisches Betriebsmittel, das dazu bestimmt ist elektrische Energie in eine andere Energieform umzuwandeln, zum Beispiel in Licht, Wärme oder in mechanische Energie.	2.1.16.02

Verbrauchsmittel	Leistungsbedarf Oberschwingungen Messtechnik Stromversorgung EVU Stromkreisaufteilung Schutzmassnahmen Schutztrennung Brandschutz Schutzeinrichtungen Leitungsverluste Spannungsfall RCD Überwachungseinrichtungen Freizügig verwendbare Steckvorrichtungen Schutzleiter	F3.1 F3.4 F3.4.3 E1.0.2.1 E3.1.3 4.1.0.3 §3+6 4.1.3.1.1 4.2.1.6+9 4.3.2.1.2 E5.2.4 E5.2.5 5.3.1.3.2 5.3.8.1 5.3.10.1+4 5.4.3.6.2
Verbrennung	Wirkungen auf den Menschen Gefahren Thermische Auswirkungen Brandschutz Fluchtwege Schutz gegen Verbrennungen	E1.3.1 1.3.1.1 §1 1.3.1.3 §1 4.2.1.5 4.2.2.2.3 4.2.3.1
Vereinbarter Wert des Auslösesstroms	Wert des elektrischen Stromes, der zu einer Auslösung einer Schutzeinrichtung innerhalb einer festgelegten Zeitdauer führt.	2.1.11.17
Vereinbarter Wert des Nichtauslösestroms	Wert des elektrischen Stromes, den die Schutzeinrichtung über eine festgelegte Zeitdauer führen kann, ohne auszulösen.	2.1.11.18
Verkleidung, verkleiden	Schutz gegen Feuer (Brandschutz) Brennbare Baustoffe Heizungssysteme	4.2.1.6 4.2.2.4.4 4.2.4.1.2
Verlängerungskabel	Ortsveränderliche Leitung, die am einen Ende einen Stecker und am anderen Ende eine Kupplungssteckdose hat.	2.2.1.64

Verlegeart	Gleichzeitigkeitsfaktor	F3.1
	Leiterquerschnitte	1.3.2.6
	Bauarten von Leitungen und Verlegearten	1.3.2.7
	Allgemeines und Arten von Leitungen	5.2.1
	Auswahl und Errichtung nach den Umgebungsein ...	5.2.2
	Strombelastbarkeit	5.2.3
Verletzung, Verletzungsrisiko	Risiken und Gefahren	1.3.1.1 §1
	Schutz bei Überstrom	1.3.1.4 §1
	Personenschutz	1.3.1.6 §1
	Brandschutz	4.2.1.1
	Wartung bei Verletzungsrisiko	4.6.3.1
Verriegelung	Mehrere Stromkreise	4.6.2.3 §1
	Nachweise und Prüfungen	5.3.9.10.1
	Umschaltbarer Parallelbetrieb	E5.5.1
	Funktionsprüfung	6.1.3.10
Verschmutzungs- grad (der Umgebung)	Konventionelle Kennzahl, abhängig von der Menge an leitfähigem oder feuchtigkeitsaufnehmendem Staub, ionisiertem Gas oder Salz sowie die relative Feuchte und die Häufigkeit ihres Auftretens, die zur Aufnahme oder Kondensation von Feuchtigkeit führt, mit der Folge der Verringerung der Spannungsfestigkeit und/ oder des Oberflächenwiderstandes.	5.3.9.2.9.10
	<i>Anmerkung:</i>	
	<i>Der Verschmutzungsgrad, dem eine Einrichtung ausgesetzt ist, darf von den Umgebungsbedingungen im Raum, in dem die Einrichtung eingesetzt ist, unterschiedlich sein, wenn aufgrund eines Gehäuses oder Heizung im Inneren Aufnahme oder Kondensation von Feuchtigkeit verhindert wird.</i>	
Verteiler, Verteilung	Betriebsmittelkombination, die verschiedene Arten von Schaltgeräten und Steuergeräten enthält, an die ein oder mehrere abgehende Stromkreise angeschlossen sind, die von einem oder mehreren ankommenden Stromkreisen gespeist wird und die Anschlussstellen für Neutralleiter und Schutzeleiter enthält.	2.1.16.08

Verteilungsstromkreis	Stromkreis, der eine oder mehrere Verteilungen (Schaltgerätekombinationen, Stromverteilerschränke) versorgt.	2.1.14.02
Viehhütapparat	Elektrozäune	7.05.5.5.1.8
voraussehbare Störungsfälle	Starkstromanlagen Stromversorgung Brandschutz Massnahmen Betriebsmittel Elektrische Anlagen	F2.1 E1.0.2.1 4.2.1.6 4.2.2.1.2 5.1.1.1 §1 5.2.8.3.3
vorgeschaltet	PSA Aufteilung der Stromkreise Heizungssysteme Wassererwärmer Überlast und Kurzschlusschutz Kenngrößen Steckdosen RCD Selektivität Koordination RCD Kennzeichnende Merkmale Bauanforderungen Anschlüsse Steckvorrichtungen Prüfen der automatischen Abschaltung	F1.1.4 3.1.4 4.2.4.1.2 4.2.4.2.2 4.3.3.2 4.3.4.5.1 5.1.2.1 §2+3 5.3.1.3 5.3.6.1.2 5.3.6.2.2 5.3.9.5 5.3.9.8.6 5.3.9.8.8 5.3.10.7 6.1.3.6.1 §1
Vorschaltgerät	Brandschutz Unabhängige Lampenbetriebsgeräte Leuchten Kennzeichnungen	4.2.1.2 5.5.9.7 5.5.9.4.1
Wärmeableitung	Feste Fremdkörper Nichtelektrische Anlagen	5.2.2.4 5.2.8.3 §1
wärmedämmend	Änderung der Verlegebedingungen Herstellerangaben	5.2.3.1.1.7 §5 5.5.9.4.1

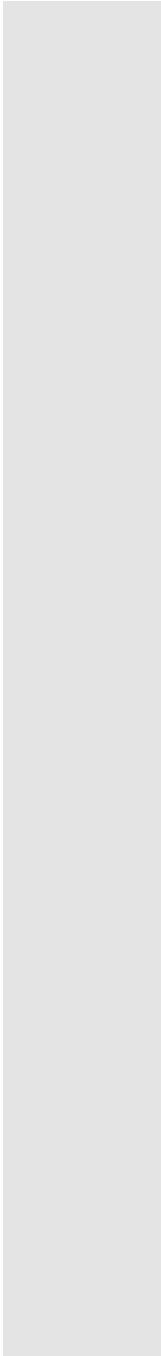
Wärmeeinwirkung	Brandschutz Äussere Wärmequellen	4.2.1 §1 5.2.2.2 §1
Wärmeentwicklung	Brennbare Baustoffe	4.2.2.4.3
wärmeisolierend	Brennbare Stoffe Nichtbrennbare und wärmeisolierende Stoffe Brennbare Stoffe Stromversorgung für Sicherheitszwecke	E4.2.5 4.2.1.6 4.2.2.4.3 5.6.1.2
Wärmeleitfähigkeit, wärmeleitend	Wärmeleitung Brandschutz Äussere Wärmequellen	E4.2.2 4.2.1.2+3 5.2.2.2.1
Wärmequellen	Äussere Wärmequellen	5.2.2.2
Wärmestau	Wärmeleitung Brandschutz Betriebsmittel	E4.2.2 4.2.1 §1+4+7 5.1.2.2 §2
Wärmestrahlung	Wärmestrahlung Brandschutz	E4.2.3 4.2.1.1
Warnzeichen	Errichtung elektrischer Anlagen Unbeabsichtigtes einschalten Spannungsführende Teile Betriebsmässiges Schalten	1.3.4.1 §7 4.6.2.2 §1 5.1.1.3 §2 5.3.7.5.7
Wartung	PSA Stromkreisaufteilung Stromkreisaufteilung Instandhaltbarkeit Unbeabsichtigtes Einschalten Schalten für Wartungsarbeiten Elektrische Verbindungen Einrichtungen zum Schalten Angaben SK Steckvorrichtungen	F1.1.4 E3.1.3 3.1.4 §1 3.4 4.6.2.2 4.6.3 5.2.6.1 §3 5.3.7.3 5.3.9.6.1.2 5.3.10.8

Wartungsarbeiten	Stromkreisaufteilung	3.1.4.1
	Schalten für Wartungsarbeiten	4.6.3
	Einrichtungen zum Schalten	5.3.7.3
	Steckvorrichtungen	5.3.10.8
Wasser	Kurzschlussstrom	F1.1.5
	Abschaltung im Notfall	1.3.2.9
	System TN	E3.1.1.1
	Stromversorgung für Sicherheitszwecke	3.5.1
	Schutz-Potenzialausgleich	E4.1.1.3
	Schutz-Potenzialausgleich	4.1.1.3.1.2
	SELV- und PELV	4.1.4.4.5
	Wassererwärmer	4.2.4.2 §1
	EMV	4.4.4.4.8
	Schutzarten	E5.1
	IP-Bezeichnung	5.1.1.1.1.4
	Äussere Einflüsse	E5.1.2.2
	Leitungswahl	E5.2.2
	Auftreten von Wasser (AD)	5.2.2.3
	Korrosion	5.2.2.5.1
	Abschottung	5.2.7.1.6
	Nichtelektrische Anlagen	5.2.8.3.2
	Erder	5.4
	Bauanforderungen SK	5.9.8
Wassererwärmer	Wassererwärmer oder Dampferzeuger	4.2.4.2
	Überlastschutz	4.3.3.3
	Betriebsmässiges Schalten	4.6.5.1.2
	Äussere Einflüsse	5.1.2.1.2
	Gleichzeitigkeitsfaktor	5.2.3.1.1.14
	Steckvorrichtung	5.3.10.1
Wasserleitung	Erdung	E4.1.A.2
	Schutz-Potenzialausgleich	4.1.1.3.1.2

Wechselrichter	EMV	4.4.4.4.1
	EEA	E5.5.1
	Begriff	7.12.2
	Automatische Abschaltung	7.12.4.1.13
	Überspannungsschutz	7.12.4.4.3+8
	Äussere Einflüsse	7.12.5.1.2.2
	Zugänglichkeit	7.12.5.1.3.1
	Kennzeichnung	7.12.5.1.4.2
	Trenn- und Schalteinrichtung	7.12.5.3.7.1
	Schutz-Potenzialausgleich	7.12.5.4.4
Werkstatt	Elektrische Anlagen	F2
	Äussere Einflüsse	5.1.2.1 §7
	Mechanische Beanspruchung	5.2.2.6 §1
	Wahl der Steckvorrichtungen	5.3.10.3.3
Werkzeug	Hilfsmittel, die erforderlich sind, wenn Verschalungen, Gehäuse und dgl. nicht mehr mit den blosen Fingern geöffnet werden können.	2.2.1.68
Werkzeug	AuS	F1.1.3
	Basisschutz	4.1.A.2 §4
	Trennen und Schalten	4.6.1
	Trennstelle in Neutralleiter	4.6.1.2.3
	Schalterarten	4.6.3
	Werkzeugschutz	E5.1
	Spannungsführende Teile	5.1.1.3 §2+3
	Transportable schwere Betriebsmittel	5.2.4.4.5
	Einstellbare Überstrom-Schutzeinrichtungen	5.3.3.4
	Trennvorrichtungen	5.3.7.2.7+10
	Basisschutz SK	5.3.9.8.4
	ZEP	5.4.2.4 §2
	Schutzleiter	5.4.3.3.3
Wiedereinschalten	Neutralleiter	4.3.1.3
	Unbeabsichtigtes Wiedereinschalten	4.6.3.2

Wirkwiderstand gegen Bezugserde	Ohmscher Anteil der Impedanz gegen Bezugserde.	2.1.13.17
zufällig	Berührbare Teile	1.3.4.1.6
	Verbrennungsschutz	4.2.3 §1
	Spannungsführende Teile	5.1.1.3 §1-3
	Auswahl von Sicherungssystemen	5.3.3.3
	Einrichtungen zum Trennen	5.3.7.2.6
	Anwendungsbereich SK	5.3.9.1
zugänglich, Zugänglichkeit	Zugänglichkeit elektrischer Betriebsmittel	1.3.2.12
	Auswahl der Leitungstypen	1.3.2.7 §1
	Spezielle Räume	4.1.0.3 §4
	Zusätzlicher Schutz	4.1.1.3.3
	Schutz gegen elektrischen Schlag	4.1.5.1 §1
	Schutz gegen elektrischen Schlag	4.1.A.2 §2
	Handbereich	4.2.3 §1
	Überstromschutz	4.3.2.5 §3
	Geeignete Schutzvorrichtungen	4.6.3.2 §1
	Feuerungsanlagen	4.6.3.3 §2
	Abdeckungen und Gehäuse für Laien	5.1.1.3 §3
	Betriebsbedingungen und äussere Einflüsse	5.1.2
	Zugänglichkeit	5.1.3
	Allgemeines	5.1.3.1
	Verbindungen für Besichtigung	5.2.6.1 §3
	Freizügig verwendbare Steckvorrichtungen	5.3.10.4
	Not-Ausschaltung	5.3.7.4
	Betriebsmässiges Schalten	5.3.7.5 §1
	Steckvorrichtungen	5.3.7.5 §6
	Einteilung von Schaltgerätekombinationen	5.3.9.3
	Gehäuse und IP Schutzart	5.3.9.7.2
	Schutz gegen elektrischen Schlag	5.3.9.7.4
	Bewehrungen im Beton als Fundamenterde	5.4.2.2 §7
	Stromquelle	5.6.2 §2
	Leitungen im Brandfall	5.6.3 §2
	Sichtprüfung	6.1.2 §2+.3

Zusätzlicher Schutz	Schutzmassnahme zusätzlich zum Basisschutz und/ oder Fehlerschutz. <i>Im Allgemeinen wird der zusätzliche Schutz bei besonderen äusseren Einflüssen oder in Räumen besonderer Art angewendet. Durch ihn kann unter bestimmten Umständen, z.B. bei sorglosem Umgang mit der elektrischen Energie, eine gefährliche Situation vermieden oder entschärft werden.</i>	2.1.12.07
Zutritt	Allgemeines Elektrische Betriebsräume	5.3.9.1.1 7.29
zwangsläufig	Grundsatz Betriebsmittel Steckvorrichtungen	4.4.2.2 §3 4.6.2.3 §1 5.3.7.5 §6
Zwischenabdeckung	Schutz gegen elektrischen Schlag	4.1.A.2 §4



F	Fachteil
F1	Allgemeines
F1.1	<i>Unfälle passieren nicht – sie werden verursacht</i>
F1.1.1	<i>Arbeiten im spannungsfreien Zustand</i>
F1.1.2	<i>Arbeiten in der Nähe von unter Spannung stehenden Teilen</i>
F1.1.3	<i>Arbeiten unter Spannung AuS</i>
F1.1.4	<i>Persönliche Schutzausrüstung (PSA)</i>
F1.1.5	<i>Die geballte Energie eines Kurzschlussstromes verstehen</i>
F1.1.6	<i>Verhalten bei Unfällen</i>
F1.2	<i>Asbestproblematik</i>
F2	Elektrische Anlagen
F2.1	<i>Stark- und Schwachstromanlagen</i>
F2.2	<i>Begriffe und Normwerte</i>
F2.2.1	<i>Begriffe</i>
F2.2.2	<i>Normwerte</i>
F2.2.3	<i>Genormte Bemessungsströme</i>
F2.3	<i>Fehler in elektrischen Anlagen</i>
F2.3.1	<i>Fehlerarten</i>
F2.3.2	<i>Fehlerstrom</i>
F2.3.3	<i>Berührungsspannung und Berührungsstrom</i>
F2.3.4	<i>Kurzschlussstrom I_K</i>
F2.3.5	<i>Erder- und Schrittspannung</i>
F2.3.6	<i>Ableitstrom</i>
F2.4	<i>Schutzklassen</i>
F3	Projektierung elektrischer Anlagen
F3.1	<i>Leistungsbedarf und Gleichzeitigkeitsfaktor</i>
F3.2	<i>Gebäudeautomation und Intelligentes Wohnen</i>
F3.3	<i>Gebäudeautomation GA spart Energie</i>
F3.3.1	<i>Raumautomationsfunktionen für die Beleuchtung</i>
F3.3.2	<i>Tageslicht abhängige Regelung</i>
F3.3.4	<i>PIR-Melder</i>
F3.4	<i>Oberschwingungen</i>
F3.4.1	<i>Harmonische</i>
F3.4.2	<i>Neutralleiterstrom im Drehstromnetz</i>
F3.4.3	<i>Messtechnik</i>

F Fachteil

Ohne Normen und Regeln ist ein geordnetes Zusammenleben nicht möglich. Das ist nicht nur im Alltag, sondern auch in der Technik so. Speziell gilt dies auch für die elektrische Installationstechnik, wo das einwandfreie Funktionieren und die Sicherheit ganzer Systeme nur auf einheitlicher Basis möglich ist. Allerdings sind grundlegende Fachkenntnisse zwingend, wenn die Normen sinngemäß angewendet werden sollen. Diese Kenntnisse werden in der vorliegenden NIN-Compact vermittelt.

F1 Allgemeines

- F1.1** Unfälle passieren nicht – sie werden verursacht
- F1.1.1** Arbeiten im spannungsfreien Zustand
- F1.1.2** Arbeiten in der Nähe von unter Spannung stehenden Teilen
- F1.1.3** Arbeiten unter Spannung AuS
- F1.1.4** Persönliche Schutzausrüstung (PSA)
- F1.1.5** Die geballte Energie eines Kurzschlussstromes verstehen
- F1.1.6** Verhalten bei Unfällen
- F1.2** Asbestproblematik

F2 Elektrische Anlagen

- F2.1** Stark- und Schwachstromanlagen
- F2.2** Begriffe und Normwerte
- F2.2.1** Begriffe
- F2.2.2** Normwerte
- F2.2.3** Genormte Bemessungsströme
- F2.3** Fehler in elektrischen Anlagen
- F2.3.1** Fehlerarten
- F2.3.2** Fehlerstrom
- F2.3.3** Berührungsspannung und Berührungsstrom
- F2.3.4** Kurzschlussstrom I_K
- F2.3.4.1** Grösster Kurzschlussstrom $I_{K3} = I_{K\max}$
- F2.3.4.2** Kleinster Kurzschlussstrom $I_{K\min} = I_{K1}$
- F2.3.4.3** Internationale Bezeichnung der Kurzschlussströme
- F2.3.5** Erder- und Schrittspannung
- F2.3.6** Ableitstrom
- F2.4** Schutzklassen

F3 Projektierung elektrischer Anlagen

- F3.1** Leistungsbedarf und Gleichzeitigkeitsfaktor
- F3.2** Gebäudeautomation und Intelligentes Wohnen
- F3.3** Gebäudeautomation GA spart Energie
- F3.3.1** Raumautomationsfunktionen für die Beleuchtung
- F3.3.2** Tageslicht abhängige Regelung
- F3.3.4** PIR-Melder
- F3.4** Oberschwingungen
- F3.4.1** Harmonische
- F3.4.2** Neutralleiterstrom im Drehstromnetz
- F3.4.3** Messtechnik

F1 Allgemeines

Elektrische Ströme in der Größenordnung von einigen mA können in den Körpern von Menschen und Tieren bereits lebensbedrohliche oder sogar tödliche Auswirkungen haben. Auch kleine elektrische Funken können in einem geeigneten Umfeld zu Explosionen führen. Fließen Ströme von > 300 mA in Holzteilen, können Brände entstehen. Überlastete elektrische Leitungen und Geräte können ebenfalls Brände verursachen. Mit geeigneten Schutzmassnahmen lassen sich daher

- Personen schützen (Elektrounfälle)
- Sachwerte schützen (Störungen, Brände, Sekundärfolgen)

In verschiedenen Gesetzen, Normen und Regeln der Technik sind minimale technische und organisatorische Massnahmen festgelegt, die einen nach menschlichen Ermessen umfassenden Schutz gewährleisten. Dabei handelt es sich vorwiegend um die Begrenzung der Fehlerspannung, des Berührungsstromes und eine möglichst kurze Abschaltzeit.

F1.1 Unfälle passieren nicht – sie werden verursacht

Betriebsinhaber von Starkstromanlagen sind gesetzlich verpflichtet, jede durch Elektrizität verursachte Personenschädigung oder erhebliche Sachbeschädigung dem Starkstrominspektorat-UVG ESTI (Tel. 044 956 12 12) zu melden. Untersuchungen zeigen, dass Unfälle im Bereich der Elektrizität im Vergleich zu anderen Unfallarten sehr gefährlich sind.



Art. 16 StV Meldepflicht

- im Jahresdurchschnitt untersucht das ESTI etwas über 100 Elektrounfälle, davon sind rund 95 % Elektro-Betriebsunfälle
- etwa vier bis fünf verlaufen jährlich mit tödlichen Folgen. Es sind jeweils mehr Fachleute als Nichtfachleute betroffen
- oft kommt es zu Folgeunfällen wie zum Beispiel einem Sturz von einer Leiter

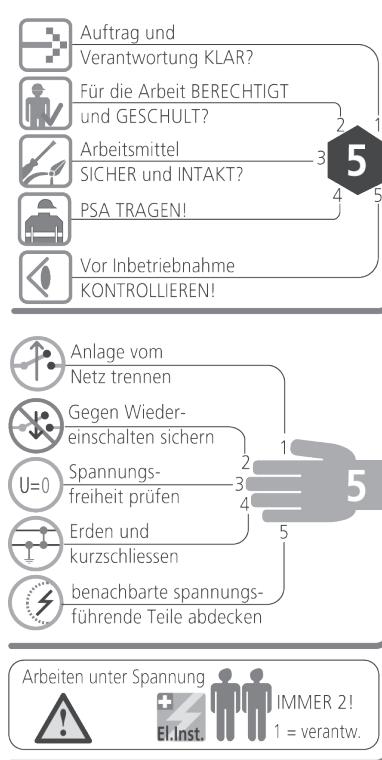
Untersuchungen zeigen die häufigsten Unfallursachen:

- der Risikobeurteilung und damit der Arbeitsmethodenwahl wird zu wenig Beachtung geschenkt
- die Arbeit wird zu wenig oder gar nicht vorbereitet
- die 5 Sicherheitsregeln werden missachtet
- mangelnde Aufmerksamkeit oder Nachlässigkeit bei der Arbeitsausführung.

Mit einer sorgfältigen Arbeitsvorbereitung und einem sicherheitsbewussten Handeln lassen sich viele Elektro-unfälle vermeiden. Es gelten die 5+5 lebenswichtigen Regeln gemäss Bild 1.1.1.

- StV Art.72 Vorbereiten der Arbeitsstelle
- NIV Art. 22 Arbeitssicherheit
- EN 50110-1 Art.6.2.1 Arbeiten im spannungsfreien Zustand

Bild 1.1.1 Die 5+5 lebenswichtigen Regeln



F1.1.1 Arbeiten im spannungsfreien Zustand

An Niederspannungsanlagen kann auf das Erden und Kurzschliessen verzichtet werden, wenn keine Gefahr von Spannungsübertragung oder Rückeinspeisung besteht.

F1.1.2 Arbeiten in der Nähe von unter Spannung stehenden Teilen

Es muss mit der Hilfe von Schutzvorrichtungen wie Abdeckungen, Kapselungen oder isolierender Umhüllungen vermieden werden, dass unter Spannung stehende Teile berührt werden können. Bei Freileitungen sind alle möglichen Bewegungen der Leiterseile sowie der Gegenstände, mit denen gearbeitet wird, zu beachten.

F1.1.3 Arbeiten unter Spannung AuS

Arbeiten an Starkstromanlagen mit Spannung unter 50 V, Arbeiten an Steuerungs-, Regel- und Messkreisen, einfache Routinearbeiten wie Prüfen, Messen, Reinigen, Anbringen oder Entfernen von Abdeckungen und dergleichen zählen nicht als «Arbeiten unter Spannung AuS».



StV Art. 75 Arbeiten unter Spannung

Für «Arbeiten unter Spannung» dürfen nur Personen eingesetzt werden, die dazu geeignet und besonders ausgebildet sind. Sie müssen eine regelmässige gezielte Schulung mit genügend praktischen Einsätzen nachweisen. An jedem Arbeitsplatz müssen mindestens zwei Personen eingesetzt werden. Eine davon muss sachständig sein und die Arbeiten leiten und beaufsichtigen. Die übrigen Personen müssen mindestens instruiert sein.

Es ist für einen festen Standort zu sorgen, bei dem der Arbeitende beide Hände frei hat. Die Arbeitenden müssen geeignete persönliche Schutzausrüstungen benützen und Schutzmassnahmen gegen elektrischen Schlag und Störlichtbögen anwenden. Brand- und Explosionsgefahren müssen ausgeschlossen sein. Alle unterschiedlichen Potenziale in der Umgebung der Arbeitsstelle müssen berücksichtigt werden. Mit einem Ausbildungsprogramm muss die Fähigkeit zum Arbeiten unter Spannung vermittelt werden.

Es gibt drei anerkannte Arbeitsverfahren für AuS:

- *Arbeiten auf Abstand:* Der Arbeitende bleibt in einem festen Abstand von unter Spannung stehenden Teilen und führt seine Arbeit mit isolierendem Werkzeug aus.
- *Arbeiten mit Isolierhandschuhen:* Unter Spannung stehende Teile berührt der Arbeitende geschützt durch Isolierhandschuhe und isolierenden Armschutz.
- *Arbeiten auf Potenzial:* Der Arbeitende befindet sich auf gleichem Potenzial wie die unter Spannung stehenden Teile; dabei ist er gegenüber der Umgebung ausreichend isoliert.

F1.1.4 Persönliche Schutzausrüstung (PSA)

Im Umfeld elektrischer Anlagen sind immer mehrere Risiken gleichzeitig vorhanden (Durchströmung, Störlichtbögen, nicht elektrische Gefahren).

Umso wichtiger ist es, vor Arbeitsbeginn zwingend das Risiko richtig einzuschätzen und sich gegen eine Durchströmung des elektrischen Stromes zu schützen. Der Arbeiter muss die Elektro-PSA immer dann tragen, wenn elektrische Gefährdungen vorhanden sind. Bei zusätzlichen Risiken (z.B. mechanischer oder thermischer Art) muss er eine andere und / oder zusätzliche PSA tragen.

Die ESTI-Weisung 407.0909 verwendet den Kurzschlussstrom als physikalischen Grenzparameter für die Wahl der PSA-Schutzklasse. Daraus werden zusätzlich die Bemessungsstromstärken von Vorsicherungen zugeordnet. Gleichzeitig werden aus den zwei PSA-Schutzklassen (SN EN 61482-1-2) drei Schutzstufen abgeleitet:

Abgesehen vom Gesichts- und Handschutz sind die Schutzstufen 1 und 2 identisch mit den Schutzklassen 1 und 2. Auf Schutzstufe 3 werden Klasse 1 und 2 übereinander getragen (Zwiebelschalenprinzip) um den Rumpf zusätzlich zu schützen.

Bild 1.1.4.1 Zwiebelschalenprinzip

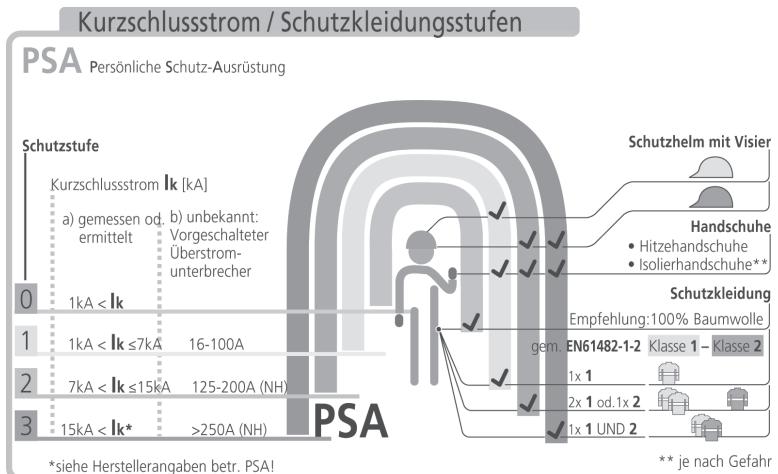


Bild 1.1.4.2 Schutzklassen

Schutzkleidung nach SN EN 61482-1-2		
Stufe 1	1x Schutzkleidung Stufe 1	Ergänzt mit - Schutzhelm mit Visier
Stufe 2	1x Schutzkleidung Stufe 2 oder 2x Schutzkleidung Stufe 1	- Hitzehandschuhe - Zusätzlich je nach Gefahr mit Isolierhandschuhen
Stufe 3	1x Schutzkleidung Stufe 1 und 1x Schutzkleidung Stufe 2	

Die drei PSA-Schutzstufen gemäss ESTI-Weisung 407.0909 mit den zugeordneten Grenz-Kurzschlussströmen und den daraus abgeleiteten Vorsicherungen.

Tabelle 1.1.4.3 Die 3 PSA-Schutzstufen

PSA-Stufe	Grenz-Kurzschlusstrom	abgeleitete Vorsicherung
1	1–7 kA	16 bis 100 A
2	7–15 kA	100 bis 250 A
3	> 15 kA	> 250 A

Für eine differenzierte Risikoanalyse gibt es kein einfaches Rezept. Empfehlenswert ist die Systembetrachtung. Diese umfasst folgende Ebenen:

1. Art der auszuführenden Tätigkeit
(z.B. Sichtkontrolle oder massive Eingriffe mit kraftvollen Manipulationen an der Anlage)
2. Umfeld
(Abstände, Barrieren, Anlagenbauart, Art und Wartung vorgeschalteter Schutzorgane, nichtelektrische Gefahren, Witterungseinflüsse etc.)
3. Potentielle Flammenbogenenergie (wissenschaftliche Messungen, ggf. Annäherung mittels maximaler Durchlassenergie des vorgeschalteten Schutzorgans)

F 1.1.5 Die geballte Energie eines Kurzschlussstromes verstehen

Um bei einem gemessenen Kurzschlussstrom I_k von 2'000 A eine Vorstellung der anstehenden Energie zu erhalten, zeigt der Vergleich mit der Erwärmung von einem Liter Wasser in Bezug auf die Zeit t :

1 l Wasser benötigt 0.12 kWh oder 432'000 Ws, um von 0° C auf 100° C erwärmt zu werden.

Bei einem angenommenen Kurzschlussstrom von 2'000 A, mit einem R von 0,1 Ohm beträgt die Leistung:

$$P = I^2 \times R = 2'000^2 \text{ A} \times 0.1 \Omega = 400'000 \text{ W}$$

Einen Liter Wasser von 0° C auf 100° C zu erwärmen, dauert also mit dem Kurzschlussstrom gerade mal:

$$t = \frac{\text{Energie W}}{\text{Leistung P}} = \frac{432'000 \text{ Ws}}{400'000 \text{ Ws}} = 1.08\text{s}$$

F1.1.6 Verhalten bei Unfällen

Grundsätzlich ist jedermann bei einem Unfall zur Hilfeleistung verpflichtet. Allerdings können bei Elektrounfällen verschiedene erschwerende Probleme auftreten (Bild 1.1.6.1). Es gelten die folgenden wichtigen Regeln:

- *Bergung des Verunfallten*: Elektrische Anlagen oder Geräte im Umfeld eines Verunfallten oder der Verunfallte selber stehen möglicherweise unter Spannung. Die elektrische Energie darf nur dann vor einer Bergung abgeschaltet werden, wenn es absolut sicher und in Bruchteilen einer Sekunde möglich ist. (z.B. den Stecker des unfallverursachenden Gerätes ausziehen)
- *Isolierung zwischen Opfer und Retter*: Unfallopfer nur an trockenen und isolierenden Kleidern anfassen und aus dem Gefahrenbereich ziehen.
- *Opfer von unter Spannung stehendem Gegenstand trennen*: zum Beispiel durch Wegkicken des den Unfall verursachenden Gegenstandes mit isolierendem Schuh, Wegziehen an isolierendem Kabel oder mit isolierendem Werkzeug.

Beim Bergen aus dem Hochspannungsbereich müssen Retter auf einen ausreichenden Schutzabstand zu den unter Spannung stehenden Anlagen achten. Die Bergung darf nur mit Betätigungsgeräten erfolgen, die für die anstehende Hochspannung gebaut sind. Die Anlage darf nur unter Beachtung der 5 Sicherheitsregeln freigeschaltet werden.

- *Arzt rufen*
- *Erste Hilfe leisten*: Die Überlebenschance zwischen Atemstillstand und Beginn der künstlichen Beatmung beträgt nur einige Minuten. Die Hilfemaßnahmen dürfen erst eingestellt werden, wenn ein Arzt den Tod festgestellt hat.
- *Unfallstelle sichern*, damit sich keine weiteren Unfälle ereignen
- Unfall dem Eidg. Starkstrominspektorat melden (Tel 044 956 12 12)
- Unfallstelle und Unfallgegenstände unverändert für die Abklärung bereithalten
- Fotos und Notizen über den Verlauf des Unfalls erstellen.

Bild 1.1.6.1 Erste Hilfetafel

Erste Hilfe bei Elektrounfällen

Bergen des Verunfallten



Selbstschutz beachten, Opfer steht unter Spannung



© 2020 Fernsehturm
© Copyright
Autoren 2012
Olaf Schäfer
St. Gallen Regulator
Council (SRC)

Niederspannung ($\leq 1000\text{ V}$)

- Prinzip:
Isolieren zwischen Opfer und Retter
- Auf das Unfallfeld zugreifen
- An trockenen, isolierenden Kleidern packen, eventuell eigenes trockenes Kleidungsstück einsetzen
- Aus dem Gefahrenbereich ziehen
- Nie an nackten Körperstellen oder nassen Kleidungsstücken fassen. Abschalten nur dann, wenn es schnell und sicher geht

Hochspannung ($\geq 1000\text{ V}$)

- Prinzip:
Anlage ausschalten lassen durch Fachpersonal über Tel. 117 (Polizei) und/oder
- Tel.:
(Netzbetreiber)
- Variante für Elektrofachleute:
Bergen von außerhalb der Annäherungszone mit Belästigungsgerät, das für die anstehende Hochspannung gebaut ist

1. Beurteilung

Verunfallten ansprechen, wenn keine Reaktion



2. Alarmieren

- | | | |
|--------------------|--------------------------------|---|
| 144 Rettungsdienst | Wer? | Wo? |
| 112 Euro SOS | Name des Melders | Ort der Notfallsituation |
| 117 Polizei | Was? | Wie viele? |
| 118 Feuerwehr | Art der Notfallsituation | Anzahl der Patienten,
Art der Verletzungen |
| 1414 REGA | Wann? | Weiteres? |
| | Zeitpunkt der Notfallsituation | Weitere drohende Gefahren |

3. Atmung kontrollieren

Keine oder
ungenügende Atmung

Normale Atmung



4. Massnahmen

30 Thoraxkompressionen



- Bei Erwachsenen sollte der Thorax mindestens 5 cm tief eingedrückt werden

Stabile Seitenlagerung



5. Beatmung [Mund zu Nase/Mund zu Mund]

2 Beatmungstöße



Wiederbelebungsmassnahmen durchzuführen, bis der Rettungsdienst den Patienten übernimmt.

6. Defibrillator (AED) (falls vorhanden)

- Gerät einschalten und Anweisungen befolgen



- Mit den Thoraxkompressionen und der Beatmung im Rhythmus 30:2 weiterfahren, auch wenn Defi angeordnet werden kann, sofern das Gerät keine anderen Anweisungen gibt

Blutung

- Verletzten Körperteil hoch lagern
- Dreckverband
- Wenn nötig Fingerdruck in die Wunde

Verbrennung

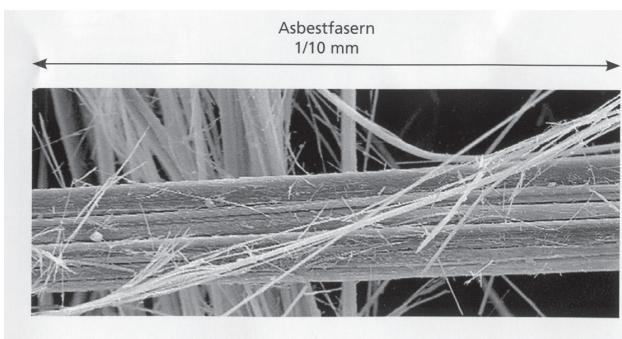
- Brandwunden so rasch wie möglich mit kühlem Wasser (ca. 20°) abkühlen
- Kleider nicht ausziehen
- Sauberes Abdecken der Wunden (erst nach Abkühlung)
- Schutz vor Unterkühlung
- Bei ausgedehnten Verbrennungen: Falls Spülauströmung nicht innerhalb einer Stunde nach dem Unfall erfolgen kann, reichlich Flüssigkeit trinken lassen, sofern der Patient bei vollen Bewusstsein ist

F1.2 Asbestproblematik

Asbest ist ein Mineral mit äusserst feinen, lungengängigen Fasern. In der Schweiz war es vor allem unter der Firmenbezeichnung «Eternit» bekannt. Es ist bis 1000 °C hitzebeständig und hat eine hohe elektrische und thermische Isolierfähigkeit. Dazu weist es eine hohe Elastizität und Zugfestigkeit auf und lässt sich gut in verschiedene Bindemittel (z.B. Zement) einarbeiten. Diese Eigenschaften führten zu vielfachem Einsatz in elektrischen Anlagen, als

- Fest gebundener Asbest: Die Fasern sind fest in Verbundwerkstoffe eingeschlossen. Anwendungen sind zum Beispiel Asbestzementkanäle, Abdeckungen bei SK (Schaltgerätekombinationen)
- Schwachgebundener Asbest: Die Fasern sind in lossem Verbund eingeschlossen. Anwendungen sind zum Beispiel in SK, Montagetafeln für Zähler, Asbest-Leichtbauplatten unter FL-Armaturen, thermische Isolation bei Elektrogeräten (z.B. Elektroheizungen), Asbestisolation (Montagekästchen für Schalter und Steckdosen), Asbestkissen zur Brandabschottung.
- Reine Asbestform: Schnüre, Füllstoffe

Bild 1.2.1 Asbestfasern



Asbest ist seit 1990 verboten. Unter mechanischer Bearbeitung spalten sich die Asbestfasern der Länge nach in immer feinere Fäserchen auf, die eingeatmet werden können. Im Lungengewebe werden sie kaum mehr abgebaut oder ausgeschieden. In Folge können Asbeststaublunge, Lungenkrebs oder Brustfellkrebs auftreten.

Im Normalgebrauch besteht bei bestehenden Asbestanwendungen in elektrischen Anlagen keine oder nur eine sehr geringe Gefahr, dass Asbestfasern freigesetzt werden. Werden die asbesthaltigen Produkte aber bearbeitet (z.B. demontiert, zerlegt, gesägt, gebohrt, geschliffen oder neuer Kabeleinzug verlegt) besteht eine erhöhte bzw. eine grosse Gefährdung.

Bei grosser Gefährdung darf die Demontage und Entsorgung nur durch eine von der Suva anerkannten Asbestsanierungsfirma in Zusammenarbeit mit einer Elektrofirma vorgenommen werden.

F2 Elektrische Anlagen

Unter einer elektrischen Anlage versteht man einesteils die gesamte elektrische Installation eines Gebäudes, beginnend bei den Eingangsklemmen der Anschlussüberstromunterbrecher, aber auch Teile dieser Gesamtanlage. So stellt zum Beispiel die gesamte Installation eines Werkstattgebäudes eine Anlage dar, gleichzeitig ist sie aber ein Anlageteil der gesamten Fabrikanlage.

F2.1 Stark- und Schwachstromanlagen

Man unterscheidet

- *Starkstromanlagen*: Dies sind elektrische Anlagen zur Erzeugung, Transformierung, Umformung, Fortleitung, Verteilung und Gebrauch der Elektrizität, die mit Strömen betrieben werden oder bei der in voraussehbaren Störfällen Ströme auftreten, die Personen gefährden oder Sachbeschädigungen verursachen können. In der Praxis sind dies Netze mit Spannungen $\geq 50\text{ V}$ bis $< 1000\text{ V}$. Die verschiedenen Spannungsbereiche unterteilt man in

EIG Art. 2 Abs. 2 Definition Starkstromanlage

- *Hochspannungsanlagen*: Wechselspannungen $> 1000\text{ V AC}$, Gleichspannung $> 1500\text{ V DC}$
- *Niederspannungsanlagen* (Spannungsbereich II)
 50 V bis 1000 V
- *Kleinspannungsanlagen* (Spannungsbereich I)
 $< 50\text{ V}$
- *Schwachstromanlagen*: Dies sind elektrische Anlagen, die normalerweise keine Ströme führen, welche Personen gefährden oder Sachbeschädigungen verursachen können. In der Praxis sind dies Netze mit Spannungen $< 50\text{ V}$ und Strömen $< 2\text{ A}$.

F2.2 Begriffe und Normwerte

F2.2.1 Begriffe

Bezüglich der Begriffe gilt:

- *Nennwert* (nominal value): ein meist gerundeter Wert einer Grösse zur Benennung oder Bezeichnung. Als Index wird «n» verwendet. Beispiele: Nennspannung U_n , Nennstrom I_n , Nennfrequenz f_n
- *Bemessungswert* (rated value): ein Wert, den ein Hersteller unter bestimmten Betriebsbedingungen für ein Betriebsmittel oder System festgelegt hat. Als Index wird «r» verwendet. Beispiele: Bemessungsspannung U_r , Bemessungsstrom I_r , Bemessungstemperatur ϑ_r
- *Grenzwert* (limiting value), grösster oder kleinster zulässiger Wert einer Grösse. Zum Beispiel oberer Grenzwert der Spannung 1000 V, unterer Grenzwert der Spannung 230 V

Nennwert und Bemessungswert können, müssen aber nicht gleich sein. Beispiele: Bei einem Leistungsschalter sind Nennstrom I_n und Bemessungsstrom I_r identisch. Ein Hochspannungsnetz mit einer Nennspannung von $U_n = 20$ kV kann aber für eine Bemessungsspannung von $U_r = 24$ kV gebaut sein, die zugleich auch den Grenzwert darstellt.

F2.2.2 Normwerte

Normalspannungen: Es sollen nur folgende genormte Nennspannungen verwendet werden:

- Wechselstromanlagen: 2, 4, 6, 12, 24, 36, 48, 230, 400, 500, 690 V
- Gleichstromanlagen: 2, 4, 6, 12, 24, 36, 48, 110, 220, 440 V

Wenn nichts anderes angegeben ist, so gelten für

- Wechselstromsysteme: die Effektivwerte
- Gleichstromsysteme: oberschwingungsfreie Werte (dabei gilt: $\leq 10\%$ Oberschwingungsgehalt)

F2.2.3 Genormte Bemessungsströme

Die genormten Bemessungsströme (Tabelle 2.2.3.1) stammen aus den geometrischen Reihen mit dem Faktor $R_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.6$ bzw. $R_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$.

Tabelle 2.2.3.1 Genormte Bemessungsströme für Überstrom-Schutzeinrichtungen

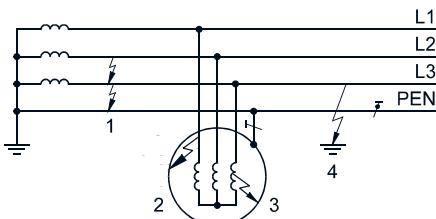
(Die kursiv gedruckten Werte sind vorzuziehen)

Normwerte										
13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	
125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	

F2.3 Fehler in elektrischen Anlagen

F2.3.1 Fehlerarten

Bild 2.3.1.1 Fehlerarten im elektrischen Netz



Legende

- 1 Kurzschluss oder Isolationsfehler
- 2 Körperschluss
- 3 Leiterschluss
- 4 Erdschluss

In elektrischen Anlagen unterscheidet man gemäss Bild 2.3.1.1 folgende Fehlerarten:

- *Isolationsfehler*: bei einem fehlerhaften Zustand der Isolation
- *Körperschluss*: leitende Verbindung zwischen Körper und aktiven Teilen elektrischer Betriebsmittel
- *Leiterschluss*: wenn im Stromkreis ein Teil des Nutzwiderstandes vorhanden ist

- *Kurzschluss*: leitende Verbindung zwischen betriebsmäig gegeneinander unter Spannung stehenden Teilen, wenn im Fehlerstromkreis kein Nutzwiderstand liegt.
- *Erdschluss*: leitende Verbindung eines Aussenleiters mit Erde oder geerdeten Teilen

Bei Körper-, Kurz- und Erdschluss unterscheidet man:

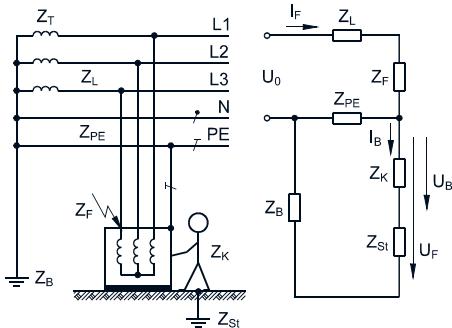
- *Vollkommen* (direkt) wenn kein Fehlerwiderstand im Stromkreis vorhanden ist
- *Unvollkommen* (indirekt), wenn ein Fehlerwiderstand (z.B. Feuchtigkeit, Lichtbogen) im Stromkreis vorhanden ist

Kurzschlusssicher sind z.B. Transformatoren, die auch dann keinen Schaden erleiden oder verursachen, wenn der Sekundärstromkreis dauernd kurzgeschlossen ist.

Kurzschlussfest ist die Eigenschaft eines Betriebsmittels, bei Kurzschluss den höchsten dynamischen und thermischen Beanspruchungen an seinem Einbauort ohne Beeinträchtigung seiner Funktionsfähigkeit standzuhalten.

F2.3.2 Fehlerstrom

Der Fehlerstrom I_F ist ein bei einem Isolationsfehler fliessender Strom. Seine Grösse ist von der treibenden Spannung U_0 und der Schleifenimpedanz Z als Summe aller im Stromkreis liegenden Widerstände abhängig. Dies sind die Leitungswiderstände (angefangen vom Kraftwerk bis zur Fehlerstelle) und der Fehlerwiderstand (Kriechstrecke, Lichtbogen), wie auch allenfalls der Verbraucherwiderstand (Bild 2.3.2.1). In ausgedehnten Netzen kann die elektrische (Fehler-) Schaltung des betroffenen Stromkreises kompliziert sein.

Bild 2.3.2.1 Fehlerstrom I_F und Fehlerstromkreis**Legende**

Z_T	Transformatorwiderstand
Z_L	Leitungswiderstand
Z_{PE}	Widerstand PE-Leiter
Z_F	Fehlerwiderstand
Z_B	Erdungswiderstand
Z_K	Körperwiderstand
Z_{St}	Standortwiderstand
U_0	Netzspannung
I_F	Fehlerstrom
I_B	Berührungsstrom
U_B	Berührungsspannung
U_F	Fehlerspannung

F2.3.3 Berührungsspannung und Berührungsstrom

Die Berührungsspannung U_B (Bild 2.3.2.1) ist die Spannung, die zwischen gleichzeitig berührbaren Teilen während eines Isolationsfehlers auftreten kann. Man unterscheidet die

- prospektive (zu erwartende) Berührungsspannung, als höchste Berührungsspannung bei Fehlern mit vernachlässigbarer Impedanz, wenn sie nicht durch Personen oder Tiere beeinflusst wird. Sie hängt von der Fehlerstelle, vom Impedanzverhältnis zwischen Außenleiter und PE- bzw. PEN-Leiter und von der Spannung des Systems ab.
- Höchstzulässige Berührungsspannung U_L als vereinbarte Grenze:
 - 50 V Wechselspannung bzw. 120 V Gleichspannung für Menschen
 - 25 V Wechselspannung bzw. 60 V Gleichspannung für Menschen bei besonderen Betriebsbedingungen und für Nutztiere

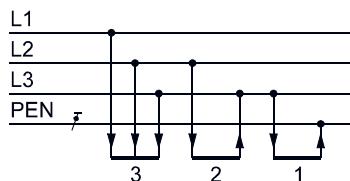
- Berührungsstrom I_B (Bild 2.3.2.1) als Körperstrom, der den Körper eines Menschen oder eines Tieres durchfliesst und der Merkmale hat, die üblicherweise einen schädigenden Effekt auslösen. (Ein Berührungsstrom $\leq 0.5 \text{ mA}$ gilt als ungefährlich)

F2.3.4 Kurzschlussstrom I_k

Unter dem Kurzschluss versteht man eine leitende Verbindung zwischen betriebsmäig gegeneinander unter Spannung stehenden Teilen, wenn im Fehlerstromkreis kein Nutzwiderstand liegt. Man unterscheidet gemäss Bild 2.3.4.1 den

- *3-poligen Kurzschlussstrom I_{k3}* als grösster Kurzschlussstrom. Er ist für die Dimensionierung der Anlage und das Abschaltvermögen der Überstrom-Schutzeinrichtung massgebend
- *2-poligen Kurzschlussstrom I_{k2}*
- *1-poligen Kurzschlussstrom I_{k1}* als meist kleinster Kurzschlussstrom. Er ist für die Ansprechsicherheit der Überstrom-Schutzeinrichtung massgebend.

Bild 2.3.4.1 Kurzschlussarten im System TN Drehstromnetz

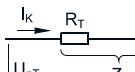


Legende

- | | |
|----------|---|
| I_{k3} | 3-poliger Kurzschluss: grösster Kurzschlussstrom |
| I_{k2} | 2-poliger Kurzschlussstrom |
| I_{k1} | 1-poliger Kurzschluss: kleinster Kurzschlussstrom |

F2.3.4.1 Grösster Kurzschlussstrom $I_{k3} = I_{\text{kmax}}$

Direkt an den Sekundärklemmen des Transformators:
Normale Verteiltransformatoren haben eine Kurzschlussspannung von 4 bis 6 %. Somit erreicht der Kurzschlussstrom I_{k3} bei direktem Klemmenkurzschluss etwa den 16- bis 25-fachen Wert des Nennstromes:



I_{K3}	Kurzschlussstrom A
I_n	Bemessungsstrom in A
u_K	Kurzschlussspannung in %

Kurzschlüsse finden meist nicht direkt an den Klemmen des Transformators, sondern «im Netz» statt. Dadurch reduziert sich der Kurzschlussstrom infolge der Schleifenimpedanz Z . Es gilt daher:

$$I_{K3} = I_{K\max} = \frac{U_{nT}}{\sqrt{3} \cdot Z}$$

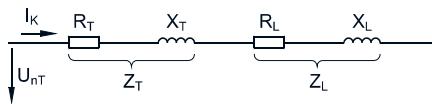
I_{K3}	Kurzschlussstrom in A = $I_{K\max}$
U_{nT}	verkettete Bemessungsspannung des Transformators in V
Z	Schleifenimpedanz in Ω

Gemäss Bild 2.3.4.1.1 setzen sich die Impedanzen Z_T und Z_L aus den jeweiligen Wirk- und Blindwiderständen pro Strang zusammen. Die Impedanz Z für die Kurzschlussstrombahn errechnet sich somit zu:

$$Z = \sqrt{(R_T + R_L)^2 + (X_T + X_L)^2}$$

R_T	Wirkwiderstand des Transformators in Ω
R_L	Wirkwiderstand des Leitungsnetzes in Ω
X_T	Induktiver Widerstand des Transformators in Ω
X_L	Induktiver Widerstand des Leitungsnetzes in Ω

Bild 2.3.4.1.1 Impedanzen im Kurzschlussfall auf der Niederspannungsseite eines Transformators

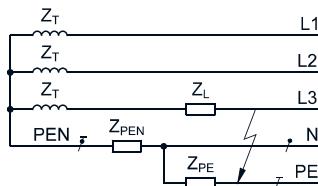


F2.3.4.2 Kleinster Kurzschlussstrom $I_{kmin} = I_{K1}$

Der kleinste Kurzschlussstrome $I_{kmin} = I_{K1}$ entsteht gemäss Bild 2.3.4.2.1 im genullten oder schutzgeerdeten Netz, zwischen dem Aussenleiter L und dem Neutralleiter N bzw. Schutzeleiter PE oder dem PEN-Leiter. Dessen Kenntnis ist wichtig, damit

- man die Ansprechsicherheit zwischen 0.4 s und 5 s der Überstrom-Schutzeinrichtungen garantieren kann
- der thermische Schutz der Leitungen im Kurzschlussfall gesichert ist (hohe Temperaturen)

Bild 2.3.4.2.1 Impedanzen im Kurzschlussfall für den kleinsten Kurzschlussstrom I_{kmin}



Probleme können sich gerade beim kleinsten Kurzschlussstrom ergeben, weil durch die verzögerte Auslösung der Überstrom-Schutzeinrichtungen die Leitungen unzulässig erwärmt werden können. Die Beziehung lautet:

$$I_{kmin} = I_{K1} = \frac{c \cdot U_{nT}}{\sqrt{3} \cdot Z}$$

I_{kmin}

minimaler Kurzschlussstrom in A = I_{K1}

U_{nT}

verkettete Bemessungsspannung des Transformators in V

Z

Schleifenimpedanz in Ω

c

0.95 Reduktionsfaktor für nicht erfassbare Widerstände im Stromkreis

Die gesamte Schleifenimpedanz Z in Bild 2.3.4.2.1 errechnet sich wie folgt:

$$Z \approx Z_T + Z_L + Z_{PE} + Z_{PEN}$$

$$Z = \sqrt{\sum R^2 + \sum X^2}$$

$$Z = \sqrt{(R_T + R_L + R_{PE} + R_{PEN})^2 + (X_T + X_L + X_{PE} + X_{PEN})^2}$$

$R_T, R_L, R_{PE}, R_{PEN}$ = ohmsche Anteile der Schleifenimpedanz

$X_T, X_L, X_{PE}, X_{PEN}$ = induktive Anteile der Schleifenimpedanz

Bei den Wirkwiderständen ist zu beachten, dass im Kurzschlussfall die Leitung warm wird und der ohmsche Widerstand dadurch ansteigt. Man berücksichtigt dies mit dem Faktor 1.24 bei der Widerstandsberechnung, womit man die LeiterTemperatur mit 80 °C annimmt. Somit gilt für den Wirkwiderstand im Leitungsnetz:

$$R_L = 1.24 \cdot \rho \cdot \frac{l}{A}$$

R_L	ohmscher Widerstand in Ω
ρ	spezifischer Widerstand in $\Omega \text{mm}^2/\text{m}$
l	Leitungslänge in m
A	Querschnitt in mm^2
1.24	Faktor durch Temperaturerhöhung

Der kleinste Kurzschlussstrom $I_{K\min}$ zwischen einem Aussenleiter L und dem N-, PE- bzw. PEN-Leiter kann meist nur ungenau (unbekannte Übergangswiderstände) bestimmt werden. Man verwendet daher häufig die folgende Vereinfachung:

4.3.4 Schutz bei Kurzschlussströmen

$$I_{K\min} = \frac{I_{K\max}}{4} \approx \frac{3 \cdot I_{K1}}{4}$$

$I_{K\min}$	minimaler Kurzschlussstrom am Ende einer Leitung
$I_{K\max}$	maximaler Kurzschlussstrom = I_{K3}
I_{K1}	rechnerischer minimaler Kurzschlussstrom

Als minimaler Kurzschlussstrom gilt somit:

- $\frac{1}{4}$ des maximalen Kurzschlussstroms, der bei einem Kurzschluss am Ende der Leitung zwischen den drei Aussenleitern entsteht oder
- $\frac{3}{4}$ des Kurzschlussstroms, der bei einem Kurzschluss am Ende der Leitung zwischen einem Aussen- und dem Neutralleiter, einem Aussen- und dem PEN-Leiter oder einem Aussen- und dem Schutzleiter entsteht

Es ist der kleinste der drei Werte zu berücksichtigen. Diese starke Vereinfachung berücksichtigt alle «Unklarheiten» bezüglich der Widerstände im betroffenen Stromkreis und das Ergebnis liegt auf der «sichereren» Seite.

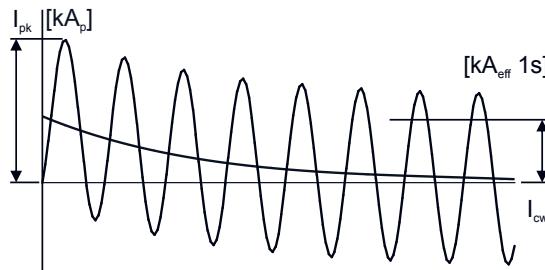
F2.3.4.3 Internationale Bezeichnung der Kurzschlussströme

Bei einem Kurzschluss in einem elektrischen Stromkreis entsteht je nach zeitlichem Eintreten und den lokalen Impedanzverhältnissen ein Einschwingvorgang. Man unterscheidet gemäss Bild 2.3.4.3.1 die folgenden international festgelegten Bezeichnungen der verschiedenen Kurzschlussströme:

4.3.4 Schutz bei Kurzschlussströmen

5.3.9.5 Kennzeichnende Merkmale von Schnittstellen

Bild F2.3.4.3.1 Einschwingvorgang bei einem Kurzschluss



I_{cp} Grösster Kurzschlussstrom, den ein Stromversorgungsnetz liefern kann. Der Wert richtet sich nach den physikalischen Grössen des Transformators und dessen Einspeisung.

I_{pk} Bemessungsstossstromfestigkeit: Scheitelwert des Stroms, für den die Anlage/der Stromkreis ausgelegt ist. Dieser Wert gibt die mechanische Festigkeit eines Stromkreises im Kurzschlussfall an. Der angegebene Wert ist ein Momentanwert und wird in $[kA_p]$ angegeben.

I_{cw} Bemessungskurzzeitstrom-Festigkeit: Effektivwert des Stroms, den eine Anlage/ein Stromkreis kurze Zeit führen kann. Dieser Wert gibt die thermische Festigkeit eines Stromkreises im Kurzschlussfall an. Der angegebene Wert bezieht sich auf 1 s, wenn keine andere Zeitangabe gemacht wird. Der Wert wird in $[kA_{eff} 1 s]$ angegeben.

I_{cc} Bedingter Bemessungskurzschlussstrom: Effektivwert des Stroms, der vor einer definierten thermisch/magnetischen Überstrom-Schutzeinrichtung (Schmelzeinsatz siehe I_{cf}) maximal anstehen darf $[kA_{eff}]$.

- I_{cf} *Bedingter Bemessungskurzschlussstrom bei Schutz durch Schmelzeinsätze:* Effektivwert des Stroms, der vor einem definierten Schmelzeinsatz maximal anstehen darf [kA_{eff}].
- I_{cu} *Bemessungsgrenzkurzschluss-Abschaltvermögen:* der ultimative mögliche Kurzschlussstrom welcher dieses Betriebsmittel noch abschalten kann. (Kurzschluss an den Abgangsklemmen des Betriebsmittels) (früher P1)
- I_{cs} *Bemessungsbetriebskurzschluss-Abschaltvermögen:* kleiner als der ultimative Grenzwert (I_{cu}), nämlich für jene Fälle, in denen der Kurzschluss in der Installation auftritt. (früher P2)
- I_{cn} *Nennschaltvermögen:* üblicherweise die Angabe des Abschaltvermögens eines Leitungsschutzeschalters oder eines Schmelzeinsatzes

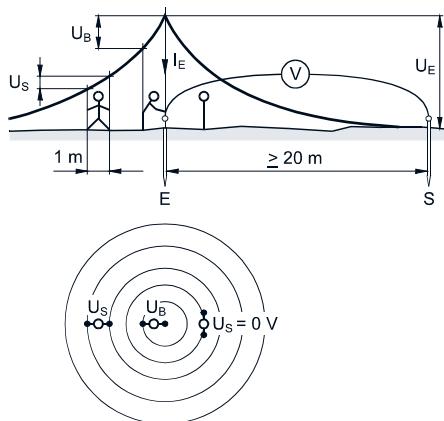
I_{cw} , I_{pk} , I_{cc} , I_{cf} sind Kenngrößen der Schaltgerätekombination. Damit wird die Kurzschlussfestigkeit der eingebauten Betriebsmittel angegeben.

F2.3.5 Erder- und Schrittspannung

Fließt ein Strom über einen Erder ins Erdreich, so fließt der Strom räumlich vom Erder weg. Es wird ein Spannungstrichter aufgebaut.

- *Erdungsspannung:* Die Spannung (Bild 2.8.5.1) zwischen einem Erder und einer Bezugserde (neutrale Erde, Distanz $\geq 20 \text{ m}$), wenn ein Strom durch den Erder fließt.
- *Schrittspannung:* Teil der Erdungsspannung, welchem man sich mit einer Schrittweite von 1 m aussetzen kann. Der Stromweg verläuft von Fuss zu Fuss.

Die Schrittspannung ist davon abhängig, in welcher Distanz zum Erder der Mensch steht. Eine weitere Rolle spielt, in welche geometrische Richtung zu den Potenziallinien die Spannung abgegriffen wird. Für die Grösse der Schrittspannung werden keine Grenzwerte definiert.

Bild 2.3.5.1 Erder- und Schrittspannung**Legende**

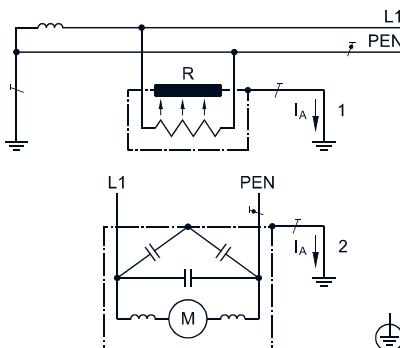
U_S	Schrittspannung
U_B	Berührungsspannung
U_E	Erderspannung
I_E	Erderstrom
E	Erder
S	Sonde

F2.3.6 Ableitstrom

Alle elektrischen Isolierstoffe haben einen endlichen Widerstand. Hinzu kommen kapazitive Effekte, sowohl bei Kondensatoren als auch bei Kabelleitungen. Es entsteht in jedem Fall ein Ableitstrom I_A . Der Ableitstrom (Bild 2.3.6.1) kann ein Wirkstrom sein oder er kann eine Blindkomponente haben. Man unterscheidet:

- Ableitstrom einer gesamten Anlage oder eines Stromkreises, der als Fehlerstrom in einem fehlerfreien Stromkreis zur Erde oder fremden leitfähigen Teil fliesst.
- Ableitstrom eines Gerätes, der als Fehlerstrom über die Betriebsisolierung zur Erde oder fremden leitfähigen Teil fliesst.

Die zulässigen Ableitströme von Geräten können Werte bis zu einigen mA erreichen.

Bild 2.3.6.1 Ableitströme**F2.4 Schutzklassen**

Die Schutzklassen (Tabelle 2.4.1) kennzeichnen den Schutz bei indirektem Berühren. Der Basisschutz ist bei allen Schutzklassen durch die Grundisolierung gewährleistet.

Tabelle 2.4.1 Schutzklassen

	Schutzklasse I (Schutzleiteranschluss)
	Schutzklasse II (Schutzisolierung)
	Schutzklasse III (Schutzkleinspannung)

- **Schutzklasse 0:** Kein Fehlerschutz. Die Körper der Betriebsmittel werden weder an den Schutzleiter der festen Installation angeschlossen noch sind sie von aussen unzugänglich, wie das bei der Schutzisolierung der Fall ist. Der Schutz gegen gefährliche Körperströme wird durch die Umgebung, z.B. durch nichtleitende Räume, gewährleistet.
- **Schutzklasse I:** Der Fehlerschutz wird durch den Anschluss der Körper an den Schutzleiter der festen Installation sichergestellt. Versagt die Basisisolierung, wird der fehlerhafte Stromkreis automatisch abgeschaltet.
- **Schutzklasse II:** Der Fehlerschutz wird durch eine zweite (doppelte) Isolierung oder durch eine verstärkte Isolierung sichergestellt, die den Bedingungen der Schutzisolierung entsprechen. Es besteht keine Anschlussmöglichkeit für den Schutzleiter. Die Betriebsmittel der Schutzklasse II sind hinsichtlich ihres Fehlerschutzes

unabhängig von den Installationsbedingungen. Man unterscheidet:

- vollisolierte Betriebsmittel, bei denen auch die Körper in die Isolierung mit einbezogen sind.
- metallgekapselte Betriebsmittel, bei denen die aktiven Teile gegenüber der Metallkapselung doppelt oder verstärkt isoliert sind.
- *Schutzklasse III:* Kein Fehlerschutz. Diese Geräte dürfen deshalb nur mit Spannungen betrieben werden, welche den Bedingungen für Kleinspannung (≤ 50 V) SELV oder PELV entsprechen.

F3 Projektierung elektrischer Anlagen

F3.1 Leistungsbedarf und Gleichzeitigkeitsfaktor

Damit eine Anlage innerhalb der Grenzwerte zu Erwärmung und Spannungsabfall sowohl wirtschaftlich als auch zuverlässig geplant werden kann, muss ihr Leistungsbedarf möglichst genau bekannt sein. Wird der Leistungsbedarf einer Anlage oder einer ihrer Teile ermittelt, sollte dabei ein Gleichzeitigkeitsfaktor beachtet werden.

Dieser Gleichzeitigkeitsfaktor g (Tabelle 3.1.1) berücksichtigt, dass in einer Anlage meist nicht alle Verbrauchsmittel gleichzeitig und auch nicht gleichzeitig mit Volllast betrieben werden. Die beanspruchte Leistung ist damit kleiner als die installierte.

$$P_{\max} = g \cdot P_{\text{inst}}$$

P_{\max}	maximal benötigte Leistung
g	Gleichzeitigkeitsfaktor < 1.0
P_{inst}	installierte Leistung

Tabelle 3.1.1 Gleichzeitigkeitsfaktoren (Richtwerte)

Objekt	g	
Mehrfamilienhäuser	0.2 bis 0.4	
Einfamilienhäuser	0.3 bis 0.5	
Bürogebäude	0.7 bis 0.9	
	Datenverarbeitung	1.0
	Klimatisierung	1.0
	Beleuchtung	0.8 bis 1.0
	Aufzüge, Rolltreppen	0.7 bis 1.0
	Steckdosen	0.1 bis 0.2
	Kleine Büros	0.5 bis 0.7
Supermärkte	0.7 bis 0.9	
Schulen	0.6 bis 0.7	
Hotels, Restaurants	0.4 bis 0.7	
	Grossküchen	0.6 bis 0.8
	Versammlungsräume	0.6 bis 0.8
Metzgereien	0.5 bis 0.8	
Bäckereien	0.4 bis 0.8	
Wäschereien	0.5 bis 0.9	
Schreinereien	0.2 bis 0.6	
Industrie- und Gewerbebetriebe	0.2 bis 0.3	
Baustellen	0.2 bis 0.4	
Strassentunnels	1.0	

Gleichzeitigkeitsfaktoren werden in der NIN aber auch verwendet

- für die Belastbarkeit von Stromschienen aus Kupfer

**5.3.9.4.7 Gleichzeitigkeitsfaktor
(Bemessungsbelastungsfaktor)**

- bei gemeinsamer Verlegeart mehrerer Stromkreise

5.2.3.1.1.15 Strombelastbarkeit / Querschnitte der Leiter

- bei Schutz gegen Kurzschluss- und Überlaststrom

5.3.6.2.3 Koordination von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) mit Überstrom-Schutzeinrichtungen

F3.2 Gebäudeautomation und Intelligentes Wohnen

Die klassische Elektroinstallation (dreiphasig, Schalter, Steckdosen, Geräte) ist in Wohn- und Zweckbauten unflexibel. Sie lässt sich späteren Wünschen und Begebenheiten meist nur durch eine Neuinstallation mit baulichen Eingriffen anpassen. Langzeiterfahrungen zeigen, dass innerhalb der Lebensdauer eines Gebäudes die Räume mehrfach umgenutzt werden.

1.3.2.3 Art des Bedarfs

Es ist daher sinnvoll, möglichst viele Geräte und Systeme mit Hilfe eines geeigneten Bussystems miteinander zu vernetzen. Dies ermöglicht den Systemen, untereinander zu kommunizieren. Gleichzeitig kann von aussen über eine Zentrale auf Signale zugegriffen und diese weiterverarbeitet werden.

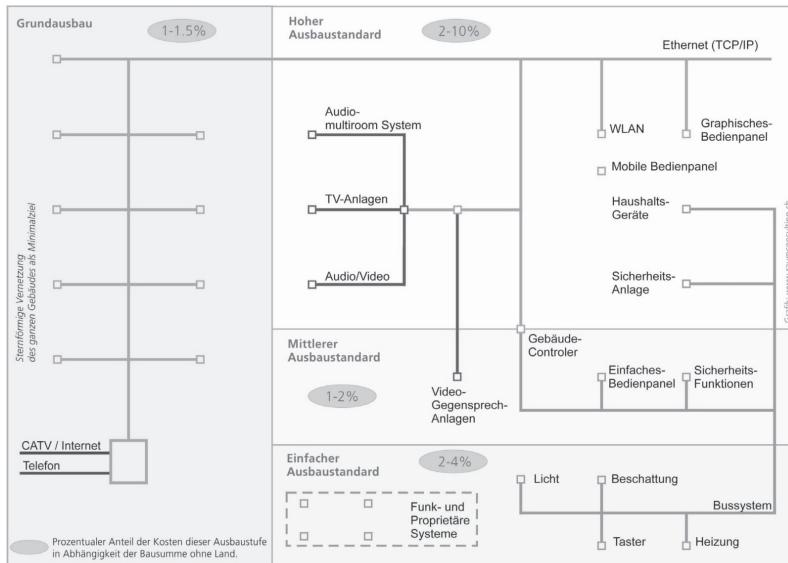
In grossen Zweckbauten spricht man von der Gebäudeautomation und versteht darunter Produkte, Software und technischen Dienstleistungen für die automatische Steuerung und Regelung, Überwachung und Optimierung,

für das menschliche Eingreifen und das Management, mit deren Hilfe die Gebäudeausrüstung energieeffizient, wirtschaftlich und sicher bedient werden kann.

Intelligentes Wohnen ist heute Stand der Technik. Dabei werden ausgewählte Teile und Systeme der Gebäudeautomation mit Hilfe von Bus-Lösungen mit der Elektro- und Kommunikationsinstallation vernetzt. Der Nutzen ist beträchtlich:

- Flexibilität des Gebäudes bei neuen Bedürfnissen (Nutzungsänderung der Räume)
- Komfort bei der Bedienung von Geräten von zentraler Stelle aus (Multimedia, Licht- und Tonszenen)
- Kommunikation: Internetzugang als Standardinfrastruktur
- Sicherheit durch Überwachungsfunktionen (Fenster, Türen, Umfeld)
- Energiesparen mit Hilfe von Präsenzüberwachung (Heizung, Licht)

Bild F3.2.1 Überblick über die Investitionskosten für das Intelligente Wohnen. Der Grundausbau verursacht Zusatzkosten von etwa 1 bis 1.5 % bezüglich der Gebäudekosten ohne Land.



Die Basis des Intelligenten Wohnens wird gelegt, indem eine geeigneten passiven Infrastruktur mit einer sternför-

migen Verrohrung und dem Einbau von dazugehörigen Anschlussdosen in allen Räumen geschaffen wird. Leerohre für verschiedene Medien (also für Strom, Telefon, Netzwerk und Bussystem) sollten unbedingt vorgesehen werden. Die Mehrkosten sind gering und der spätere Nutzen gross.

Mit dieser Basisinfrastruktur kann in einem zweiten Schritt das Kommunikationsnetzwerk für alle Räume geplant und umgesetzt werden. Dabei werden alle Räume gleichberechtigt ausgerüstet.

Erst in einem dritten Schritt wird die Vernetzung der Gebäudetechnik umgesetzt. Dabei werden Licht, Heizung, Jalousien, Multimedia, Sicherheit und weitere Gewerke zu einer vernetzten und einheitlich bedienbaren Infrastruktur verbunden.

F3.3 Gebäudeautomation GA spart Energie

Moderne Geräte und Systeme in der Haustechnik werden heute nicht mehr nur mit einem Ein/Aus-Schalter betrieben. Meist sind Zwischenstufen wie zum Beispiel variable Drehzahlen für Lüfter und Pumpen, Dimmbetrieb für Beleuchtungsanlagen, variable Temperaturen für Heizung und Lüftung usw. möglich. Zusätzlich werden die Anlagen durch Bedarfs- und Präsenzsensoren überlagert und die Systeme sind untereinander vernetzt. Mit einer intelligenten Gebäudeautomation GA lässt sich der Gesamtbetrieb optimieren und damit Energie einsparen.

F3.3.1 Raumautomationsfunktionen für die Beleuchtung

Auf einen einzelnen Raum bezogen, kann man bezüglich des Raumklimas folgende GA-Funktionen unterscheiden:

- Elektrische Energie für die Beleuchtung reduzieren
- Energiebedarf zum Heizen und Kühlen verringern

Je nach Belegung des Raumes gilt für die Regelung:

1. Manueller Ein-/Aus-Schalter.
2. Manueller Ein-/Aus-Schalter und zusätzliches automatisches Ausschaltsignal wenn sich keine Personen mehr im Raum aufhalten.
3. Automatisches, präsenzerfassendes Ein- /Ausschalten, allenfalls kombiniert mit Dimmfunktionen

F3.3.2 Tageslicht abhängige Regelung

In der Praxis werden >60% Beleuchtungsenergie eingespart durch

- Präsenzerfassung
- Konstantlichtregelung
- Sonnenschutz mit Lamellennachführung

Das Ausschalten bzw. Reduzieren – wenn kein oder wenig künstliches Licht benötigt wird – ist die effizienteste Methode, elektrische Energie zu sparen. Zusammen mit dem vorhandenen Tageslicht, dem Sonnenschutz und der Präsenz von Personen, lässt sich dies automatisieren:

- *Konstantlichtregelung*: In Räumen, wo eine hohe Tageslichtversorgung vorhanden ist. Die Raumhelligkeit und die Anwesenheit von Personen werden mit Sensoren erfasst und mit dimmbaren Beleuchtungsaktoren die künstliche Beleuchtung an die geforderte Helligkeit angepasst. Das Energie-Einsparpotenzial ist mit bis 50% gegenüber einer nicht-geregelten Anlage sehr hoch.
- *Automatiklicht helligkeitsabhängig*: Dazu benötigt man geschaltete, helligkeits- und präsenzabhängige Sensoren, kombiniert mit dimmbaren Beleuchtungsaktoren. Eine Konstantlichtregelung ist nicht vorgesehen, so dass die Energieeinsparungsmöglichkeiten etwas geringer sind.
- *Automatiklicht präsenzabhängig*: In Fluren, Treppenhäusern, Gemeinschaftsräumen usw., macht es Sinn, das Licht automatisch anwesenheitsbezogen zu schalten. Die Energieeinsparung hängt von der Belegungsfrequenz und der Aufenthaltsdauer ab.
- *Sonnenautomatik des Blendschutzes*: Die Jalousien werden automatisch in eine definierte Blendschutzposition in Abhängigkeit der Sonneneinstrahlung und -stellung gefahren.
- *Lamellennachführung*: Statt die aktivierte Sonnenautomatik in einer festen Stellung zu belassen, führt man den Winkel der Lamellenstellung dem aktuellen Sonnenstand nach. Dies führt zu einer Erhöhung des Tageslichtanteils im Innenraum und damit zu einer weiteren Reduzierung der notwendigen Beleuchtungsenergie.

Tabelle 3.3.2.1 Mögliche Einsparung von Beleuchtungsenergie bei verschiedenen Raumautomationsfunktionen.

Raumbezogene GA-Funktionen	Einsparung	Erwünschte Situation
Konstantlichtregelung - präsenzabhängig - gedimmt	30 bis >50%	- gute Tageslichtverhältnisse - hohe Beleuchtungsstärke - hohe Effizienz mit Lamellennachführung
Automatiklicht - geschaltet - präsenz-/helligkeitsabhängig	20 bis 45%	- gute Tageslichtverhältnisse - hohe Beleuchtungsstärke
Sonnenautomatik	5 bis 8%	- gute Tageslichtverhältnisse
Lamellennachführung	10 bis 13%	- gute Tageslichtverhältnisse - hohe Effizienz mit Konstantlichtregelung
Automatiklicht	beliebig	- geringe Anwesenheit

F3.3.4 PIR-Melder

Bei der Passiv-Infrarot-Technologie PIR bezieht sich das Attribut „passiv“ auf die Technik des Melders, der selber keinerlei Energie oder Strahlen aussendet, sondern nur Infrarotstrahlung, auch als IR- oder Wärmestrahlung bezeichnet, empfängt, diese auswertet und allenfalls daraus ein bestimmtes Signal für die Steuerungstechnik generiert.

Der Sensor des PIR-Melders besteht aus pyroelektrischem, kristallinem Material, das auftreffende IR-Strahlung in ein elektrisches Signal umsetzt. Diese Sensoren sind außerordentlich temperaturempfindlich, können sie doch Temperaturunterschiede bis < 1/1 000 K feststellen.

Für die in Frage kommende Wellenlänge von 7 µm bis 14 µm sind nicht nur feste Wände, sondern auch Glas praktisch dichte Hindernisse, sodass sich die Erfassung der Bewegung auf nur einen Raum beschränkt. Man unterscheidet:

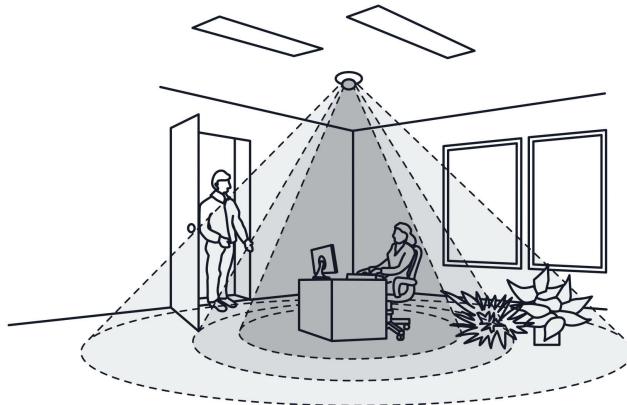
- *Bewegungsmelder* für Räume mit geringem Tageslichtanteil, kurzzeitiger Nutzung und Erfassung von Gehbewegungen, wie Flure, Korridore, Gänge, Treppenhäuser, Kellerabgänge, Keller- und Lagerräume, Garagen. Im Außenbereich für die Haus- und Wegebeleuchtung.
- *Präsenzmelder* für Räume mit Tageslicht und längerer Nutzung, sitzende Personen (Präsenz): Klassenzimmer, Büros, Besprechungs- und

Tagungsräume, Krankenhäuser, Pflegeheime, Sporthallen, Fitnessräume, Lager- und Messehallen, Industrie- und Gewerbeanlagen aber auch Gänge, Korridore etc. sofern diese über hohen Tageslichtanteil verfügen.

Im Vergleich zu Bewegungsmeldern ist der Präsenzmelder in der Lage, viel feinere Bewegungen zu erfassen. Dazu besitzt er eine viel präzisere Optik., die in der Lage ist, auch kleinste Bewegungen sitzender Personen zu detektieren.

Zusätzlich ist der Präsenzmelder im Gegensatz zum Bewegungsmelder in der Lage, die Beleuchtung auszuschalten, wenn genügend Tageslicht vorhanden ist, auch wenn sich jemand im Erfassungsbereich befindet. Somit kann nur der Präsenzmelder wirklich Energie einsparen, weil er aufgrund von Helligkeit sowie aufgrund von Abwesenheit ausschalten kann.

Bild 3.3.4.1 Detektionszonen bei der Montage eines PIR-Melders an der Decke.



Legende

- Arbeitsbereich
- Frontal zum Melder
- Gehbereich/Quer zum Melder

Im Gegensatz zu Alartermeldern in der Sicherheitstechnik, die nur bestimmte Raumzonen erfassen, muss in der Beleuchtungstechnik die Erfassung flächendeckend erfolgen.

Präsenzmelder haben bestimmte Eigenschaften, die bei der Installation berücksichtigt werden müssen:

- *Grösse des erfassten Raums:* Mit hochauflösenden Empfängern ist eine sichere Detektion bis zu einer

Fläche von 100 m² möglich, auch für „Kleinbewegungen“ bis 25 cm. Bei einer sitzenden Person können so auch Handbewegungen bis auf eine Distanz von 8 m erfasst werden.

- *Keine Anwesenheitskontrolle möglich:* PIR-Melder können nur sich ändernde Wärmequellen erfassen. Eine Präsenzkontrolle ist deshalb nicht unbedingt möglich, wenn sich Personen absolut ruhig verhalten.
- *Scheinbare Fehldetektion möglich:* Sich bewegende Haustiere oder die Ein- und Ausschaltung von Heizungen oder Öfen können zu scheinbaren Fehldetections führen. Diese Quellen dürfen sich nicht im Detektionsbereich befinden.

Der Einsatz eines PIR-Melders in der Gebäudeautomation unterscheidet sich bezüglich der Verwendung bei einem Sicherheitssystem. In der Sicherheitstechnik handelt es sich eher um das Erfassen von seltenen und einmaligen Ereignissen, und durch die Konzeption muss sichergestellt werden, dass Fehlalarme möglichst ausgeschlossen bleiben.

Beim Einsatz, zum Beispiel bei einer Beleuchtungssteuerung, geht es hingegen um den Dauerbetrieb mit ständig wechselnden Anforderungen bezüglich Intensität und Häufigkeit der Bewegungen.

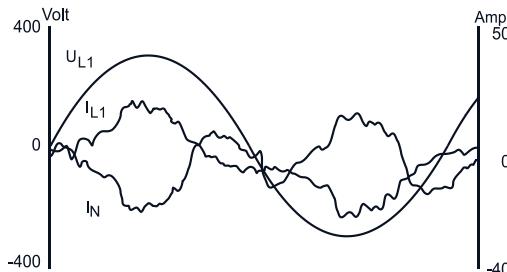
F3.4 Oberschwingungen

Reine sinusförmige Spannungen und Ströme bestehen nur aus der Grundwelle, zum Beispiel 50 Hz. Schliesst man ohmsche Verbrauchsmittel wie Glühlampen und andere Wärmeapparate an das sinusförmige Netz an, so beziehen diese ebenfalls einen sinusförmigen Strom. Dies führt zu einem sinusförmigen Spannungsfall, so dass die Netzzspannung wohl etwas kleiner wird, aber sinusförmig bleibt.

F3.4.1 Harmonische

Viele moderne Geräte werden heute indirekt über Schaltnetzteile gespeist. Diese elektronischen Speisegeräte, beziehen meist einen nicht sinusförmigen Strom. Dazu gehören alle Systeme der Informationstechnik wie PCs, Bildschirme, Bürodrucker, Faxgeräte, Scanner, aber auch EVG, Energiesparlampen, Elektronische Trafos, Geräte der Steuer- und Regeltechnik wie zum Beispiel Dimmer oder Frequenzumrichter in der Industrie. Dies führt dazu, dass gemäss Bild 3.4.1.1 die Ströme und die Spannung im Netz nicht mehr sinusförmig sind, die Frequenz aber konstant bleibt.

Bild 3.4.1.1 Spannung U_{L1} , Strom I_{L1} und Neutralleiterstrom I_N an einer Steckdosengruppe in einem Grossraumbüro

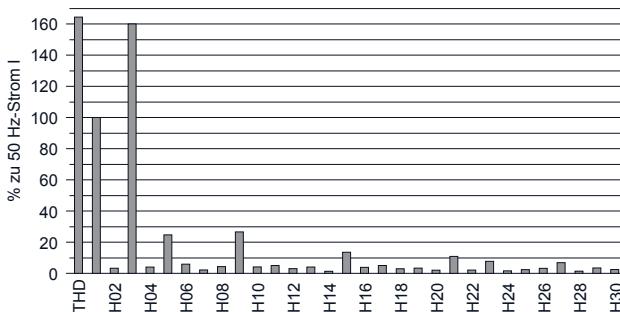


Alle regelmässigen Vorgänge kann man mit der Fourieranalyse in ihre Grundschwingung und n-fache Oberschwingungen zerlegen. So auch die nicht sinusförmigen Spannungen und Ströme. Elektrische Speisegeräte beziehen einen Strom, der gemäss Bild 3.4.1.2 vor allem durch die 3., die 5., die 9., die 15. usw. Harmonischen geprägt ist. In unserem 50 Hz-Netz (Grundwelle) entspricht dies 150 Hz, 250 Hz, 450 Hz, 750 Hz usw.

5.2.3.4 Anzahl der belasteten Leiter in einem Stromkreis

5.3.2.6 Einrichtungen zum Schutz des Neutralleiters

Bild 3.4.1.2 Fourieranalyse eines nicht sinusförmigen Stromes mit der starken 3. Harmonischen (150 Hz)



Sie erreicht rund 90 % des THD (Total Harmonic distortion) Wertes und kann gegenüber dem 50 Hz-Strom bis 70 % höher liegen.

F3.4.2 Neutralleiterstrom im Drehstromnetz

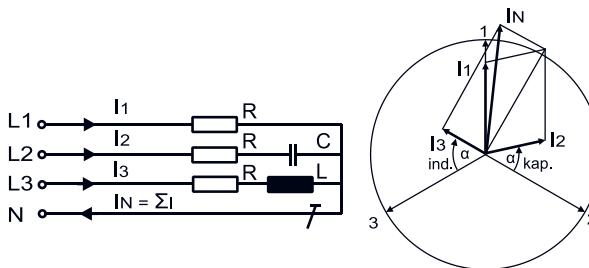
Bekanntlich gilt in jedem Drehstromnetz der Kirchhoff'sche Knotenpunktsatz: Die Summe aller Ströme ist Null. Werden alle drei Außenleiter

5.2.3.4 Anzahl der belasteten Leiter in einem Stromkreis

- symmetrisch und mit gleichem Leistungsfaktor $\cos \varphi$ belastet, so fließt im Neutralleiter kein Strom. ($I_N = 0$)
- unsymmetrisch und mit gleichem Leistungsfaktor $\cos \varphi$ belastet, so fließt im Neutralleiter gemäß Kirchhoff ein Strom. Der bleibt aber kleiner als der grösste Außenleiterstrom. ($I_N < I_{\max}$)
- symmetrisch bzw. unsymmetrisch und mit ungleichem Leistungsfaktor $\cos \varphi$ (z. B. Wirklast, gemischt induktive Last, gemischt kapazitive Last) belastet, so fließt im Neutralleiter gemäß Kirchhoff ein Strom. Dieser kann gemäß Bild 3.4.2.1 grösser sein als der grösste Außenleiterstrom. ($I_N > I_{\max}$)

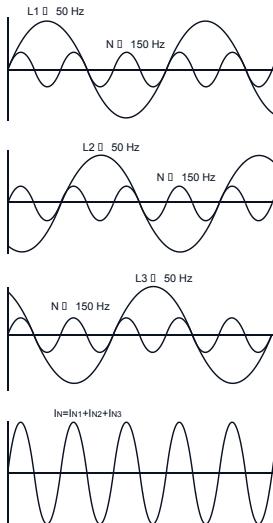
Bild 3.4.2.1 Neutralleiterstrom I_N in einem unsymmetrisch gemischt belasteten Drehstromnetz

Er kann grösser als der grösste Außenleiterstrom sein.



Problematisch für den Neutralleiterstrom I_N wird es, wenn die Außenleiterströme nicht sinusförmig und von starken 3. Harmonischen geprägt sind. Ihre Periodendauer ist genau drei mal kürzer als die 50 Hz-Grundwelle. Obschon im Drehstromnetz die Ströme in den Außenleitern um je 120° phasenverschoben sind, sind gemäß Bild 3.4.2.2 die 150 Hz-Anteile phasengleich und addieren sich im Neutralleiter. Dasselbe gilt für die 9. und die 15. Harmonische, aber wesentlich schwächer. Auch bei symmetrischer Belastung und gleichem Leistungsfaktor $\cos \varphi$ fließt im Neutralleiter ein Strom, der wesentlich grösser als die Ströme in den Außenleitern sein kann. ($I_N > I_{\max}$)

Bild 3.4.2.2 Die 3. Harmonischen (150 Hz) sind in den drei Außenleitern des Drehstromnetzes phasengleich und addieren sich im Neutralleiter



F3.4.3 Messtechnik

Sind Spannung und Strom nicht sinusförmig, so können erhebliche messtechnische Probleme auftreten. Denn im Normalfall interessiert der Effektivwert des Stromes I_{eff} bzw. der Spannung U_{eff} , da dieser quadratische Mittelwert auch für die Leistung eines Verbrauchsmittels massgebend ist.

Einfache analoge und digitale Instrumente messen physikalisch im Wechselspannungsbereich den linearen (arithmetischen) Mittelwert der intern gleichgerichteten Wechselspannung und multiplizieren den Messwert mit dem Crestfaktor (Verhältnis des Spitzenwertes zum Effektivwert) einer Sinusform und zeigen so den Effektivwert an. Der angezeigte Wert ist aber demnach nur richtig, wenn der zu messende Strom bzw. die Spannung sinusförmig ist. Ist dies nicht der Fall, so treten erhebliche Fehler auf.

$$\text{Crestfaktor } F_c = \frac{\text{Spitzenwert}}{\text{Effektivwert}}$$

3 Projektierung elektrischer Anlagen

Bei Sinusform beträgt der Crestfaktor 1.414 und nimmt bei stärkerer Verzerrung zu. Für Messungen in der Praxis genügt es meist, wenn das Messgerät bis zu einem Crestfaktor 3 gute Messresultate liefert.

N	Normenteil
1	Geltungsbereich, Zweck und allgemeine Grundsätze
E1.0	Gesetze, Normen, Regeln der Technik
E1.A	Wie Normen entstehen
E1.B	Weltweite Normung
E1.C	Europäische Normung
E1.D	Schweizerische Normung
E1.E	Normen sind «Regeln der Technik»
E1.F	Geltungsbereich der NIN
1.0	Nationale Grundlagen
1.0.1	Gesetzliche Grundlagen
1.0.2	Werkvorschriften
E1.0.2	Stromversorgung
1.0.3	Andere Vorschriften
1.0.4	Abweichungen
1.0.5	Geltungsbeginn und Übergangsbestimmungen
1.1	Anwendungsbereich
1.1.1	Geltungsbereich
E1.3	Elektrizität und der Mensch
E1.3.1	Direkte Wirkungen auf den Menschen
1.3	Grundsätze
1.3.1	Schutz zum Erreichen der Sicherheit
1.3.2	Planung
1.3.3	Auswahl elektrischer Betriebsmittel
1.3.4	Errichten und Erstprüfung elektrischer Anlagen
3	Bestimmungen allgemeiner Merkmale
3.1	Zweck, Stromversorgung und Aufbau der Anlage
3.1.1	Leistungsbedarf und Gleichzeitigkeitsfaktor
E3.1.1	System TN-S oder TN-C-S?
E3.1.2	System TN-S ist günstig
3.1.2	System nach Art der Erdverbindung
3.1.3	Stromversorgungen
E3.1.3	Stromkreisaufteilung
3.1.4	Aufteilung in Stromkreise
3.3	Verträglichkeit
3.3.1	Verträglichkeit von Merkmalen
3.3.2	Elektromagnetische Verträglichkeit
3.4	Instandhaltbarkeit
3.5	Stromversorgung für Sicherheitszwecke
3.5.1	Allgemeines
3.5.2	Klassifizierung
3.6	Verfügbarkeit der Versorgung
4	Schutzmassnahmen
4.1	Schutz gegen elektrischen Schlag
4.1.0	Einleitung
4.1.1	Schutzmassnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung
E4.1.A.2	Erdung
4.1.2	Schutzmassnahme:
	Doppelte oder verstärkte Isolierung (Sonderisolierung)
4.1.3	Schutzmassnahme: Schutztrennung
4.1.4	Schutzmassnahme: Schutz durch Kleinspannung SELV oder PELV

4.1.5	<i>Zusätzlicher Schutz</i>
4.2	<i>Schutz gegen thermische Einflüsse</i>
E4.2	<i>Thermische Wirkungen des elektrischen Stromes</i>
E4.2.1	<i>Wärmeenergie</i>
E4.2.3	<i>Wärmestrahlung</i>
E4.2.4	<i>Konvektion</i>
E4.2.6	<i>Elektrische Fehler als Zündquelle</i>
4.2.1	<i>Schutz gegen Brände, verursacht durch elektrische Betriebsmittel</i>
4.2.2	<i>Massnahmen bei besonderen Risiken</i>
4.2.2.1	<i>Allgemeines</i>
4.2.2.3	<i>Feuergefährdete Betriebsstätten</i>
4.2.4	<i>Schutz gegen Überhitzung</i>
4.3	<i>Überstromschutz</i>
4.3.0	<i>Anwendungsbereich</i>
4.3.1	<i>Anforderungen entsprechend der Art der Stromkreise</i>
4.3.2	<i>Art der Schutzeinrichtungen</i>
4.3.3	<i>Schutz bei Überlast</i>
4.3.4	<i>Schutz bei Kurzschlussströmen</i>
4.3.5	<i>Koordination des Schutzes bei Überlast und Kurzschluss</i>
4.3.6	<i>Überstrombegrenzung durch die Art der Stromquelle</i>
4.4	<i>Schutz gegen Überspannungen</i>
E4.4	<i>Blitzschutzsysteme</i>
E4.4.1	<i>Überspannungs-Schutzkonzept</i>
E4.4.2	<i>Blitzschutzpflicht</i>
E4.4.3	<i>Blitzschutzklassen</i>
E4.4.4	<i>Blitzschutzanlage</i>
E4.4.5	<i>Leitungsführung</i>
E4.4.6	<i>Von aussen eingeführte Leitungen</i>
4.4.3	<i>Schutz bei Überspannungen infolge atmosphärischer Einflüsse und von Schaltvorgängen</i>
4.4.4	<i>Massnahmen gegen elektromagnetische Einflüsse</i>
4.5	<i>Schutz gegen Unterspannung</i>
4.5.1	<i>Allgemeine Anforderungen</i>
4.6	<i>Trennen und Schalten</i>
4.6.1	<i>Allgemeines</i>
4.6.2	<i>Trennen</i>
4.6.3	<i>Schalten für Wartungsarbeiten</i>
4.6.4	<i>Not-Aus und Not-Halt</i>
4.6.5	<i>Betriebsmässiges Schalten</i>
5	Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel
5.1	<i>Allgemeine Bestimmungen</i>
E5.1	<i>Schutzarten</i>
5.1.1	<i>Allgemeines</i>
5.1.2	<i>Betriebsbedingungen und äussere Einflüsse</i>
5.1.3	<i>Zugänglichkeit</i>
5.1.4	<i>Kennzeichnung</i>
5.1.5	<i>Vermeidung gegenseitiger nachteiliger Beeinflussung</i>
5.1.6	<i>Massnahmen bezüglich Schutzleiterströmen</i>
5.1.6.2	<i>Informationssysteme</i>
5.1.A	<i>Einteilung der äusseren Einflüsse</i>
5.2	<i>Leitungen</i>
E5.2	<i>Leiter und Isolierstoffe</i>
E5.2.1	<i>Leiter</i>
E5.2.2	<i>Isolierstoffe</i>
E5.2.3	<i>Kunststoffe als Isolierstoffe</i>

- E5.2.4 *Dauerhaftigkeit*
 E5.2.5 *Brandgefährdung und Brandverhalten*
 5.2.1 *Allgemeines und Arten von Leitungen*
 E5.2.2 *Leitungswahl und äussere Einflüsse*
 5.2.2 *Auswahl und Errichtung nach den Umgebungseinflüssen*
 5.2.3 *Strombelastbarkeit*
 5.2.4 *Mindestquerschnitte von Leitern*
 5.2.5 *Spannungsfall in Verbraucheranlagen*
 5.2.6 *Elektrische Verbindungen*
 5.2.7 *Auswahl und Errichtung zur Begrenzung von Bränden*
 5.2.8 *Nähe zu anderen technischen Anlagen*
 5.2.9 *Auswahl und Errichtung im Hinblick auf die Möglichkeit der Instandhaltung einschliesslich Reinigung*
- 5.3 *Einrichtungen zum Trennen, Schalten, Steuern und Überwachen*
 5.3.1 *Einrichtungen zum Schutz gegen elektrischen Schlag*
 5.3.2 *Einrichtungen zum Brandschutz und zum Schutz gegen thermische Einflüsse*
 5.3.3 *Einrichtungen zum Schutz bei Überströmen*
 5.3.4 *Überspannungs-Schutzeinrichtungen (SPDs)*
 5.3.5 *Einrichtungen zum Schutz bei Unterspannung*
 5.3.6 *Koordination von Schutzeinrichtungen*
 5.3.7 *Einrichtungen zum Trennen und Schalten*
 5.3.8 *Einrichtungen zur Überwachung*
 5.3.9 *Schaltgerätekombinationen (SKs)*
 5.3.10 *Steckvorrichtungen*
 5.4 *Erdung und Schutzleiter*
 5.4.2 *Erdungsanlagen*
 5.4.3 *Schutzleiter*
 5.4.4 *Schutz-Potenzialausgleichsleiter*
 5.5 *Andere Betriebsmittel*
 E5.5.1 *Niederspannungs-Stromversorgungsanlagen*
 5.5.1 *Niederspannungs-Stromversorgungsanlagen*
 5.5.9 *Leuchten und Beleuchtungsanlagen*
 5.6 *Stromversorgung für Sicherheitszwecke*
 5.6.1 *Allgemeines*
 5.6.2 *Begriffsbestimmungen und Begriffserklärungen*
 5.6.4 *Klassifizierung*
 5.6.6 *Stromquellen für Sicherheitszwecke*
 5.6.7 *Stromkreise für Sicherheitszwecke*
 5.6.8 *Kabel und Leitungsanlagen*
 5.6.10 *Anwendungen für Brandschutzeinrichtungen*

6 Prüfungen

- 6.0.2 *Qualifikationen von Personen für die Prüfungen*
 6.1 *Erstprüfungen*
 6.1.1 *Allgemeines*
 6.1.2 *Sichtprüfung*
 6.1.3 *Erproben und Messen*
 6.1.4 *Erstellen eines Prüfberichts über die Erstprüfung*
 6.2 *Wiederkehrende Prüfung (periodische Kontrolle)*
 6.2.1 *Allgemeines*
 6.2.2 *Häufigkeit der wiederkehrenden Prüfung*
 6.2.3 *Prüfbericht für die wiederkehrende Prüfung*

- 7 Zusatzbestimmungen für Räume, Bereiche und Anlagen besonderer Art**
- 7.01 Räume mit Badewanne oder Dusche
7.01.1 Anwendungsbereich, Zweck und allgemeine Grundsätze
7.02 Schwimmbecken und Springbrunnen
7.02.1 Anwendungsbereich, Zweck und allgemeine Grundsätze
7.02.4 Schutzmassnahmen
7.03 Räume mit elektrischen Sauna-Heizgeräten
7.03.1 Anwendungsbereich, Zweck und allgemeine Grundsätze
7.04 Baustellen
7.05 Elektrische Anlagen von landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Betriebsstätten
7.05.1 Anwendungsbereich, Zweck und allgemeine Grundsätze
7.08 Elektrische Anlagen auf Camping- und Caravanplätzen
7.08.1 Anwendungsbereich, Zweck und allgemeine Grundsätze
7.10 Elektrische Anlagen in medizinisch genutzten Räumen
7.10.0 Einleitung
7.10.1 Anwendungsbereich
7.10.2 Begriffe
7.10.3 Bestimmungen allgemeiner Merkmale
7.12 Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme
7.12.2 Begriffsbestimmungen
7.12.3 Bestimmung allgemeiner Merkmale
7.12.4 Schutzmassnahmen
7.12.5 Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel
7.12.6 Prüfungen
7.14 Beleuchtungsanlagen im Freien
7.15 Kleinspannungsbeleuchtungsanlagen
7.15.1 Anwendungsbereich, Zweck und allgemeine Grundsätze
7.22 Stromversorgung von Elektrofahrzeugen
7.22.1 Anwendungsbereich
7.22.2 Begriffsbestimmungen
7.22.3 Bestimmung allgemeiner Merkmale
7.40 Vorübergehend errichtete elektrische Anlagen für Aufbauten, Vergnügungseinrichtungen und Buden auf Jahrmärkten (Chilbi), in Vergnügungsparks und für Zirkusse
7.40.6 Prüfungen
7.53 Fussboden- und Decken-Flächenheizung
7.53.4.1 Schutz gegen elektrischen Schlag
7.61 Elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen
E7.61 Antistatika
7.61.1 Anwendungsbereich, Zweck und allgemeine Grundsätze

N Normenteil

1 Geltungsbereich, Zweck und allgemeine Grundsätze

Teil 1

E1.0	Gesetze, Normen, Regeln der Technik
E1.A	Wie Normen entstehen
E1.B	Weltweite Normung
E1.C	Europäische Normung
E1.D	Schweizerische Normung
E1.E	Normen sind «Regeln der Technik»
E1.F	Geltungsbereich der NIN
1.0	Nationale Grundlagen
1.0.1	Gesetzliche Grundlagen
1.0.2	Werkvorschriften
E1.0.2	Stromversorgung
E1.0.2.1	Stromversorgung durch eine Netzbetreiberin
1.0.3	Andere Vorschriften
1.0.4	Abweichungen
1.0.5	Geltungsbeginn und Übergangsbestimmungen
1.1	Anwendungsbereich
1.1.1	Geltungsbereich
E1.3	Elektrizität und der Mensch
E1.3.1	Direkte Wirkungen auf den Menschen
1.3	Grundsätze
1.3.1	Schutz zum Erreichen der Sicherheit
1.3.1.1	Allgemeines
1.3.1.2	Schutz gegen elektrischen Schlag
1.3.1.3	Schutz gegen thermische Auswirkungen
1.3.1.4	Schutz bei Überstrom
1.3.1.5	Schutz bei Fehlerströmen
1.3.1.6	Schutz bei Über-/Unterspannungen und Massnahmen gegen elektromagnetische Einflüsse
E1.3.1.6	Wirkungen magnetischer und elektrischer Felder
1.3.2	Planung
1.3.2.1	Allgemeines
1.3.2.2	Merkmale der zur Verfügung stehenden Stromversorgungen
1.3.2.3	Art des Bedarfs
1.3.2.5	Umgebungsbedingungen
1.3.2.6	Leiterquerschnitte
1.3.2.7	Bauarten von Leitungen und Verlegearten
1.3.2.8	Betriebsmittel für den Schutz
1.3.2.9	Abschaltung im Notfall
1.3.2.10	Abschalteinrichtungen
1.3.2.11	Vermeiden gegenseitiger Beeinflussung
1.3.2.12	Zugänglichkeit elektrischer Betriebsmittel
1.3.2.13	Dokumentation der elektrischen Anlage
1.3.3	Auswahl elektrischer Betriebsmittel
1.3.3.1	Allgemeines
1.3.3.2	Merkmale
1.3.3.3	Bedingungen der Anlage
1.3.3.4	Vermeiden schädlicher Einflüsse
1.3.4	Errichten und Erstprüfung elektrischer Anlagen
1.3.4.1	Errichten
1.3.4.2	Erstprüfungen

E1.0**Gesetze, Normen, Regeln der Technik**

Normen spielen in der Technik eine wichtige Rolle. Würden sie nicht definiert oder nicht angewendet, würden Geräte und Systeme nicht zusammenpassen; sie wären nicht kompatibel. Grundsätzlich kann jedermann Normen definieren, es ist nur eine Frage, ob sie auch breit angewendet werden. Bestimmte Systeme wie zum Beispiel das Computerbetriebssystem Windows von Microsoft wird zur De-Facto-Norm, weil es weltweit anerkannt und eingesetzt wird.

Normen fördern die Rationalisierung, ermöglichen die Qualitätssicherung, dienen der Sicherheit am Arbeitsplatz und in der Freizeit, erleichtern die Prüfmethoden (z.B. für elektrische Geräte und Systeme) und vereinfachen generell die Verständigung in Wirtschaft, Technik, Wissenschaft oder Verwaltung.

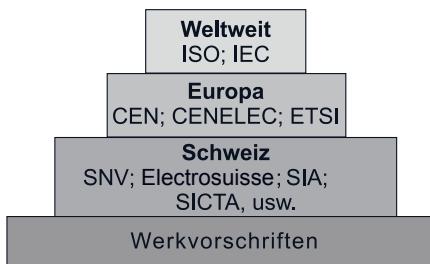
Die früheren nationalen Normen sind heute weitgehend international vereinheitlicht. Dies hat den Vorteil, dass die weltweite Wirtschaft nicht durch Handelshemmnisse behindert wird. Normen sind da, damit «Eines zum Andern» passt.

E1.A**Wie Normen entstehen**

Experten aller betroffenen und interessierten Berufs- und Wirtschaftsgruppen in der Schweiz, aber auch international, sind in verschiedenen Technischen Komitees (zum Beispiel CES TK 64 für die NIN) organisiert und einigen sich über die Normen in ihrem Umfeld. Delegierte aus diesen Gremien vertreten den harmonisierten Schweizer Standpunkt in den zuständigen europäischen und internationalen Technischen Komitees und Normengremien.

Damit ein technisches Regelwerk den Status einer Schweizer Norm (SN) erhält, müssen weltweit anerkannte Grundprinzipien eingehalten werden (Bild E1.A.1). Diese stellen sicher, dass die Normenwerke allgemein akzeptiert werden und für die tägliche Praxis geeignet sind.

Bild E1.A.1 Weltweite Vereinheitlichung der Normen



E1.B Weltweite Normung

Für die Erarbeitung von weltweit gültigen Normen sorgen vorwiegend die ISO und die IEC. Beide arbeiten eng mit der Welthandelsorganisation WTO zusammen.

- *ISO*: Internationale Organisation für Normung (International Organisation for Standardization), eine weltweite, unabhängige Vereinigung der offiziellen Normungsinstitute aus insgesamt 130 Ländern. Der Hauptsitz ist Genf. Die ISO bearbeitet das volle Normenspektrum, ausser das Gebiet der Elektrotechnik, für das die IEC zuständig ist.
- *IEC*: Internationale Elektrotechnische Kommission (International Electrotechnical Commission). Dies ist eine Vereinigung – ähnlich der ISO – von mehr als 60 nationalen elektrotechnischen Komitees, wie zum Beispiel dem CES. Hauptsitz ist Genf.

E1.C Europäische Normung

Die Normungsarbeiten auf europäischer Ebene erfolgt im Rahmen von drei Normenorganisationen:

- *CEN*: Europäisches Komitee für Normung als multi-sektorale Organisation, zuständig für die Normung auf allen Gebieten – ausser der Elektrotechnik und der Telekommunikation.
- *CENELEC*: Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung. Es arbeiten Fachleute aus den meisten europäischen Staaten mit. Die Schweiz wird durch das CES der Electrosuisse vertreten.
- *ETSI*: European Telecommunications Standards Institute. Das ETSI erstellt Telekommunikationsstandards mit globaler Gültigkeit.

E1.D Schweizerische Normung

Die Schweizer Normenvereinigung SNV ist die nationale Normenorganisation der Schweiz und verwaltet rund 12000 Dokumente. Darunter ist geringer Anteil reiner Schweizer Normen, zum Beispiel bestimmte Teile der Elektrotechnik, die Küchennorm oder zum Verkehrswesen. Schweizer Normen verschwinden zugunsten von internationalen Normen. Wichtige normengebende Institutionen auf dem Sektor Elektrotechnik, Telekommunikation und Bauwesen sind:

- *Electrosuisse* Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik, Fehraltorf
- SIA Schweizerischer Ingenieur und Architektenverein, Zürich
- SICTA Swiss Information and Communications Technology Association, Bern

E1.E Normen sind «Regeln der Technik»

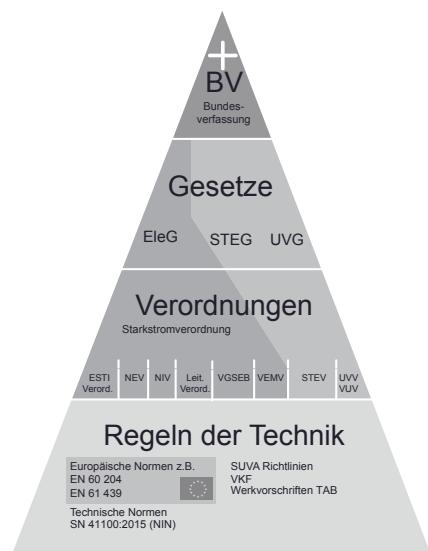
Normen werden juristisch als «Regeln der Technik» bezeichnet. Sie haben selten den Charakter von Gesetzen.

- Normen müssen nicht zwingend angewendet werden, aber deren Anwendung können von den Vertragspartnern vereinbart werden.
- Normen zeigen aber zum Beispiel den wichtigsten Weg zur Erfüllung von Sicherheitsanforderungen.

Wer die Sicherheitsanforderungen jedoch anderweitig erfüllen will – und dies auch glaubhaft nachweisen kann – darf dies grundsätzlich tun. Allerdings: Wer die Normen einhält, «macht es im Prinzip richtig».

Wie Bild E1.E.1 zeigt, haben zum Beispiel die NIN den Stellenwert von Regeln der Technik. Diese basieren auf Verordnungen, die ihrerseits auf Gesetzen beruhen, die aus der Bundesverfassung ableitbar sind.

Bild E1.E.1 Gesetzeshierarchie in der Schweiz



EleG	Elektrizitätsgesetz
STEG	«Sicherheit von technischen Einrichtungen und Geräten»-Gesetz
UVG	Bundesgesetz über die Unfallversicherung
Stv	Starkstromverordnung
LeV	Leitungsverordnung
NIV	Niederspannungs-Installations-Verordnung
NEV	Niederspannungs-Erzeugnis-Verordnung
VEMV	Verordnung über die elektromagnetische Verträglichkeit
VUV	Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten
STEV	«Sicherheit von technischen Einrichtungen und Geräten»-Verordnung
ESTI	Eidgenössisches Starkstrominspektorat
VGSEB	Verordnung über Gerät und Schutzsysteme zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen
UVV	Verordnung über die Unfallversicherung
VKF	Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen

→ SR 734.0 / SR 734.2 / SR 734.27 / SR 734.26

Die «Niederspannungs-Installationsnorm (NIN)» ist eine Schweizer Norm (SN) und wird unter der Bezeichnung SN 41100:2015 der Electrosuisse herausgegeben. Für die Erarbeitung der NIN ist das Schweizerische Elektrotechnische Komitee CES, speziell das Technische Komitee 64 – TK 64 Niederspannungs-Installationen – zuständig.

E1.F**Geltungsbereich der NIN**

Die NIN als Niederspannungs-Installationsnorm gilt in erster Linie für elektrische Hausinstallationen. Mehrheitlich handelt es sich dabei um elektrische Installationen in Gebäuden aller Art, aber auch um andere Installationen – zum Beispiel im Freien – die mit Niederspannung bis 300 V gegen Erde betrieben werden.

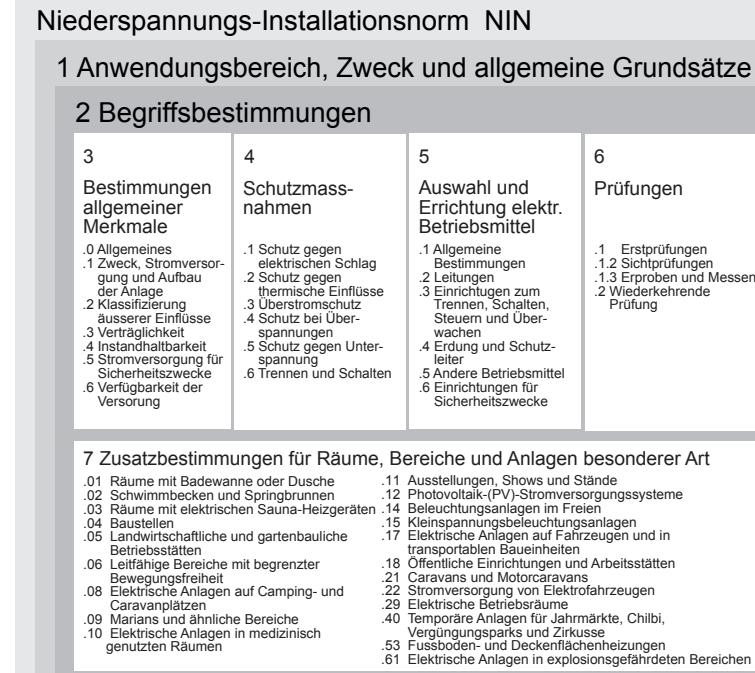
Die NIN kann auch durch besondere Bestimmungen ergänzt werden. Sie dürfen aber die in der NIN verlangte Sicherheit nicht beeinträchtigen. Beispiele sind:

- *Werkvorschriften*: Netzbetreiberinnen können besondere Bestimmungen erlassen, zum Beispiel:
 - zum Schutz ihrer Anlagen
 - zur Erhöhung der Betriebssicherheit
 - zum Schutz des Personals
 - für Mess- und Tarifsteuereinrichtungen
 - *VKF*: Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen als kantonale feuerpolizeiliche Behörden, können zum Beispiel einen Raum einer bestimmten Kategorie zuordnen.
- *Suva*: die Schweizerische Unfall Versicherungs Anstalt erlässt unter anderem Vorschriften und Richtlinien zur elektrischen Sicherheit, aber auch zur Arbeitssicherheit, wenn von elektrischen Geräten nichtelektrische Gefahren ausgehen können.
- *ESTI*: das Eidgenössisches Starkstrominspektorat erlässt Weisungen verschiedenster Art.
- *Herstellerangaben*: spezielle Herstellerangaben sind verbindlich

Auch der Installationsinhaber kann beliebige Vorschriften erlassen. Diese dürfen aber die Schutzziele in keiner Weise reduzieren. So kann er zum Beispiel für die gesamte Elektroinstallation eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung vorschreiben oder er kann bestimmte Steckdosentypen festlegen.

Die NIN ist gemäss Bild E1.F.1 in 7 Teile gegliedert.

Bild E1.F.1 Gliederung der NIN

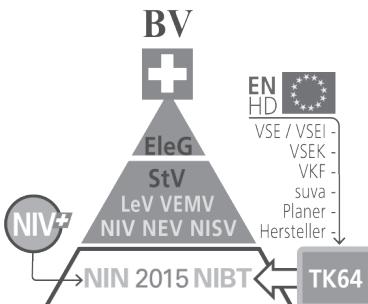


1.0 Nationale Grundlagen

1.0.1 Gesetzliche Grundlagen

- .1 Normen stützen sich auf gesetzliche Grundlagen. Für die NIN gilt:
- das Elektrizitätsgesetz EleG SR 734.0 und die daraus folgenden Verordnungen:
 - die Starkstromverordnung StV SR 734.2
 - die Niederspannungs-Installationsverordnung NIV SR 734.27
 - die Verordnung des UVEK über elektrische Niederspannungs-Installationen NIVV SR 734.272.3
 - Verordnung über elektrische Niederspannungs-erzeugnisse NEV SR 734.26.

Bild 1.0.1.1.1 Gesetzespyramide



1.0.2 Werkvorschriften

- .1 Die Netzbetreiberinnen können besondere Bestimmungen erlassen, welche:
- zum Schutz ihrer Anlagen dienen
 - die Betriebssicherheit der elektrischen Versorgung erhöhen
 - zum Schutz des Personals bei Unterhaltsarbeiten beitragen.

1.3.1.1.1 Risiken

Die verlangte Sicherheit darf durch solche ergänzenden Bestimmungen nicht beeinflusst werden.

E1.0.2 Stromversorgung

Unabhängig davon, ob die Stromversorgung durch eine Netzbetreiberin oder aus einer Eigenerzeugungsanlage erfolgt, sind folgende charakteristischen Größen festzulegen:

- Nennspannung
- Netzform (Art der Schutzmassnahmen)
- Stromart, Frequenz
- Leistungsbedarf
- Kurzschlussströme an der Einspeisestelle

E1.0.2.1 Stromversorgung durch eine Netzbetreiberin

Erfolgt die Einspeisung durch eine Netzbetreiberin, gibt ihr der Planer oder Installateur mit der Installationsanzeige die wichtigsten Daten für die zu erwartende Leistung bekannt.

Die Netzbetreiberin kann Werkvorschriften erlassen. Aus Gründen wie Energietarifen oder Betriebssicherheit der eigenen Anlagen kann es nötig sein, dass sie auch über Anlageteile, die dem Bezüger gehören, Vorschriften erlässt. Als «eigene Anlagen» gelten auch Geräte wie Zähler, Schaltuhren, Fernschalter und dergleichen.

Werkvorschriften können unter anderem aufgestellt werden betreffend:

- Festlegung der zu wählenden Schutzmassnahmen:
Art der Erdverbindung, Schutzschaltung;
- durch die Energietarife bedingte Ausführung der Installation und Wahl der Betriebsmittel;
- Massnahmen für Blindstromkompensation und Tonfrequenzsteuerungen;
- Anschlussspannungen und Leistungen für Verbrauchsmittel, Leistungsunterteilungen (Kaskadenschaltung), Aufheizzeitdauer für Warmwasserspeicher und ähnliches.;
- Bestimmung der zu sperrenden Verbrauchsmittel und deren Sperrzeiten;
- Angaben über die Hauseinführungen und Anschlussüberstromunterbrecher;
- Plombierung von Überstrom-Schutzeinrichtungen;
- Mess- und Tarifsteuereinrichtungen (Montagehöhen, Anordnung, Schemata, Typen und Abmessungen der Zählertafeln, Schutzkästen und dergleichen);
- Anzahl, Farbe und Querschnitt für die isolierten Leiter zur Steuerung von Tarifapparaten und dergleichen.;
- Empfehlungen für Mindestquerschnitte der Haus- und Bezügerleitungen.

Zusätzlich können Installationsinhaber für ihre Installationen erhöhte Anforderungen vorschreiben wie:

- Keine leicht brennbaren Kunststoffrohre verwenden;
- Keine Schmelzeinsätze System DI verwenden;
- Alle Steckdosen mit Schutzkragen ausrüsten;
- Grössere Querschnitte der Leiter verlegen, als diese in den Technischen Normen (NIN) festgelegt sind oder in den Werkvorschriften empfohlen werden;
- Schalter in einer bestimmten Höhe über dem Boden anordnen;
- Installationen gemäss den Bestimmungen für Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen ausführen, obwohl ein Bereich nicht explosionsgefährdet ist;
- Solche Weisungen können z.B. auch durch folgende eidgenössische, kantonale oder kommunale Stellen erlassen werden:
 - VKF, Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen
 - Carbura, Schweizerische Zentralstelle für die Einfuhr flüssiger Treib- und Brennstoffe
 - Suva, Schweizerische Unfallversicherungsanstalt
 - ESTI, Eidgenössisches Starkstrominspektorat

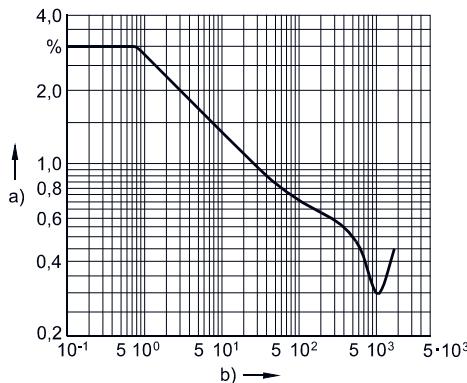
Grundsätzlich müssen die Betriebsmittel so ausgewählt werden, dass bei zu erwartenden äusseren Einflüssen die Schutzmassnahmen wirksam bleiben und die Bestimmungen eingehalten werden. Dies gilt sowohl im normalen Betrieb als auch in voraussehbaren Störungsfällen. Zusätzlich müssen die Mittel so ausgewählt und installiert werden, dass sie weder im normalen Betrieb noch in voraussehbaren Störungsfällen unzulässige Auswirkungen auf andere Betriebsmittel, das Versorgungsnetz und benachbarte Fernmeldeanlagen ausüben können.

5.1 Allgemeine Bestimmungen

Störgrößen können sein:

- Unter- oder Überspannung
- Einschaltströme oder schnell wechselnde Belastungen, die sich vor allem auf den Spannungsfall auswirken und als Flickererscheinungen in Beleuchtungsanlagen stören. Die CENELEC-Grenzkurve für Flickererscheinungen ist in Bild E1.0.2.1.1 dargestellt
- Oberschwingungen, die von elektronischen Geräten und Systemen herrühren
- Elektromagnetische Felder von Kabel- und Sammelschiensystemen, Motoren und Transformatoren
- Gleichstromanteile von Wechselströmen, die von elektronischen Geräten herrühren
- Ableit- und Erdschlussströme

Bild E1.0.2.1.1 CENELEC-Flickerkurven



Legende

- a) prozentuale Abweichung der Netzspannung
- b) Anzahl Abweichungen pro Minute

1.0.3 Andere Vorschriften

- .1 Jeder Anlagebesitzer kann für seine eigenen Anlagen zusätzliche Sicherheit verlangen, wie: Nur metallene Rohre, Steckdosen mit Schutzkragen oder halogenfreie Kabel verwenden, oder die gesamte Installation muss durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen geschützt sein.
- .2 Zusätzliche Anforderungen zur NIN dürfen nur die folgenden kantonalen oder eidgenössischen Instanzen aufstellen:
 - Die Vereinigung Kantonaler Feuerversicherung (VKF) im Zusammenhang mit kantonalen Brandschutzvorschriften
 - Die Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (Suva) für Belange der Unfallverhütung, wie z.B. die Anordnung eines Notschalters an einer gefährlichen Maschine
 - Das Eidgenössische Starkstrominspektorat (ESTI) für spezielle Installationen oder bestimmte Anlagen und Betriebsmittel, wie z.B. für Neuentwicklungen, für die noch keine Normen existieren, oder für Einrichtungen wie Untertagbauten der Armee und Zivilschutzanlagen.

1.0.4 Abweichungen

- .1 Das ESTI kann von der NIN abweichende Ausführungen für einzelne bestimmte Anlagen oder Betriebsmittel befreist zulassen, wenn diese einen offensichtlichen Fortschritt bringen. Solche Abweichungen werden in geeigneter Weise bekannt gegeben und möglicherweise in die nächste Ausgabe der NIN integriert.
- .2 Für Betriebsmittel sind die Normen der Cenelec und der IEC anzuwenden. Der Hersteller solcher Betriebsmittel muss den Nachweis für die Einhaltung der entsprechenden Normen erbringen.

1.0.5 Geltungsbeginn und Übergangsbestimmungen

- .1 Die NIN 2015 tritt am 1. Januar 2015 in Kraft. Sie ersetzt die NIN, Ausgabe 2010.
- .2 Installationen, die sich am 1. Januar 2015 in Ausführung befinden, können nach der bisherigen Norm erstellt werden. Das Gleiche gilt für Installationen, die der Netzbetreiberin bis spätestens 31. Dezember 2014 mit der Installationsanzeige gemeldet werden.

Anmerkung

Stichtag ist das Einreichedatum der Installationsanzeige.

1.1 Anwendungsbereich

Die NIN enthält Regeln für die Planung, Errichtung und Prüfung elektrischer Anlagen. Die Regeln haben zum Zweck, die Sicherheit von Personen, Nutztieren und Sachwerten beim angemessenen Gebrauch elektrischer Anlagen zu gewährleisten und die richtige Funktion solcher Anlagen sicherzustellen.

1.1.1 Geltungsbereich

- .1 Die NIN gilt für die Planung, Errichtung und Prüfung elektrischer Anlagen für:
 - a) Wohnbauten
 - b) Gewerbegebäuden
 - c) öffentlichen Bauten
 - d) Industriebauten
 - e) landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Bauten
 - f) vorgefertigten Gebäuden
 - g) Räumen, Bereichen und Anlagen besonderer Art (Teil 7)
 - l) bewegliche oder transportable elektrische Anlagen;
 - n) Niederspannung-Stromerzeugungsanlagen.
- .2 Die NIN gilt für:
 - a) Stromkreise, die mit Bemessungsspannung $\leq 1000 \text{ V AC}$ oder $\leq 1500 \text{ V DC}$ versorgt werden
Die Norm bevorzugt die Frequenzen für AC: 50 Hz, 60 Hz und 400 Hz.
Für Anlagen mit Betriebsspannungen von $\leq 50 \text{ V AC}$ bzw. $\leq 120 \text{ V DC}$ und Betriebsströmen von $\leq 2 \text{ A}$ gilt die Schwachstromverordnung SR 734.1
 - b) Stromkreise, $U_n > 1000 \text{ V}$, gespeist aus NS-Installationen, z.B. Beleuchtungsanlagen mit Entladungslampen (Neon) oder elektrostatische Sprühlanlagen. Ausgenommen ist die innere Verdrahtung von Geräten.
 - c) alle Verdrahtungen sowie Kabel- und Leitungsanlagen, die nicht von Normen für Geräte und Betriebsmittel abgedeckt werden
 - d) alle Verbraucheranlagen ausserhalb von Gebäuden
 - e) feste Kabel- und Leitungsanlagen für die Speisung von Kommunikations- und Informationstechnik, Meldung, Steuerung und ähnliches (ausgenommen die innere Verdrahtung von Geräten)

1.1 Anwendungsbereich

- f) die Erweiterung oder Änderung von Anlagen. Dabei mit eingeschlossen sind Teile bestehender Anlagen, die von einer Erweiterung oder Änderung beeinflusst werden.

.3 Die NIN gilt nicht für:

- a) elektrische Bahnanlagen (einschliesslich Fahrzeuge und Signalechnik)



734.42 Art. 5 VEAB

- b) elektrische Betriebsmittel von Kraftfahrzeugen (einschliesslich Elektroautos)
- c) elektrische Anlagen an Bord von Schiffen sowie auf beweglichen und fest verankerten Plattformen vor Küsten
- d) elektrische Anlagen in Flugzeugen
- e) öffentliche Beleuchtungsanlagen, die Teil des öffentlichen Versorgungsnetzes sind
- f) Betriebsmittel zur Funk-Entstörung, es sei denn, dass diese die Sicherheit der elektrischen Anlage beeinflussen.

.4 Elektrische Betriebsmittel werden nur insoweit behandelt, wie deren Auswahl und deren Anwendung in Installationen und Anlage betroffen sind. Dies gilt auch für Kombinationen von elektrischen Betriebsmitteln.

E1.3 Elektrizität und der Mensch

Der menschliche Körper ist leitfähig. Setzt man ihn unter Spannung, so fliesst ein Strom entsprechend dem ohm-schen Gesetz. Durch magnetische und/oder elektrische Felder (Elektrosmog) entstehen kleine Stromflüsse im Körperinnern oder in Körperteilen, die für die meisten Menschen aber nicht direkt spürbar sind.

E1.3.1 Direkte Wirkungen auf den Menschen

Fließt Strom durch den menschlichen Körper, entstehen physikalische, chemische und physiologische Effekte:

- *Physikalische und chemische Wirkungen*
 - Strommarken an den Eintritts- und Austrittsstellen
 - innere Verbrennungen, vor allem an Gelenken und an Nervenbahnen
 - Verbrennungen und Blendung bei Lichtbogeneinwirkungen
 - Flüssigkeitsverluste und Verkochungen
- *Physiologische Wirkungen*
 - Muskelkontraktion und Verkrampfungen (Erstickungsgefahr)
 - Nervenerschütterungen
 - Blutdrucksteigerung
 - Herzstillstand
 - Herzkammerflimmern

Je nach Stromstärke, Frequenz, Strombahn und Einflussdauer kann Stromfluss im Körper tödliche Auswirkungen haben. Bei Wechselstrom bei einer Frequenz von 50 bis 60 Hz sind Wirkungen gemäss Tabelle E1.3.1.1 möglich.

Tabelle E1.3.1.1 Wirkungen des elektrischen Stromes auf den Menschen

Wirkungen des elektrischen Stromes auf den Menschen	
>0.005 mA	Wahrnehmbar mit der Zunge
>1 mA	<i>Reizschwelle</i> : Wahrnehmbarkeit mit den Fingern. Leiter kann noch losgelassen werden
>15 mA	<i>Krampfschwelle</i> : Loslassgrenze, der Leiter kann nicht mehr losgelassen werden. Atemverkrampfungen können zu Erstickungstod führen.
>50 mA	<i>Gefahrenschwelle</i> : Verkrampfung der Atemmuskulatur, evtl. Herzstillstand oder Herzkammerflimmern nach kurzer Zeit.
>80 mA	<i>Todesschwelle</i> : Mögliche tödliche Wirkung infolge Herzkammerflimmern bei einer Einwirkdauer >0.3 s

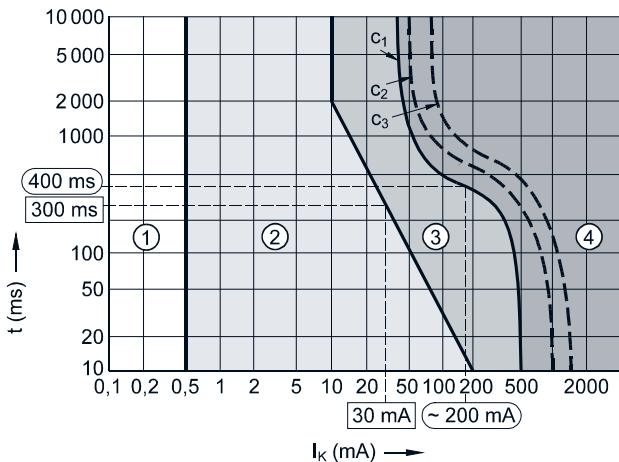
1.1 Anwendungsbereich

Neben den eigentlichen elektrischen Wirkungen können Flammbojenverbrennungen infolge hoher Lichtbogenleistung auftreten.

Die Gefährdung ist von der Frequenz abhängig. Gleichstrom (DC) ist etwa 2,5-mal weniger gefährlich als Wechselstrom (AC). Die grösste Gefährdung liegt bei 50 bis 60 Hz. Oberhalb 400 Hz nimmt das Gefahrenpotenzial stark ab. Hohe Frequenzen im kHz-Bereich sind ungefährlich und werden sogar im medizinischen Bereich für Heilzwecke eingesetzt.

Bild E1.3.1.2 zeigt den Wirkungsbereich von Körperströmen bei Wechselstrom von 15 bis 100 Hz. Die Wirkungen sind in den Bereichen 1 bis 4 unterschiedlich.

Bild E1.3.1.2 Wirkungsbereich von Körperströmen bei Wechselstrom von 15 bis 100 Hz



Legende

- 1 Meist keine Einwirkung
- 2 Meist keine schädlichen physiologischen Wirkungen
- 3 Physiologische Wirkungen. Meist Blutdrucksteigerung, Muskelverkrampfung und Atemnot. Geringe Gefahr des Herzkammerflimmerns
- 4 Verstärkte physiologische Wirkungen mit erhöhter Gefahr des Herzkammerflimmerns ab etwa 200 mA bei einer Einwirkdauer von 400 ms
 - c1 Herzkammerflimmern < 5 % wahrscheinlich
 - c2 Herzkammerflimmern < 50 % wahrscheinlich
 - c3 Herzkammerflimmern > 50 % wahrscheinlich

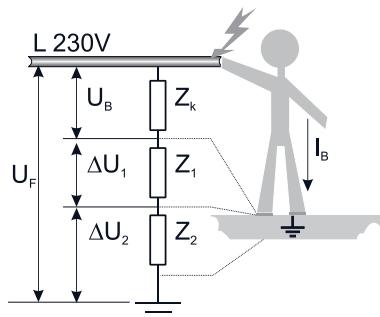
Die menschliche Körperimpedanz Z_K unterscheidet sich von Person zu Person. Sie ist vorwiegend abhängig von

- *Körperbau:* schwache oder starke Gelenke
- *Hautbeschaffenheit:* dünn, dick, verhornt, feucht oder trocken

Die Körperimpedanz Z_K wird vor allem durch den Übergangswiderstand der Haut definiert und liegt bei einer Spannung von 230 V für einen Stromweg von der linken zur rechten Hand etwa zwischen 1000 bis 3000 Ω . Der eigentliche «innere Widerstand» beträgt nur etwa 750 Ω und ist praktisch konstant. Fließt der Strom von beiden Händen zu den Füßen, kann der Widerstand sogar bis < 500 Ω absinken, weil die Teilwiderstände des Körpers parallel geschaltet sind.

Bei einer Fehlerspannung (Bild E1.3.1.3) von $U_F = 230$ V, einer Körperimpedanz $Z_K \approx 750 \Omega$, einer Übergangsimpedanz für die Schuhe $Z_1 \approx 240 \Omega$ und einer Standortimpedanz $Z_2 \approx 10 \Omega$ ergibt sich eine Gesamtmpedanz von 1000 Ω für den fehlerhaften Stromkreis und damit ein Berührungsstrom $I_B \approx 230$ mA. Gemäss Bild E1.3.1.2 besteht damit bereits eine erhöhte Gefahr des Herzkammerflimmerns, wenn der Stromkreis nicht innerhalb von 400 ms abgeschaltet wird.

Bild E1.3.1.3 Berührungsstrom I_B durch den Menschen



Legende

U_F	Fehlerspannung unbeeinflusst
Z_K	Körperimpedanz
Z_i	Übergangsimpedanz (Schuhe, Kleider)
Z_2	Standortimpedanz (Fussboden)
U_B	Berührungsspannung
I_B	Berührungsstrom
ΔU_1	Teilfehlerspannung (Schuhe)
ΔU_2	Teilfehlerspannung

1.3 Grundsätze

1.3.1 Schutz zum Erreichen der Sicherheit

1.3.1.1 Allgemeines

- .1 Bei elektrischen Anlagen können folgende Risiken auftreten:
 - gefährliche Körperströme;
 - überhöhte Temperaturen, die Verbrennungen, Brände und andere schädliche Einflüsse verursachen können;
 - Entzündung einer möglicherweise explosiven Atmosphäre;
 - Unterspannung, Überspannung und elektromagnetische Einflüsse, die wahrscheinlich eine Verletzung oder eine Schädigung hervorrufen;
 - Stromversorgungsunterbrechungen und/oder Unterbrechung von Sicherheits-Stromversorgungsanlagen;
 - Lichtbögen, die wahrscheinlich Blendeffekte verursachen, aussergewöhnliche Drücke, und/oder giftige Gase;
 - Störlichtbögen, die Verletzungen und/oder Brände verursachen können;
 - mechanische Bewegung von elektrisch angetriebenen Betriebsmitteln.
- .2 Die Netzbetreiberin entscheidet, welche Schutzmassnahme anzuwenden ist, ausser die NIN verlangt für besondere Fälle eine bestimmte Schutzmassnahme.

1.3.1.2 Schutz gegen elektrischen Schlag

1.3.1.2.1 Basisschutz (*Schutz gegen direktes Berühren*)

- .1 Personen und Nutztiere müssen vor Gefahren geschützt werden, die beim Berühren aktiver Teile entstehen können.

Dieser Schutz kann durch eine der folgenden Methoden erreicht werden:

- Verhindern, dass ein Strom durch den Körper einer Person oder eines Nutztieres fliesst
- Begrenzen des Berührungsstromes auf einen ungefährlichen Wert.

4.1.1.2 Basisschutz

1.3.1.2.2 Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren)

- .1 Personen und Nutztiere müssen vor Gefahren geschützt werden, die beim Berühren von Körpern elektrischer Betriebsmittel im Falle eines Fehlers entstehen können.

Der Schutz kann durch eine der folgenden Methoden erreicht werden:

- Verhindern, dass ein Fehlerstrom durch den Körper einer Person oder eines Nutztieres fliesst
- Begrenzen des Berührungsstromes auf einen ungefährlichen Wert
- automatische Abschaltung der Stromversorgung in einer festgelegten Zeit beim Auftreten eines Fehlers.

Für den Fehlerschutz ist die Anwendung des Schutz-Potenzialausgleichs eine wichtige Voraussetzung.

4.1.1.3 Fehlerschutz

1.3.1.3 Schutz gegen thermische Auswirkungen

- .1 Elektrische Anlagen müssen so angeordnet sein, dass weder im Normalbetrieb noch im Störungsfall die Gefahr besteht, dass sich brennbares Material infolge hoher Temperatur oder eines Lichtbogens entzünden kann. Zusätzlich dürfen während des normalen Betriebs von elektrischen Betriebsmitteln Personen und Nutztiere keiner Gefahr von Verbrennungen ausgesetzt sein.

1.3.1.4 Schutz bei Überstrom

- .1 Personen und Nutztiere müssen gegen Verletzungen, Sachwerte gegen Schäden geschützt sein, die infolge zu hoher Temperaturen oder elektrodynamischer Beanspruchungen, verursacht durch Überströme, entstehen können.

1.3.1.5 Schutz bei Fehlerströmen

- .1 Nicht aktive Leiter, die im Fehlerfall Ströme führen (PE, PEN), müssen dafür geeignet sein und dürfen keine zu hohe Temperatur annehmen.

1.3.1.6 Schutz bei Über-/Unterspannungen und Massnahmen gegen elektromagnetische Einflüsse

- .1-3 Personen oder Nutztiere müssen gegen Verletzungen und Sachwerte gegen alle schädigenden Einflüsse geschützt sein, welche die Folge:
- eines Fehlers zwischen aktiven Teilen von Stromkreisen unterschiedlicher Spannungen sind.
 - von Überspannungen von atmosphärischen Einwirkungen oder von Schaltüberspannungen sind.
 - von Unterspannung und die nachfolgende Wiederkehr der Spannung sind geschützt sein.

 SEV 4022 Blitzschutzsysteme

- .4 Bei der Auswahl von Betriebsmitteln muss der zulässige Pegel sowohl für die Störfestigkeit als auch für die Störsendung eingehalten werden.
- .5 Elektrische Installationen sind im Sinne der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV, SR 814.710) so zu erstellen, dass das Magnetfeld an Orten, an denen sich Menschen regelmäßig während längerer Zeit aufhalten, möglichst klein ist. Leistungsstarke Schaltgerätekombinationen dürfen nicht in der Nähe von Schlafbereichen angeordnet werden.

 NISV, SR 814.710 Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung

Das Umweltschutzgesetz verlangt, dass Einwirkungen, die für den Menschen schädlich oder lästig werden könnten, im Sinne der Vorsorge zu begrenzen. (Vorsorgeprinzip). Zu diesen Einwirkungen gehört nebst Luftverunreinigung, Lärm oder Erschütterungen auch die nichtionisierende Strahlung.

Nichtionisierende Strahlung umfasst alle Strahlungs-formen, die - im Gegensatz zur ionisierenden Strahlung - nicht genügend Energie aufweisen, um die Bausteine der Materie und von Lebewesen (Atome, Moleküle) zu verändern. Zur nichtionisierenden Strahlung gehören elektrische und magnetische Felder. Die Emissionen können je nach Quelle sehr unterschiedlich sein. Felder nehmen mit zunehmendem Abstand von der Strahlungsquelle ab. Die NISV verlangt für neue NS-Installationen die Minimierung der magnetischen Flussdichte an sogenannten Orten mit empfindlicher Nutzung (OMEN).

E1.3.1.6 Wirkungen magnetischer und elektrischer Felder

Jeder stromdurchflossene Leiter erzeugt ein magnetisches Feld, abhängig von der Stromstärke, mit einer bestimmten Feldstärke H in A/m bzw. einer bestimmten Induktion B in Tesla. Weil der menschliche Körper leitfähig ist, werden in ihm infolge des magnetischen Wechselfeldes Ströme im Innern des Körpers induziert. Zusätzlich entsteht ein von der Spannung abhängiges elektrisches Feld mit der Feldstärke E in V/m. Damit entstehen Ströme infolge kapazitiver Wirkungen durch das elektrische Feld.

Verglichen mit den natürlichen magnetischen und elektrischen Feldstärken sind die künstlich erzeugten Felder von Niederspannungsanlagen relativ klein. Daher sind auch die induzierten Ströme gering. Die meisten Menschen können die besagten Felder nicht feststellen und fühlen sich nicht gestört. Vermutlich gibt es aber eine geringe Anzahl sehr sensibler Menschen, die sich beeinträchtigt fühlen. Durch entsprechende Installationstechniken lassen sich die Felder weiter verkleinern.

1.3.2 Planung

1.3.2.1 Allgemeines

- .1 Bei der Planung der elektrischen Anlage müssen die folgenden Punkte berücksichtigt werden:
 - Schutz von Personen, Nutztieren und Sachwerten
 - Korrekte Funktion der elektrischen Anlage für die beabsichtigte Verwendung.

Die notwendigen Informationen, die als Grundlage und Anforderungen für die Planung dienen, sind nachfolgend aufgeführt.

1.3.2.2 Merkmale der zur Verfügung stehenden Stromversorgungen

- .1 Art des Stromes:
Wechselstrom (AC) und/oder Gleichstrom (DC)

In Installationen gelangen grundsätzlich die folgenden Spannungen zum Einsatz:

für AC

Kleinspannung	Niederspannung
Spannungsbereich I	Spannungsbereich II
0 – 50 V	> 50 – 1000 V

für DC

Kleinspannung	Niederspannung
Spannungsbereich I	Spannungsbereich II
0 – 120 V	> 120 – 1500 V

.2 Art und Anzahl der Leiter

- Für AC und DC:
 - Aussenleiter, L1, L2, L3
 - Neutralleiter, N (bei DC Mittelpunktleiter)
 - Schutzleiter, PE

.3 Werte und Toleranzen

- Spannung und Spannungstoleranzen;
- Spannungsunterbrechungen, Spannungsänderungen
- Frequenz und Frequenztoleranzen;
- höchstzulässiger Strom;
- Fehlerschleifenimpedanz des Netzes vor dem Speisepunkt
- zu erwartender Kurzschlussstrom.

.4 Schutzmassnahmen, die durch das Stromversorgungssystem vorgegeben sind, z.B. Erden des PEN-Leiters

.5 Besondere Anforderungen der Netzbetreiberin.

1.3.2.3 Art des Bedarfs

.1 Die Anzahl und Art der Stromkreise, die erforderlich sind für Beleuchtung, Heizung, Antriebe, Steuerungen. Meldung, Kommunikations- und Informationstechnik usw., werden bestimmt durch:

- Ort der Verbrauchsstellen für den Leistungsbedarf
- Belastungen, die bei den verschiedenen Stromkreisen zu erwarten sind
- tägliche und jährliche Schwankungen des Leistungsbedarfs
- alle besonderen Bedingungen, z.B. Oberschwingen
- Anforderungen für Steuerung, Meldung, Kommunikations- und Informationstechnik etc.
- zu erwartender zukünftiger Bedarf.

1.3.2.5 Umgebungsbedingungen

5.1.2 Betriebsbedingungen und äussere Einflüsse

1.3.2.6 Leiterquerschnitte

- .1 Die Leiterquerschnitte müssen bestimmt werden, entsprechend:
- a) ihrer zulässigen maximalen Temperatur
 - b) dem zulässigen Spannungsfall
 - c) den elektromechanischen Beanspruchungen, die wahrscheinlich bei Kurzschlussströmen entstehen
 - d) anderen mechanischen Beanspruchungen, denen die Leiter ausgesetzt sein können
 - e) der maximalen Schleifenimpedanz für das Funktionieren des Schutzes bei Körper-, Erd- und Kurzschluss
 - f) der Verlegeart
 - g) aus Gründen des wirtschaftlichen Betriebs können Leiterquerschnitte erforderlich sein, die grösser sind als die für die Sicherheit der Anlage erforderlichen Querschnitte.

1.3.2.7 Bauarten von Leitungen und Verlegearten

- .1 Die Auswahl der Leitungstypen und die Verlegearten hängen ab von:
- den Örtlichkeiten
 - der Art der Wände oder anderer Teile des Gebäudes, an denen die Leitungen befestigt werden
 - der Zugänglichkeit der Leitungen für Personen und Nutztiere
 - der Spannung
 - den elektromechanischen Beanspruchungen, die bei Kurzschlussströmen entstehen
 - anderen Beanspruchungen (z.B. mechanische, thermische oder solche, die mit Feuer verbunden sind), denen die Leitungen während der Errichtung oder des Betriebs der elektrischen Anlage ausgesetzt sein können.

1.3.2.8 Betriebsmittel für den Schutz

- .1 Die Kenngrössen der Schutzeinrichtungen müssen mit Bezug auf ihre Funktion festgelegt werden, z.B. Schutz gegen die Wirkungen von:
- Überstrom (Überlast, Kurzschluss)
 - Erdschluss- und Körperschlussstrom
 - Überspannung
 - Unterspannung und Spannungsausfall.

Die Schutzeinrichtungen müssen bei Werten:

- des Stromes
- der Spannung
- der Zeit

wirksam werden, die zu den Kenngrößen der Stromkreise und den möglichen Gefahren in einer richtigen Beziehung stehen.

1.3.2.9 Abschaltung im Notfall

- .1 Muss im Notfall die Stromversorgung sofort unterbrochen werden können, so muss die Einrichtung dafür leicht erkennbar sowie wirksam und schnell bedienbar sein.

Produktionstechnische Anlagen sind z.B.:

- Baumaschinen
- Werkzeugmaschinen
- Be- und Verarbeitungsmaschinen
- Verpackungsmaschinen
- Oberflächenbehandlungseinrichtungen
- Umformereinrichtungen usw.

Betriebstechnische Anlagen sind z.B.:

- Gebäude sowie deren Türen, Fenster
- Heizung, Lüftung, Wasserversorgung
- Energieumformereinrichtungen
- Transporteinrichtungen
- Material- und Warenlager mit ihren Einrichtungen usw.

Solche Anlagen können zu nichtelektrischen Unfällen führen, wenn:

- gefährliche Veränderungen des Betriebszustands während des Rüstens, der Instandhaltung, der Störungsbehebung oder der Reinigung möglich sind, weil die entsprechenden Energieeinspeisungen nicht oder nicht richtig abgeschaltet werden können
- sich die Anlage beim Anbahnen von gefährlichen Zuständen nicht über eine Nothalteinrichtung in den ungefährlichen Zustand überführen lässt.
- beim Rüsten, bei der Instandhaltung, bei der Störungsbehebung und beim Reinigen notwendige Betriebszustandsveränderungen nicht in ungefährlicher Weise gesteuert und ausgeführt werden können
- Überwachungsschalteinrichtungen für Sicherheitsbedingungen die gefährlichen Veränderungen des Betriebszustands nicht zuverlässig verhindern
- gefährliche Veränderungen des Betriebszustands während des Normalbetriebs entstehen können, weil die Signale von Funktionsschalteinrichtungen fehlerhaft entstehen oder unbeabsichtigt eingegeben werden können.

1.3.2.10 Abschalteinrichtungen

- .1 Geräte zum Ausschalten müssen so vorgesehen werden, dass sich elektrische Anlagen, Stromkreise oder einzelne Teile von Geräten so abschalten lassen, wie es für Instandhaltung, Prüfung oder die Fehlersuche erforderlich ist.

1.3.2.11 Vermeiden gegenseitiger Beeinflussung

- .1 Elektrische Anlagen müssen so angeordnet werden, dass sich elektrische und nichtelektrische Anlagen nicht gegenseitig nachteilig beeinflussen können.

1.3.2.12 Zugänglichkeit elektrischer Betriebsmittel

- .1 Die elektrischen Betriebsmittel müssen so angeordnet werden, dass:
 - genügend Platz für die Errichtung und für das Auswechseln einzelner elektrischer Betriebsmittel vorhanden ist
 - die erforderliche Zugänglichkeit zum Betreiben, Prüfen, Besichtigen, Instandhalten und Reparieren gegeben ist.

1.3.2.13 Dokumentation der elektrischen Anlage

Für jede elektrische Anlage muss eine geeignete Dokumentation bereitgestellt werden.

1.3.3 Auswahl elektrischer Betriebsmittel

1.3.3.1 Allgemeines

- .1 Jedes elektrische Betriebsmittel muss den zutreffenden internationalen oder nationalen Normen entsprechen.

1.3.3.2 Merkmale

1.3.3.2.1 Spannung

- .1 Elektrische Betriebsmittel müssen für die maximale Spannung (bei AC U_{eff}) geeignet sein. Außerdem müssen sie für die vorgesehene Überspannungskategorie geeignet sein.

1.3.3.2.2 Strom

- .1 Alle elektrischen Betriebsmittel müssen für den maximalen Dauerstrom (bei AC I_{eff}) ausgewählt werden.

1.3.3.2.3 Frequenz

- .1 Wenn die Frequenz einen Einfluss auf die Kenngrößen

elektrischer Betriebsmittel hat, so muss die Bemessungsfrequenz der Betriebsmittel der Frequenz entsprechen.

1.3.3.2.4 Leistung und Gleichzeitigkeitsfaktor

- .1 Alle elektrischen Betriebsmittel, die auf Grund ihrer Leistung ausgewählt werden, müssen für die von ihnen verlangte Aufgabe geeignet sein. Berücksichtigt wird der Gleichzeitigkeitsfaktor und die normalen Betriebsbedingungen.

1.3.3.3 Bedingungen der Anlage

- .1 Alle elektrischen Betriebsmittel müssen so ausgewählt werden, dass sie den Beanspruchungen und Umgebungsbedingungen sicher standhalten.

1.3.3.4 Vermeiden schädlicher Einflüsse

- .1 Alle elektrischen Betriebsmittel müssen so ausgewählt werden, dass sie keine schädlichen Einflüsse auf andere Betriebsmittel verursachen oder die Stromversorgung, einschliesslich von Schaltvorgängen, beeinträchtigen. Technische Faktoren, die in diesem Zusammenhang einen Einfluss haben können, sind:
 - Leistungsfaktor
 - Einschaltstrom
 - unsymmetrische Last
 - Oberschwingungen.
 - transiente Überspannungen

1.3.4 Errichten und Erstprüfung elektrischer Anlagen

1.3.4.1 Errichten

- .1 Für das Errichten ist gemäss dem 2. Kapitel der NIV erforderlich:
 - gut ausgeführte Facharbeit
 - geeignetes, qualifiziertes Personal
 - Einsatz von geeignetem Material.Betriebsmittel müssen gemäss Angaben des Herstellers eingesetzt werden.
- .2 Die Kenngrössen der elektrischen Betriebsmittel, die entsprechend 1.3.3 festgelegt sind, dürfen beim Errichten nicht beeinträchtigt werden.
- .3 Leiter müssen gemäss 5.1.4.3 gekennzeichnet werden.
- .4 Verbindungen zwischen Leitern sowie zwischen Leitern

und anderen elektrischen Betriebsmitteln müssen so ausgeführt werden, dass ein sicherer und zuverlässiger Kontakt sichergestellt ist.

- .5 Alle elektrischen Betriebsmittel müssen in einer solchen Weise installiert werden, dass die vorgesehene Wärmeabfuhr (Kühlung) nicht beeinträchtigt wird.
- .6 Alle elektrischen Betriebsmittel, die hohe Temperaturen oder elektrische Lichtbögen verursachen können, müssen so angebracht oder geschützt werden, dass keine Gefahr für brennbare Materialien besteht.

Falls berührbare Teile eine so hohe Temperatur aufweisen können, dass sich Personen daran verbrennen können, so müssen diese so angeordnet oder geschützt werden, dass sich nicht zufällig berührt werden können.

- .7 In Fällen, in denen es für Sicherheitszwecke notwendig ist, müssen geeignete Warnzeichen und/oder -schilder angebracht werden.
- .9 Bei Erweiterungen oder Änderungen in bestehenden Anlagen muss bestimmt werden, dass die Merkmale und Bedingungen
 - der bestehenden Betriebsmittel,
 - der zusätzlichen Last
 - Erdungs- und Potenzialausgleichsanlagenauch nach der Erweiterung oder Änderung eingehalten sind.

1.3.4.2 Erstprüfungen

- .1 Bevor elektrische Anlagen in Betrieb genommen werden und nach jeder Änderung müssen diese besichtigt und geprüft werden, um eine ordnungsgemäße Ausführung der Arbeit gemäss der Norm nachzuweisen.

6.1 Erstprüfungen

3 Bestimmungen allgemeiner Merkmale

Teil 3

- 3.1 Zweck, Stromversorgung und Aufbau der Anlage
- 3.1.1 Leistungsbedarf und Gleichzeitigkeitsfaktor
- E3.1.1 System TN-S oder TN-C-S?
- E3.1.1.1 Systeme TN-C bzw. TN-C-S sind ungünstig
- E3.1.2 System TN-S ist günstig
- 3.1.2 System nach Art der Erdverbindung
- 3.1.2.2 Systeme nach Art der Erdverbindungen
- 3.1.3 Stromversorgungen
- E3.1.3 Stromkreisaufteilung
- 3.1.4 Aufteilung in Stromkreise
- 3.3 Verträglichkeit
- 3.3.1 Verträglichkeit von Merkmalen
- 3.3.2 Elektromagnetische Verträglichkeit
- 3.4 Instandhaltbarkeit
- 3.5 Stromversorgung für Sicherheitszwecke
- 3.5.1 Allgemeines
- 3.5.2 Klassifizierung
- 3.6 Verfügbarkeit der Versorgung

3.1 Zweck, Stromversorgung und Aufbau der Anlage

3.1.1 Leistungsbedarf und Gleichzeitigkeitsfaktor

- .1 Für eine wirtschaftliche und zuverlässige Planung der Anlage innerhalb der Grenzwerte der Erwärmung und des Spannungsfalls ist die Ermittlung des Leistungsbedarfs wesentlich.

Bei der Ermittlung des Leistungsbedarfs darf ein Gleichzeitigkeitsfaktor berücksichtigt werden.

E3.1.1 System TN-S oder TN-C-S?

Die wichtigste Schutzmassnahme in der elektrischen Installationstechnik ist das System TN. Dabei wird ein Punkt direkt geerdet, die Körper der elektrischen Anlage sind über Schutzleiter mit diesem Punkt verbunden. Man unterscheidet gemäss Tabelle E3.1.1.1:

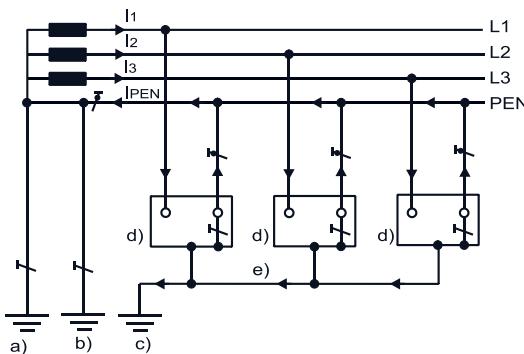
Tabelle E3.1.1.1 Eigenschaften des System TN

System	Neutralleiter N und Schutzleiter PE	Eigenschaft
TN-S	Neutralleiter N und Schutzleiter PE sind in der gesamten Stromversorgung separat geführt	EMV-freundlich Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) möglich
TN-C	Neutralleiter N und Schutzleiter PE werden in der gesamten Installation zu einem einzigen Leiter PEN kombiniert	EMV-unfreundlich Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) nicht möglich
TN-C-S	Neutralleiter N und Schutzleiter PE werden in einem Teil der Installation zu einem einzigen Leiter PEN kombiniert	EMV-unfreundlich Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) nicht möglich

E3.1.1.1 Systeme TN-C bzw. TN-C-S sind ungünstig

Früher wurde in vielen Fällen das System TN-C installiert. Dies ist EMV-unfreundlich, da der Neutralleiter N und der Schutzleiter PE zum PEN-Leiter zusammengelegt werden und sich keine generelle Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) errichten lässt. Eine Mischform ist das System TN-C-S. Hier wird ein Teil der Installation TN-S mit separatem PE- und N-Leiter ausgeführt und ein anderer Teil TN-C, wo der PE- und der N-Leiter zum PEN-Leiter zusammengefasst ist, sofern dessen Querschnitt $\geq 10 \text{ mm}^2$ beträgt.

Das System TN-C ist die billigste Installationsmethode, die zwar den Schutz von Personen sicherstellt, aber den Funktionsschutz von Geräten nicht in allen Fällen übernehmen kann. Denn in dieser Netzform mit dem PEN-Leiter fließen die Neutralleiterströme zwangsweise auch über den Schutzleiter PE und allenfalls über weitere leitfähige Teile wie Wasser- und Heizungsleitungen, Bewehrung oder die Abschirmung des Datenkabels – vor allem, wenn der PEN-Leiter mehrfach geerdet wird.

Bild E3.1.1.2 System TN-C ist EMV-ungünstig**Legende**

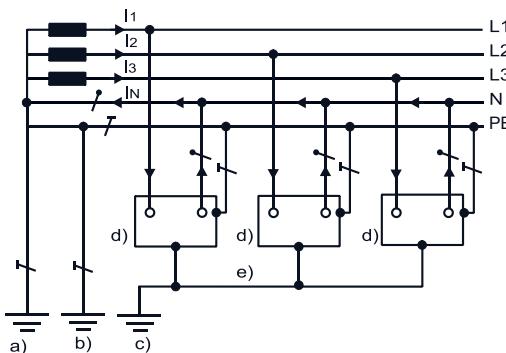
- a Erder
- b, c Schutz-Potenzialausgleich
- d EDV-Geräte
- e Geschirmtes Datenkabel

Beim System TN-C sind der PEN-Leiter und weitere geerdete Anlageteile, wie zum Beispiel geschirmte Datenleitungen, stromführend. Dies kann zu Problemen bei IT-Netzwerken (Computer-Netzwerke) führen.

Wird der PEN-Leiter zusätzlich mehrfach geerdet, so ist er gleichzeitig mit dem jeweiligen räumlichen Erdungssystem verbunden. Damit entstehen Potenzialdifferenzen und Störspannungen. Und es kommt vor allem bei vernetzten EDV-Installationen zu Problemen, in denen über die geschirmten Datenleitungen Ausgleichsströme fliessen können. Das IT-Netzwerk (Computer-Netzwerk) kann dabei massiv gestört werden. Auch die Mischform TN-C-S ist ungünstig.

E3.1.2**System TN-S ist günstig**

Diese Schwierigkeiten lassen sich vermeiden, wenn gemäss Bild E3.1.2.1 das System TN-S installiert wird, in dem der N- und der PE-Leiter sauber getrennt sind. Der Ausgleichsstrom I_N fliessst nur im N-Leiter. Der PE-Leiter und auch alle anderen geerdeten Anlageteile bleiben stromlos.

Bild E3.1.2.1 System TN-S ist EMV-günstig**Legende**

- a) Erder
- b, c) Schutz-Potenzialausgleich
- d) EDV-Geräte
- e) Geschirmtes Datenkabel

Beim System TN-S sind der N- und der PEN-Leiter getrennt. Es fliessen keine vagabundierenden Ströme. Störungen in IT-Netzwerken (Computer-Netzwerke) können damit nicht mehr auftreten.

3.1.2 System nach Art der Erdverbindung

Charakteristische Merkmale für die Verteilungssysteme sind:

- Art und Anzahl der stromführenden Leiter
- Systeme nach Art der Erdverbindung

3.1.2.2 Systeme nach Art der Erdverbindungen

Folgende Systeme werden angewendet:

.1 System TN

Im System TN ist ein Punkt direkt geerdet; die Körper der elektrischen Anlage sind über Schutzleiter mit diesem Punkt verbunden.

Drei Arten von TN Systemen sind entsprechend der Anordnung der Neutralleiter und der Schutzleiter zu unterscheiden:

3.1 Zweck, Stromversorgung und Aufbau der Anlage

Bild 3.1.2.2.1.1 System TN-S Neutral- und Schutzleiter sind in der gesamten Stromversorgung separat geführt

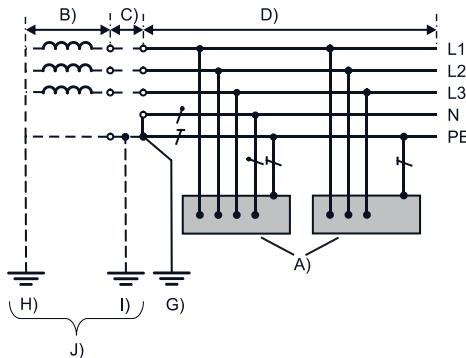
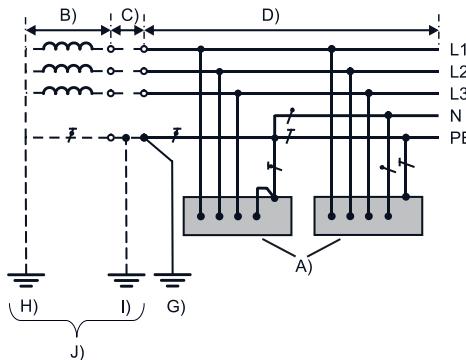
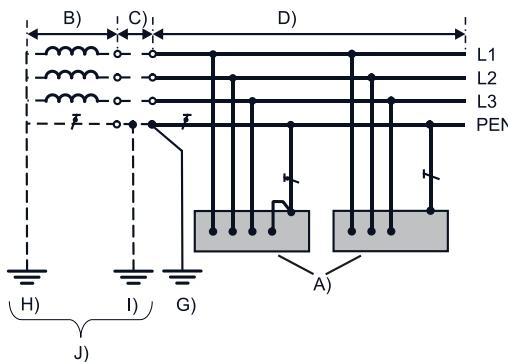


Bild 3.1.2.2.1.2 System TN-C-S: Die Funktion des Neutral- und des Schutzleiters ist in einem Teil der Stromversorgung in einem einzigen Leiter (PEN) kombiniert



3.1 Zweck, Stromversorgung und Aufbau der Anlage

Bild 3.1.2.2.1.3 System TN-C: Die Funktion des Neutral- und des Schutzleiters ist in der gesamten Stromversorgung in einem einzigen Leiter (PEN) kombiniert

**Legende**

- A Körper
- B Stromquelle
- C Verteilernetz
- D Anlage
- G Erdung der Anlage
- H Erdung im Verteilnetz
- I Erdung im Verteilnetz
- J Erdung des Stromversorgungssystems mit einem oder mehreren Erdern

Leitersymbole

- / \ Schutzleiter (PE)
- / \ Neutralleiter (N)
- / \ PEN-Leiter

Erklärung der Kurzzeichen

Erster Buchstabe – Erdungsverhältnisse der Stromversorgung

T direkte Verbindung eines Punktes zur Erde

Zweiter Buchstabe – Beziehung der Körper der elektrischen Anlage zur Erde

T Körper direkt geerdet, unabhängig von der bestehenden Erdung eines Punktes der Stromquelle.

N Körper direkt mit dem geerdeten Punkt der Stromquelle verbunden. In Wechselstromnetzen ist der geerdete Punkt im Allgemeinen der Sternpunkt.

3.1 Zweck, Stromversorgung und Aufbau der Anlage

Weitere Buchstaben – Anordnung des Neutralleiters und des Schutzleiters

- S Für die Schutzfunktion ist ein Leiter vorgesehen, der vom Neutralleiter separat geführt ist.
- C Neutralleiter- und Schutzleiterfunktionen kombiniert in einem Leiter (PEN).

3.1.3 Stromversorgungen

.1 Allgemeines

Folgende charakteristischen Merkmale jeder Stromversorgung müssen bekannt sein:

- Stromart und Frequenz
- Bemessungsspannung
- unbeeinflusster Kurzschlussstrom am Speisepunkt

1.3.2.2 Merkmale der zur Verfügung stehenden Stromversorgungen

- die Impedanz der Fehlerschleife ausserhalb der elektrischen Anlage
- Eignung im Hinblick auf die Anforderungen der Anlage, einschliesslich des maximalen Leistungsbedarfs
- Bauart und Bemessungsdaten der am Speisepunkt vorhandenen Überstrom-Schutzeinrichtung.

E3.1.3 Stromkreisaufteilung

Installationen sind so zu unterteilen, dass Störungen und Schäden auf selbständige Anlageteile, auf einzelne Gebäudekörper, einzelne Stockwerke oder, wo nötig, auf einzelne Räume begrenzt bleiben. Damit können Gefahren vermindert und die Folgen von Fehlern begrenzt werden. Die sichere Kontrolle, Prüfung und Wartung wird erleichtert bei

- *Wohnungen*: Je nach Grösse der Wohnung ist es zweckmässig, die Installation auf zwei oder mehr Überstrom-Schutzeinrichtung zu unterteilen. Dabei sollten für Verbrauchsmittel mit einer Leistung von mehr als 2 kW (Kochherd, Waschmaschine, Wassererwärmung, Heizung und dergleichen) getrennte Überstrom-Schutzeinrichtung vorgesehen werden.
- *Industrie, Gewerbe, Handel*: Wenn ein Stromkreis ausfällt, soll zumindest ein Teil der Beleuchtung eines durch Personen benützen Raums erhalten bleiben.

3.1 Zweck, Stromversorgung und Aufbau der Anlage

Deshalb sollte die Beleuchtung auf mindestens zwei Stromkreise aufgeteilt werden - sofern nicht anderweitig eine Beleuchtung für Sicherheitszwecke vorgeschrieben ist.

Im weiteren kann es zweckmässig sein, Anlagen, die in bestimmten Räumen oder Zonen gelegen sind, durch getrennte Stromkreise zu versorgen, um den Betrieb bei der Messung des Isolationswiderstands nicht zu beeinträchtigen.

Wer an der Planung, Erstellung, Änderung oder Instandstellung einer zu kontrollierenden Installationen beteiligt war, darf nicht mit der Kontrolle beauftragt werden.



NIV Art. 31 Unabhängigkeit der Kontrollen

3.1.4 Aufteilung in Stromkreise

.1 Grundsatz

Jede Anlage muss gebrauchstauglich in mehrere Stromkreise aufgeteilt werden, um

- Gefahren zu vermeiden und die Folgen von Fehlern zu begrenzen
- die sichere Kontrolle, Prüfung und Wartung zu erleichtern
- die Gefahren zu berücksichtigen, die durch einen Fehler in nur einem Stromkreis entstehen können, z.B. in einem Beleuchtungsstromkreis.
- unerwünschte Auslösungen von RCDs aufgrund von hohen Schutzleiterströmen zu reduzieren
- die Wirkungen von elektromagnetischen Störungen zu mindern
- vorzubeugen, dass ein Stromkreis, der sicher getrennt sein sollte, unter Spannung gesetzt wird.

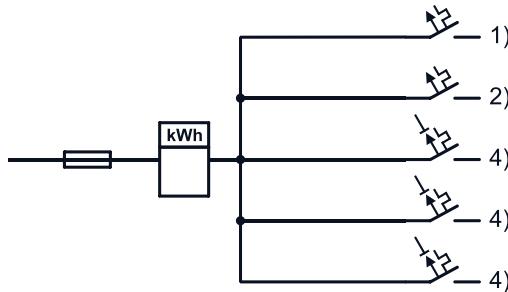
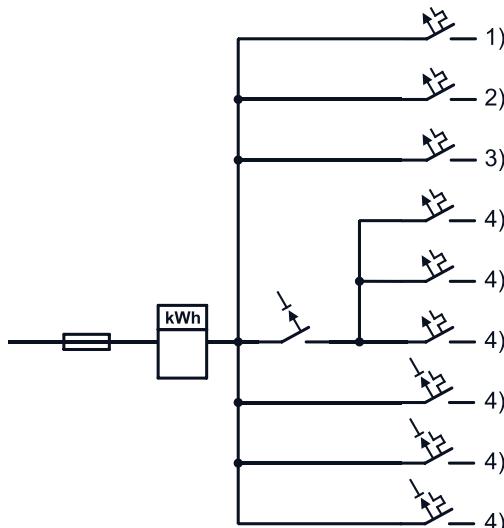
Installationen sind so in mehrere Stromkreise zu unterteilen, dass Störungen und Schäden auf selbstständige Anlageteile, auf einzelne Gebäudekörper, einzelne Stockwerke oder, wo nötig, auf einzelne Räume begrenzt bleiben. Sie sind ausserdem so zu unterteilen, dass der Isolationszustand grösserer Anlageteile in einfacher Weise geprüft werden kann.

Es ist Sache des Anlagebesitzers im Hinblick auf die Art des Betriebes zu entscheiden, in welchem Masse seine Anlage unterteilt sein soll. Um eine zweckmässige Lösung zu finden, sollte er einerseits die Betriebssicherheit und andererseits die Erstellungskosten in Erwägung ziehen.

3.1 Zweck, Stromversorgung und Aufbau der Anlage

A. Anzahl der Stromkreise in Wohnungen und ähnlichen Räumen

Die nachstehenden Beispiele zeigen sinnvolle Aufteilungen in mehrere Stromkreise.

Bild 3.1.4.1.1 Mehrzimmer-Wohnungen**Bild 3.1.4.1.2 Einfamilienhaus****Legende**

- 1) Kochherd
- 2) Waschmaschine
- 3) Wassererwärmer
- 4) Beleuchtung und/oder Steckdosen

3.1 Zweck, Stromversorgung und Aufbau der Anlage

Um zu verhindern, dass grössere Anlage abgeschaltet werden, die Folgen von unerwünschten Auslösungen von RCDs zu verringern und Wartungsarbeiten zu erleichtern, empfiehlt es sich, elektrische Anlagen je nach Grösse in mehrere Stromkreise zu unterteilen.

A.2 Räume für Industrie, Gewerbe, Handel und dgl.

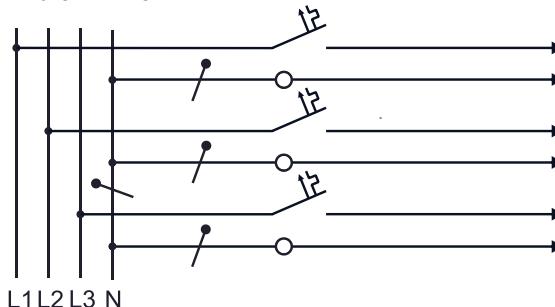
Die Anlage sollte so unterteilt werden, dass der Ausfall eines Stromkreises nicht die ganze Beleuchtung eines durch Personen benützten Raumes ausser Betrieb setzt. Das bedeutet, dass die Beleuchtung auf mindestens zwei Stromkreise verteilt werden muss - sofern nicht eine Beleuchtung für Sicherheitszwecke installiert wird.

B. Möglichkeiten der Unterteilung

B.1 Unterteilung bei einpoligen Stromkreisen

Jeder Stromkreis weist eine separate Überstrom-Schutzeinrichtung mit zugeordneter Trennvorrichtung für den Neutralleiter auf.

Bild 3.1.4.1.3

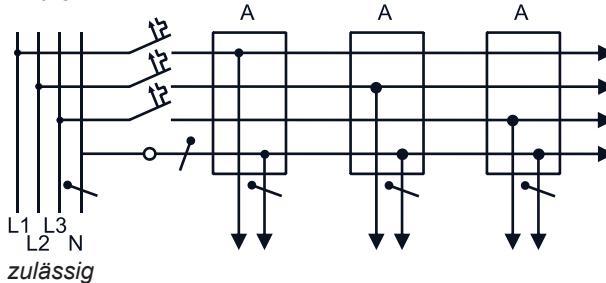


Eine solche Anordnung ist *sinnvoll und richtig*.

Bei den Bildern 3.1.4.1.4 bis 3.1.4.1.7 ist der Schutzleiter nicht eingezeichnet.

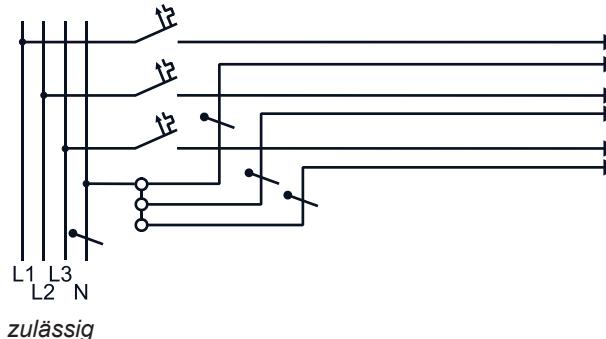
In Bild 3.1.4.1.4 ist den einpoligen Stromkreisen eine mehrpolige Überstrom-Schutzeinrichtung mit gemeinsamer Trennvorrichtung für den Neutralleiter vorgeschaltet.

3.1 Zweck, Stromversorgung und Aufbau der Anlage

Bild 3.1.4.1.4

Diese Anordnung darf nur getroffen werden, sofern es sich nicht um einen dreipoligen Leitungsschutzschalter handelt, da dieser im Störungsfall die ganze Installation abschaltet:
zulässig.

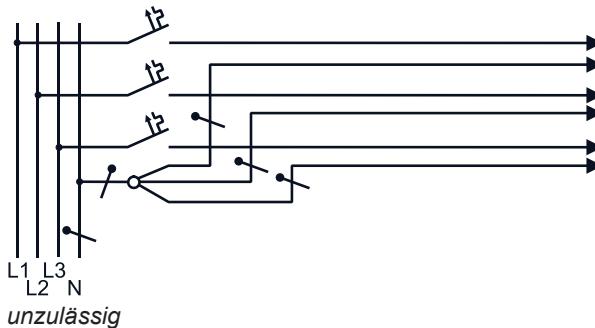
In Bild 3.1.4.1.5 ist den einpoligen Stromkreisen eine mehrpolige Überstrom-Schutzeinrichtung mit getrennten Trennvorrichtungen für die Neutralleiter vorgeschaltet, so dass jeder Stromkreis einzeln getrennt werden kann:
zulässig.

Bild 3.1.4.1.5**5.3.9 Schaltgerätekombinationen (SK)**

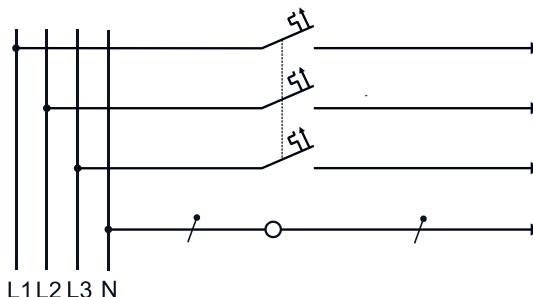
Auch hier gilt die Bedingung, dass es sich bei der Überstrom-Schutzeinrichtung nicht um einen dreipoligen Leitungsschutzschalter handeln darf, weil sonst im Störungsfall die ganze Installation abgeschaltet wird.

3.1 Zweck, Stromversorgung und Aufbau der Anlage

In Bild 3.1.4.1.6 ist den einpoligen Stromkreisen eine mehrpolige Überstrom-Schutzeinrichtung mit einer gemeinsamen Trennvorrichtung für die Neutralleiter vorgeschoaltet, so dass die Stromkreise nicht einzeln getrennt werden können: *nicht zulässig*.

Bild 3.1.4.1.6**B.2 Unterteilung bei mehrpoligen Stromkreisen**

In Bild 3.1.4.1.7 handelt es sich um einen dreipoligen Stromkreis, welchem ein dreipoliger Leitungsschutzschalter mit mechanisch gekoppelten Polen und einer Trennvorrichtung für den Neutralleiter vorgeschoaltet ist.

Bild 3.1.4.1.7

Solche Anordnungen kommen nur für einzelne Geräte in Betracht: *richtig*.

Legende

- Leitungsschutzschalter
- Überstrom-Schutzeinrichtung
- Neutralleitertrenner
- Neutralleitertrenner oder Spezialklemme

/	Schutzleiter (PE)
/•	Neutralleiter (N)
/\	PEN-Leiter
A	Abzweigdose

- .2 Besondere Stromkreise müssen für Teile von Anlagen vorgesehen werden, die getrennt betrieben werden müssen. So werden diese Stromkreise nicht durch den Ausfall anderer Stromkreise beeinträchtigt.

Das gilt z.B. für Stromkreise, die für die Funktion einer Anlage unentbehrlich sind. Das könnten Überstrom-Schutzeinrichtung zu Alarmanlagen, Brandmeldeanlagen oder Computern sein.

3.3 Verträglichkeit

3.3.1 Verträglichkeit von Merkmalen

Die Eigenschaften von Betriebsmitteln, die sich nachteilig auf andere Betriebsmittel auswirken oder die Funktion der Stromversorgung beeinträchtigen können, sind abzuschätzen.

Solche Eigenschaften sind z.B.:

- Überspannung
- schnell wechselnde Lasten
- Einschaltströme
- Oberschwingungsströme
- Gleichstromanteile in Wechselströmen
- hochfrequente Schwingungen
- Ableitströme gegen Erde
- Notwendigkeit zusätzlicher Erdverbindungen
- Lastunsymmetrien
- hohe betriebsbedingte Schutzleiterströme

3.3.2 Elektromagnetische Verträglichkeit

Alle elektrischen Installationen müssen den Anforderungen zur Vermeidung schädlicher oder lästiger nichtionisierender Strahlung der NISV (SR 814 710) genügen.

 NISV, SR 814 710 Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung

3.4 Instandhaltbarkeit

Die Häufigkeit und Gründlichkeit der Instandhaltung ist durch die zuständige Stelle nach folgenden Kriterien festzulegen, damit:

- die regelmässige Kontrolle, Prüfung, Wartung und Instandsetzung, die voraussichtlich während der Lebensdauer der Anlage notwendig werden, leicht und sicher ausgeführt werden können;
- die Wirksamkeit der Schutzmassnahmen während der vorgegebenen Lebensdauer der Anlage sichergestellt ist;
- die Zuverlässigkeit der Betriebsmittel im Hinblick auf den ordnungsgemässen Betrieb der Anlage über die vorgegebene Lebensdauer angemessen ist.

3.5 Stromversorgung für Sicherheitszwecke

3.5.1 Allgemeines

Die Stromversorgung für Sicherheitszwecke soll eine Gefährdung von Personen dann ausschliessen, wenn die normale Stromversorgung ausfällt.

Die Beleuchtung für Sicherheitszwecke und die Sicherheitskennzeichnung von Fluchtwegen und Ausgängen hilft beispielsweise im Brandfall, Personen zu retten und Panik zu vermeiden.

Schliesslich verhindert sie Arbeitsunfälle in gewissen Produktionsanlagen wie Kraftwerken, andern elektrischen Betriebsräumen, Tiefkühllagern, Hochregallagern oder Raffinerien.

Aus dieser Zielsetzung folgt, dass die Stromversorgung für Sicherheitszwecke nicht erst dann einsetzen darf, wenn das speisende Netz eines ganzen Gebäudes ausfällt. Sie muss vielmehr schon dann einspringen, wenn im betrachteten Raum oder beim betrachteten Energieverbraucher die normale Stromversorgung ausfällt. Bei einem Gebäudebrand, der die Evakuierung nötig macht, fällt die normale Stromversorgung in den entscheidenden ersten Minuten nie im gesamten Gebäude aus, sondern nur in einzelnen Räumen oder Geschossen.

Stromversorgungen für Sicherheitszwecke werden häufig durch Behörden geregelt.

3.5 Stromversorgung für Sicherheitszwecke

Beispiele von Stromversorgung für Sicherheitszwecke sind:

- Beleuchtung für Sicherheitskennzeichnung von Fluchtwegen und Ausgängen
- Beleuchtung für Sicherheitszwecke von Räumen, Fluchtwegen und Ausgängen
- Stromversorgung für Sicherheitszwecke anderer Energieverbraucher wie Brandmeldeanlagen, Feuerwehraufzüge, Löschwasser- und Sprinklerpumpen oder Rauch- und Wärmeabzugsanlagen (RWA)

Folgende Stromquellen sind für Sicherheitsstromversorgungen geeignet:

- Akkumulatoren
- Batterien
- Generatorsätze, unabhängig von der normalen Stromversorgung
- eine getrennte Einspeisung aus der allgemeinen Stromversorgung, die von der normalen Einspeisung aus dem Netz unabhängig ist.

3.5.2 Klassifizierung

Eine Beleuchtung für Sicherheitszwecke und Sicherheitskennzeichnung von Fluchtwegen und Ausgängen ist erforderlich in Bauten und Räumen mit starker Personenbeladung wie:

- Industrie-, Gewerbe- und Verwaltungsgebäuden
- Kinos und Theater, inkl. Projektionskabinen und Bühnenhäusern
- Konzert-, Tanz- und Versammlungslokalen
- Sporthallen mit Publikum
- Hallenbäder
- Verkaufsgeschäften mit Verkaufsfläche > 1000 m², wie Warenhäuser oder Einkaufszentren
- Ausstellungshallen
- Restaurants und Hotels
- Hallen und Bahnhöfen
- unterirdischen Fußgängerpassagen
- Tiefgaragen und Parkhäusern für mehr als 20 Motorfahrzeuge
- Spitäler und Sanatorien
- Heime und Anstalten
- Hochhäusern
- Alarmzentralen für Feuerwehr, Polizei, Sanität
- Zirkuszelten, Festzelten, Traglufthallen
- medizinisch genutzte Räume.

3.5 Stromversorgung für Sicherheitszwecke

Wenn von den zuständigen Behörden eine Stromversorgung für Sicherheitszwecke vorgeschrieben oder auf Grund anderer Bedingungen bezüglich der Räumung von Anwesen (Grundstücken und Gebäuden) im Notfall erforderlich ist oder wenn der Anlagenbesitzer eine Stromversorgung für Ersatzzwecke verlangt, so sind die charakteristischen Merkmale der Stromversorgung für Sicherheitszwecke und/oder Ersatzzwecke getrennt zu bestimmen.

Derartige Stromversorgungen müssen im Hinblick auf:

- Leistung
- Zuverlässigkeit
- Bemessungsgrößen und
- Bereitschaft für die entsprechende Funktion ausgelegt sein.

Eine Stromversorgung für Sicherheitszwecke ist entweder:

- eine nicht automatische Stromversorgung, deren Start vom Betriebspersonal ausgelöst wird, oder
- eine automatische Stromversorgung, deren Start unabhängig vom Betriebspersonal erfolgt.

Eine automatische Stromversorgung ist in Bezug auf die Umschaltzeit wie folgt klassifiziert:

- unterbrechungsfrei: eine automatische Stromversorgung, die unter festgelegten Bedingungen eine kontinuierliche Stromversorgung während des Übergangs von normaler Versorgung zur Sicherheitsstromversorgung, z.B. aufgrund von Änderungen der Spannung und Frequenz, sicherstellt;
- sehr kurze Unterbrechungszeit: eine automatische Stromversorgung, die innerhalb von 0,15 s verfügbar ist;
- kurze Unterbrechungszeit: eine automatische Stromversorgung, die innerhalb von 0,5 s verfügbar ist;
- mittlere Unterbrechungszeit: eine automatische Stromversorgung, die innerhalb von 15 s verfügbar ist;
- lange Unterbrechungszeit: eine automatische Stromversorgung, die erst nach mehr als 15 s verfügbar ist.

3.6 Verfügbarkeit der Versorgung

Es muss für jeden Stromkreis beurteilt werden, ob sein Betrieb im Notfall aufrechterhalten sein muss. Folgende Kriterien müssen beachtet werden:

- Auswahl der Schutzeinrichtung zur Sicherstellung von Selektivität;
- Zahl der Stromkreise;
- Mehrfacheinspeisungen;
- Verwendung von Überwachungseinrichtungen.

4 Schutzmassnahmen

Teil 4 enthält die Bestimmungen für den Schutz von Personen, Nutztieren und Sachwerten.

Die Schutzmassnahmen können sich auf eine ganze Anlage, einen Teil einer solchen oder ein einziges Betriebsmittel erstrecken.

Die Reihenfolge, in der die Schutzmassnahmen aufgeführt sind, sagt nichts aus über ihre Bedeutung.

Teil 4

- 4.1 *Schutz gegen elektrischen Schlag*
- 4.2 *Schutz gegen thermische Einflüsse*
- 4.3 *Überstromschutz*
- 4.4 *Schutz bei Überspannungen*
- 4.5 *Schutz gegen Unterspannung*
- 4.6 *Trennen und Schalten*

4.1 Schutz gegen elektrischen Schlag

Kapitel 4.1

- 4.1.0 Einleitung
- 4.1.0.1 Anwendungsbereich
- 4.1.0.3 Allgemeine Anforderungen
- 4.1.1 Schutzmassnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung
 - 4.1.1.1 Allgemeines
 - 4.1.1.2 Anforderungen an den Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren)
 - 4.1.A.2 Abdeckungen oder Umhüllungen
 - E4.1.A.2 Erdung
 - 4.1.1.3 Anforderungen an den Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren)
 - E4.1.1.3 Schutz-Potenzialausgleich
 - 4.1.1.4 System TN
 - 4.1.2 Schutzmassnahme:
 - Doppelte oder verstärkte Isolierung (Sonderisolierung)
 - Allgemeines
 - 4.1.2.2 Anforderungen an den Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren) und Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren)
 - 4.1.3 Schutzmassnahme: Schutztrennung
 - Allgemeines
 - 4.1.3.1 Schutzmassnahme: Schutz durch Kleinspannung SELV oder PELV
 - 4.1.4.1 Allgemeines
 - 4.1.4.2 Anforderungen an den Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren) und den Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren)
 - 4.1.4.3 Stromquellen für SELV und PELV
 - 4.1.4.4 Anforderungen an SELV- und PELV-Stromkreise
 - 4.1.5 Zusätzlicher Schutz
 - 4.1.5.1 Zusätzlicher Schutz: Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)
 - 4.1.5.2 Zusätzlicher Schutzpotenzialausgleich

4.1.0 Einleitung

4.1.0.1 Anwendungsbereich

Dieses Kapitel enthält die wesentlichen Anforderungen für den Schutz gegen elektrischen Schlag von Personen und Nutztieren.

Tabelle 4.1.0.1.1 Typische Werte im System TN

Kenngrösse	System TN												
Impedanz der Fehlerschleife Z_s (Erfahrungswerte)	einige 10 mΩ bis ca. 2 Ω												
Fehlerstrom	ca. 110 A bis 6'000 A												
Berührungsspannung I_T	80 V bis 115 V												
Berührungsstrom I_T $I_T = \frac{U_T}{1000\Omega}$ 1000 gilt als Richtwert der Körperimpedanz bei Hand-Fuss-Durchströmung	80 mA bis 115 mA												
Maximale Abschaltzeit t_A für Endstromkreise ≤ 32 A gem. Tabelle 4.1.1.3.2.2.1	0.4 s												
Abschaltströme I_a von Überstrom-Schutzeinrichtungen zur Sicherstellung der geforderten Abschaltzeit t_A	$I_a = \frac{230V}{Z_s}$ <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>I_a</th> <th>t_a</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>— LS Typ «B»</td> <td>$\geq 5 I_{\Delta N}$</td> <td>< 0.1 s</td> </tr> <tr> <td>— LS Typ «C»</td> <td>$\geq 10 I_{\Delta N}$</td> <td>< 0.1 s</td> </tr> <tr> <td>— GL/gG</td> <td>$\approx 10 I_n$</td> <td>< 0.4 s</td> </tr> </tbody> </table>		I_a	t_a	— LS Typ «B»	$\geq 5 I_{\Delta N}$	< 0.1 s	— LS Typ «C»	$\geq 10 I_{\Delta N}$	< 0.1 s	— GL/gG	$\approx 10 I_n$	< 0.4 s
	I_a	t_a											
— LS Typ «B»	$\geq 5 I_{\Delta N}$	< 0.1 s											
— LS Typ «C»	$\geq 10 I_{\Delta N}$	< 0.1 s											
— GL/gG	$\approx 10 I_n$	< 0.4 s											
Abschaltströme I_a von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen zur Sicherstellung der geforderten Abschaltzeit t_A	<table border="1"> <thead> <tr> <th>RCD</th> <th>I_a</th> <th>t_a</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RCD allgemein</td> <td>$> 5 I_{\Delta N}$</td> <td>$\leq 0,04$ s</td> </tr> <tr> <td>RCD selektiv [S]</td> <td>$> 5 I_{\Delta N}$</td> <td>$\leq 0,15$ s</td> </tr> </tbody> </table>	RCD	I_a	t_a	RCD allgemein	$> 5 I_{\Delta N}$	$\leq 0,04$ s	RCD selektiv [S]	$> 5 I_{\Delta N}$	$\leq 0,15$ s			
RCD	I_a	t_a											
RCD allgemein	$> 5 I_{\Delta N}$	$\leq 0,04$ s											
RCD selektiv [S]	$> 5 I_{\Delta N}$	$\leq 0,15$ s											

4.1.0.3 Allgemeine Anforderungen

- .1 Für Wechselspannungen gelten Effektivwerte, z.B. 230 V.
- .2 Eine Schutzmassnahme muss bestehen aus:
 - einer geeigneten Kombination von zwei unabhängigen Schutzvorkehrungen, nämlich einer Basisschutzvorkehrung (Schutz gegen direktes Berühren) und einer Fehlerschutzvorkehrung (Schutz bei indirektem Berühren), oder
 - einer verstärkten Schutzvorkehrung, die den Basis-schutz (Schutz gegen direktes Berühren) und den Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren) bewirkt. (verstärkte oder doppelte Isolierung)

Ein zusätzlicher Schutz wird gefordert:

- bei besonderen Räumen und Anwendungen
- unter bestimmten äusseren Einflüssen
- bei freizügig verwendbaren Steckdosen

*7 Zusatzbestimmungen für Räume, Bereiche und Anlagen
besonderer Art*

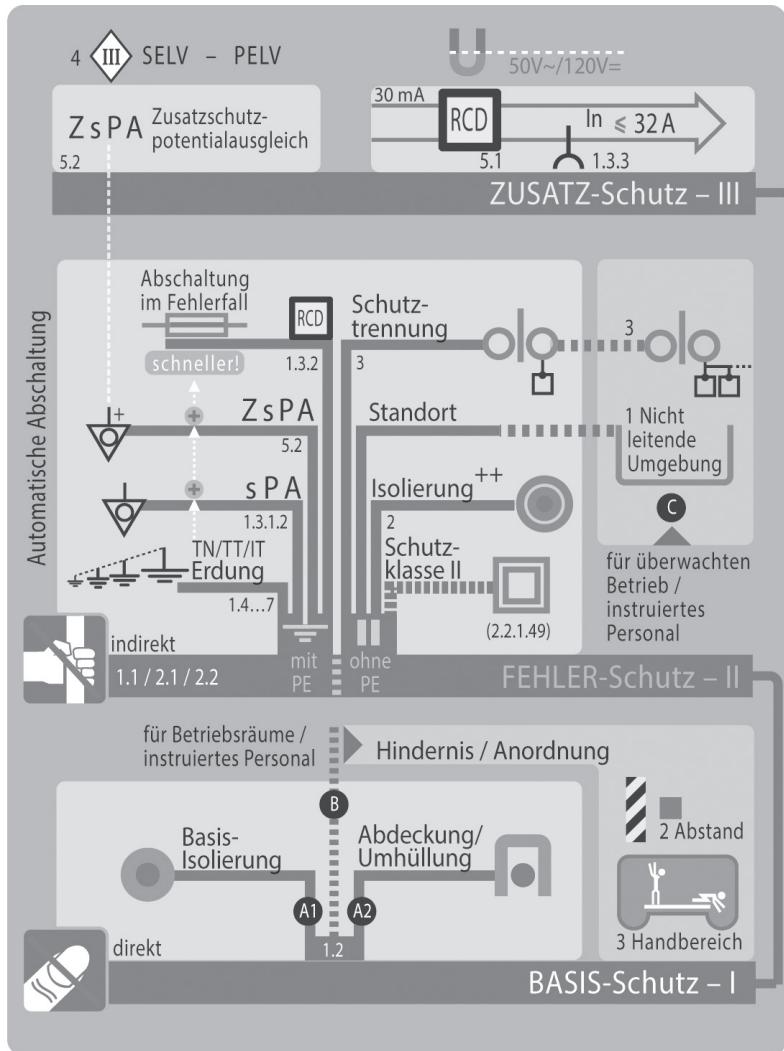
- .3 In jedem Teil einer Anlage muss eine und dürfen mehrere Schutzmassnahmen angewendet werden. Die Schutzmassnahmen können sich auf eine ganze Anlage, einen Teil der Anlage oder ein einziges Betriebsmittel beziehen.

Die folgenden Schutzmassnahmen sind erlaubt:

- Schutz durch automatische Abschaltung der Stromver-sorgung;
- Schutz durch doppelte oder verstärkte Isolierung;
- Schutz durch Schutztrennung für die Versorgung eines einzelnen Verbrauchsmittels
- Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV

4.1 Schutz gegen elektrischen Schlag

Bild 4.1.0.3.3.1 Schutz gegen elektrischen Schlag



Am häufigsten wird der Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung angewendet.

Für Anlagen oder Stromkreise wie:

- aufwändige länger dauernde Produktionsabläufe in Anlagen:
 - mit galvanischen oder chemischen Prozessen,
 - mit Pasteurisievorgängen,

4.1 Schutz gegen elektrischen Schlag

- mit Füllpressen,
- für die Betonaufbereitung,
- Beleuchtung von Baustellenabschrankungen
- Baugrubenentwässerungen

deren unvorhergesehene Unterbrechung eine Gefahr für Lebewesen oder Sachen darstellt, wird empfohlen, auf automatisches Abschalten der Stromversorgung als Schutzmaßnahme zu verzichten, insbesondere derjenigen mit RCDs.

In diesen Fällen muss der Schutz gegen elektrischen Schlag durch eine oder mehrere der folgenden Schutzmaßnahmen sichergestellt sein:

- Schutztrennung
- Kleinspannung SELV oder PELV
- doppelte oder verstärkte Isolierung
- Festanschlüsse anstelle von Steckvorrichtungen oder
- der Schutz mit RCD, welche das Auftreten von Fehlerströmen nur signalisiert, die Installation aber nicht abschaltet (RCM). Diese Maßnahme ist nur zulässig, wenn der Bemessungsdifferenzstrom des RCD $I_{\Delta n} \leq 300 \text{ mA}$ ist. In diesem Fall muss sichergestellt sein, dass die Signalisierung an eine während des Betriebes besetzten Stelle erfolgt, wobei das Bedienungspersonal entsprechend instruiert sein muss (BA4).

Um wichtige, bestimmte Funktionen aufrecht zu erhalten, werden Ersatzstromversorgungen/Sicherheitsstromversorgungen eingesetzt.

- .4 Für spezielle Räume, Bereiche und Anlagen besonderer Art müssen die besonderen Schutzmaßnahmen gemäss Teil 7 angewendet werden.

7 Zusatzbestimmungen für Räume, Bereiche und Anlagen besonderer Art

- .5 Die beiden Schutzvorkehrungen «Schutz durch Hindernisse» und «Schutz durch Anordnung ausserhalb des Handbereichs» dürfen nur in Anlagen angewendet werden, die ausschliesslich zugänglich sind für
- Elektrofachkräfte (BA5) oder elektrotechnisch unterwiesene Personen (BA4) oder

4.1 Schutz gegen elektrischen Schlag

- Personen, die von Elektrofachkräften (BA5) oder elektrotechnisch unterwiesenen Personen (BA4) beaufsichtigt werden.
- .6 Die Schutzmassnahmen:
- Schutz durch nicht leitende Umgebung,
 - Schutz durch erdfreien örtlichen Schutz-Potenzialausgleich,
 - Schutz durch Schutztrennung für die Versorgung von mehr als einem Verbrauchsmittel
- dürfen nur angewendet werden, wenn die Anlage durch Elektrofachkräfte (BA5) oder elektrotechnisch unterwiesene Personen (BA4) überwacht wird, so dass keine unbefugte Änderungen vorgenommen werden können.
- .7 Wenn bestimmte Schutzmassnahmen nicht erfüllt werden können, müssen ergänzende Vorkehrungen angewendet werden, dass diese zusammen mit den Schutzvorkehrungen denselben Grad an Sicherheit bewirken.
- .9 Vorkehrungen für den Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren) dürfen bei den folgenden Betriebsmitteln entfallen:
- Körper, die auf Grund ihrer kleinen Abmessungen (ungefähr 50 mm x 50 mm) wie z.B. Typschilder, Kabelverschraubungen und Kabelbefestigungen, die nur mit Schwierigkeiten mit einem Schutzleiter verbunden werden können.
 - Metallrohre oder andere Metallgehäuse, die Betriebsmittel mit doppelter oder verstärkter Isolierung (**[NIN 4.1.2]**) schützen. Werden in einem Metallrohr einfach isolierte Aderleitungen (Basisisolierung) verlegt, sind die Metallrohre in die Vorkehrungen für den Fehlerschutz einzubeziehen (mit dem Schutzleiter zu verbinden).

4.1.1 Schutzmassnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung

4.1.1.1 Allgemeines

Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung ist eine Schutzmassnahme, bei der:

- der Basischutz (Schutz gegen direktes Berühren) vorgesehen ist durch eine Basisisolierung der aktiven Teile oder durch Abdeckung oder Umhüllungen.
und

4.1 Schutz gegen elektrischen Schlag

- der Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren) vorgesehen ist durch Schutz-Potenzialausgleich über die Haupterdungsschiene und automatische Abschaltung im Fehlerfall.

Wo gefordert, ist ein zusätzlicher Schutz durch RCD mit einem Bemessungsdifferenzstrom $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ vorzusehen.

4.1.1.2 Anforderungen an den Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren)

Alle elektrischen Betriebsmittel müssen mit einer Vorkehrung für den Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren) versehen sein.

4.1.A.2 Abdeckungen oder Umhüllungen

- .1 Diese müssen so beschaffen und angeordnet sein, dass sie mindestens der Schutzart IP 2X oder IP XXB entsprechen.

Ausgenommen sind Öffnungen, die beim Auswechseln von z.B. Lampen und Sicherungen entstehen können.

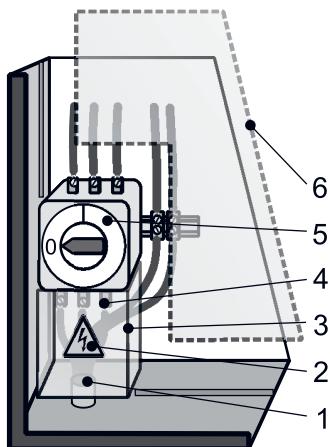
Wo gemäss Gerätenormen für den ordnungsgemässen Betrieb eines Betriebsmittels grössere Öffnungen erforderlich sind, müssen Vorkehrungen getroffen werden, die verhindern, dass Personen oder Nutztiere unbeabsichtigt mit aktiven Teilen in Berührung kommen.

5.1.1.1.4 Tabelle Beispiele für IP-Bezeichnungen

- .2 Leicht zugängliche horizontale Deckflächen von Abdeckungen oder Umhüllungen müssen mindestens der Schutzart IP 4X oder IP XXD entsprechen.
- .3 Abdeckungen und Umhüllungen müssen eine ausreichende Festigkeit und Haltbarkeit aufweisen. Sie sind sicher zu befestigen und müssen einen ausreichenden Abstand gegenüber den zu schützenden Teilen gewährleisten.
- .4 In Fällen, in denen Abdeckungen entfernt, Umhüllungen geöffnet oder Teile von Umhüllungen abgenommen werden müssen, darf dies nur möglich sein
 - mit Hilfe eines Schlüssels bzw. Werkzeuges oder
 - nach Abschalten der Spannung an allen aktiven Teilen, gegenüber denen die Abdeckungen oder Umhüllungen

4.1 Schutz gegen elektrischen Schlag

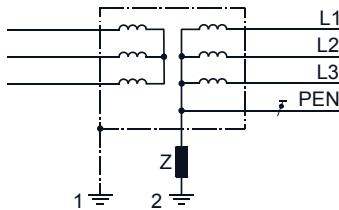
- als Schutz dienen; eine Wiedereinschaltung darf erst möglich sein, wenn die Abdeckungen oder Umhüllungen sich wieder angebracht ist,
oder
- wenn eine Zwischenabdeckung mindestens in Schutzart IP 2X oder IP X XB ein Berühren aktiver Teile verhindert und diese Zwischenabdeckung sich nur mittels eines Schlüssels bzw. Werkzeuges entfernen lässt.

Bild 4.1.A.2.4.1 Zwischenabdeckung**Legende**

- | | |
|---|---|
| 1 | Einspeisung |
| 2 | Warnschild, angebracht auf der zusätzlichen Abdeckung, die vor der Gefahr durch Berührung spannungsführender Teile warnt. |
| 3 | zusätzlich Abdeckung über Teile die auch nach Abschaltung weiter spannungsführend bleiben |
| 4 | blanke, spannungsführende Teile |
| 5 | Trenn- oder Schaltvorrichtung |
| 6 | allgemeine Abdeckung der SK |

E4.1.A.2 Erdung

Bild E4.1.A.2.1 Erdungen



Legende

- 1 Schutzerdung
- 2 Erdung an der Stromquelle
- Z > 0 mittelbare Erdung
- Z = 0 unmittelbare Erdung

Unter Erdung versteht man die Verbindung eines Punktes des Betriebsstromkreises oder eines Körpers mit der Erde gemäss Bild E4.1.A.2.1. Man unterscheidet die

- *Erdung an der Stromquelle*, die aus betrieblichen Gründen notwendig ist, zum Beispiel den Sternpunkt des Niederspannungsnetzes, bzw. den PEN-Leiter. Hier wird wiederum unterschieden zwischen
 - *unmittelbarer Erdung*, das heisst direkt, ohne weitere Widerstände zwischen zu erdendem Punkt und Erder. Dies ist der Normalfall.
 - *mittelbarer Erdung*, wo zwischen zu erdendem Punkt und Erder eine Impedanz geschaltet wird. Ein allfälliger Fehlerstrom wird dadurch begrenzt.
- *Schutzerdung*, die zu Schutzzwecken errichtet wird. Dies ist die Erdung eines nicht zum Betriebsstromkreis gehörenden leitfähigen Teils zum Schutze von Personen gegen zu hohe Berührungsspannungen.

Grundsätzlich ist es zulässig und möglich, dass ein Erder beide Aufgaben übernehmen kann. Erder für Starkstromanlagen dürfen auch für Schwachstromanlagen verwendet werden.

Weitere Erder sind:

- Funktionserdung für funktionelle Zwecke, dient nicht der Sicherheit.
- Betriebserdung eines Netzes (Netzbetriebserdung), dient als Schutz- und Funktionserdung in einem Elektrizitätsversorgungsnetz.

4.1 Schutz gegen elektrischen Schlag

Als Erder dürfen verwendet werden:

5.4.2.2 Erder

- *Staberder*, sie werden senkrecht oder schräg bis in grössere Tiefen des Erdreichs getrieben
- *Banderder*, die ≤ 70 cm von dauernd feuchtem Erdreich überdeckt sind.
- *Fundamenteerde*, die in das Fundament von Gebäuden eingebaut werden. Ein Fundamenteerde muss das ganze Gebäude als geschlossenen Ring umschließen.

*SEV 4113 Leitsätze Fundamenteerde
SEV 4022 Blitzschutzsysteme*

- *Andere geeignete im Erdreich eingebettete Konstruktionsteile*, z. B. Spundwände oder Bleimäntel und andere metallene Umhüllungen von Kabeln, bei welchen eine umfangreiche Korrosion unwahrscheinlich ist, dürfen als Erder verwendet werden. Voraussetzung ist, dass der Besitzer und Betreiber der Kabel damit einverstanden ist.

Metallene Wasserleitungen dürfen als Erder nicht verwendet werden.

5.4.2.2.6 Rohrleitungen aus Metall

Die Netzbetreiberin entscheidet im Einzelfall, welche Art von Erder anzuwenden ist.

4.1.1.3 Anforderungen an den Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren)**4.1.1.3.1 Schutzerdung und Schutz-Potenzialausgleich****4.1.1.3.1.1 Schutzerdung (Erdung zu Schutzzwecken)**

Der Begriff «Schutzerdung» ist nicht die alte Schutzmassnahme «Schutzerdung» (System TT) gemeint, sondern eine «Erdungsanlage für Schutzzwecke».

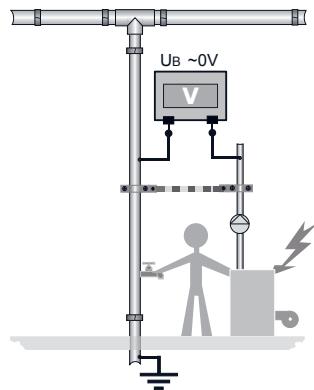
In jedem Stromkreis muss ein Schutzleiter vorhanden sein, der geerdet ist.

5.4 Erdung und Schutzleiter

Gleichzeitig berührbare Körper müssen mit demselben Erdungssystem einzeln, in Gruppen oder gemeinsam verbunden werden.

E4.1.1.3 Schutz-Potenzialausgleich

Bild E4.1.1.3.1 Schutz-Potenzialausgleich



Der Schutz-Potenzialausgleich (Bild E4.1.1.3.1) ist eine elektrische Verbindung, die Körper von Betriebsmitteln und fremde leitfähige Teile auf gleiches oder annähernd gleiches Potenzial bringt. Man unterscheidet

- **Schutz-Potenzialausgleich:** In jedem Gebäude muss ein Schutz-Potenzialausgleich mindestens die folgenden leitfähigen Teile miteinander verbinden:

4.1.1.3.1.2 Schutz-Potenzialausgleich

- die Hauptleitungen von Wasser und Gas
- andere metallene Rohrsysteme, z. B. Steigleitungen zentraler Heizungs- und Klamaanlagen
- Haupterdungsleiter, Haupterdungsschiene
- PEN-Leiter der Anschlussleitung
- Hauptschutzleiter (PE)
- metallene Verstärkungen oder Bewehrungen der Gebäudekonstruktion soweit möglich
- das Blitzschutzsystem

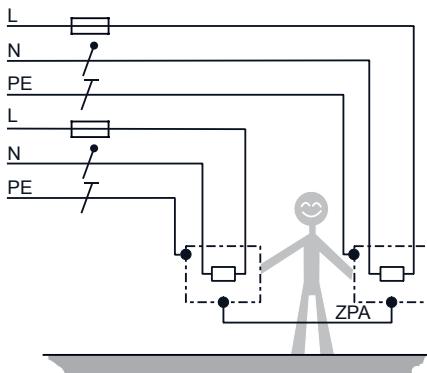
4.1 Schutz gegen elektrischen Schlag

- Von ausserhalb des Gebäudes kommende leitfähige Teile müssen so nahe wie möglich an ihrem Eingangspunkt in das Gebäude miteinander verbunden werden. Metallische Umhüllungen von Fernmeldeleitungen müssen in den Schutz-Potenzialausgleich einbezogen werden.
- Funktions-Potenzialausgleich: aus betrieblichen Gründen, aber nicht zur Sicherheit
- **Zusätzlicher Schutz-Potenzialausgleich:** Ein zusätzlicher Schutz-Potenzialausgleich (Bild E4.1.1.3.2) wird für einige Räume, Bereiche und Anlagen gefordert, wenn die Bedingungen für das automatische Abschalten (0.4 s bzw. 5 s) nicht eingehalten werden können. In der betroffenen Anlage, oder einem Teil davon, sind alle festinstallierten Betriebsmittel, die gleichzeitig berührbare leitfähige Teile aufweisen, durch einen zusätzlichen Schutz-Potenzialausgleichsleiter miteinander zu verbinden.

5.4.4.2.1 Zusätzlicher Schutz-Potenzialausgleich

7.05.4.1.5 Zusätzlicher Schutz (Landwirtschaftliche Betriebssättten)

Bild E4.1.1.3.2 Zusätzlicher Schutz-Potenzialausgleich



4.1.1.3.2 Schutz-Potenzialausgleich

5.4.4 Schutz-Potenzialausgleichsleiter

4.1 Schutz gegen elektrischen Schlag

Die Wirksamkeit des zusätzlichen Schutz-Potenzialausgleichs muss dadurch nachgewiesen werden, dass der Widerstand R zwischen gleichzeitig berührbaren Körpern und fremden leitfähigen Teilen die folgende Bedingung erfüllt:

$$R \leq \frac{50 \text{ V}}{I_a}$$

- Ia Strom, der das Abschalten der Schutzeinrichtung bewirkt:
- für Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen I_{A_n}
 - für Überstrom-Schutzeinrichtung der Strom, der eine Abschaltung innerhalb von 0,4 s bewirkt

4.1.1.3.1.2 Schutz-Potenzialausgleich (Hauptpotenzialausgleich)

In jedem Gebäude müssen der Erdungsleiter und die folgenden leitfähigen Teile über die Haupterdungsschiene zum Schutz-Potenzialausgleich verbunden werden:

- metallene Rohrleitungen von Versorgungssystemen, die in Gebäude eingeführt sind, z. B. Gas, Wasser;
- fremde leitfähige Teile der Gebäudekonstruktion, sofern im üblichen Gebrauchszustand berührbar;
- metallene Zentralheizungs- und Klimagesysteme;
- metallene Verstärkungen von Gebäudekonstruktionen aus bewehrtem Beton (Bewehrungsstäbe), soweit dies möglich und sicherheitsrelevant ist.
- die Blitzschutzanlage

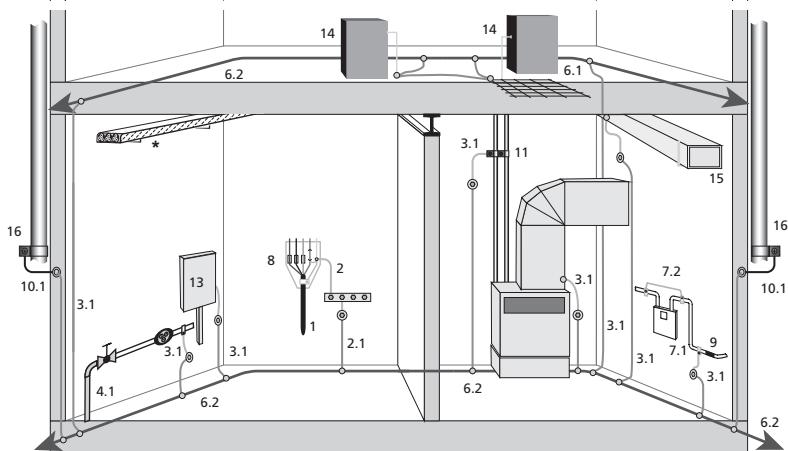
Wenn leitfähige Teile ihren Ausgangspunkt ausserhalb des Gebäudes haben (fremde leitfähige Teile), müssen sie so nahe wie möglich an ihrer Eintrittsstelle innerhalb des Gebäudes miteinander verbunden werden.

Zur Verbesserung der EMV werden Kabeltragsysteme in den Funktions-Potenzialausgleich einbezogen.

Metallmäntel von Fernmeldekabeln müssen – unter Berücksichtigung der Anforderungen der Besitzer oder Betreiber dieser Kabel – mit dem Schutz-Potenzialausgleich verbunden werden.

4.1 Schutz gegen elektrischen Schlag

Bild 4.1.1.3.1.2.1 Was muss in den Schutz-Potenzialausgleich einbezogen werden?

**Legende**

- 1 Anschlussleitung
- 2 Erdungsleiter
- 2.1 Erder
- 3.1 Schutz-Potenzialausgleichsleiter
- 4.1 Nichtleitende Ortswasserleitung
- 6.1 Bewehrungsstahl im Beton als Fundamenterder (SEV 4113)
- 6.2 Spezieller Leiter im Beton als Fundamenterder
- 7.1 Ortsgasleitung leitend und durchverbunden
- 7.2 Überbrückung Gaszähler
- 8 Anschlussüberstromunterbrecher
- 9 Isolierstück
- 10.1 Erder für Blitzschutzanlage siehe 6.2 in Legende
- 11 Heizungsleitungen
- 13 Erdungsleitungen für Telekommunikationsanlagen
- 14 Einrichtungen der IT
- 15 Lüftungen
- 16 Ableitungen (Dachwasserfallrohre)
- * Kabeltragsysteme können zur Verbesserung der EMV in den Funktions-Potenzialausgleich einbezogen werden.

4.1 Schutz gegen elektrischen Schlag

4.1.1.3.2 Automatische Abschaltung im Fehlerfall

- .1 Im Falle eines Kurzschlusses muss eine Schutzeinrichtung innerhalb der in der Tabelle 4.1.3.2.2.1 geforderten Abschaltzeit die Stromversorgung für den Aussenleiter eines Stromkreises oder für ein Betriebsmittel automatisch unterbrechen. Ein solcher Fehler (Kurzschluss) kann auftreten zwischen einem Aussenleiter und:
 - einem Körper oder
 - einem Schutzleiter
- .2 Maximal zulässige Abschaltzeiten.

Tabelle 4.1.1.3.2.2.1 Maximale Abschaltzeiten

bei U_0 230 V im System TN:	Abschaltzeit in s
Endstromkreise ≤ 32 A	0.4
Stromkreise > 32 A	5 s
Verteilungsstromkreise	5 s

- .6 Wenn die geforderten Abschaltzeiten nicht eingehalten werden können, muss ein zusätzlicher Schutz-Potenzialausgleich vorgesehen werden.

4.1.5.2 Zusätzlicher Schutzpotenzialausgleich**4.1.1.3.3 Zusätzlicher Schutz**

Für Steckdosen mit einem Bemessungsstrom ≤ 32 A, die zur freizügigen Verwendung bestimmt sind, muss ein zusätzlicher Schutz durch RCDs $I_{\Delta n} \leq 30$ mA nach angewendet werden.

4.1.5.1 Fehlerstrom-Schutzeinrichtung**Freizügig verwendbare Steckvorrichtungen****5.3.10.4 Zugänglichkeit von Steckvorrichtungen**

4.1.1.4 System TN

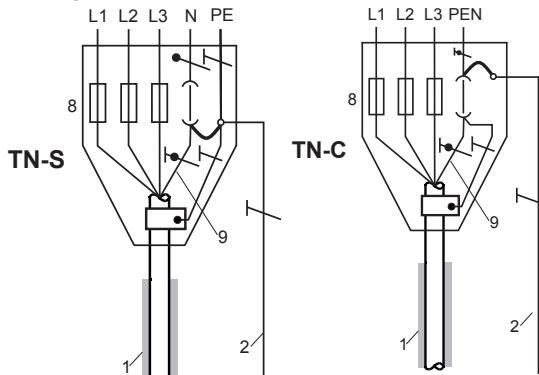
- .1 Im System TN ist die Erdung der elektrischen Anlage von der zuverlässigen und wirksamen Verbindung des PEN-Leiters (PE) mit Erde abhängig.

Ausserhalb der elektrischen Anlage liegt die Erdung des PEN-Leiters in der Verantwortlichkeit der Netzbetreiberin.

Der PEN-Leiter ist im Netz mehrfach an Erde gelegt. Damit wird das Risiko bei einer Unterbrechung klein.

Schutzleiter oder PEN-Leiter sind an der Übergangsstelle (Bild 4.1.1.4.1.1) zwischen der Anschlussleitung und der Installation zu erden.

Bild 4.1.1.4.1.1 Varianten für den Anschluss des Erdungsleiters



Legende

- 1 Anschlussleitung
- 2 Erdungsleiter
- 8 Anschlussüberstromunterbrecher
- 9 PEN-Leiter der Anschlussleitung

- .3 In fest installierten Anlagen darf ein PEN-Leiter verlegt werden, vorausgesetzt, die Bestimmungen von 5.4.3.4 sind erfüllt ($A \geq 10 \text{ mm}^2$). In den PEN-Leiter darf, ausser beim Anschlussüberstromunterbrecher, keine Schalt- oder Trenneinrichtung eingesetzt werden.

5.4.3.4 PEN-Leiter

4.1 Schutz gegen elektrischen Schlag

Beim Anschlussüberstromunterbrecher muss eine Trenneinrichtung in den PEN-Leiter eingebaut werden.

Die getrennte Verlegung von Neutral- (N) und Schutzleitern (PE) bringt grosse Vorteile gegenüber dem Verlegen von PEN-Leitern.

Das Verlegen von PEN-Leitern (TN-C) bringt folgende Nachteile mit sich:

- bei einem PEN-Leiterunterbruch gelangen, ohne weiteren Fehler, Körper unter Spannung
- verhindert den Einsatz von RCD
- die Isolationsmessung aller aktiven Leiter wird stark erschwert
- schlechte elektromagnetische Verträglichkeit EMV
- betriebsmässige Ströme über leitfähige Gebäudeteile

- .4 Die Kennwerte der Schutzeinrichtungen und die Impedanz der Fehlerschleife müssen die folgende Anforderung erfüllen:

$$Z_s = \frac{U_n}{I_a}$$

Dabei ist

Z_s die Impedanz der Fehlerschleife,
bestehend aus:

- der Stromquelle;
- dem Außenleiter bis zum Fehlerort;
- dem Schutzleiter zwischen dem Fehlerort und der Stromquelle;

I_a der Strom, der das automatische Abschalten der Abschaltseinrichtung innerhalb der geforderten Abschaltzeit bewirkt.
Wenn eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) verwendet wird, ist dieser Strom der Fehlerstrom, der die Abschaltung innerhalb der geforderten Zeit (0.4 / 5 s) bewirkt;

U_0 die Bemessungswechselspannung oder
Bemessungsgleichspannung Außenleiter gegen Erde.

Werden Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen verwendet, sind die geforderten Abschaltzeiten einzuhalten – dies gilt auch für Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen Typ S.

5.3.6.2 Koordination von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen

4.1 Schutz gegen elektrischen Schlag

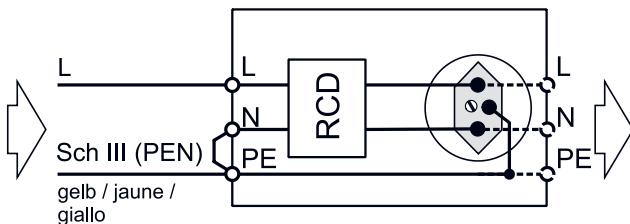
- .5 Für den Fehlerschutz dürfen folgende Schutzeinrichtungen verwendet werden:

- Überstrom-Schutzeinrichtungen;
- Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs).

Im System TN-C dürfen RCDs nicht verwendet werden.

In alten Installationen Nullung Sch III (TN-C) dürfen Steckdosen mit eingebauten RCDs eingesetzt werden (Bild 4.1.1.4.5.1). Die Aufteilung des PEN-Leiters in Schutzleiter und Neutralleiter erfolgt auf der Versorgungsseite des eingebauten RCD.

Bild 4.1.1.4.5.1 Steckdose mit eingebautem RCD



4.1.2 Schutzmassnahme: Doppelte oder verstärkte Isolierung (Sonderisolierung)

4.1.2.1 Allgemeines

- .1 Doppelte oder verstärkte Isolierung ist eine Schutzmassnahme, in der:
- der Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren) durch Basisisolierung vorgesehen ist und der Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren) durch eine zusätzliche Isolierung vorgesehen ist
- oder
- der Basisschutz und Fehlerschutz durch verstärkte Isolierung zwischen aktiven Teilen und berührbaren Teilen vorgesehen ist.

4.1.2.2 Anforderungen an den Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren) und Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren)

4.1.2.2.1 Elektrische Betriebsmittel

- .1 Es dürfen nur typengeprüfte Betriebsmittel mit doppelter oder verstärkter Isolation verwendet werden. Diese Betriebsmittel sind mit (Schutzklasse II) gekennzeichnet.

4.1.2.2.4 Leitungen (Kabel- und Leitungsanlagen)

- .1 Leitungen erfüllen die Anforderungen an die doppelte oder verstärkte Isolierung, wenn:
 - die Bemessungsspannung $\geq 300/500$ V beträgt und
 - ein ausreichender mechanischer Schutz der Basisisolierung durch eine oder mehrere der folgenden Massnahmen vorgesehen ist:
 - a) nicht-metallener Mantel des Kabels oder
 - b) nicht-metallene geschlossene oder zu öffnende Installationskanäle oder nicht-metallene Elektroinstallationsrohre.

Die Normen für Leitungen gehen davon aus, dass die Anforderungen für verstärkte Isolierung erfüllt sind.

5.2.1.2 Bauart einer Leitung

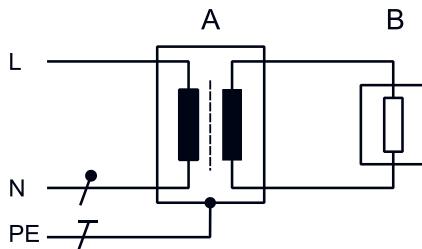
- .2 Bei Reparaturen von Leitungen mit untrennbar verbundenen Steckern (T11 oder Eurostecker T 26) dürfen auch Stecker mit Schutzkontakt (T12) verwendet werden, die mit der Leitung verschraubt sind.

4.1.3 Schutzmassnahme: Schutztrennung

4.1.3.1 Allgemeines

- .1 Schutztrennung ist eine Schutzmassnahme mit einer Betriebsspannung ≤ 500 V, bei der:
 - der Basisschutz durch Abdeckungen oder Umhüllungen und
 - der Fehlerschutz durch einfache Trennung des Stromkreises von anderen Stromkreisen und von Erde erreicht wird.

Bild 4.1.3.1.1.1 Schutztrennung – Speisung eines Verbrauchsmittels



Legende

- A Stromquelle mit einfacher Trennung (Basisisolierung zwischen Primär- und Sekundärwicklung)
- B Verbrauchsmittel mit Basisisolierung

- .2 Diese Schutzmassnahme beschränkt sich auf ein einzelnes ungeerdetes Verbrauchsmittel.
- .3 Wird mehr als ein Verbrauchsmittel über dieselbe ungeerdete Stromquelle versorgt, müssen deren Körper durch ungeerdete isolierte Potenzialausgleichsleiter verbunden werden. Solche Leiter dürfen nicht mit den Schutzleitern, den Körpern anderer Stromkreise oder mit fremden leitfähigen Teilen verbunden werden.

Es wird empfohlen, Stromkreise mit Schutztrennung getrennt zu verlegen.

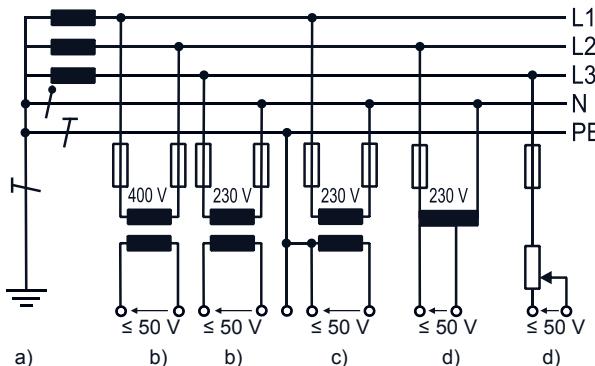
Werden Stromkreise mit Schutztrennung gemeinsam mit anderen Stromkreisen verlegt, sind mehradrige Kabel ohne Metallumhüllung oder Leitungen mit Isolierstoffrohren zu verwenden. Ihre Bemessungsspannung darf nicht kleiner sein als die höchste Betriebsspannung und jeder Stromkreis muss gegen Überstrom geschützt sein.

4.1.4 Schutzmassnahme: Schutz durch Kleinspannung SELV oder PELV

4.1.4.1 Allgemeines

- .1 Schutz durch Kleinspannung ist eine Schutzmassnahme, die aus
 - SELV oder
 - PELV
 besteht.

Bild 4.1.4.1.1 Kleinspannungsstromkreise SELV, PELV und FELV



Legende

- a) Erdung an der Stromquelle
- b) Stromquelle für SELV und PELV
- c) Stromquelle für PELV, unzulässig für SELV
- d) Stromquelle für FELV, unzulässig für SELV, PELV

Bei dieser Schutzmaßnahme ist gefordert:

- Begrenzung auf den Spannungsbereich I, ≤ 50 V AC oder ≤ 120 V DC und
- sichere Trennung von allen anderen Stromkreisen und
- für SELV-Systeme, Basisisolierung zwischen dem SELV-System und Erde.

4.1.4.2 Anforderungen an den Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren) und den Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren)

Der Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren) und Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren) ist erreicht, wenn:

- die Bemessungsspannung die obere Grenze des Spannungsbereichs I (≤ 50 V AC oder ≤ 120 V DC) nicht überschreiten kann;
- die Versorgung aus einer der in 4.1.4.3 aufgeführten Stromquellen erfolgt, und
- die Bedingungen von 4.1.4.4 erfüllt sind.

4.1.4.3 Stromquellen für SELV und PELV

Die folgenden Stromquellen dürfen für SELV- oder PELV-Systeme verwendet werden:

1. Sicherheitstransformatoren
2. Motorgeneratoren, die den gleichen Grad an Sicherheit erfüllt wie ein Sicherheitstransformatoren
3. Batterien oder Akkumulatoren
4. Elektronische Einrichtungen, die den gleichen Grad an Sicherheit erfüllen wie Sicherheitstransformatoren
5. Ortsveränderliche Stromquellen, z.B. Sicherheitstransformatoren oder Motorgeneratoren, diese müssen jedoch eine doppelte oder verstärkte Isolierung aufweisen

4.1.4.4 Anforderungen an SELV- und PELV-Stromkreise

.1 SELV- und PELV-Stromkreise müssen

- Basisisolierung zwischen aktiven Teilen und anderen SELV- oder PELV- Stromkreisen und
 - sichere Trennung von den aktiven Teilen anderer Stromkreise, die nicht SELV- und PELV-Stromkreise sind, durch doppelte oder verstärkte Isolierung oder durch Basisisolierung und Schutzschirmung für die höchste vorkommende Spannung.
- aufweisen.

SELV-Stromkreise müssen Basisisolierung zwischen aktiven Teilen und Erde haben.

PELV-Stromkreise und/oder Körper von Betriebsmitteln, die davon versorgt werden, dürfen geerdet werden.

.2 Leitungen von SELV und PELV-Stromkreisen müssen zu aktiven Teilen anderer Stromkreise, welche ihrerseits eine Basisisolierung aufweisen, getrennt sein durch eine der folgenden Massnahmen:

- einen nichtmetallischen Mantel
- einen geerdeten metallenen Mantel oder eine geerdete metallene Schirmung
- eine Isolierung für die höchste vorkommende Spannung
- eine räumliche Trennung

.3 Steckvorrichtungen für ELV-Systeme dürfen mit jenen anderer Stromkreise nicht kompatibel sein. Steckvorrichtungen für SELV-Stromkreise dürfen keinen Schutzleiterkontakt aufweisen.

4.1 Schutz gegen elektrischen Schlag

- .4 Körper von SELV-Stromkreisen dürfen nicht mit Erde oder mit Schutzleitern oder mit Körpern eines anderen Stromkreises verbunden werden.
- .5 Ist die Bemessungsspannung > 25 V AC oder > 60 V DC oder sind Betriebsmittel in Wasser eingetaucht, muss ein Basisschutz durch Isolierung oder Abdeckung oder Umhüllung für SELV- und PELV-Stromkreise vorgesehen werden

Bei normalen, trockenen Umgebungsbedingungen darf auf den Basisschutz verzichtet werden wenn:

- SELV-Stromkreise, ≤ 25 V AC
- PELV-Stromkreise, ≤ 25 V AC und deren Körper und/oder aktiven Teile durch einen Schutzleiter mit der Haupterdungsschiene verbunden sind.

In allen anderen Fällen des SELV- oder PELV-Systems ≤ 12 V AC ist ein Basisschutz nicht gefordert.

4.1.5 Zusätzlicher Schutz

4.1.5.1 Zusätzlicher Schutz: Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)

- .1 Das Verwenden von RCDs $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ hat sich als zusätzlicher Schutz bewährt, wenn Vorkehrungen für den Basisschutz und/oder Vorkehrungen für den Fehlerschutz versagen oder bei Sorglosigkeit durch Benutzer.

Die Anwendung von Steckdosen mit integrierter Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) als dezentraler zusätzlicher Schutz erhöht die Verfügbarkeit der gesamten elektrischen Anlage bei Betrieb von fehlerbehafteten Verbrauchsgeräten an Steckdosen erheblich. Diese Art der Installation ist deshalb in Anlagen mit geforderter hoher Verfügbarkeit besonders zu empfehlen z.B. in:

- Bettenräumen von Krankenhäusern
- öffentlich zugänglichen Garderoben- oder WC-Anlagen
- Labors und Testeinrichtungen
- öffentlich zugängliche Steckdosen

Auch bei Erweiterungen und/oder Modernisierungen bestehender Anlagen kann der zusätzliche Schutz durch Einsatz von Steckdosen mit integriertem RCD einfach realisiert werden.

4.1.5.2 Zusätzlicher Schutzzpotenzialausgleich

- .1 Ein typisches Beispiel für die Anwendung des zusätzlichen Schutz-Potenzialausgleichs ist in Bild 4.1.5.2.1.1 und .2 dargestellt.

Bild 4.1.5.2.1.1 Zusätzlicher Schutzzpotenzialausgleich zwischen zwei Körpern

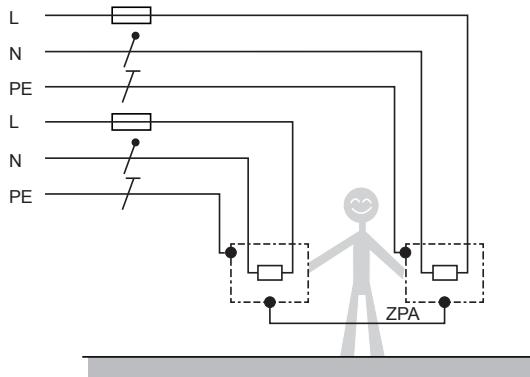
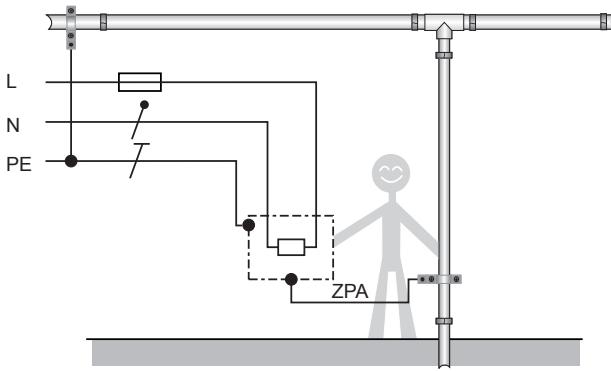


Bild 4.1.5.2.1.2 Zusätzlicher Schutzzpotenzialausgleich zwischen einem Körper und einem fremden leitfähigen Teil



4.2 Schutz gegen thermische Einflüsse

Kapitel 4.2

- E4.2 Thermische Wirkungen des elektrischen Stromes
- E4.2.1 Wärmeenergie
- E4.2.3 Wärmestrahlung
- E4.2.4 Konvektion
- E4.2.6 Elektrische Fehler als Zündquelle
- 4.2.1 Schutz gegen Brände, verursacht durch elektrische Betriebsmittel
- 4.2.2 Massnahmen bei besonderen Risiken
- 4.2.2.1 Allgemeines
- 4.2.2.2 Elektrische Anlagen in Fluchtwegen
- 4.2.2.3 Feuergefährdete Betriebsstätten
- 4.2.2.4 Räume oder Orte mit brennbaren Baustoffen
- 4.2.3 Schutz gegen Verbrennungen
- 4.2.4 Schutz gegen Überhitzung
- 4.2.4.1 Gebläse-Heizsysteme
- 4.2.4.2 Wassererwärmer oder Dampferzeuger
- 4.2.4.3 Raumheizergeräte

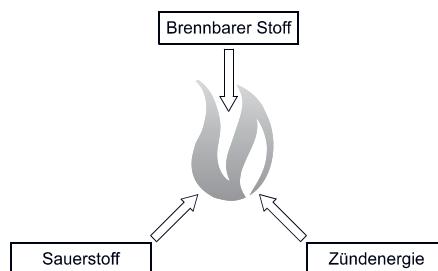
E4.2

Thermische Wirkungen des elektrischen Stromes

Brände entstehen nur, wenn drei Voraussetzungen erfüllt sind (siehe Bild E4.2.1):

1. Brennbare Stoffe mit entsprechender Zündtemperatur (200 °C bis 500 °C)
2. Zündenergie, von einer Wärmequelle mit genügender Leistung und Einwirkdauer
3. Sauerstoff in genügender Menge

Bild E4.2.1 Voraussetzungen zum Entstehen eines Brandes



E4.2.1 Wärmeenergie

Fließt elektrischer Strom I in einem Widerstand R während der Zeit t , so wird die elektrische Energie W in Wärme umgesetzt.

$$W = I^2 \cdot R \cdot t \quad [Ws = J, Wh, kWh]$$

Fließt zum Beispiel ein Kurzschlussstrom $I_k = 300\text{ A}$ während $t = 1\text{ s}$ in einem 50 m langen Kupferdraht von 1.5 mm^2 , so wird während dieser Zeit eine Wärmeenergie freigesetzt von $W = 52.5\text{ kJ}$. Nimmt man an, dass sich der Draht während der Stromflusszeit von $t = 1\text{ s}$ praktisch nicht abkühlt, so wird er um rund 200 K erwärmt!

Gemäß NIN sind für PVC-isolierte Kupferleiter aber nur maximale Leitertemperaturen von $70\text{ }^\circ\text{C}$, basierend auf einer Umgebungstemperatur von $30\text{ }^\circ\text{C}$, erlaubt. Die Abschaltzeit für den obigen Leiter müsste daher wesentlich kürzer sein.

5.2.3.1.1.4 Höchstzulässige Betriebstemperaturen

Die maximale Abschaltzeit wird bestimmt durch die Zeit, in ein Kurzschlussstrom die Leiter von der höchstzulässigen Temperatur im Normalbetrieb bis zur Grenztemperatur erwärmt. Bei Kurzschlüssen, die $\leq 5\text{ s}$ andauern, kann diese gemäß NIN in erster Näherung durch die nachstehende Formel berechnet werden:

4.3.4.5 Schutzeinrichtungen zum Schutz bei Kurzschluss

$$\text{Abschaltzeit } t = \left(k \frac{S}{I_k} \right)^2$$

t maximale Abschaltzeit in Sekunden
 S Querschnitt des Leiters in mm^2
 I_k Kurzschlussstrom in Ampère
 k Faktor, welcher die maximal zulässige LeiterTemperatur, die spez. Wärme und den spez. Widerstand des Leitermaterials berücksichtigt.
 Die Einheit von k ist $A \cdot s^{1/2} \cdot \text{mm}^2$. Werte für k :
 $k = 115$ für PVC-isolierte Leiter aus Kupfer
 $k = 74$ für PVC-isolierte Leiter aus Aluminium

4.2 Schutz gegen thermische Einflüsse

Setzt man obiges Beispiel in die Formel für die Abschaltzeit ein, erhält man $t = 0.33$ s. Innerhalb dieser Zeit müsste ein Schutzeinrichtung den Stromkreis unterbrechen.

Im Zusammenhang mit Überstrom-Schutzeinrichtungen spricht man oft vom Wärmewert oder von der

4.3.4.5 Schutzeinrichtungen zum Schutz bei Kurzschluss

- *Durchlassenergie $I^2 \cdot t$* : Einheit: $A^2 \cdot s$. Die Durchlassenergie bezeichnet die Energie, die bei einem Kurzschluss durch den Leiter fliesst, bevor der Strom unterbrochen wird. Die Stromwärme, die beim Schmelzen eines Schmelzeinsatzes aufgenommen wird, bezeichnet man als Schmelz- I^2t -Wert, die beim Lichtbogen als Lösch- I^2t -Wert. Bei Schmelzeinsätzen gilt: Die Leitung kann mit Wärmeenergie bis zum I^2t -Wert belastet werden. Außerdem ist der Wert relevant für die Selektivität der Sicherungen untereinander, d.h. dass die richtige Sicherung auslöst.

Bei der Verwendung von Leistungsschaltern muss zum Beispiel sichergestellt sein, dass die Durchlassenergie I^2t des Leistungsschalters nicht grösser ist als der Wert k^2S^2 des gegen Kurzschlussstrom zu schützenden Leiters.

Bei Leistungsschaltern gilt: $I^2t_{\text{Abschaltzeit des Schalters}} \leq k^2S^2_{\text{Leiter}}$

E4.2.2 Wärmeleitung

Wärme fliesst immer vom warmen zum kalten Teil. Alle Stoffe sind in einem gewissen Ausmasse wärmeleitend. Die Kenngrösse für die Wärmeleitung eines Baustoffes ist:

- die *Wärmeleitfähigkeit λ* in $W/m \cdot K$ – je höher der Wert, desto besser ist die Wärmeleitfähigkeit,
 - der *Wärmedurchlasswiderstand $R = d/\lambda$* in $m^2 \cdot K/W$ (d = Materialdicke in m), auch als Wärmedämmvermögen bezeichnet sowie
 - der *Wärmedurchgangskoeffizient k* in $W/m^2 \cdot K$.
- Je kleiner der Wert, desto besser ist Wärmeisolierung

Spezialfälle der Wärmeleitung sind heisse Oberflächen als Zündquellen. Eine feine Staubschicht kann schon bei einer Oberflächentemperatur ab $130^\circ C$ zum Glimmen bzw. Entzünden neigen. Bei Sauerstoffzufuhr kommt es zur Flammenbildung.

Zudem kann ein Wärmestau einen Brand verursachen.

4.2 Schutz gegen thermische Einflüsse

4.2.1. Schutz gegen Brände

4.2.2. Massnahmen bei besonderen Risiken

- Dazu sind schon kleine Leistungen von 15 bis 20 W in der Lage, wie zum Beispiel im Fall einer mit Sägemehl oder Heu zugedeckten Leuchte.
- Ab 30 W können sich leicht brennbare Stoffe entzünden, wenn die Wärmeabfuhr behindert ist.
- Ab Leistungen von 100 W (z.B. bei Lötkolben, Bügeleisen oder Glühlampen) können sich auch normal entflammbare Stoffe entzünden und bei Wärmestau sogar schwer entflammbare, wenn die Leistung längere Zeit einwirkt.

Man beachte: Die Oberflächentemperatur kann bei einer freibrennenden 100 W-Glühlampe über 250 °C erreichen. Leuchten mit den \triangle oder -Zeichen gemäss Tabelle E4.2.2.1 haben eine begrenzte Oberflächentemperatur und können zum Beispiel in staubigen Räumen eingesetzt werden.

4.2.2.3 Feuergefährdete Betriebsstätten

4.2 Schutz gegen thermische Einflüsse

Tabelle E4.2.2.1 Leuchten mit begrenzter Oberflächentemperatur

Brandschutzkennzeichnungen auf Leuchten

Leuchtenart	Kennzeichnung EN 60598-1:2004 Bis 12.04.2012	Kennzeichnung EN 60598-1:2008
Anbauleuchte geeignet zur direkten Montage auf normal entflammbar Baustoffen		keine Kennzeichnung bei Übereinstimmung mit den Anforderungen
Anbauleuchte nicht geeignet zur direkten Montage auf normal entflammbar Baustoffen	 oder Warnhinweis	 (l= 25 mm x 25 mm)
Einbauleuchte geeignet zur direkten Montage auf normal entflammbar Baustoffen Leuchte darf mit Wärmedämmung bedeckt werden		keine Kennzeichnung bei Übereinstimmung mit den Anforderungen
Einbauleuchte geeignet zur direkten Montage auf normal entflammbar Baustoffen Leuchte darf nicht mit Wärmedämmung bedeckt werden	 zusätzlich: Warnhinweis	 (l= 25 mm x 25 mm)
Einbauleuchte nicht geeignet zur direkten Montage auf normal entflammbar Baustoffen	 oder Warnhinweis	 (l= 25 mm x 25 mm)
Einbauleuchte nicht geeignet zur direkten Montage auf normal entflammbar Baustoffen Leuchte darf nicht mit Wärmedämmung bedeckt werden	 und Warnhinweis	 (l= 25 mm x 25 mm) NO INSULATION  (l= 25 mm x 25 mm)
Leuchte mit begrenzter Oberflächentemperatur (gilt für 115 – 180 °C) geeignet für Räume mit brennbarem Staub		
Leuchte nur für «self shielded» Halogen-Glühlampen (halogen-Glühlampen mit Glasschutz vor Leuchte)		
Trennungsabstand zur angestrahlten Fläche in Meter		
Vorschaltgerät / Trafo mit erfülltem Basisschutz zur Montage ausserhalb der Leuchte		

E4.2.3 Wärmestrahlung

Leistungsstarke Wärmegeräte wie Infrarotstrahler, Leuchten oder Scheinwerfer können leichtbrennbare Stoffe entflammen, wenn diese zu nahe angebracht sind. Brandgefahr herrscht, wenn eine Strahlungsleistung ab etwa 200 mW/cm^2 über längere Zeit einwirken kann. Mit grossem Abstand geht die Gefahr stark zurück.

4.2.1 Schutz gegen Brände

E4.2.4 Konvektion

Unter Konvektion versteht man Wärmemittführung durch bewegte Flüssigkeiten oder Gase. Bei der Kühlung elektrischer Geräte und Leitungen spielt zum Beispiel die freie Luftzirkulation eine wichtige Rolle. Damit hat die Konvektion Einfluss auf die Dimensionierung der Leitungen.

5.2.2.2.1 Umgebungstemperatur

E4.2.5 Brennbare Stoffe und Zündtemperaturen

Das Brandverhalten von Stoffen wird nicht nur von deren Art beeinflusst, sondern auch von der Form, der spezifischen Oberfläche, der Masse, dem Verbund mit anderen Stoffen und der Verarbeitungstechnik. Die Brennbarkeit von Stoffen ist in den Brandschutzzvorschriften der Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (VKF) festgelegt: Baustoffe werden nach ihrem Brennverhalten in die Brennbarkeitsgrade 3 bis 6 (Brandkennziffer, kurz BKZ) eingestuft. Massgebend sind Zündbarkeit und Abbrandgeschwindigkeit:

- *Brennbarkeitsgrad 3*: Leichtbrennbar, BKZ 3. Dies sind Stoffe, die leicht entzündbar sind und ohne zusätzliche Wärmezufuhr selbstständig und rasch abbrennen. Zur Zündung genügt ein Energieinhalt von einigen J, zum Beispiel ein Zündholz. Beispiele sind Heu, Stroh, Papier, Holz < 2 mm Dicke oder Chemiefasern.
- *Brennbarkeitsgrad 4*: Mittelbrennbar, BKZ 4. Dies sind Stoffe, die normal entzündbar sind und ohne zusätzliche Wärmezufuhr während längerer Zeit weiterbrennen. Beispiele sind Holz > 2 mm Dicke oder Dachpappen.

4.2 Schutz gegen thermische Einflüsse

- *Brennbarkeitsgrad 5:* Schwerbrennbar, BKZ 5. Dies sind Stoffe, die schwer entzündbar sind und nur bei zusätzlicher Wärmezufuhr langsam weiterbrennen oder verkohlen. Zur Zündung ist eine Energie von einigen kJ bis einigen 100 kJ notwendig. Ohne Wärmequelle müssen die Flammen nach kurzer Zeit verlöschen und das Nachglimmen muss aufhören. Beispiele sind Holzwolle-Leichtbauplatten oder PVC.
- *Brennbarkeitsgrad 5 (200 °C):* Schwerbrennbar, BKZ 5 bei 200 °C. Dies sind Stoffe, welche die Anforderungen des Brennbarkeitsgrades 5 auch bei einer erhöhten Umgebungstemperatur von 200 °C erfüllen. Dazu gehören wärmeisolierende Stoffe wie zum Beispiel Gipskartonplatten. Diese haben einen Wärmedurchlasswiderstand von $R \geq 0.07 \text{ m}^2 \text{ K/W}$
- *Brennbarkeitsgrad 6q:* Quasi nicht brennbar, BKZ 6q. Baustoffe, die zwar einen geringen Anteil an brennbaren Komponenten aufweisen, aber nicht entzündbar sind und für die Belange der Praxis als nicht brennbar bewertet werden.
- *Brennbarkeitsgrad 6:* Nichtbrennbar, BKZ 6. Dies sind Stoffe ohne brennbaren Anteil wie zum Beispiel Metalle, Mineralwolle ohne organische Zusätze, Steine, oder Betonziegel. Sie können nicht zur Entflammung gebracht werden und auch nicht ohne Flammenbildung veraschen.

Die Bauteile werden nach Feuerwiderstandsdauer in Feuerwiderstandsklassen eingeteilt:

- *Feuerhemmend EI 30 und EI 60 (F 30 und F 60 nach VKF):* Sie dürfen während einem Brandversuch von 30 bzw. 60 min nicht entflammen und während dieser Zeit ihre Standfestigkeit und Tragfähigkeit nicht verlieren.
- *Feuerbeständig EI 90 und EI 120 (F 90 und F 120 nach VKF):* Sie dürfen während einem Brandversuch von 90 bzw. 120 min nicht entflammen und während dieser Zeit ihre Standfestigkeit und Tragfähigkeit nicht verlieren. Sie müssen auch der Löschwasserbeanspruchung standhalten.

Nichtbrennbare und wärmeisolierende Stoffe (Tabelle E4.2.5.1) müssen einen Brennbarkeitsgrad 6q oder 6 aufweisen, mit einem Wärmedurchlasswiderstand von $R \geq 0.07 \text{ m}^2 \text{ K/W}$.

Tabelle E4.2.5.1 Nichtbrennbare und wärmeisolierende Stoffe

Auswahl nichtbrennbarer und wärmeisolierender Stoffe	Minimaldicke in mm
Gipsplatten Alba Fermacell Pical	27
	20
	10
Gipskartonplatten Rigips	15
Spezialfaserzement Duripanel Vermipan	24
	12

E4.2.6 Elektrische Fehler als Zündquelle

Häufig sind elektrische Fehler Brandursache. Beispiele sind:

7.61 Explosionsgefährdete Bereiche

- *Kontakterwärmung*: Verbindungen elektrischer Leiter erfolgen meist durch Klemmen oder Steckvorrichtungen, die mit entsprechend hohem Kontaktdruck hergestellt werden müssen. Ist dieser zu gering, so erhöht sich der Kontaktwiderstand, was zu einer Temperaturzunahme an der Klemmverbindung führt. Die Kontaktstellen oxidieren zusätzlich, was zu einer weiteren Widerstandserhöhung führt. Bei grossen Strömen können rasch Temperaturen von > 1000 °C entstehen, allenfalls verbunden mit Lichtbogenbildung.
- *Isolationsfehler*: Diese können entstehen durch
 - elektrische Einwirkungen wie Überspannungen und Überströme,
 - mechanische Einwirkungen wie Schlag, Stoss, Knick oder Schwingungen,
 - Umwelteinwirkungen wie Feuchtigkeit, Strahlung, Alterung oder chemische Einflüsse.

Je nach Schädigung des Isolierstoffes können unterschiedliche Fehlerströme auftreten. Wenn der Stoff altert, können zulässige kleine Ableitströme entstehen. Bei kleinen Beschädigungen der Isolation können Glimmentladungen auftauchen, die sich zu eigentlichen Fehlerströmen entwickeln können. Diese können wiederum zu

4.2 Schutz gegen thermische Einflüsse

Lichtbogenkurzschlüssen oder sogar zu vollkommenen Kurzschlüssen anwachsen.

- *Lichtbogen*: Ein Lichtbogen kann entstehen durch
 - Isolationsfehler, wenn mit der Zeit die Isolation verkohlt
 - atmosphärische Überspannungen
 - Überbrückung unter Spannung stehender Teile, zum Beispiel durch einen Draht

Ein Lichtbogen ist eine Gasentladung mit hohen Temperaturen zwischen 3000 °C bis 4000 °C. Bei einer verhältnismässig kleinen Spannung von einigen 10 V fliesst meist ein relativ grosser Strom. In Niederspannungsanlagen können Fehler mit einem Lichtbogen, vor allem wenn es sich um Lichtbogen-Erdschlüsse handelt, relativ lang bestehen bleiben. Dadurch können sich brennbare Materialien entzünden. Zu Beachten ist auch, dass ein Lichtbogen immer in Richtung der Stromquelle wandert.

E4.2.7 Brandschäden

Brände beginnen in der Entstehungsphase mit einer

- *Aufheizung* des Raumes bis zur Grenztemperatur und dem
- *Feuersprung*, bei dem alle brennbaren Stoffe im Raum entflammen.

Die Temperaturen liegen bei brennenden Wohngebäuden ab etwa 800 °C und erreichen Werte von über 1500 °C bei Grossbränden.

Neben den unmittelbaren Brand- und Wasserschäden sowie allfälligen Betriebsausfällen können bei einem Brand auch Menschen zu Schaden kommen – bis hin zu Todesfällen. Zusätzlich entstehen chemische Schäden, wenn PVC (Polyvinylchlorid) verbrennt.

In diesem Falle wird Chlor freigesetzt, wobei durch Wasserzufluss Salzsäure entsteht. 1 kg PVC wandelt sich dabei in etwa 400 Liter Chlor-Wasserstoff-Gas (HCl-Gas) um. In Wasser gelöst ergibt dies etwa einen Liter 35%-ige Salzsäure, die sehr aggressiv ist. Auch wenn kein Löschwasser zugeführt wird, lagert sich das HCl-Gas nebelartig ab und wirkt in Verbindung mit der Luftfeuchtigkeit auch langfristig schädlich.

4.2.1 Schutz gegen Brände, verursacht durch elektrische Betriebsmittel

- .1 Personen, Nutztiere und Sachwerte sind vor schädlichen Wärmeeinwirkungen zu schützen, die durch den Betrieb von elektrischen Anlagen oder Betriebsmitteln verursacht werden können.

Schädigungen, Verletzungen oder Entzündungen können verursacht werden durch:

- Wärmestau, Wärmestrahlung, heiße Teile,
- Beeinträchtigung der sicheren Funktion elektrischer Betriebsmittel, z.B. Schutzeinrichtungen wie Schutzschalter, Thermostate, Temperaturbegrenzer, Kabelabschottungen und Kabel oder Leitungsanlagen,
- Überstrom,
- Isolationsfehler, Störlichtbögen,
- Oberschwingungsströme,
- Blitz einschläge
- Überspannungen
- Ungeeignete Auswahl oder Errichtung von Betriebsmitteln.
- Heizungsanlagen wie Heisslufteinrichtungen, Heizöfen, Heizstrahler

Montageanweisungen des Herstellers sowie die Auflagen der kantonalen Brandschutzbehörden sind zu beachten.

Für die Aufstellung von Wärmegeräten gelten folgende VKF Brandschutzrichtlinien:

- Wärmetechnische Anlagen
- Lufttechnische Anlagen

- .2 Wenn durch fest eingebaute Betriebsmittel wie Heizöfen, Transformatoren, Drosselpulen, Gleichrichtern, Widerständen, Kondensatoren oder Vorschaltgeräten Oberflächentemperaturen entstehen können, die für benachbarte Teile eine Brandgefahr darstellen, gilt folgendes:

- Betriebsmittel sind auf oder in Stoffen niedriger Wärmeleitfähigkeit zu montieren, die solchen Temperaturen widerstehen können.
- Betriebsmittel sind durch Stoffe niedriger Wärmeleitfähigkeit, die solchen Temperaturen widerstehen können, von Gebäudeteilen abzuschirmen.
- Betriebsmittel sind so zu montieren, dass durch einen ausreichenden Abstand eine sichere Ableitung der Wärme gewährleistet ist. Träger oder Unterlagen dürfen nur eine geringe Wärmeleitfähigkeit aufweisen.

4.2 Schutz gegen thermische Einflüsse

- .3 Wenn im Normalbetrieb Lichtbögen oder Funken aus festeingebauten Betriebsmitteln austreten können, müssen diese entweder
 - völlig in lichtbogenbeständigen Stoffen eingeschlossen sein
oder
 - durch lichtbogenbeständige Stoffe von den Materialien abgeschirmt werden, auf welche die Lichtbögen oder Funken schädigende Einwirkungen haben können,
oder
 - so montiert werden, dass eine sichere Löschung des Lichtbogens oder der Funken in einem ausreichenden Abstand von den Materialien möglich ist, ohne dass schädliche Einwirkungen entstehen.

Lichtbogenbeständige Stoffe, die für diesen Schutz verwendet werden, dürfen nicht brennbar sein, müssen eine niedrige Wärmeleitfähigkeit besitzen und eine angemessene Dicke aufweisen, die eine genügende mechanische Festigkeit gewährleistet.

Als lichtbogenbeständig kann z.B. eine 20 mm dicke Fibersilikatplatte angesehen werden.

Einrichtungen zur Lichtbogenerkennung und -abschaltung (AFDD).

Einrichtungen, die Lichtbögen erkennen und abschalten, können bei Endstromkreisen das Brandrisiko durch Kriechwege oder Fehlerlichtbögen reduzieren.

Fehlerlichtbögen entstehen z.B. durch:

- defekte Isolation zwischen aktiven Leitern, die einen Strom zur Folge haben (parallele Lichtbögen), oder
- gebrochene oder beschädigte (verringerter Leiterquerschnitt) Leiter bei Strombelastung (serielle Lichtbögen), oder
- Verbindungs- oder Anschlussklemmen mit ungewollt erhöhtem Widerstand.

- .4 Festeingebaute Betriebsmittel, die einen Wärmestau oder eine Konzentration von Wärme verursachen können, müssen einen ausreichenden Abstand von allen festmontierten Gegenständen oder Gebäudeteilen aufweisen.
- .5 Wenn ein Betriebsmittel (z.B. Transformator, Kondensator oder Schalter) entflammbar Flüssigkeiten in bedeutender Menge enthält, muss verhindert werden, dass sich diese Flüssigkeiten oder ihre Verbrennungsprodukte (Flammen, Rauch, giftige Gase) in anderen Teilen des Gebäudes ausbreiten können.

4.2 Schutz gegen thermische Einflüsse

- .6 Wenn Betriebsmittel für benachbarte Teile eine Brandgefahr darstellen, muss die Verkleidung benachbarter Teile den höchsten erwarteten Temperaturen standhalten.

Tabelle 4.2.1.6.1 Nichtbrennbare und wärmeisolierende Stoffe

Auswahl nichtbrennbarer und wärmeisolierender Stoffe		Minimaldicke in mm
Gipsplatten	Alba	27
	Fermacell	20
	Pical	10
Gipskartonplatten	Rigips	15
Spezialfaserzement	Duripanel Vermipan	24 12

- .7 Brennbare Teile im Bereich von Energieverbrauchern dürfen sowohl im Normalbetrieb als auch bei voraussehbaren Störungsfällen, einschliesslich des Versagens der Regeleinrichtung, keine Temperaturen >85 °C annehmen.

Die Entzündungstemperatur brennbarer Teile hängt stark von der Einwirkdauer ab. Ist diese Zeit nicht begrenzt, ergeben sich entsprechend tiefere Entzündungstemperaturen. Aus der Praxis sind Fälle bekannt, wo die Entzündung von Holz nach mehrjähriger Einwirkdauer nur bei etwa 85 °C erfolgte.

Verbrauchsmittel sind deshalb so anzutragen und anzuschliessen, dass insbesondere Wärmestauungen, Trockengang und dgl. sicher verhindert werden.

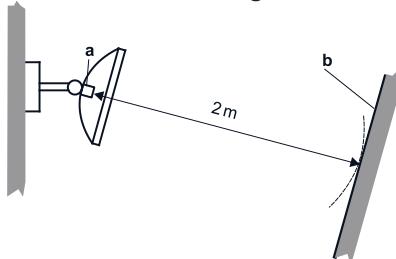
- .8 In Räumen, in denen Leuchten Stoffe entzünden könnten, müssen diese
- mit einem besonderen Schutzglas versehen sein oder
 - so angeordnet werden, dass eine Entzündung ausgeschlossen ist.

Die Anordnung und Montage von Leuchten muss gemäss den Angaben der Hersteller erfolgen.

- .10 Die der Wärmeabgaberichtung abgekehrten Seiten von Heizstrahlern müssen von benachbarten brennbaren Teilen genügenden Abstand haben. Wird zur Verringerung des Abstands eine nichtbrennbare Trennwand eingebaut, muss diese sowohl gegenüber dem Gehäuse des Heizstrahlers als auch gegenüber den brennbaren Teilen einen Abstand $\geq 1 \text{ cm}$ haben.

4.2 Schutz gegen thermische Einflüsse

- .11 Heizstrahler müssen so montiert werden, dass sie gegenüber brennbaren Teilen, die in der Wärmeabgaberichtung liegen, einen genügenden Abstand einhalten. Der Abstand von 2 m gilt gegenüber sowohl festmontierten als auch beweglichen brennbaren Teilen. Sofern die Bedingungen für Energieverbraucher eingehalten werden, darf der Abstand entsprechend verkleinert werden.

Bild 4.2.2.11.1 Montage Heizstrahler**Legende**

- a Heizelement des Parabolstrahlers
b brennbarer Stoff

Dabei ist zu beachten, dass Strahler bewegt werden können und somit die Strahlungsrichtung ändert.

4.2.2 Massnahmen bei besonderen Risiken

4.2.2.1 Allgemeines

Die folgenden Zusatzbestimmungen gelten für die Auswahl und Errichtung elektrischer Anlagen in feuergefährlichen Bereichen und Räumen. Dazu gehören unter anderem:

- Holzbearbeitungsbetriebe
- Papierfabriken
- Schreinereien
- Spinnereien und Webereien
- Mühlen
- landwirtschaftliche Betriebsstätten
- Bühnenhäuser
- Räume oder Bereiche in brennbarer Bauweise
- Räume oder Bereiche mit Gefährdung von unersetzbaren Gütern

- .1 Es sind nur elektrische Betriebsmittel zugelassen, die für die Anwendung in diesen Betriebsstätten notwendig sind, ausgenommen Kabel- und Leitungssysteme nach

4.2.2.3.5 Feuergefährdete Betriebsstätten

4.2 Schutz gegen thermische Einflüsse

- .2 In solchen Bereichen und Räumen müssen sowohl die Betriebsmittel als auch die Installationen so ausgewählt und erstellt werden, dass weder die normale Betriebstemperatur noch eine im Fehlerfall voraussehbare Temperaturerhöhung einen Brand verursachen können.

Es können z.B. Betriebsmittel verwendet werden, die wesentlich grössere Gehäuse mit besserer Kühlung der Oberfläche aufweisen. Damit gilt eine Entzündung benachbarter Stoffe als unwahrscheinlich.

- .3 Bei Geräten mit Temperaturbegrenzung darf die Rückstellung nur manuell erfolgen.
- .4 Die Zusatzbestimmungen gelten nicht für elektrischen Anlagen in Räumen oder Bereichen mit Explosionsgefahr BE3.

4.2.2.2 Elektrische Anlagen in Fluchtwegen

Die zuständigen Behörden legen die Anforderungen für die Auswahl und Errichtung von Anlagen in Rettungswegen fest.

- .1 Unter den Bedingungen BD2, BD3 und BD4 dürfen sich Kabel- und Leitungsanlagen, die Flucht- und Rettungswege durchqueren, nicht im Handbereich befinden. Ausnahmen gelten für Anlagen, die mit einem Schutz gegen mechanische Beschädigung, die während eines Rettungsvorgangs entstehen kann, versehen sind.

Ausschnitt aus Tabelle 5.1.A.1.5.1 – Tabelle BD

BD Räumungsmöglichkeiten bei Gefahr		
BD1	normal	geringe Besetzung, einfache Rettungswege
BD2	schwierig	geringe Besetzung, schwierige Rettungswege (Hochhäuser)
BD3	Menschenansammlungen	starke Besetzung, einfache Rettungswege (Theater, Kaufhäuser)
BD4	Menschenansammlungen und schwierig	starke Besetzung, schwierige Rettungswege (Hochhäuser wie Hotels, Krankenhäuser)

- .2 Um die Gefahr der Rauchbildung in einem **vertikalen** Fluchtweg (Treppenhaus) weitestgehend zu verhindern, ist die Schaltgerätekombination gemäss der VKF – BSR «Verwendung von Baustoffen» gegenüber dem Fluchtweg zu trennen.

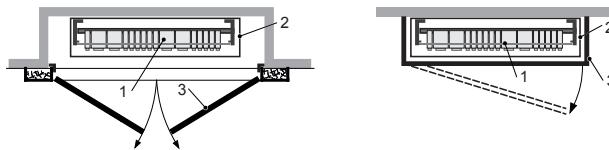
4.2 Schutz gegen thermische Einflüsse

Diese Regelung gilt nicht innerhalb von Wohnungen und für Einfamilienhäuser.

a. «einfache Schreinerlösung»

bei einer Frontgrösse des Gehäuses $\leq 1.5 \text{ m}^2$ sind Schaltgerätekombinationen in einem Gehäuse der Schutzart IP 4X aus Baustoffen der RF1 und in einem Schutzkasten mit 30 Minuten Feuerwiderstand (z.B. gemäss Dokumentation VSSM : Brandschutz für den Schreiner) zu installieren. Dichtungen bei Kabelverschraubungen dürfen aus Materialien der RF3 bestehen;

Bild 4.2.2.2.2.1 Einfache Schreinerlösung



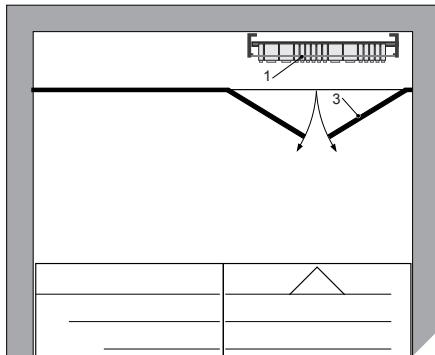
Legende

- 1 Schaltgerätekombination
- 2 Gehäuse IP4X, nicht brennbar (RF1)
- 3 Schutzabdeckung mit Feuerwiderstand 30 Minuten, z.B. Duripanel 18 mm

b. «VKF-anerkannter Brandabschluss»

bei einer Frontgrösse $> 1.5 \text{ m}^2$ sind Schaltgerätekombinationen mit einem VKF-anerkannten Brandschutzabschluss mit Feuerwiderstand EI 30-RF1 (entsprechende Systemhalter sind im VKF Brandschutzregister ersichtlich) abzutrennen;

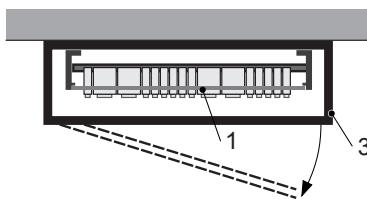
4.2 Schutz gegen thermische Einflüsse

Bild 4.2.2.2.2.2 VKF-anerkannter Brandabschluss**Legende**

- 1 Schaltgerätekombination
3 VKF anerkannter Brandschutzabschluss mit Feuerwiderstand EI30-RF1 (durch Systemhalter zu erstellen)

c. «geprüftes Gehäuse»

Schaltgerätekombinationen in geprüften Gehäusen der Schutzart IP 5X (oder höher) mit 30 Minuten Feuerwiderstand (inkl. Kabeleinführungen) aus Baustoffen der RF1 (entsprechende Deklaration vom Hersteller erforderlich) dürfen, unabhängig ihrer Frontgrösse, ohne zusätzlichen Brandschutzabschluss aufgestellt werden.

Bild 4.2.2.2.2.3 Geprüftes Gehäuse**Legende**

- 1 Schaltgerätekombination
3 geprüftes Gehäuse IP 5X, nicht brennbar mit Feuerwiderstand 30 Minuten (Zertifikat erforderlich)

- .3 In **horizontalen** Fluchtwegen, die gegenüber vertikalen Fluchtwegen einen Brandabschluss aufweisen, sind Schaltgerätekombinationen in Gehäusen der Schutzart IP 4X aus nichtbrennbaren Baustoffen (RF1) zu installieren. Dichtungen bei Kabelverschraubungen dürfen aus brennbaren Materialien (RF3) bestehen.

4.2 Schutz gegen thermische Einflüsse

Muss bei einem Brand in der Schaltgerätekombination im horizontalen Fluchtweg (Korridor) mit der Verqualmung des vertikalen Fluchtweges (Treppenhaus) gerechnet werden, ist ein Brandabschnitt erforderlich.

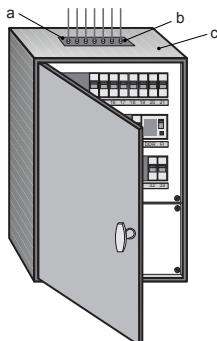
Um diese Bedingung zu erfüllen, gibt es zwei Möglichkeiten:

- Die Schaltgerätekombination erfüllt die Anforderungen des Kapitels 4.2.2.1

oder

- Ist der Korridor gegenüber dem vertikalen Fluchtweg (Treppenhaus) mit einer Brandschutztür mindestens E 30 abgetrennt, so reicht ein nicht brennbares rauch-hemmendes Gehäuse.

Bild 4.2.2.3.1 Mögliche Ausführung eines nicht brennbaren, rauch-hemmendem Gehäuses



Legende

- Nichtbrennbare Abdeckung
- Kabeleinführung IP 44 (brennbar möglich)
- Nicht brennbares Gehäuse mindestens IP 44 (AP Montage) respektive nicht brennbare Schrankfront mindestens IP44 (UP Montage)

.4 Einrichtungen der Informationstechnik

- Geräte wie Brandmelde- / Gegensprech- / Videoanlagen resp. Rauminformationssysteme (Bildschirme) in Fluchtwegen sind zulässig, sofern die erforderliche Breite des Fluchtweges jederzeit gewährleistet ist und die Gehäuse in vertikalen Fluchtwegen aus nichtbrennbaren Baustoffen (RF1) bestehen.
- Befindet sich zwischen dem horizontalen und dem vertikalen Fluchtweg ein Brandschutzabschluss,

4.2 Schutz gegen thermische Einflüsse

dürfen Einrichtungen der Informationstechnik sowie Büromaschinen in horizontalen Fluchtwegen angeordnet werden. Die erforderliche Breite des Fluchtweges muss gewährleistet bleiben.

3. Feuerwehr-Bedien- und Anzeigefelder von Brandmeldeanlagen sowie Steuereinrichtungen von Rauch- und Wärmeabzugsanlagen dürfen in Fluchtwegen angebracht werden.

.5 Kabel

1. In vertikalen Fluchtwegen sind nur Kabel zulässig, die zur Versorgung oder der Kommunikation der dort installierten Geräte und Installationen dienen.
2. In horizontalen Fluchtwegen sind Kabel bis zu einer gesamten Brandlast von 200 MJ/m (55,6 kWh/m) Fluchtweg zulässig.

Bild 4.2.2.2.5.2.1 Brandlast aus Kabel

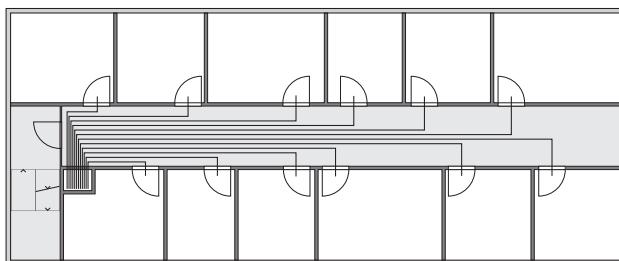


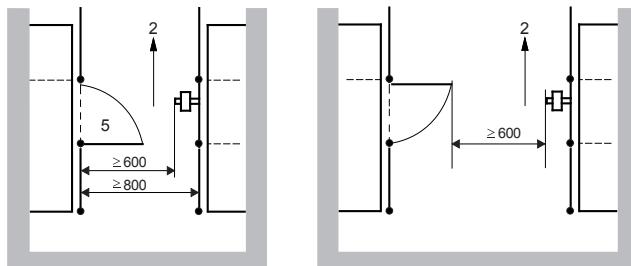
Tabelle 4.2.2.2.5.2.2 Richtwerte Brandlasten von Kabeln für 55,6 kWh/m (200 MJ/m)

Querschnitte [mm ²]	PVC		halogenfrei	
	Brandlast pro Meter [kWh/m]	Anzahl Kabel [n]	Brandlast pro Meter [kWh/m]	Anzahl Kabel [n]
3 x 1,5	0,75	74	0,5	111
5 x 2,5	1,08	51	1,0	55
5 x 16	2,3	24	1,8	30

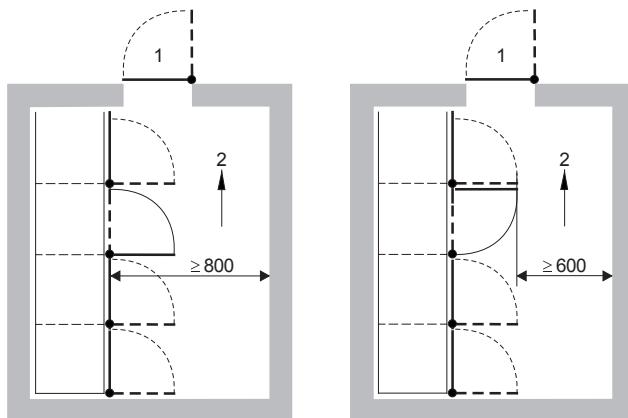
3. Kabel mit einem kritischen Verhalten (starke Rauchbildung, korrosive Verbrennungsgase), z.B. solchen aus PVC, dürfen in horizontalen und vertikalen Fluchtwegen nicht eingesetzt werden.

4.2 Schutz gegen thermische Einflüsse

- .6 Für Bedienungsgänge und Türen sind folgende Abstände einzuhalten.

Bild 4.2.2.2.6.1 Freie Gangbreite**Legende**

- 1 Raumtüren zu Bedienungsgängen oder elektrischen Betriebsräumen
- 2 Fluchtwegrichtung
- 5 Tür darf nicht arretiert werden können

Bild 4.2.2.2.6.2 Minimale Gangbreite**Legende**

- 1 Raumtüren zu Bedienungsgängen oder elektrischen Betriebsräumen
- 2 Fluchtwegrichtung

4.2.2.3 Feuergefährdete Betriebsstätten

- .1 Werden vom Hersteller keine anderen Angaben gemacht, müssen Leuchten, Scheinwerfer und Projektoren von brennbaren Materialien folgenden Mindestabstand haben:

- $\leq 100 \text{ W}$: 0,5 m;
- 100 W bis 300 W: 0,8 m;
- 300 W bis 500 W: 1,0 m.
- 500 W grössere Abstände können notwendig sein.

Lampen und andere Bestandteile von Leuchten müssen gegen die zu erwartenden mechanischen Beanspruchungen geschützt sein.

Es muss verhindert werden, dass Bestandteile wie Lampen oder heisse Teile aus der Leuchte herausfallen.

Leuchten, die nach den Vorgängernormen mit F gekennzeichnet sind, dürfen auf normal entflammmbaren Oberflächen befestigt werden.

Neu werden Leuchten, die zur direkten Befestigung geeignet sind, nicht mehr mit einem besonderen Symbol gekennzeichnet.

Lediglich Leuchten, die nicht zur direkten Befestigung auf normal entflammmbaren Oberflächen geeignet sind, werden mit den folgenden Symbolen gekennzeichnet.

Bild 4.2.2.3.1.1 Anbauleuchte

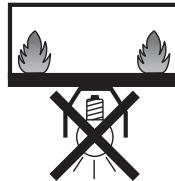


Bild 4.2.2.3.1.2 Einbauleuchte



- .2 Betriebsmitteln wie Heizgeräte dürfen nachfolgende Temperaturen nicht überschreiten:

- 90 °C unter normalen Bedingungen und
- 115 °C unter Fehlerbedingungen.

4.2 Schutz gegen thermische Einflüsse

Wenn sich Stoffe wie Staub oder Fasern auf elektrischen Betriebsmitteln in gefährlichen Mengen ablagern können, müssen geeignete Massnahmen getroffen werden, um zu verhindern, dass die oben genannten Temperaturen überschritten werden.

- .3 Schaltgeräte für Schutz, Steuerung und Trennen müssen ausserhalb feuergefährdeter Betriebsstätten angeordnet werden. Ausnahmen gelten für folgende IP-Schutzgrade: im Nomalfall \geq IP4X, im Fall von Staubablagerungen IP5X, und im Fall von Ablagerungen leitfähigen Staubes IP6X, ausser bei SELV/PELV.
- .4 Es dürfen nur nicht-flammverbreitende Kabel verwendet werden, ausser die Leitungen sind in nichtbrennbarem Material eingebettet.
Betriebsmittel müssen mindestens entsprechend den folgenden Anforderungen ausgewählt werden:
 - Kabel/Leitungen müssen die Prüfung unter Brandbedingungen bestehen.

Die Verlegesysteme müssen einen ausreichenden Widerstand gegen Flammausbreitung aufweisen:

- Elektroinstallationsrohrsysteme;
 - zu öffnende Elektroinstallationskanalsysteme und geschlossene Elektroinstallationskanalsysteme;
 - Kabelwannensysteme und Kabelpritschensysteme;
 - für Stromschienensysteme.
- .5 Leitungen, die feuergefährdete Betriebsstätten nur durchqueren, ohne dass sie darin Anschlüsse versorgen, dürfen keine Klemmstellen in diesen Räumen aufweisen.
 - .6 Bei Gebläseheizungsanlagen muss der Lufteinlass ausserhalb der Betriebsstätten sein, in denen mit brennbarem Staub gerechnet werden muss.
Die Temperatur der austretenden Luft darf nur so hoch sein, dass durch sie kein Feuer verursacht werden kann.
 - .7 Motoren, die automatisch gesteuert, fernbedient oder nicht dauernd beaufsichtigt sind, müssen gegen zu hohe Temperaturen durch eine temperaturabhängige Überlast-Schutzeinrichtung geschützt werden, es sei denn, sie sind von sich aus temperaturbegrenzend ausgelegt.
 - .8 Leuchten müssen
 - für die Betriebsstätte geeignet sein, und
 - mindestens IP4X

bei Staubablagerung IP5X oder
bei leitfähigem Staub IP6X entsprechen, und

4.2 Schutz gegen thermische Einflüsse

- eine begrenzte Oberflächentemperatur besitzen, und
- derart konstruiert sein, dass Komponenten von Lampen nicht aus der Leuchte fallen können.

Die Anordnung und Montage von Leuchten muss gemäss den Angaben der Hersteller erfolgen.

In Betriebsstätten, in denen durch Staub oder Fasern Brandgefahr besteht, müssen Leuchten in einer Weise installiert werden, dass sich Staub und Fasern nicht in einer gefahrbringenden Menge ansammeln können.

Leuchten mit begrenzter Oberflächentemperatur wurden in der Vergangenheit mit ∇ gekennzeichnet.

Leuchten, die direkt auf normal entflammmbaren Baustoffen montiert werden können, wurden mit ∇ gekennzeichnet.

Neu müssen sich alle Leuchten ohne Kennzeichnung für die direkte Montage auf normal entflammmbaren Baustoffen eignen.

Leuchten, die auf normal entflammmbaren Baustoffen nicht montiert oder mit Wärmedämmung bedeckt werden dürfen, müssen gekennzeichnet sein.

4.2 Schutz gegen thermische Einflüsse

Tabelle 4.2.2.3.8.1 Kennzeichnung von Leuchten

Brandschutzkennzeichnungen auf Leuchten

Leuchtenart	Kennzeichnung EN 60598-1:2004 Bis 12.04.2012	Kennzeichnung EN 60598-1:2008
Anbauleuchte geeignet zur direkten Montage auf normal entflammbarer Baustoffen		keine Kennzeichnung bei Übereinstimmung mit den Anforderungen
Anbauleuchte nicht geeignet zur direkten Montage auf normal entflammbarer Baustoffen	 oder Warnhinweis	 (Inn. 25 mm x 25 mm)
Einbauleuchte geeignet zur direkten Montage auf normal entflammbarer Baustoffen Leuchte darf mit Wärmedämmung bedeckt werden		keine Kennzeichnung bei Übereinstimmung mit den Anforderungen
Einbauleuchte geeignet zur direkten Montage auf normal entflammbarer Baustoffen Leuchte darf nicht mit Wärmedämmung bedeckt werden	 zusätzlich: Warnhinweis	 (Inn. 25 mm x 25 mm)
Einbauleuchte nicht geeignet zur direkten Montage auf normal entflammbarer Baustoffen Leuchte darf nicht mit Wärmedämmung bedeckt werden	 oder Warnhinweis	 (Inn. 25 mm x 25 mm)
Einbauleuchte nicht geeignet zur direkten Montage auf normal entflammbarer Baustoffen Leuchte darf nicht mit Wärmedämmung bedeckt werden	 und Warnhinweis	 (Inn. 25 mm x 25 mm) und NO INSULATION (Inn. 25 mm x 25 mm)

.9 Endstromkreise, die diese Räume oder Orte versorgen oder durchqueren, und elektrische Verbrauchsmittel müssen bei Isolationsfehlern wie folgt geschützt werden:

- a) RCD $I_{\Delta N} \leq 300 \text{ mA}$ im Normalfall und
RCD $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$, wo widerstandsbehaftete Fehler einen Brand entzünden können, z.B. bei Deckenheizungen mit Flächenheizelementen.

Stromschienen (Schieneverteilere) müssen nicht geschützt werden.

Es wird empfohlen, Kabel und Leitungen mit metallener Umhüllung zu verwenden. Diese sollte an den Schutzleiter angeschlossen werden.

4.2 Schutz gegen thermische Einflüsse

- .10 Stromkreise, die feuergefährdete Betriebsstätten versorgen oder durchqueren, müssen bei Überlast und bei Kurzschluss geschützt sein. Die Überstrom-Schutzeinrichtung darf nicht im Zuge der Leitung angeordnet werden, sondern muss außerhalb der feuergefährdeten Betriebsstätten und an ihrem Speisepunkt angeordnet sein. Bei Stromkreisen, die innerhalb dieser Betriebsstätten beginnen, muss sie am Beginn der Leitung angeordnet werden.
- .12 In feuergefährdeten Betriebsstätten ist das System TN-S anzuwenden. Für die Durchquerung sind PEN-Leiter zulassen.
- .13 Trennungsabstand (Näherung / Minimalabstand)
1. Die Trennungsabstände zwischen Teilen des LPS (Fangeinrichtungen und Ableitungen) und metallenen Teilen und elektrischen Anlagen innerhalb des zu schützenden Gebäudes sind in jedem Fall anzustreben.
Bei folgenden Bauten, Bereichen und Anlagen müssen die Trennungsabstände eingehalten werden:
 - feuergefährdete Bereiche
 - explosionsgefährdete Bereiche
 - technische empfindliche Einrichtungen
(z.B. Anlagen der Informationstechnik, Brandmeldeanlagen, Sicherheitsanlagen und dgl.).

Der geforderte Trennungsabstand s nach innen muss bei folgenden Gebäudekonstruktionen nicht eingehalten werden, sofern diese als natürliche Ableitungen verwendet werden:

- Bauten aus bewehrtem Beton
- Stahlskelettbauten
- in Bereichen von leitend durchverbundenen Metallfassaden.

2. Trennungsabstände können wie folgt ermittelt werden:

$$s = k \cdot \frac{n_0}{n} \cdot A$$

n Anzahl der vorhandenen Ableitungen

k Faktor gemäß DIN Tabelle 4.8.2.2.7.2.3

x_n Abstand der Ableitungen gemäß DIN Tabelle 4.8.2.2.7.2.3
 n_0 Gebäudeumfang (m)

x_n

A Länge entlang der Fangeinrichtung oder der Ableitung von dem Punkt, an dem der Trennungsabstand ermittelt werden soll, bis zum nächstliegenden Punkt des Schutz-Potenzialausgleichs

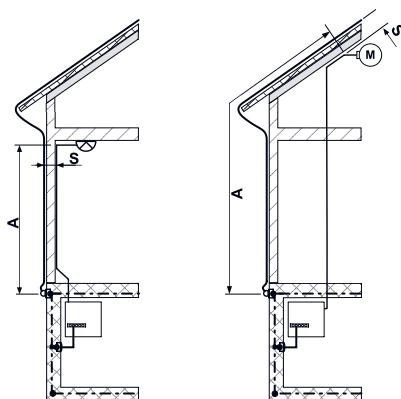
4.2 Schutz gegen thermische Einflüsse

Tabelle 4.2.2.3.13.2.1 Faktor k für die Berechnung des Trennungsabstandes in Abhängigkeit der Blitzschutzklasse I bis III

Blitzschutzklasse des LPS	k	x_n
I	0.08	10
II	0.06	10
III	0.04	15

→ EN 62305-3 Komplexe Bauten

Bild 4.2.2.3.13.2.2 Trennungsabstände / Länge entlang der Fangeinrichtung



Legende

- A Länge entlang der Fangeinrichtung oder der Ableitung von dem Punkt, an dem der Trennungsabstand s ermittelt werden soll, bis zum nächstliegenden Punkt des Potenzialausgleichs
- s Trennungsabstand

4.2.2.4 Räume oder Orte mit brennbaren Baustoffen

Solche Räume oder Orte sind typischerweise Holzhäuser.

- .1 Es ist sicherzustellen, dass elektrische Betriebsmittel brennbare Wände, Fussböden und Decken nicht entzünden können. Dies wird durch die richtige Planung, Auswahl und Installation der elektrischen Betriebsmittel erreicht.
In vorgefertigte Hohlwände installierte Dosen und Gehäuse müssen einen IP-Schutzgrad von \geq IP3X aufweisen.
- .2 Für Leuchten gilt 4.2.2.3.1.
- .3 Für den Einbau von Betriebsmitteln in Hohlwänden gelten die folgenden Bestimmungen. Diese gelten auch für Hohlwände aus nichtbrennbaren Stoffen, wenn brennbare Isolierstoffe vorhanden sind.

Hohlwände bestehen im Allgemeinen aus Rahmen, abgedeckt mit Platten oder Spanplatten, Verputz (Gips), Holz oder Metallplatten. Hohlwände können auch fabrikfertig hergestellt sein. Betriebsmittel dürfen in Hohlwände eingebaut und Leitungen fest oder beweglich angebracht werden.

1. Betriebsmittel wie Abzweigdosen und Gehäuse für Installationsgeräte (Schalter, Steckdosen und dgl.), Schaltgerätekombinationen und dgl., für den Einbau in Hohldecken, Hohlwänden und auf brennbare Teile müssen die Glühdrahtprüfung für 850 °C bestanden haben.
2. Können diese Anforderungen nicht erfüllt werden, müssen Betriebsmittel von nichtbrennbaren und wärmeisolierenden Stoffen umschlossen sein.

Werden solche Stoffe verwendet, muss der Einfluss des Materials auf die Ableitung der Wärme vom Betriebsmittel berücksichtigt werden.

Dies gilt auch für Hohlwände aus nichtbrennbaren Stoffen, wenn brennbare Isolierstoffe vorhanden sind (z.B. zur Wärme- oder Schalldämmung).

Schalter und Steckvorrichtungen sind mit einem Einlasskasten von brennbaren Gebäudeteilen zu trennen. Diese Einlasskästen sowie Verteildosen müssen die Glühdrahtprüfung für 650 °C bestanden haben.

Werden Betriebsmittel mit grosser Wärmeentwicklung eingebaut, ist der Einfluss dieser Temperatur auf das nichtbrennbare oder schwerbrennbare Gehäuse zu beachten

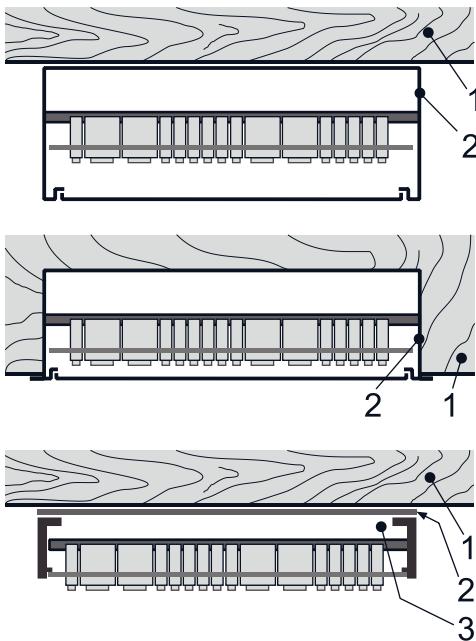
- z.B. durch ein ausreichend grossen Einbaukastens.

4.2 Schutz gegen thermische Einflüsse

- .4 Schaltgerätekombinationen, die in einem geschlossenen Kasten aus nichtbrennbarem (RF 1) oder schwerbrennbarem (RF 2) Stoff eingebaut sind, dürfen unmittelbar auf oder in brennbare Gebäudelemente montiert werden.

Sind diese gegen brennbare Gebäudelemente und Stoffe offen, müssen sie von diesen durch eine nicht- oder schwerbrennbare (RF1 resp. RF2) Verkleidung getrennt sein.

Bild 4.2.2.4.4.1 bis 4.2.2.4.4.3 Montage von SK auf/in brennbare Gebäudelemente



Legende

- 1 brennbares Gebäudelement
- 2 nichtbrennbar oder schwerbrennbar, RF 1, 2
(RF = Brandverhaltensgruppe gemäss VKF)
- 3 SK hinten offen

Hinsichtlich Brandgefahr bei Anordnung und Montage von Schaltgerätekombinationen müssen die Herstellerangaben sowie die Auflagen der Brandschutzbehörden beachtet werden.

4.2.3 Schutz gegen Verbrennungen

- .1 Im Handbereich zugängliche elektrische Einrichtungen dürfen keine Temperaturen erreichen, die bei Personen Verbrennungen verursachen können.

Die in der Tabelle 4.2.3.1 angegebenen maximalen Temperaturen dürfen nicht überschritten werden.

Niedrigere Temperaturen können bei Berührung durch Kinder (BA2) verlangt werden.

Alle Teile einer Anlage, die bei normalem Betrieb die in der Tabelle 4.2.3.1 aufgeführten Temperaturen auch nur für kurze Zeit überschreiten können, müssen gegen zufällige Berührung geschützt sein.

Tabelle 4.2.3.1 Maximale Temperaturen für im Handbereich zugängliche Teile von elektrischen Einrichtungen bei normalem Betrieb

Zugängliche Teile	Material der zugänglichen Oberfläche	maximale Temp. °C
Teile, die im Betrieb in der Hand gehalten werden	metallisch nicht metallisch	55 65
Teile, die im Betrieb berührt werden müssen, aber nicht in der Hand gehalten werden	metallisch nicht metallisch	70 80
Teile, die im Betrieb normalerweise nicht berührt werden müssen	metallisch nicht metallisch	80 90

4.2.4 Schutz gegen Überhitzung

4.2.4.1 Gebläse-Heizsysteme

- .1 Gebläse-Heizsysteme, mit der Ausnahme von Speicherheizgeräten, müssen so gebaut werden, dass ihre Heizelemente nicht in Betrieb gesetzt werden können, bis die erforderliche Luftströmung erreicht ist. Sie müssen ausser Betrieb gesetzt werden, wenn die Gebläseleistung reduziert oder das Gebläse abgeschaltet wird. Bei Heizleistungen von mehr als 3 kW muss das Gebläse einen Nachlauf von 60 s haben. Um eine Überschreitung der zulässigen Lufttemperatur in den Luftkanälen zu verhindern, müssen solche Heizsysteme zwei voneinander unabhängige Sicherheitsvorrichtungen haben: sowohl einen Strömungswächter als auch einen Temperaturlbegrenzer, die warmluftseitig einzubauen sind.

4.2 Schutz gegen thermische Einflüsse

Der Temperaturregler wird nicht als Sicherheitsvorrichtung anerkannt. Der Strömungswächter schaltet die Heizelemente beim Nachlassen des Luftstroms aus. Der Temperaturbegrenzer ist in einem Abstand von höchstens 1 m nach den Heizelementen anzubringen und muss eine Ansprechtemperatur von 85 °C haben (gemäß VKF-Brandschutzrichtlinien «Lufttechnische Anlagen»). Der Temperaturbegrenzer darf nicht selbstständig wieder einschalten.

Werden Temperaturbegrenzer und Strömungswächter im Steuerstromkreis eingebaut, bestehen folgende Ausführungsvarianten:

1. Sie wirken auf zwei getrennte, im Hauptstromkreis liegende Schütze ein.
 2. Sie wirken auf ein im Hauptstromkreis liegendes Schütz ein. In diesem Fall ist das Schütz so zu wählen, dass die vorgeschaltete Überstrom-Schutzeinrichtung bei einem Kurzschluss auf der Abgangsseite des Schützes verhindert, dass sich die Kontakte verschweißen können.
- .2 Rahmen und Verkleidung von Heizelementen müssen aus nichtbrennbarem Stoff sein.

4.2.4.2 Wassererwärmer oder Dampferzeuger

- .1 Alle Geräte, die heißes Wasser oder Dampf erzeugen, müssen durch ihren Aufbau oder ihre Montage unter allen Arbeitsbedingungen gegen Überhitzung geschützt werden. Dabei muss der Schutz durch einen vom Thermostat unabhängigen und nicht selbsttätig wieder einschaltenden Temperaturbegrenzer gewährleistet sein.

Als unabhängige Temperaturbegrenzungseinrichtung gelten ein Temperaturregler und ein Temperaturbegrenzer, die vollständig unabhängig voneinander arbeiten.

In Anlagen, in denen die Temperaturbegrenzungseinrichtungen im Steuerstromkreis eingebaut sind, bestehen folgende Ausführungsvarianten:

1. Der Temperaturregler und der Temperaturbegrenzer wirken auf zwei getrennte, im Hauptstromkreis liegende Schütze ein.
2. Der Temperaturregler und der Temperaturbegrenzer wirken auf ein im Hauptstromkreis liegendes Schütz ein. In diesem Fall ist das Schütz so zu wählen, dass die vorgeschaltete Überstrom-Schutzeinrichtung bei einem Kurzschluss auf der Abgangsseite des Schützes

4.2 Schutz gegen thermische Einflüsse

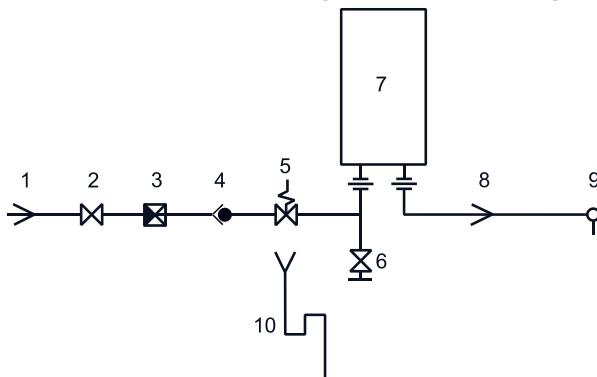
verhindert, dass sich die Kontakte im Schütz verschweissen.

Die Anordnung und Montage von Wassererwärmern muss gemäss den Angaben der Hersteller erfolgen.

- .2 Wenn ein Gerät keine freie Auslassöffnung hat, muss es zusätzlich mit einer Vorrichtung zur Begrenzung des Wasserdrucks ausgerüstet sein.

Für die Schutzaufgaben gegen Überdruck und andere wasserseitige Schutzeinrichtungen gelten die Vorschriften des zuständigen Wasserwerkes und allfälliger anderer kommunaler, kantonaler oder eidgenössischer Instanzen.

Bild 4.2.4.2.2.1 Wasserseitige Schutzeinrichtungen



Legende

- | | |
|----|--|
| 1 | Kaltwasser |
| 2 | Absperrventil |
| 3 | Druckreduzierventil (nur notwendig, wenn nicht in Verteilbatterie eingebaut) |
| 4 | Rückflussverhinderer |
| 5 | Sicherheitsventil zur Begrenzung des Überdruckes |
| 6 | Entleerungsventil |
| 7 | Wassererwärmer |
| 8 | Warmwasser |
| 9 | Zapfstelle |
| 10 | Ablauf |

- .3 Bei Dampferzeugern ist die bundesrätliche Verordnung (SR 832.312) betreffend Aufstellung und Betrieb von Dampfkesseln und Dampfgefäßen zu berücksichtigen.

4.2.4.3 Raumheizgeräte

Der Rahmen und die Gehäuse von Raumheizgeräten müssen aus nicht brennbaren Materialien bestehen.

In Betriebsstätten mit Brandgefahr dürfen Umluft-Raumheizgeräte mit elektrischen Heizeinsätzen nicht betrieben werden, wenn die Luft der Betriebsstätten durch diese Geräte geführt werden.

Die Seitenwände von Heizstrahlern, die nicht von der Wärmeausstrahlung berührt sind, müssen einen ausreichenden Abstand von entflammabaren Teilen besitzen. Wird dieser Abstand durch eine nichtentflammbarer Abtrennung reduziert, sollte diese einen Mindestabstand von 1 cm zum Gehäuse des Heizstrahlers und zu entflammabaren Teilen haben.

Wenn nicht anders vom Hersteller angegeben, sollten Heizstrahler so montiert sein, dass in Richtung der Ausstrahlung ein Sicherheitsabstand von mindestens 2 m von entflammabaren Teilen sichergestellt ist.

Die Anordnung und Montage von Raumheizgeräten muss gemäss den Angaben der Hersteller erfolgen.

4.2 Schutz gegen thermische Einflüsse

4.3 Überstromschutz

Kapitel 4.3

- 4.3.0 Anwendungsbereich
- 4.3.0.3 Allgemeine Anforderungen
- 4.3.1 Anforderungen entsprechend der Art der Stromkreise
- 4.3.1.1 Schutz der Außenleiter
- 4.3.1.2 Schutz des Neutralleiters
- 4.3.1.3 Abschalten und Wiedereinschalten des Neutralleiters in Drehstromsystemen
- 4.3.2 Art der Schutzeinrichtungen
- 4.3.2.1 Einrichtungen für Überlast- und Kurzschluss-Schutz
- 4.3.2.2 Einrichtungen, die nur den Schutz bei Überlast sicherstellen
- 4.3.2.3 Einrichtungen, die nur den Schutz bei Kurzschluss sicherstellen
- 4.3.2.5 Anschlussüberstromunterbrecher
- 4.3.3 Schutz bei Überlast
- 4.3.3.1 Koordination von Leitern und Einrichtungen zum Schutz bei Überlast
- 4.3.3.2 Anordnung von Einrichtungen zum Schutz bei Überlast und bei Kurzschluss
- 4.3.3.3 Verzicht auf Einrichtungen zum Schutz bei Überlast
- 4.3.4 Schutz bei Kurzschlussströmen
- 4.3.4.1 Bestimmung von unbeeinflussten Kurzschlussströmen
- 4.3.4.2 Anordnung der Einrichtungen zum Schutz bei Kurzschluss
- 4.3.4.3 Verzicht auf Einrichtungen zum Schutz bei Kurzschluss
- 4.3.4.5 Kenngrößen von Schutzeinrichtungen zum Schutz bei Kurzschluss
- 4.3.5 Koordination des Schutzes bei Überlast und Kurzschluss
- 4.3.6 Überstrombegrenzung durch die Art der Stromquelle

4.3.0 Anwendungsbereich

4.3.0.3 Allgemeine Anforderungen

Schutzeinrichtungen werden angeordnet, um Überströme in den Leitern des Stromkreises zu unterbrechen, bevor solch ein Strom durch schädliche thermische oder mechanische Auswirkungen auf Isolierung, Verbindungen, Anschlüsse oder Umgebung der Leiter eine Gefahr hervorrufen kann.

4.3.1 Anforderungen entsprechend der Art der Stromkreise

4.3.1.1 Schutz der Aussenleiter

Der Überstrom-Schutz muss für alle Aussenleiter vorgesehen werden.

Falls die Abschaltung eines einzelnen Aussenleiters eine Gefahr hervorruft, z.B. bei einem Dreiphasen-Motor, müssen entsprechende Vorkehrungen getroffen werden.

4.3.1.2 Schutz des Neutralleiters

- .1 Entspricht der Querschnitt des Neutralleiters mindestens dem Querschnitt eines Aussenleiters, ist für den Neutralleiter in der Regel kein Überstromschutz vorzusehen.
- .2 Ist der Querschnitt des Neutralleiters kleiner als der eines Aussenleiters, ist dafür zu sorgen, dass im Neutralleiter keine Überlastung erfolgen kann.

Diese Forderung ist erfüllt, wenn

- der Neutralleiter durch die Schutzeinrichtung der Aussenleiter des Stromkreises gegen Kurzschluss geschützt wird und
- der grösste Strom, der den Neutralleiter durchfliessen kann, bei normalem Betrieb deutlich geringer ist als der Wert der Strombelastbarkeit dieses Leiters.

Durch unsymmetrische oder andere Belastung (Oberwellen) kann der Neutralleiter gröserer Strombelastung ausgesetzt sein als die Aussenleiter desselben Stromkreises. In solchen Fällen ist es nötig, den Neutralleiter gegen Überstrom zu schützen. Diese Schutzeinrichtung muss so beschaffen sein, dass der Neutralleiter gleichzeitig mit den zugehörigen Aussenleitern schaltet.

Tabelle 4.3.1.2.1 Bestimmung zum Einbau von Überstrom-Schutzeinrichtungen in Aussen- und Neutralleitern in Abhängigkeit der Art der Stromkreise

Schema	Stromkreise		
	3L + N (PEN)  $S_N \geq S_L$ PEN/N	$S_N \leq S_L$ PENN	L + N  PEN/N
TN-C	☒	☒	☒
TN-S	OK	☒	☒

Legende

- im PEN-Leiter darf keine Überstrom-Schutzeinrichtung eingebaut werden
- Überstrom-Schutzeinrichtungen möglich, der Neutralleiter darf in keinem Fall vor den Außenleitern ausgeschaltet und nach diesen wieder eingeschaltet werden können
- zurzeit sind keine 4-poligen Überstrom-Schutzeinrichtungen erhältlich, welche unterschiedliche Auslösestromstärken für Außen- und Neutralleiter aufweisen
- S_N / S_L Querschnitt des Neutral- bzw. Außenleiter

4.3.1.3 Abschalten und Wiedereinschalten des Neutralleiters in Drehstromsystemen

Wenn die Abschaltung des Neutralleiters gefordert ist, darf er weder vor den Außenleitern abgeschaltet noch nach den Außenleitern eingeschaltet werden.

4.3.2 Art der Schutzeinrichtungen

4.3.2.1 Einrichtungen für Überlast- und Kurzschluss-Schutz

- .1 Diese Schutzeinrichtungen müssen in der Lage sein, jeden Überstrom bis zum unbeeinflussten (prospektiven) Kurzschlussstrom an ihrer Einbaustelle zu unterbrechen.

Als Schutzeinrichtungen dürfen verwendet werden:

- Leitungsschutzschalter
- kombinierte RCD-Leitungsschutzschalter (FI/LS)
- Leistungsschalter mit Überstromauslöser
- Motorschutzschalter und Motorstarter
- Schmelzeinsätze der Betriebsklasse gG

Werden Schutzeinrichtungen verwendet, deren Ausschaltvermögen niedriger ist als der unbeeinflusste Kurzschlussstrom an der Einbaustelle, müssen die Eigenschaften der beiden Schutzeinrichtungen aufeinander abgestimmt werden: Die gemeinsame Durchlassenergie darf nicht grösser sein als die Energie, die die nachgeschaltete Schutzeinrichtung und die zu schützenden Leitungen schadenfrei standhalten können.

- .2 Werden Leiter durch Schutzeinrichtungen mit einstellbarem Auslösestrom geschützt, gilt für die Bemessung der Leiter der eingestellte Auslösestrom oder der Bemessungsstrom des nachgeschalteten Verbrauchsmittels. Der grössere der beiden Werte ist dabei massgebend.

4.3 Überstromschutz

.3 Sicherungssysteme sind wie folgt auszuwählen:

1. Sicherungssysteme für die Bedienung durch Laien (BA1) benötigen Passeinsätze. Passeinsätze für Be-messungsströme < 6 A sind nicht gefordert.
Es dürfen nur Diazed-Systeme D I bis III verwendet werden.
2. Sicherungssysteme für die Bedienung durch elektrotechnisch unterwiesene Personen (BA4) benötigen keine Passeinsätze. Es dürfen nur Sicherungssysteme der Größen NH 000 bis NH 4a verwendet werden.
Für diese Sicherungssysteme und für Leistungsschalter muss der maximal zulässige Bemessungsstrom auf der zugehörigen Beschriftung angegeben werden.
3. Miniatursicherungssysteme dürfen nur in Steuerstromkreisen angewendet werden. Um das Abschalten von Kurzschlussströmen zu gewährleisten, dürfen nur undurchsichtige, sandgefüllte, zylindrische Schmelzeinsätze verwendet werden.

Tabelle 4.3.2.1.3.3.1 Überstrom-Schutzeinrichtungen

Überstrom-Schutzeinrichtung	Merkmale	Hinweise
Miniatursicherungssysteme	(Geräteschutzschmelzeinsätze) Schmelzleiter sichtbar, zylindrisch, 5 x 20 mm oder 6 x 32 mm Bemessungsschaltvermögen (Kleinleistungsschmelzeinsätze) Schmelzleiter nicht sichtbar, zylindrisch, 5 x 20 mm oder 6 x 32 mm Bemessungsschaltvermögen	35 A bei 250 V 1,5 kA bei 250 V
Sicherungssysteme für Laien (BA1)	(Schraubenschmelzeinsätze bzw. Normalleistungssicherungen) Bemessungsschaltvermögen Grösse DI Grösse DII und DIII	Bei D-Systemen hängt der Kontaktdruck vom Bedienenden ab. Deshalb dürfen Systeme ≥ 40 A nicht längere Zeit ≥ 85 % belastet werden. 10 kA bei 250 V 50 kA bei 500 V
Sicherungssysteme für elektrotechnisch unterwiesene Personen (BA4)	Bemessungsschaltvermögen	entsprechend Schmelzeinsätzen
Leistungsschalter mit Leitungs-, Geräte- oder Motorschutz-Charakteristik	Bemessungsschaltvermögen	entsprechend Angabe: $I_{cu\dots} / I_{cs\dots}$
Leitungsschutzschalter	Bemessungsschaltvermögen: entsprechend der Angabe im Rechteck	Werden Leitungsschutzschalter bei Umgebungstemperaturen ≥ 40 °C unmittelbar nebeneinander montiert, dürfen diese nicht längere Zeit ≥ 75 % belastet werden.

4.3.2.2 Einrichtungen, die nur den Schutz bei Überlast sicherstellen

Überlast-Schutzeinrichtungen können keine Kurzschlussströme abschalten und sind in der Regel verzögerte Schutzeinrichtungen (Bimetall). Ihr Bemessungsschaltvermögen beträgt in der Regel das 10-fache ihres Bemessungsstromes.

Überlast-Schutzeinrichtungen sind:

- Motorschutzschalter ohne Magnetauslösesystem
- Schütze in Kombination mit einem Überlastauslöser (Motorstarter)
- Geräteschutzschalter
- Miniatursicherungssysteme (Geräteschutzschmelzeinsatz), Schmelzleiter sichtbar, zylindrisch, 5 x 20 mm oder 6 x 32 mm

4.3.2.3 Einrichtungen, die nur den Schutz bei Kurzschluss sicherstellen

Kurzschluss-Schutzeinrichtungen sind Einrichtungen, die Kurzschlussströme bis zum Bemessungsschaltvermögen, für das sie gebaut sind, abschalten können.

Kurzschluss-Schutzeinrichtungen sind:

- Teilbereichsschmelzeinsätze (Kennzeichnung z.B. aM)
- Leistungsschalter mit nur Kurzschlussauslösung

4.3.2.5 Anschlussüberstromunterbrecher

- .1 Anschlussüberstromunterbrecher müssen gemäss den Angaben der Netzbetreiberin gewählt werden, welche die Anforderungen an die Selektivität sowie das erforderliche Schaltvermögen bestimmen.

Es können auch Leistungsschalter als Anschlussüberstromunterbrecher verwendet werden.

- .3 Anschlussüberstromunterbrecher sind so zu platzieren, dass sie jederzeit zugänglich sind und ohne Hilfsmittel leicht erreicht werden können.
- .4 Anschlussüberstromunterbrecher dürfen nicht in nassen, korrosionsgefährdeten oder feuergefährdeten Räumen angebracht werden.
- .5 Anschlussüberstromunterbrecher, die unmittelbar an eine Freileitung angeschlossen sind, müssen aus einpoligen Überstrom-Schutzeinrichtungen bestehen. Diese müs-

sen entweder durch Einzeldeckel oder durch geeignete Trennwände voneinander getrennt sein oder unter sich und gegenüber dem Neutralleiter trenner einen Abstand von 1 cm haben.

4.3.3 Schutz bei Überlast

4.3.3.1 Koordination von Leitern und Einrichtungen zum Schutz bei Überlast

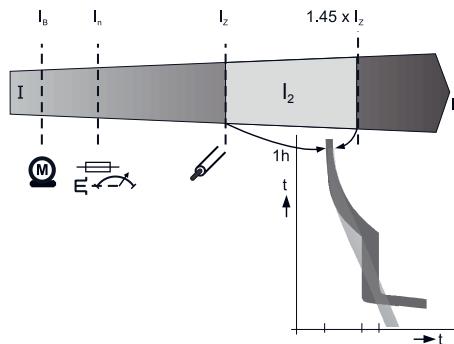
- Die Ansprech-Kennlinie der Überstrom-Schutzeinrichtung muss folgenden Bedingungen entsprechen:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1.45 I_z$$

$1.45 I_z$ ist der Grenzwert für die kurzzeitige Überlastung der Leitung

Bild 4.3.3.1.1.1 Schutzeinrichtungen in Leiter



Legende

- I_B Betriebsstrom des Stromkreises
- I_z Strombelastbarkeit der Leiter
- I_n Bemessungsstrom der Schutzeinrichtung (bei einstellbaren Schutzeinrichtungen der eingestellte Wert)
- I_2 Strom, der mit Sicherheit zur Auslösung der Überstrom-Schutzeinrichtung führt.

Die Kennlinie gG ist trägeflink. Bei niedrigen Kurzschlussströmen träge und bei hohen flink. Damit hat sie die trügen und flinken Sicherungen überflüssig gemacht.

4.3.3.2 Anordnung von Einrichtungen zum Schutz bei Überlast und bei Kurzschluss

Eine Überlast- und Kurzschluss-Schutzeinrichtung muss grundsätzlich an jeder Stelle angeordnet werden, an der eine Verringerung des Leiterquerschnitts, der Art der Verlegung oder des Aufbaus der Leitungen die Strombelastbarkeit der Leiter mindert.

Eine Überstrom-Schutzeinrichtung ist für alle Außenleiter vorzusehen. Sie muss die Abschaltung des Leiters bewirken, in dem der Überstrom auftritt.

Bei Drehstrommotoren werden deshalb Thermorelays mit einer Phasenausfallschutzeinrichtung eingesetzt. Diese Schutzeinrichtung sorgt für eine schnellere Abschaltung bei einer unsymmetrischen Überlast.

Die Überlast-Schutzeinrichtung darf im Zuge der zu schützenden Leitungen angeordnet sein, wenn in diesem Leitungsabschnitt:

- keine Verringerung des Querschnitts
- keine ungünstigere Art der Verlegung
- kein ungünstigerer Aufbau der Leitung
- keine Abzweigungen oder Steckvorrichtungen vorhanden sind und
einer der beiden folgenden Fälle gegeben ist:
 - Der Leitungsabschnitt ist gegen Kurzschluss geschützt.
oder
 - Der Leitungsabschnitt ist ≤ 3 m. Die Leitung ist so ausgeführt, dass die Kurzschlussgefahr auf ein Minimum herabgesetzt ist und sich außerdem in ihrer Nähe keine brennbaren Stoffe befinden.

Eine Überlast-Schutzeinrichtung muss für ortsfest montierte Motoren, Transformatoren und dgl. eingebaut werden.

Dieser Schutz kann durch im Motor oder im Transformator integrierte oder durch vorgeschaltete Schutzeinrichtungen erfolgen.

Überlast-Schutzeinrichtung für Motoren müssen so beschaffen sein, dass bei Überlastung auch nur einzelner Wicklungsteile alle Außenleiter gleichzeitig abgeschaltet werden.

Für Motoren $\leq 0.5 \text{ kW}$, die nicht in feuergefährdeten Bereichen montiert und zugleich beaufsichtigt sind, entfällt diese Regel.

Motorschutzschalter und Schütze in Kombination mit einer Überlast-Schutzeinrichtung entsprechen dieser Forderung. Der eingestellte Bemessungsstrom der Überlast-Schutzeinrichtung darf nicht grösser sein als der Bemessungsstrom des zu schützenden Motors.

4.3.3.3 Verzicht auf Einrichtungen zum Schutz bei Überlast

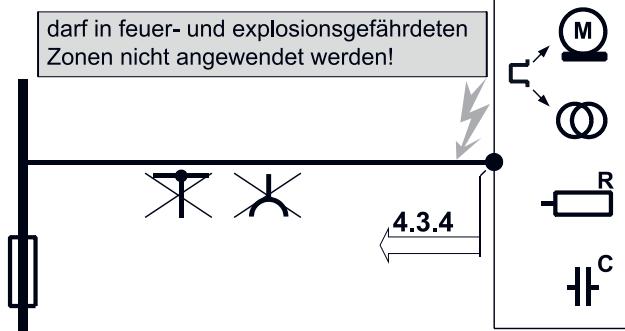
Die nachstehend aufgeführten Ausnahmen dürfen in feuergefährdeten Räumen oder in explosionsgefährdeten Zonen nicht angewendet werden.

Dies gilt auch in Räumen, für die besondere Bestimmungen oder Abweichungen festgelegt sind.

Überlast-Schutzeinrichtungen dürfen entfallen:

In einer Leitung, in der nicht mit dem Auftreten von Überlastströmen gerechnet werden muss. Voraussetzung ist, dass die Leitung gegen Kurzschluss genügend geschützt und weder Abzweigungen noch Steckvorrichtungen aufweist. Beispiele dafür sind Leitungen zu festangeschlossenen Verbrauchern wie Wassererwärmern, Raumheizgeräten, Kochherden oder Kondensatoren oder Leitungen zu Verbrauchern mit Überlast-Schutzeinrichtungen wie Motoren.

Bild 4.3.3.3.1 Verzicht auf Überlastschutz

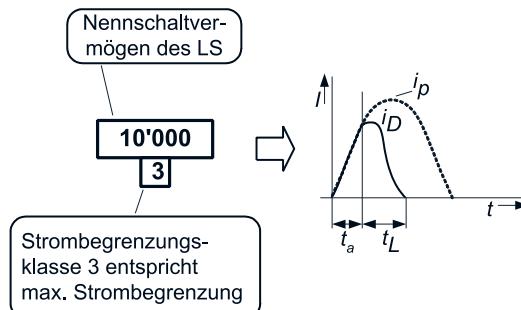


- .4 Motoren mit einer Bemessungsleistung $\leq 0.5 \text{ kW}$
 (In feuergefährdeten Räumen nur wenn sie beaufsichtigt sind.)

4.3.4 Schutz bei Kurzschlussströmen

Dieser Abschnitt befasst sich nur mit Kurzschlüssen zwischen den Leitern des gleichen Stromkreises.

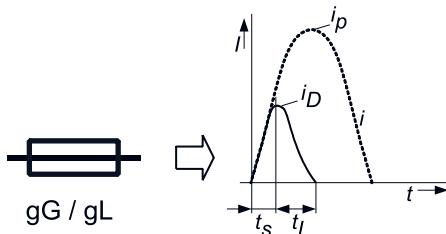
Bild 4.3.4.1 Kurzschlussstrom-Unterbrechung eines strombegrenzenden Leitungsschutzschalters



Legende

t_a	Ausschaltverzug
t_L	Lichtbogenzeit
i_D	Durchlassstrom
i_p	Stosskurzschlussstrom

Bild 4.3.4.2 Kurzschlussstrom-Unterbrechung eines Schmelzeinsatzes



Legende

t_s	Schmelzeit
t_L	Löschezeit
i_D	Durchlassstrom
i_p	Stosskurzschlussstrom

4.3.4.1 Bestimmung von unbeeinflussten Kurzschlussströmen

- .1 Der unbeeinflusste Kurzschlussstrom I_{cp} muss für die erforderlichen Stellen des Leitungsverlaufs bestimmt werden; dies kann durch Rechnung oder Messung geschehen.

Der grösstmögliche Kurzschlussstrom fliesst bei einer impedanzlosen Verbindung aller Aussenleiter am Anfang einer Leitung (3-poliger Kurzschluss).

Der unbeeinflusste Kurzschlussstrom am Speisepunkt kann bei der Netzbetreiberin erfragt werden.

- .2 Es müssen Schutzeinrichtungen vorgesehen werden, die Kurzschlussströme unterbrechen, ehe deren thermische und mechanische Auswirkungen die Leiter und die Verbindungsstellen gefährden können.

4.3.4.2 Anordnung der Einrichtungen zum Schutz bei Kurzschluss

Die Anordnung der Kurzschluss-Schutzeinrichtungen entspricht grundsätzlich jener der Überlast-Schutzeinrichtungen.

4.3.3.2 Anordnung von Einrichtungen zum Schutz bei Überlast und bei Kurzschluss

Versetzen der Kurzschluss-Schutzeinrichtungen

- .1 Die aufgeführten Erleichterungen gelten nicht:
- für Anlagen in feuer- oder explosionsgefährdeten Räumen und
 - in Räumen, für die besondere Bestimmungen oder Abweichungen festgelegt sind.

Ausnahmen bilden die folgenden Fälle:

Kurzschluss-Schutzeinrichtungen dürfen auch im Zuge der zu schützenden Leitung eingebaut werden, wenn die nachfolgenden Bestimmungen eingehalten sind:

1. Wenn der Leitungsteil, der zwischen der Querschnittsverringerung oder sonstigen Änderung einerseits und der Schutzeinrichtung andererseits liegt, gleichzeitig den folgenden drei Bedingungen genügt:
 - seine Länge beträgt nicht mehr als 3 m, und

4.3 Überstromschutz

- er ist so ausgeführt, dass die Gefahr eines Kurzschlusses auf ein Mindestmass beschränkt ist (dies kann z.B. durch einen verstärkten Schutz der Leitung gegen äussere Einflüsse erfolgen); und
 - er ist so ausgeführt, dass die Gefahr von Feuer und Personenschäden auf ein Mindestmass beschränkt ist.
2. Wenn die Ansprechkennlinie eines vor der Querschnittsverringerung oder der sonstigen Änderung angeordneten Schutzeinrichtung so beschaffen ist, dass die nachgeschaltete, verringerte Leitung gegen Kurzschluss geschützt ist.

4.3.4.3 Verzicht auf Einrichtungen zum Schutz bei Kurzschluss

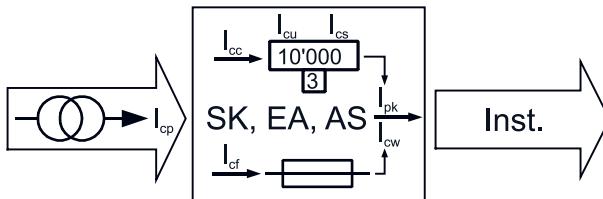
Fälle, in denen auf die Kurzschluss-Schutzeinrichtung verzichtet werden kann:

- a) Leiter, die Generatoren, Transformatoren, Gleichrichter und Akkumulatorenbatterien mit ihren zu gehörigen Steuerschränken verbinden, wobei die Schutzeinrichtungen in diesen Schränken angeordnet sind;
- b) Stromkreise, deren Unterbrechung den Betrieb der entsprechenden Anlagen gefährden könnte, wie Hubmagnete, Feuerlöscheinrichtungen, Alarmanlagen
- c) bestimmte Messstromkreisen

4.3.4.5 Kenngrössen von Schutzeinrichtungen zum Schutz bei Kurzschluss

- .1 Eine Kurzschluss-Schutzeinrichtung muss den beiden folgenden Bedingungen genügen:
1. Sein Schaltvermögen (I_{cu} / I_{cs}) muss mindestens dem unbeeinflussten Kurzschlussstrom (I_{cp}) am Einbauort entsprechen, mit einer Ausnahme: Ein geringeres Ausschaltvermögen ist zulässig, wenn eine andre Schutzeinrichtung mit dem erforderlichen Ausschaltvermögen vorgeschaltet ist (Backup-Schutz). In diesem Fall müssen die Eigenschaften der beiden Schutzeinrichtungen so aufeinander abgestimmt sein, dass die Durchlassenergie (I^2t) beider Schutzeinrichtungen zusammen nicht grösser ist als die Energie, der die nachgeschaltete Schutzeinrichtung und die zu schützenden Leitungen (k^2S^2) standhalten können, ohne Schaden zu erleiden (Backup-Schutz).

F2.3.4.3 Internationale Bezeichnung der Kurzschlussströme

Bild 4.3.4.5.1.1 Kenngrößen von Schutzeinrichtungen

Gegebenenfalls sind andere Eigenschaften zu berücksichtigen wie z.B. die dynamische Festigkeit und die Verschweissfestigkeit der nachgeschalteten Schutzeinrichtung. Die Abstimmung der Kenngrößen ist nach Herstellerangaben vorzunehmen.

2. Die Zeit (t) bis zum Ausschalten durch einen Kurzschluss darf nicht länger sein als die Zeit, in der dieser Strom die Leiter auf die höchstzulässige Grenztemperatur erwärmt.

Bei Kurzschlägen, die höchstens 5 s anstehen, kann die Zeit, in der ein Kurzschlussstrom die Leiter von der höchstzulässigen Temperatur im Normalbetrieb bis zur Grenztemperatur erwärmt, durch die nachstehende Formel errechnet werden:

$$t = \left(k \frac{S}{I_{k \min}} \right)^2 \quad \text{als Beispiel:} \quad t = \left(115 \cdot \frac{16 \text{ mm}^2}{900 \text{ A}} \right)^2 = 4.2 \text{ s}$$

t maximale Abschaltzeit in Sekunden

S (A) Querschnitt des Leiters in mm^2

$I_{k \min}$ minimaler Kurzschlussstrom in Ampère

In der Praxis gilt:

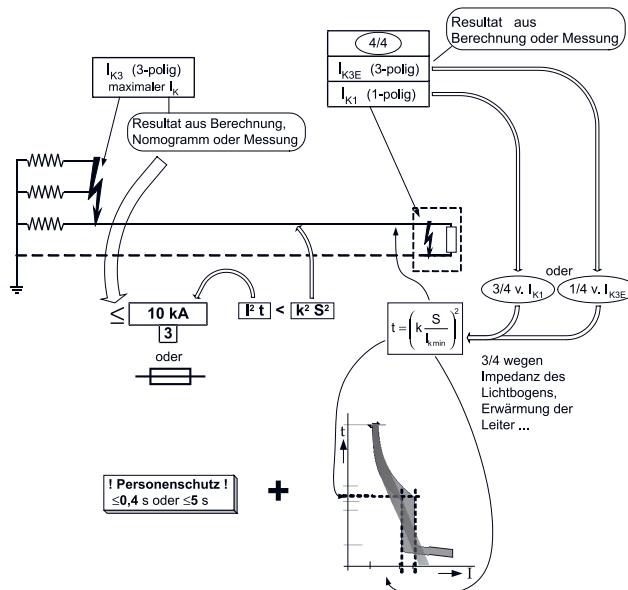
k $\frac{3}{4}$ von I_{K1} oder $\frac{1}{4}$ von I_{K3}
Faktor, der die maximal zulässige Leitertemperatur (vor allem wegen der Isolation), die spez. Wärme und den spez. Widerstand des Leitermaterials berücksichtigt.

Werte für k :

115 für PVC-isolierte Leiter aus Kupfer

135 für Leiter aus Kupfer mit Isolierung aus Naturkautschuk, Butylkautschuk, vernetztem Polyethylen und Ethylen-Propylen

Bild 4.3.4.5.1.2.1 Kenngrößen der Kurzschluss-Schutzeinrichtungen



- .2 Die Berechnung der maximal zulässigen Abschaltzeit (t) muss sowohl beim minimalen als auch beim maximalen Kurzschlussstrom vorgenommen werden.
- Der maximal mögliche Kurzschlussstrom (I_{cp}) (I_{K3}) ist der dreipolare Kurzschlussstrom, der an der Einspeisung der Leitung entsteht. (Am Ende der Leitung wird der dreipolare I_{K3E} wegen der Leitungsimpedanzen kleiner).
 - Der minimal mögliche Kurzschlussstrom (I_{K1}) tritt am Ende der Leitung auf und kann nicht exakt ermittelt werden. Einerseits ist die Übergangsimpedanz an der Kurzschlussstelle nicht bekannt, andererseits werden die Leiter durch den Kurzschlussstrom bis zu dessen Abschaltung erwärmt. Dadurch steigt der Leitungswiderstand und der Kurzschlussstrom sinkt (deshalb die Annahme $\frac{3}{4} I_{K1}$).

Als minimaler Kurzschlussstrom $I_{K\min}$ ist in die Formel einzusetzen:

- $\frac{3}{4}$ des einpoligen Kurzschlussstroms I_{K1} am Ende der Leitung zwischen L – N oder L – PEN oder L – PE
Es ist der kleinste der drei Werte zu berücksichtigen.

4.3 Überstromschutz

Üblicherweise ist der Wert zwischen dem Aussen- und dem Neutralleiter der kleinste dieser drei Werte.
oder

- $\frac{1}{4}$ des dreipoligen Kurzschlussstroms I_{K3E} am Ende der Leitung.

Schutz gegen Kurzschlussstrom:

- a durch Leistungs- oder Leitungsschutzschalter

Es ist zu überprüfen, dass der max. Kurzschlussstrom I_{K3} kleiner ist als das Bemessungsschaltvermögen des eingesetzten Schutzschalters.

Wird am Leistungs- oder Leitungsschutzschalter ein geringerer Leiterquerschnitt als die zulässige Strombelastbarkeit angeschlossen, sind folgende zusätzlichen Überprüfungen vorzunehmen:

- Beim maximalen I_{K3} darf der vom Hersteller der Leistungs- oder Leitungsschutzschalter angegebene Durchlasswert I^2t nicht grösser sein als das Produkt k^2S^2 des zu schützenden Leiters.
- Beim minimalen $I_{K \min}$ ist der Kurzschlussenschutz gegeben, wenn der Ansprechstrom der magnetischen Auslösung tiefer liegt als der minimale Kurzschlussstrom $I_{K \min}$. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, so ist mit einer Berechnung nach 4.3.4.2 zu prüfen, ob die Leiterisolation bei $I_{K \min}$ einwandfrei geschützt ist.

- b durch Schmelzeinsätze

Heutige Schmelzeinsätze haben ein genügend hohes Bemessungsschaltvermögen, womit sich eine Überprüfung der Verhältnisse beim maximalen I_{K3} erübrigt.

Wird am Schmelzeinsatz ein geringerer Leiterquerschnitt als die zulässige Strombelastbarkeit angeschlossen, so ist beim minimalen $I_{K \min}$ mit einer Berechnung nach 4.3.4.2 zu prüfen, ob die Leitung einwandfrei geschützt ist.

Aus Personenschutzgründen darf die Abschaltzeit t auf keinen Fall grösser sein als 5 s. Bei einer längeren Abschaltzeit und einem Kurzschluss auf den PEN- oder den Schutzleiter besteht sonst die Gefahr von zu lange anstehenden gefährlichen Berührungsspannungen.

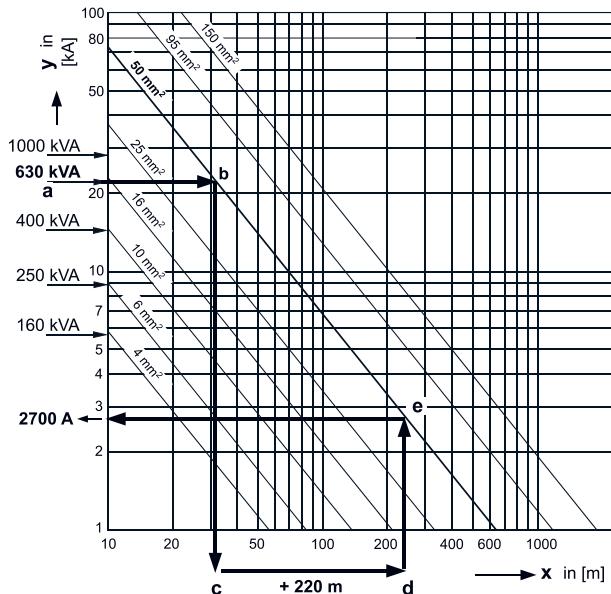
Beispiel 1a:

Bestimmung des unbeeinflussten Kurzschlussstroms.

Ein Transformator mit einer Bemessungsscheinleistung von 630 kVA 400 V speist über ein 220 m langes Anschlusskabel XKT 3x50/50 mm² ein Gebäude.

Mit Hilfe des Nomogramms ist der unbeeinflusste Kurzschlussstrom (I_{cp}) zu bestimmen.

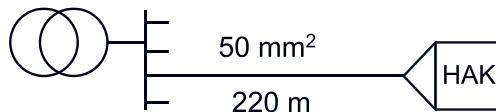
Bild 4.3.4.5.2.1 Nomogramm dreipolig



Der 630-kVA-Trafo erzeugt an den Abgangsklemmen einen Kurzschlussstrom von 22 kA ($U_k = 5\%$).

Bild 4.3.4.5.2.2 Leitung Trafo zum HAK

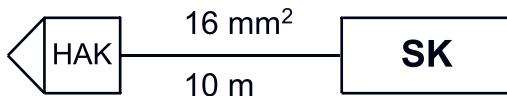
630 kVA



- a-b Vom Wert des 630-kVA-Trafos (22 kA) wird eine horizontale Linie bis zum Schnittpunkt mit der 50-mm²-Leiter-Linie gezogen.
- b-c Von diesem Schnittpunkt wird eine vertikale Linie bis zur horizontalen Leiterlängenachse gezogen. Die an diesem Punkt abgelesene Länge von 32 m ist fiktiv und dient als Zwischenwert. Zu diesem wird die Länge von 220 m des Anschlusskabels addiert ($32 \text{ m} + 220 \text{ m} = 252 \text{ m}$).
- c-d Von diesem Punkt wird eine vertikale Linie zur 50-mm²-Leiter-Linie gezogen.
- d-e Auf der vertikalen Achse kann der Kurzschlussstrom am Ende des Anschlusskabels abgelesen werden. Er beträgt 2.7 kA.

Beispiel 1b:

Vom Hausanschlusskasten wird über eine 10 m lange Kabelleitung 16 mm² eine Schaltgerätekombination (SK) eingespeist.

Bild 4.3.4.5.2.3 Leitung vom HAK zur SK

Auf dieselbe Art wie bei der Anschlussleitung wird mit Hilfe des Nomogramms die Reduktion des Kurzschlussstrom ermittelt. Er beträgt am Eingang der SK 2.4 kA.

(Diese Ermittlung ist im Nomogramm nicht eingetragen.)

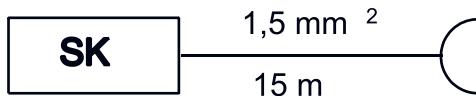
Beispiel 1c:

Ein PVC-Kabel wird von der SK zu einer Steckdose T13 verlegt. Die Leitungslänge beträgt 15 m, der Querschnitt 1.5 mm².

Innerhalb welcher Zeit muss der Kurzschlussstrom abgeschaltet werden, damit der Kurzschlusschutz sichergestellt ist?

Bei der Steckdose wird mit einem Schleifenwiderstandsmessgerät ein einpoliger Kurzschlussstrom von 410 A gemessen. In der Berechnung werden $\frac{3}{4} = 310$ A eingesetzt ($\frac{3}{4} I_{k1} = I_{k \text{ min}}$).

Bild 4.3.4.5.2.4 Leitung der SK zur Steckdose



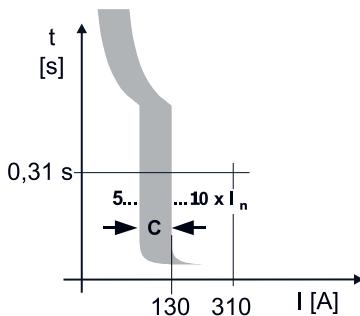
Die maximal zulässige Abschaltzeit beträgt:

$$t = \left(k \frac{S}{I_k} \right)^2 \quad \text{im Beispiel} \quad t = \left(115 \cdot \frac{1,5}{310} \right)^2 = 0,31 \text{ s}$$

Schutz mit Leitungsschutzschalter C 13:

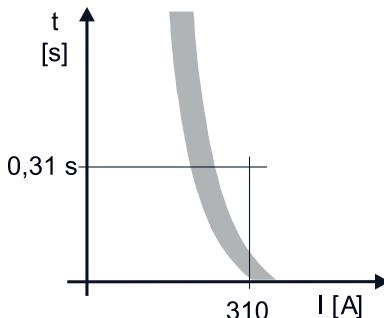
310 A > (10x13 A = 130 A): erfüllt

Bild 4.3.4.5.2.5 Charakteristik Leitungsschutzschalter Typ C



Kurzschlusschutz mit Schmelzeinsatz:

Wenn der Kurzschlusschutz mit einem Schmelzeinsatz erfolgen soll, muss der Schnittpunkt der 310-A-Linie mit der 0.31-s-Linie oberhalb der Auslösekennlinie des eingesetzten Schmelzeinsatzes liegen.

Bild 4.3.4.5.2.6 Charakteristik Schmelzeinsatz

Schutz mit Schmelzeinsatz:

Bei 310 A liegt der Schnittpunkt mit 0.31 s deutlich über der Abschmelzkurve: erfüllt

4.3.5 Koordination des Schutzes bei Überlast und Kurzschluss

Der Schutz bei Überlast und Kurzschluss kann durch eine gemeinsame Einrichtung oder durch getrennte Schutzeinrichtungen erfolgen.

Die Eigenschaften der Einrichtungen müssen so aufeinander abgestimmt sein, dass die Durchlassenergie der Schutzeinrichtungen zum Schutz bei Kurzschluss den Wert überschreitet, den die nachgeschaltete Schutzeinrichtung zum Schutz bei Überlast ohne Schaden aushalten kann.

4.3.6 Überstrombegrenzung durch die Art der Stromquelle

Leiter werden als bei Überlast- und Kurzschlussströmen geschützt angesehen, wenn sie aus einer Stromquelle versorgt werden, die keinen Strom zu liefern vermag, der die Strombelastbarkeit der Leiter überschreitet (z.B. bestimmte Klingeltransformatoren, bestimmte Schweisstransformatoren und dgl.).

4.4 Schutz gegen Überspannungen

Kapitel 4.4

E4.4	<i>Blitzschutzsysteme</i>
E4.4.1	<i>Überspannungs-Schutzkonzept</i>
E4.4.2	<i>Blitzschutzwicht</i>
E4.4.3	<i>Blitzschutzklassen</i>
E4.4.4	<i>Blitzschutzanlage</i>
E4.4.4.1	<i>Ableitungen</i>
E4.4.5	<i>Leitungsführung</i>
E4.4.5.1	<i>Trennungsabstand (Näherung)</i>
E4.4.6	<i>Von aussen eingeführte Leitungen</i>
4.4.3	<i>Schutz bei Überspannungen infolge atmosphärischer Einflüsse und von Schaltvorgängen</i>
4.4.3.1	<i>Allgemeines</i>
4.4.3.4	<i>Erforderliche Bernessungs-Stehstossspannung der Betriebsmittel</i>
4.4.4	<i>Massnahmen gegen elektromagnetische Einflüsse</i>
4.4.4.1	<i>Anwendungsbereich</i>
4.4.4.3	<i>TN-System</i>
4.4.4.5	<i>Erdung- und Potenzialausgleich</i>
4.4.4.6	<i>Getrennte Verlegung von Stromkreisen</i>
4.4.4.7	<i>Kabelmanagementsystem</i>

E4.4

Blitzschutzsysteme

Blitzschutzsysteme (Lighting Protection Systems, kurz LPS) müssen Bauten und Anlagen sowie die sich darin aufhaltenden Personen vor den Auswirkungen von Blitzschlägen schützen. LPS schützen jeweils ganze Gebäude, ausser wenn zusammengebaute Gebäude durch Brandmauern getrennt sind. Für den Schutz von Einrichtungen sind zusätzliche Massnahmen erforderlich.



SEV 4022 Blitzschutzsysteme

LPS müssen den Blitzstrom auf ungefährlichen Bahnen in die Erde leiten. Sie bestehen aus dem

- äusseren *Blitzschutz* mit Fangeinrichtungen, Ableitungen und Erdungsanlage;
- inneren *Blitzschutz* mit Überspannungsschutz, Schutz- und Potenzialausgleich.

Auch bei fernen Blitzeinschlägen können in elektrischen Hausinstallationen gefährliche Überspannungen und Durchschläge auftreten. Dies geschieht aufgrund von Einkoppelungen durch die in ein Gebäude eingeführten elektrischen Leitungen. Durch den Netznachfolgestrom, der über die Durchschlagstelle fliesst, kann ein Lichtbogen entstehen, der zu einem Brand führen kann.

4.4 Schutz gegen Überspannungen

Die Überspannungen können ausserdem Personen gefährden.

5.3.4 Überspannungs-Schutzeinrichtungen

Entsprechend dem Gefährdungsrisiko infolge blitzbedingter Überspannungen sind alle von aussen in das Gebäude eingeführten Leitungen mit einer entsprechenden Überspannungs-Schutzeinrichtung zu beschalten. Metallene Rohrleitungen und Kabelbewehrungen müssen unter Berücksichtigung des Fundamenterders in den Schutz-Potenzialausgleich miteinbezogen werden.

E4.4.1 Überspannungs-Schutzkonzept

Bei der Wahl der Überspannungs-Schutzeinrichtung ist auf ein ausreichendes Blitzstromableitvermögen zu achten. Von einem unkoordinierten Einsatz von Überspannungs-Schutzeinrichtungen ist dringend abzuraten. Für umfangreiche Anlagen, bei denen insbesondere auch der Schutz von elektronischen Geräten sichergestellt werden muss, ist ein entsprechendes Überspannungs-Schutzkonzept zu erstellen. Wie wirksam die Überspannungs-Schutzeinrichtung ist, wird dadurch mitbestimmt, ob die Anordnung und Verdrahtung aus Sicht der EMV (Elektromagnetischen Verträglichkeit) korrekt ist. Allfällige Angaben der Hersteller der Überspannungs-Schutzeinrichtung bezüglich Anordnung und maximal zulässiger Vorsicherung sind zu beachten.

5.3.4 Überspannungs-Schutzeinrichtungen

4.4.3 Schutz bei Überspannungen

E4.4.2 Blitzschutzwicht

Die Blitzschutzwicht (Tabelle E4.4.2.1) wird eidgenössisch und/oder kantonal (Brandschutzbehörde) geregelt. LPS sind je nach Personenbelegung, Geschosszahl, Bauart, Lage, Ausdehnung und Nutzung vorzusehen. Die Kontrollperioden liegen zwischen 3 und 10 Jahren, abhängig von der Blitzschutzklasse.

4.4 Schutz gegen Überspannungen

Tabelle E4.4.2.1 Blitzschutzwichtige Gebäude, Blitzschutzklassen, Kontrollperioden

Blitzschutzanlage	Blitzschutz-klasse	Kontrollperiode Jahre
Bauten mit Räumen mit grosser Personenbelegung	II	10
Beherbergungsbetriebe	II	10
besonders hohe Bauwerke	II, III	10
Bauten brennbarer Bauart mit einem umbauten Rauminhalt von mehr als 3000 m ³	III	10
grössere landwirtschaftliche Ökonomie- und Betriebsbauten ($\geq 3000 \text{ m}^3$)	II, III	10
Industrie- und Gewerbegebäuden mit gefährdeten Bereichen	I, II	3–10
Behälter für feuer- oder explosionsgefährliche Stoffe	I	3
Bauten und Anlagen mit wichtigen öffentlichen Kommunikationssystemen	I, II	5–10
Bauten und Anlagen an exponierten topografischen Lagen	I, II, III	3–10

E4.4.3 Blitzschutzklassen

Je nach Art des zu schützenden Objekts werden unterschiedliche Anforderungen an die Fangeinrichtungen und die Ableitungen gestellt. SEV 4022 unterscheidet gemäss Tabelle E4.4.3.1 drei Blitzschutzklassen:

- I sehr hohe Anforderungen
- II hohe Anforderungen
- III normale Anforderungen



SEV 4022 Blitzschutzsysteme

Tabelle E4.4.3.1 Höchstwerte der Maschenweite, des Blitzkugelradius und des Schutzwinkels bezüglich der Blitzschutzklasse

LPS Blitzschutzklasse	Maschenweite	Radius der Blitzkugel	Schutzwinkel Fangeinrichtung α°	Abstand zwischen Ableitungen
I	5 × 5 m	20 m		10 m
II	10 × 10 m	30 m		10 m
III	15 × 15 m	45 m		45 m

- Maschenweite: Abstand der Leiter des Faraday-Käfigs
- Abstand zwischen den Ableitungen: Ableiter sind die Verbindungsleitungen zum Erder.
- Schutzwinkel α der Fangeinrichtung: Innerhalb des Schutzwinkels α sind Objekte geschützt. Der Schutzwinkel α ist von der Blitzschutzklasse und der Höhe H der Fangeinrichtung abhängig.
- Radius der Blitzkugel: Das Blitzkugelverfahren kommt bei komplexen Anlagen in Frage, wenn das Schutzwinkelverfahren nicht angewendet werden kann.



SEV 4022 Blitzschutzsysteme

E4.4.4 Blitzschutzanlage

Eine funktionstüchtige Blitzschutzanlage kann nicht aus einzelnen Teilen bestehen, sondern gilt immer als ganze Einheit. Daher werden zwingend ganze Gebäude oder Gebäudekomplexe geschützt, sofern diese nicht durch Brandmauern getrennt sind.

 SEV 4022 Blitzschutzsysteme

4.4.3 Schutz bei Überspannungen

Eine Blitzschutzanlage besteht aus dem

- äusseren Blitzschutz, der die Blitze «einfängt», den Blitzstrom zur Erde ableitet und in der Erde so verteilt, dass keine Brandgefahr entsteht und keine gefährlichen elektrischen Effekte für Personen und Sachen eintreten. Dazu gehören
 - die Fangeinrichtung, als Faraday-Käfig mit sehr grobmaschiger äusserer Nachbildung der Gebäudekontur, meist aus verzinktem Stahl oder Kupfer. Sie besteht meist aus einer Firstleitung und/oder Leitungen auf der Dachfläche und allenfalls Fangstangen.
 - Ableiter, die von den Fangeinrichtungen an oder in den Gebäudewänden senkrecht nach unten zur Erdungsanlage führen. Sie sollten in gleichmässigem Abstand verteilt sein und eine direkte Fortsetzung der Fangleitungen bilden.
 - die Erdungsanlage mit einer gut zugänglichen Messstelle bei jedem Anschluss an den Erder, ausgenommen bei verdeckten Ableitungen in Verbindung mit Fundamenterdern.
- inneren Blitzschutz mit
 - Schutz-Potenzialausgleich
 - Überspannungsschutz mit Blitzstromableitern bei der Hauseinführung, Überspannungs-Ableitern bei den Unterverteilungen und zusätzlichen Überspannungs-Ableitern direkt vor empfindlichen Geräten.

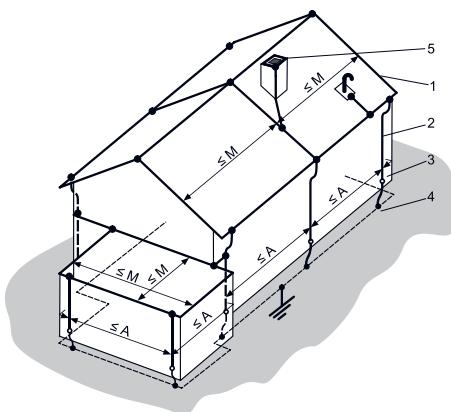
Die Detailausführung der einzelnen Massnahmen hängt von der Bauart und der Nutzung des Gebäudes ab. In der Praxis hat sich aufgrund des Bauablaufs bei Neubauten das folgende Vorgehen bewährt:

- Der Erder wird durch den Elektrounternehmer bis zum Übergabepunkt für den äusseren Blitzschutz montiert. Dabei dürfen die Erder von Starkstromanlagen auch für den Blitzschutz verwendet werden. Insbesondere ist der Blitzschutz mit dem Schutz-Potenzialausgleichsleiter zu verbinden. Dieser darf allerdings nicht als Erdungsleiter der Blitzschutzanlage benutzt werden. Wenn immer möglich sollte der Fundamenteerde als Erder für die Blitzschutzanlage verwendet werden.

5.4.2.1.1 Erdungsanlagen**E4.4.4.1 Ableitungen**

Die Ableitungen sind gemäss Bild E4.4.4.1.1 so anzubringen, dass sie auf dem kürzesten Weg mit der Erdungsanlage verbunden sind und eine direkte Fortsetzung der Fangeinrichtung bilden.

Bild E4.4.4.1.1 LPS für ein Wohnhaus mit Flachdach-Anbau

**Legende**

- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1 | Fangeinrichtung |
| 2 | Ableitung |
| 3 | lösbare Verbindung (Messstelle) |
| 4 | Erdungsanlage (Fundamenterder) |
| 5 | Fangkranz |
| M | max. Maschenweite |
| A | max. Abstand zwischen Ableitungen |

Die Anzahl der Ableitungen ergibt sich aus den zulässigen Abständen zwischen den Ableitungen in Abhängigkeit der Schutzklasse. Die Ableitungen sollten gleichmässig auf den Umfang verteilt werden. Wenn möglich sollte an jeder ungeschützten Ecke des Gebäudes eine Ableitung angebracht werden. In jedem Fall sind mindestens zwei Ableitungen zu erstellen.

E4.4.5 Leitungsführung

Blitzströme betragen bis >200 kA und dauern einige hundert μ s. Anschliessend können Folgeströme fliessen. Diese Ströme haben starke Magnetfeldänderungen in kurzer Zeit zur Folge. Dadurch können allenfalls sehr hohe Induktionsspannungen (bis >100 kV) in benachbarten Leitungen entstehen. Daher sind grossflächige Schlaufeneinbauten zwischen blitzstromführenden Leitungen und anderen metallischen Leitungen zu vermeiden.

E4.4.5.1 Trennungsabstand (Näherung)

Bei einem Blitzeinschlag in Fangeinrichtungen oder Ableitungen besteht die Gefahr, dass die Installation oder damit verbundene elektrisch leitfähige Teile durch Überspannung gefährdet werden. Zwischen ihnen und den Teilen der LPS ist deshalb ein Trennungsabstand s anzustreben (Bild E4.4.5.1.2).

 4.2.2.3 Berechnung des Trennungsabstands

 SEV 4022 Art. 7.4 Blitzschutzsysteme

Der Trennungsabstand s ist zwingend einzuhalten bei Anlagen in feuer- und explosionsgefährdeten Bereichen und in Räumen mit technisch empfindlichen Einrichtungen. In Bauten aus bewehrtem Beton, in Stahlskelettbauten oder in Bereichen mit leitend durchverbundenen Metallfassaden kann hingegen darauf verzichtet werden.

Trennungsabstand

$$s = k \cdot \frac{n_0}{n} \cdot A$$

s Trennungsabstand in Metern

k Faktor gemäss Tabelle 3.6.5.1a

n_0 Gebäudeumfang (m)
 x_n

x_n Abstand der Ableitungen gemäss Tabelle 4.4.5.1a

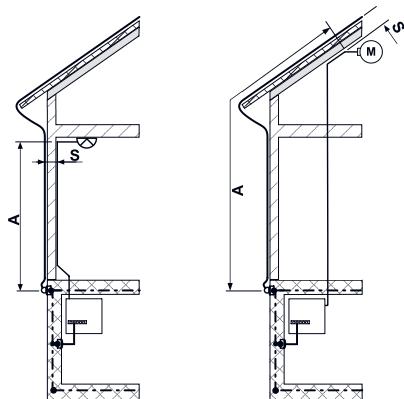
n Anzahl der vorhandenen Ableitungen

A Länge entlang der Fangeinrichtung oder der Ableitung von dem Punkt, an dem der Trennungsabstand ermittelt werden soll, bis zum nächstliegenden Punkt des Schutzpotenzialausgleichs

Tabelle E4.4.5.1.1 Faktoren k und x_n für die Berechnung des Trennungsabstands in Abhängigkeit der Blitzschutzklassen I bis III

Blitzschutzkasse	k	x_n
I	0.08	10
II	0.06	10
III	0.04	15

Bild E4.4.5.1.2 Trennungsabstand (Näherung)



Legende

- A Länge entlang der Fangeinrichtung oder der Ableitung von dem Punkt, an dem der Trennungsabstand s ermittelt werden soll, bis zum nächstliegenden Punkt des Schutz-Potenzialausgleichs
- s Trennungsabstand

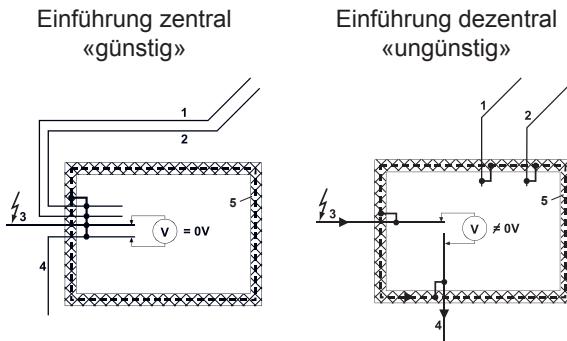
E4.4.6 Von aussen eingeführte Leitungen

Alle von aussen eingeführten elektrischen und nicht elektrischen metallenen Leitungen sollten wenn möglich zentral an ein- und derselben Stelle in den Schutzbereich des Gebäudes eingeführt werden (Bild E4.4.6.1). Metallene Kabelmäntel und andere auf Erdpotenzial befindliche Leiter sind an dieser Stelle untereinander und mit dem Erder (Fundamenteerde) zu verbinden. Fließt über eine Leitung Blitzstrom zu, so fließt dieser nicht durch das ganze Gebäude, sondern verteilt sich über verschiedene Leiter. Mit diesen Massnahmen können Leiterschläufen und damit induktive Kopplungen und Überspannungen minimiert werden.



SEV 4022 Art. 7.6 Blitzschutzsysteme

Bild E4.4.6.1 Von aussen eingeführte metallene Leitungen



Legende

- 1 Telefonleitung
- 2 Niederspannungseinspeisung
- 3 Kabelfernsehen
- 4 Wassereinführung
- 5 Erdungsanlage, z.B. Fundamenteerde

4.4.3 Schutz bei Überspannungen infolge atmosphärischer Einflüsse und von Schaltvorgängen

4.4.3.1 Allgemeines

- .1 Überspannungen können infolge atmosphärischer Einflüsse, die über das Stromversorgungsnetz übertragen werden, und infolge von Schaltvorgängen entstehen. Im zweiten Fall sind die Überspannungen meist niedriger, weshalb die Massnahmen für den Schutz bei Überspannungen infolge atmosphärischer Einflüsse normalerweise den Schutz bei Überspannungen infolge von Schaltvorgängen mit abdecken.

Auch bei fernen Blitzeinschlägen können in elektrischen Hausinstallationen infolge galvanischer Einkoppelungen durch die in ein Gebäude eingeführten elektrischen Leitungen gefährliche Überspannungen auftreten. Diese können zu Isolationsdurchschlägen innerhalb der Installationen führen. Durch den über die Durchschlagstelle fliessenden Netznachfolgestrom kann ein Lichtbogen bestehen bleiben, der zu einem Brand führen kann. Die blitzbedingten Überspannungen können auch Personen erheblich gefährden. Entsprechend dem Gefährdungsrisiko infolge blitzbedingter Überspannungen sind alle von aussen in das Gebäude eingeführten Leitungen mit entsprechenden Überspannungsschutzeinrichtungen zu beschalten. Metallene Medienleitungen und metallene Kabelbewehrungen sind unter Berücksichtigung des Fundamenterders niederimpedant in den Potenzialausgleich miteinzubeziehen.

4.4.3.3.1 Systemeigene Beherrschung von Überspannungen

Wird eine Anlage von einem vollständig in der Erde verlegten Niederspannungsnetz versorgt (keine Freileitungen), reicht die Spannungsfestigkeit der Betriebsmittel aus. Daher ist kein besonderer Schutz bei Überspannungen atmosphärischen Ursprungs notwendig. Wird eine Anlage über Niederspannungs-Freileitungen versorgt, ist ein Schutz bei Überspannungen gemäss NIN zu erstellen.

4.4 Schutz gegen Überspannungen**4.4.3.3.2 Beherrschung der Überspannungen durch Schutzeinrichtungen****.1 Abgestützt auf Bedingungen der äusseren Einflüsse**

Wenn eine Anlage durch Niederspannungs-Freileitungen versorgt wird oder Freileitungen enthält und der kerau-nische Pegel in der betrachteten Gegend grösser ist als 25 Gewittertage pro Jahr (Umgebungsbedingung AQ2: >25 Gewittertage pro Jahr), ist ein zusätzlicher Schutz bei Überspannungen atmosphärischen Ursprungs gefordert.

.2 Abgestützt auf eine Risikoanalyse

Das allgemeine Verfahren der Risikoanalyse ist aufwen-dig. Für die einfache Umsetzung wurde eine wesentliche Vereinfachung des Verfahrens vereinbart. Das verein-fachte Verfahren der Risikoanalyse ist abgestützt auf die Längen der ankommenen Versorgungsleitungen und das Ausmass der Auswirkungen von Überspannungen.

Bezüglich der Schutzniveaus werden die folgenden Auswirkungen unterschieden:

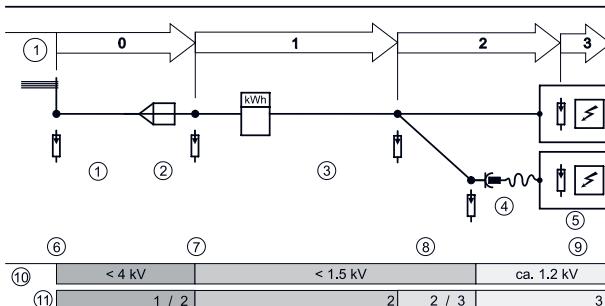
- a) Auswirkungen in Bezug auf das menschliche Leben, z.B. Anlagen für Sicherheitszwecke, medizinische Betriebsmittel in Krankenhäusern;
- b) Auswirkungen in Bezug auf öffentliche Einrichtungen, z.B. Ausfall von öffentlichen Diensten, Telekommunikationszentren, Museen;
- c) Auswirkungen in Bezug auf Gewerbe- oder Industrieaktivitäten, z.B. Hotels, Banken, Industriebetriebe, Gewerbemärkte, Bauernhöfe;
- d) Auswirkungen auf Ansammlungen von Personen, z.B. grosse Wohngebäude, Kirchen, Büros, Schulen;
- e) Auswirkungen auf Einzelpersonen, z.B. kleine und mit-telgrosse Wohngebäude, kleine Büros.

Sind Auswirkungen entsprechend den Fällen a) bis c) zu erwarten, muss der Schutz bei Überspannung vorgesehen werden.

4.4.3.4 Erforderliche Bemessungs-Stehstossspannung der Betriebsmittel

Die Betriebsmittel müssen einer Bemessungs-Stehstossspannung gemäss Bild 4.4.3.4.1 standhalten.

**Bild 4.4.3.4.1 Übersicht Koordination
Überspannungsableiter**



Legende

- 1 Anschlussleitung
- 2 Anschlussüberstromunterbrecher
- 3 Schaltgerätekombination (Haupt- / Unterverteilung)
- 4 Anschluss
- 5 Gerät
- 6 Überspannungsableiter (Freileitung)
- 7 Blitzstromableiter (Grobschutz)
- 8 Überspannungsschutz (Mittelschutz)
- 9 Geräteschutz (Feinschutz)
- 10 Schutzwert
- 11 Typ

Bei der Wahl der Überspannungs-Schutzeinrichtungen ist auf ein genügendes Blitzstromableitvermögen zu achten. Von einem unkoordinierten Einsatz von Überspannungs-Schutzeinrichtungen ist dringend abzuraten. Für umfangreiche Anlagen, bei denen insbesonders auch der Schutz von elektronischen Geräten sichergestellt werden muss, ist ein entsprechendes Überspannungs-Schutzkonzept zu erstellen. Die Wirksamkeit der Überspannungs-Schutzeinrichtungen wird in einem ganz wesentlichen Mass durch eine aus der Sicht der EMV (Elektromagnetischen Verträglichkeit) korrekten Anordnung und Verdrahtung bestimmt. Allfällige Instruktionen der Hersteller der Überspannungs-Schutzeinrichtungen bezüglich Anordnung und maximal zulässiger Vorsicherung sind zu beachten.

4.4.4 Massnahmen gegen elektromagnetische Einflüsse

4.4.4.1 Anwendungsbereich

Dieses Unterkapitel enthält Anforderungen und Empfehlungen für die Vermeidung oder Reduzierung elektromagnetischer Störungen und richtet sich an Architekten und Planer, Errichter und Instandhalter elektrischer Anlagen.

Elektromagnetische Einflüsse (EMV) stören oder beschädigen:

- Kommunikationsanlagen
- Rundfunkanlagen
- Gebäudesystemtechnik
- Prozessüberwachung, -steuerung und -automatisierung

Elektromagnetische Ereignisse, die Überspannungen hervorrufen können, sind:

- Blitzeinwirkungen
- Schaltvorgänge
- Kurzschlüsse

Diese Wirkungen können auftreten,

- wo grossflächige Leiterschleifen vorhanden sind,
- wo unterschiedliche elektrische Kabel- und Leitungssysteme gemeinsam verlegt sind,
- wo Stromversorgungskabel und -leitungen grosse Ströme mit einem hohen Anstiegswert (di/dt) führen.

Dieser Unterabschnitt legt Anforderungen und Empfehlungen für die Verminderung und/oder Vermeidung von elektromagnetischen Störungen fest. Sie gelten nicht für die öffentliche Stromversorgung.

4.4.4.1 Quellen elektromagnetischer Störungen

Empfindliche elektrische Betriebsmittel sollen nicht in der Nähe von Quellen starker elektromagnetischer Felder angeordnet werden. Solche Quellen sind z.B.:

- Schaltgeräte für induktive Lasten
- Elektromotoren
- Leuchtstofflampen
- Schweißmaschinen
- Gleichrichter
- Schaltnetzteile
- Frequenzumrichter (z.B. Wechselrichter) und Regler

4.4 Schutz gegen Überspannungen

- Kompensationsanlagen
- Aufzüge
- Transformatoren
- Schaltanlagen
- Leistungsverteiler mit Stromschienen

4.4.4.4.2 Massnahmen zu Reduzierung elektromagnetischer Störungen

Die folgenden Massnahmen reduzieren elektromagnetische Störungen:

- a) Überspannung-Schutzeinrichtungen und/oder Filter für elektrische Betriebsmittel
- b) leitfähige Mäntel von Kabeln und Leitungen (z.B. Armierungen, Schirme) mit der Potenzialausgleichsanlage verbinden
- c) Induktionsschleifen vermeiden durch gemeinsame Verlegewege
- d) Leistungs- und Signalkabel getrennt verlegen und rechtwinklig kreuzen
- e) Kabel und Leitungen mit konzentrischen Schutzleitern verwenden
- f) symmetrischen Mehraderkabel und -leitungen für die Verbindungen zwischen Umrichtern und Motoren bei frequenzgesteuerten Antrieben verwenden
- g) Signal- und Datenkabel entsprechend den EMV-Anforderungen in den Betriebsanleitungen der Hersteller verwenden
- h) bei Blitzschutzsystem Mindestabstände einhalten
- i) Fehlerströmen in Schirmen von Datenleitungen vermeiden
- l) niederimpedante Potenzialausgleichsverbindungen verwenden; diese so kurz wie möglich halten und geeignete Querschnittsform wählen (z.B. geflochtenes Metallband mit einem Verhältnis Breite zu Dicke von 5:1)

4.4.4.3 TN-System

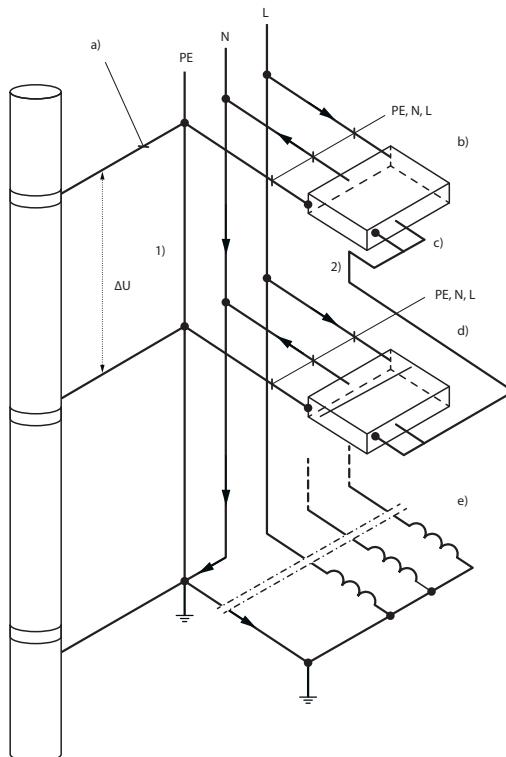
In neu errichteten Gebäuden, in denen eine wesentliche Anzahl von informationstechnischen Betriebsmittel vorhanden sind, muss das System TN-S ab der Einspeisung angewendet werden.

In bestehenden Gebäuden wird empfohlen, das System TN-C nicht beizubehalten.

4.4 Schutz gegen Überspannungen

In einem TN-C-System fliest der Strom zum Teil durch die Schirme oder die entsprechenden Leiter der Signalkabel, durch Körper (eines elektrischen Betriebsmittels) und fremde leitfähige Teile, wie z.B. Metallteile der Gebäudekonstruktion. In bestehenden Anlagen nach System TN-C-S sollten Signal- und Datenleiterschleifen vermieden werden.

Bild 4.4.4.3.1 Vermeidung von Neutralleiterströmen in miteinander verbundenen fremden leitfähigen Teilen einer Konstruktion



Legende

- a) Potenzialausgleichsleiter, wenn notwendig
- b) Betriebsmittel 1
- c) Signal- oder Datenkabel
- d) Betriebsmittel 2
- e) Stromversorgung
- 1) Spannungsfall Δ_u ist im bestimmungsgemäßen Betrieb Null
- 2) Induktionsschleife die durch Signal- oder Datenleitungen gebildet wird

4.4 Schutz gegen Überspannungen**4.4.4.4.8 Versorgungseinrichtungen, die in ein Gebäude eingeführt werden**

Metallrohre (z.B. für Wasser, Gas oder Fernwärme) und Stromversorgungs- und Datenkabel sollten wenn möglich an derselben Stelle in das Gebäude eingeführt werden.

Metallrohre und metallene Armierungen von Kabeln müssen niederimpedant mit der Haupterdungsschiene verbunden sein.

4.4.4.4.10 Innerhalb von Gebäuden

Folgende Massnahmen können bei Problemen durch elektromagnetischer Beeinflussung zu einer Verbesserung führen:

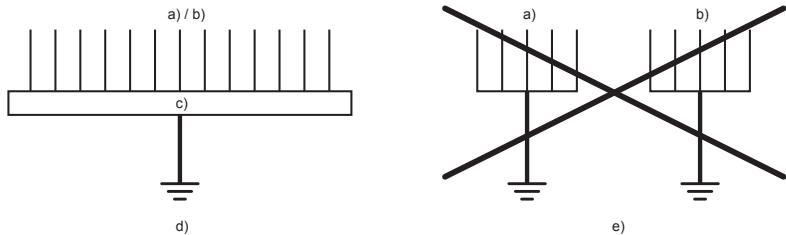
- Metallfreie Glasfaserverbindungen für Signal- und Datenstromkreise
- Betriebsmittel der Schutzklasse II
- Verwendung von Trenntransformatoren

4.4.4.5 Erdung- und Potenzialausgleich

Alle Schutz- und Funktionserdungsleiter innerhalb einer Anlage müssen an die Haupterdungsschiene angeschlossen werden. Schutz- und Funktions-Potenzialausgleichsleiter müssen einzeln mit der Haupterdungsschiene so verbunden werden, dass die Verbindungen aller anderen Leiter sichergestellt bleiben, wenn ein Leiter getrennt wird.

Darüber hinaus müssen alle dem Gebäude zugehörigen Erdungsleiter, d. h. Schutzerdung- und Funktionserdungsleiter, miteinander verbunden sein. Im Fall mehrerer Gebäude, bei denen eine Verbindung zwischen den Erdern nicht möglich oder nicht praktikabel ist, wird empfohlen, eine galvanische Trennung der Kommunikationsnetze anzuwenden, z.B. durch Verwenden von Glasfaserverbindungen.

4.4 Schutz gegen Überspannungen

Bild 4.4.4.5.1 Miteinander verbundene Erder**Legende**

- a) Schutz- und Funktionserdungsleiter
- b) Haupterdungsschiene
- c) miteinander verbundene Erder
- d) Schutzerder
- e) Funktionserder
- f) getrennte Erder

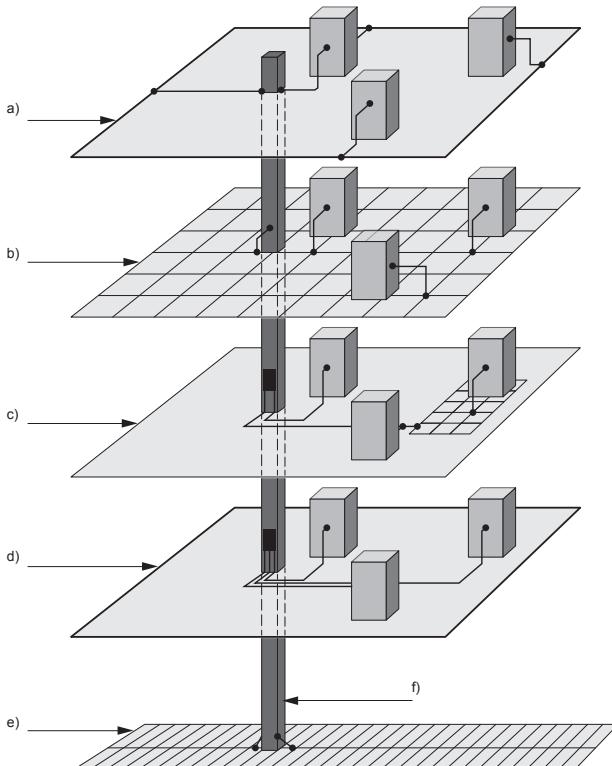
In Wohnbauten kann die Verwendung einer sternförmig errichteten Potenzialausgleichsanlage ausreichend sein.

Für gewerbliche, industrielle und ähnliche Gebäude, in denen sich eine Vielzahl elektronischer Anwendungen im Einsatz befindet, ist ein gemeinsam vermaschtes Potenzialausgleichssystem von Vorteil, um die EMV-Anforderungen der verschiedenen Bauarten von Betriebsmitteln zu erfüllen. Je nach Wichtigkeit und Empfindlichkeit der Betriebsmittel kommen verschiedene Netzstrukturen für Potenzialausgleichs- und Erdleiter zur Anwendung.

Für mehrstöckige Gebäude wird empfohlen, auf jeder Etage eine Potenzialausgleichsanlage zu errichten. Die Potenzialausgleichsanlagen zwischen den verschiedenen Stockwerken sollten mindestens zweimal durch Leiter untereinander verbunden sein.

4.4 Schutz gegen Überspannungen

Bild 4.4.4.5.2 Beispiele von Potenzialausgleichsanlagen in einem Gebäude ohne äusseres Blitzschutzsystem

**Legende**

- a) Potenzialausgleichsnetzwerk durch geschlossene Leiterschleife (BRC)
- b) Vermaschtes sternförmiges Verbindungsnetzwerk
- c) Mehrfachverbindung vermaschtes, sternförmiges Netzwerk
- d) Sternförmiges Netzwerk der Schutzleiter
- e) Fundamenterder
- f) Metallenes Konstruktionsteil des Gebäudes

4.4.4.6 Getrennte Verlegung von Stromkreisen

Schutzmassnahmen für den Schutz gegen elektrischen Schlag und der Trennung von elektrischen Stromkreisen muss den Bestimmungen der NIN entsprechen. Die elektrische Sicherheit und die elektromagnetische Verträglichkeit können unterschiedliche Anforderungen

4.4 Schutz gegen Überspannungen

im Bezug auf elektrische Trennung durch Abstand oder durch mechanische Abtrennung ergeben. Die elektrische Sicherheit hat immer Vorrang.

Körper (eines elektrischen Betriebsmittels) von Kabel- und Leitungssystemen, z.B. Kabelkanäle, Befestigungsteile und Abtrennungen, müssen entsprechend den Anforderungen für den Fehlerschutz geschützt sein.

Die Anforderungen der einzelnen Systeme von informationstechnischen Kabeln und Leitungen und ihre vorgesehene Verwendung sind zu berücksichtigen.

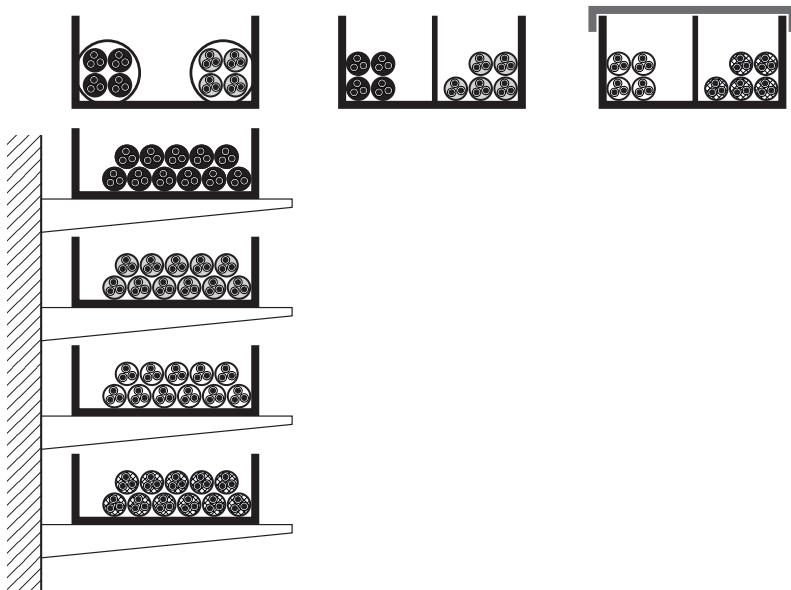
Sind diese Angaben nicht bekannt, ist ein Mindestabstand zwischen Leistungskabeln und -leitungen und informationstechnischen Kabeln und Leitungen in Luft von 200 mm einzuhalten. Dieser Abstand kann verringert werden, wenn metallene Hindernisse oder Umhüllungen verwendet werden.

Die Mindestanforderungen an die Trennung durch Abstand gilt dreidimensional. Wo informationstechnische Kabel und Leitungen und Leistungskabel und -leitungen sich kreuzen müssen, muss an der Stelle ihrer Kreuzung ein Winkel von 90° in jede Richtung eingehalten werden.

Zur Vermeidung von elektromagnetischen Störungen sollten:

- Leistungskabel und -leitungen und informationstechnische Kabel und Leitungen nicht im selben Kabelbündel zusammengefasst sein;
- einzelne Kabelbündel elektromagnetisch durch Abstand und Trennsteg e voneinander getrennt sein.

Bild 4.4.4.6.1 Beispiel für Trennung und mechanische Abtrennung



Die Reihenfolge der Anordnung der Tragesysteme kann variieren.

- gebündelt (z.B. Kabel)
- Deckel

Legende

- Stromversorgungskabel und -leitung
- Informationstechnische Kabel
- Hilfsstromkreis (z.B. Feueralarm, Türöffner)
- ⊗ empfindliche Stromkreise (z.B. Messung oder Instrumentierung)

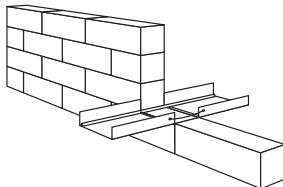
4.4.4.7 Kabelmanagementsystem

Speziell für elektromagnetische Verträglichkeit entwickelte oder konstruierte metallene oder aus Verbundwerkstoffen bestehende Kabelmanagementsysteme müssen immer an beiden Enden an das örtliche Potenzialausgleichssystem angeschlossen werden. Bei Verlegewegen > 50 m sind zusätzliche Verbindungen mit dem Potenzialausgleichssystem empfohlen.

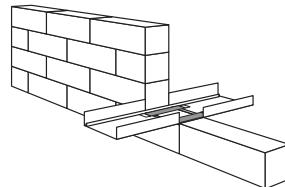
4.4 Schutz gegen Überspannungen

Alle Verbindungen müssen so kurz wie möglich sein und niederimpedant. Die Durchgängigkeit durch wirksame Verbindungen zwischen benachbarten Bauteilen muss sichergestellt werden.

Bild 4.4.4.7.1 Unterbrechung metallener Kabelmanagement-System (z.B. bei Brandschottungen)



ungeeignet



geeignet

4.5 Schutz gegen Unterspannung

Kapitel 4.5

4.5.1 Allgemeine Anforderungen

4.5.1 Allgemeine Anforderungen

- .1 Wenn ein Spannungseinbruch oder ein Spannungsausfall mit anschliessender Spannungswiederkehr eine Gefahr für Personen oder Sachen darstellen kann, sind geeignete Abhilfemaßnahmen zu treffen. Solche Massnahmen sind auch zu treffen, wenn durch den Spannungseinbruch Teile der elektrischen Anlage oder einzelne Betriebsmittel beschädigt werden können.

Sofern keine Gefahr für Personen besteht, kann auf Unterspannungs-Schutzeinrichtungen verzichtet werden, wenn gleichzeitig das Risiko einer Beschädigung der elektrischen Anlage oder einzelner Betriebsmittel als tragbar erachtet wird.

- .2 Es dürfen zeitverzögerte Unterspannungs-Schutzeinrichtungen verwendet werden, wenn der Betrieb des zu schützenden Betriebsmittels eine kurze Spannungsunterbrechung oder einen kurzen Spannungseinbruch gefahrlos gestattet (z.B. Widerstandsheizungen).
- .3 Wird ein Schutz verwendet, darf eine Abfall- oder Anzugsverzögerung die sofortige Abschaltung durch Steuer- oder Schutzeinrichtungen nicht verhindern.
- .4 Eine automatische Wiedereinschaltung durch die Schutzeinrichtung darf nur dann erfolgen, wenn keine Gefahr für Personen und Sachen besteht.

4.6 Trennen und Schalten

Kapitel 4.6

- 4.6.1 Allgemeines
- 4.6.1.1 Massnahmen
- 4.6.1.2 Spezielle Bedingungen für PEN-, Schutz- und Neutralleiter
- 4.6.2 Trennen
- 4.6.2.1 Trennstelle
- 4.6.2.2 Unbeabsichtigtes Unter-Spannung-Setzen
- 4.6.2.3 Mehrere Stromkreise
- 4.6.3 Schalten für Wartungsarbeiten
- 4.6.3.1 Wartung bei Verletzungsrisiko
- 4.6.3.2 Unbeabsichtigtes Wiedereinschalten
- 4.6.3.3 Anlagen mit sonstigen Gefahren
- 4.6.4 Not-Aus und Not-Halt
- 4.6.5 Betriebsmässiges Schalten
- 4.6.5.1 Allgemeines
- 4.6.5.2 Steuerstromkreise (Hilfsstromkreise)
- 4.6.5.3 Motorsteuerungen

4.6.1 Allgemeines

Trennen erfolgt in der Regel mit einem einzigen Werkzeug und setzt darum sachverständiges Personal voraus. Eine Trennung erfolgt typischerweise bei einer Isolationsmessung.

Schalten kann auch durch Laien erfolgen.

4.6.1.1 Massnahmen

Gemäss den beabsichtigten Funktionen muss jede zum Trennen oder Schalten von Aussenleitern vorgesehene Vorrichtung den einschlägigen Anforderungen für Trenn- und Schaltgeräte entsprechen.

5.3.7 Einrichtungen zum Trennen und Schalten

Die in diesem Kapitel beschriebenen Massnahmen ersetzen die Schutzmassnahmen nicht.

4.6.1.2 Spezielle Bedingungen für PEN-, Schutz- und Neutralleiter

4.6.1.2.1 Trennen und Schalten des PEN-Leiters

- .1 Im PEN-Leiter darf nur beim Anschlussüberstromunterbrecher eine Trennvorrichtung angeordnet werden.
- .2 Im PEN-Leiter darf keine Schalteinrichtung angeordnet werden.

4.6.1.2.2 Trennen und Schalten des Schutzeiters

- .1 Der Schutzeiter darf an keiner Stelle getrennt oder geschaltet werden, ausgenommen bei Steckvorrichtungen.

4.6.1.2.3 Trennen und Schalten des Neutralleiters

- .1 Der Neutralleiter muss dort trennbar sein, wo eine Anlage spannungslos gemacht werden muss, z. B bei einer Überstrom-Schutzeinrichtung.
 - 2.2.1.38 Die Trennstelle muss mit einem einzigen Werkzeug zu bedienen sein.
- .2 In Anlagen nach TN-S darf der Neutralleiter geschaltet werden, wenn die zugehörigen Außenleiter gleichzeitig bzw. vor-/nacheilend geschaltet werden.

4.6.5.1.2 Schalten aktiver Leiter

- .4 Das Schalten des Neutralleiters ist in Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) für schutzgeschaltete Anlagen erforderlich.
- .5 In Installationen, in denen der Neutralleiter geschaltet werden muss, ist die Schaltvorrichtung so auszubilden, dass der Neutralleiter zusammen mit den dazugehörigen Außenleitern geschaltet wird.

4.6.2 Trennen

4.6.2.1 Trennstelle

- .1 An einer Trennstelle muss es möglich sein, alle aktiven Leiter galvanisch zu unterbrechen.
- .2 Die Anlagen müssen an folgenden Stellen trennbar sein:
 - beim Anschlussüberstromunterbrecher
 - bei der Bezügerüberstrom-Schutzeinrichtung
 - bei allen von einer Schaltgerätekombination abgehenden Stromkreisen
- .3 Ein Neutralleitertrenner muss an folgenden Punkten eingebaut sein:
 - im PEN-Leiter:
 - beim Anschlussüberstromunterbrecher
 - im Neutralleiter:
 - beim Anschlussüberstromunterbrecher
 - bei der Bezügerüberstrom-Schutzeinrichtung
- .4 bei der Auflösung von System TN-C in TN-S

In Schaltgerätekombinationen mit PEN-Schiene darf beim Übergang vom System TN-C in das System TN-S eine Spezialklemme verwendet werden.

Ein Neutralleitertrenner oder eine Spezialklemme sind für alle anderen Trennstellen zugelassen.

Die nachstehende Tabelle zeigt die Zusammenhänge in übersichtlicher Art.

Tabelle 4.6.2.1.4.1 Einbauort der Trennvorrichtung

Einbauort der Trennvorrichtung	N-Leiter	PEN-Leiter
Anschlussüberstromunterbrecher	—○—	—○—
Bezügerüberstrom-Schutzeinrichtung	—○—	—○— / —○—
alle übrigen Überstrom-Schutzeinrichtungen	—○— / —○—	—○— / —○—
beim Übergang TN-C in TN-S	—○—	

- .5 Neutralleiter bzw. PEN-Leiter dürfen zeitlich erst nach den dazugehörigen Außenleitern unterbrochen werden und sind zeitlich vor den dazugehörigen Außenleitern wieder zu verbinden.

4.6.2.2 Unbeabsichtigtes Unter-Spannung-Setzen

- .1 Damit elektrische Anlagen und Installationen nicht unbeabsichtigt unter Spannung gesetzt werden können, wie es z.B. bei Wartungsschaltern für Maschinen möglich wäre, kommen folgende Massnahmen in Betracht:
- mechanische Vorrichtungen gegen unbefugtes Einschalten
 - Warnzeichen
 - Trennvorrichtungen in abschliessbarem Kasten/Raum
- Zusätzlich darf die Anlage geerdet und kurzgeschlossen werden.

4.6.2.3 Mehrere Stromkreise

- .1 Wenn ein Betriebsmittel aktive Teile enthält, die mit mehr als einem Stromkreis verbunden sind, muss eine Warnaufschrift angebracht werden. Diese muss Personen, die Zugang zu den aktiven Teilen haben, auf die Notwendigkeit hinweisen, diese Teile von den verschiedenen Stromkreisen zu trennen. Beispiele:
- Vorsicht Fremdspannung
 - Vorsicht Motor ferngesteuert

Ist eine zwangsläufige Trennung aller Stromkreise durch eine Verriegelungsvorrichtung sichergestellt, kann auf die Warnaufschrift verzichtet werden.

4.6.3 / 4.6.4 / 4.6.5 Schalterarten

Anmerkung

Schalten kann im Gegensatz zum Trennen jedermann, auch der Laie. Im Normalfall sind keine Werkzeuge oder Schlüssel notwendig. Die NIN unterscheiden nach ihrem Einsatz grundsätzlich die folgenden Arten von Schaltern:

- für Wartungsarbeiten (4.6.3)
- für Notausschaltung (4.6.4)
- für betriebsmässiges Schalten (4.6.5)

4.6.3 Schalten für Wartungsarbeiten

4.6.3.1 Wartung bei Verletzungsrisiko

- .1 Schaltvorrichtungen müssen eingesetzt werden, wenn die Wartung von Betriebsmitteln ein Verletzungsrisiko einschliesst.

4.6.3.2 Unbeabsichtigtes Wiedereinschalten

- .1 Es sind geeignete Schutzvorrichtungen vorzusehen, die ein unbeabsichtigtes Wiedereinschalten elektrisch versorgter Betriebsmittel während der Wartung verhindern, es sei denn, die Schaltvorrichtung ist dauernd unter der Kontrolle derjenigen Person, welche die Wartung durchführt.

Geeignete Schaltvorrichtungen sind:

- a) ein Sicherheitsschalter (Wartungsschalter) im Hauptstromkreis (direkte Abschaltung);
- b) ein Sicherheitsschalter im Steuerstromkreis eines Sicherheitsschutzes (indirekte Abschaltung);
Signalisierung der Abschaltung des Hauptstromkreises durch Anzeigelampe zwingend;
- c) eine Steckvorrichtung mit $I_n \leq 16 \text{ A}$ im Hauptstromkreis.

Die Schaltvorrichtungen müssen in der Nähe des Eingriffs-ortes angebracht werden.

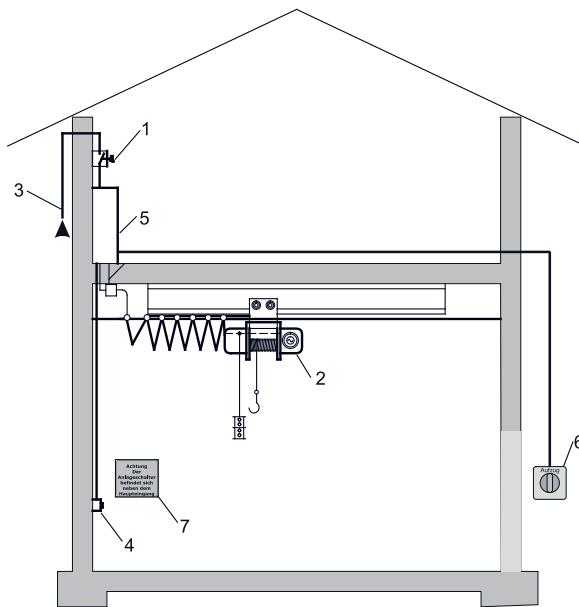
In einfachen Anlagen, die nur aus einer einzigen Funktionseinheit bestehen und für das Einstellen, das Justieren und die Funktionsprüfung keine Steuerspannung benötigen, kann auch der Hauptschalter verwendet werden.

Bei besonderen Verhältnissen dürfen Geräte zum Schalten für Wartungsarbeiten auch ausserhalb des Bereichs der Anlage angeordnet werden.

Beispiel:

Eine elektrische Hebevorrichtung ist in einem Schlachtkanal installiert (Bild 4.6.3.2.1.1). Wegen Nässe und Korrosionsgefahr sowie wegen Gefahr grosser mechanischer Beschädigungen ist es angezeigt, die elektrischen Einrichtungen in einem solchen Lokal auf ein Minimum zu reduzieren. Der Anlageschalter darf in einem anderen Raum angeordnet werden. Im Schlachtkanal muss jedoch eine Not-Halt-Vorrichtung an einer leicht zugänglichen Stelle vorhanden sein. Zudem muss eine Warntafel in der Nähe angebracht sein, die auf den Wartungsschalter hinweist.

Bild 4.6.3.2.1.1 Anordnung der Schalter für Wartungsarbeiten ausserhalb des Bereichs der Anlage



Legende

- 1 Anlageschalter
- 2 elektrische Hebevorrichtung
- 3 Zuleitung
- 4 Not-Auslöse-Vorrichtung
- 5 Apparatekasten
- 6 Schalter für Wartungsarbeiten
- 7 Warntafel

4.6.3.3 Anlagen mit sonstigen Gefahren

- .1 In Feuerungsanlagen muss für jeden Heizkessel ein von Hand zu betätigender Schalter oder eine Steckvorrichtung vorhanden sein. Damit sind alle Stromkreise für die Zündung und den Betrieb des Brenners so abtrennbar, dass der Brenner nicht ungewollt in Betrieb kommen kann.
- .2 In Feuerungsanlagen mit Flammräumen oder Kaminen, die für Personen zugänglich sind, muss die Schalt- oder Steckvorrichtung mit einem Schloss gegen ungewolltes oder irrtümliches Einschalten gesichert werden können. Diese Sicherheitsmaßnahme ist gemäss Geltungsbereich auch an bestehenden Anlagen anzuwenden.

4.6 Trennen und Schalten

- .3 Die Schalt- oder Steckvorrichtung soll in der Nähe des Heizkessels angeordnet sein und muss, sofern ihre Zugehörigkeit nicht eindeutig ist, entsprechend beschriftet sein.
- .4 In Niederspannungsstromkreisen von Hochspannungsanlagen muss ein von Hand zu betätigender Schalter oder eine zum Schalten zulässige Steckvorrichtung vorhanden sein. Dieser Schalter muss mit einem Schloss gegen ungewolltes oder irrtümliches Schalten gesichert werden können. Er ist in der Nähe des Hochspannungserzeugers so anzutragen, dass seine Zugehörigkeit zur Anlage eindeutig erkennbar ist.

4.6.4 Not-Aus und Not-Halt

- .1 Not-Aus-Schaltvorrichtungen sind für Anlageteile vorzusehen, bei denen der Stromkreis abgeschaltet werden muss, um eine unvorhergesehene Gefährdung abzuwenden.
- .2 Not-Halt-Schaltvorrichtungen müssen für alle Anlageteile vorgesehen werden, für die es erforderlich ist, die gefahrbringende Bewegung so schnell wie möglich stillzusetzen.

4.6.5 Betriebsmässiges Schalten

Vorrichtung für betriebsmässiges Schalten werden für Stromkreise und Energieverbraucher eingesetzt, die ohne weitere Gefahren regelmässig auch durch Laien geschaltet werden. Zu dieser Gruppe gehören Wippen-, Druck-, und Dreh-Schalter in Installationen und an Geräten, aber auch Regler oder Sensorschalter.

4.6.5.1 Allgemeines

- .1 Schalter zum betriebsmässigen Schalten sind für Stromkreise und Energieverbraucher vorzusehen, die unabhängig voneinander betrieben werden sollen.
- .2 Betriebsmässige Schalter müssen nicht unbedingt alle aktiven Leiter eines Stromkreises schalten.

Eine Ausnahme bilden die folgenden Energieverbraucher. Sie müssen immer mit allpoligen Schaltern geschaltet werden. Dazu gehören:

- Widerstandsheizungen
- Wassererwärmer und Dampferzeuger

Der Neutralleiter darf grundsätzlich nie mit einem einpoligen Schalter geschaltet werden, sondern nur in Verbindung mit den dazugehörigen Außenleitern.

- .3 Die Bemessungsstromstärke eines Schalters muss mindestens der Summe der Bemessungsstromstärken aller angeschlossenen Energieverbraucher entsprechen.
- .4 Steckdosen bis 16 A Bemessungsstrom und einer Bemessungsspannung von bis 3LN 230/400 V gelten als betriebsmässige Schalter.
- .5 Schalter zum betriebsmässigen Umschalten auf verschiedene Stromversorgungen, z.B. für das Versorgungsnetz des Energieversorgungsunternehmens und eine Notstromanlage, müssen alle aktiven Leiter schalten. Eine Parallelschaltung ist nur zugelassen, wenn die Anlagen für diese Betriebsart geeignet sind.

4.6.5.2 Steuerstromkreise (Hilfsstromkreise)

- .1 Steuerstromkreise müssen so ausgeführt sein, dass sie bei einem Isolationsdefekt oder einem Erdschluss nicht zu Fehlfunktionen Anlass geben können.
- .2 Außen liegende Steuerelemente wie Endschalter, Temperatur-, Niveau- oder Druckregler von Steuerstromkreisen dürfen nicht mit Steckvorrichtungen angeschlossen werden, die dem freizügig verwendbaren Anschluss von Energieverbrauchern dienen. Um den ungesteuerten Betrieb, d. h. den Dauerbetrieb, des Energieverbrauchers zu verhindern, darf dieser nicht an einer Steckdose für freizügige Verwendung angeschlossen werden können.
- .3 In Anlagen, in denen Steuerstromkreise einen Schutzzweck erfüllen, muss die Schaltung so angeordnet sein, dass der Hauptstromkreis nur unter Spannung gesetzt werden kann, wenn die Steuerstromkreise richtig arbeiten.

4.6.5.3 Motorsteuerungen

- .1 Motorsteuerstromkreise müssen so ausgelegt sein, dass sie den automatischen Wiederanlauf eines Motors nach einem Stillstand durch Einbruch oder Ausfall der Spannung verhindern, falls dieser Wiederanlauf eine Gefahr hervorrufen kann.
- .2 Wenn eine Motor-Gegenstrombremsung vorgesehen ist, müssen Vorkehrungen zur Vermeidung der Drehrichtungsumkehr nach Beendigung des Bremsvorgangs getroffen werden, falls diese Umkehr eine Gefahr hervorrufen kann.

4.6 Trennen und Schalten

- .3 Wenn die Sicherheit von der Drehrichtung eines Motors abhängt, müssen Vorkehrungen zur Verhinderung der Gegen-Drehrichtung, verursacht durch Phasenverschaltung, getroffen werden.

Zu beachten sind auch jene Gefahren, die durch die Unterbrechung eines Leiters (Aussenleiters) auftreten können.

5 Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel

Teil 5

- 5.1 Allgemeine Bestimmungen
- 5.2 Leitungen
- 5.3 Einrichtungen zum Trennen, Schalten, Steuern und Überwachen
- 5.4 Erdung und Schutzleiter
- 5.5 Andere Betriebsmittel
- 5.6 Stromversorgung für Sicherheitszwecke

5 Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel

5.1 Allgemeine Bestimmungen

Kapitel 5.1

E5.1	<i>Schutzarten</i>
5.1.1	<i>Allgemeines</i>
5.1.1.1	<i>Grundsatz</i>
5.1.1.2	<i>Betriebsmittel</i>
5.1.1.3	<i>Spannungsführende Teile</i>
5.1.2	<i>Betriebsbedingungen und äussere Einflüsse</i>
5.1.2.1	<i>Betriebsbedingungen</i>
E5.1.2.2	<i>Raumarten und äussere Einflüsse – Bezeichnung der Raumarten</i>
5.1.2.2	<i>Äussere Einflüsse</i>
5.1.3	<i>Zugänglichkeit</i>
5.1.3.1	<i>Allgemeines</i>
5.1.4	<i>Kennzeichnung</i>
5.1.4.1	<i>Allgemeines</i>
5.1.4.4	<i>Schutzeinrichtungen</i>
5.1.4.5	<i>Schaltpläne</i>
5.1.5	<i>Vermeidung gegenseitiger nachteiliger Beeinflussung</i>
5.1.5.1	<i>Auswahl der Betriebsmittel</i>
5.1.5.2	<i>Betriebsmittel mit unterschiedlichen Stromarten und Spannungen</i>
5.1.5.3	<i>Elektromagnetische Verträglichkeit</i>
5.1.6	<i>Massnahmen bezüglich Schutzleiterströmen</i>
5.1.6.1	<i>Transformatoren</i>
5.1.6.2	<i>Informationssysteme</i>
5.1.7	<i>Einteilung der äusseren Einflüsse</i>
5.1.7.1	<i>Grundsatz</i>

E5.1

Schutzarten

Schutzarten (Tabelle E5.1.1) definieren bei Betriebsmitteln:

- die Güte ihres Basisschutzes
- die Abdichtung gegen das Eindringen von Fremdkörpern (wie Gegenstände, Steine oder Sand)
- die Abdichtung gegen das Eindringen von Wasser
- der Zugang zu gefährlichen Teilen

Der Schutzmfang, den ein Gehäuse bietet, wird durch das IP-Kurzzeichen (International Protection) definiert.

Es wird aus den zwei Kennziffern XX zusammengesetzt, wobei die erste Ziffer für den Berührungs- bzw. Fremdkörperschutz, die zweite für den Wasserschutz steht. Falls nötig, kann ein zusätzlicher Buchstaben zwischen A und D hinzugefügt werden, der den Schutz von Personen gegen den Zugang zu gefährlichen Teilen kennzeichnet.

- IP: International Protection
- Ziffer 1: Erste Kennziffer für Berührungs- und Fremdkörperschutz

5.1 Allgemeine Bestimmungen

- Ziffer 2: Zweite Kennziffer für Wasserschutz
- A bis D: Schutz gegen den Zugang zu gefährlichen Teilen (fakultativ)

Tabelle E5.1.1 IP-Schutzarten

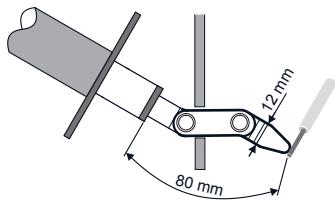
International Protection: IP XX		
Erste Kennziffer:	Zweite Kennziffer:	Zusätzlicher Buchstabe (fakultativ)
Schutz des Betriebsmittels gegen Eindringen von festen Fremdkörpern	Schutz des Betriebsmittels gegen Eindringen von Wasser mit schädlicher Wirkung	Schutz von Personen gegen Zugang zu gefährlichen Teilen
0: kein Schutz	0: kein Schutz	A: Handrücken
1: $\varnothing \geq 50\text{ mm}$	1: senkrechte Tropfen	B: Finger
2: $\varnothing \geq 12\text{ mm}$	2: Tropfen bis 15° Neigung	C: Werkzeug
3: $\varnothing \geq 2.5\text{ mm}$	3: Sprühwasser	D: Draht
4: $\varnothing \geq 1\text{ mm}$	4: Spritzwasser	
5: Staubschutz	5: Strahlwasser	
6: staubdicht	6: starkes Strahlwasser	
	7: zeitweiliges Untertauchen	
	8: dauerndes Untertauchen	

Daraus ergibt sich z. B. für die Ziffernkombination IP 23 B

- «2» Schutz gegen das Eindringen von festen Körpern mit einem $\varnothing > 12\text{ mm}$ (Fernhalten von Fingern oder Gegenständen)
- «3» Schutz gegen Wasser, das in einem beliebigen Winkel bis zu 60° zur Senkrechten fällt. Es darf keine schädliche Wirkung haben (Sprühwasser).
- «B» Fingersicher

Ein genormter Prüffinger (Bild E5.1.2) dient zum Überprüfen des Berührungsenschutzes an spannungsführenden Teilen.

5.1.1.3 Spannungsführende Teile

Bild E5.1.2 Prüffinger

Einige Betriebsmittel werden auch mit Symbolen gemäss Tabelle E5.1.3 gekennzeichnet.

Tabelle E5.1.3 Symbole für Betriebsmittel

a	Gewöhnliches Material		IP X0
b	Tropfwassersicheres Material	●	IP X1
c	Regensicheres Material (nur für Leuchten)	□	IP X3
d	Spritzwassersicheres Material	▲	IP X4
e	Strahlwassersicheres Material	▲▲	IP X5
f	Wasserdichtes Material	●●	IP X7
g	Druckwasserdichtes Material (Betriebsüberdruck 5 bar)	●●5	IP X8
h	Korrosionssicheres Material	△	
i	Staubgeschütztes Material	❖	IP 5X
k	Staubdichtes Material	❖❖	IP 6X
l	Explosionsgeschütztes Material	Ex	
m	Wärmebeständiges Material	☀	od. T
n	Kältebeständiges Material	⊗	
o	Sonderisoliertes Material	□	

5.1.1 Allgemeines

5.1.1.1 Grundsatz

- .1 Die Betriebsmittel sind zwingend nach folgenden Kriterien auszuwählen, die sowohl im normalen Betrieb als auch in voraussehbaren Störungsfällen erfüllt sein müssen.
 - Die Wirksamkeit der Schutzmassnahmen muss gewährleistet sein.
 - Es muss sichergestellt sein, dass der notwendige Schutz der Betriebsmittel gegen äussere Einflüsse wie Staub oder Wasser eingehalten wird.
 - Betriebsmittel sind so auszuwählen und zu installieren, dass sie weder auf das speisende Netz noch auf andere Betriebsmittel noch auf Fernmeldeanlagen störende Einwirkungen verursachen (z.B. durch Oberwellen).
 - Die Aufschriften und Kennzeichen sind dauerhaft und deutlich anzubringen. Sie müssen bei Installationskontrollen leicht und wenn möglich ohne Unterbrechung der Stromzufuhr erkannt werden können.
- .4 Zu jedem technischen Produkt oder Erzeugnis gehören technische Unterlagen mit wichtigen Anweisungen über die Bereiche
 - Montage und Anschluss
 - Anwendung, Benützung und Unterhalt

Im Montage- und Anschlussbereich ist das Montagepersonal angesprochen. Der Hersteller gibt Anweisungen, wie sein Gerät montiert und ans Netz angeschlossen werden muss. Es kann sich um Bedingungen handeln wie z.B.:

- Waschautomat nur befestigt betreiben
- Dimension der Lüftungsschlitz für einen Kühlschrank
- Abstände zu brennbaren Gebäudeteilen für einen Backofen

Ein Teil der dem Erzeugnis beigelegten technischen Unterlagen richtet sich an den Anwender, wie z. B. die Angabe für einen Handmixer: *Gerät nicht ins Wasser tauchen!* Solche Hinweise sollen Schäden durch unsachgemäße Bedienung verhindern und die Lebensdauer erhöhen.

Sobald es sich jedoch um Anordnungen für die Sicherheit des Betriebes und der Bedienung von Betriebsmitteln handelt, müssen diese in den mitgelieferten technischen Unterlagen des Herstellers aufgeführt sein. Zum Beispiel die eindeutige Angabe für eine Heckenschere: Das Gerät darf nur über Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen betrieben

5.1 Allgemeine Bestimmungen

werden. Oder aber die Anweisung bei einer Infrarotleuchte für Tierzucht: Darf nur mit Schutzkorb und besonderer Aufhängevorrichtung verwendet werden.

- .5 Für sämtliche Betriebsmittel besteht die Nachweispflicht gemäss Verordnung über elektrische Niederspannungserzeugnisse NEV.
- .6 Die Bescheinigung der erfüllten Nachweispflicht wird in den technischen Unterlagen des Betriebsmittels dokumentiert.

Als äusseres Merkmal kann ein Betriebsmittel mit dem schweizerischen Sicherheitszeichen (S) oder einem anderen gleichwertigen Zeichen gekennzeichnet sein. Trägt es ein solches Zeichen, gilt der Nachweis als erfüllt.

Mit dem Sicherheitszeichen nach der Verordnung über elektrische Niederspannungserzeugnisse (NEV) dokumentiert der Inverkehrbringer eines elektrischen Erzeugnisses dem Konsumenten gegenüber, dass er der gesetzlichen Vorschriften bezüglich elektrischer Sicherheit und elektromagnetischer Verträglichkeit einhält.

Die erwähnten Schutzarten werden durch eine Kennzeichnung angegeben, die sich aus zwei charakteristischen Ziffern und einem Kennbuchstaben (IP XX + A–D), die je nach Schutzart verschieden sein können, zusammensetzt.

*EN 60529 Schutzarten durch Gehäuse*

Die Tabelle 5.1.1.1.6.1 zeigt die Zuordnung der IP-Zahlen zur richtigen Schutzart und die Verknüpfung mit den äusseren Einflüssen.

5.1 Allgemeine Bestimmungen

Tabelle 5.1.1.1.6.1 Beispiele für IP-Bezeichnungen

Schutzarten (Masse in mm)		IP 0X ¹⁾	IP 1X ¹⁾	IP 2X ¹⁾	IP 3X ¹⁾	IP 4X ¹⁾	IP 5X ¹⁾	IP 6X ¹⁾	
		kein Schutz	Kugel Ø 50	Finger Ø 12	Werkzeug Ø 2,5	Draht Ø 1	voll staubgeschützt	voll staubdicht	
	³⁾ Zusätzlicher Berührungsschutz. Ausreichender Abstand zu spannungsführenden Teilen		A handrückensicher	B fingersicher	C Berührungen mit Werkzeug > 2,5 mm	D Berührungen mit Werkzeug > 1 mm			
IP X0 ²⁾		kein Schutz	IP 00	IP 10	IP 20	IP 30	IP 40	IP 50	IP 60
IP X1 ²⁾		tropf-wasser-geschützt		IP 11	IP 21	IP 31	IP 41	IP 51	IP 61
IP X2 ²⁾		sprüh-wasser-geschützt		IP 12	IP 22	IP 32	IP 42	IP 52	IP 62
IP X3 ²⁾		spritz-wasser-geschützt			IP 23	IP 33	IP 43	IP 53	IP 63
IP X4 ²⁾		strahl-wasser-geschützt					IP 44	IP 54	IP 64
IP X5 ²⁾		schwall-wasser-geschützt						IP 55	IP 65
IP X6 ²⁾		wasser-dicht						IP 56	IP 66
IP X7 ²⁾							IP 57	IP 67	
IP X8 ²⁾		druck-wasser-dicht							IP 68



trockene Räume: Zugelassen ist Material ohne besondere Kennzeichnung oder mit jeder IP-Kennzeichnung

feuchte Räume: Zugelassen ist Material mit IP-Kennzeichnung $\geq X1$ nasse Räume: Zugelassen ist Material mit IP-Kennzeichnung $\geq X2$ ¹⁾ erste Ziffer: Berührungs- und Fremdkörperschutz²⁾ zweite Ziffer: Wasserschutz³⁾ dritte Ziffer: zusätzliche Kennzeichnung für den Berührungsschutz

5.1.1.2 Betriebsmittel

- .1 Betriebsmittel, die den sicherheitstechnischen Anforderungen entsprechen, sind von den Netzbetreiberinnen zu zulassen. Ausnahmen gelten, falls die Rückwirkungen der Betriebsmittel auf den Betrieb, die Sicherheit des Betriebes oder des Unterhalts des speisenden Netzes oder andere Betriebsmittel einschränkende Bestimmungen nötig machen.

5.1.1.3 Spannungsführende Teile

- .1 Grundsätzlich müssen alle spannungsführenden Teile von Betriebsmitteln der zufälligen Berührung entzogen sein.

Eine Ausnahme bilden Betriebsmittel, deren Zweck in beschränktem Umfang zugängliche spannungsführende Teile erfordert, wie z.B. Elektroden bei medizinischen Anlagen oder Schweißzangen von Schweissanlagen und dergleichen. Sie dürfen nur von instruiertem Personal angewendet werden.

Weitere Ausnahmen bilden z.B. die spannungsführenden Teile einer Lampenfassung one eingesetztes Leuchtmittel oder die glühenden, spannungsführenden Heizleiter eines Toasters.

Eine solche Berührung gilt als absichtlich und nicht als zufällig!

- .2 Abdeckungen und Gehäuse, die dem Schutz gegen ein zufälliges Berühren spannungsführender Teile dienen, dürfen nur mit Werkzeugen oder Schlüsseln gelöst bzw. geöffnet werden können. Sind solche Abdeckungen oder Gehäuse mit Schlössern abgeschlossen, muss unmittelbar beim Schloss ein Warnzeichen  angebracht sein.
- .3 Abdeckungen und Gehäuse, die Laien (BA1) zugänglich sein müssen, weil darin z.B. Schraubsicherungen auszuwechseln sind, müssen ohne Werkzeuge geöffnet werden können. Spannungsführende Teile im Innern müssen auch bei geöffnetem Gehäuse gegen eine zufälligen Berührung geschützt sein.

5.1.2 Betriebsbedingungen und äussere Einflüsse

5.1.2.1 Betriebsbedingungen

.1 Spannung

Alle Betriebsmittel müssen für die Bemessungsspannung der Anlage ausgelegt sein.

Bei bestimmten Betriebsmitteln kann es erforderlich sein, die höchste und/oder niedrigste im normalen Betrieb auftretende Spannung zu berücksichtigen.

Ein einfaches Beispiel sind Schaltschütze. Würde die Betriebsspannung einen bestimmten Wert unterschreiten, könnte das Schütze beim Einschalten nicht mehr anziehen und würde auf Grund der fehlenden Impedanz der Spule verbrennen.

.2 Strom

1. Bei der Wahl der Betriebsmittel ist der im Normalbetrieb auftretende Betriebsstrom zu berücksichtigen. Dieser gegenüber dem Bemessungsstrom leicht höhere Strom kann bedingt durch die Ansprechkennlinie der Schutzorgane eine bestimmte Zeit lang fliessen. Die Betriebsmittel müssen ihn ebenfalls führen können.

2. Steckdosen

Für ortsfest montierte Steckdosen mit einem Bemessungsstrom von 10 A darf die Bemessungsauslösestromstärke der vorgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtung höchstens folgende Werte betragen:

- 10 A bei Schmelzeinsätzen,
- 13 A bei Leitungsschutzschaltern.

Erfahrungsgemäss sind Stecker und Steckdosen nicht dafür konstruiert, dass sie dauerhaft mit ihrem Bemessungsstrom belastet werden können.

Deshalb sollen Steckdosen nur mit 80% ihrer Bemessungsstromstärke belastet werden. Ortsfest montierte Betriebsmittel wie Heizkörper, Wassererwärmer und dergleichen sind bevorzugt ortsfest anzuschliessen, damit der Dauerbetrieb gewährleistet ist.

3. Schalter

Der Bemessungsstrom eines Schalters muss mindestens dem Bemessungstrom der vorgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtung entsprechen.

5.1 Allgemeine Bestimmungen

Bei Schaltern mit einem Bemessungstrom von 10 A darf die vorgeschaltete Überstrom-Schutzeinrichtung einen Bemessungsstrom von 16 A aufweisen, wenn die nachgeschaltete Last bekannt und der Betriebsstrom ≤ 10 A ist.

.3 Frequenz

Wenn die Frequenz die Kennwerte der Betriebsmittel beeinflusst, muss die Betriebsfrequenz des Stromes im entsprechenden Stromkreis berücksichtigt werden.

.4 Leistung

Die Betriebsmittel sind unter Berücksichtigung der anzuschliessenden Leistung und des zu erwartenden Gleichzeitigkeitsfaktors auszuwählen.

.5 Verträglichkeit

Betriebmittel sind so auszuwählen, dass die von ihnen ausgehenden störenden Einflüsse – einschliesslich der Schaltvorgänge bei normalem Betrieb – andere Betriebsmittel oder das Versorgungsnetz nicht unzulässig beeinträchtigen. Dies gilt, falls bei der Errichtung nicht andere geeignete Massnahmen wie spezielle Entstörfilter getroffen werden. Der Betreiber von ortsfesten Anlagen ist verpflichtet, die Herstellerangaben bezüglich der elektromagnetischen Verträglichkeit bereitzustellen.

.7 Basisschutz bei Steckvorrichtungen

An folgenden Orten dürfen nur Steckdosen mit Schutzkragen verwendet werden:

- in feuchten, nassen und korrosionsgefährdeten Räumen
- in Arbeitsbereichen von Haushaltküchen
- in Werkstätten und anderen Arbeitsstätten
- im Freien
- in Räumen mit Badewanne oder Dusche

Steckdosen T12 (ohne Schutzkragen) dürfen nach dem 31.12.2016 nicht mehr in Verkehr gebracht werden. Sie dürfen weder neu installiert noch ersetzt oder versetzt werden. Der Ersatz von defekten Frontplatten und Abdeckrahmen ist weiterhin zulässig.

E5.1.2.2 Raumarten und äussere Einflüsse – Bezeichnung der Raumarten

Die Installationen sind abhängig von der Art des Raumes auszuführen, wobei es sich beim «Raum» aber auch nur um bestimmte Zonen handeln kann. Bei der Planung und Installation elektrischer Anlagen ist es daher wichtig zu wissen, welchen Beanspruchungen diese am vorhergesenen Ort ausgesetzt sind. Die verschiedenen äusseren Einflüsse sind durch ein Kurzzeichen gekennzeichnet, welches gemäss Tabelle 5.1.A.1.5.1 aus einer Gruppe von zwei Grossbuchstaben und einer Ziffer besteht.

5.1.A.1.5.1 Tabelle Zusammenstellung der Kurzzeichen

Der erste Buchstabe bezieht sich auf die Obergruppe der äusseren Einflüsse (z.B. Umgebungsbedingungen, Benützung oder Gebäudekonstruktion), der zweite Buchstabe auf die Art der Beeinflussung (z.B. Auftreten von Wasser, Auftreten von festen Fremdkörpern oder mechanische Beanspruchung) und die Ziffer auf die Klasse der Beeinflussung (z.B. Eignung von Personen, Verbindung von Personen mit Erdpotenzial oder Räumungsmöglichkeiten bei Gefahr).

- Beispiel: AC2
 - A Umgebungsbedingungen
 - C Meereshöhe
 - 2 über 2000 m

5.1.2.2 Äussere Einflüsse

- .1 Die charakteristischen Eigenschaften der Betriebsmittel müssen den äusseren Einflüssen entsprechen, denen sie ausgesetzt sind. Diese wichtigen Eigenschaften werden durch die Schutzart IP XX oder eine Konformitätsprüfung bestimmt. Die folgende Tabelle zeigt zwei charakteristische Eigenschaften unter Berücksichtigung der äusseren Einflüsse, denen Betriebsmittel ausgesetzt sein können.

5.1.1a Einteilung unterschiedlicher Räume, Zonen oder Bereiche

Tabelle 5.1.2.2.1.1 Eigenschaften der Betriebsmittel, äussere Einflüsse

AE	Auftreten von festen Fremdkörpern	IP-Schutzart	Kennzeichen
AE6	bedeutende Staubmenge	6X	

- .2 Wenn ein Betriebsmittel die verlangte Schutzart nicht aufweist, kann es mit einem entsprechenden Gehäuse oder anderweitigem Schutz versehen werden.

Das könnte z.B. bei einer Anordnung eines Steuergerätes in einem korrosionsgefährdeten Raum der Fall sein. Die Betriebsmittel sind in korrosionsschützte Schutzkästen mit mindestens der Schutzart IP X3 einzubauen, damit gilt das Betriebsmittel als ausreichend geschützt.

Der Schutzkasten darf die einwandfreie Funktion der eingebauten Betriebsmittel nicht beeinträchtigen. Das könnte z.B. durch einen unzulässigen Wärmestau geschehen.

- .3 Wirken verschiedene äussere Einflüsse gleichzeitig auf ein Betriebsmittel ein, wie z.B. Nässe und Kälte, muss die Schutzart des Betriebsmittels alle Einflüsse berücksichtigen.
 - .4 Mit der Auswahl der elektrischen Betriebsmittel entsprechend der äusseren Einflüsse gilt es nicht nur die richtige Funktion zu gewährleisten, sondern auch die Zuverlässigkeit der Schutzmassnahmen, wie den Berührungs- und Fehlerschutz, sicherzustellen.

Schutzmassnahmen von Betriebsmitteln, die durch die Bauart gegeben sind, wie z.B. die Sonderisolation, gelten nur unter den für die Prüfung festgelegten Bedingungen und äusseren Einflüsse.

5.1.3 Zugänglichkeit

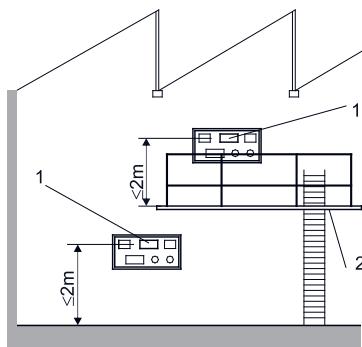
5.1.3.1 Allgemeines

Die Zugänglichkeit und die Bedienbarkeit von Überstrom-Schutzeinrichtungen sind gewährleistet, wenn die folgenden Bedingungen eingehalten bzw. Anordnungen beachtet werden:

- jederzeit ohne Hilfsmittel zugänglich und bedienbar
- vor mechanischer Beschädigung geschützt. Bei Gefährdung durch solche Beschädigungen sind sie in mechanisch widerstandsfähige Schutzkästen einzubauen
- in der Regel in trockenen, staubfreien, nicht feuergefährlichen Räumen montiert
- in feuchten, nassen und korrosionsgefährdeten Räumen sind sie in korrosionssgeschützte Schutzkästen oder Nischen mit minimaler Schutzart IP X3 einzubauen
- nicht in der Nähe brennbarer Gebäudeteile oder
- auf schwerbrennbare oder nichtbrennbare Unterlagen oder Gebäudeteile platziert
- bei der Montage auf brennbare Gebäude teile sind diese entsprechend zu verkleiden oder die Überstrom-Schutzeinrichtung sind in nichtbrennbare oder schwerbrennbare Schutzkästen einzubauen
- in Räumen mit nichtbrennbarem Staub sind sie in Schutzkästen oder Nischen mit minimaler Schutzart IP 5X einzubauen

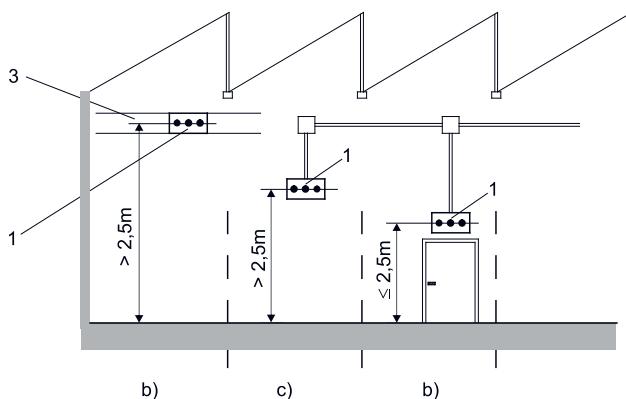
Die folgenden Anforderungen über die richtige Einbauhöhe sind ebenfalls zu erfüllen:

- Grundsätzlich gilt eine maximale Einbauhöhe von 2 m ab Boden oder Bedienungspodium für alle Überstrom-Schutzeinrichtung gemäß Bild 5.1.3.1.1 als richtig. Die minimale Höhe von 0,4 m soll nicht unterschritten werden.

Bild 5.1.3.1.1 Bedienungspodest**Legende**

- 1 Überstrom-Schutzeinrichtung
2 Podest

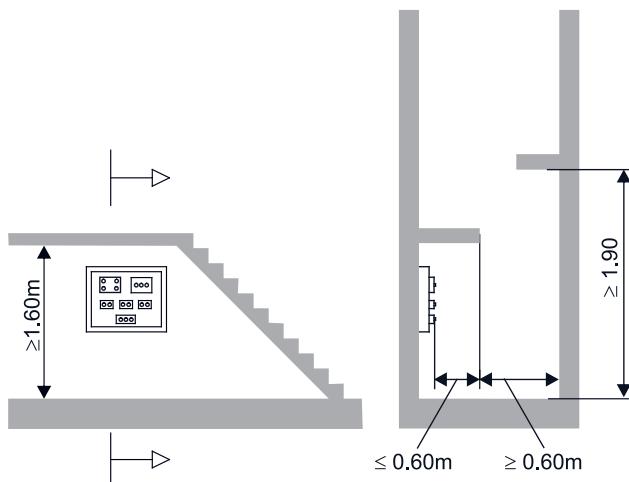
- Bei Überstrom-Schutzeinrichtungen, die aufgrund der örtlichen Situation über Türen, Glaswänden, verschiebbaren Wänden und dgl. montiert werden müssen, ist eine obere maximale Einbauhöhe von 2.5 m ab Boden zulässig.
- Für Überstrom-Schutzeinrichtungen, die in Stromschienensysteme eingebaut oder an ihnen angebaut sind, gilt keine obere Begrenzung für deren Einbauhöhe. Damit die Überstrom-Schutzeinrichtung gefahrlos bedient werden können, müssen jederzeit standsichere Hilfsmittel zur Verfügung stehen, und die Stromschienensysteme müssen über oder entlang von Gängen montiert sein.

Bild 5.1.3.1.2 Freie Höhe des Bedienungsstandortes**Legende**

- 1 Überstrom-Schutzeinrichtung
- 3 Stromschiensystem
- b zulässig
- c unzulässig

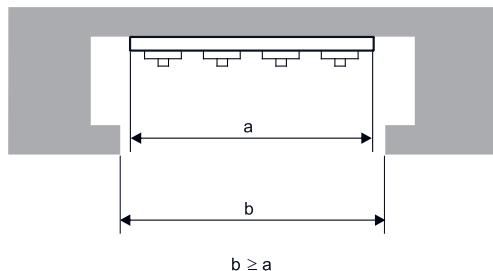
Die freie Höhe über dem Bedienungsstandort und die Gangbreite zwischen Überstrom-Schutzeinrichtung und Wand oder Abschrankung beträgt mindestens:

- 1.9 m bzw. 0.6 m entsprechend den für Bedienungsgänge vorgeschriebenen Massen
- Für Überstrom-Schutzeinrichtungen, die aufgrund der örtlichen Situation unter Treppen, Rampen oder dgl. montiert werden müssen, gilt für die freie Höhe $\geq 1.6\text{ m}$, sofern die Überstrom-Schutzeinrichtung $\leq 0.6\text{ m}$ hinter der Rampe zurückgesetzt sind und wenn vor der Rampe $\geq 1.9\text{ m}$ bzw. 0.6 m für den Bedienungsstandort eingehalten sind.

Bild 5.1.3.1.3 Lichte Öffnung

Die lichte Öffnung von Blenden, Nischen, Türen oder dgl. beträgt mindestens:

- so viel, dass keiner der Überstrom-Schutzeinrichtungen ganz oder teilweise abgedeckt ist.

Bild 5.1.3.1.4 Lichte Öffnung der Türe

5.1.4 Kennzeichnung

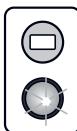
5.1.4.1 Allgemeines

- .1 Schilder oder andere geeignete Kennzeichnungen müssen den Zweck eines Schalt- oder Steuergerätes angeben. Es sei denn, es bestehe keine Verwechslungsgefahr, wie das z.B. bei Schaltern für Leuchten der Fall ist.

Wenn das Funktionieren von Schalt- und Steuergeräten vom Bedienenden nicht eindeutig beobachtet werden kann, muss eine sichtbare Anzeige angebracht werden.

Das kann z.B. bei einem Heizgerät mit langsamer Aufheizung der Fall sein. Weil der Schaltzustand erst nach längerer Zeit deutlich wird, zeigt eine Signalleuchte denselben rasch und eindeutig an.

Bild 5.1.4.1.1.1 Signalleuchte



5.1.4.4 Schutzeinrichtungen

- .1 Schutzeinrichtungen müssen so angeordnet werden, dass deren Zuordnung zu den Stromkreisen eindeutig erkennbar ist.

5.1.4.5 Schaltpläne

- .1 In den Anlagen sind Schaltpläne, Legenden und dgl. anzubringen, die folgende Angaben enthalten:
- die Art und den Aufbau der Stromkreise (Verbrauchsstellen, Anzahl und Querschnitt der Leiter, Art der Leitung)
 - die zur Identifizierung der Schutz-, Trenn- und Schutzeinrichtungen erforderlichen Kennbuchstaben bzw. Zählnummern sowie die Anordnung dieser Einrichtungen.

Bei einfachen Anlagen dürfen diese Angaben in Form einer Liste oder Tabelle gemacht werden.

Die Schaltzeichen sind der Reihe EN 60617 zu entnehmen.

5.1.5 Vermeidung gegenseitiger nachteiliger Beeinflussung

5.1.5.1 Auswahl der Betriebsmittel

- .1 Die Betriebsmittel müssen so ausgewählt und errichtet werden, dass jede schädigende Beeinflussung zwischen den elektrischen Anlage und den nichtelektrischen Einrichtungen ausgeschlossen ist.

Betriebsmittel ohne Grundplatte, Rückwand oder dgl. dürfen ohne weitere Schutzmassnahmen auf nicht metallenen und nichtbrennbaren Gebäudeoberflächen montiert werden.

Bei Montage auf metallenen Gebäudeteilen:

- Eine Spannungsverschleppung über leitende Gebäudeteile muss verhindert werden. Metallene Gebäudeoberflächen, auf denen solche Betriebsmittel montiert werden, müssen mit dem Schutzleiter verbunden werden.

Bei Montage auf brennbaren Gebäudeteilen:

- Eine feuersichere Trennung zwischen solchen Betriebsmitteln und brennbaren Gebäudeoberflächen kann erreicht werden, indem die Betriebsmittel auf einer schwerbrennbaren Zwischenlage montiert werden.

Für Schalter und Steckvorrichtungen $\leq 16\text{ A}$ wird diese Anforderung bereits durch die Betriebsmittel gewährleistet. Bei Betriebsmitteln bis zu diesem Bemessungsstrom sind keine zusätzlichen Anforderungen nötig.

5.1.5.2 Betriebsmittel mit unterschiedlichen Stromarten und Spannungen

- .1 Betriebsmittel, die mit unterschiedlichen Stromarten oder Spannungen betrieben werden, wie z.B. in Steuerungen oder Schaltgerätekombinationen, sind so anzutragen, dass eine gegenseitige nachteilige Beeinflussung ausgeschlossen ist.

5.1.5.3 Elektromagnetische Verträglichkeit

- .1 Bei der Auswahl von Betriebsmitteln muss der zulässige Pegel sowohl für die Störfestigkeit als auch für die Störsendung eingehalten werden.

5.1.6 Massnahmen bezüglich Schutzleiterströmen

Schutzleiterströme (Ableitströme), die von Betriebsmitteln im Normalbetrieb erzeugt werden, dürfen die Sicherheit und die Funktionstauglichkeit nicht beeinträchtigen. Sofern der Hersteller keine Angaben zu den Grenzwerten der Schutzleiterströme macht, gelten die Werte, welche in der EN 61140 definiert sind.

Vorzugsweise sind Betriebsmittel einzusetzen, bei denen der Hersteller Angaben zu den Schutzleiterströmen macht und diese Werte möglichst klein sind, damit die fehlerfreie Funktion gewährleistet ist.

5.1.6.1 Transformatoren

Transformatoren mit elektrisch getrennten Wicklungen zur Versorgung begrenzter Bereiche reduzieren die Schutzleiterströme in elektrischen Anlagen.

5.1.6.2 Informationssysteme

Installationen mit kombinierten Schutz- und Mittelleiter (TN-C) sind für Informationssysteme nicht erlaubt.

5.1.A Einteilung der äusseren Einflüsse

5.1.A.1 Grundsatz

- .1 Die Installationen sind je nach der Art des Raumes auszuführen.

In vielen Fällen bezieht sich eine besondere Bedingung einer Raumart nur auf eine bestimmte Stelle kleinen oder grösseren Umfangs, d. h. eine Zone oder ein Bereich innerhalb eines grösseren Raums. Die besonderen Bedingungen gelten somit nur für diese Zonen oder Bereiche.

Beispiele:

- Fahrzeugreparaturhalle mit einem Waschplatz in einer Ecke: Der Waschplatz und seine unmittelbare Umgebung gelten als nasser Raum bzw. Zone, die restliche Halle als trockener Raum.
- Grosser Lagerraum mit einer Abfülleinrichtung für Zement in einer Ecke: Der Abfüllplatz und seine unmittelbare Umgebung gelten als Raum bzw. Zone mit nichtbrennbarem Staub, während der übrige Raum als trockener Raum gelten kann.

- .2 Die Einteilung der unterschiedlichen Räume, Zonen oder Bereiche geschieht durch die nachstehenden Instanzen.

Tabelle 5.1.A.12.1 Einteilung unterschiedlicher Räume, Zonen oder Bereiche

Räume / Bereiche / Zonen	die Einteilung macht:
Räume / Zonen / Bereiche ohne besondere äussere Einflüsse	die Elektrofachkraft BA5 im Zweifelsfall entscheidet die Netzbetreiberin
feuergefährdete Bereiche und explosionsgefährdete Zonen	das zuständige Brandschutzbehörde in Zusammenarbeit mit der Suva
medizinische Bereiche	der Betriebsinhaber mit dem verantwortlichen Arzt

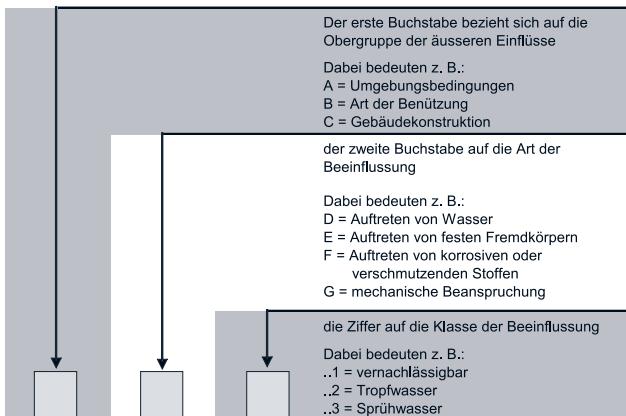
- .3 Provisorische Anlagen dürfen entsprechend der kurzen Benützungsdauer einfacher erstellt werden, wobei aber die Sicherheit für Personen und Sachen gewährleistet sein muss. Die Bestimmungen über die äusseren Einflüsse sind jedoch ohne Einschränkung zu beachten.
- .4 Temporäre Anlagen sind wie definitive Anlagen zu erstellen. Es sind Betriebsmittel zu verwenden, die für wiederholte Montage und Demontage geeignet sind.

.5 Kurzzeichen

Die vielfältigen äusseren Einflüsse erfordern ein flexibles und erweiterungsfähiges System. Die in diesem Kapitel aufgeführten Kurzzeichen sind nicht für Geräteaufschriften, sondern für die Planung und Errichtung elektrischer Anlagen zu verwenden.

Die verschiedenen äusseren Einflüsse sind durch ein Kurzzeichen gekennzeichnet, das aus einer Gruppe von zwei Grossbuchstaben und einer Ziffer besteht.

5.1 Allgemeine Bestimmungen

Tabelle 5.1.A Erklärung der Kurzzeichen

5.1 Allgemeine Bestimmungen

Tabelle 5.1.A.1.5.1 Zusammenstellung der Kurzzeichen

A Umgebungsbedingungen	A Umgebungsbedingungen (Fortsetzung)
AA Umgebungstemperatur (°C)	AE Auftreten von festen Fremdkörpern
AA1 -60°C +5°C	AE1 vernachlässigbar
AA2 -40°C +5°C	AE2 Kleine Fremdkörper feste Fremdkörper 2,5 mm, Werkzeuge oder kleine Gegenstände 2,5 mm
AA3 -25°C +5°C	AE3 sehr kleine Fremdkörper feste Fremdkörper mit kleinsten Abmessung 1 mm, Drähte 1 mm
AA4 -5°C +40°C	AE4 leichter Staub, geringe Staubmenge 10 <Ablagerung ≤35 mg/m ² pro Tag
AA5 +5°C +40°C	AE5 mittlere Staubmenge 35 <Ablagerung ≤350 mg/m ² pro Tag
AA6 +5°C +60°C	AE6 bedeutende Staubmenge 350 <Ablagerung ≤1000 mg/m ² pro Tag
AA7 -25°C +55°C	
AA8 -50°C +40°C	
AB kombinierter Einfluss von Temperatur (AA) und relative Luftfeuchte (%)	AF Auftreten von korrosiven oder verschmutzenden Stoffen
AB1 3–100% -60°C +5°C	AF1 vernachlässigbar atmosphärischer Ursprung wie in Industriezonen (Chemieanlagen, Zementfabriken)
AB2 10–100% -40°C +5°C	AF2 atmosphärisch chemische Stoffe bei Erzeugung oder Verwendung
AB3 10–100% -25°C +5°C	AF3 zeitweise oder zufällig chemische Stoffe in beträchtlicher Menge (chemische Fabriken)
AB4 5–95% -5°C +40°C	AF4 dauernd
AB5 5–85% +5°C +40°C	
AB6 10–100% +5°C +60°C	
AB7 10–100% -25°C +55°C	
AB8 15–100% -50°C +40°C	
AC Meereshöhe (m)	AG Mechanische Beanspruchung / Schlag, Schock
AC1 ≤ 2000	AG1 niedrige Beanspruchung Haushalt oder ähnliches
AC2 > 2000	AG2 mittlere Beanspruchung industrielle Betriebsbedingungen, auch Bühnenhäuser
AG3 hohe Beanspruchung erschwere industrielle Betriebsbedingungen	
AD Auftreten von Wasser	AH Schwingungen
AD1 vernachlässigbar	AH1 niedrige Beanspruchung Haushalt oder ähnliches
AD2 Tropfwasser senkrecht fallende Tropfen	AH2 mittlere Beanspruchung industrielle Betriebsbedingungen, auch Bühnenhäuser
AD3 Sprühwasser Sprühregen bis 60° zur Senkrechten	AH3 hohe Beanspruchung erschwere industrielle Betriebsbedingungen
AD4 Spritzwasser aus beliebiger Richtung	
AD5 Strahlwasser aus beliebiger Richtung	
AD6 Schwallwasser möglich	
AD7 Eintauchen vorübergehendes teilweises oder völliges Eintauchen möglich	AK Pflanzen- oder Schimmelwachstum (Flora)
AD8 Untertauchen dauerndes Eintauchen möglich	AK1 vernachlässigbar schädliches Wachstum und Schimmelbildung
	AK2 Gefahr
	AL Anwesenheit von Tieren (Fauna)
	AL1 vernachlässigbar Insekten oder Kleintiere in schädlicher Menge oder Art
	AL2 Gefahr

5.1 Allgemeine Bestimmungen

A Umgebungsbedingungen (Fortsetzung)	
AM Elektromagnetische, elektrostatische und ionisierende Einflüsse	
AM1	vernachlässigbar
AM2	Streuströme schädlich
AM3	elektromagnetische Einflüsse schädliche elektromagnetische Strahlung
AM4	ionisierende Einflüsse schädliche ionisierende Strahlung
AM5	elektrostatische Einflüsse schädliche elektrostatische Strahlung
AM6	induktive Wirkung schädliche induktive Ströme

A Umgebungsbedingungen (Fortsetzung)	
AQ Blitz	
AQ1	vernachlässigbar
AQ2	indirekte Einwirkung ≤ 25 Tage/Jahr, durch Freileitungen versorgte Anlagen
AQ3	direkte Einwirkung Gefahr durch Betriebsmittel im Freien

AN Sonneneinstrahlung	
AN1	niedrig Intensität $\leq 500 \text{ W/m}^2$
AN2	mittel $500 < \text{Intensität} \leq 700 \text{ W/m}^2$
AN3	hoch $700 < \text{Intensität} \leq 1120 \text{ W/m}^2$

AR Luftbewegung	
AR1	niedrig Geschwindigkeit $\leq 1 \text{ m/s}$
AR2	mittel $1 < \text{Geschwindigkeit} \leq 5 \text{ m/s}$
AR3	hoch $5 < \text{Geschwindigkeit} \leq 10 \text{ m/s}$

AP Auswirkungen von Erdbeben	
AP1	vernachlässigbar Stärke $\leq 30 \text{ Gal}$ (1 Gal = 1 cm/s ²)
AP2	geringe Stärke $30 < \text{Stärke} \leq 300 \text{ Gal}$
AP3	mittlere Stärke $300 < \text{Stärke} \leq 600 \text{ Gal}$
AP4	hohe Stärke Stärke $> 600 \text{ Gal}$

AS Wind	
AS1	niedrig Geschwindigkeit $\leq 20 \text{ m/s}$
AS2	mittel $20 < \text{Geschwindigkeit} \leq 30 \text{ m/s}$
AS3	hoch $30 < \text{Geschwindigkeit} \leq 50 \text{ m/s}$

5.1 Allgemeine Bestimmungen

B Benützung			B Benützung (Fortsetzung)		
BA Eignung von Personen			BD Räumungsmöglichkeiten bei Gefahr		
BA1 normal	Laien		BD1 normal	geringe Besetzung, einfache Rettungswege	
BA2 Kinder	Kindergärten		BD2 schwierig	geringe Besetzung, schwierige Rettungswege (Hochhäuser)	
BA3 Behinderte	geistig oder körperlich, kranke, alte Leute (Krankenhäuser)		BD3 Menschenansammlungen	starke Besetzung, einfache Rettungswege (Theater, Kaufhäuser)	
BA4 unterwiesene Personen	Bediennungspersonal (elektrische Betriebsräume)		BD4 Menschenansammlungen und schwierig	starke Besetzung, schwierige Rettungswege (Hochhäuser wie Hotels, Krankenhäuser)	
BA5 Fachleute	Elektrofachkräfte (abgeschlossene elektrische Betriebsräume)				
BC Verbindung von Personen mit Erdpotenzial			BE Art der bearbeiteten oder gelagerten Stoffe		
BC1 keine	nicht leitfähige Umgebung		BE1 vernachlässigbar	Gefahr	
BC2 selten	normalerweise nicht in Berührung mit fremden, leitfähigen Teilen		BE2 feuer-gefährdet brennbaren Stoffen (Scheunen, Schreinereien, u.s.w.)	Verarbeitung oder Lagerung von	
BC3 häufig	häufiges Berühren fremder, leitfähiger Teile		BE3 explosionsgefährdet	explosive Stoffe (Treibstofflager)	
BC4 dauernd	dauernd in Berührung mit metallischen Wänden (Kessel, Tanks, Behälter)		BE4 Gefährdung durch Verunreinigung	unverpackte Nahrungsmittel oder pharmazeutische Stoffe u.s.w. (z.B. Bruch von Lampen)	
C Art der Bauwerke			C Art der Bauwerke (Fortsetzung)		
CA Baustoffe			CB Gebäudestruktur		
CA1 nicht brennbar			CB1 vernachlässigbare Gefährdung		
CA2 brennbar	Gebäude aus vorwiegend brennbaren Baustoffen (Holzhäuser)		CB2 Ausbreitung von Feuer	begünstigt (Kamineffekt) (Hochhäuser, Fremdbelüftungssysteme)	
			CB3 Gefährdung durch Verlagerung	lange Gebäude auf nichtverfestigtem Boden	
			CB4 elastische oder unstabile Bauweise	schwache Bauwerke (Zelte, Traglufthallen, entfernbarer Zwischenwände)	

5.1 Allgemeine Bestimmungen

5.2 Leitungen

Kapitel 5.2

- E5.2 Leiter und Isolierstoffe
- E5.2.1 Leiter
- E5.2.2 Isolierstoffe
- E5.2.3 Kunststoffe als Isolierstoffe
- E5.2.4 Dauerhaftigkeit
- E5.2.4.1 Schutz vor Oxidation
- E5.2.4.2 Lichtstabilität
- E5.2.4.3 Stabilität im Kontakt mit Metallen
- E5.2.5 Brandgefährdung und Brandverhalten
- E5.2.5.1 Halogenfreie Kabel
- E5.2.5.2 Flammschutzmittel
- 5.2.1 Allgemeines und Arten von Leitungen
- 5.2.1.1 Grundsatz
- 5.2.1.2 Verlegeart in Abhängigkeit der Bauart einer Leitung
- 5.2.1.3 Verlegeart in Abhängigkeit des Verlegeortes
- 5.2.1.4 Verlegearten
- 5.2.1.7 Elektroinstallationsrohre und zu öffnende Elektroinstallationskanäle
- 5.2.1.8 Ortsveränderliche Leitungen
- E5.2.2 Leitungswahl und äußere Einflüsse
- 5.2.2 Auswahl und Errichtung nach den Umgebungseinflüssen
- 5.2.2.1 Umgebungstemperatur (AA)
- 5.2.2.2 Äussere Wärmequellen
- 5.2.2.3 Auftreten von Wasser (AD)
- 5.2.2.4 Auftreten von festen Fremdkörpern (AE)
- 5.2.2.5 Auftreten von korrosiven oder verschmutzenden Stoffen (AF)
- 5.2.2.6 Mechanische Beanspruchung (AG)
- 5.2.2.7 Schwingungen (AH)
- 5.2.2.8 Andere mechanische Beanspruchungen (AJ)
- 5.2.2.9 Vorhandensein von Pflanzen- und/oder Schimmelbewuchs / Flora (AK)
- 5.2.2.10 Vorhandensein von Tieren / Fauna (AL)
- 5.2.2.11 Sonneneinstrahlung (AN)
- 5.2.2.15 Elektromagnetische, elektrostatische und ionisierende Einflüsse (AM)
- 5.2.3 Strombelastbarkeit
- 5.2.3.1 Allgemeines
- 5.2.3.4 Anzahl der belasteten Leiter in einem Stromkreis
- 5.2.3.5 Parallel geschaltete Leiter
- 5.2.4 Mindestquerschnitte von Leitern
- E5.2.4 Leitungsverluste und Wirtschaftlichkeit
- E5.2.5 Spannungsfall
- 5.2.5 Spannungsfall in Verbraucheranlagen
- 5.2.6 Elektrische Verbindungen
- 5.2.6.1 Allgemeines
- 5.2.6.2 Verbindungsstellen in ortsfesten Leitungen
- 5.2.6.3 Verbindungsstellen in ortsvveränderlichen Leitungen
- 5.2.7 Auswahl und Errichtung zur Begrenzung von Bränden
- 5.2.7.1 Vorkehrungen innerhalb eines Brandabschnitts
- 5.2.7.2 Abschottung von Leitungsdurchbrüchen
- 5.2.8 Nähe zu anderen technischen Anlagen
- 5.2.8.1 Nähe zu elektrischen Anlagen
- 5.2.8.3 Nähe zu nichtelektrischen technischen Anlagen
- 5.2.9 Auswahl und Errichtung im Hinblick auf die Möglichkeit der Instandhaltung einschliesslich Reinigung

E5.2

Leiter und Isolierstoffe

Wenn es um die Übertragung elektrischer Energie oder Informationen geht, stehen für Elektrofachleute die Eigenschaften des elektrischen Leiters im Vordergrund. Aber dieser kann seine Funktion erst erfüllen, wenn er von einer isolierenden, nichtleitenden Schicht umgeben ist. Defekte Isolationen können Fehlfunktionen, Elektrounfälle oder Brände verursachen. Die moderne Chemie kennt verschiedene Möglichkeiten, die Eigenschaften von Draht- und Kabelummantelungen sowie Gehäusen für Elektrogeräte gezielt dem Verwendungszweck anzupassen.

E5.2.1

Leiter

Die Leiter von Starkstromleitungen bestehen aus Kupfer (Cu). In Verteilnetzen wird für die Kabel aber auch Aluminium (Al) verwendet. In IEC 60028 wird für Kupfer für Leitzwecke bei 20 °C der spezifische Widerstand und der Temperaturkoeffizient wie folgt angegeben:

$$\rho_{\text{Cu } 20} = 0.017241 \Omega \text{ mm}^2/\text{m} \text{ und } \alpha_{\text{Cu } 20} = 3.93 \cdot 10^{-3}/\text{K}$$

Für Aluminium gilt gemäss IEC 60111 bei 20 °C:

$$\rho_{\text{Al } 20} = 0.028264 \Omega \text{ mm}^2/\text{m} \text{ und } \alpha_{\text{Al } 20} = 4.03 \cdot 10^{-3}/\text{K}$$

Bei metallischen Leitern wird grundsätzlich nicht der geometrische, sondern der elektrisch wirksame Querschnitt angegeben. Dieser wird durch Messung des elektrischen Widerstandes ermittelt. Und auch die Gleichstromwiderstände entsprechen aufgrund des unterschiedlichen Aufbaus der einzelnen Leiterarten und der Verarbeitungseinflüsse nicht den Werten, die sich aus den Bemessungsquerschnitten und den Normwerten der spezifischen Widerstände errechnen lassen.

- Kupfer ist bezüglich allen üblichen Leiterverbindungen ein unproblematisches Material. Aber auch Kupferdraht lässt sich verformen, was insbesondere bei Klemmverbindungen zu beachten ist.
- Aluminium neigt bei Druck zum Kaltfliessen, kann nicht leitfähige Oxidschichten bilden und weist einen hohen Wärmeausdehnungskoeffizient auf.

Der Isolierstoff und die Leiter können zusammen nachteilige chemische Wechselwirkungen erzeugen. Aus diesem Grund werden Kupferdrähte zum Teil verzinkt, oder es werden bestimmte, besonders stabile Isolierstoffe verwendet.

E5.2.2 Isolierstoffe

Folgende Eigenschaften eines Isolationsmaterials können für bestimmte Anwendungen wichtig sein:

5.2.3.1.1.4 Höchstzulässige Betriebstemperaturen

- Dauerhaftigkeit, Beständigkeit gegenüber Bewegungsbeanspruchung/Vibrationen, Flexibilität/ Beweglichkeit/ Verformbarkeit
- Mechanische Eigenschaften (Zug, Biegung, Schlag, Härte)
- Beständigkeit gegenüber Metallen, gegen Umwelteinflüsse (UV-Einstrahlung, Sonne), gegen chemische Einflüsse / Öl
- Wärme-/ Kältebeständigkeit, Formbeständigkeit
- Hoher Isolationswert, antistatische Eigenschaften
- Keine giftigen Gase bei Brand, flammhemmend

Die gewünschten Eigenschaften können sich allerdings auch widersprechen. Die Anwendung bestimmt, welche Eigenschaften betont werden müssen:

Für Leitungen werden als Isolierstoffe Polymere, für Kabel auch getränktes Papier verwendet.

Getränktes Papier wird bereits seit Beginn der weltweiten Elektrisierung eingesetzt. Seine sehr guten dielektrischen Eigenschaften prädestinierten dessen Einsatz vorwiegend für Kabel höherer Spannung. Im Bereich der Nieder- und Mittelspannung wird getränktes Papier heute weitgehend durch Kunststoffe ersetzt.

E5.2.3 Kunststoffe als Isolierstoffe

Für elektrische Nieder-, Mittel- und Hochspannungskabel bzw. Leitungen werden heute praktisch ausschliesslich Kunststoffisolierungen verwendet. Kunststoffe sind komplexe Werkstoffe, die als elektrische Isolierstoffe für fast alle Applikationen optimale Lösungen bieten. Allerdings kann bei falscher Auswahl zum Beispiel die Lebensdauer verkürzt oder sogar die Funktion der Isolation beeinträchtigt werden. In «5 Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel» finden sich wichtige Hinweise für die richtige Auswahl der Materialien.

Basis der Kunststoffe sind Polymere. Ein Polymer ist ein Makromolekül, aufgebaut aus vielen kleinen Grundbausteinen, den Monomeren. Die Synthese des Makro-

moleküls, ob nur eine oder mehrere Arten von Monomeren verwendet werden, beeinflusst die Eigenschaften des Kunststoffs.

Gemäss Tabelle E5.2.3.1 klassiert man die wichtigsten Polymere nach ihrem physikalischen Verhalten in:

- Thermoplaste
- Elastomere
- Duroplaste

Es werden aber auch Polymere eingesetzt, die nicht eindeutig den Thermoplasten, Elastomeren oder Duroplasten zugeordnet werden können. Dazu gehören die vernetzten Thermoplasten und die thermoplastischen Elastomere.

Tabelle E5.2.3.1 Polymere als elektrische Isolierstoffe

Polymere	Bezeichnung	Anwendung
Thermoplaste Nichtvernetzte Kunststoffe. Sie lassen sich bei höheren Temperaturen reversibel plastisch verformen und härten nach Abkühlung und erneutem Aufschmelzen nicht aus.	PVC Poly-Vinyl-Chlorid	Elektrische Leitungen Nieder- und Mittelspannungskabel
	PE Thermoplastisches Poly-Ethylen	Mittel- und Hochspannungskabel
	PP Poly-Propylen	Kabel
	ETFE, FEP Fluorkunststoffe	Leitungen mit ungünstigen Verlegebedingungen
Vernetzte Thermoplaste Sie sind bei höheren Temperaturen nicht mehr plastisch verformbar, behalten aber gewisse thermoelastische Eigenschaften, die sich nach Abkühlung und erneutem Aufschmelzen wieder einstellen	VPE Vernetztes Poly-Ethylen	Niederspannungskabel Mittel- und Hochspannungskabel
Elastomere Vernetzte kautschukartige Polymere. Sie sind bei Gebrauchstemperaturen gummielastisch und lassen sich auch bei höheren Temperaturen EVA Ethylen-Vinyl-Acetat nicht mehr plastisch verformen	EPR Ethylen-Propylen-Kautschuk EPDM, EPM	Flexible Leitungen für Nieder- und Mittelspannung Nieder- und Mittelspannungskabel
	SiR Silikonkautschuk	Wärmebeständige Leitungen bis 180 °C
	EVA Ethylen-Vinyl-Acetat	Wärmebeständige Leitungen bis 110 °C
Thermoplastische Elastomere Sie sind unvernetzt bei höheren Temperaturen reversibel plastisch verformbar und weisen bei Gebrauchstemperatur gummielastische Eigenschaften auf	TPE	Steuerleitungen in Energieführungsketten
Duroplaste Vernetzte, stabile Kunststoffe, hergestellt aus härtbaren Harzen	PUR Polyurethan	Gießharze für Kabelgarnituren

E5.2.4 Dauerhaftigkeit

E5.2.4.1 Schutz vor Oxidation

Kunststoffe sind den verschiedensten Umwelteinflüssen ausgesetzt. Dabei spielt die Zersetzung durch Luftsauerstoff eine wichtige Rolle. Die Schäden reichen von der Zersetzung bis zur Versprödung, was schliesslich die Isolierfähigkeit beeinträchtigt. Die Oxidation des Polymers verläuft kettenförmig und pflanzt sich fort. Während dem Fabrikationsprozess werden den Kunststoffen daher bestimmte Antioxidantien zugegeben, welche die Kettenfortpflanzung stoppen bzw. neutralisieren.

E5.2.4.2 Lichtstabilität

Die im Tageslicht enthaltenen UV-Strahlen bilden im bestrahlten Polymer freie Radikale. Diese lösen eine zersetzende Reaktionskette aus. Der Kunststoff kann auf zwei Arten geschützt werden:

- Durch Einfärben, damit die UV-Strahlen nicht eindringen können
- Durch Aufbringen eines Lichtschutzmittels, ähnlich einer Sonnencreme

E5.2.4.3 Stabilität im Kontakt mit Metallen

Kupfer, Aluminium und andere Schwermetalle sind in der Chemie als Katalysatoren bekannt. Diese können die in der Kabeltechnik eingesetzten Polymere destabilisieren. Der Kunststoff kommt aber als Isolier- oder Ummantelungsmaterial zwangsläufig in dauernden Kontakt mit Metalloberflächen. Dieses Problem wird durch die Zugabe von Metalldesaktivatoren gelöst.

E5.2.5 Brandgefährdung und Brandverhalten

E5.2.5.1 Halogenfreie Kabel

Ein weiteres wichtiges Unterscheidungsmerkmal der Polymere ist, ob sie Halogene enthalten. Denn die Halogene Chlor, Fluor, Jod und Brom sind sogenannte Salzbildner, die bei Brandeinwirkung und in Gegenwart von Feuchtigkeit korrosive Säuren bilden können. Wichtigster Vertreter der halogenierten Kunststoffe ist PVC (Poly-Vinyl-Chlorid), das Chlor enthält, und die verschiedenen Arten von Teflon, die Fluor enthalten.

Bei einem Brandereignis werden diese Halogene in die entsprechenden Säuren umgewandelt. Aus Chlor entsteht Salzsäure, aus Fluor Flusssäure. Die so entstehenden Brandgase sind giftig und erzeugen Korrosion.

Da Halogene in kleinsten Mengen fast überall auftreten (z.B. NaCl = Kochsalz), ist kaum ein Werkstoff absolut halogenfrei.

Die «Halogenfreiheit» wird gemäss IEC 60754 überprüft. Dabei wird festgestellt, ob das Material unter Flammeinwirkung korrosive Gase freisetzt. Halogenfrei heisst jedoch nicht automatisch, dass auch die Brandgase nicht korrosiv sind. Denn schwefelvernetzte Elastomere können z.B. ebenfalls korrosive Brandgase verursachen, obwohl sie «halogenfrei» sind. Der Nachweis, dass ein Kunststoff oder Kabel keine korrosiven Brandgase verursacht, ist darum sinngemäss wichtiger, als die Aussage, dass er «halogenfrei» ist.

In der Elektroinstallation wird PVC häufig für Rohre, aber auch immer noch für Kabelummantelungen eingesetzt. PVC wird aber zunehmend durch PE (Poly-Ethylen) ersetzt, das keinerlei Halogene enthält. Teflon findet sich z.B. in hochwertigen Hochfrequenzkabeln, wo hohe Ansprüche an die Geometrie und die Dämpfungseigenschaften gestellt werden.

E5.2.5.2 Flammschutzmittel

Die organischen Moleküle der Kunststoffe bestehen vorwiegend aus Kohlenstoff und Wasserstoff und brennen aus diesem Grund sehr gut. In der elektrischen Installationstechnik sind daher Brände, die sich via Kabelbahnen über ganze Stockwerke hinziehen, gefürchtet. Flammhemmende Additive, die man den Kunststoffen zugibt, können die Brennbarkeit und die Brandfortleitung stark verringern.

Als Flammschutzmittel werden zum Beispiel Halogenverbindungen (hauptsächlich Brom-, aber auch Chlor-Verbindungen), phosphor- oder antimonhaltige Produkte eingesetzt.

5.2.1 Allgemeines und Arten von Leitungen

5.2.1.1 Grundsatz

- .1 Die Umgebungseinflüsse müssen bei der Auswahl und der Errichtung von Leitungen, Anschlüssen und Verbindungen, den zugehörigen Befestigungsmitteln und Umhüllungen berücksichtigt werden.
- .2 Leitungen sind nach Möglichkeit ortsfest zu verlegen.
- .3 Neutral-, PE- bzw. PEN-Leiter sind in gleicher Weise zu verlegen wie die dazugehörenden Außenleiter.
- .4 Leitungen sind möglichst sternförmig anzutragen und Schleifenbildungen sind zu vermeiden. Mit dieser Massnahme wird die Ausdehnung der Magnetfelder von stromdurchflossenen Leitern durch Kompensationseffekte minimiert. Weiter ist darauf zu achten, dass Hin- und Rückleiter möglichst nahe zusammen verlegt werden. So werden ungewollte magnetische Induktionen vermieden.

Allgemeines

Leitungen müssen so angeordnet oder gekennzeichnet sein, dass sie bei Prüfung, Instandhaltung oder Änderung der Anlage zugeordnet werden können.

Neutralleiter (N) sind die mit dem Mittelpunkt bzw. Sternpunkt des Netzes verbundenen Leiter. Diese müssen mit der Farbe Blau über ihre gesamte Länge gekennzeichnet sein. Die Farbe Blau darf für keine andere Zwecke verwendet werden.

Schutzleiter (PE) sind Leiter, die für Schutzmassnahmen gegen gefährliche Körperströme dienen. Diese müssen durch die Zwei-Farben-Kombination grün/gelb gekennzeichnet sein. Diese Farbkombination darf für keinen anderen Zweck verwendet werden. Ein Schutzleiter stellt die elektrische Verbindung zu einem der folgenden Teile her:

- Körper der Betriebsmittel
- fremde leitfähige Teile
- Haupterdungsschiene
- Erder, geerdeter Punkt der Stromquelle oder künstlicher Sternpunkt

PEN-Leiter sind geerdeter Leiter, die gleichzeitig die Funktionen des Schutzleiters PE und des Neutralleiters N erfüllen. Per Definition ist ein PEN-Leiter kein aktiver Leiter, kann jedoch betriebsmäßig Strom führen. Falls er isoliert ist, muss er grün-gelb über die ganze Länge und zusätzlich mit blauer Markierung an den Leiterenden gekennzeichnet sein.

Ein Erdungsleiter ist ein Schutzleiter, der die Haupterdungsschiene mit dem Erder verbindet.

Ein Schutz-Potenzialausgleichsleiter ist ein Schutzleiter, der den Schutz-Potenzialausgleich sicherstellt. Farbe: grün-gelb.

Bei Leitungen mit zwei bis fünf Adern müssen die Aussenleiter durch die Farbe braun, schwarz und grau über die ganze Länge gekennzeichnet sein. Die Verwendung einer dieser Farben für alle Aussenleiter eines Stromkreises ist nur bei einadrigen Kabeln zulässig. Bei Leitungen mit mehr als fünf Adern können die Adern numerisch gekennzeichnet sein. Numerisch gekennzeichnete Leiter dürfen nicht als Schutzleiter verwendet werden.

Tabelle 5.2.1.1.4.1 Aderkennzeichnung

	L1	L2	L3	N	PE
1-3L	braun	schwarz	grau	blau	grün/gelb
>3L		nummeriert		blau	grün/gelb

Bei Kabel mit numerisch gekennzeichneten Leitern ohne blaue Leiter ist jener Leiter mit der tiefsten Nummer als Neutralleiter zu verwenden. Dieser ist an den Leiterenden blau zu kennzeichnen.

Tabelle 5.2.1.1.4.2 Kurzzeichen der Eigenschaften nach HD 361

Kennzeichnung der Bestimmung									
H Harmonisierte Typen									
A Anerkannter nationaler Typ									
CH-N Anderer nationaler Typ									
Nennspannung									
03	300/ 300 Volt								
05	300/ 500 Volt								
07	450/ 750 Volt								
1	600/1000 Volt								
Isolierhülle / Mantelwerkstoff / Bewehrungen									
B	Ethylen-Propylen-Kautschuk (EPR)								
C4	Kupferschirm als Geflecht über den verselten Adern								
C5	Kupferschirm als Geflecht über jeder Adern								
C7	Kupferschirm aus Bändern, Rund- oder Profildrähten über den verselten Adern								
C8	Kupferschirm wie C7, über jeder Ader								
E	Polyethylen								
G	Ethylenvinylazetat								
J	Glasfaserbeflechtung								
M	Mineralisierung								
N	Chloropren-Kautschuk (oder gleichwertiger Kunststoff)								
Q	Polyurethan								
Q4	Polyamid								
R	Naturkautschuk oder Styrol-Butadien-Kautschuk								
S	Silikon-Kautschuk								
T	Textilgeflecht über den verselten Adern								
T6	Textilgeflecht über jeder Ader einer mehradrigen Leitung								
V	normales PVC, weich								
V2	PVC weich, erhöht temperaturbeständig (90 °C)								
V3	PVC weich, besonders kältebeständig								
V4	PVC weich, vernetzt								
V5	PVC weich, speziell ölbeständig								
X	Vernetztes Polyethylen								
Z	Vernetzte Mischung auf der Basis von Polyolefinen								
Z1	Thermoplastische Mischung auf der Basis von Polyolefinen								
Z2	Bewehrung aus runden Stahldrähten, verzinkt oder nicht verzinkt								
Z3	Bewehrung aus flachen Stahldrähten, verzinkt oder nicht verzinkt								
Z4	Bandseisenbewehrung, verzinkt oder nicht verzinkt								
Z5	Beflechtung aus Stahldrähten, verzinkt oder nicht verzinkt								
Besonderheiten im Aufbau									
H	flache, aufteilbare Leitung								
H2	flache, nicht aufteilbare Leitung								
H8	Wendelleitung								
Leiterart									
U	rund, eindrähtig								
R	rund, mehrdrähtig								
K	feindrähtig, für feste Installationen								
F	feindrähtig, für bewegliche Leitungen								
H	feinsträhtig, für bewegliche Leitungen								
Y	Lahnlitzenleiter (ca. 0,1 mm Drahtlitzen mit Baumwollfäden umgeben)								
Aderzahl									
Schutzleiter									
X	ohne Schutzleiter								
G	mit Schutzleiter grün-und-gelb								
Nennquerschnitt des Leiters									

Tabelle 5.2.1.1.4.3 Aufbau und Anwendung ortsfest verlegter Leiter

Leitungstypen	Typkurzzeichen	nach Cenelec	SEV	Verlegungsart				Raumart/ Umgebung	Isolationszeit in min	halbgereift	min. Biegeradius ... x d	Nennspannung U ₀ /U V	Grenztemperatur bei Betrieb, Verlegung, Transport, Lagerung am Leiter an der Oberfläche		
				Elektronikinstallationsrichtung ²⁾	geschl. Elkt.kanal	Kabelwanne, -röhre	unmittelbar auf Geh.-teile	feucht oder nass	aggressiv (Af-4) (kor.)	kältebeständig -25 °C	wärmebeständig +90 °C	°C im Betrieb	°C im Kurzschluss	°C fest verlegt	°C bei Verlegung
PVC Aderleitung	H07V-U	T-Draht	X			X	X					3 450/750	+70 +160	+70/-20	+70/+5
PVC-Aderleitung	H07V-R	T-Seil	X			X	X					3 450/750	+70 +160	+70/-20	+70/+5
PVC-Verdrahtungsleitung	H07V-K	T-Litze										3 450/750	+70 +180	+70/-20	+70/+5
PVC Aderleitung	H07V3-U	T-Draht	X			X	X	X				3 450/750	+70 +160	+70/-40	+70/-25
PVC-Aderleitung	H07V3-R	T-Seil	X			X	X	X				3 450/750	+70 +160	+70/-40	+70/-25
PVC-Verdrahtungsleitung	H07V3-K	T-Litze						X				3 450/750	+70 +160	+70/-40	+70/-25
Aderleitung vernetzt, halogenfrei	H07Z-U	T-Draht	X			X	X	X				3 450/750	+90 +250	+90/-15	+90/+5
Aderleitung vernetzt, halogenfrei	H07Z-R	T-Seil	X			X	X	X	X	X		3 450/750	+90 +250	+90/-15	+90/+5
Aderleitung vernetzt, halogenfrei	H07Z-K	T-Litze							X	X		3 450/750	+90 +250	+90/-15	+90/+5
PVC-Installationskabel	CH-N1VV-U	Tdc	X X	X X	X X	X X	X X					6 600/1000	+70 +150	+70/-20	+60/+5
PVC-Installationskabel	CH-N1VV-R	Tdc-Seil	X X	X X	X X	X X	X X					6 600/1000	+70 +150	+70/-20	+60/+5
PVC-Energie-Verteilungskabel	TT	TT	X X	X X	X X	X X	X X					6 600/1000	+70 +150	+70/-20	+60/+5
Installationskabel halogenfrei	CH-N1Z1Z1-U	FE0	X X	X X	X X	X X	X X	X 0	X	6 600/1000	+70 +150	+70/-15	+60/+5		
Installationskabel halogenfrei	CH-N1Z1Z1-R	FE0-Seil	X X	X X	X X	X X	X X	X 0	X	6 600/1000	+70 +150	+70/-15	+60/+5		
Installationskabel halogenfrei	CH-N1ZZ1-R	FE05	X X	X X	X X	X X	X X	X 5	X	6 600/1000	+90 +250	+90/-25	+80/+5		
Installationskabel halogenfrei	CH-N1ZZ1-U	FE05-Seil	X X	X X	X X	X X	X X	X 5	X	6 600/1000	+90 +250	+90/-25	+80/+5		
Installationskabel halogenfrei	CH-N1MZZ-U	FE180	X X	X X	X X	X X	X X	X 180	X	6 600/1000	+90 +250	+90/-25	+80/+5		
Installationskabel halogenfrei	CH-N1MZZ-R	FE180-Seil	X X	X X	X X	X X	X X	X 180	X	6 600/1000	+90 +250	+90/-25	+80/+5		
Installationskabel halogenfrei	CH-N1MZZ1-U	FE180	X X	X X	X X	X X	X X	X 180	X	6 600/1000	+90 +250	+90/-25	+80/+5		
Installationskabel halogenfrei	CH-N1MZZ1-R	FE180-Seil	X X	X X	X X	X X	X X	X 180	X	6 600/1000	+90 +250	+90/-25	+80/+5		
PVC-Verdrahtungsleitung mit erhöhter Wärmebeständigkeit	CH-N05V2-K	Tw	X			X	X	X	X			6 300/500	+90 +160	+90/-25	+105/-30
EPR-Energie-Verteilungskabel	GKT	GKT	X X	X X	X X	X X	X X	X		10 600/1000	+90 +250	+90/-25	+80/-15		
EPR-Energie-Verteilungskabel	GKN	GKN	X X	X X	X X	X X	X X	X	X	10 600/1000	+90 +250	+90/-25	+80/-15		
VPE-Energie-Verteilungskabel	XT	XT	X X	X X	X X	X X	X X	X		10 600/1000	+90 +250	+90/-15	+80/-15		
VPE-Energie-Verteilungskabel	XN	XN	X X	X X	X X	X X	X X	X	X	10 600/1000	+90 +250	+90/-15	+80/-15		
VPE-Energie-Verteilungskabel	XKT	XKT	X X	X X	X X	X X	X X	X		10 600/1000	+90 +250	+90/-15	+80/-15		
VPE-Energie-Verteilungskabel	XKN	XKN	X X	X X	X X	X X	X X	X	X	10 600/1000	+90 +250	+90/-15	+80/-15		
Abgeschirmte PVC-Schlauchleitung	CH-N05VVC4-F		X X	X X	X X	X X	X X					300/500	+70 +150	+70/-15	+60/+5
Stahlband-armiertes PVC-Energieverteilungskabel	TT-CIT	TT-CIT	X X	X X	X X	X X	X X					10 600/1000	+70 +160	+70/-15	+60/+5

1) 600/1000 V, wenn diese Leitungen in SK mechanisch geschützt, fest verlegt sind

2) Installationskanäle, deren Deckel nur mit Hilfe von Werkzeugen oder mit besonderer Anstrengung von Hand geöffnet werden können gelten als Installationsrohre

Tabelle 5.2.1.1.4.4 Aufbau und Anwendung ortsveränderlich verlegter Leiter

Leitungstypen	Typkurzzeichen		Verlegungsart / Raumart / Umgebung							Nennspannung U ₀ /U V	Grenztemperatur bei Betrieb, Verlegung, Transport, Lagerung am Leiter an der Oberfläche			
			A	B	C	D	E	F	G		H °C	I °C	J °C	L °C
Umflochtene Gummi-verdrahtungsleitung	CH-N05RT-F	GFB		X			X	X		300/500	+60	+200	+60	+60/-25
Umflochtene und verseilte Gummiaderschnur	CH-N05RT6-F	GtB GtS		X			X	X		300/500	+60	+200	+60	+60/-25
PVC-Schlauchleitung, runde Ausführung	CH-N05VV-F	Td			X		X	X	X	300/500	+60	+150	+70	+60/+5
Leichte PVC-Schlauchleitung, runde Ausführung	CH-N03VV-F	TdIr	X					X		300/300	+60	+150	+70	+60/+5
Schlauchleitung mit Polyurethanmantel	CH-N05VQ-F CH-N05QQ-F	PUR-PUR			X		X	X		300/500	+60	+150	+70	+70/-5
Schwere Schlauchleitung mit Polyurethanmantel	CH-N07VQ-F CH-N07QQ-F	PUR-PUR				X		X		450/750	+60	+150	+70	+70/-5
Verstärkte PVC-Schlauchleitung	CH-N1TVF	Tdv				X		X	X	600/1000	+60	+150	+70	+70/+5
Schlauchleitung mit Polychloroprenmantel	H05RN-F CH-N05RN-F	Gd			X		X	X	X	300/500	+60	+200	+60	+60/-25
Schlauchleitung mit Gummimantel	H05RR-F CH-N05RR-F	Gd			X		X	X	X	300/500	+60	+200	+60	+60/-25
Gummiaiderschnur	H03RT-F	GrB	X	X				X		300/300	+60	+200	+60	+60/-25
Verstärkte Gummi-Schlauchleitung	CH-N1RTR-F CH-N1RTN-F	Gdv				X		X	X	600/1000	+60	+200	+60/-40	+60/-15
PVC-Schlauchleitung	H05VV-F	Td		X ¹⁾	X		X	X	X	300/500	+60	+150	+70	+60/+5
Leichte PVC-Schlauchleitung	H03VV-F H03VVF2-F	TdIr Tdf	X					X		300/300	+60	+150	+70	+40/+5
Leichte Zwillingssleitung	H03VH-Y (-H)	Tlf	X					X		300/300	+40	+150	+60	+40/+5
erhöht wärmebeständige Silikon-Gummiaiderleitung	H05SJ-K	Gw	X	X						300/500	+180	+350	+180	+180/-25

A Leichte transportable Apparate für Nennspannungen bis 300 V, bei denen andere Leiter die Handhabung unzumutbar erschweren würden, z.B. Tischleuchten für den Haushalt, Radio-, Rasier-, Massage- und medizinische Apparate, Heissluftdušchen, Nähmaschinen, Uhren.

B Apparate für Haushalt und ähnliche Zwecke, z.B. Bügeleisen, Heizöfen, Ständerleuchten, Staubsauger und dgl. mit Ausnahme von Handleuchten, Kochherden, Küchenapparaten und Waschapparaten.

C Handleuchten, Tischleuchten für Werkstätten, Haushalt-Kochherde, Haushalt-Küchenapparate und Haushalt-Waschapparate, Leichte Apparate für gewerbliche und industrielle Zwecke, z.B. Handwerkzeuge, Heckenscheren.

D Apparate für Bühnenhäuser, z.B. Scheinwerfer. Apparate für Ställe, z.B. Viehputzapparate, Melkmaschinen. Schwere Apparate für gewerbliche und industrielle Zwecke, z.B. Schweissmaschinen, Bau- und landwirtschaftliche Motoren, Futterkessel.

E Verlängerungsleitung

F trocken

G feucht oder nass

H aggressiv

I im Betrieb

J im Kurzschluss

L bewegt (falls berührbar max. 50°C! Verbrennungsgefahr!)

1) nicht für Bügeleisen

5.2.1.2 Verlegeart in Abhängigkeit der Bauart einer Leitung

- .1 Die Verlegung einer Leitung muss je nach deren Bauart den Tabellen 5.2.1.3.1.1 und 5.2.1.3.3.1 entsprechen.

5.2.1.3 Verlegeart in Abhängigkeit des Verlegeortes

- .1 Die Verlegung einer Leitung muss je nach Situation am Verlegeort Tabelle 5.2.1.3.1.1 entsprechen.

Tabelle 5.2.1.3.1.1 Verlegearten in Abhängigkeit des Verlegeortes

Leitungen		Verlegearten					
bauliche Hohlräume	zugänglich nicht zugänglich	ohne Befestigungsmittel	mit Schelle offen verlegt	Elektroinstallationsrohr	zu öffnender Elektroinstallationskanal (einschl. Sockelleisten und Fußbodenkanal)	geschlossener Elektroinstallationskanal	Kabelritsche, Kabelwanne, Ausleger
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
eingebettet im Erdboden		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
eingebettet in Gebäudeteilen		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
auf der Oberfache befestigt		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

richtig

normale sinnvolle Anwendung

zulässig

möglich, nicht sinnvoll, aber man darf

unzulässig

verboten, man darf nicht

nicht möglich

baulich, physikalisch

- .3 Bei Verlegung im Erdreich müssen die Leitungen in der Regel durch geschlossene Rohre oder Kanäle so geschutztzt sein, dass sie leicht ausgewechselt werden können und eine Beschädigung bei Grabarbeiten und dergleichen ausgeschlossen ist. Dieser mechanische Schutz gilt als gewährleistet, wenn die Schutzrohre mindestens 60 cm unter der Erdoberfache liegen und mit einem Markierungsband versehen werden.

**Tabelle 5.2.1.3.3.1 Anwendung der Rohrarten
(Umgebungsbedingungen, Eigenschaften)**

Umgebungsbedingungen nach DIN Kapitel 3.3			Anwendung			Eigenschaften nach EN 50086								
Temperatur	Korrosion	Schlag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11		
-25° - +60°	-15° - +60°	-5° - +60°	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
-5° - +90°	-45° - +90° oder höher		ok											
AF1 vermaclhaisigbar	AF2 atmosphärisch	AF3 zertwiese	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
-45° - +90°	AF4 dauermd	AG1 niedrig	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
AG2 mittel	AG3 hoch		ok											
Einb. in brennbarer Gebäudeteile		AP	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
UP			ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Rohrart	KIR	KRH	KRGK	KRF	KRFG	KRFW	KRFWG	ER	ERZ	ALU				
	Flammmausbreitung	Korrosionsbeständigkeit	Feinkörnereschutz	elektrische Eigenschaften	Brüggsamkeit	Gebrauchstemperatur min.	Gebrauchstemperatur max.							

Die Klassifizierung muss mind.
die ersten 4 Stellen aufweisen

☒ nicht zulässig

☒ möglich, zulässig

☒ normal, sinnvoll

- .5 Der Rohrdurchmesser ist so zu wählen, dass sich Leiter ohne Zwang und Beschädigung einziehen lassen. Dies ist in der Regel gewährleistet, wenn die Rohre/Leiterquerschnitte gemäss Tabelle 5.2.1.3.5.1 gewählt werden.

Tabelle 5.2.1.3.5.1 Bemessung der Rohre

Rohrdurchmesser in mm		maximale Anzahl isolierter Leiter									
M-Gewinde		Querschnitt der Leiter in mm ²									
Rohr-Nr.	minimal										
DN	di	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	
16	9.5	3 (5)	3	2	1						
20	13	7 (9)	5	3	2	1	1				
25	18	13	8	4	3	3	1	1	1		
32	24			7	5	4	2	2	1	1	
40	31				7	5	5	3	2	2	
50	39					7	7	5	5	3	
63	51							7	7	7	

DN maximaler Aussendurchmesser der Rohre

di minimaler Innendurchmesser der Rohre

Die Zahlen in Klammern beziehen sich auf sichtbar (AP) verlegte Rohre.

5.2.1.4 Verlegearten

- .1 Im Abschnitt Strombelastbarkeit sind die (Referenz-) Verlegearten in der Tabelle 5.2.3.1.1.9 beschrieben.

5.2.1.7 Elektroinstallationsrohre und zu öffnende Elektroinstallationskanäle

- .1 Mehrere Stromkreise in einem Elektroinstallationsrohr oder einem zu öffnenden Elektroinstallationskanal sind zulässig, wenn alle Leiter für die höchste vorhandene Bemessungsspannung isoliert sind.
- .2 Elektroinstallationsrohre, in die Aderleitungen eingezogen werden, sind durch Muffen miteinander zu verbinden, so dass keine fremden Stoffe eindringen können.
- .4 Brennbare Rohre müssen vollständig in nichtbrennbare Stoffe eingebettet sein. Aus Wänden und Decken dürfen diese Rohre höchstens 10 cm vorstehen.

5.2.1.8 Ortsveränderliche Leitungen

- .2 Ortsveränderliche Leitungen müssen flexible Leiter und einen nichtleitenden Schutzmantel besitzen, welcher der Beanspruchung der Leitung entspricht.
- .5 Ortsveränderliche Leitungen dürfen nicht durch Wände und Decken geführt werden.

Die Schutzleiter von ortsveränderlichen Leitungen müssen mit den übrigen Leitern eine gemeinsame Leitung bilden.

E5.2.2

Leitungswahl und äussere Einflüsse

In feuchten und insbesondere in korrosiven Umgebungen oder in Räumen mit verschmutzenden Stoffen besteht die Gefahr der Beschädigung von Leitungen und Betriebsmitteln. Die richtige Auswahl ist daher zwingend. Geeignete Massnahmen für einen zusätzlichen Schutz können aber auch schützende Bänder, Anstriche, Fett und dergleichen sein. Für normale Anwendungen werden die folgenden Kunststoffe verwendet:

- *PVC (Polyvinylchlorid)*: Versehen mit ausgewählten Zusatzstoffen erhält das Material die gewünschten mechanisch-thermischen Eigenschaften für die Kabel- und Leitungstechnik. Die wesentlichen Vorteile sind die mechanische Robustheit und die Unempfindlichkeit gegenüber Wasser. Durch den Chloranteil ist PVC flammwidrig. Wenn kein äusseres Stützfeuer vorhanden ist, verlöscht es von selbst. Eine zulässige Betriebstemperatur von bis zu 70 °C ist möglich. Mit weiteren Zusatzstoffen kann es ölbeständig oder termitenfest hergestellt werden.
- *VPE (Vernetztes Polyethylen)*: Der Stoff weist gegenüber PVC eine höhere Wärmebeständigkeit für Temperaturen bis 90 °C und verbesserte mechanische Eigenschaften auf.
- *Mineralisolation*: Diese Leiter sind für Temperaturen bis 105 °C geeignet.
- *EPR (Ethylen-Propylen-Kautschuk)*: Dieses Elastomer ist unter der Bezeichnung HEPR bekannt. Es ist halogenfrei und damit «brandfreundlicher» als PVC.

Für spezielle Anwendungsfälle, wo konzentrierte Einwirkungen korrosiver Stoffe anzunehmen sind, können Isolierstoffe gewählt werden, die diesen speziellen Anforderungen genügen:

- **PVC ölbeständig:** z.B. für Anwendungen an Werkzeugmaschinen oder Fertigungsstrassen in der Industrie.
- **PA (Polyamid):** Dies ist ein Polykondensationsprodukt, hat eine hohe Abriebfestigkeit und Zähigkeit sowie eine gute Beständigkeit gegenüber organischen Lösungsmitteln und Treibstoffen. Es wird häufig als Mantelüberzug bei Leitungen eingesetzt.
- **CR (Polychloropren):** Auf der Basis von Kautschuk weist das Material eine gute Licht-, Sauerstoff- und Ozonbeständigkeit auf. Zusätzlich ist es widerstandsfähig gegen Kälte, Wärme, Chemikalien und Einwirkungen von Flammen.
- **NBR (Nitrit-Butadien-Kautschuk):** Auf der Basis von Kautschuk ist der Stoff ölbeständig und widerstandsfähig gegenüber vielen Lösungsmitteln.

Sind Kabel oder Leitungen mit metallischen Umhüllungen aus z.B. Aluminium oder Blei versehen, so besteht die Gefahr der elektrolytischen Korrosion. Dies vor allem, wenn sie im Erdreich verlegt sind, aber auch, wenn sich zwei unterschiedliche Metalle unter Feuchtigkeitseinfluss berühren. Es entsteht eine elektrochemische Reaktion, bei der das negativeren der beiden Materialien zerstört wird. Liegt z.B. ein Kabel mit einer Aluminiumbewehrung direkt auf einem Stahlträger auf, so wird in einer feuchten Umgebung das Aluminium zerstört. Durch einen chemisch beständigen PVC-Überzug kann der Metallmantel geschützt werden.

5.2.2 Auswahl und Errichtung nach den Umgebungseinflüssen

Für die Auswahl von Leitungen, Rohren und Kabeln gelten die 5.2.1.3.4 und 5.2.1.2.3.5.

5.2.2.1 Umgebungstemperatur (AA)

- .1+2 Leitungen müssen nach der höchsten bzw. niedrigsten örtlichen Umgebungstemperatur ausgewählt und errichtet werden. Für deren Isolierstoffe darf dabei die zulässige Betriebstemperatur nicht überschritten werden.

Tabelle 5.2.3.1.1.4 Höchstzulässige Betriebstemperaturen für Isolierstoffe

5.2.2.2 Äussere Wärmequellen

- .1 Leitungen müssen gegen unzulässige thermische Einwirkungen geschützt werden. Es können folgende Massnahmen getroffen werden.
- Abschirmung gegenüber Wärmequellen
 - Anordnung in ausreichendem Abstand zur Wärmequelle
 - Auswahl einer Verlegeart unter Berücksichtigung der zu erwartenden Temperaturerhöhung
 - örtliche Verstärkung oder Ersatz von isolierenden Stoffen

Wärmeeinwirkung kann durch Strahlung, Konvektion oder Wärmeleitung erfolgen, z.B.:

- von Warmwasserversorgungsanlagen
- von Anlagen, Betriebsmitteln wie Leuchten
- von Prozessen
- durch wärmeleitende Stoffe
- durch Sonneneinwirkung

5.2.2.3 Auftreten von Wasser (AD)

- .1 Leitungen müssen so ausgewählt und errichtet werden, dass kein Schaden durch das Eindringen von Wasser hervorgerufen wird. Die erstellten Leitungen müssen die jeweils erforderliche IP-Schutzart erfüllen.

Ummantelung und Isolierung von Leitungen für feste Verlegung gelten in der Regel als beständig gegen das Eindringen von Feuchtigkeit.

Besondere Bedingungen gelten für Leitungen, die häufig Spritzwasser ausgesetzt sind bzw. die häufig ein- oder untergetaucht werden.

- .2 Wenn sich innerhalb von Leitungen Wasser ansammeln oder Kondensation von Wasser auftreten kann, müssen Vorkehrungen für die Wasserabführung getroffen werden.

5.2.2.4 Auftreten von festen Fremdkörpern (AE)

- .1+.2 Leitungen müssen so ausgewählt und errichtet werden, dass die Gefahr einer Beschädigung durch feste Fremdkörper auf ein Minimum reduziert wird.

Die erstellten Leitungen müssen die jeweils erforderliche IP-Schutzart erfüllen.

Stoffe wie Späne, Fasern und Staub können die Wärmeableitung von Leitungen verringern. Unter diesen Bedin-

gungen sind Massnahmen gegen das Ansammeln von solchen Stoffen zu treffen.

5.2.2.5 Auftreten von korrosiven oder verschmutzenden Stoffen (AF)

- .1 Beim Auftreten von korrosiven oder verschmutzenden Stoffen einschliesslich Wasser, welche die Korrosion oder die Alterung begünstigen, müssen die der Schädigung ausgesetzten Teile der Leitung geeignet geschützt werden oder aus einem korrosions- bzw. alterungsbeständigen Werkstoff sein.

Gute Eigenschaften für den Einsatz in solchen Umgebungen haben:

- Polyvinylchlorid (PVC) (Öl, Treibstoffe, Fett)
- Polyamid (Benzin, Benzole, Öl, Fett, Chlorkohllewasserstoffe)
- Polychloropren (licht- und ozonbeständig)

Leitungen, die ständig in Öl liegen, sollten aus Nitrikautschuk bestehen.

Geeignete Massnahmen für einen zusätzlichen Schutz können auch schützende Bänder, Anstriche, Fett oder der gleichen sein.

E5.2 Leiter und Isolierstoffe

- .2 Unterschiedliche Metalle, die bei gegenseitiger Berührung elektrolytisch reagieren, dürfen keinen Kontakt haben
– es sei denn, es werden besondere Massnahmen zur Vermeidung der Reaktionen getroffen.

5.2.2.6 Mechanische Beanspruchung (AG)

- .1 Leitungen müssen so ausgewählt und errichtet werden, dass der Schaden, der durch mechanische Beanspruchung (z.B. durch Schlag, Eindringen oder Druck) während Errichtung, Nutzung und Instandhaltung verursacht werden kann, auf ein Minimum reduziert wird.

Mechanische Beanspruchungen sind auch an sichtbaren Leitungen über dem Fussboden in Werkstätten und industriell genutzten Räumen sowie in besonders gefährdeten Bereichen der übrigen Räume zu erwarten.

- .2 Kann bei ortsfesten Leitungen eine mittlere oder hohe Beanspruchung auftreten, muss der Schutz durch eine der folgenden Massnahmen sichergestellt werden:
- entsprechende mechanische Eigenschaften der Leitungen
 - Wahl des Errichtungsorts
 - Installationskanäle oder Abdeckungen, die den gleichen Schutz bieten wie Rohre mit erhöhter mechanischer Widerstandsfähigkeit
 - zusätzlicher lokaler, umfassender mechanischer Schutz durch Stahlbleche von mindestens 1 mm Dicke oder mechanisch gleichwertige Werkstoffe

5.2.2.7 Schwingungen (AH)

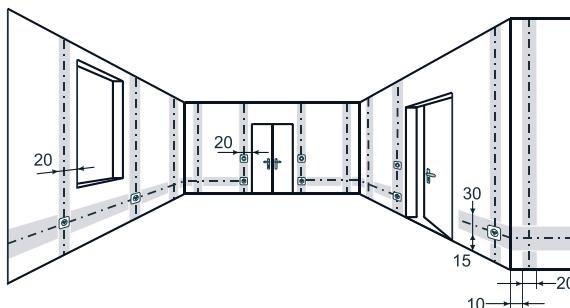
- .1 Leitungen an Konstruktionsteilen oder Geräten, die Schwingungen von mittlerer oder hoher Beanspruchung ausgesetzt sind, müssen für diese Anforderungen geeignet sein. Dies gilt sowohl für einzelne Leitungen als auch für die Leitungsverbindungen.

Betriebsmittel, die Schwingungen ausgesetzt sind oder solche erzeugen, sind z.B. Steuerventile, Magnete, Verbrennungsmotoren, hydraulische Antriebe, Stellmotoren, Kompressoren und ähnliches.

5.2.2.8 Andere mechanische Beanspruchungen (AJ)

- .1 Leitungen müssen so ausgewählt und errichtet werden, dass während der Errichtung, der Nutzung und der Instandhaltung eine Schädigung am Mantel von Kabeln und an der Isolierung von Leitungen und ihren Anschlüssen vermieden wird.
2. Der Biegeradius muss so gewählt werden, dass Leitungen nicht beschädigt werden.
 3. Der Befestigungsabstand an Leitungen ist so zu wählen, dass durch ihr Eigengewicht keine Beschädigung auftreten kann.
 7. Fest in Wänden verlegte Leitungen müssen waagrecht, senkrecht oder parallel zu den Raumkanten geführt werden. Leitungen, die in Decken oder Fussböden verlegt oder durch Konstruktionselemente geschützt sind, dürfen auf dem kürzesten Weg geführt werden.

Bild 5.2.2.8.1.7.1 Empfehlung für Installationszonen in Wänden



Durch Montage von Bildern, Vorhangsschienen usw. kann es bei unsichtbarem Leitungsverlauf zu Spannungsverschleppungen oder spannungsführenden Befestigungsteilen kommen.

Durch eine Leitungsverlegung in festgelegten Zonen gemäss obiger Skizze können Bauhandwerker und Bauherren von definierten Leitungsbereichen ausgehen.

8. Flexible Leitungen

1. Flexible Leitungen müssen so verlegt werden, dass sie keine schädigende Zugbeanspruchung erfahren. Dies gilt auch für die Anschluss- und Verbindungsstellen.
2. Werden flexible oder hochflexible Leitungen ortsfest verlegt, sind sie in Rohre einzuziehen oder so zu verlegen, dass die Leiter nicht beschädigt werden. Es sind geeignete Befestigungsmittel zu verwenden.

10. Leitungszubehör und Umhüllungen dürfen keine scharfen Kanten aufweisen.

5.2.1.3.4 Anwendung der Rohrarten

5.2.2.9 Vorhandensein von Pflanzen- und/oder Schimmelbewuchs / Flora (AK)

- .1 Wenn Pflanzen- und/oder Schimmelbewuchs Schäden hervorrufen können, müssen Leitungen entsprechend ausgewählt oder besondere Schutzmassnahmen vorgesehen werden. Wo immer möglich, ist die Verlegung UP vorzunehmen.

5.2.2.10 Vorhandensein von Tieren / Fauna (AL)

- .1 Wenn Tiere Schäden hervorrufen können, müssen entsprechende Leitungen gewählt oder besondere Schutzmassnahmen vorgesehen werden wie:
- besondere mechanische Eigenschaften der Leitungen (Metallrohre)
oder
 - Auswahl des Verlegeorts (UP in Mauerwerk oder Beton oder Ausstopfen/Abdichten von Hohlräumen)
oder
 - zusätzlicher lokaler oder umfassender mechanischer Schutz (bewehrte Kabel)
oder
 - eine Kombination der Massnahmen.

Beschädigungen von Kabeln und Leitungen durch Tiere treten an nachfolgenden Orten typischerweise auf:

- in landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Betrieben
- in Hohlräumen wie Hohldecken und Zwischenräume
- in Kabelböden und -kellern
- in Gebäuden wie Mühlen oder Futtermühlenbetrieben

5.2.2.11 Sonneneinstrahlung (AN)

- .1 Wenn erhebliche Sonneneinwirkung zu erwarten ist, müssen geeignete Leitungen gewählt werden oder es ist ein entsprechender Sonnenschutz vorzusehen.

PVC-Materialien sind für die Verwendung im Freien geeignet, sie sollen jedoch wegen der UV-Strahlung nicht direkt der Sonne ausgesetzt werden. Die UV-Strahlung führt zur vorzeitigen Alterung und Versprödung des PVC. So können Fremdstoffe wie Staub und Feuchtigkeit eindringen, wor-durch sich die wichtigen elektrischen Eigenschaften wie Isolations- und Spannungsfestigkeit verschlechtern.

E5.2.4.2 Lichtstabilität

5.2.2.15 Elektromagnetische, elektrostatische und ionisierende Einflüsse (AM)

Leitungen sind möglichst sternförmig anzutragen und Schleifenbildungen sind zu vermeiden. Durch das konsequente Anwenden des Systems TN-S und das einmalige Erden des PEN-Leiters der Anschlussleitung beim Anschluss-Überstromunterbrecher kann das betriebsmäßige Stromführen in leitenden Gebäudeteilen verhindert werden.

5.2.3 Strombelastbarkeit

5.2.3.1 Allgemeines

5.2.3.1.1 Bestimmungen für die Strombelastbarkeit

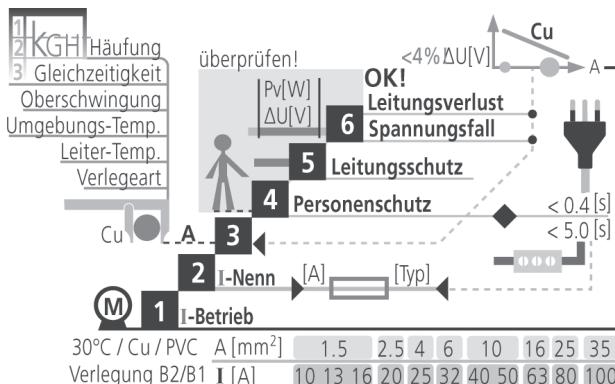
5.2.3.1.1.1 Einleitung

Diese Bestimmungen bezwecken, eine ausreichende Lebensdauer der Leiter und der Isolierung von Kabeln und Leitungen zu gewährleisten, die bei normalen Verlegebedingungen im Dauerbetrieb den thermischen Auswirkungen bei der jeweils höchstzulässigen Betriebstemperatur unterworfen sind. Die Bestimmungen gelten für Kabel, Leitungen und Aderleitungen.

Die folgenden Überlegungen können sich auf die Auswahl von Querschnitten der Leiter auswirken wie:

- Anforderungen für den Schutz gegen gefährliche Körperströme
- Schutz gegen thermische Einflüsse
- Schutz bei Überstrom
- Spannungsabfall
- Grenztemperaturen von Anschlussklemmen, an denen die Leiter angeschlossen sind

Bild 5.2.3.1.1.1 Die sechs Schritte zur Leitungsdimensionierung



5.2.3.1.1.3 Aufbau der Leitungen

In vorhanden Installationen von $1 mm^2$ Cu darf die maximale Strombelastbarkeit von 8 A nicht übersteigen. Heute sind entsprechende Leitungsschutzschalter der Charakteristiken B, C erhältlich. Sie gelten als Ersatz für Schmelzeinsätze 6 A.

5.2.3.1.1.4 Höchstzulässige Betriebstemperaturen

Der maximale Strom, der von einem Leiter dauernd geführt wird, darf nur so gross sein, dass die durch ihn hervorgerufene höchste zulässige Betriebstemperatur nicht überschreitet wird. (Siehe Tabelle 5.2.3.1.1.4.1)

Tabelle 5.2.3.1.1.4.1 Höchstzulässige Betriebstemperaturen für Isolierstoffe

Isolierstoffe	am Leiter
Polyvinylchlorid	70 °C
Vernetztes Polyethylen (VPE) Ethylen-Propylen-Kautschuk (EPR)	90 °C

E5.2.2 Isolierstoffe

5.2.3.1.1.5 Umgebungstemperatur

Die angebene Strombelastbarkeit gilt für eine Umgebungstemperatur von 30 °C (Tabelle 5.2.3.1.1.5.1). Für abweichende Umgebungstemperaturen müssen die tabellierten Werte mit dem jeweils zutreffenden Faktor multipliziert werden.

Tabelle 5.2.3.1.1.5.1 Umrechnungsfaktoren für andere Umgebungstemperaturen

Umgebungs-temperatur °C	Isolierung	
	PVC	VPE und EPR
10	1.22	1.15
15	1.17	1.12
20	1.12	1.08
25	1.06	1.04
30	1.0	1.0
35	0.94	0.96
40	0.87	0.91
45	0.79	0.87
50	0.71	0.82
60	0.50	0.71
70	-	0.58
80	-	0.41

5.2.3.1.1.7 Verlegearten

- .1 Die Bestimmungen berücksichtigen über 50 Verlegearten, wobei diejenigen mit ähnlichem thermischen Verhalten in neun sogenannten Referenzverlegearten zusammengefasst sind.

5.2.3.1.1.9 Verlegearten

- .5 Änderung der Verlegebedingungen im Verlauf einer Verlegestrecke:

Zur Bestimmung der massgebenden Verlegeart gilt jene Verlegeart, welche die «ungünstigsten» thermischen Eigenschaften aufweist. Leitungsstücke, die $\leq 1.0\text{ m}$ lang sind, müssen dabei nicht berücksichtigt werden.

Als Ausnahme gilt:

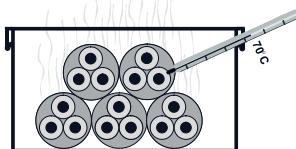
Wird ein Kabel oder eine Leitung auf oder in einem wärmedämmenden Stoff verlegt (Wärmewiderstand $> 2\text{ K} \cdot \text{m/W}$), beträgt die massgebende Distanz *nur 0.2 m*.

Tabelle 5.2.3.1.1.7.1 Verlegearten

A1			
A2			
B1			
B2			
C			
D			
E			
F			
G			

5.2.3.1.1.8 Umrechnungsfaktoren für Häufung

Bild 5.2.3.1.1.8.1 Erwärmung in einem Kanal



.1 Allgemeines

Wenn mehrere Stromkreise in einer Gruppe, in einem Rohr, in einem Kanal o.ä. verlegt sind, erwärmen sich die Leitungen gegenseitig. Die Strombelastbarkeit der einzelnen Leiter wird geringer. Darum müssen die zulässigen Strombelastbarkeiten mit den jeweiligen Umrechnungsfaktoren multipliziert werden.

- Wenn der horizontale lichte Abstand zwischen benachbarten Kabeln oder Leitungen das Zweifache ihres Aussendurchmessers überschreitet, braucht kein Umrechnungsfaktor angewendet zu werden
→ Häufung = 1.

Tabelle 5.2.3.1.1.8.3 Umrechnungsfaktoren für Häufung

Anordnung (mit Berührung) Referenz-VA	Anzahl der Stromkreise oder der mehradrigen Kabel											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	≥ 20
A1 – F	1.00	0.80	0.70	0.65	0.60	0.57	0.54	0.52	0.50	0.45	0.41	0.38

- .3 Bei einer Häufung von Kabeln oder Leitungen mit unterschiedlichen Querschnitten ist besondere Vorsicht bei der Strombelastung der kleineren Querschnitte geboten. Die Strombelastbarkeiten muss fallweise korrigiert werden.
- .4 Leiter mit geringen Belastungen, welche mit $\leq 30\%$ des zulässigen Stromes belastet werden, dürfen für die Häufigkeit vernachlässigt werden (z.B. Steuerleitungen).

5.2.3.1.1.9 Referenz-Verlegearten

5.2.3.1.1.9 Verlegearten

5.2.3.1.1.11 Strombelastbarkeit

- .1 Die vereinfachte Strombelastbarkeitstabelle:

Querschnitte der Leiter in mm² für die Referenz-Verlegearten A – F / 3 belastete Leiter / Cu / 70 °C / 30 °C / k_{GH} berücksichtigt

5.2.3.1.1.15.5 Querschnitte der Leiter mit k_{GH}

5.2.3.1.1.12 Umrechnungsfaktoren

- .1 Umgebungstemperatur 5.2.3.1.1.12.1

5.2.3.1.1.12.1 Umrechnungsfaktoren für Umgebungstemperaturen

- .2 Umrechnungsfaktoren für Häufung 5.2.3.1.1.8

5.2.3.1.1.12.2.1 Umrechnungsfaktoren für Häufigkeit

5.2.3.1.1.14 Umrechnungsfaktor Gleichzeitigkeit

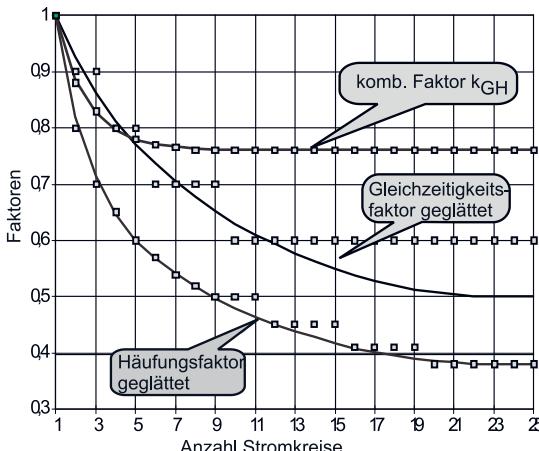
Als unwahrscheinlich gilt, dass in einem Haushalt der Wassererwärmer, die Waschmaschine, der Wäschetrockner, der Geschirrspüler, der Backofen, alle Kochplatten etc. gleichzeitig in Betrieb sind. Ähnliche Überlegungen sind auch in die Industrie oder ins Gewerbe zu übertragen.

5.2.3.1.1.15 Strombelastbarkeit / Querschnitte der Leiter

Kombinierter Umrechnungsfaktor k_{GH}

Sind bei einer Häufung >1 nicht alle Leitungen gleichzeitig 100% belastet, darf mit einem Gleichzeitigkeitsfaktor gerechnet werden.

Aus diesen beiden Größen (Häufung und Gleichzeitigkeit) kann der kombinierte Umrechnungsfaktor k_{GH} gebildet werden.

Bild 5.2.3.1.1.15.1 Umrechnungsfaktoren**Tabelle 5.2.3.1.1.15.2 Kombinierte Umrechnungsfaktoren k_{GH}**

Anordnung (mit Berücksichtigung) Referenz-VA	Anzahl der Stromkreise oder der mehradriges Kabel											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	≥ 20
A1 – F	1.00	0.88	0.83	0.80	0.78	0.77	0.76	0.75	0.73	0.72	0.71	0.70

Der kombinierte Umrechnungsfaktor für Häufung und Gleichzeitigkeit darf nur dann angewendet werden, wenn Stromkreise nicht gleichzeitig und nicht zu 100 % belastet sind.

5.2.3.1.1.15.5 Querschnitte der Leiter mit k_{GH}

5.2.3.4 Anzahl der belasteten Leiter in einem Stromkreis

- .1 Bei der Ermittlung der Anzahl der belasteten Leiter in einem Stromkreis sind nur jene Leiter zu berücksichtigen, die den Belastungsstrom führen. Wenn in einem Stromkreis eine symmetrische Belastung aller Außenleiter angenommen werden kann, ist der zugehörige Neutralleiter in der Regel nicht zu berücksichtigen.
- .2 Wird im Neutralleiter eine höhere Stromstärke als im Außenleiter erwartet, ist der Querschnitt des Kabels oder der Leitung auf Basis des Neutralleiterstroms zu bestimmen.
Solche Ströme können beispielsweise durch einen ausgeprägten Oberschwingungsstrom – in der Regel der 3. Harmonischen – in Drehstromkreisen verursacht werden.

F3.4 – F3.4.2 Oberschwingungen

Wenn der Oberschwingungsanteil grösser ist als 15 %, muss der Neutralleiter denselben Querschnitt aufweisen wie die Aussenleiter.

Wird ein solcher Stromkreis unsymmetrisch belastet, ist die Berechnung komplizierter, da der Neutralleiter in diesem Fall neben dem Oberschwingungsstrom zusätzlich den Strom durch die unsymmetrische Belastung führt. Dadurch kann der Neutralleiter überlastet werden.

- .3 PEN-Leiter müssen wie Neutralleiter behandelt werden. Leiter, die ausschliesslich Schutzleiterfunktion haben, werden nicht berücksichtigt.

Beispiel 1

In einer Autowerkstatt werden über einen Installationskanal folgende Verbraucher gespiesen:

Verbraucher	Bemessungsstrom Verbraucher A	Bemessungsstrom vorgesch. Sicherung A
1 Luftheritzer	6.7	10
2 Raumthermostat		13
3 Lichtinstallation		13
4 Autolift	6.3*	16
5 Steckdose T 25		16
6 Kompressor	19.5*	63
7 Industriesteckdose CEE 32 A		32

Lösung

Es werden PVC-Kabel verlegt, die Umgebungstemperatur beträgt höchstens 30 °C. Aus der Tabelle 5.2.3.1.1.9 VA kann die Referenzverlegeart B2 herausgelesen werden. Bei der Ermittlung der Häufung kann die Zuleitung zum Raumthermostat (Belastung < 30 %) vernachlässigt werden – die Häufung beträgt somit 6. Bei dieser Verbraucher-Konstellation kann sicher mit einer Gleichzeitigkeit < 100 % ausgegangen werden. Die zulässige Strombelastbarkeit lässt den Umrechnungsfaktor K_{GH} zu – somit können die erforderlichen Querschnitte aus der Tabelle 5.2.3.1.1.15.5 entnommen werden.

Die mit * bezeichneten Ströme sind Ströme der Verbrauchsmittel. Bei diesen Leitungen ist der Kurzschlusschutz zu überprüfen.

4.3.4.5 Schutz bei Kurzschluss

Ausschnitt aus Tabelle 5.2.3.1.1.15.5

Ausschnitt aus Tabelle 5.2.3.1.1.15.5

Referenz-Verlegeart	Anzahl Stromkreise	Nennauslösesstromstärke (A) des der Leitung vorgeschalteten Überstromunterbrechers										
		10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100
1. B 2	1				2,5	4	6	10	16		25	35
	2		1,5	2,5		4	6	10	16	25	35	50
	3 ... 4		1,5	2,5	4	6		10	16	25	35	50
	5 ... 8	1,5	2,5	4	6	10		16	25	35	50	70

3.

↑ 4,1 ↑ 4,3 ↑ 4,6 ↑ 4,7

4,2 4,5

4,4

1. Verlegeart B2
2. Anzahl Stromkreise (Häufung) 6
3. Spalte Bemessungsstrom auswählen
(Luftheritzer, Autolift und Kompressor sind festangeschlossen – es gilt der Bemessungsstrom des Verbrauchsmittel)
- 4.1–4.7 auf der Zeile Häufung 5...8 sind die entsprechenden Querschnitte herauszulesen

Verbraucher	Bemessungsstrom Verbraucher A	Bemessungsstrom vorgesch. Sicherung A	Querschnitte mm ²
1 Luftheritzer	6.7	10	1.5
2 Raumthermostat		13	1.5
3 Lichtinstallation		13	2.5
4 Autolift	6.3*	16	1.5
5 Steckdose T 25		16	2.5
6 Kompressor	19.5*	63	4
7 Industriesteckdose CEE 32 A		32	10

Beispiel 2

In einer offenen Kabelwanne werden 5 Kabel zu 5 Heizungsregistern à 22 kW einer Einbrennkabine verlegt. Der Bemessungsstrom pro Register beträgt 32 A. Am Verlegeort der Kabelwanne beträgt die Umgebungstemperatur ca. 38 °C.

Lösung

Es werden PVC-Kabel verlegt, bei einer Umgebungstemperatur von höchstens 40 °C. Die Strombelastbarkeits-tabellen gehen von einer Umgebungstemperatur von 30 °C aus. Durch die höhere Umgebungstemperatur verringert sich die Strombelastbarkeit und muss nach Tabelle 5.2.3.1.1.12.1 «korrigiert» werden (Umrechnungsfaktor für PVC-Isolation bei 40 °C = 0.87).

$$\text{umgerechneter Strom} = \frac{32 \text{ A}}{0.87} = 36.7 \text{ A}$$

Aus der Tabelle 5.2.3.1.1.9 VA wird die Referenzverlegeart C herausgelesen. Bei der Ermittlung der Häufung müssen alle 5 Kabel berücksichtigt werden – die Häufung beträgt somit 5. Für diese Anwendung muss davon ausgegangen werden, dass alle Heizregister über längere Zeit zu 100 % belastet werden. Die zulässige Strombelastbarkeit lässt den Umrechnungsfaktor k_{GH} nicht zu – somit müssen die erforderlichen Querschnitte aus der Tabelle 5.2.3.1.1.15.2.2 entnommen werden.

Ausschnitt aus Tabelle 5.2.3.1.1.15.2.2

Ausschnitt

aus Tabelle 5.2.3.1.1.15.2.2

Referenz-Verlegeart	Anzahl Stromkreise	Nennauslösestromstärke (A) des der Leitung vorgeschalteten Überstromunterbrechers										
		10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100
C	1		1,5		2,5	4		6	10	16	25	
	2		1,5	2,5	2,5	4	6	10	16	25	35	
	3	1,5		2,5	4	6	10		16	25	35	50
	4	1,5	2,5		4	6	10	16	25	25	35	50
	5	1,5	2,5		4	6	10	16	25	35	50	70
2.	6 ... 7	2,5	2,5	4	6	10	16		25	35	50	70

3.

4.

1.

1. Verlegeart C
2. Anzahl Stromkreise (Häufung) 5
3. Spalte Bemessungsstrom auswählen 36.7 A --> 40 A
4. Auf der Zeile Häufung 5 sind die entsprechenden Querschnitte herauszulesen.
ergibt folgenden Querschnitt: 16 mm²

Tabelle 5.2.3.1.15.2.2 Strombelastbarkeit in Ampère für die Referenz-Verlegearten A1, A2, B1, B2, C, D, E und F, PVC-Isolierung / drei belastete Leiter Cu / Leitertemperatur 70 °C / Umgebungstemperatur 30 °C

Referenz-Verlegeart	Anzahl Stromkreise	Nennauslösestromstärke (A) des der Leitung vorgeschalteten Überstromunterbrechers																	
		10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500
A1	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	150	185	300				
A2	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	120	150	240					
B1	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120						
B2	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120						
	2	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	95	120							
	3	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	120							
	4	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120							
	5 ... 6	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95								
	7	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95								
	8	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	120								
	9 ... 11	2,5	4	6	10	16	25	35	50	95	120								
	12 ... 15	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120								
	16 ... 19	4	6	10	16	25	35	50	95	120									
	≥20	4	6	10	16	25	35	50	95	120									
C	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	50	70	95	120	185	240					
	2	1,5	2,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	95	120	150	240				
	3	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	150	240	300				
	4	1,5	2,5	4	6	10	16	25	25	35	50	95	120	185	240				
	5	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	150	185	240				
	6 ... 7	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	150	240	300					
	8	2,5	4	6	10	16	25	35	50	95	120	150	240						
D (20 °C)	≥9	2,5	4	6	10	16	25	50	70	95	120	185	240						
	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	70	95	120							
	2	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	70	95	120							
	3	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95							
	4	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	70	95	120							
	5	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	120							
E (mehradrige Kabel)	6,,8	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	120							
	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	150	240	300				
	2	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	185	300				
	3	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	150	240	300				
	4 ... 5	1,5	2,5	4	6	10	16	16	25	35	50	70	120	150	240				
	6 ... 7	1,5	2,5	4	6	10	16	25	25	35	50	95	120	185	240				
F (eineadrige Kabel)	≥8	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	185	240				
	1								25	35	50	70	95	120	185	240	400		
	≥2								25	35	50	70	95	150	185	300	400		

ohne k_{GH}

Anmerkung

Bei der Ermittlung der Strombelastbarkeit mit Einzeltabellen kann es in einzelnen Fällen zu kleinen Abweichungen führen, da die Werte in den Tabellen der 5%-Regel entsprechen.

Tabelle 5.2.3.1.1.15.5 Querschnitte der Leiter in mm² für die Referenz-Verlegearten A1, A2, B1, B2, C, D, E und F, PVC-Isolierung / drei belastete Leiter Cu / LeiterTemperatur 70 °C / Umgebungstemperatur 30 °C / kombinierte Umrechnungsfaktoren k_{GH} berücksichtigt

Referenz-Verlegeart	Anzahl Stromkreise	Nennauslösestromstärke (A) des der Leitung vorgeschalteten Überstromunterbrechers																	
		10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500
A1	1	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	150	185	300				
A 2	1	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	120	150	240					
B1	1	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120						
B 2	1	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	95	120							
	2	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95							
	3 ... 4	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	120							
	5 ... 8	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	70	95	120							
	9 ... 15	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95							
	≥ 16	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95							
C	1	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	70	95	120	185	240					
	2 ... 5	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	185	240				
	≥ 6	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	185	300				
D (20 °C)	1	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	70	95	120	185	300					
	2	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	120	150	240					
	3	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	120	185	240					
	4	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	70	95	120	185	300					
	5	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	70	95	120	240	300					
	6	1.5	2.5	4	6	10	16	25	50	70	95	120	240	300					
	7	1.5	2.5	4	6	10	16	25	50	70	95	120	240	300					
	8	1.5	2.5	4	6	10	16	25	50	70	95	120	240						
	9..11	1.5	2.5	4	6	10	16	25	50	70	95	120	240						
	12..15	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	240					
E (mehradrige Kabel)	16..19	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	240					
	≥ 20	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	120	185	240					
F (einadrige Kabel)	1									25	35	50	70	95	120	185	240	400	
	≥ 2									25	35	50	70	95	150	185	300	400	

mit k_{GH}**Anmerkungen**

Die Tabellenwerte der Querschnitte der Leiter gelten für Überstromunterbrecher, die bei einem Überstrom vom 1.45-fachen der Nennauslösestromstärke mit Sicherheit abschalten. (LS-Charakteristiken B, C, D)

Die Tabellenwerte der Querschnitte der Leiter gelten nur, wenn die Anwendung eines Gleichzeitigkeitsfaktors k_G zulässig ist.

5.2.3.5 Parallel geschaltete Leiter

Eine Parallelschaltung der Leiter darf erst ab einem Gesamtquerschnitt von $\geq 70 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ ($2 \cdot 35 \text{ mm}^2$) erfolgen.

5.2.4 Mindestquerschnitte von Leitern

- .1 Die Querschnitte von Aussenleitern in ortsfest verlegten Wechselstromkreisen dürfen nicht kleiner sein als in nachstehender Tabelle:

Tabelle 5.2.4.1.1 Mindestquerschnitte für ortsfeste Kupferleitungen

Anwendung	mm ²
Haus- und Bezügerleitungen	6
Gruppen-, Verteil- und Verbraucherleitungen	1.5
Melde- und Steuerstromkreise	0.5
Melde- und Steuerstromkreise für elektronische Betriebsmittel	0.1

Bei ortsfester Verlegung gelten für flexible und steife Leiter und Leitungen dieselben Querschnitte.

Die genannten Mindestquerschnitte sind Nennquerschnitte. Gemäss internationalen Normen werden für die Nennquerschnitte maximale Leiterwiderstände festgelegt. Es ist möglich die maximal zulässigen Widerstände mit etwas geringeren Querschnitten einzuhalten.

- .2 Der Neutralleiter darf keinen kleineren Querschnitt haben als ein Aussenleiter in:
 - Wechselstromkreisen mit zwei Leitern mit beliebigem Aussenleiterquerschnitt
 - Wechselstromkreisen mit drei Leitern und in mehrphasigen Wechselstromkreisen, wenn der Aussenleiterquerschnitt $\leq 16 \text{ mm}^2$.
- .3 Bei mehrphasigen Wechselstromkreisen, in denen jeder Aussenleiter einen Querschnitt $> 16 \text{ mm}^2$ hat, darf der Neutralleiter einen kleineren Querschnitt als die Aussenleiter haben, wenn die folgenden Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind:
 - Der Querschnitt des Neutralleiters beträgt mind. 50 % des Aussenleiters. Der reduzierte Querschnitt ist $\geq 16 \text{ mm}^2$.
 - Der zu erwartende maximale Strom einschliesslich Oberwellen im Neutralleiter ist während des ungestörten

Betriebes nicht grösser als die Strombelastbarkeit des verringerten Neutralleiterquerschnitts.

Hierbei wird von einer symmetrischen Belastung der Aussenleiter im ungestörten Betrieb ausgegangen.

- Fließt im Neutralleiter wegen unsymmetrischer Last, Oberwellen oder ähnlichem ein unzulässig grosser Strom, ist dieser gegen Überstrom durch Massnahmen nach 4.3.1.2 zu schützen.
- .4 Für ortsveränderliche Leitungen gelten die folgenden minimalen Querschnitte in Bezug auf die Bemessungsstromstärke
- eines festangeschlossenen Verbrauchers oder
 - einer Apparate- oder Kupplungssteckdose

Tabelle 5.2.4.4.1 Minimale Querschnitte der Leiter ortsveränderlicher Leitungen mit PVC- oder VPE/EPR-Isolation, freiliegend und $\leq 30^{\circ}\text{C}$ Umgebungstemperatur

Bemessungsstromstärke der Energieverbraucher, Apparatesteckdosen und Kupplungssteckdosen A	Minimaler Querschnitt der Leiter mm^2
bis 6	0.75
bis 10	1
bis 16	1.5
bis 25	2.5
bis 32	4

- .5 Leitungen zum Anschluss transportabler schwerer Betriebsmittel wie Werkzeuge, landwirtschaftlicher Geräte und Motoren müssen einen Querschnitt der Leiter $\geq 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ aufweisen.

E5.2.4 Leitungsverluste und Wirtschaftlichkeit

Unter Life Cycle Costs versteht man die Betriebs-, Unterhalts- und Demontagekosten einer Anlage während ihrer Lebensdauer. Diese sind möglichst gering zu halten. Nur so können die investierten Geldmittel optimal eingesetzt werden. Dieser Gedanke ist auch bei einer einfachen Elektroinstallation wichtig.

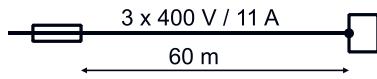
Gemäss 5.2.5, Spannungsfall in Verbraucheranlagen, darf der Spannungsfall zwischen Anschlussüberstrom-unterbrechern und Verbrauchsmitteln nicht über 4 % der Be-messungsspannung des Netzes betragen. Abweichende Werte sind zulässig für Motoren während des Anlaufs und Verbrauchsmittel mit hohen Einschaltströmen. Der Span-nungsfall führt aber auch zu einer Verlustleistung in etwa gleicher prozentualen Grösse, je nach Lastart.

5.2.5 Spannungsfall in Verbraucheranlagen

Vor allem bei Anlagen mit längerem Betrieb sind die Leitungsverluste ökonomisch nicht vernachlässigbar. Die jährlichen Verlustkosten können höher sein als die einma-ligen Investitionskosten für die Installation der Anlage.

Bei dem in der Tabelle E5.2.4.1 gezeigten Beispiel han-delt es sich um eine einfache Installation in industrieller Umgebung. Die zu installierende Drehstrom-Leitung wird während 5000 Stunden pro Jahr mit 11 A Gemischtlast betrieben, thermische Probleme (LeiterTemperatur 50 °C) sind keine vorhanden.

Tabelle E5.2.4.1 Verluste elektrischer Installationen und deren Kosten. Die Amortisationszeit ist mit Zinseszinsen gerechnet.



Leiterquerschnitt Cu	Verluste P _v	Verlustenergie / Jahr W _j	Verlustkosten / Jahr K _{vj}	Installationskosten K _i	Amortisationszeit a	Verlustkosten 10 Jahre K _{v,j,10}
mm ²	W	kWh	CHF	CHF	Jahre	CHF
1.5	289	1445	289.00	250	-	3140
2.5	173	865	173.00	270	0.17	2000
4	108	540	108.00	300	0.28	1380
6	72.4	362	72.50	360	0.51	1085
10	43.4	217	43.50	540	1.18	975
16	27.1	135	27.00	660	1.56	957

Randbedingungen sind:
 Leitungslänge l = 60 m, Leiterr temperatur θ = 50 °C, Betriebszeit t = 5000 h/a, Energiepreis k = 0,20 CHF/kWh, Gemischte Last, ohne hohe Anlaufströme, Strom I ≈ 11 A. Zinssatz für die Verlustkosten 3 %, Installationskosten K_i gemäss Kalkulation VSEI.

Spannungsfall in V

$$U_V = \sqrt{3} \cdot I \cdot R_{50}$$

Verluste in W

$$P_V = 3 \cdot I^2 \cdot R_{50}$$

Verlustenergie pro Jahr in kWh

$$W_j = P_V \cdot t \cdot 10^{-3}$$

Verlustkosten pro Jahr in Fr.

$$K_j = W_j \cdot k$$

- I Aussenleiterstrom in A
- R_{ED} Widerstand eines Aussenleiters (bei 50 °C) in Ω
- t Betriebszeit pro Jahr in h
- k Energiepreis ECF/kWh

Vermutlich wird wohl jeder Installateur in seiner Kalkulation anfänglich an den minimal zulässigen Leiterquerschnitt von $1,5 \text{ mm}^2$ denken. Der Spannungsfall und damit auch die Leitungsverluste betragen bei ohmscher Belastung für diesen Leiter 3,7 %, das klingt auf den ersten Blick nach einem kleinen Anteil.

Berechnet man aber die jährlichen Verlustkosten und betrachtet sie über einen Zeitraum von 10 Jahren, das ist etwa die Lebensdauer der Anlage, so sind die dadurch entstehenden Kosten nicht vernachlässigbar!

Wird der minimal zulässige Querschnitt von $1,5 \text{ mm}^2$ gewählt, so sind die jährlichen Verlustkosten mit CHF 289 höher als die Installationskosten von CHF 250. Und innerhalb von 10 Jahren belaufen sich die Verluste auf CHF 3140 – gut 12,5-mal mehr als die anfängliche Investition.

Es kann daher sinnvoll sein, einen höheren Leiterquerschnitt zu wählen, als entsprechend des Spannungsfalls oder der Leiterbelastung bzw. der Kurzschlussstromverhältnisse gerade zulässig wäre. Die Amortisationszeit für die Mehrinvestition ist sehr kurz, wie die Tabelle E5.2.4.1 zeigt.

Mit anderen Worten: die Installationskosten spielen bezüglich den 10-jährigen Betriebs(verlust)kosten der installierten Leitung praktisch keine Rolle!

E5.2.5

Spannungsfall

Der in einem Leiter fliessende Strom verursacht einen Spannungsfall. Dieser soll zwischen Anschlussüberstromunterbrecher und Verbrauchsmittel nicht mehr als 4 % der Bemessungsspannung des Netzes betragen. Je nach Situation, zum Beispiel bei Motoren und anderen Verbrauchsmitteln mit hohen Einschaltströmen, darf er während der Anlaufphase auch höher sein.

5.2.5 Spannungsfall in Verbraucheranlagen

Heikel sind zum Beispiel Beleuchtungsanlagen, wo der Einschaltstrom berücksichtigt werden soll.

Bei Kleinspannungsbeleuchtungsanlagen sollte aus lichttechnischer Sicht der Spannungsfall zwischen dem Transformator und der in der grössten Entfernung installierten Leuchte $\leq 5\%$ betragen.

7.15.5.2.5 Spannungsfall in Kleinspannungsbeleuchtungsanlagen

Bei der Berechnung des Spannungsfalls sind Einphasen- und Drehstromanlagen zu unterscheiden:

Einphasiger Wechselstrom:

$$U_v\% = \frac{2 \cdot I_N \cdot \rho_{Cu} \cdot l \cdot \cos\varphi}{A} \cdot \frac{100}{U_{NE}}$$

Drehstrom:

$$U_v\% = \frac{\sqrt{3} \cdot I_N \cdot \rho_{Cu} \cdot l \cdot \cos\varphi}{A} \cdot \frac{100}{U_{ND}}$$

$U_v\%$	Spannungsfall in %
I_N	Leiterstrom in A
ρ_{Cu}	spezifischer Widerstand für Cu in $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ (ev. «warme» Leitung beachten)
l	einfache Leiterlänge in m
A	Leiterquerschnitt in mm^2
U_{NE}	einphasige Nennspannung
U_{ND}	Verkettete Nennspannung

Aus den beiden Beziehungen geht hervor, dass eine Drehstromleitung bezüglich des Spannungsfalls doppelt so lange sein darf wie eine einphasige Leitung.

Für einen Spannungsfall von 4 % darf eine einphasige Leitung maximal 30 m lang sein, wenn sie mit ihrem maximal zulässigen Strom belastet wird. Bei einer Drehstromleitung sind es maximal 60 m.

5.2.5 Spannungsfall in Verbraucheranlagen

Für die Praxis wird empfohlen, dass der Spannungsfall zwischen Hauseinführung und Energieverbrauchern nicht mehr als 4 % der Bemessungsspannung des Netzes betragen sollte.

Abweichende Werte sind zulässig für Motoren während des Anlaufs und für Energieverbraucher mit hohen Einschaltströmen.

5.2.6 Elektrische Verbindungen

5.2.6.1 Allgemeines

- .1 Verbindungen zwischen Leitern sowie zwischen Leitern und Anschlussstellen an Betriebsmitteln müssen für die folgenden Anforderungen bemessen sein:
 - dauerhafte Stromübertragung
 - angemessene mechanische Festigkeit
 - ausreichenden mechanischen Schutz
- .2 Bei der Auswahl von Verbindungsmitteln sind zu berücksichtigen:
 - Werkstoff des Leiters und seiner Isolierung
 - Anzahl und Form der Drähte, die den Leiter bilden
 - Querschnitt des Leiters
 - Anzahl der Leiter, die miteinander zu verbinden sind
- .3 Alle Verbindungen müssen für Besichtigung, Prüfung und Wartung zugänglich sein, ausgenommen:
 - Muffen von erdverlegten Kabeln
 - mit Isoliermasse gefüllte oder gekapselte Muffen
 - Verbindungen zwischen der Anschlussleitung und dem Heizelement für Decken-, Fußboden- und Rohrheizungen
- .4 Falls erforderlich, müssen Vorkehrungen getroffen werden, dass im ungestörten Betrieb auftretende Temperaturen an den Klemmen die Wirksamkeit der Isolierung der angeschlossenen Leiter oder der Befestigungsmittel nicht mindern.

5.2.6.2 Verbindungsstellen in ortsfesten Leitungen

- .1 Isolierter Adern und Leitungen können an folgenden Stellen verbunden werden:

- Klemmstellen in Verbindungsdososen
- Klemmstellen in Schaltgerätekombinationen
- Anschlussklemmen von Steckdosen, Schaltern, Energieverbrauchern und dgl.

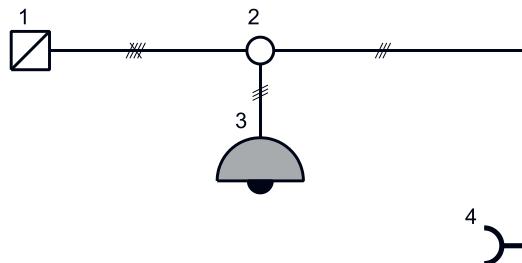
Bei allen Verbindungsstellen ist zu gewährleisten:

- Übersichtlichkeit der Installation und
- Sicherheit der Verbindungsstellen der Leiter.

Den Klemmstellen von Schutzleitern sind besondere Beachtung zu schenken; sie müssen gegen Selbstlockern gesichert sein.

- .2 An Leuchten dürfen bei Installationen nach System TN Verbindungen für Leiter, die auch dem Schutz dienen, nur dann durchgeführt werden, wenn in der nachfolgenden Installation keine Steckdosen, Apparate und dgl. geerdet werden müssen.

Bild 5.2.6.2.2.1 Leuchtenstelle



Legende

- | | |
|---|------------------------------|
| 1 | Abzweigdose |
| 2 | Leuchtenstelle (Lampendübel) |
| 3 | Leuchte |
| 4 | Steckdose |

Bild 5.2.6.2.2.2 Installation mit einer Leuchtenstelle und separatem Schutzleiter

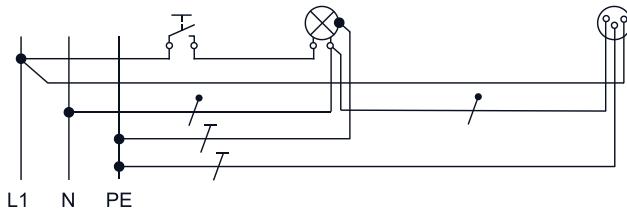
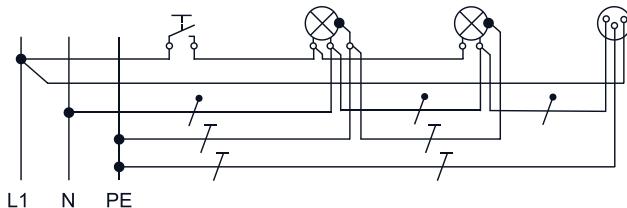


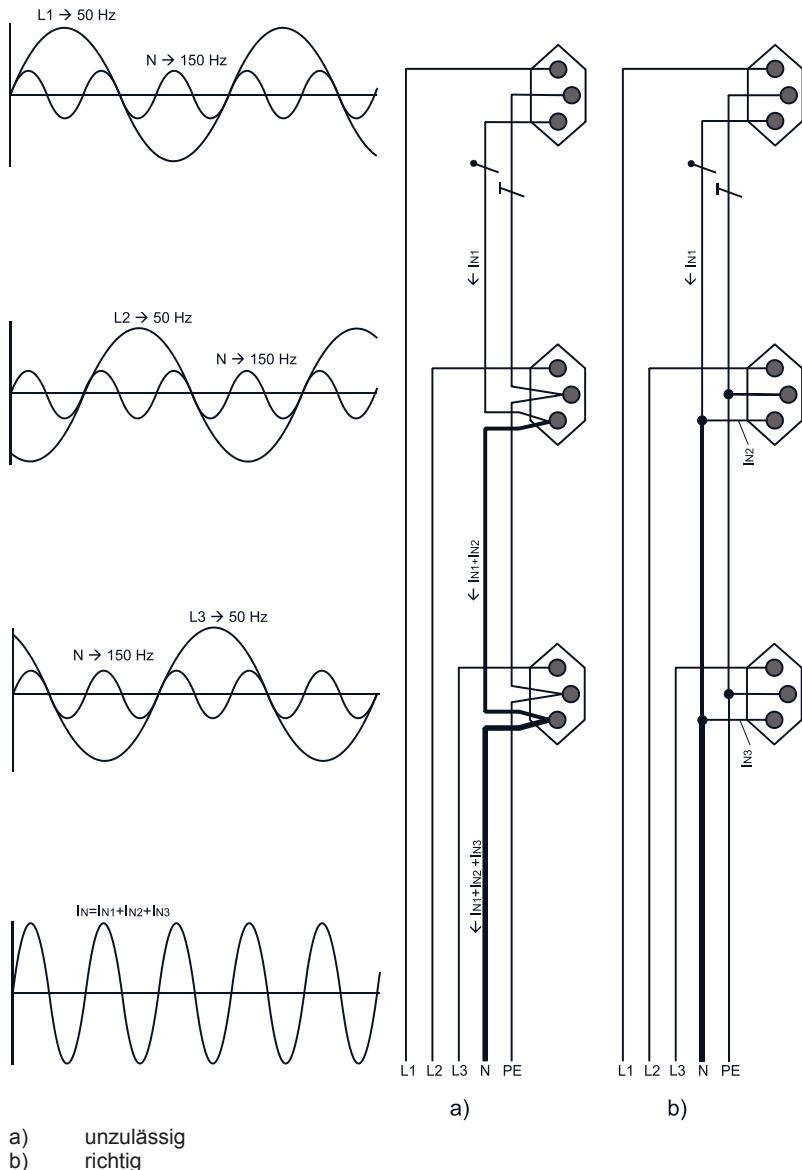
Bild 5.2.6.2.2.3 Installation mit mehreren Leuchten und separatem Schutzleiter



- .3 In Stromkreisen 2LN und 3LN ist zu beachten, dass an Verbindungsstellen eines gemeinsamen Neutralleiters Überlastungen auftreten können.

Wenn in Stromkreisen 2L N PE und 3L N PE zwischen verschiedenen Außenleitern und dem gemeinsamen Neutralleiter einpolige Verbraucherangeschlossen werden, besteht die Gefahr, dass der Neutralleiter und damit dessen Verbindungsstellen überlastet werden. Dies gilt insbesondere für Verbraucher mit getakteten Netzgeräten und ähnlichem. Erfahrungsgemäß besonders gefährdet sind die Steckklemmen des Neutralleiters von Steckdosen, die in Stromkreisen 2L N PE und 3L N PE eingebaut sind und an denen der Anschluss von Verbrauchern LN möglich ist. An solchen Steckdosen darf deshalb der Neutralleiter nicht geschlauft werden.

Bild 5.2.6.2.2.3.1 Drehstrom-Installation mit 230 V Steckdosen



a) unzulässig
b) richtig

5.2.6.3 Verbindungsstellen in ortsveränderlichen Leitungen

- .1 An einem Stecker darf nur eine einzige ortsveränderliche Leitung angeschlossen werden.
- .2 Ortsveränderliche Leitungen müssen so angeschlossen und verbunden sein, dass sich Zug- und Torsionskräfte von der Leitung nicht auf die elektrischen Anschlussstellen übertragen können.

5.2.7 Auswahl und Errichtung zur Begrenzung von Bränden

5.2.7.1 Vorkehrungen innerhalb eines Brandabschnitts

- .1 Die Ausdehnung eines Brandes muss durch die Wahl von geeigneten Stoffen und die entsprechende Errichtung der Installationen minimiert werden.
- .2 Leitungen müssen so errichtet werden, dass die allgemeine Gebäudebetriebs- und die Feuersicherheit nicht verringert werden. So muss z.B. die Ausbreitung des Brandes in einen anderen Abschnitt des Gebäudes verhindert werden.
- .3 Ohne besondere Massnahmen dürfen Leitungen verlegt werden, welche z.B. der Prüfung der Brandfortleitung bei Bündelung mit Isolationserhalt mind. FE 05 oder FE 180 entsprechen.

Bei Anlagen, in denen eine erhöhte Brandgefahr zu erwarten ist, können Leitungen mit zusätzlichen Anforderungen nach IEC 60332-3 erforderlich sein.

- .4 Ortsveränderliche Leitungen, die keine erhöhte Anforderungen an die Flammwidrigkeit erfüllen, müssen in ihrer Länge begrenzt sein (IEC 60332-1). Diese Leitungen dürfen nur innerhalb eines Brandabschnittes angewendet werden.
- .5 Teile von Leitungen, die keine erhöhten Anforderungen an die Flammwidrigkeit nach IEC 60614 erfüllen, aber in allen anderen Beziehungen den Anforderungen dieser Normen genügen, müssen vollständig von geeigneten nichtbrennbaren Stoffen umschlossen sein.

5.2.7.2 Abschottung von Leitungsdurchbrüchen

- .1 Durchbrüche für Leitungen in Teilen der Gebäudekonstruktion (Fussböden, Wände, Dächer, Decken, Zwischenwände, Hohlwände etc.) müssen nach der Durchführung der Leitungen so verschlossen werden, dass sie der vorgeschriebenen Feuerwiderstandsdauer des jeweiligen Gebäudeteils entsprechen.

Während der Errichtung von Leitungen können vorübergehende Vorrichtungen zum Abschotten erforderlich sein.

Bei Änderungsarbeiten sollte die Abschottung so schnell wie möglich wiederhergestellt werden.
- .2 Leitungen wie Elektroinstallationsrohre, geschlossene Elektroinstallationskanäle, zu öffnende Elektroinstallationskanäle, Stromschienen oder Stromschiene-Kanal-systeme, die durch Gebäudeteile mit vorgegebener Feuerwiderstandsdauer geführt werden, müssen im Innern entsprechend der Feuerwiderstandsdauer verschlossen werden, wie dies für das betreffende Gebäudeteil vor der Durchführung und für den äusseren Bereich gefordert wird.
- .3 Dies wird erfüllt, wenn typgeprüfte Kabelschottungen verwendet werden.
- .4 Elektroinstallationsrohre und zu öffnende Elektroinstallationskanäle müssen im Innern nicht verschlossen werden, vorausgesetzt:
 - der innere Querschnitt ist $\leq 710 \text{ mm}^2$
 - sie bestehen aus einem Werkstoff, welcher der Entflammungsprüfung für Rohre und andere Kabelverlegesysteme standhält (EN 50086)
 - die Elektroinstallationsrohre und zu öffnenden Elektroinstallationskanäle und deren Verbindungsmaterial erfüllen IP 33
- .5 Alle Abschottungen müssen typgeprüft sein, nach den vorstehenden Bestimmungen verwendet werden und die folgenden Anforderungen erfüllen:
 - Sie müssen verträglich sein mit den Werkstoffen der Leitungen, mit denen sie in Berührung kommen.
 - Sie müssen die thermischen Bewegungen der Leitungen ohne Verringerung der Abschottqualität zu lassen.
 - Sie müssen eine angemessene mechanische Festigkeit haben, um den Beanspruchungen standzuhalten, die durch Zerstörung der Befestigungen infolge eines Brandes entstehen können.

Um die Anforderungen dieses Abschnitts zu erfüllen, müssen entweder

- die Schellen oder Halterungen in einem Abstand von max. 750 mm zur Kabelschottung angebracht sein, um den zu erwartenden mechanischen Beanspruchungen infolge einer Zerstörung der Befestigungen auf der Feuerseite der Kabelschottung standzuhalten, dass keine Belastung auf das Schott übertragen wird, oder*
- die Konstruktion des Kabelschotts selbst ausreichenden Halt bieten.*

.6 Umgebungseinflüsse

Abschottungen, die den vorstehenden Bedingungen entsprechen, müssen folgenden Anforderungen genügen:

- Sie müssen die gleiche Beständigkeit gegen Umgebungseinflüsse wie die Leitungen aufweisen.*
- Sie müssen die gleiche Widerstandsfähigkeit gegen die Verbrennungsprodukte aufweisen wie die Bauteile der Gebäudekonstruktion, die sie durchstossen. Diese Anforderung gilt nur, falls die Beständigkeit der Gebäudekonstruktion definiert ist.*
- Wenn für das durchdrungene Bauteil der Gebäudekonstruktion eine Wasserbeständigkeit gefordert ist, müssen die Vorrichtungen zur Abdichtung im selben Umfang wasserbeständig sein.*
- Sofern nicht alle verwendeten Abschottmaterialien im eingebauten Zustand feuchtigkeitsbeständig sind, müssen die Abschottung und die Leitungen vor Tropfwasser geschützt werden, das der Leitung entlanglaufen oder sich in anderer Weise um die Abdichtung herum ansammeln kann.*

.7 Nachweis und Prüfung

Die Abschottungen müssen zum entsprechenden Zeitpunkt während der Errichtung durch Besichtigung geprüft werden, um nachzuweisen, dass sie den Errichtungsbedingungen und der IEC-Typprüfung für das betreffende Abschottsystem entsprechen.

Liegt ein solcher Nachweis vor, ist keine weitere Prüfung erforderlich.

5.2.8 Nähe zu anderen technischen Anlagen

5.2.8.1 Nähe zu elektrischen Anlagen

- .1 Stromkreise der Spannungsbereiche I und II dürfen nicht in derselben Leitung verlegt sein, es sei denn, es wird eine der folgenden Massnahmen angewendet:
 - Jedes Kabel ist für die höchste vorhandene Spannung isoliert.
oder
 - Jeder Leiter in einer mehradrigen Leitung ist für die höchste Spannung bemessen, welche in der Leitung auftritt.
oder
 - Die Leitungen sind entsprechend ihrer Bemessungsspannung isoliert und in getrennten Abschnitten eines geschlossenen oder zu öffnenden Elektroinstallationskanals verlegt.
oder
 - Die Kabel sind auf Kabelpritschen mit physischer Trennung installiert.
oder
 - Es werden getrennte Elektroinstallationsrohre verwendet.

Besondere Massnahmen gegen elektrische Beeinflussung, sowohl elektromagnetische als auch elektrostatische, können für informations- und kommunikationstechnische Anlagen erforderlich sein.

5.2.8.3 Nähe zu nichtelektrischen technischen Anlagen

- .1 Leitungen dürfen nicht in der Nähe von anderen technischen Anlagen errichtet werden, die Wärme oder Rauch mit wahrscheinlich schädlichem Einfluss auf die Leitungen erzeugen. Ausgenommen sind Leitungen, die gegen diese schädigenden Einflüsse durch Abschirmung geschützt sind. Diese Abschirmung darf die Wärmeableitung der Leitungen nicht behindern.
- .2 Wird eine Leitung unterhalb technischen Anlagen errichtet, die Kondensation hervorrufen (z.B. Wasser-, Dampf-, Gas-, Kälteleitungen und dgl.), müssen Massnahmen ergriffen werden, welche die Leitung vor schädlichen Auswirkungen schützen.
- .3 Elektrische Anlagen müssen so angeordnet werden, dass jeder voraussehbare Betriebszustand in der Nähe

befindlicher nichtelektrischer technischer Anlagen keine Schädigung an den elektrischen Anlagen oder umgekehrt hervorrufen kann.

Dies kann erreicht werden durch ausreichenden Abstand zwischen den verschiedenen technischen Anlagen oder die Verwendung von mechanischer oder thermischer Abschirmung.

- .4 Wenn elektrische Anlagen in unmittelbarer Nähe zu nicht-elektrischen technischen Anlagen angeordnet werden, sind die beiden folgenden Bedingungen einzuhalten:
 - Die Leitungen müssen in geeigneter Weise gegen Gefahren geschützt werden, die voraussichtlich im ungestörten Betrieb von den anderen technischen Anlagen ausgehen.
 - Der Fehlerschutz muss eingehalten werden.

4.1.1 Automatische Abschaltung der Stromversorgung

5.2.9 Auswahl und Errichtung im Hinblick auf die Möglichkeit der Instandhaltung einschliesslich Reinigung

- .1 Die Kenntnisse und Erfahrungen des Instandhaltungspersonals müssen bei der Auswahl und der Errichtung der Leitungen berücksichtigt werden.
- .2 Wenn zu Instandhaltungsarbeiten eine Schutzmassnahme aufgehoben werden muss, ist Vorsorge zu treffen, dass die Schutzmassnahme ohne Verringerung der ursprünglich vorgesehenen Schutzart wiederhergestellt wird.
- .3 Für die Instandhaltung ist ein sicherer und angemessener Zugang zu allen Teilen der Leitungen sicherzustellen.

In besonderen Fällen kann es notwendig sein, die dauerhafte Zugänglichkeit durch Leitern, Gehwege und dergleichen zu gewährleisten.

5.3 Einrichtungen zum Trennen, Schalten, Steuern und Überwachen

Kapitel 5.3

- 5.3.0.1 Anwendungsbereich
- 5.3.0.2 Allgemeine und gemeinsame Anforderungen
- 5.3.1 Einrichtungen zum Schutz gegen elektrischen Schlag
- 5.3.1.1 Allgemeines
- 5.3.1.2 Überstrom-Schutzeinrichtungen
- 5.3.1.3 Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs)
- 5.3.2 Einrichtungen zum Brandschutz und zum Schutz gegen thermische Einflüsse
- 5.3.2.1 Allgemeines
- 5.3.2.2 Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) zum Brandschutz
- 5.3.2.3 Differenzstrom-Überwachungsgeräte (RCMs) zum Brandschutz
- 5.3.2.4 Als Einrichtungen zur Temperaturbegrenzung gelten:
- 5.3.2.6 Einrichtungen zum Schutz des Neutralleiters in Drehstromsystemen gegen Überlastung durch Oberschwingen
- 5.3.2.7 Störlichtbogenschutzeinrichtungen
- 5.3.3 Einrichtungen zum Schutz bei Überströmen
- 5.3.3.2 Sicherungsunterteile
- 5.3.3.3 Auswahl von Sicherungssystemen
- 5.3.3.4 Einstellbare Überstrom-Schutzeinrichtungen
- 5.3.3.5 Arten von Überstrom-Schutzeinrichtungen
- 5.3.4 Überspannungs-Schutzeinrichtungen (SPDs)
- 5.3.4.1 Allgemeines
- 5.3.5 Einrichtungen zum Schutz bei Unterspannung
- 5.3.6 Koordination von Schutzeinrichtungen
- 5.3.6.1 Koordination von Überstrom-Schutzeinrichtungen untereinander
- 5.3.6.2 Koordination von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs)
- 5.3.7 Einrichtungen zum Trennen und Schalten
- 5.3.7.1 Allgemeines
- 5.3.7.2 Einrichtungen zum Trennen
- 5.3.7.3 Einrichtungen zum Schalten für Wartungsarbeiten
- 5.3.7.4 Einrichtungen für Not-Ausschaltung einschliesslich Not-Halt
- 5.3.7.5 Einrichtungen für betriebsmässiges Schalten
- 5.3.8 Einrichtungen zur Überwachung
- 5.3.8.1 Allgemeines
- 5.3.8.5 Einrichtungen zur Differenzstromüberwachung
- 5.3.9 Schaltgerätekombinationen (SKs)
- 5.3.9.0 Allgemeines
- 5.3.9.1 Anwendungsbereich
- 5.3.9.5 Kennzeichnende Merkmale von Schnittstellen
- 5.3.9.6 Angaben
- 5.3.9.7 Betriebsbedingungen
- 5.3.9.8 Bauanforderungen
- 5.3.9.8.7 Nachweis der Erwärmung
- 5.3.9.9.3 Kurzschlusschutz und Kurzschlussfestigkeit
- 5.3.9.10 Bauartnachweis / Stücknachweis
- 5.3.9.11 Isolationseigenschaften

5.3 Schalt-, Schutz-, Steuergeräte und Steckvorrichtungen

- 5.3.10 *Steckvorrichtungen*
- 5.3.10.1 *Allgemeines*
- 5.3.10.2 *Wahl der Steckvorrichtung*
- 5.3.10.3 *Wahl der Steckvorrichtungen in Abhängigkeit äusserer Einflüsse*
- 5.3.10.4 *Freizügig verwendbare Steckvorrichtungen*
- 5.3.10.5 *Stecker und Zuleitungen zu ortsveränderlichen Verbrauchern*
- 5.3.10.6 *Anschluss der Steckvorrichtungen*
- 5.3.10.7 *Bemessung von Steckvorrichtungen*
- 5.3.10.8 *Steckvorrichtungen als Schalteinrichtung*

5.3.0.1 Anwendungsbereich

Betriebsmitteln zum Trennen, Schalten, Steuern und Überwachen müssen so ausgewählt und errichtet werden, dass die Schutzmassnahmen erfüllt werden und die Anlage richtig funktioniert.

5.3.0.2 Allgemeine und gemeinsame Anforderungen

Die Schaltkontakte mehrpoliger Schalt- und Trenn-Einrichtungen müssen mechanisch so gekoppelt sein, dass sie sowohl gleichzeitig schliessen als auch gleichzeitig öffnen. Die Kontakte für den Neutralleiter dürfen auch vor den anderen Kontakten schliessen und nach den anderen Kontakten öffnen.

Eine Schalteinrichtung im Neutralleiter allein ist nicht erlaubt.

5.3.1 Einrichtungen zum Schutz gegen elektrischen Schlag

5.3.1.1 Allgemeines

Als Schutzeinrichtungen in Systemen TN können folgende Schutzeinrichtungen eingesetzt werden:

- Überstrom-Schutzeinrichtungen;
- Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs).

5.3.1.2 Überstrom-Schutzeinrichtungen

5.3.1.2.1 Allgemeines

Werden Überstrom-Schutzeinrichtungen für die automatische Abschaltung der Stromversorgung eingesetzt, muss in jedem Punkt der Anlage ein ausreichender Abschaltstrom (minimaler Kurzschlussstrom) vorhanden sein.

5.3.1.3 Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs)

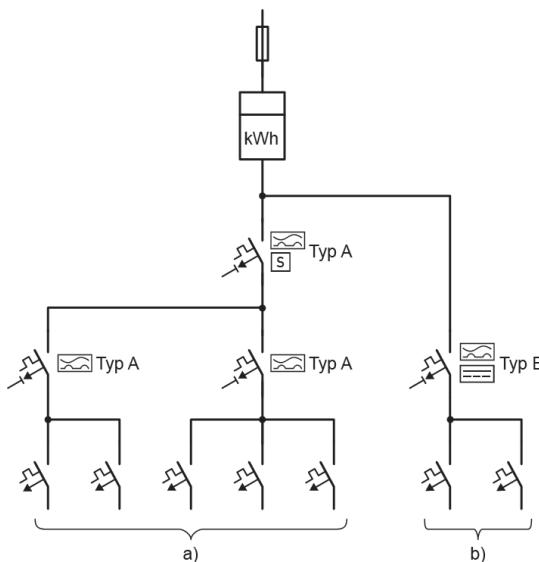
5.3.1.3.1 Allgemeines

Die Art des Fehlerstroms hat Einfluss auf die Funktion von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs). Es wird zwischen den folgenden Typen unterschieden:

- Typ AC  darf in der Schweiz nicht eingesetzt werden.
- Typ A  zum Schutz bei sinusförmigen Wechselfehlerströmen und bei pulsierenden Gleichfehlerströmen.
- Typ B  zum Schutz bei sinusförmigen Wechselfehlerströmen, pulsierenden Gleichfehlerströmen und glatten Gleichfehlerströmen in Wechselspannungsnetzen.
- Typ F  zum Schutz bei sinusförmigen Wechselströmen, bei pulsierenden Gleichströmen, die glatten Gleichfehlerströmen überlagert sind, sowie zusammengesetzten Wechselströmen unterschiedlicher Frequenzen.

Den Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) des Typs B   dürfen Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) des Typs A  und Typ F nicht vorgeschaltet werden.

Bild 5.3.1.3.1.1 Anordnung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen



5.3 Schalt-, Schutz-, Steuergeräte und Steckvorrichtungen

5.3.1.3.2 Allgemeine Bedingungen für Auswahl und Errichtung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs)

Werden Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) zum Schutz gegen elektrischen Schlag oder für den Brandschutz eingesetzt, sind nur die folgenden Ausführungen erlaubt:

 5.3.1.3.A Zusammenstellung der Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs)

- a) Spannungsunabhängige Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) Typ A 
- b) RCDs Typ B 
 - ohne eingebaute Überstrom-Schutzeinrichtung (RCCBs)
 - mit eingebauter Überstrom-Schutzeinrichtung (RCBOs) (FI-LS)
- c) Frequenzunabhängige RCDs Typ F 
- d) Fehlerstrom-Auslöser (RCUs oder RC Units) zum Anbau an Leitungsschutzschalter
- e) Leistungsschalter mit Fehlerstrom-Auslösern (CBRs)
- f) Steckdosen mit eingebauten Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs)

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) nach a) bis e) können auch selektive oder kurzzeitverzögerte Typen sein.

Neben den Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) können für Überwachungsaufgaben z.B. folgende Geräte eingesetzt werden:

- Differenzstrom-Überwachungsgeräte (RCMs)
- Isolationsüberwachungsgeräte (IMDs)

5.3 Schalt-, Schutz-, Steuergeräte und Steckvorrichtungen

Bild 5.3.1.3.2.1 Kriterien bei der Auswahl von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen

Kriterien	Eigenschaften und Anwendung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen				
	Typ AC 	Typ A 	Typ F 	Typ B 	Typ B+
sinusförmige Wechselfehlerströme	✓	✓	✓	✓	✓
pulsierende Gleicheehlerströme	✗	✓	✓	✓	✓
Fehlerströme mit Frequenzgemisch	✗	✗	✓ bis 1 kHz	✓ bis 2 kHz	✓ bis 20 kHz
glatte Gleicheehlerströme	✗	✗	✗	✓	✓
stossstromfest	< 0,25 kA	ca. 1 kA	ca. 3 kA	ca. 3 kA	ca. 3 kA
kurzzeitverzögert	✗	optional	✓	✓	✓
korrekte Funktion bei Gleichstromüberlagerung	bis 6 mA	bis 6mA	bis 10 mA	erkennt Gleicheehlerströme	erkennt Gleicheehlerströme
Anwendung	In der Schweiz nicht zugelassen	Übliche Anwendung in Installationen: Verbraucher mit elektr. Bauteilen im Netzzteil (z.B. EVG, Speisegeräte von elektr. Verbrauchsmitteln)	Geeignet für Verbraucher mit einphasigen Frequenzumrichtern (z.B. Waschmaschinen, Heizungspumpen, etc.)	Üblicherweise in Drehstromsystemen: Photovoltaik- und USV-Anlagen, Antriebe mit Frequenzumrichtern, medizinische Geräte (z.B. Röntgengeräte, CT-Anlagen, Ladestationen von Akkumulatoren, Kräne usw.). Um glatte Gleicheehlerströme erkennen zu können, wird Spannungsversorgung benötigt.	

Eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) muss alle aktiven Leiter (alle Außenleiter und Neutralleiter) des geschützten Stromkreises abschalten.

Dabei muss auch der Neutralleiter abgeschaltet werden. Falls ein Neutralleiter vor der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) unterbrochen wird, kann es sonst vorkommen, dass mit dem Schutzleiter verbundene Verbrauchsmittel oder Neutralleiter unter (Rück-) Spannung gesetzt werden.

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) mit der Kennzeichnung sind spannungsabhängig. Diese schalten bei Unterspannung oder einem Unterbruch des Neutralleiters aus. Nach Rückkehr der Spannung schalten sie nicht selbsttätig wieder ein. Deshalb sind solche Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) nur in Anlagen wie Bergbahnen, Skiliften oder Hebe- und Förderanlagen, die von elektrotechnisch unterwiesenen Personen (BA4) dauernd überwacht werden, zugelassen.

5.3 Schalt-, Schutz-, Steuergeräte und Steckvorrichtungen

Ortsveränderliche Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) sind so nahe wie möglich an die ortsfeste Installation (Steckdose) anzuschliessen. Bei ortsveränderlichen Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen ist das Kabelstück zwischen ihnen und dem Stecker nicht geschützt, deshalb sollen die Anschlusskabel eine Länge von 3 m nicht überschreiten.

5.3.1.3.3 Vermeidung von unerwünschtem Abschalten

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) müssen so ausgewählt und die elektrischen Stromkreise so zugeordnet sein, dass im vorgesehenen Normalbetrieb ein unerwünschtes Abschalten unwahrscheinlich ist.

Bei Einschaltvorgängen kann es durch das Laden von Ableitkapazitäten oder durch andere elektromagnetische Störungen zum Auslösen der Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) kommen. Dies kann durch den Einsatz von zeitverzögerten Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) vermieden werden.

In Anlagen mit Überspannungs-Schutzeinrichtungen (SPDs) sind diese auf der Versorgungsseite von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) anzutragen.

5.3.4.2.4 Schutz bei Überströmen

5.3.1.3.4 Prüfeinrichtungen von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs)

Nach der Errichtung der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) entsprechend den Herstellervorgaben muss die Prüfeinrichtung leicht zugänglich sein und die Herstellerempfehlung an den Betreiber, die Prüfeinrichtung regelmäßig zu bedienen, muss gut sichtbar sein. Um die Funktionsfähigkeit von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) über lange Zeit zu erhalten, sind diese regelmäßig gemäss Angaben des Herstellers durch Betätigen der Prüftaste zu testen. Wo solche Angaben fehlen, wird empfohlen, die Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) mindestens einmal pro Jahr mittels Prüftaste zu testen.

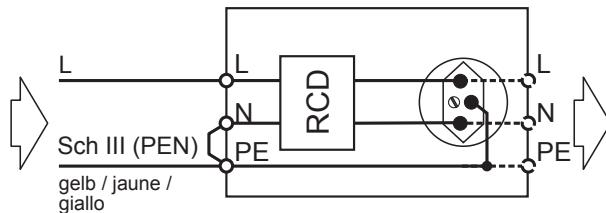
5.3.1.3.5 Auswahl von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) für den Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren) bei Anwendung der Schutzmaßnahme: Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung

- 1 Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) dürfen in Systemen TN-C nicht angewendet werden.

5.3 Schalt-, Schutz-, Steuergeräte und Steckvorrichtungen

In Systemen TN-C-S darf die Verbindung des Schutzleiters mit dem PEN-Leiter nur auf der Versorgungsseite der Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) hergestellt werden.

**Bild 5.3.1.3.5.1.1 Verwendung von RCD bei Nullung
Schema III**



5.3.2 Einrichtungen zum Brandschutz und zum Schutz gegen thermische Einflüsse

5.3.2.1 Allgemeines

Massnahmen für einen vorbeugenden Brandschutz sind in feuergefährdeten Bereichen und je nach Risikobewertung auch in anderen Betriebsbereichen notwendig. Risikobewertungen sollte der Betreiber oder die zuständige Brandschutzbehörde vornehmen.

Massnahmen für den Brandschutz sowie zur Begrenzung der Auswirkungen im Brandfall können sein:

- Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs)
- Differenzstrom-Überwachungsgeräte (RCMs)
- Brandmeldeanlagen
- Feuerlöschanlagen
- Verwendung von Kabeln mit besonderem Verhalten im Brandfall
- Verwendung von Betriebsmitteln wie Leuchten und Abzweigdosen mit besonderen thermischen und konstruktiven Eigenschaften

Bei der Auswahl von Schutz- und Überwachungseinrichtungen sind Auswirkungen durch höherfrequente Fehlerströme und Gleichfehlerströme oder zu hohe Ableitströme zu berücksichtigen.

5.3 Schalt-, Schutz-, Steuergeräte und Steckvorrichtungen**5.3.2.2 Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) zum Brandschutz**

Für den vorbeugenden Brandschutz müssen Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) vom Typ A ,Typ B oder Typ F mit einem Bemessungsdifferenzstrom $I_{\Delta n} \leq 300 \text{ mA}$ eingesetzt werden.

5.3.2.3 Differenzstrom-Überwachungsgeräte (RCMs) zum Brandschutz

Wenn in bestimmten Anwendungsfällen Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) nicht eingesetzt werden können, z.B. wegen zu grossen Betriebsströmen oder anderen Gefahren, dürfen Differenzstrom-Überwachungsgeräte (RCMs) eingesetzt werden.

Differenzstrom-Überwachungsgeräte (RCMs) werden mit einem Schaltgerät mit Trennfunktion betrieben. Der Ansprech-Differenzstrom darf 300 mA nicht übersteigen.

Bei Ausfall der Spannungsversorgung der Differenzstrom-Überwachungsgeräte (RCMs) muss eine Abschaltung des überwachten Stromkreises erfolgen.

5.3.2.4 Als Einrichtungen zur Temperaturbegrenzung gelten:

- Schutz-Temperaturbegrenzer (Thermostate),
- Motorschutzeinrichtungen

Sie müssen als unabhängig montierte Regel- und Steuergeräte installiert werden.

5.3.2.6 Einrichtungen zum Schutz des Neutralleiters in Drehstromsystemen gegen Überlastung durch Oberschwingen

Überlastungen des Neutralleiters durch Oberschwingungen müssen dazu führen, dass der entsprechende Stromkreis abgeschaltet wird.

5.3.2.7 Störlichtbogen-Schutzeinrichtungen (AFDD, Arc Fault Detection Device)

Zum Schutz von elektrischen Anlagen mit besonderen Brandschutzanforderungen oder Anlagen, in denen mit Störlichtbögen zu rechnen ist, können Störlichtbogen-Schutzeinrichtungen (AFDD) für den erweiterten Brandschutz eingesetzt werden. Diese sogenannten Brandschutzschalter erkennen serielle und parallele Störlichtbögen und schalten den betroffenen Stromkreis ab. Weiter erkennen sie den Unterschied zwischen gefährlichen Störlichtbögen und den betriebsmässigen Lichtbögen, die beispielsweise von Elektromotoren ausgehen.

5.3.3 Einrichtungen zum Schutz bei Überströmen

5.3.3.2 Sicherungsunterteile

Schraubsicherungs-Elemente müssen so angeschlossen werden, dass der Fusskontakt an der Versorgungsseite angeschlossen ist.

5.3.3.3 Auswahl von Sicherungssystemen

Sicherungssysteme mit Schmelzeinsätzen, die durch Laien (BA 1) bedient werden, müssen mit einem Passsystem versehen sein.

Einschraubbare Schmelzeinsätze mit Bemessungsströmen unter 6 A dürfen in Sicherungssockel mit Pass-einsätzen für einen Bemessungsstrom von 6 A eingesetzt werden.

Sicherungssysteme müssen so angeordnet werden, dass aktive Teile beim Bedienen nicht zufällig berührt werden können.

5.3.3.4 Einstellbare Überstrom-Schutzeinrichtungen

Bei Schaltgeräten mit einstellbaren Überstrom-Auslösern, z.B. Leistungsschalter oder Motorstarter, die von Laien (BA1) benutzt werden können, dürfen die Einstellwerte der Überstrom-Schutzeinrichtungen nur mit Hilfe eines Schlüssels oder Werkzeugs geändert werden können.

5.3.3.5 Arten von Überstrom-Schutzeinrichtungen

Folgende Einrichtungen dürfen zum Schutz von Kabeln und Leitungen bei Überlast und Kurzschluss eingesetzt werden:

- Schmelzeinsätze
- Leitungsschutzschalter
- Leistungsschalter
- Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit eingebauter Überstrom-Schutzeinrichtung
- Last-, Trenn-, und Lasttrennschalter
- Motorschutzschalter mit eingebauter Überstrom-Schutzeinrichtung

5.3.4 Überspannungs-Schutzeinrichtungen (SPDs)

5.3.4.1 Allgemeines

Überspannungen können einerseits die Folge atmosphärischer Entladungen (Blitzschläge) sein oder nach Schalthandlungen, die transiente Überspannungen zur Folge haben, auftreten

5.3.4.2.1 Verwendung von Überspannungs-Schutzeinrichtungen (SPDs)

Überspannungs-Schutzeinrichtungen (SPDs) müssen in der Nähe des Speisepunktes der Anlage oder in der Hauptverteilungsanlage innerhalb des Gebäudes erreicht werden. Zum Schutz der Anlage vor Blitzschlägen und transienten Überspannungen werden Überspannungs-Schutzeinrichtungen vom Typ 1, Typ 2 und Typ 3 eingesetzt. Das Blitzschutzzonen-Konzept beschreibt die Errichtung der verschiedenen Typen und die Koordination der Überspannungs-Schutzeinrichtungen (SPDs).

5.3.5 Einrichtungen zum Schutz bei Unterspannung

Die Kenngrößen von Unterspannungs-Schutzeinrichtungen (SPDs) müssen auf die Anforderungen für Zuschalten, Anlauf, Betrieb und Abschalten der elektrischen Einrichtungen abgestimmt sein. Das Abschalten bei Unterspannung kann direkt oder über Unterspannungsrelais mit oder ohne automatische Wiedereinschaltung bei Rückkehr der Spannung erfolgen.

5.3.6 Koordination von Schutzeinrichtungen

5.3.6.1 Koordination von Überstrom-Schutzeinrichtungen untereinander

5.3.6.1.1 Allgemeines

Ziel ist, dass die nachgeschaltete Schutzeinrichtung alle Überströme bis zur Grenze ihres Bemessungskurzschlussausschaltvermögens allein abschaltet.

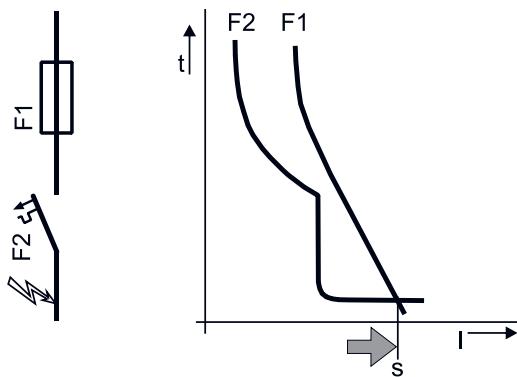
Angaben über Art und Zusammenwirken sowie über den höchsten unbeeinflussten Kurzschlussstrom für die Selektivität sowie für den Back-up-Schutz von Überstrom-Schutzeinrichtungen sind den technischen Unterlagen der Hersteller zu entnehmen.

5.3.6.1.2 Selektivität

Selektivität liegt vor, wenn beim Auftreten von Überströmen nur die der Fehlerstelle unmittelbar vorgeschaltete Überstrom-Schutzeinrichtung ausschaltet.

Der Schnittpunkt s der Zeit/Strom-Kennlinie von beiden Schutzeinrichtung stellt die Selektivitätsgrenze dar. Bis zu diesem Grenzstrom I_s ist Selektivität vorhanden.

Bild 5.3.6.1.2.1 Selektivitätsdiagramm



5.3.6.1.3 Back-up-Schutz

Wenn der unbeeinflusste Kurzschlussstrom am Einbauort der nachgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtung deren Bemessungsschaltvermögen übersteigt, muss eine geeignete Schutzeinrichtung als Back-up-Schutz zugeordnet sein.

5.3.6.2 Koordination von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs)

5.3.6.2.2 Selektivität

Um eine grosse Verfügbarkeit (Betriebssicherheit) zu erreichen, kann die Selektivität zwischen in Reihe geschalteten Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) erforderlich sein.

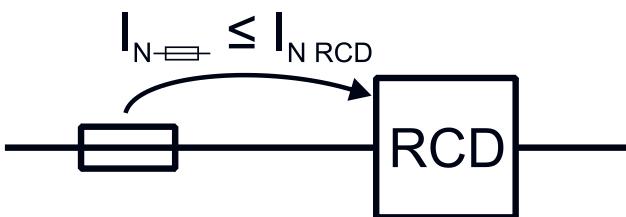
Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) sind zueinander selektiv, wenn die vorgeschaltete Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RDC) vom Typ **S** ist und mindestens den 3-fachen Bemessungsdifferenzstrom $I_{\Delta n}$ aufweist.

5.3.6.2.3 Koordination von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) mit Überstrom-Schutzeinrichtungen

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) ohne integrierten Schutz bei Überstrom müssen entsprechende Überstrom-Schutzeinrichtungen zugeordnet werden. Der Bemessungsstrom und die Art der Überstrom-Schutzeinrichtung müssen nach den Angaben des Herstellers der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) ausgewählt werden.

Die Bemessungsstromstärke einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) darf nicht kleiner sein als die Bemessungsauslösestromstärke der nächstvorgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtung.

Bild 5.3.6.2.3.1 Koordination Überstrom-Schutzeinrichtung und RCD



Die folgenden Fälle sind ausgenommen:

1. Wenn auf der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung eine höhere Bemessungsauslösestromstärke der nächstvorgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtung angegeben ist.
2. Wenn der Schutz gegen Kurzschlussstrom und Überlaststrom gemäss Bild 5.3.2.2.3.2 durch die nachgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtung gegeben ist.

Bild 5.3.6.2.3.2 Dimensionierung von RCDs mit Berücksichtigung des Gleichzeitigkeitsfaktor



Es sind nur die Außenleiter gezeichnet.

Gleichzeitigkeitsfaktor 0.8 aus der Tabelle 5.3.6.2.3.3:

$$L1 \Sigma I_n = 46 \text{ A} \rightarrow 46 \text{ A} \times 0.8 = 36.8 \text{ A}$$

$$L2 \Sigma I_n = 46 \text{ A} \rightarrow 46 \text{ A} \times 0.8 = 36.8 \text{ A}$$

$$L3 \Sigma I_n = 50 \text{ A} \rightarrow 50 \text{ A} \times 0.8 = 40.0 \text{ A}$$

Es gelten folgende Bedingungen:

- Die Fehlerstrom-Schutzeinrichtung und die nachgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtungen müssen in der gleichen Schaltgerätekombination eingebaut sein. Alternativ bei Montage ausserhalb der Schaltgerätekombination darf die Länge der Leitung zwischen der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung und der entferntesten Überstrom-Schutzeinrichtung $\leq 1 \text{ m}$ betragen. Dies minimiert die Wahrscheinlichkeit eines Kurzschlusses zwischen der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung und den nachgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtungen und
- Der Bemessungsstrom der grössten nachgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtung ist $\leq I_n$ (Bemessungsstrom der vorgeschalteten Fehlerstrom-Schutzeinrichtung) und
- Die Summe der Bemessungsströme der nachgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtungen, multipliziert mit dem zutreffenden Gleichzeitigkeitsfaktor der Tabelle 5.3.6.2.3.3, muss $\leq I_n$ der vorgeschalteten Fehlerstrom-Schutzeinrichtung sein.

5.3 Schalt-, Schutz-, Steuergeräte und Steckvorrichtungen

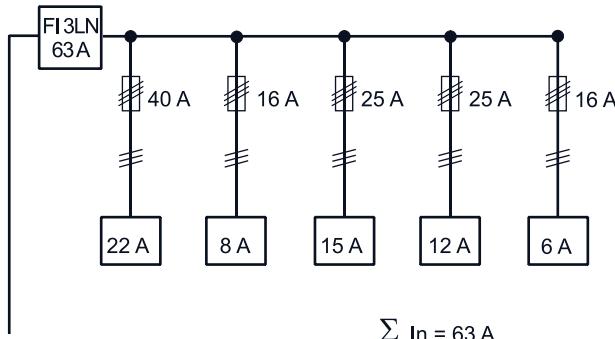
Tabelle 5.3.6.2.3.3 Gleichzeitigkeitsfaktor für die Auswahl des RCDs

Anzahl Stromkreise	Gleichzeitigkeitsfaktor
2 und 3	0.8
4 und 5	0.7
6 bis 9	0.6
10 und mehr	0.5

3. Wenn der Schutz gegen Kurzschlussstrom durch die nachgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtungen und der Schutz gegen Überlaststrom durch die festangeschlossenen Verbraucher gegeben sind.

Die folgenden Bedingungen sind ebenfalls einzuhalten:

- Die nachgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtungen müssen in der gleichen Schaltgerätekombination eingebaut sein wie die Fehlerstrom-Schutzeinrichtung, oder bei Montage ausserhalb einer Schaltgerätekombination muss die Verbindung zwischen Fehlerstrom-Schutzeinrichtung und Überstrom-Schutzeinrichtung ≤ 1 m sein und
- die Bemessungsauslösestromstärke des grössten der nachgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtungen muss $\leq I_n$ der vorgeschalteten Fehlerstrom-Schutzeinrichtung sein und
- der I_n eines bzw. die Summe der Bemessungsstromstärken der festangeschlossenen und gleichzeitig eingeschalteten Verbraucher muss $\leq I_n$ der vorgeschalteten Fehlerstrom-Schutzeinrichtung sein.

Bild 5.3.6.2.3.4 Dimensionsierung des RCDs anhand des festgeschlossenen Verbrauchers

5.3 Schalt-, Schutz-, Steuergeräte und Steckvorrichtungen

Diese Regelung gilt nur für Verbraucher, die aufgrund ihres Aufbaus oder wegen spezieller bzw. intergrierter Überlaststrom-Schutzeinrichtungen keine Überlastströme erzeugen können, wie z.B. thermische Geräte, Motoren mit vorgeschalteten Motorschutzschaltern oder Thermorelais.

5.3.7 Einrichtungen zum Trennen und Schalten

5.3.7.1 Allgemeines

- .1 Geräte zum Trennen und Schalten müssen den Bestimmungen der **NEN** 4.6.2 bis 4.6.5 entsprechen. Kombinierte Geräte müssen die Anforderungen in Bezug auf die einzelnen Funktionen erfüllen.

5.3.7.2 Einrichtungen zum Trennen

- .1 Einrichtungen zum Trennen müssen alle Leiter des betreffenden Stromkreises unterbrechen. Dabei sind die Bestimmungen der **NEN** 4.6.1.2.1 bis 4.6.1.2.3 zu beachten.
- .2 Die Trennstrecke zwischen den geöffneten Kontakten muss sichtbar sein oder es muss eine eindeutige und sichere Stellungsanzeige durch die Kennzeichnung «0», «Aus» oder «Offen» vorhanden sein. Diese Kennzeichnung darf erst sichtbar werden, wenn die Trennstellung an allen Polen der Einrichtung vollständig erreicht ist.
- .3 Halbleiter dürfen nicht als Einrichtungen zum Trennen eingesetzt werden.
- .4 Die Einrichtungen zum Trennen müssen so ausgeführt bzw. montiert sein, dass sie sich nicht unbeabsichtigt eingeschalten können.
Stöße oder Vibrationen können mögliche Gründe sein, warum sich die Einrichtungen unbeabsichtigt einschalten.
- .5 Einrichtungen zum Trennen sind so anzugeben und zu bezeichnen, dass ihre Zugehörigkeit zum betreffenden Stromkreis klar erkennbar ist.
- .6 An Einrichtungen zum Trennen ohne Lastschaltvermögen müssen Massnahmen gegen zufälliges oder unbefugtes Öffnen unter Last getroffen werden.
- .7 Einrichtungen zum Trennen sollen Trennvorrichtungen aufweisen, deren Polzahl dem zugeordneten Stromkreis entspricht. Bei mehrpoligen Stromkreisen sind einpolige Geräte zugelassen, falls sie so angeordnet sind, dass ihre Zugehörigkeit zum Stromkreis klar ersichtlich ist.

5.3 Schalt-, Schutz-, Steuergeräte und Steckvorrichtungen

Geräte zum Trennen können sein:

- Leitungsschutzschalter
- Leistungsschalter mit Trennfunktion,
- Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs),
- Trennschalter,
- Lasttrennschalter,
- Lasttrenner,
- Neutralleitertrenner,
- Steckvorrichtungen;
- Schmelzeinsätze von Sicherungssystemen;
- Trennlaschen;
- Spezialklemmen.

Eine Spezialklemme ist eine Verbindungsstelle, die das mehrmalige und sichere Trennen und Verbinden ermöglicht, ohne dass die angeschlossenen Leiter gelöst werden müssen. Das Trennen darf nicht von Hand, muss aber mit einem einzigen Werkzeug möglich sein.

In Schaltgerätekombinationen dürfen, sofern kein Neutralleitertrenner verlangt ist, ausnahmsweise Spezialklemmen verwendet werden, bei denen die Leiter gelöst werden, um sie zu trennen.

8. Bei der Anordnung von Neutralleitertrennern ist folgendes zu beachten:
 1. Neutralleitertrenner sind unmittelbar bei den dazugehörigen Überstrom-Schutzeinrichtungen anzubringen.
 2. Der beim Übergang vom System TN-C auf System TN-S erforderliche Neutralleitertrenner ist sinngemäß gleich anzubringen wie Neutralleitertrenner mit dazugehörigen Überstrom-Schutzeinrichtungen.
- .9 Spezialklemmen im Neutralleiter sind wenn möglich unmittelbar bei den dazugehörigen Überstrom-Schutzeinrichtungen anzubringen, andernfalls an den Neutralleiter-Sammelschienen oder an den Klemmenreihen. Dabei muss die dazugehörige Überstrom-Schutzeinrichtung klar erkennbar sein.
- .10 Trennstellen im Neutral- bzw. im PEN-Leiter müssen so ausgeführt sein, dass sie nur mit einem Werkzeug betätigt werden können.

5.3.7.3 Einrichtungen zum Schalten für Wartungsarbeiten

Die Bestimmungen von **NIN** 5.3.7.3 gelten für jene Anlagen, welche nicht im Geltungsbereich der Normenreihe EN 60204 «Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen» enthalten sind.

- .1 Einrichtungen zum Schalten für Wartungsarbeiten müssen im Allgemeinen im Hauptstromkreis eingebaut werden.

Werden zu diesem Zweck Schalter vorgesehen, müssen diese den vollen Laststrom des betreffenden Anlageteils schalten können.

Wird an Stelle des Hauptstromkreises nur der Steuerstromkreis unterbrochen, muss die gleiche Sicherheit gewährleistet werden wie bei der Unterbrechung des Hauptstromkreises.

- .2 Einrichtungen zum Schalten für Wartungsarbeiten müssen handbetätigt sein.

Die Trennstrecke zwischen den geöffneten Kontakten muss sichtbar sein oder es muss eine eindeutige und sichere Stellungsanzeige durch Kennzeichnung «0», «Aus» oder «Offen» vorhanden sein. Diese Kennzeichnung darf erst sichtbar werden, wenn die Trennstellung an allen Polen des Gerätes vollständig erreicht ist.

- .3 Einrichtungen zum Schalten für Wartungsarbeiten müssen so angebracht sein, dass sie sich nicht unbeabsichtigt eingeschalten können.

Stöße oder Vibrationen können mögliche Gründe sein, warum sich die Einrichtungen unbeabsichtigt einschalten.

- .4 Einrichtungen zum Schalten für Wartungsarbeiten müssen ihrer Funktion entsprechend angeordnet und gekennzeichnet sein; ausserdem müssen sie in der Nähe des Eingriffs angeordnet werden.

- .5 Einrichtungen zum Schalten für Wartungsarbeiten, die in der Aus-Stellung abgeschlossen sind, dürfen nicht mit einfachen Mitteln wie z.B. Schraubendreher eingeschaltet werden können.

- .6 Bei Hebe- und Förderanlagen muss der Schalter für Wartungsarbeiten im ortsfesten Teil der elektrischen Anlage angeordnet werden.

5.3.7.4 Einrichtungen für Not-Ausschaltung einschliesslich Not-Halt

Die Bestimmungen von 5.3.7.4 gelten für jene Anlagen, welche nicht im Geltungsbereich der Reihe EN 60204 «Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen» enthalten sind.

Für «Errichten und Betreiben von Elektrischen Prüfanlagen» siehe EN 50191 «Errichten und Betreiben elektrischer Prüfanlagen»

- .1 Einrichtungen für Not-Ausschaltung, einschliesslich Not-Halt, müssen den gesamten Belastungsstrom der zugeordneten Anlageteile unterbrechen können, einschliesslich der Ströme bei blockierten Motoren.
- .2 Für die Not-Ausschaltung dürfen folgende Geräte verwendet werden:
 - ein Schaltgerät, das den Hauptstromkreis direkt unterbricht,
 - oder
 - eine Kombination verschiedener Schaltgeräte, bei der das Unterbrechen des Hauptstromkreises durch eine einzige Schalthandlung ausgelöst wird.

Für die Not-Ausschaltung dürfen keine Steckvorrichtungen verwendet werden.

In Anlagen, in welchen die Stromversorgung, z.B. für das Stillsetzen beweglicher Teile, nicht unterbrochen werden darf, ist eine Not-Halt-Schaltung anstelle einer Not-Ausschaltung vorzusehen.

- .3 Bei direkter Unterbrechung des Hauptstromkreises sind handbetätigtes Schaltgeräte anzuwenden. Bei Fernbetätigung sind Leistungsschalter oder Schütze und dgl. anzuwenden, deren Ausschaltung durch Unterbruch der Steuerspannung oder sicherheitstechnisch gleichwertige Massnahmen erfolgt.
- .4 Die Betätigungsseinrichtungen (Druckknopf, Handgriff usw.) von Not-Ausschalt-Geräten müssen eine rote Farbe mit gelbem Hintergrund aufweisen.
- .5 Die Betätigungsseinrichtungen müssen leicht zugänglich und überall dort angeordnet sein, wo Gefahren auftreten können.

5.3 Schalt-, Schutz-, Steuergeräte und Steckvorrichtungen

Falls erforderlich, sind zusätzlich an entfernten Stellen Betätigungsseinrichtungen anzugeben, an welchen eine Gefahr verhindert werden kann.

- .6 Die Betätigungsseinrichtung eines Not-Ausschaltgerätes muss sich in der Position «Aus» oder «Halt» verriegeln oder verklinken. Beim Loslassen der Betätigungsseinrichtung darf sich der betreffende Anlageteil nicht selbsttätig wieder unter Spannung setzen.

5.3.7.5 Einrichtungen für betriebsmässiges Schalten

- .1 Einrichtungen für betriebsmässiges Schalten müssen den am Einbauort zu erwartenden Bedingungen entsprechen.
- .2 Schalter sind an jederzeit leicht und gefahrlos zugänglichen Stellen anzubringen.
- .3 Einrichtungen für betriebsmässiges Schalten müssen den Stromkreis nicht unbedingt galvanisch unterbrechen.

Halbleiter-Schaltgeräte unterbrechen den Stromkreis ohne galvanische Trennung.

Im Gegensatz zu Geräten mit Schaltkontakten bleibt der Stromkreis nach einem Halbleiter-Schaltgerät weiterhin unter Spannung.

- .4 Trenner, Trennlaschen und Schmelzeinsätze dürfen nicht für betriebsmässiges Schalten angewendet werden.
- .5 Schalter für Kondensatoren müssen mindestens für den 1,5-fachen Bemessungsstrom bemessen sein, es sei denn, es handelt sich um Schalter, die sich besonders für das Schalten von Kondensatoren eignen.
- .6 Nur Steckvorrichtungen mit einem maximalen Bemessungsstrom von 16 A dürfen für betriebsmässiges Schalten angewendet werden. Zusätzlich müssen diese Steckdosen leicht zugänglich sind.
- .7 Das Schalten eines Steuerstromkreises muss zwangsläufig mit dem Schalten des Hauptstromkreises erfolgen. Ist dies aus betrieblichen Gründen nicht möglich, sind Hinweise, Warnzeichen und/oder Instruktionen anzubringen. **NIN** 5.1.4.1.1 B+E

5.3 Schalt-, Schutz-, Steuergeräte und Steckvorrichtungen

5.3.8 Einrichtungen zur Überwachung

5.3.8.1 Allgemeines

Isolationsüberwachungsgeräte (IMDs) werden, in Systemen TN, IT und TT angewendet, um den Isolationswiderstand abgeschalteter Verbrauchsmittel oder Netzabschnitte zu überwachen und um eine Veränderung des Isolationszustands frühzeitig zu erkennen.

5.3.8.5 Einrichtungen zur Differenzstromüberwachung

Differenzstrom-Überwachungsgeräte (RCMs) sind vorgesehen, um einen Ableitstrom in elektrischen Anlagen zu erfassen und das Überschreiten eines festgelegten Werts zu melden.

Das Differenzstrom-Überwachungsgerät (RCM) muss eine optische Anzeige aufweisen.

Es können weitere Signalausgänge (z.B. für eine akustische Meldung) notwendig sein.

5.3.9 Schaltgerätekombinationen (SKs)

5.3.9.0 Allgemeines

Schaltgerätekombinationen (DBO, Distribution Board intended to be operated by Ordinary persons) sind Erzeugnisse im Sinne der Verordnung über elektrische Niederspannungserzeugnisse (NEV). Sie werden gemäß den Anforderungen der EN 61439 erstellt und jeder Hersteller hat den Nachweis der Normenkonformität zu erbringen. Die nachstehenden Festlegungen enthalten die relevanten Bestimmungen aus folgenden Normteilen:

- EN 61439-1 Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen Teil 1: Allgemeine Festlegung
- EN 61439-3 Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen Teil 3: Installationsverteiler für die Bedienung durch Laien

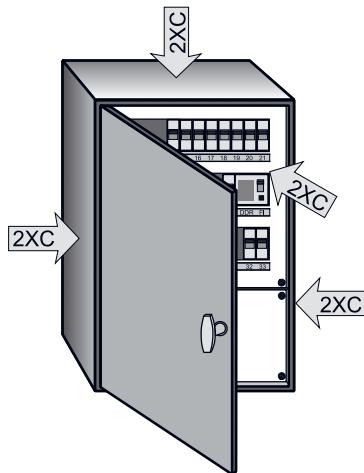
Beide Normen enthalten Bestimmungen für Schaltgerätekombinationen (SKs), die in Wohn- und Gewerbegebäuden eingesetzt werden. Sie sind für den Innenraum konzipiert und enthalten Schalt- und Schutzgeräte, zu denen Laien Zugang haben.

5.3.9.1 Anwendungsbereich

Schaltgerätekombinationen (SKs), wie in diesem Kapitel beschrieben, sind für eine Spannung bis 300 V AC gegen Erde und einen Bemessungsstrom $\leq 250\text{ A}$ bestimmt. Die Abgangsstromkreise enthalten Kurzschluss-Schutzeinrichtungen, die durch Laien bedient werden können und mindestens der Überspannungskategorie III entsprechen müssen. Diese Verteiler müssen geschlossen und ortsfest installiert sein. Die Tür muss ohne Hilfsmittel geöffnet werden können.

Sämtliche Betriebsmittel sowie spannungsführende Teile müssen in jedem Fall gegen zufälliges Berühren geschützt sein. Verdrahtungen zu Türeinbauten müssen in einem Rohr oder mittels Kabel verlegt werden.

Bild 5.3.9.1.1 Schaltgerätekombination für die Bedienung durch Laien



5.3.9.5 Kennzeichnende Merkmale von Schnittstellen (Bemessungsdaten)

Die kennzeichnenden Merkmale einer Schaltgerätekombination (SK) müssen vom Hersteller angegeben werden. Diese Merkmale müssen mit den Bemessungsdaten der Stromkreise, an welche die Schaltgerätekombination (SK) angeschlossen wird, und den Aufstellungsbedingungen übereinstimmen. Die Angaben beinhalten folgende

5.3 Schalt-, Schutz-, Steuergeräte und Steckvorrichtungen

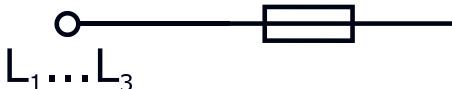
Bemessungsdaten:

- Bemessungsspannung (U_n)
- Bemessungsstrom(I_{nA})
- Bemessungsstromfestigkeit (I_{pk})
- Bemessungskurzzeitstromfestigkeit (I_{cw})
- Bedingter Bemessungskurzschlussstrom (I_{cc})
- Bemessungsbelastungsfaktor (RDF)
- Bemessungsfrequenz (f_n)
- System nach Art der Erdverbindung
- Innenraum- und/oder Freiluftaufstellung
- Einteilung nach elektromagnetischer Verträglichkeit (EMV)
- Besondere Betriebsbedingungen falls zutreffend

Die Bemessungsstromstärke (I_{nA}) einer Schaltgerätekombination kann nach folgenden Beispielen ermittelt werden:

- a) Entweder entsprechend der Bemessungsauslösestromstärke der in die SK eingebauten oder direkt vorgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtung

Bild 5.3.9.5.1 Dimensionierung gemäss a)

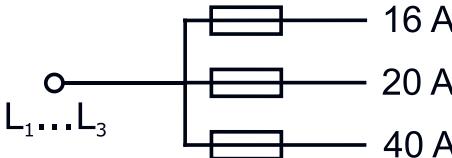


$$I_n \text{ SK} = 125 \text{ A}$$

oder

- b) entsprechend der Summe der Bemessungsauslösestromstärken aller parallelgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtungen mit Gleichzeitigkeitsfaktor

Bild 5.3.9.5.2 Dimensionierung gemäss b)



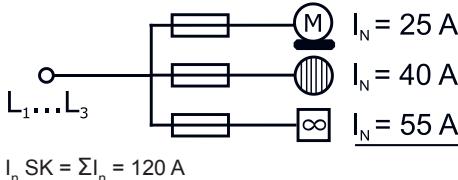
ΣI_n der Überstrom-Schutzeinrichtung ergibt

$$\begin{aligned} I_n \text{ SK} &= (16 \text{ A} + 20 \text{ A} + 40 \text{ A}) \\ &= 76 \text{ A} \cdot 0.8 = 60.8 \text{ A} \end{aligned}$$

oder

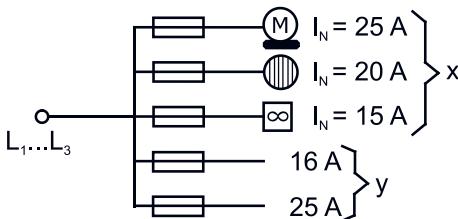
5.3 Schalt-, Schutz-, Steuergeräte und Steckvorrichtungen

- c) entsprechend der Summe der Bemessungsstromstärken der an die SK fest angeschlossenen Verbraucher

Bild 5.3.9.5.3 Dimensionierung gemäss c)

oder

- d) entsprechend der Summe der Bemessungsstromstärken der an die SK fest angeschlossenen Verbraucher (x) und der Summe der Bemessungsauslösestromstärken der übrigen Überstrom-Schutzeinrichtungen (y).

Bild 5.3.9.5.4 Dimensionierung gemäss d)

$$I_n \text{ SK} = 60 \text{ A} \quad \Sigma \text{ fest angeschlossener Verbraucher}$$

(x)

$$\begin{aligned} &[(16 \text{ A} + 25 \text{ A}) \cdot 0.8] + 32.8 \text{ A} \quad \Sigma I_n \text{ Überstrom-Schutzeinrichtung (y)} \\ &= 92.8 \text{ A} \quad I_n \text{ Schaltgerätekombination} \end{aligned}$$

Als Bemessungsauslösestromstärke von Reservestromkreisen gilt entweder der Bemessungsstrom des Überstrom-Schutzeinrichtungsteils oder die Bemessungsstromstärke des Passeinsatzes bzw. angegebene maximale Bemessungsauslösestromstärke. Die Bemessungsstromstärke der SK darf durch die Addition der Bemessungsströme aller Stromkreise inkl. der Reservestromkreise nicht überschritten werden.

Bemessungsbelastungsfaktor (RDF)

5.3 Schalt-, Schutz-, Steuergeräte und Steckvorrichtungen

In der Praxis kann man davon ausgehen, dass die von einem Installationsverteiler abgehenden Endstromkreise kaum je zu 100 % belastet sind. Aus diesem Grund kommt bei der Bestimmung des Bemessungsstrom der Bemessungsbelastungs- bzw. Gleichzeitigkeitsfaktor zur Anwendung. Tabelle 5.3.9.5.5 zeigt, dass der Gleichzeitigkeitsfaktor abnimmt, je höher die Anzahl der geschlossenen Endstromkreise ist.

Tabelle 5.3.9.5.5 Werte für den Gleichzeitigkeitsfaktor

Anzahl der Hauptstromkreise	Gleichzeitigkeitsfaktor g
2 und 3	0.8
4 und 5	0.7
6 bis 9	0.6
10 und mehr	0.5

5.3.9.6 Angaben

Kennzeichnung der Schaltgerätekombination (SK)

Schaltgerätekombinationen (SKs) müssen dauerhaft mit folgenden Angaben gekennzeichnet sein:

Tabelle 5.3.9.6.1 Aufschriften

Angabe	Pflicht	Empfehlung
Hersteller oder Warenzeichen	ja	
Typenbezeichnung Kennnummer	ja	
Produktenorm	ja	
Herstell datum	Ja	
Bemessungsstrom (I_{nA})	Ja	
Bemessungsspannung (U_n)	nein	sinnvoll auf dem Typenschild
Kurzschlussfestigkeit	nein	sinnvoll auf dem Typenschild
Bemessungsbelastungsfaktor	nein	sinnvoll auf dem Typenschild
Verschutzzungsgrad	nein	sinnvoll auf dem Typenschild

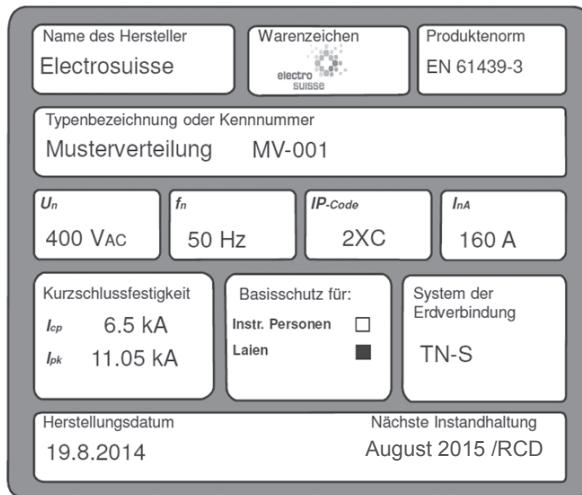
5.3 Schalt-, Schutz-, Steuergeräte und Steckvorrichtungen

System nach Art der Erdverbindung	nein	sinnvoll auf dem Typenschild
Schutzart durch Gehäuse	nein	sinnvoll auf dem Typenschild
EMV Einteilung	nein	sinnvoll auf dem Typenschild
Überspannungsfestigkeit	nein	sinnvoll auf dem Typenschild

Angaben, die nicht als Aufschrift auf dem Typenschild angebracht werden, müssen in der technischen Dokumentation aufgeführt werden.

Das folgende Beispiele zeigt ein Bezeichnungsschild einer Schaltgerätekombination (SK) ohne Kurzschlusschutzeinrichtung in der Einspeisung.

Bild 5.3.9.6.2 Typenschild



Handhabungs-, Aufstellungs-, Betriebs- und Wartungsanweisungen

Hersteller von Schaltgerätekombinationen (SKs) müssen in den technischen Unterlagen notwendige Anweisungen für die Aufstellung, den Betrieb, die Wartung etc. angeben. Dazu gehören auch Schaltungsunterlagen für elektrisch anspruchsvolle Schaltungen.

5.3.9.7 Betriebsbedingungen

Umgebungstemperatur

Die Umgebungstemperatur bei Innenraumaufstellung liegt zwischen -5 °C und + 40 °C.

Verschmutzungsgrad

Der Verschmutzungsgrad bezieht sich auf die Umgebungsbedingungen, für welche die Schaltgerätekombination (SK) vorgesehen ist. Neben der normalen Verschmutzung werden folgende Verschmutzungsgrade unterschieden:

- Verschmutzungsgrad 2: Nicht leitende Verschmutzung
- Verschmutzungsgrad 3: Leitende Verschmutzung
- Verschmutzungsgrad 4: Verschmutzung, die dauernde Leitfähigkeit hervorruft

Es ist mindestens ein Verschutungsgrad 2 vorzusehen.

5.3.9.8 Bauanforderungen

5.3.9.8.1 *Festigkeit von Werkstoffen und Teilen*

Um den am Montageort auftretenden Beanspruchungen standzuhalten und einen sicheren Betrieb zu gewährleisten, müssen Werkstoffe verwendet werden, die den folgenden Beanspruchungen genügen:

- mechanische Beanspruchungen von Gehäusen, Türen und dgl. für die betriebsmäßig auftretenden Beanspruchungen;
- thermische Beanspruchungen;
- Beständigkeit von Isolierstoffen gegen aussergewöhnliche Wärme und Feuer;
- Korrosionsschutz durch geeignete Werkstoffe oder entsprechende Schutzschicht;
- ausreichende Beständigkeit gegen Rost;
- ermöglichen der einfachen Bedienung.

Berührungsschutz und Schutz gegen Eindringen von Fremdkörpern und Wasser

Die Schutzart muss mindestens IP 2XC entsprechen; für Freiluftaufstellung mindestens IP X3.

5.3.9.8.3 *Luft- und Kriechstrecken*

Für blanke, spannungsführende Teile untereinander und gegenüber leitenden Montageflächen und Abdeckungen sind folgende Mindestdistanzen einzuhalten:

Tabelle 5.3.9.8.3.1 Luft- und Kriechstrecke

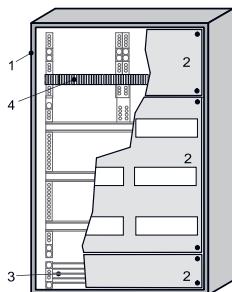
Spannung [kV]	Verschutzbereichsgrad	Luftstrecke [mm]	Kriechstrecke [mm]
0.4	3	3	6.3
0.4	2	3	4

5.3.9.8.4 Schutz gegen elektrischen Schlag

Basischutz (Schutz gegen direktes Berühren)

Alle Abdeckungen spannungsführender Teile im Innern von Schaltgerätekombinationen (SKs) dürfen sich nur mit Werkzeugen entfernen lassen. Abdeckungen sind so zu unterteilen, dass sie einfach zu handhaben sind und die Einbauten bei Arbeiten an der Schaltgerätekombination (SK) partiell freigelegt werden können.

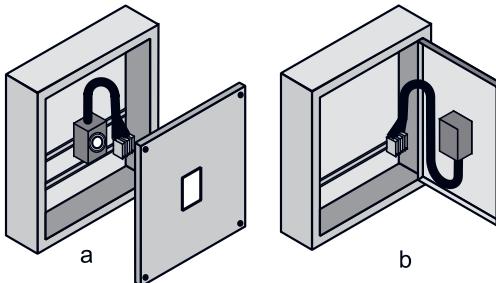
Bild 5.3.9.8.4.1 Basischutz bei SKs



Legende

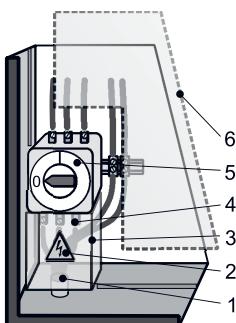
- 1 äusseres Gehäuse
- 2 Unterteilung mit separater Abdeckung
- 3 Sammelschiene inkl. Verteilschienen
- 4 Anschlussstellen für äussere Leiter

Abdeckungen dürfen nur dann als Träger von Betriebsmitteln verwendet werden, wenn die sie mit Scharnieren befestigt sind oder die Betriebsmittel fest im Kasten montiert sind. Wenn der Kastendeckel demontiert ist, darf der Deckel nicht an den angeschlossenen Leitern hängen.

Bild 5.3.9.8.4.2 Zwei mögliche Varianten**Legende**

- a Befestigung der Abdeckung/Deckels mit Schrauben ohne Scharnier. Das Betriebsmittel bleibt fest montiert im Gehäuseboden, die Abdeckung/Deckel ist nicht sein Träger
oder
- b Befestigung der Türe mit Scharnier. So werden die Leiter zum Betriebsmittel nicht mechanisch beansprucht.

Anschlussstellen (z.B. Eingangsklemmen eines Hauptschalters), die nach Abschaltung der SK weiter spannungsführend bleiben, müssen mit einer zusätzlichen Abdeckung IP 2X versehen und mit einem Warnhinweis gekennzeichnet werden.

Bild 5.3.9.8.4.3 Zusätzliche Abdeckung von unter Spannung stehenden Teilen**Legende**

- 1 Einspeisung
- 2 Warnschild, angebracht auf der zusätzlichen Abdeckung, zusätzlich Abdeckung über Teile die auch nach Abschaltung weiter spannungsführend bleiben
- 3 zusätzliche Abdeckung über Teile die auch nach Abschaltung weiter spannungsführend bleiben
- 4 blanke, spannungsführende Teile
- 5 Trenn- oder Schaltvorrichtung
- 6 allgemeine Abdeckung der SK

5.3 Schalt-, Schutz-, Steuergeräte und Steckvorrichtungen

Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren)

Schutzleiter

Der PE-Leiter kann entweder:

- mit separatem PE-Leiter geführt werden, oder
- über die leitfähigen Konstruktionsteile der Schaltgerätekombination (SK).

In beiden Fällen muss der minimale Querschnitt mindestens dem von aussen zugeführten Schutzleiter entsprechen. Die durchgehende und sichere Verbindung durch konstruktive Massnahmen, wie Selbstlockerungsschutz und ähnliches, ist zu gewährleisten.

Wenn in der Türe keine Betriebsmittel eingebaut sind, genügt die Schutzleiterverbindung über die Scharniere und dgl.

Sind in der Türe Betriebsmittel mit $> 50 \text{ V AC}$ eingebaut, muss ein separater Schutzleiter mit $\geq 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ vom Gehäuse zur Türe verlegt werden.

5.3.9.8.5 Einbau von Betriebsmittel

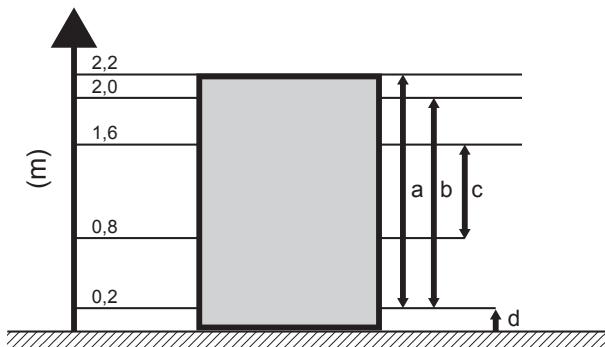
Betriebsmittel müssen betreffend Bemessungswerten, Lebensdauer, Ein- und Ausschaltvermögen, Kurzschlussfestigkeit usw. für den betreffenden Anwendungsfall geeignet sein.

Wenn die Kurzschlussfestigkeit und/oder das Schaltvermögen der Betriebsmittel nicht ausreicht, müssen geeignete Schutzeinrichtungen wie Sicherungen, Leitungsschutzschalter usw. nach Angaben der Betriebsmittelhersteller eingebaut werden.

Die Betriebsmittel müssen nach den Angaben ihrer Hersteller eingebaut sein (Einbaulage, Einhaltung von Abständen, Beeinflussung durch Wärme, Erschütterungen, usw.).

Zugänglichkeit

Einstell- und Rückstelleinrichtungen, die innerhalb der Schaltgerätekombination (SK) bedient werden müssen, müssen leicht zugänglich sein. Sofern nichts anderes zwischen dem Hersteller der Schaltgerätekombination (SK) und dem Anwender vereinbart worden ist, gelten die Masse gemäss Bild 5.3.9.8.5.1:

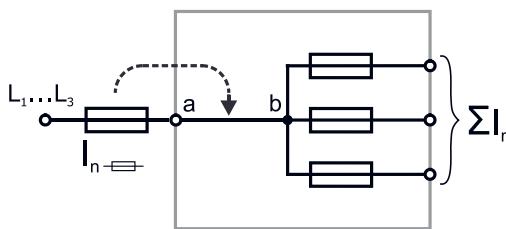
Bild 5.3.9.8.5.1 Einbauhöhen der Betriebsmittel**Legende**

- a Anzeigen
- b Bedienelemente
- c NOT-AUS
- d Anschlüsse oberhalb 0,2 m

5.3.9.8.6 Stromkreise und Verbindungen innerhalb von Schaltgerätekombinationen**Hauptstromkreise**

Aderleiter und/oder Stromschienen sind wie folgt zu messen:

- entsprechend der Bemessungsauslösestromstärke der in die SK eingebauten oder direkt vorgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtung

Bild 5.3.9.8.6.1 Variante a)

ΣI_n können den Nennbelastungsstrom der vorgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtung nicht überschreiten

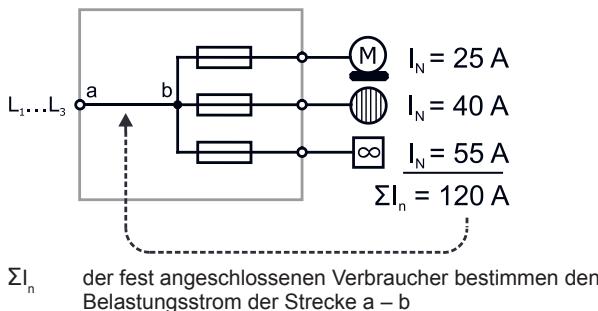
I_n bestimmt den Belastungsstrom der Strecke a – b

5.3 Schalt-, Schutz-, Steuergeräte und Steckvorrichtungen

oder

- b) entsprechend der Summe der Bemessungsstromstärken aller an Endstromkreise fest angeschlossenen Verbraucher, wobei nicht mit einem Gleichzeitigkeitsfaktor gerechnet werden darf

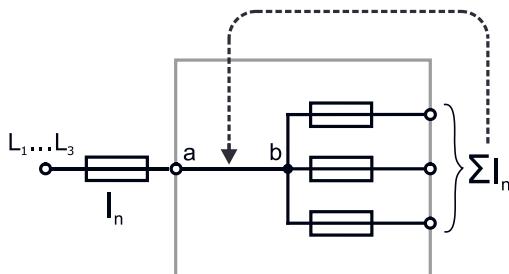
Bild 5.3.9.8.6.2 Variante b)



oder

- c) entsprechend der Summe der Bemessungsauslöse- bzw. Bemessungsstromstärken aller angeschlossenen Überstrom-Schutzeinrichtungen bzw. Stromkreise, wobei mit einem Gleichzeitigkeitsfaktor nach Tabelle 5.3.9.2.8.11 gerechnet werden kann.

Bild 5.3.9.8.6.3 Variante c)



- ΣI_n der Überstrom-Schutzeinrichtungsbemessungsströme x Gleichzeitigkeitsfaktor g bestimmen den Belastungsstrom der Strecke a – b
- I_n nicht bekannt oder hoch

5.3 Schalt-, Schutz-, Steuergeräte und Steckvorrichtungen

Hauptstromkreis (Querschnittsangabe für Aderleiter)

Für die Bemessung der Leiter in Schaltgerätekombinationen (SKs) sind für die Strombelastbarkeit abweichende Bedingungen wie höhere Umgebungstemperatur, Häufung der Stromkreise, andere Verlegungsarten und dergleichen zu beachten.

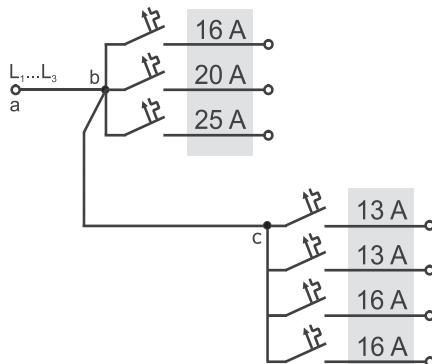
Die Tabelle 5.3.9.8.7.1.1 berücksichtigt folgende Bedingungen:

- eine Umgebungstemperatur von 40 °C
- eine Strombelastbarkeit für Leiter Cu je nach Verlegungsart, wie frei verlegt, in Kabelkanal oder gebündelt verlegt
- PVC Isolationen PVC und VPE/EPR
- Häufung bis zu 8 Stromkreisen

Ausschnitt aus Tabelle 5.3.9.8.7.1.1

Querschnitt der Leiter	Strombelastbarkeit (A) für Leiter CU im Kabelkanal oder gebündelt verlegt Umgebungstemperatur 40 °C							
	PVC-Isolation Anzahl Stromkreise							
mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8
1.5	13	10	9	8	8	7	7	7
2.5	18	14	12	11	11	10	9	9
4	23	19	16	15	14	13	13	12
6	30	24	21	19	18	17	16	15
10	40	32	28	26	24	23	22	21
16	54	43	37	35	32	31	29	28

Das folgende Beispiel zeigt, wie die Querschnittsbemessung in Schaltgerätekombinationen (SKs) unter Berücksichtigung des Gleichzeitigkeitsfaktors angewandt werden kann.

Bild 5.3.9.8.6.4 Variante e)

Strecke b – c $\sum I_n = 13 \text{ A} + 13 \text{ A} + 16 \text{ A} + 16 \text{ A} = 58 \text{ A}$ · Gleichzeitigkeitsfaktor 0.7 = 40.6 A (weil 4 Stromkreise)

Strecke b – d $\sum I_n = 16 \text{ A} + 20 \text{ A} + 25 \text{ A} = 61 \text{ A}$ · Gleichzeitigkeitsfaktor 0.8 = 48.8 A (weil 3 Stromkreise)

Strecke a – b $\sum I_n = 40.6 \text{ A} + 48.8 \text{ A} = 89.4 \text{ A}$ · Gleichzeitigkeitsfaktor 0.8 = 71.5 A (weil 2 Stromkreise)

Eine Kombination von mehreren Gleichzeitigkeitsfaktoren ist nur zulässig, wenn der Gesamtfaktor ≥ 0.5 beträgt!

Hilfsstromkreise

Hilfsstromkreise müssen gegen die Auswirkungen von Kurzschlägen durch Überstrom-Schutzeinrichtungen geschützt sein. Dieser Schutz muss entfallen, wenn durch das Abschalten des Hilfsstromkreises eine Gefahr entstehen kann (z. B. bei Sekundärkreisen von Stromwandlern). Solche Leiter sind so zu verlegen, dass ein Kurzschluss ausgeschlossen ist.

Kennzeichnung der Stromkreise

Für die Verdrahtung ist die Wahl der genormten Leiterfarben braun, schwarz und grau für die Außenleiter dringend empfohlen (Tabelle 5.3.9.8.6.5). Werden andere Farben gewählt, müssen die Angaben in den zugehörigen Schaltplänen mit den verwendeten Farben übereinstimmen.

5.3 Schalt-, Schutz-, Steuergeräte und Steckvorrichtungen

Tabelle 5.3.9.8.6.5 Aderfarben

Aderfarben						
Anzahl Adern	Schutzleiter	Aktive Leiter				
		PE	N	L 1	L 2	L 3
3	grün-gelb	blau	braun	-	-	
4	grün-gelb	blau	braun	schwarz	-	
4	grün-gelb	-	braun	schwarz	grau	
5	grün-gelb	blau	braun	schwarz	grau	

Kennzeichnung des Schutz- und Neutralleiters

Schutz- und Neutralleiter müssen durch Farben gemäss Tabelle 5.3.9.8.6.5 oder durch Kennzeichnung eindeutig erkennbar sein. Die Farben blau und grün-gelb dürfen für keine andere Leiterbezeichnung verwendet werden und müssen sich über die ganze Länge erstrecken.

PEN-Leiter sind durch grün-gelbe Färbung über die ganze Länge oder durch Markierung eindeutig zu kennzeichnen. Die Leiterenden müssen blau gekennzeichnet sein.

5.3.9.8.7 Nachweis der Erwärmung

Um den Nachweis zu erbringen, muss die Verlustleistung aller Stromkreise unter Berücksichtigung des Bemessungsbelastungsfaktor (RDF) ermittelt werden und mit den Grenzwerten der eingebauten Betriebsmittel verglichen werden.

Der Nachweis durch Berechnung darf angewendet werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Die Verlustleistungen aller eingebauten Betriebsmittel sind bekannt
- Die Verlustleistung ist annähernd gleichmäßig verteilt
- die Luftzirkulation darf nicht wesentlich beeinträchtigt werden
- Alle Leiter müssen einen Mindestquerschnitt entsprechend 125% des zulässigen Bemessungsstrom des zugehörigen Stromkreises haben.

Die Grenzwerte der zulässigen Verlustleistung der Gehäuse und Betriebsmittel sind den Datenblättern der Hersteller zu entnehmen.

5.3 Schalt-, Schutz-, Steuergeräte und Steckvorrichtungen

Die Berechnung der Verlustleistung im Schrankinnern ist recht komplex und bedingt exakte Daten aller einzeln Betriebsmittel und die Angaben verwendeten Aderleitungen mit Länge, Querschnitt, Belastung, Gleichzeitigkeitsfaktor etc.

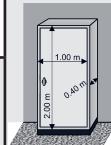
Weil diese Fragen eher in grösseren Anlagen und Schaltgeräten mit anspruchsvollem Einbau eine Rolle spielen, wird hier auf nähere Angaben verzichtet. Die zulässige Erwärmung wird in der Regel mit speziellen Berechnungsprogrammen ermittelt.

Weitere, detaillierte Angaben über den Nachweis der Erwärmung befinden sich in **NIN 5.3.9.8.7 (B+E)**

Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht über Verlustleistungen verschiedener Betriebsmittel und Verdrahtungsleitern und der Wärmeabstrahlung eines Metallschranks in der angegebenen Grösse und bei Montage auf einer Backsteinwand.

Tabelle 5.3.9.8.7.1 Beziehung der Verlustleistungen P_v von Betriebsmitteln und Leitern zur Wärmeabstrahlung vom Schaltschrank

Betriebsmittel Leiter	Verlust- leistung P_v	Wärmeabstrah- lung von Schrank einer SK (Beispiel)
1.5 m ² Litze bei Belastung mit 13 A	≈ 2.5 W/m	
2.5 m ² Litze bei Belastung mit 18 A	≈ 3-3.5 W/m	
Schmelzeinsatz DII bei Belastung mit I_n ohne Element	≈ 4 W	
Schmelzeinsatz DIII bei Belastung mit I_n ohne Element	≈ 7 W	
Schmelzeinsatz DIN-00 bei Belastung mit I_n ohne Element	≈ 7.5 W	
Leitungsschutzschalter 13 A «C» bei Belastung mit I_n	≈ 2 W	Wärmeabgabe bei 20° Umgebungs- temperatur ca. 250...300 W
Leitungsschutzschalter 25 A «C» bei Belastung mit I_n	≈ 3 W	
Schützespule eines handelsüblichen 25 A Schützes	≈ 4-5 VA ≈ 3 W	



5.3.9.8.8 Anschlüsse für von aussen eingeführte Leiter

Leiter sind durch Schrauben oder Steckanschlüsse anzuschliessen. Eine dauerhafte und sichere elektrische Verbindung, die der Strombemessung und der Kurzschlussfestigkeit entspricht, muss gewährleistet sein. Klemmstellen müssen in der Regel ortsfest montiert sein. Lötverbindungen sind an Betriebsmittel mit Lötfahnen zulässig.

Anschlussstellen für abgehende Leiter müssen mindestens für den Querschnitt des Leiters bemessen sein, welcher der Bemessungsauslösestromstärke der vorgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtung oder der Bemessungsstromstärke des angeschlossenen Verbrauchers entspricht.

Der verfügbare Anschlussraum muss das Aufspreizen der Kabel und das saubere Anschließen der Leiter ohne Beschädigung ihrer Isolation ermöglichen.

Im Allgemeinen sollte an einer Anschlussklemme nur ein einziger Leiter angeschlossen werden. Mehr als ein Leiter ist nur zulässig, wenn die Klemmen für diesen Zweck vorgesehen und ausgelegt sind.

Für jeden Schutzleiter jedes abgehenden Stromkreises ist ein getrennter Anschluss in der richtigen Grösse vorzusehen.

Öffnungen für Kabel-/Leitungsführungen, Abschlussplatten usw. müssen nach dem Anschluss aller abgehenden Leitungen so verschlossen werden, dass die vorgeschriebene IP-Schutzart (2XC) für das Gehäuse nach Einführung erhalten bleibt.

Die Kennzeichnung auf den Klemmen muss eine eindeutige Zuordnung zu den Stromkreisen ermöglichen. Sind die Abgangsklemmen für N- und PE-Leiter nicht unmittelbar neben den zugehörigen Außenleiterabgangsklemmen montiert, muss ihre Zugehörigkeit zum entsprechenden Stromkreis durch eindeutige Kennzeichnung sichtbar gemacht werden.

5.3.9.9.3 Kurzschlusschutz und Kurzschlussfestigkeit

Eine Schaltgerätekombination (SK) muss mindestens dem am Einbauort auftretenden thermischen und dynamischen Kurzschlussstrom standhalten.

F2.3.4 Kurzschlussstrom I_K

Die Kurzschlussfestigkeit ist gegeben durch:

- den Effektivwert des prospektiven Kurzschlussstromes $I_{cp\ eff}$
- den Scheitelwert des dynamischen Kurzschlussstromes I_{pk}

Prospektiver Kurzschluss-Strom I_{cp}

Bei Installationsverteilern geht man von einem maximalen Kurzschlussstrom von $I_{cp\ eff} \leq 10\text{ kA}$ an den Eingangsklemmen aus. Falls der auftretende Kurzschlussstrom die Kurzschlussfestigkeit der Schaltgerätekombination (SK) übersteigt, können strombegrenzende Betriebsmittel wie Schmelzeinsätze oder strombegrenzende Leitungsschutzschalter den zu hohen Kurzschlussstrom begrenzen. Es kann davon ausgegangen werden, dass hinter einer Schmelzsicherung mit maximal 125 A Bemessungsauslösestrom die Kurzschlussströme den Wert $I_{cp} \leq 10\text{ kA}\ eff$ nicht übersteigen.

Dynamischer Kurzschluss-Strom I_{pk}

Je höher der fliessende Kurzschlussstrom ansteigt, umso drastischer ist die dynamische Wirkung. Die für die elektrodynamische Beanspruchung massgebliche Stoßstromfestigkeit muss durch Multiplikation des Effektivwertes des Kurzschlussstroms I_c mit einem Faktor n ermittelt werden.

Normwerte des Faktors n und des zugehörigen Leistungsfaktors enthält die **NIN Tabelle 5.3.9.3.2**

Die Kurzschlussfestigkeit von Schaltgerätekombinationen (SKs) muss nicht nachgewiesen werden, wenn folgende Bedingungen eingehalten sind:

- Bemessungskurzzeitstromfestigkeit $I_{cw} \leq 10\text{ kA}$ / Bemessungskurzschlussstrom $I_{cc} \leq 10\text{ kA}$
- Höchstzulässiger Kurzschlussstrom $I_{op} \leq 17\text{ kA}$

5.3 Schalt-, Schutz-, Steuergeräte und Steckvorrichtungen

Koordination von Kurzschluss-Schutzeinrichtungen

Beim Auftreten eines Kurzschlusses in einem beliebigen Abgang soll durch das zugehörige Schutzorgan nur der fehlerhafte Stromkreis abgeschaltet werden. Wenn die Betriebsbedingungen eine kontinuierliche Energieversorgung verlangen, sollten die Kurzschluss-Schutzeinrichtungen in Schaltgerätekombinationen (SKs) möglichst so eingestellt oder ausgewählt werden, dass die Selektivität erreicht wird.

5.3.9.10 Bauartnachweis / Stücknachweis

Nach der Herstellung einer betriebsbereiten Schaltgerätekombination ist zu prüfen, ob sämtliche Vorgaben der EN 61439-3 eingehalten worden sind. Der Hersteller einer Schaltgerätekombination (SK) erstellt einen Bauartnachweis gemäss EN 61439-1 Teil 10 und einen Stücknachweis gemäss EN 61439-1 Teil 11.

Der Bauartnachweis dient zum Nachweis der Übereinstimmung der Bauart der Schaltgerätekombination (SK)

Der Stücknachweis dient zum Feststellen von Werkstoff- und Fertigungsfehlern.

Schaltgerätekombinationen (SKs) gemäss NIN 5.3.9 werden in den meisten Fällen als Einzelanfertigung hergestellt. Wenn keine Bauartnachweise vorliegen, so können der Bauartnachweis und Stücknachweis in Kombination erstellt werden. Werden an einer Schaltgerätekombination (SK) Änderungen vorgenommen, muss überprüft werden, ob diese Änderungen das Verhalten der SK beeinträchtigen. Neue Nachweise müssen durchgeführt werden, wenn eine Beeinträchtigung wahrscheinlich ist.

Isolationseigenschaften

Für Schaltgerätekombinationen (SKs) mit einer Schutzeinrichtung in der Einspeisung, bemessen bis 250A, erfolgt der Nachweis des Isolationswiderstands durch Messung mit einem Messgerät bei einer Spannung von mindestens 500V DC. Die Prüfung gilt als erfüllt, wenn der Isolationswiderstand R_{iso} zwischen aktiven Leitern und PE $\geq 1000 \Omega/V$ beträgt.

5.3 Schalt-, Schutz-, Steuergeräte und Steckvorrichtungen

Bauartnachweis und Stücknachweis in Kombination

Ein kombinierter Bauart-/ Stücknachweis kann erstellt werden, wenn folgende Bedingungen eingehalten sind:

- Das Leergehäuse ist geprüft und entspricht der EN 62208 und es wurden keine Änderungen daran vorgenommen, welche die Tauglichkeit des Gehäuses beeinträchtigen können
- Die Kurzschlussfestigkeit ist sichergestellt
- Die Aufschriften entsprechen NIN 5.3.9.6.1

Tabelle 5.3.9.10.1 Zusammenstellung der Nachweise und Prüfungen

 EN 61439	Nachweis-/ Prüfanforderungen	Nachweis-/ Prüfverfahren
10.2	Festigkeit von Werkstoffen und Teilen	Begutachtung das nur geprüfte Werkstoffe und Teile verwendet wurden und den Bauanforderungen 2 5.3.9.8 entsprechen
10.2.7	Aufschriften	Begutachtung das die Aufschrift NIN 5.3.9.6 entsprechen
10.3	Schutzart von Gehäusen	Begutachtung, um sicherzustellen, dass jede äussere Veränderung, die vorgenommen wurde, die geforderte IP-Schutzart nicht beeinträchtigt.
10.4/11.1/11.3	Luft- und Kriechstrecken	Prüfen der Luft- und Kriechstrecken NIN 5.3.9.8.3
10.5.2	Durchgängigkeit der Schutzleiterkreise	Zum Nachweis wird ein Widerstandsmessgerät verwendet, das einen Strom von mindestens 10 A (AC oder DC) liefern kann. Der Strom fließt von jedem Körper zu dem Anschluss für den äusseren Schutzleiter. Der Widerstand darf $0,1 \Omega$ nicht überschreiten. Bei geschraubten Verbindungen muss überprüft werden, ob sie korrekt angezogen sind.

5.3 Schalt-, Schutz-, Steuergeräte und Steckvorrichtungen

10.5.3	Kurzschlussfestigkeit des Schutzleiters	Begutachtung der Konstruktion (z.B. Trageschienen), Anzahl und Anordnung der Teile, die die Verbindung zwischen Schutzleiter und Körper der Schaltgerätekombination herstellen, mit der geprüften Referenzkonstruktion des ursprünglichen Herstellers übereinstimmen, um die gleiche Stromtragfähigkeit für den Anteil des durch den Körper fliessenden Fehlerstroms der Schaltgerätekombination sicherzustellen.
10.6/11.5	Einbau von Betriebsmittel	Begutachtung das die Betriebsmittel gemäss Herstellerangaben eingebaut wurden und die Kennzeichnung von eingebauten Betriebsmitteln mit den Fertigungsunterlagen für die Schaltgerätekombination übereinstimmen.
10.7/11.6/11.10	Innere elektrische Stromkreise und Verbindungen	Begutachtung: Leiter müssen auf Übereinstimmung mit den Fertigungsunterlagen für die Schaltgerätekombination überprüft werden. Bei Verbindungen, insbesondere geschraubten, muss überprüft werden, ob sie korrekt angezogen sind.
10.8/11.7	Anschlüsse für von aussen eingeführte Leiter	Begutachtung: Die Anzahl, der Typ und die Kennzeichnung von Anschläussen müssen auf Übereinstimmung mit den Fertigungsunterlagen für die Schaltgerätekombination überprüft werden.
10.9	Nachweis der Isolationseigenschaften	Messung des Isolationswertes: R_{iso} zwischen aktiven Leitern und PE für NS-Isolationen gemäss NEN 6.1 erforderlich: $\geq 1 \text{ M}\Omega$. Anmerkung: Gemäss EN 61439: Zwischen aktiven Leitern und gegen PE $\geq 1 \text{ k }\Omega/\text{V}$ Betriebsspannung
10.10	Nachweis der Erwärmung	Berechnung B+E

5.3 Schalt-, Schutz-, Steuergeräte und Steckvorrichtungen

10.13/11.8	Mechanische Funktionen	Die Wirksamkeit von mechanischen Betätigungslementen, Verriegelungen und Verschlüssen, einschliesslich derer in Verbindung mit herausnehmbaren Teilen, muss überprüft werden.
11.10	Verdrahtung, Betriebsverhalten und Funktion	Es muss sichergestellt werden dass die in NN 5.3.9.6 festgelegten angaben und Kennzeichen vollständig sind. Abhängig von der Komplexität der Schaltgerätekombinationen kann es erforderlich sein, die Verdrahtung zu überprüfen und eine elektrische Funktionsprüfung durchzuführen.

5.3.10 Steckvorrichtungen**5.3.10.1 Allgemeines**

In Anlagen, in denen nicht im Voraus bekannt ist, welche Arten von Energieverbrauchern zur Anwendung gelangen, sind Steckvorrichtungen zu wählen, die eine freizügige Verwendung der Energieverbraucher gewährleisten. Es sind daher nur Steckvorrichtungen mit getrenntem Neutral- und Schutzleiter vorzusehen. Es sind die in der Tabelle 5.3.10.1.1 aufgeführten Steckvorrichtungen zu wählen.

Dabei gilt es zu beachten, dass verschiedene Modelle nur noch für Erweiterungen und nicht für Neuanlagen zulässig sind.

Tabelle 5.3.10.1.1 Freizügig verwendbare Steckvorrichtungen

Bemessungs -spannung V	Bemessungs -strom A	Typ	Steckdosenbild
250	10	12	
	10	13	
	16	23	
230 (6 h)	16	63	
	32	64	
	63	65	

5.3 Schalt-, Schutz-, Steuergeräte und Steckvorrichtungen

230/400	10	15	
	16	25	
400	16	75	
	32	76	
	63	77	
	125	78	

Nach dem 31. Dezember 2016 dürfen Steckdosen T12 nicht mehr in Verkehr gebracht werden. Jedoch ist der Reparaturersatz von Frontplatten und Abdeckungen weiterhin zulässig. Explizit ist damit aber kein Ersatz aus ästhetischen Gründen gemeint - dies ist nicht mehr zulässig.

Aufgrund einschlägiger Erkenntnisse sind Stecker und Steckdosen für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke (SEV 1011) für den Dauerbetrieb mit ihrer Bemessungsstromstärke nicht geeignet. Für den zeitlich unbegrenzten Betrieb ortsfest montierter Verbrauchsmittel wie Heizkörpern oder Wassererwärmern sollten solche Verbrauchsmittel bevorzugt ortsfest angeschlossen werden, weil Steckdosen für den Hausgebrauch nur mit ca. 80 % ihrer Bemessungsstromstärke belastet werden sollen. Weiter sind solche Steckdosen nur für das gelegentliche Laden von Elektrofahrzeugen geeignet. Werden Elektrofahrzeuge regelmässig geladen, so sind geeignete Steckvorrichtungen anzurufen. Das Laden von Elektro-Fahrräder ist mit Stecker und Steckdosen für den Hausgebrauch problemlos möglich.

5.3.10.2 Wahl der Steckvorrichtung

- .2 5.1.1.1.2 Bei der Wahl der Steckvorrichtungen ist darauf zu achten, dass Steckvorrichtungen niedriger Bemessungsspannung nicht mit solchen höherer Bemessungsspannung verbunden respektive in solche eingesteckt werden können.

Die Unverwechselbarkeit muss durchgehend gewährleistet sein, das heisst, Steckvorrichtungen allfälliger Kupplungs- oder Verlängerungskabel müssen im gleichen Sinne dieselben Bestimmungen entsprechen.

Die gleichen Bedingungen gelten sinngemäss für Steckvorrichtungen mit verschiedenen Stromarten oder Frequenzen.

Tabelle 5.1.1.1.2.1 Steckvorrichtungen

Bemessungs -spannung V	Bemessungs -strom A	Typ	Steckdosenbild	Polzahl
50	16	46		2L
	32	47		
400 (9 h)	16	66		2LPE
	32	67		
	63	68		
400 (6 h)	16	70		3LPE
	32	71		
	63	72 ¹⁾		
	125	73		

Seit dem 1. Juli 2008 dürfen keine Industrie-Steckvorrichtungen nach CH-Norm mehr in Verkehr gebracht werden.

5.3.10.3 Wahl der Steckvorrichtungen in Abhängigkeit äusserer Einflüsse

5.1.2.1.7 Basisschutz bei Steckvorrichtungen

An folgenden Orten dürfen nur Steckdosen mit Schutzkragen verwendet werden, in die sich nur Stecker mit Schutzkontakt und Stecker zu Leitungen für Geräte mit Sonderisolierung (Schutzklasse II) einführen lassen:

1. in feuchten, nassen und korrosionsgefährdeten Räumen
2. in Arbeitsbereichen von Haushaltküchen
3. in Werkstätten und anderen Arbeitsstätten
4. im Freien

Um den Basisschutz zu gewährleisten, sind auch an Orten, an denen Steckdosen T12 zulässig sind, solche mit Schutzkragen vorzuziehen.

5.3.10.4 Freizügig verwendbare Steckvorrichtungen

Als freizügig verwendbare Steckvorrichtungen gelten solche, die frei zugänglich sind und deren Steckerbild den Anschluss von Verbrauchsmitteln ermöglicht.

Werden in Anlagen mit gewerblicher oder industrieller Nutzung ortsfeste Verbrauchsmittel zur Erleichterung von Instandhaltungsmassnahmen anstelle von Festanschlüssen über Steckvorrichtungen angeschlossen,

5.3 Schalt-, Schutz-, Steuergeräte und Steckvorrichtungen

müssen diese nicht mit einem zusätzlichen Schutz durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) geschützt werden, sofern deren freizügige Verwendung ausgeschlossen werden kann.

Steckdosen in baulicher Einheit mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) mit einem Bemessungsdifferenzstrom $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ sind für den zusätzlichen Schutz geeignet. Werden Steckdosen hinter Steckdosen mit eingebauten Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) geschaltet (das sogenannte Schlaufen), so sind diese Steckdosen auch in den zusätzlichen Schutz mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) einzubeziehen.

Die Anwendung von Steckdosen mit integrierter Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) als dezentraler zusätzlicher Schutz erhöht die Verfügbarkeit der gesamten elektrischen Anlage bei Betrieb von fehlerbehafteten Verbrauchsgeräten an Steckdosen erheblich. Diese Art der Installation ist deshalb in Anlagen mit geforderter hoher Verfügbarkeit besonders zu empfehlen z.B. in:

- Bettenräumen von Krankenhäusern
- öffentlich zugänglichen Garderoben- oder WC-Anlagen
- Büro- und Verwaltungsgebäuden
- industriellen und gewerblich genutzten Anlagen

Auch in bestehenden Anlagen oder bei Erweiterungen ist durch Einsatz von Steckdosen mit integrierter Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) der zusätzliche Schutz einfach zu realisieren.

5.3.10.5 Stecker und Zuleitungen zu ortsveränderlichen Verbrauchern

4.1.2.2.4.2 Stecker für Leitungen zu Betriebsmitteln der Schutzklasse II müssen mit diesen Leitungen untrennbar verbunden sein. Das andere Ende solcher Leitungen darf nur mit Betriebsmitteln der Schutzklasse II direkt verbunden werden, oder es sind Apparate- oder Kupplungssteckdosen zu verwenden, die nicht von den Leitungen zu lösen sind.

Bei Reparaturen von Leitungen mit untrennbar verbundenen Steckern (Typ 11 oder Eurostecker Typ 26) dürfen auch Stecker mit Schutzkontakt (Typ 12) verwendet werden, die mit der Leitung verschraubt sind. Der Schutzkontakt bleibt dabei unbenutzt, darf aber nicht entfernt werden.

5.3 Schalt-, Schutz-, Steuergeräte und Steckvorrichtungen

5.4.3.6.1 Grundsätzlich dürfen an ortsveränderliche Leitungen nur Steckvorrichtungen mit getrenntem Neutralleiter- und Schutzkontakt angeschlossen werden. Die Ausnahme bilden Anschlusskabel zu Geräten der Schutzklasse II und dgl. An ortsveränderliche Leitungen ohne Schutzleiter dürfen nur Steckvorrichtungen ohne Schutzkontakt angeschlossen werden.

5.3.10.6 Anschluss der Steckvorrichtungen

5.1.1.2.2 Werden Drehstromverbraucher mittels Steckvorrichtungen angeschlossen, kann die Drehrichtung falsch sein. Das kann bei Pumpen, Betonmischern oder Schleifscheiben grosse Schäden oder Unfälle verursachen. Zudem werden Laien (BA1) zu unerlaubten Eingriffen veranlasst, was bereits zu Unfällen und Todesfällen geführt hat.

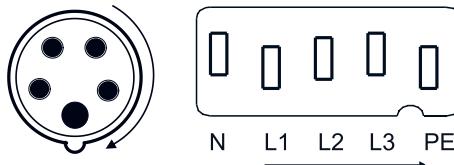
Als normale Reihenfolge der Außenleiter gilt L1, L2, L3. Eine feste Zuteilung der Außenleiter zu den Buchsen wird nicht verlangt. Ein zyklischer Tausch der Außenleiter kann erforderlich sein. Beim Anschluss einphasiger Verbraucher ist auf eine möglichst symmetrische Netzbelastrung zu achten.

In Drehstrom-Steckdosen sind die drei Außenleiter derart anzuschliessen, dass mit Blick auf die Steckbuchsen die Phasenreihenfolge wie folgt besteht:

1. bei runden oder quadratischen Steckdosen im Uhrzeigersinn
2. bei rechteckigen Steckdosen zum Schutzkontakt hin.

Die folgenden Bilder zeigen mit Pfeil die richtige Reihenfolge der Außenleiter.

Bild 5.3.10.6.1 Industrie-Steckvorrichtungen



5.3 Schalt-, Schutz-, Steuergeräte und Steckvorrichtungen

5.3.10.7 Bemessung von Steckvorrichtungen

5.1.2.1.2.1 + 2 Bei Steckdosen darf die Bemessungs-auslösestromstärke der vorgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtung nicht grösser sein als die Bemessungs-stromstärke der Steckdose.

Steckdosen

Für Steckdosen mit einem Bemessungsstrom von 10 A darf die Bemessungsauslösestromstärke der vorgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtung höchstens folgende Werte betragen:

- 10 A bei Schmelzeinsätzen
- 13 A bei Leitungsschutzschaltern

5.3.10.8 Steckvorrichtungen als Schalteinrichtung

4.6.5.1.4 Steckvorrichtungen mit einem Bemessungsstrom $\leq 16 \text{ A}$ können auch als Schalter für Wartungsarbeiten oder als Schalter für betriebsmässiges Schalten eingesetzt werden.

5.3.7.5.6 Sind Steckvorrichtungen mit einem Bemessungsstrom $\leq 16 \text{ A}$ zum betriebsmässigen Schalten von Energieverbrauchern vorgesehen, müssen sie leicht zugänglich sein.

5.3.7.4.2 Für die Not-Ausschaltung dürfen keine Steckvorrichtungen verwendet werden.

5.4 Erdung und Schutzleiter

Ein Schutz-Potenzialausgleichsleiter ist definitionsgemäß auch ein Schutzleiter und wird deshalb im Titel nicht besonders erwähnt.

Kapitel 5.4

- 5.4.2 Erdungsanlagen
- 5.4.2.1 Allgemeine Anforderungen
- 5.4.2.2 Erder
- 5.4.2.3 Erdungsleiter (Schutzerdungsleiter)
- 5.4.2.4 Haupterdungsschienen
- 5.4.3 Schutzleiter
- 5.4.3.1 Mindestquerschnitte
- 5.4.3.2 Arten von Schutzleitern
- 5.4.3.3 Erhalten der elektrischen Eigenschaften von Schutzleitern
- 5.4.3.4 PEN-Leiter
- 5.4.3.6 Anordnung von Schutzleitern
- 5.4.4 Schutz-Potenzialausgleichsleiter
- 5.4.4.1 Schutz-Potenzialausgleichsleiter für die Verbindung mit der Haupterdungsschiene (Hauptpotenzialausgleichsleiter)
- 5.4.4.2 Schutz-Potenzialausgleichsleiter für den zusätzlichen Schutz-Potenzialausgleich

5.4.2 Erdungsanlagen

5.4.2.1 Allgemeine Anforderungen

- .1 Erdungsanlagen dürfen für Schutz- und Funktionszwecke gemeinsam oder getrennt verwendet werden. Die Festlegungen für Schutzzwecke müssen immer Vorrang haben.
Erdungsanlagen von Starkstromanlagen dürfen auch zur Erdung von Schwachstromanlagen und von Blitzschutzanlagen verwendet werden.
- .2 Wenn in der elektrischen Anlage ein Erder vorhanden ist, muss dieser durch einen Erdungsleiter mit der Haupterdungsschiene verbunden sein.
- .4 Erdungsanlagen dienen dazu, eine Verbindung zur Erde herzustellen,
 - die für die Schutzanforderungen der elektrischen Anlage geeignet und zuverlässig ist,
 - die Erdfehlerströme und Schutzleiterströme zur Erde führen kann,
 - die gegenüber möglichen äusseren Einflüssen (mechanische Einflüsse, Korrosion) geschützt ist.
- .5 Das betriebsmässige Stromführen in leitenden Gebäudeteilen ist zu vermeiden.

5.4.2.2 Erder

- .1 Die gebräuchlichen Werkstoffe und die minimalen Abmessungen für Erder im Erdreich unter Berücksichtigung von Korrosion und mechanischer Festigkeit sind in der Tabelle 5.4.2.2.1.1 enthalten.

Für neue Gebäude ist ein Fundamenteerde gemäss SEV 4113 «Leitsätze Fundamenteerde» zu errichten.

- ➡ SEV 4113 Leitsätze Fundamenteerde
- ➡ SEV 4022 Blitzschutzsysteme
- ➡ SEV 3755 Erden als Schutzmaßnahme in Starkstromanlagen

Tabelle 5.4.2.2.1.1 Gebräuchliche Werkstoffe und Mindestabmessungen für Erder unter Berücksichtigung von Korrosion und mechanischer Festigkeit

Werkstoff	Form	eingesetzt als			Index	MinimaL abmessung i) mm²	Ø mm	Bemerkungen / Minimalabmessung
		komplett in Beton (Fundamenteerde)	horizontal im Erdreich (Bandender)	vertikal im Erdreich (Tiefender)				
Stahl	Rund, verzinkt	X		c, g		10		
	Rund, verzinkt, massiv		X	c, h, g		16		
	Band, verzinkt	X		c, g	90		3 mm	
	Rund, blank	X		d, e, f		10		
	Band, blank	X		d, e, f	75		3 mm	
	Band, blank	X		d, f	90		3 mm und ohne Verbindung zur Bewehrung	
	Seil, blank	X		d, e, f	70		Ø 1.7 mm pro Draht	
Nichtrostender Stahl a) (mind. A4)	Rund	X	X	a		10		
	Stab		X	a		16		
	Band	X	X	a	100		2 mm	
Kupfer	Seil	X	X	b	50		Ø 1.7 mm pro Draht	
	Seil		X	X	50		Ø 3 mm pro Draht	
	Rund	X	X	b	50		Ø 8 mm	
	Rohr			X		20	Wandstärke 2 mm	
	Rund, massiv			X		15		
	Band	X	X	b	50		2 mm	

Legende

- a Chrom ≥ 16 %; Nickel ≥ 5 %; Molybdän ≥ 2 %; Kohlenstoff ≤ 0,08 %; ab Werkstoff-Nr. 1.4404
 - b kann auch verzinkt sein
 - c Die Beschichtung muss glatt, durchgehend und frei von Flussmittelresten sein, mit einer Mindestbeschichtung von 350 g/m² (50 mm) für Rundmaterial und 500 g/m² (70 mm) für Bandmaterial. (Beschichtung nach ISO 1461:1999)
 - d nur erlaubt, wenn das Material komplett in Beton eingebettet ist
 - e nur erlaubt, wenn es mindestens alle 5 m mit den natürlichen Bewehrungen des Fundaments zuverlässig verbunden wird
 - f kann auch verzinkt sein
 - g Im Erdreich ist vorzugsweise blander Kupfer oder rostfreier Stahl A4 zu verwenden. Aufgrund der hohen Korrosionsgefahr ist verzinkter Stahl im Erdboden nur unter Vorbehalt einsetzbar, vor allem wenn dieser mit Fundamenterdungen direkt verbunden wird.
 - h Gewinde müssen vor der Verzinkung geschnitten werden
 - j zulässige Querschnittstoleranz – 3 %
- .2 Die Wirksamkeit eines jeden Erders ist abhängig von den örtlichen Bodenverhältnissen.
- .4 Für horizontal verlegte Banderder gilt in der Regel eine Verlegetiefe von 70 cm.
- .5 Werden unterschiedliche Werkstoffe in einer Erdungsanlage verwendet, muss deren elektrochemische Korrosion berücksichtigt werden.
- Wird im Einflussbereich von bewehrten Fundamenten verzinkter Stahl verlegt, entsteht aufgrund der elektrochemischen Spannungsreihe ein galvanisches Element, das den verzinkten Stahl abbaut.*
- .6 Rohrleitungen aus Metall für Wasser, brennbare Flüssigkeiten oder Gase dürfen als Erder nicht verwendet werden.
- Dies gilt nicht für das Einbeziehen solcher Rohre in den Schutz-Potenzialausgleich.*
- .7 Werden Bewehrungen im Beton als Fundamenterder verwendet, müssen die Verbindungen geschweisst, geklemmt, gepresst oder mit geeigneten mechanischen Verbindungselementen hergestellt werden.



SEV 4113 Leitsätze Fundamenterder

5.4.2.3 Erdungsleiter (Schuterdungsleiter)

Tabelle 5.4.2.3.1 Bemessung verschiedener ortsfester Leiter

Massgebende Überstrom-Schutzeinrichtung	L1-L2-L3 N ¹⁾ PEN ¹⁾		Schutzleiter PE		Erdungsleitung		Schutz-Potenzialausgleich	
	5.2.3		5.4.3		5.4.2.3		5.4.4	
A	mm ²		mm ²		mm ²		mm ²	
VA	B	B2	B	B2	B	B2		²⁾
25 A	4		4		16		6	10
32 A	6		6		16		6	10
40 A	10		10		16		6	10
63 A	16		16		16		10	
80 A	25		16		16		10	
100 A	35		16		16		10	
125 A	50	70	25	35	25	35	16	
160 A	70	95	35	50	35	50	16	
200 A	95	120	50		50	50	16	
250 A	120		70		50		16	

Querschnitte in mm²

¹⁾ eine Reduktion des Querschnitts ist nur zulässig, sofern kein grösserer Strom als 50 % des Stroms im Aussenleiter fliesst

²⁾ mit Verbindung zu Blitzschutzanlage

- .1 Erdungsleiter müssen den Anforderungen für Schutzleiter entsprechen.

Der Querschnitt des Erdungsleiters muss mindestens der Hälfte des Querschnitts eines Aussenleiters der an den Anschlussüberstromunterbrecher angeschlossenen Leitung der Niederspannungs-Installation entsprechen.
Querschnitt Cu: $\geq 16 \text{ mm}^2$, im Allgemeinen $\leq 50 \text{ mm}^2$

- .2 Der Anschluss eines Erdungsleiters an einen Erder muss fest und elektrisch zuverlässig ausgeführt werden. Die Verbindung muss durch Schweißen, Pressverbinder, Klemm- oder andere mechanische Verbinder hergestellt werden. Mechanische Verbinder müssen gemäss Herstellerangaben errichtet werden.

5.4.2.4 Haupterdungsschienen

- .1 In jeder Anlage, in der ein Schutz-Potenzialausgleich ausgeführt ist, muss eine Haupterdungsschiene vorgesehen sein, mit der folgende Leiter verbunden sein müssen:
 - Schutz-Potenzialausgleichsleiter
 - Erdungsleiter
 - Schutzleiter
 - Funktionserdungsleiter, falls vorhanden

Es muss nicht jeder einzelne Schutzleiter direkt mit der Haupterdungsschiene verbunden werden, sofern sie über andere Schutzleiter mit der Haupterdungsschiene verbunden sind. Das Parallelführen einzelner Schutz-Potenzialausgleichsleiter zur Haupterdungsschiene ist zu vermeiden.

- .2 Es muss möglich sein, jeden Leiter, der an der Haupterdungsschiene angeschlossen ist, mit einem Werkzeug einzeln zu trennen.

5.4.3 Schutzleiter

5.4.3.1 Mindestquerschnitte

- .1+2 Der Querschnitt der Schutzleiter muss entweder
 - nach Tabelle 5.4.2.3a oder
 - nach 5.4.3.1.2 berechnet werden.
- .3 Der Querschnitt eines separat verlegten Schutzleiters Cu:
 - mechanisch geschützt $\geq 2,5 \text{ mm}^2$
 - ohne mechanischen Schutz $\geq 4,0 \text{ mm}^2$

5.4.3.2 Arten von Schutzleitern

- .1 Als Schutzleiter dürfen verwendet werden:
 - Leiter in mehradrigen Kabeln und Leitungen
 - isolierte oder blanke Leiter in gemeinsamer Umhüllung mit isolierten aktiven Leitern
 - fest verlegte blanke oder isolierte Leiter
 - metallene Kabelmäntel, Kabelschirme, Kabelbewehrungen, konzentrische Leiter, metallene Elektroinstallationsrohre, die wirksam durchgehend verbunden sind Gehäuse oder Konstruktionsteile von Schaltgerätekombinationen, metallgekapselte Stromschienensysteme sowie fremde leitfähige Teile dürfen als Schutzleiter verwendet werden, wenn sie gleichzeitig folgende Anforderungen erfüllen:

5.4 Erdung und Schutzleiter

1. Ihre durchgehende elektrische Verbindung muss so ausgeführt sein, dass eine Verschlechterung infolge mechanischer, chemischer oder elektrochemischer Einflüsse verhindert wird.
 2. Ihre Leitfähigkeit muss mindestens dem Wert gemäss 5.4.3.1 entsprechen.
 3. An jeder für Abzweigungen vorgesehenen Stelle müssen geeignete Anschlussmöglichkeiten für äussere Schutzleiter vorhanden sein.
 4. Es müssen Vorkehrungen gegen den Ausbau der fremden leitfähigen Teile getroffen werden, es sei denn, es sind zum Ersatz Überbrückungen vorgesehen.
- .3 Folgende Metallteile dürfen als Schutzleiter oder Schutz-Potenzialausgleichsleiter **nicht** verwendet werden:
- Rohre, die brennbare Gase oder Flüssigkeiten enthalten
 - Konstruktionsteile, die im normalen Betrieb mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt sind
 - flexible oder bewegliche Elektroinstallationsrohre aus Metall, es sei denn, sie sind für diesen Zweck hergestellt
 - flexible Metallteile
 - Spannrähte oder Tragseile
 - *Kabelwannen und Kabelpritschen
- * Für Kabelwannen und -pritschen fehlen Bestimmungen und Regelungen in Bezug auf die elektrischen Verbindungen. Hingegen tragen grossflächig durchverbundene Metallteile wie eine Kabeltrasse viel zur Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) bei und müssen oft aus Funktionsgründen in den Potenzialausgleich einbezogen werden.
- Kabeltragsysteme dürfen als Potenzialausgleichsleiter verwendet werden, falls:
- sie angemessen gegen mechanische Beschädigung, chemische oder elektrochemische Zerstörung sowie elektro- und thermodynamische Kräfte geschützt werden können,
 - der Leitwert (die Leitfähigkeit) des Kabeltragsystems ausreichend ist,
 - die Verbindungen zwischen den einzelnen Bauteilen die Vorgaben an eine Schutzleiterverbindung (Schutz gegen Selbstlockerung) erfüllen.

5.4.3.3 Erhalten der elektrischen Eigenschaften von Schutzleitern

- .1 Schutzleiter müssen gegen mechanische (z.B. Selbstlockerung) und chemische Einflüsse und elektrodynamische Beanspruchung angemessen geschützt werden.
- .3 Im Schutzleiter darf keine Einrichtung zum Schalten eingebaut werden. Es dürfen jedoch Stellen zum Trennen vorgesehen werden, die nur mit Werkzeug bedienbar sind.

5.4.3.4 PEN-Leiter

PEN-Leiter sind in folgenden Fällen nicht zulässig oder nicht anwendbar:

- nach Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen
- in Leitungen $< 10 \text{ mm}^2$
- nach TN-S-Installationen (nach der Auflösung von TN-C in TN-S)
- in ortsveränderlichen Leitungen
- in feuergefährdeten Bereichen
- in medizinisch genutzten Bereichen
- in explosionsgefährdeten Bereichen

Um Störungen in Installationen zu vermeiden (EMV), wird dringend empfohlen, das System TN-S im ganzen Gebäude anzuwenden.

- .1 PEN-Leiter dürfen nur in fest installierten elektrischen Anlagen verwendet werden und müssen aus mechanischen Gründen einen Leiterquerschnitt von $\geq 10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ aufweisen.
- .2 PEN-Leiter müssen für die Netz-Bemessungsspannung isoliert sein.

Metallene Umhüllungen von Kabeln und Leitungen dürfen nicht als PEN-Leiter verwendet werden.

Der PEN-Leiter muss innerhalb von Schaltanlagen nicht isoliert sein.

- .3 Nach der Auflösung des PEN-Leiters in Neutral- und Schutzleiter dürfen diese nicht mehr verbunden werden.
An der Stelle der Auflösung von TN-C in TN-S ist in den Neutralleiter ein Neutralleitertrenner einzubauen.
- .4 Fremde leitfähige Teile dürfen als PEN-Leiter nicht verwendet werden.

5.4.3.6 Anordnung von Schutzleitern

- .1 Wenn Überstrom-Schutzeinrichtungen für die automatische Abschaltung der Stromversorgung verwendet werden, muss der Schutzleiter in demselben Kabel bzw. in derselben Leitung integriert sein wie die aktiven Leiter oder in unmittelbarer Nähe zu diesen verlegt sein.
- .2 Schutzleiter ortsveränderlicher Leitungen müssen mit den übrigen Leitern eine gemeinsame Leitung bilden.

An solche Leitungen dürfen nur Steckvorrichtungen mit Schutzkontakt angeschlossen werden.

In ortsveränderlichen Leitungen und in Steckvorrichtungen müssen Neutralleiter und Schutzleiter immer getrennt geführt werden.

An ortsveränderliche Leitungen ohne Schutzleiter dürfen nur Steckvorrichtungen ohne Schutzkontakt angeschlossen werden. Stecker mit Schutzkontakt dürfen dann angeschlossen werden, wenn die Leitungen am anderen Ende mit Verbrauchsmitteln der Schutzklasse II oder mit Geräte- oder Kupplungssteckdosen für solche Verbrauchsmittel verbunden sind.

5.4.4 Schutz-Potenzialausgleichsleiter

5.4.4.1 Schutz-Potenzialausgleichsleiter für die Verbindung mit der Haupterdungsschiene (Hauptpotenzialausgleichsleiter)

- .1 Der Querschnitt des Schutz-Potenzialausgleichsleiters darf auf die Hälfte des Hauptschutzleiters reduziert werden, muss aber bei $Cu \geq 6 \text{ mm}^2$ liegen. Er muss nicht $> 16 \text{ mm}^2 Cu$ sein. Für andere Materialien als Kupfer müssen die Querschnitte entsprechend angepasst werden.

Der an den Anschlussüberstromunterbrecher angeschlossene Schutzleiter PE ist als Hauptschutzleiter zu betrachten. Er ist daher für die Dimensionierung des Schutz-Potenzialausgleichsleiters massgebend.

Wenn die Blitzschutzanlage mit dem Schutz-Potenzialausgleichsleiter verbunden wird, muss dieser einen Querschnitt von $\geq 10 \text{ mm}^2 Cu$ aufweisen. Für andere Materialien als Kupfer muss der Querschnitt entsprechend angepasst werden.

5.4.2.3.1 Tabelle Bemessung verschiedener ortsfester Leiter

5.4.4.2 Schutz-Potenzialausgleichsleiter für den zusätzlichen Schutz-Potenzialausgleich

E4.1.1.3 Schutz-Potenzialausgleich

5.5 Andere Betriebsmittel

Kapitel 5.5

- E5.5.1 Niederspannungs-Stromversorgungsanlagen
- 5.5.1 Niederspannungsstromversorgungsanlagen
- 5.5.9 Leuchten und Beleuchtungsanlagen
- 5.5.9.1 Anwendungsbereich
- 5.5.9.4 Allgemeine Anforderungen für die Anlagen
- 5.5.9.5 Schutz gegen thermische Auswirkungen
- 5.5.9.6 Leitungen
- 5.5.9.7 Unabhängige Lampenbetriebsgeräte, z. B. Vorschaltgeräte
- 5.5.9.8 Kompensationskondensatoren
- 5.5.9.9 Schutz gegen elektrischen Schlag bei Ausstellungsständen für Leuchten
- 5.5.9.10 Stroboskopischer Effekt

E5.5.1

Niederspannungs-Stromversorgungsanlagen

Darunter versteht man Eigenversorgungsanlagen mit oder ohne Verbindung zu einem Niederspannungsverteilnetz für eine dauernde oder nur zeitweilige Stromversorgung. Für den Anschluss einer Stromerzeugungsanlage an das öffentliche Netz ist die Bewilligung der Netzbetreiberin einzuholen, welche die Anforderungen an die Anlage festlegt. Es handelt sich um die folgenden Systeme:

5.5.1 Niederspannungs-Stromversorungsanlagen

- *Energiequellen*: z.B. Verbrennungsmotoren, Turbinen, Elektromotoren, Solarzellen oder Akkumulatoren
- *Stromerzeugung*: Synchron- und Asynchrongeneratoren, Wechselrichter

Stromerzeugungsanlagen im Parallelbetrieb mit dem öffentlichen Netz sind planvorlagenpflichtig. Es gilt die Weisung STI 219 «Parallelbetrieb von Energieerzeugungsanlagen (EEA) mit dem Niederspannungsnetz» des Eidgenössischen Starkstrominspektorats ESTI.

5.5.1.7 Parallelbetrieb der Stromerzeugungsanlage mit öffentlichem Netz

Bei Auswahl und Einsatz einer Stromerzeugungsanlage für den Parallelbetrieb mit dem öffentlichen Netz ist auf die Vermeidung negativer Auswirkungen auf das Netz und auf andere Anlagen in Bezug auf Leistungsfaktor, Spannungs-

änderung, nichtlineare Verzerrungen, Lastunsymmetrie sowie Anlauf-, Synchronisier- und Flickereffekte zu achten. Weitere Schutzmassnahmen sind vorzusehen für

- den Kurzschlusschutz,
- den Überlastschutz,
- den Schutz gegen elektrischen Schlag.

Im Parallelbetrieb muss die Stromerzeugungsanlage vom öffentlichen Netz getrennt werden, wenn dieses ausfällt, oder wenn die Spannung bzw. die Frequenz derart abweicht, dass ein Parallelbetrieb nicht mehr möglich ist.

Die Art der Schutzeinrichtung, die Empfindlichkeit und die Ansprechzeit muss mit der Netzbetreiberin abgestimmt werden.

Bei einer Ersatzstromanlage, die eine alternative, umschaltbare Stromversorgung zum öffentlichen Netz darstellt, ist eine Einrichtung vorzusehen, damit ein Betrieb der Stromerzeugungsanlage parallel zum öffentlichen Netz nicht möglich ist. Geeignete Massnahmen sind:

5.5.1.6 umschaltbarer Parallelbetrieb der Stromerzeugungsanlage mit öffentlichem Netz

- eine elektrische, mechanische oder elektro-mechanische Verriegelung zwischen den Betriebsmechanismen oder den Steuerstromkreisen der Umschalteinrichtung
- ein System von Verriegelungen mit nur einem Schlüssel
- ein Dreistellungsumschalter, der erst trennt und dann zuschaltet
- ein automatischer Umschalter mit geeigneter Verriegelung
- andere Vorkehrungen, die eine entsprechende Betriebssicherheit ergeben

5.5.1 Niederspannungs-Stromversorgungsanlagen

- .1 Dieses Kapitel gilt für Stromerzeugungsanlagen für eine dauernde oder zeitweilige Stromversorgung einer Anlage oder eines Teils davon. Dazu gehören:
- Not- und Ersatzstromanlagen
 - Generatoren für den Betrieb abgelegener Installationen
- Die Bestimmungen gelten sowohl für Niederspannungs- als auch für Kleinspannungsanlagen.

5.5.9 Leuchten und Beleuchtungsanlagen

5.5.9.1 Anwendungsbereich

Die folgenden Angaben gelten für Leuchten- und Beleuchtungsanlagen, die Teil einer festen elektrischen Anlage sind (Siehe auch 7.14 und 7.15).

Die Angaben gelten nicht für

- mit Niederspannung versorgte hinterleuchtete Anzeigen, die mit Hochspannung betrieben werden (Neon-Leuchten),
- Schilder und Leuchtröhrenanlagen mit einer Leerlaufspannung $> 1 \text{ kV} < 10 \text{ kV}$.

 EN 50107 Leuchtröhrengeräte und Leuchtröhrenanlagen

5.5.9.4 Allgemeine Anforderungen für die Anlagen

- .1 Leuchten müssen nach Herstellerangaben ausgewählt und errichtet werden und  EN 60598 entsprechen.

Tabelle 5.5.9.4.1.1 Kennzeichen und Erläuterung für Leuchten, Schaltgeräte für Leuchten und für die Montage der Leuchten

	Bedingt oder unbedingt kurzschlussfester Sicherheitstransformator (→ EN 61558-2-6)
	Unabhängiges Vorschaltgerät (Trafo) mit erfülltem Basisschutz zur Montage ausserhalb der Leuchte (→ EN 60417 Nr. 5138)
	Thermisch geschütztes Lampenbetriebsgerät/geschützter Transformator (Klasse P) (→ EN 61347-1)
	Unabhängiges Vorschaltgerät für direkte Montage auf normal entflammhbaren Oberflächen (→ EN 61347-1)
	Leuchte mit begrenzter Oberflächentemperatur (gilt für 115-150 °C), geeignet für Räume mit brennbarem Staub (→ EN 60598)
	Leuchten eignen sich für die Montage in und an Möbeln aus brennbaren Stoffen (schwer- und normal entflammbar) im Normalbetrieb ≤ 90 °C im Störungsfall ≤ 130 °C
	Leuchten eignen sich für Montage auf Stoffen mit unbekanntem Brandverhalten im Normalbetrieb ≤ 95 °C im Störungsfall ≤ 115 °C
	Leuchte nur für «self shielded» Halogen-Glühlampen (Halogen-Glühlampen mit Glasschutz vor Leuchte)
	Leuchten, gebaut für die Anwendung von Kopfspiegellampen (→ EN 60598)
$t_a \dots ^\circ C$	Höchste Bemessungs-Umgebungstemperatur (→ EN 60598)
	Warnhinweis gegen die Verwendung von «cool beam»-Leuchten (→ EN 60598)
	Kleinster Abstand zu angestrahlten Flächen (m) (→ EN 60598) ≤ 100 W = 0,5 m ≤ 300 W = 0,8 m ≤ 500 W = 1,0 m
	Leuchten für rauen Betrieb (→ EN 60598)
	Leuchten zum Betrieb mit Natriumdampf-Hochdrucklampen, die ein ausserhalb (der Leuchte) angebrachtes Zündgerät erfordern (→ EN 60598)
	Leuchten zum Betrieb mit Natriumdampf-Hochdrucklampen mit eingebautem Zündgerät (→ EN 60598)
	Verwendung von wärmefesten Netz-Anschlussleitungen, Verbindungsleitungen oder äusseren Leitungen (die Anzahl der gezeigten Leiter ist freigestellt) (→ EN 60598)
	Jede zersprungene Schutzabdeckung ist zu ersetzen (rechteckig oder rund) (→ EN 60598)

5.5.9.5 Schutz gegen thermische Auswirkungen

- .1 Bei der Auswahl und Montage von Leuchten muss die thermische Auswirkung der Strahlungs- und Wärmeenergie auf ihre Umgebung berücksichtigt werden:

E4.2.2a Leuchten mit begrenzter Oberflächentemperatur

- a) die maximal zulässige Leistung, die von den Lampen abgestrahlt wird;
- b) Brandverhalten der angrenzenden Materialien an der Montagestelle und im thermisch beeinflussten Bereich;
- c) Mindestabstand zu brennbaren Materialien, einschliesslich zu solchen, die sich im Scheinwerferstrahl befinden.

5.5.9.6 Leitungen

5.5.9.6.1 Anschluss an die feste Installation

Leitungen müssen entweder

- in einer Abzweig- oder Anschlussdose oder
- mit einer konventionellen Steckvorrichtung oder
- in einer speziellen Steckvorrichtung zum Anschluss einer Leuchte oder
- in einem elektrischen Betriebsmittel, das für den direkten Anschluss an die Leitungen vorgesehen ist, enden.

In abgehängten Decken ist die Verwendung einer Verbindungsdose zum Anschluss mehrerer Leuchten zulässig.

5.5.9.6.3 Durchgangsverdrahtung von Leuchten

- .1 Die Verlegung von Durchgangsverdrahtung ist nur in dafür konstruierten Leuchten zulässig.
- .2 Es sind die Temperaturangaben auf der Leuchte und/oder die Montagehinweise des Herstellers zu berücksichtigen. Die maximal zulässige Temperatur wird mit dem folgenden Symbol angegeben:



Liegen keine Temperaturangaben vor, müssen wärmebeständige Kabel/Leitungen und/oder isolierte Leiter oder gleichwertige verwendet werden.

- .3 Leiter eines Drehstromkreises müssen im gleichen Raum, der für Durchgangsverdrahtung vorgesehen ist, verlegt werden.

5.5.9.7 Unabhängige Lampenbetriebsgeräte, z.B. Vorschaltgeräte

Ausserhalb von Leuchten sind ausschliesslich unabhängige Lampenbetriebsgeräte zu verwenden, die mit dem Symbol  gekennzeichnet sind.

Auf brennbaren Oberflächen dürfen nur thermisch geschützte Vorschaltgeräte/Transformatoren Klasse P mit dem Symbol  oder  bzw. mit dem Symbol  befestigt werden. Kennzeichnungen von Leuchten gemäss Tabelle 4.2.2.3.8.1.

5.5.9.8 Kompensationskondensatoren

Kompensationskondensatoren mit einer Gesamtkapazität über $0,5 \mu\text{F}$ müssen mit Entladungswiderständen betrieben werden.

5.5.9.9 Schutz gegen elektrischen Schlag bei Ausstellungsständen für Leuchten

Schutz gegen elektrischen Schlag ist vorzusehen durch:

- SELV-Versorgung oder
- automatische Abschaltung durch eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) mit $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$.

5.5.9.10 Stroboskopischer Effekt

Drehende bzw. sich bewegende Maschinenteile scheinen wegen des stroboskopischen Effekts stillzustehen. Dieser Effekt ist durch die Auswahl geeigneter Lampenschaltungen bzw. durch den Einsatz elektronischer Betriebsmittel (EVG) zu verhindern.

5.6 Stromversorgung für Sicherheitszwecke

Kapitel 5.6

- 5.6.1 Allgemeines
- 5.6.2 Begriffsbestimmungen und Begriffserklärungen
- 5.6.4 Klassifizierung
- 5.6.6 Stromquellen für Sicherheitszwecke
- 5.6.7 Stromkreise für Sicherheitszwecke
- 5.6.8 Kabel und Leitungsanlagen
- 5.6.10 Anwendungen für Brandschutzeinrichtungen

5.6.1 Allgemeines

- .1 Für das Beleuchten und Kennzeichnen von Fluchtwegen, die Sicherheitsbeleuchtung oder Sicherheitsstromversorgung, ist gemäss VKF-Brandschutzrichtlinie eine minimale Versorgsdauer von 60 min. notwendig.
- .2 Schaltgeräte und Überstrom-Schutzeinrichtungen für Sicherheitszwecke müssen in Schaltgerätekombinationen von den übrigen Stromkreisen und Schutzeinrichtungen entweder durch eine Abtrennung EI 60 vollständig getrennt oder mit mindestens 0.8 m distanziert sein.

E = Raumabschluss

I = Wärmeisolierend

60 = 60 Minuten

Mit einer EI 60 Abtrennung wird ein Brandabschluss gebildet, der während 60 Minuten verhindert, dass Feuer übergreifen und Fluchtwege verqualmt werden können.

5.6.2 Begriffsbestimmungen und Begriffserklärungen

- .1 Als Anlagen für Sicherheitszwecke, welche die einwandfreie Funktion der elektrischen Betriebsmittel und die Sicherheit von Personen und Nutztieren sicherstellen, gelten in erster Linie folgende Einrichtungen:
 - Notbeleuchtung (Sicherheitsbeleuchtung)
 - Feuerlöschpumpen
 - Ferwehraufzüge
 - Gefahrenmeldeanlagen wie Brandmeldeanlagen, CO-Warnanlagen und Einbruchmeldeanlagen
 - Evakuierungsanlagen
 - Entrauchungsanlagen
 - Wichtige medizinische Systeme

5.6.4 Klassifizierung

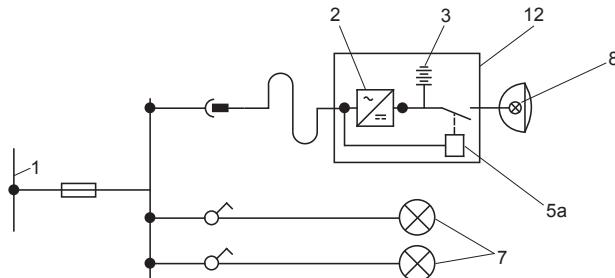
Zur Versorgung der Stromquelle für Sicherheitszwecke wird zwischen einer automatischen und einer nicht automatischen Einschaltung unterschieden. Bei der nicht automatischen Einschaltung erfolgt der Einschaltbefehl durch das Bedienpersonal. Die Umschaltzeit bei der automatischen Umschaltung wird entsprechend ihrer Umschaltzeit wie folgt klassifiziert:

- unterbruchslos = 0 s
- sehr kurze Unterbrechung ≤ 0.15 s
- kurze Unterbrechung ≤ 0.5 s
- mittlere Unterbrechung ≤ 15 s
- lange Unterbrechung ≥ 15 s

5.6.6 Stromquellen für Sicherheitszwecke

Stromquellen für Sicherheitszwecke müssen im allgemeinen ortfest installiert sein und dürfen durch den Ausfall der allgemeinen Stromversorgung nicht beeinträchtigt werden. Eine tragbare Sicherheitsleuchte mit automatischer Umschaltung ist nur in Räumen zulässig, zu denen ausschliesslich das Bedienpersonal Zutritt hat.

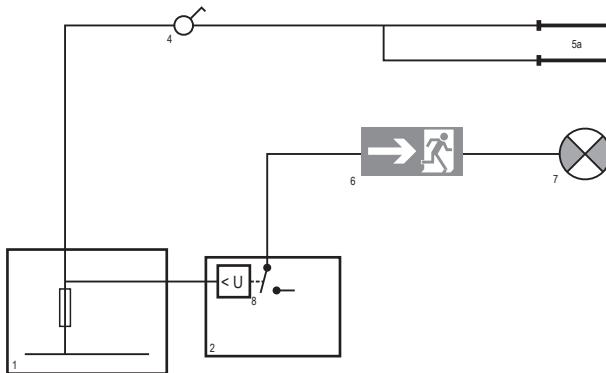
Bild 5.6.6.1 Tragbare Sicherheitsleuchte



Legende

- | | |
|----|--|
| 1 | Netzspeisung |
| 2 | Ladegleichrichter |
| 3 | Akkumulatorenbatterie |
| 5a | Nullspannungsrelais, einschaltend (in erregtem Zustand gezeichnet) |
| 7 | Normalbeleuchtung |
| 8 | Beleuchtung für Sicherheitszwecke |
| 12 | Tragbare Sicherheitsleuchte |

Bild 5.6.6.2 Beispiel einer ortsfest installierten Beleuchtung für Sicherheitszwecke



Legende

(Das Schema ist nicht vollständig, es zeigt lediglich das Prinzip)

- 1 Netzspeisung (Normalnetz)
- 2 Umschalteinheit
- 4 Lichtschalter
- 5a Nullspannungsrelais, einschaltend (in erregtem Zustand gezeichnet)
- 6 Rettungszeichen-Leuchte (ggf. mit Akkumulatoren-Batterie)
- 7 Beleuchtung für Sicherheitszwecke (ggf. mit Akkumulatoren-Batterie)
- 8 Nullspannungsrelais

- .1 Als Stromquellen für Sicherheitszwecke kommen in Betracht:
 - wiederaufladbare Batterien
 - Primärelemente
 - Generatoren, unabhängig von der allgemeinen Stromversorgung betrieben
 - .2 Die Stromquelle muss in einem geeigneten, belüfteten Raum installiert werden, der nur Elektrofachkräften BA5 oder elektrotechnisch unterwiesenen Personen BA4 zugänglich ist.
- Bei gasdichten Akkumulatoren ist keine Lüftung notwendig. Gasdichte Akkumulatoren dürfen in nichtfeuergefährdeten Räumen auch in schwerbrennbaren Schutzkästen EI 30 installiert werden.
- Die Forderungen gelten nicht für Energieverbraucher wie z.B. Beleuchtungskörper mit eingebauter Batterie.
- .7 Die Stromquelle für Sicherheitszwecke darf nur dann für andere Zwecke verwendet werden, wenn der Betrieb für Sicherheitszwecke nicht beeinträchtigt wird.

5.6.7 Stromkreise für Sicherheitszwecke

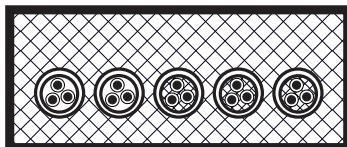
- .1 Stromkreise für Sicherheitszwecke müssen von anderen Stromkreisen unabhängig sein. Dies kann erreicht werden durch:
 - Trennung mit feuerbeständigem Material
 - getrennte Trassenführung
 - feuerbeständige Umhüllung
- .2 Stromkreise für Sicherheitszwecke sollten nicht durch feuergefährdete Betriebsstätten geführt werden. In keinem Fall dürfen die Stromkreise durch explosionsgefährdete Bereiche geführt werden.
- .5 Schalt- und Steuergeräte sind eindeutig zu kennzeichnen und müssen in Räumen platziert werden, die nur Elektrofachkräften oder elektrotechnisch unterwiesenen Personen (BA5 und BA4) zugänglich sind.
- .9 Sämtliche Angaben zu den Stromquellen für Sicherheitszwecke, die Standorte der elektrischen Anlagen für Sicherheitseinrichtungen, Betriebsmittel etc. müssen in Schaltplänen, Prinzipschemas, Anlagedokumentationen und Bedienungsanleitungen ersichtlich sein.

5.6.8 Kabel und Leitungsanlagen

.2 Unabhängige Verlegung

Werden Kabel ohne Isolationserhalt verwendet, müssen diese unter Putz in Beton oder Mauerwerk verlegt werden oder sie müssen örtlich getrennt in einem Kanal mit Feuerwiderstand EI 60 verlegt werden, damit die Bestimmungen der unabhängigen Verlegung erfüllt sind.

Bild 5.6.8.2.1 Kabel unter Putz in Beton verlegt



**Bild 5.6.8.2.2 Kabel in Kanal mit Feuerwiderstand
EI 60 verlegt**



Die Verwendung von Sicherheitskabeln mit Isolationserhalt ist erforderlich, wenn diese Kabel zusammen mit den Kabel der allgemeinen Stromversorgung verlegt werden. Der erforderliche Isolationserhalt richtet sich nach der Betriebsdauer der angeschlossenen Verbraucher, beträgt aber mindestens 60 Minuten.

Bild 5.6.8.2.3 Gemeinsam verlegte Kabel



.3 Isolationserhalt (FE)

Die Prüfung des Isolationserhalts definiert den Zeitraum, über welchen eine mechanisch nicht belastete Leitung unter Flammeinwirkung eine minimale Isolationsfähigkeit behält. Die Prüfung wird an einem Einzelkabel vorgenommen und ermöglicht keinen exakten Rückschluss auf die Funktionstüchtigkeit im Brandfall.

.4 Funktionserhalt (E)

Die Prüfung des Funktionserhalts definiert den Zeitraum, über welchen eine Kabelanlage (Kabel, Trag- und Befestigungssystem, Verbindungselemente etc.) die Funktion im Brandfall aufrecht erhalten kann. Die Prüfung erfolgt unter praxisgerechten Installations- und Montagebedingungen.

.6 Eigenschaften bezüglich Brandverhalten

PVC-Kabel enthalten erhebliche Mengen an Chlor, das sich bei Temperaturen >200 °C in Verbindung mit Feuchtigkeit zu stark toxischen und korrosiven Gasen verwandelt. Die Rauch- und Russmenge in einem Brandfall ist überdurchschnittlich gross. Die entstehenden Korrosionsschäden können nur durch aufwändige Sanierungsmassnahmen gestoppt werden.

5.6 Stromversorgung für Sicherheitszwecke

Sicherheitskabel erfüllen verschiedene Anforderungen im Brandfall und verhindern nachteilige Folgen, welche üblicherweise mit Kabelbränden verbunden sind.

5.6.9 Not- / Sicherheitsbeleuchtung

Die Sicherheitsbeleuchtung stellt sicher, dass bei Ausfall der allgemeinen Stromversorgung die Beleuchtung unverzüglich, automatisch und für eine vorgegebene Zeit in einem festgelegten Bereich zur Verfügung gestellt wird. Die Anlage muss folgende Funktionen gewährleisten:

- Beleuchtung der Rettungswegzeichen
- Beleuchtung der Wege zu den Ausgängen, um in den sicheren Bereich zugelangen (1lx)
- Ausreichende Beleuchtung der Bekämpfungseinrichtungen oder Meldeeinrichtungen entlang der Rettungswege (5lx)
- Ermöglichen von Arbeiten in Verbindung mit Sicherheitsmassnahmen (mind. 15lx bzw. 10% der „normalen“ Beleuchtungsstärke)
- Antipanikbeleuchtung (mind. 0,5lx)

Die Sicherheitsbeleuchtung muss nicht nur bei vollständigem Ausfall der allgemeinen Stromversorgung, sondern auch bei einem örtlichen Ausfall der allgemeinen Beleuchtung wirksam werden, wie z.B. beim Ausfall eines Endstromkreises

- .2 Pro Endstromkreis dürfen höchstens 20 Leuchten mit maximal 60% des Nennstromes der Überstrom-Schutzeinrichtung gespeist werden.

Tabelle 5.6.9.2.1 Anforderungen für Nutzung und Gebäudearten

Gebäude und Anlagen, Räume	Rettungszeichen		Sicherheitsbeleuchtung	
	nicht sicherheitsbeleuchtet	sicherheits	für Fluchtwiege	für Fluchtwiege in Räumen
Industrie- und Gewerbegebäuden	X	–	X	– (1)
Bürobauten	X	–	X	
Schulbauten	X	–	X	
Beherbergungsbetriebe (a), z.B. Krankenhäuser, Alters- und Pflegeheime		X	X	– (1)
Beherbergungsbetriebe (b), z.B. Hotels		X	X	
Abgelegene Beherbergungsbetriebe (c), z.B. Berghütten (4)	X	–	–	
Bauten mit Räumen mit grosser Personenbelegung, Verkaufsgeschäfte und Verkaufsräume		X	X	X
Parkings		X	X	X (3)
Hochhäuser	X	–	X	
Unterirdische Schutzbauten (2)	X		X	–

- .9 Die Umschaltung von Normal- zum Notbetrieb muss automatisch innert 0.5 Sekunden erfolgen, wenn die Versorgungsspannung unter das 0.6-fache fällt. Wenn das 0.85-fache der Versorgungsspannung erreicht wird, schalten die Sicherheitsbeleuchtung wieder auf Normalbetrieb.

5.6.10 Anwendungen für Brandschutzeinrichtungen

- .1 Brandmelde- und Brandbekämpfungseinrichtungen benötigen eine separaten Stromkreis, der direkt aus der Gebäudehauptverteilung versorgt wird.
- .3 Geräte zur Alarmierung müssen eindeutig gekennzeichnet sein.

6 Prüfungen

Teil 6

- 6.0.2 Qualifikationen von Personen für die Prüfungen
- 6.1 Erstprüfungen
- 6.1.1 Allgemeines
- 6.1.2 Sichtprüfung
- 6.1.3 Erproben und Messen
- 6.1.3.1 Allgemeines
- 6.1.3.2 Prüfung der Leitfähigkeit des Schutzleiters sowie der Wirksamkeit des Schutz-Potenzialausgleichs und des zusätzlichen Schutz-Potenzialausgleichs
- E6.1.3.3 Isolationswiderstand
- 6.1.3.3 Mindestwerte der Isolationswiderstände
- 6.1.3.6 Automatische Abschaltung der Stromversorgung
- E6.1.3.6 Messung der Fehlerschleifenimpedanz
- 6.1.3.7 Zusätzlicher Schutz
- 6.1.3.8 Prüfung der Spannungspolarität
- 6.1.3.9 Prüfung der Phasenfolge (Drehsinn)
- 6.1.3.10 Funktionsprüfung
- 6.1.3.11 Prüfung des Spannungsfalls
- 6.1.4 Erstellen eines Prüfberichts über die Erstprüfung
- 6.2 Wiederkehrende Prüfung (periodische Kontrolle)
- 6.2.1 Allgemeines
- 6.2.2 Häufigkeit der wiederkehrenden Prüfung
- 6.2.3 Prüfbericht für die wiederkehrende Prüfung

6.0.2 Qualifikationen von Personen für die Prüfungen

Die baubegleitende Erstprüfung kann durch Elektroinstallateure mit EFZ durchgeführt werden. Die Schlusskontrolle muss durch einen Sicherheitsberater, Projektleiter oder eine fachkundige Person erfolgen.

6.1 Erstprüfungen

6.1.1 Allgemeines

- .1 Jede elektrische Anlage muss, bevor sie vom Benutzer in Betrieb genommen wird, gemäss NIV Art. 24 während der Errichtung bzw. bei der Fertigstellung geprüft werden, um nachzuweisen, dass sie den sicherheitstechnischen Anforderungen entspricht.

 NIV Art. 24 Baubegleitende Erstprüfung und betriebsinterne Schlusskontrolle

Prüfen umfasst alle Tätigkeiten, mit denen festgestellt wird, ob die Ausführung der gesamten Anlage der NIN entspricht.

Sie beinhaltet:

- die Sichtprüfung
 - das Erproben
 - die Messungen
- .2 Für die Prüfungen der Anlage müssen entsprechende Unterlagen zur Verfügung stehen, aus denen Aufbau der Stromkreise, Raumart und Einteilung, Art der Schutzmassnahmen und dgl. ersichtlich sind.
- .3 Während den Prüfungen müssen Vorsichtsmassnahmen getroffen werden, um eine Gefährdung von Personen, Nutztieren und Sachwerten auszuschliessen. So ist das Tragen einer geeigneten Schutzausrüstung bei Messungen von grösseren Kurzschlussströmen (z.B. in SK) unabdingbar. Wird z.B. bei einem Ökonomiegebäude eine Isolationsmessung durchgeführt, muss berücksichtigt werden, dass der Ausfall von Belüftungen den Nutztieren eventuell gefährlich werden kann.
- .4 Bei Erweiterung oder Änderung einer bereits bestehenden Anlage ist nachzuweisen, dass die Sicherheit der bestehenden Anlage nicht beeinträchtigt wird.

6.1.2 Sichtprüfung

- .1 Eine Sichtprüfung bedeutet eine Untersuchung mit allen Sinnen, um die richtige Auswahl und die ordnungsgemäße Errichtung der elektrischen Betriebsmittel (Installation) nachzuweisen.

Die Sichtprüfung soll:

- vor dem Erproben und Messen und
- bevor die Anlage in Betrieb genommen wird und
- vorzugsweise bei abgeschalteter Anlage erfolgen

- .2 + .3 Die Sichtprüfung ortsfest installierter Betriebsmittel muss nachweisen, dass die Installation unter anderem folgenden Anforderungen entspricht:

- Ist der Basisschutz gewährleistet? Das heisst: keine Beschädigungen von Abdeckungen, Absperrungen, Umhüllungen und dgl. und dadurch keine Zugänglichkeit zu berührbaren spannungsführenden Teilen
- Wurden die Betriebsmittel und die Schutzmassnahmen entsprechend den äusseren Einflüssen (nass, trocken, staubig) ausgewählt?
- Sind die vorgeschriebenen Kenn- und Prüfzeichen vorhanden?

- Sind besondere Schutzmassnahmen entsprechend der Raumart (Schutztrennung, Schutzkleinspannung etc.) gegeben?
- Werden allfällige vom Hersteller mitgelieferten technischen Unterlagen für die Montage und den Anschluss beachtet? (z.B. zugelassen für Einbau in Holz)
- Sind Brandabschottungen sowie der Schutz gegen thermische Einwirkungen, Brandausbreitung etc. vorhanden?
- Wurden die Leiter passend zu ihrer Belastung ausgewählt? (Querschnitt, Häufung, etc.)
- Wurden Schutz- und Überwachungseinrichtungen korrekt ausgewählt und eingestellt? (z.B. Thermorelais, Sicherheitsthermostat)
- Wie wurden Trenn- und Schaltgeräte ausgewählt und angeordnet?
- Sind PE-, PEN- und N-Leiter gekennzeichnet?
- Sind Schaltplänen, Warn-, Verbotszeichen und anderen ähnlichen Informationen vorhanden?
- Sind Stromkreise, Überstrom-Schutzeinrichtungen, Schalter, Klemmen etc. korrekt gekennzeichnet?
- Sind die Leiterverbindungen geschützt gegen Selbstlockerung, Bemessung und Anordnung?
- Sind Betriebsmittel, die bedient und gewartet werden müssen, leicht zugänglich?

6.1.3 Erproben und Messen

6.1.3.1 Allgemeines

Erproben und Messen umfasst die Durchführung von Messungen in einer Anlage, um festzustellen, ob diese ihren Zweck ordnungsgemäss erfüllt.

- .1 Messungen dürfen nur mit geprüften Messgeräten durchgeführt werden.



EN 61557 Elektrische Sicherheit in
Niederspannungsnetzen

Messgeräte müssen regelmässig gewartet und kalibriert werden. Durch einen regelmässigen Selbsttest, z.B. Messung des Kurzschlussstromes an einer Steckdose mit bekanntem Kurzschlussstrom, kann überprüft werden, ob das eigene Gerät korrekt misst.

Die nachstehenden Prüfungen und Messung sind, sofern zutreffend, in jedem Fall durchzuführen, vorzugsweise in der folgenden Reihenfolge:

Erproben und Messen
Leitfähigkeit PE-Leiter, Schutz-Potenzialausgleichsleiter, zusätzlicher Schutz-Potenzialausgleichsleiter
Isolationswiderstand der elektrischen Anlage
Wirksamkeit des Schutzes durch SELV, PELV, Schutztrennung
Fussboden- und Wandwiderstände
Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung
Polarität (Steckdosen, Schalt- und Schutzeinrichtungen)
Drehsinn / Drehrichtung
Funktion und Betrieb (Sicherheitseinrichtungen)
Spannungsfall

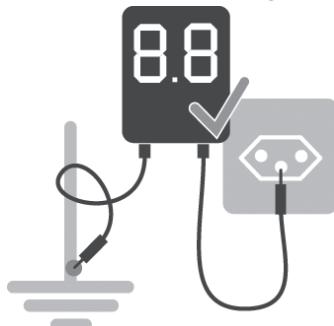
Wenn beim Erproben und Messen ein Fehler festgestellt wird, sind nach dessen Behebung diese Prüfungen und jede vorhergehende Prüfung, die durch den Fehler möglicherweise beeinflusst wurde, zu wiederholen.

6.1.3.2 Prüfung der Leitfähigkeit des Schutzleiters sowie der Wirksamkeit des Schutz-Potenzialausgleichs und des zusätzlichen Schutz-Potenzialausgleichs

- 1 Die Leitfähigkeit des Schutzleiters, der Schutz-Potenzialausgleichsleiter und der Leiter des zusätzlichen Schutz-Potenzialausgleichs müssen geprüft werden. Dabei wird folgendes Vorgehen empfohlen:

Messung der Leitfähigkeit mit einer Stromquelle, deren Leerlaufspannung zwischen 4-24 V DC oder AC beträgt und die einen Strom von mindestens 0,2 A abgibt.

Bild 6.1.3.2.1.1 Prüfung des Schutzleiters



E6.1.3.3 Isolationswiderstand

Alle Isoliermaterialien sind in einem gewissen Ausmass elektrisch leitfähig. Ihr Widerstand ist nicht «unendlich». Für die sichere Funktions- und ungefährliche Betriebsweise sind daher zwischen den Leitern und Erdpotenzial minimale Isolationswiderstände von $\geq 0.5 \text{ M}\Omega$ bzw. $\geq 1.0 \text{ M}\Omega$, abhängig von der Bemessungsspannung der Anlage, notwendig. Der Isolationswiderstand ist eine komplexe Grösse, bestehend aus einer Parallelschaltung aus mehreren ohmschen und kapazitiven Widerständen. Während der kapazitive Widerstand praktisch konstant und vor allem von der Leitergeometrie und der Dielektrizitätskonstante des Isolationsmaterials abhängig ist, besteht der ohmsche Anteil des Isolationswiderstandes aus verschiedenen Teilkomponenten:

- konstanter Wirkanteil des Isolationsmaterials
- dynamischer Widerstand des Dielektrikums, abhängig von der Feuchte, aber auch von der Spannung und vom Strom, sowie von der Alterung, der Temperatur und der Verschmutzung

Die Messung des Isolationswiderstandes einer elektrischen Anlage ist von grundsätzlicher Bedeutung. Sie ist die einzige Messung, die auch dem vorbeugenden Brand-schutz dient. Denn fliesst ein kleiner Isolationsfehlerstrom, kann dies zu einem Brand führen. Überstrom-Schutzeinrichtung würden in einem solchen Falle nicht ansprechen. Ein solcher Fehler kann nur durch eine Isolationsmessung geortet werden.

Die Messspannung des Isolationsmessgerätes muss eine Gleichspannung sein. Damit wird der Einfluss der Kapazität zwischen den Leitern und der Erde ausgeschlossen. Je nach Bemessungsspannung der Anlage ist eine Messspannung zwischen 250 V bis 1000 V DC zu verwenden.

Misst man den Isolationswiderstand einer Anlage mehr-mals und mit unterschiedlichen Geräten, so wird man abweichende Messwerte feststellen. Dies erklärt sich durch unterschiedliche Messsysteme, aber vor allem durch den unterschiedlichen Zustand der Anlage. In der Praxis ist daher mit einem Gebrauchsfehler von $\pm 10\%$ bis $\pm 30\%$ zu rechnen. Der Mindestmesswert muss deshalb entsprechend höher als der geforderte Minimalwert sein.

In speziellen Fällen, wie zum Beispiel in nichtleitenden Räumen, ist eine Messung des Isolationswiderstandes des Fussbodens und/oder der Wände notwendig.

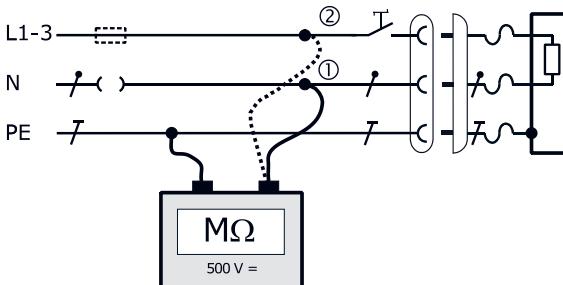
6.1.3.3 Mindestwerte der Isolationswiderstände

- .1 Der Isolationswiderstand muss zwischen den aktiven Leitern und den mit der Erde verbundenen Schutzleiter gemessen werden. Als aktive, d.h. betriebsmäßig Strom führende Leiter gelten die Außenleiter und der Neutralleiter. Der PEN-Leiter dagegen gilt als geerdet.

Das Bild 6.1.3.3.1.1 zeigt die Messanordnung für die Isolationsmessung. Die erste Messung wird zwischen Neutralleiter und Erde durchgeführt. So lassen sich unzulässige Neutralleiter-Schutzleiterverbindungen feststellen. Die zweite Messung bestimmt den Isolationswiderstand der Außenleiter gegen Erde.

Enthält ein Stromkreis elektronische Geräte, können diese durch die Messspannung der Isolationsmessgeräte beschädigt werden. Um dies zu verhindern, kann die erste Messung mit einer kleineren Messspannung, z. B. 250 V DC, durchgeführt werden. Ist der Isolationswiderstand in Ordnung, kann die zweite Messung mit 500 V DC durchgeführt werden. Eine weitere Möglichkeit ist, die Außen- und Neutralleiter vor der Messung miteinander zu verbinden. Bei einem schlechten Wert sind die elektronischen Geräte abzutrennen, um mit getrennten Leitern die Messung zu wiederholen.

Bild 6.1.3.3.1.1 Isolationsmessung



- .2 Der Isolationswiderstand ist ausreichend, wenn jeder Stromkreis bei nicht angeschlossenen Geräten einen Isolationswiderstand aufweist, der nicht kleiner ist als in Tabelle 6.1.3.3.2.1 angegeben.

Die Verbraucher können, müssen aber nicht mitgemessen werden!

Für bestehende Anlagen (Periodische Prüfung) gelten die Isolationswerte, die zum Zeitpunkt der Installierung gültig waren.

Tabelle 6.1.3.3.2.1 Mindestwerte des Isolationswiderstandes

Stromkreis-/Bemessungs -spannung	Prüfgleich -spannung	R _{iso} vor 1995	R _{iso} ab 1995	R _{iso} ab 2010
Sicherheitskleinspannung SELV	250 V	-	≥ 0.25 MΩ	≥ 0.5 MΩ
Schutzkleinspannung PELV	250 V	-	≥ 0.25 MΩ	≥ 0.5 MΩ
50 V bis 500 V	500 V	-	≥ 0.5 MΩ	≥ 1.0 MΩ
50 V bis 500V mit SPDs Typ 3	250 V	-	-	≥ 1.0 MΩ
> 500 V	1000 V	-	≥ 1.0 MΩ	≥ 1.0 MΩ
trockene und feuchte Räume ≤ 300 V gegen Erde	≥ U _N der Anlage	≥ 0.25 MΩ	Merke: Es gilt immer der Wert, welcher im Jahr der Erstellung der Installation seine Gültigkeit hatte!	
nasse und korrosionsgef. Räume ≤ 300 V gegen Erde	100 V	≥ 0.05 MΩ		
trockene und feuchte Räume ≥ 300 V gegen Erde	≥ U _N der Anlage	≥ 0.5 MΩ		
nasse und korrosionsgef. Räume ≥ 300 V gegen Erde	100 V	≥ 0.25 MΩ		

- .3 Wo Überspannungs-Schutzeinrichtungen (SPD) eingebaut sind, ist eine Messung mit 500 V meist nicht möglich. Die Überspannungs-Schutzeinrichtungen sind vor der Messung auszubauen. Wenn dies nicht möglich oder sehr aufwendig ist, z.B. aufgrund von Feinschutz (SPD Typ 3) bei Steckdosen, kann mit 250 V gemessen werden. Der Isolationswiderstand muss jedoch ≥ 1,0 MΩ betragen.

6.1.3.6 Automatische Abschaltung der Stromversorgung

6.1.3.6.1 Allgemeines

- .1 Die Wirksamkeit der Massnahmen für den Fehlerschutz muss überprüft werden. Es muss geprüft werden, ob die vorgesetzte Schutzeinrichtung im Fehlerfall die geforderten Abschaltzeiten einhält.
 - Für Endstromkreise $\leq 32 \text{ A}$ gilt eine Abschaltzeit von $\leq 0,4 \text{ s}$.
 - Für Endstromkreise $\geq 32 \text{ A}$ und für Verteilungsstromkreise gilt eine Abschaltzeit $\leq 5 \text{ s}$.

Wird der Fehlerschutz im System TN mit einer Überstrom-Schutzeinrichtung sichergestellt, so ist bei der Überprüfung wie folgt vorzugehen:

Bevor die Fehlerschleifenimpedanz gemessen wird, muss geprüft werden, ob die elektrische Verbindung der Schutzleiter durchgehend ist. Die Fehlerschleifenimpedanz wird zwischen folgenden Leitern ermittelt:

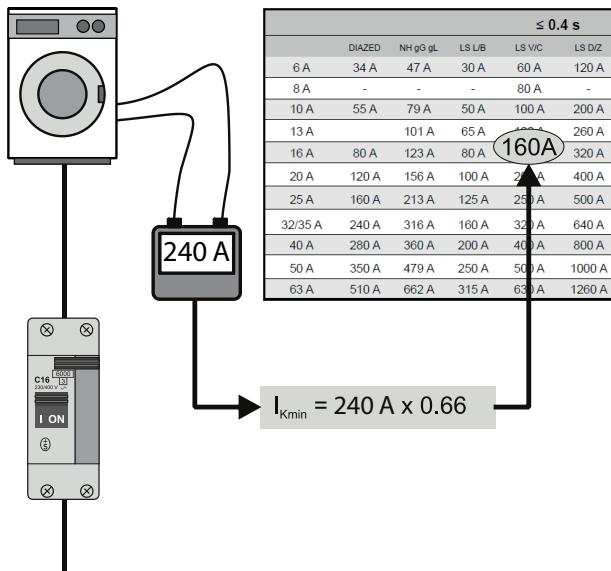
- Außenleiter und Schutzleiter
- Außenleiter und PEN-Leiter

Der Wert kann:

- Mit Messgeräten gemessen oder
- Aus Leitungslänge, Querschnitt, Impedanz des speisenden Transformators usw. berechnet werden.

In der Regel beim Anschlussüberstromunterbrecher und an der entferntesten Stelle des Endstromkreises gemessen. Aus der Fehlerschleifenimpedanz wird der im Fehlerfall fließende Kurzschlussstrom ermittelt. Um die Messunsicherheiten zu berücksichtigen, wird der gemessene Kurzschlussstrom mit dem Faktor 0,66 multipliziert (Bild 6.1.3.6.1.1). Indem dieser Wert mit den Kenndaten der vorgesetzten Überstrom-Schutzeinrichtung verglichen wird, lässt sich überprüfen, ob die geforderte Abschaltzeit eingehalten wird.

Bild 6.1.3.6.1.1.1 Überprüfen der Abschaltzeit



Um mittels der Schutzmaßnahme «Schutz durch automatische Abschaltung» die geforderte Abschaltzeit von 0,4 s zu erreichen, muss der im Fehlerfall tatsächlich fließende Kurzschlussstrom mit Sicherheit höher sein als der Auslösewert der Überstrom-Schutzeinrichtung.

Im Einzelfall soll geprüft werden, ob ein Sicherheitsabschlag zur Anwendung gelangen muss. Der Fachmann kennt die Bedingungen vor Ort, den Zustand der Anlage und die Abweichungen des eingesetzten Messinstrumenten und kann im konkreten Fall beurteilen, in welcher Höhe ein Korrekturfaktor berücksichtigt werden muss.

Die folgenden zwei Tabellen zeigen die minimal notwendigen Kurzschlussströme von Stromkreisen in Abhängigkeit der vorgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtung für 0,4 und 5 s. In der zweiten Spalte der jeweiligen Überstrom-Schutzeinrichtung ist der Korrekturfaktor 0,66 bereits eingerechnet.

Tabelle 6.1.3.6.1.1.2 Auslösewerte

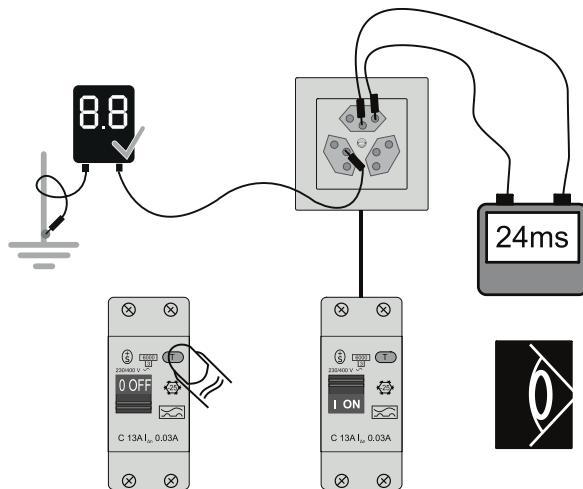
Geforderter Messwert ≤ 5 s Auslösezeit (Faktor bereits eingerechnet)									
Bemessungs- strom A	DIAZED A		DIN gG gL A		LS L/B A		LS V/C A		LS D/Z A
	1.00	0.66	1.00	0.66	1.00	0.66	1.00	0.66	1.00 0.66
6	20	30	30	45	30	45	60	91	
10	40	61	47	71	50	76	80	121	100 152
13			60	91	65	98	90	136	100 152
16	60	91	70	106	80	121	100	152	110 167
20	75	114	85	129	100	152	150	227	150 227
25	100	152	118	179	125	189	170	258	170 258
32	150	227	156	236	160	242	220	333	220 333
40	160	242	200	303	200	303	250	379	250 379
50	220	333	260	394	250	379	300	455	300 455
63	280	424	350	530	315	477	500	758	500 758
80	380	576	452	685	400	606	500	758	520 788
100	480	727	573	868	500	758	600	909	650 985
			750	1136	625	947	750	1136	820 1242
125			995	1508					
160			1290	1955					
200			1665	2523					
250			2080	3152					
315			2720	4121					
400			3580	5424					
500			5100	7727					

Geforderter Messwert ≤ 0,4 s Auslösezeit (Faktor bereits eingerechnet)									
Bemessungs- strom A	DIAZED A		DIN gG gL A		LS L/B A		LS V/C A		LS D/Z A
	1.00	0.66	1.00	0.66	1.00	0.66	1.00	0.66	1.00 0.66
6	35	53	47	71	30	45	60	91	120 182
10	55	83	80	121	50	76	100	152	200 303
13			100	152	65	98	130	197	260 394
16	80	121	123	186	80	121	160	242	320 485
20	120	182	156	236	100	152	200	303	400 606
25	160	242	213	323	125	189	250	379	500 758
32	240	364	270	409	160	242	320	485	640 970
40	280	424	360	545	200	303	400	606	800 1212
50	350	530	479	726	250	379	500	758	1000 1515
63	510	773	622	942	315	477	630	955	1260 1909

Wird der Fehlerschutz im System TN mit einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCDs) sichergestellt, so ist bei der Überprüfung wie folgt vorzugehen (Bild 6.1.3.6.1.1.3):

- Besichtigen der Kenndaten der vorgeschalteten Fehlerstrom-Schutzeinrichtung
- Erproben über die Prüftaste
- Messen der Durchgängigkeit des Schutzleiters
- Messen der geforderten Abschaltzeit

Bild 6.1.3.6.1.1.3 Prüfung Abschaltung im Fehlerfall mit RCD



Bei Stromkreisen, die durch eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung geschützt sind, ist die automatische Abschaltung im Fehlerfall nicht mehr vom Kurzschlussstrom abhängig. Deshalb kann auf die Messung der Fehlerschlaufenimpedanz verzichtet werden. Wird jedoch die Leitung übersichert, z.B. bei Motoreninstallationen, so ist der Wert der Fehlerschlaufenimpedanzmessung erforderlich, um den Kurzschlussenschutz der Leiter zu berechnen.

4.3.4.3.1 Kenngrößen der Kurzschluss-Schutzeinrichtungen

E6.1.3.6 Messung der Fehlerschleifenimpedanz

Die Messung der Fehlerschleifenimpedanz wird bei den meisten Messgeräten mit relativ kleinen Messströmen und bei Raumtemperatur sowie bei Bemessungsfrequenz (50 Hz) des Stromkreises ausgeführt. Der Wert muss niederohmig genug sein, damit am Messort bei einem Kurz- bzw. Erdschlussfall ein so hoher Fehlerstrom fließt, dass eine automatische Auslösung der Schutzeinrichtung innerhalb von 0,4 s bzw. 5 s erfolgt.

Der von den Messgeräten angezeigte Fehlerstrom ist aber meist zu hoch und entspricht daher nicht dem realen Wert. Die Gründe dafür:

- Die Netzspannung ist nicht immer konstant
- In der Realität haben die Leiter im Fehlerfall eine höhere Temperatur
- Der Zustand des speisenden Netzes (stark oder schwach) sowie die angeschlossenen Verbraucher und deren Belastungsart spielen eine Rolle
- In der Realität sind die Übergangsimpedanzen meist grösser
- Die Messgeräte sind nicht fehlerfrei

Die Bedingungen von 4.1.1.3.2 sind erfüllt, wenn der gemessene Wert der Fehlerschleifenimpedanz die folgende Bedingung erfüllt:

4.1.1.3.2 Automatische Abschaltung im Fehlerfall

$$Z_s(m) \leq \frac{2}{3} \cdot \frac{U_0}{I_a}$$

Z_s (m) gemessene Impedanz der Fehlerstromschleife
 U_0 Spannung zwischen Außenleiter und geerdetem
 Neutralleiter

I_a Strom, der gemäss Tabelle 4.1.1.3.2.2.1 die automatische Auslösung der Schutzeinrichtung innerhalb von 0,4 s bzw. 5 s erzwingt.

An den Messgeräten kann der Fehlerstrom meist direkt abgelesen werden. Für den Auslösestrom I_a , der die automatische Auslösung der Schutzeinrichtung bewirkt, ist der Ablesewert daher mit dem Faktor 0,66 zu multiplizieren.

6.1.3.7 Zusätzlicher Schutz

Wenn Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen für den zusätzlichen Schutz verlangt sind, sind diese mit einem geprüften Installationstester zu messen.

6.1.3.8 Prüfung der Spannungspolarität

Das Schalten von Neutralleitern ohne gleichzeitiges Schalten der zugehörigen Außenleiter ist unzulässig. Es muss überprüft werden, ob diese Anforderungen eingehalten werden. Dazu muss auch die Polarität von Steckdosen geprüft werden.

6.1.3.9 Prüfung der Phasenfolge (Drehsinn)

- .1 Im Falle von mehrphasigen Stromkreisen muss geprüft werden, ob die Reihenfolge der Phasen (Außenleiter) eingehalten wird.
- .2 Bei Drehstrom-Steckdosen ist der Drehsinn zu prüfen.

6.1.3.10 Funktionsprüfung

- .1 Baugruppen, wie Schaltgerätekombinationen, Antriebe, Stelleinrichtungen und Verriegelungen, müssen einer Funktionsprüfung unterzogen werden, um nachzuweisen, dass sie entsprechend den zutreffenden Anforderungen der NIN richtig montiert, eingestellt und errichtet sind.
- .2 Bei Schutzeinrichtungen muss, soweit erforderlich, eine Funktionsprüfung durchgeführt werden, um festzustellen, dass sie bestimmungsgemäß errichtet und eingestellt sind.

Funktionsprüfungen können umfassen:

- Wirksamkeit von Sicherheitseinrichtungen, z.B. Not-AUS-Vorrichtungen, Verriegelungen, Druckwächter
- Die Funktion von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) durch betätigen der Prüftaste
- Sicherheitsbeleuchtungen, Fluchtwegmarkierungen

Als Beispiel kann ein Endschalter dienen, der beim Öffnen eines Schutzdeckels sofort das Gerät ausschalten muss, damit niemand versehentlich rotierende Teile berühren kann. Die Prüfung stellt fest, ob das Gerät auch bei offenem Schutzdeckel in Betrieb gesetzt oder weiter betrieben werden kann.

6.1.3.11 Prüfung des Spannungsfalls

Wenn in einer Anlage ein maximaler Spannungsfall gefordert ist (z.B. Angaben eines Herstellers), kann der Nachweis durch die Messung der Impedanz des Stromkreises erbracht werden.

$$U_v = I_n \cdot Z_s$$

Uv	Spannungsfall
In	Betriebsstrom
Zs	Schleifenimpedanz

6.1.4 Erstellen eines Prüfberichts über die Erstprüfung

- .1 Nach abgeschlossener Prüfung einer neuen Anlage oder nach Erweiterungen oder Änderungen in einer bestehenden Anlage muss ein Sicherheitsnachweis inkl. Mess- und Prüfprotokoll gemäss NIV Art. 35 über die Erstprüfung erstellt werden. Diese Dokumente müssen Details des Anlageumfangs, die durch den Bericht abgedeckt sind, eine Aufzeichnung über die Sichtprüfung sowie die Ergebnisse der Erprobungen und Messungen umfassen.



NIV Art. 35 Nachweis bei der Übernahme der Installation

Alle Fehler oder fehlende Teile, die während der Prüfung erkannt werden, müssen korrigiert werden, bevor der Errichter der Anlage erklärt, dass die Anlage die Anforderungen der Normen erfüllt.

6.2 Wiederkehrende Prüfung (periodische Kontrolle)

6.2.1 Allgemeines

- .2 Die wiederkehrende Prüfung besteht aus einer ausführlichen Überprüfung der Anlage. Dazu wird mit einer Sichtprüfung die Anlage auf ihre Sicherheit überprüft. Mit Messungen sind vor allem die Abschaltzeiten, Isolationswiderstände, Durchgängigkeit der Schutzleiter, Funktion der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung etc. zu kontrollieren.

Bei wiederkehrenden Prüfungen gilt die Norm, welche zum Zeitpunkt der Errichtung der Anlage gültig war. So können zum Beispiel andere Drahtfarben in alten Anlagen belassen werden.

6.2.2 Häufigkeit der wiederkehrenden Prüfung

- .2 Bei Anlagen, die mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen geschützt sind, kann auf die wiederkehrende Prüfung der Isolationswerte verzichtet werden. Ergibt jedoch eine Messung einen schlechten Wert, so ist dieser zu beheben.

6.2.3 Prüfbericht für die wiederkehrende Prüfung

- .1 Sämtliche Mängel der wiederkehrenden Prüfung werden in einem Mängelbericht festgehalten. Nachdem die Mängel behoben sind, ist ein Sicherheitsnachweis auszustellen.

7 Zusatzbestimmungen für Räume, Bereiche und Anlagen besonderer Art

Teil 7

- 7.01 Räume mit Badewanne und Dusche
- 7.02 Schwimmbecken
- 7.03 Räume mit elektrischen Sauna-Heizgeräten
- 7.04 Baustellen
- 7.05 Elektrische Anlagen von landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Betriebsstätten
- 7.08 Elektrische Anlagen auf Camping- und Caravansplätzen
- 7.10 Elektrische Anlagen in medizinisch genutzten Räumen
- 7.12 Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme
- 7.14 Beleuchtungsanlagen im Freien
- 7.15 Kleinspannungsbeleuchtungsanlagen
- 7.22 Stromversorgung von Elektrofahrzeugen
- 7.29 Elektrische Betriebsräume
- 7.40 Vorübergehend errichtete elektrische Anlagen für Aufbauten, Vergnügungseinrichtungen und Buden auf Jahrmärkten (Chilbi), in Vergnügungsparks und für Zirkusse
- 7.53 Fußboden- und Decken-Flächenheizungen
- 7.61 Elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen

Die Anforderungen von Teil 7 ergänzen, ändern oder ersetzen die allgemeinen Bestimmungen der Teile 1 bis 6.

Die nach der Kennnummer für den Teil 7 aufgeführten Ziffern entsprechen den Teilen, Kapiteln, Abschnitten oder Ziffern der allgemeinen Bestimmungen.

Tabelle 7a Nummerierung der Bestimmungen im Teil 7 ist analog jeder in den Teilen 1 bis 6

7	.02	.4	.1	Schutz gegen elektrischen Schlag
				Schutz gegen elektrischen Schlag
				Schutzmassnahmen
				Schwimmbecken
Teil 7: Zusatzbestimmungen für Räume, Bereiche und Anlagen besonderer Art				

7.01 Räume mit Badewanne oder Dusche

Kapitel 7.01

- 7.01 Räume mit Badewanne oder Dusche
- 7.01.1 Anwendungsbereich, Zweck und allgemeine Grundsätze
- 7.01.3.0 Allgemeines
- 7.01.5.2 Leitungen

In Räumen mit Badewanne oder Dusche bewegen sich Personen häufig ohne Kleider und Schuhe, hinzu kommt, dass sie nass sind. Dadurch verringert sich der elektrische Widerstand des menschlichen Körpers. Im Fehlerfall erhöht sich somit das Risiko eines gefährlichen Fehlerstroms.

7.01.1 Anwendungsbereich, Zweck und allgemeine Grundsätze

Die besonderen Anforderungen dieses Kapitels gelten für elektrische Anlagen in Räumen mit fest installierter Badewanne oder fest installierter Dusche

7.01.3.0 Allgemeines

Bei der Anwendung dieses Kapitels sind die nachfolgend festgelegten Bereiche zu berücksichtigen. Diese Bereiche können durch Decken, Wände, Türen, Fussböden und/oder fest angebrachter Abtrennung begrenzt werden.
Der Mindestabstand für das Um- bzw. Übergreifen (Fadenmass) muss dabei berücksichtigt werden.

Bereich 0 Das Innere der Bade- oder Duschwanne

Bereich 1 Ober- und unterhalb der Badewanne, begrenzt durch die Außenmasse der Badewanne oder Dusche, vom Fertigfussboden bis auf eine Höhe von 225 cm oder bis zum höchsten fest angebrachten Wasserauslass.

Duschen in Wohnbauten:

in einem Abstand von 1,2 m von der senkrechten Flucht des festangebrachten Wasserauslasses an der Wand oder an der Decke (Bild 7.01.3.0.2).

Duschen ohne Wanne in Garderoben von Sportanlagen und dgl.:

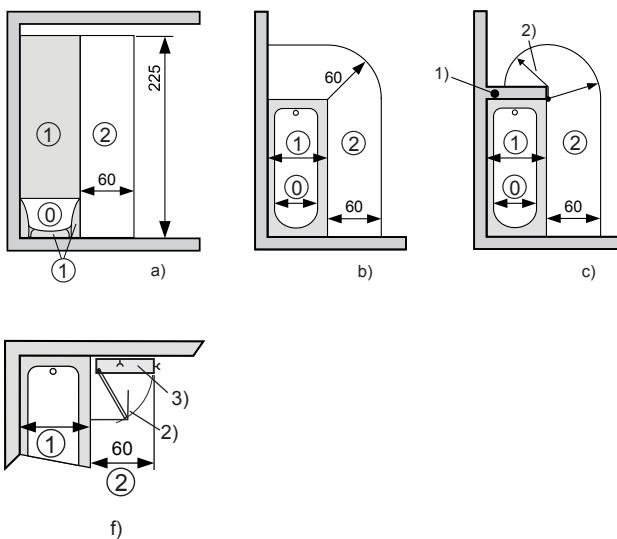
In einem Abstand von 1,2 m vom fest angebrachten Wasserauslass an der Wand oder an der Decke (Bild 7.01.3.0.3 und 7.01.3.0.4).

7.01 Räume mit Badewanne oder Dusche

Bereich 2 Erweitert den Bereich 1 seitlich um 60 cm ab der Bade- oder Duschwanne

Als fest angebrachter Wasserauslass gilt der Anschlusspunkt, der Bestandteil der Wasserrohrinstallation ist. Flexible Brauseschläuche gehören nicht zum festangebrachten Wasserauslass.

Bild 7.01.3.0.1 – a, b, c, f
Abmessungen der Bereiche 0, 1 und 2 in Räumen mit Badewanne



Legende

- a) Seitenansicht, Bad
- b) Draufsicht, Bad
- c) Draufsicht (mit fest angebrachter Abtrennung und Radius für Mindestabstand beim Greifen um die Abtrennung herum)
- f) Draufsicht (mit Spiegelschrank im Bereich 2)
- 1) Feste Abtrennung
- 2) Fadenmaß für Umgreifen
- 3) Spiegelschrank im Bereich 2 - Fadenmaß für Umgreifen der Schranktür

Duschen in Wohnbauten

Der Bereich 1 geht nicht über den Bereich 2 hinaus. Dies bedeutet, dass der Bereich 1 eine maximale horizontale Abmessung von entweder 1,2 m rechtwinklig ab Wasseraustrittsstelle oder bis zur festen Abtrennung aufweist. Der Bereich 2 (0,6 m) wird durch die feste Abtrennung geschaffen.

7.01 Räume mit Badewanne oder Dusche

In Bezug auf das Anordnen von Steckdosen müssen die geforderten Abstände unbedingt eingehalten werden. Steckdosen dürfen weder im erweiterten Bereich 1 noch im Bereich 2 angebracht werden.

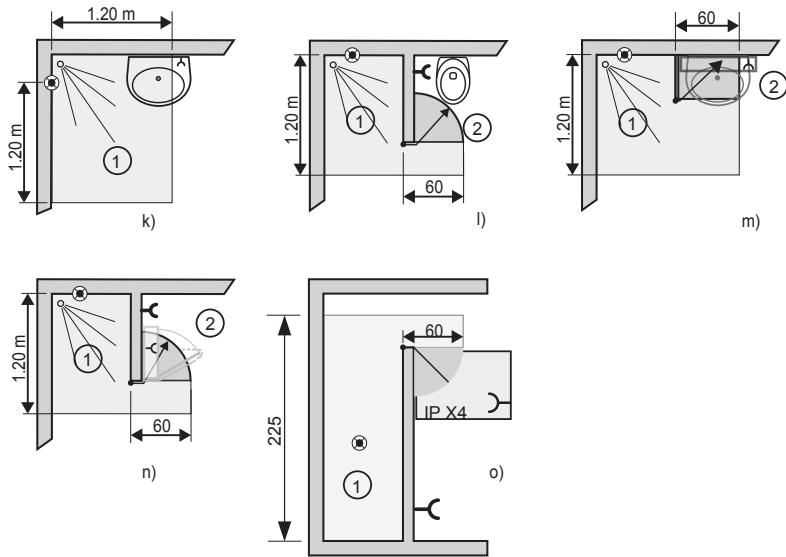
Fadenmass für Umgreifen

Die Bereiche 0, 1 und 2 in Räumen mit Badewanne oder Dusche sind so definiert, dass Personen beim Duschen oder Baden keine Steckdosen bedienen können.

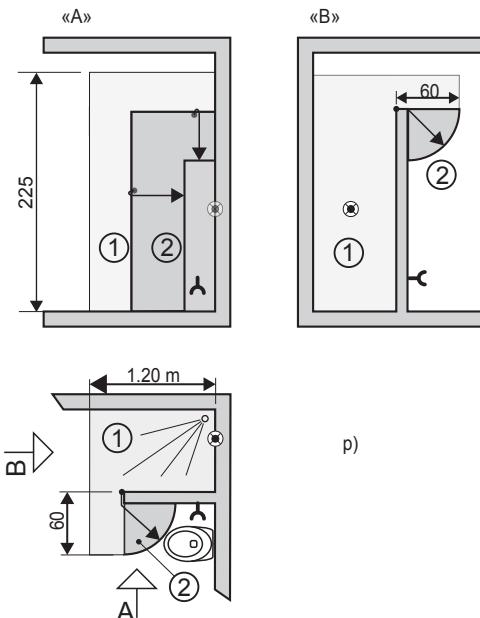
Das Fadenmass von 0,6 m für das Über- und Umgreifen kann für die Anordnung von Steckdosen angewendet werden. Das Fadenmass wird immer von der Kante der den Bereich 1 begrenzenden senkrechten Fläche gemessen.

Steckdosen sind in Bereichen ausserhalb des Bereichs 2 zugelassen, sofern diese vom Duschbereich (wo die duschende Person sich beim Duschen aufhält) nicht bedient werden können. Das Anordnen einer Steckdose ist zulässig, falls sie weder durch Übergreifen noch durch Umgreifen (Anwenden des Fadenmasses) aus dem Duschbereich erreicht werden kann.

Bild 7.01.3.0.2 – k, l, m, n, o,p
Duschen in Wohnbauten
Abmessungen der Bereiche 1 und 2



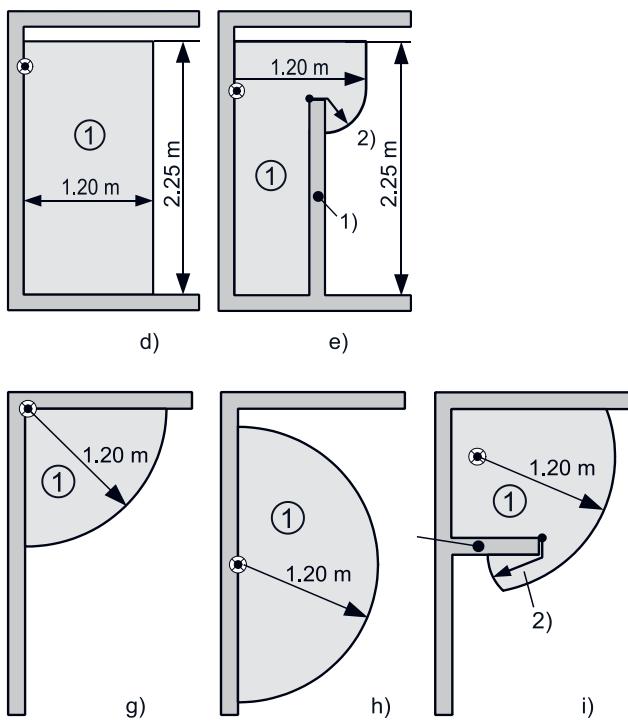
7.01 Räume mit Badewanne oder Dusche

**Legende**

- k) Draufsicht ohne Abtrennung
- l) Draufsicht mit Abtrennung
- m) Draufsicht mit Glasabtrennung
- n) Draufsicht mit Abtrennung und Spiegelschrank
- o) Seitenansicht mit Abtrennung und Spiegelschrank
- p) Draufsicht und Seitenansicht der Bereiche mit Fadenmass

Bei Duschen ohne Wanne entfallen die Bereiche 0 und 2.
Der Bereich 1 erstreckt sich auf 120 cm ab dem festangebrachten Wasserauslass.

Bild 7.01.3.0.3 – d, e, g, h, i
Duschen ohne Wanne in Garderoben von Sportanlagen und dgl. Abmessungen des Bereichs 1

**Legende**

- 0, 1, 2 Bereiche
- 1) feste Abtrennung
- 2) Fadenmass für Umgreifen oder Übergreifen
- d), e) Seitenansicht
- g), h), i) Grundriss mit Wasseraustrittsstelle
- feste Wasseraustrittsstelle

7.01 Räume mit Badewanne oder Dusche**7.01.4.1.3 Schutzmassnahme: Schutztrennung**

- .1 Der Schutz durch Schutztrennung darf nur angewendet werden für Stromkreise die
 - nur ein elektrisches Verbrauchmittel oder
 - nur eine Steckdose versorgen.

7.01.4.1.4 Schutzmassnahme: Schutz durch Kleinspannung SELV oder PELV

- .1 Der Basisschutz muss auch bei SELV oder PELV mindestens der Schutzart IP XXB oder IP 2X entsprechen.

7.01.4.1.5 Zusätzlicher Schutz**.1 Zusätzlicher Schutz: Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)**

In Räumen mit Badewanne oder Dusche muss für alle Stromkreise eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) mit $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ angewendet werden. Ausgenommen sind Stromkreise für SELV/PELV und Stromkreise, die durch Schutztrennung geschützt sind.

Wenn sich bei Umbauten/Renovationen der Einbau von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) im Installationsverteiler aus Platzmangel oder der Nachzug des Schutzleiters in alten TN-C Installationen als unmöglich erweist, kann der zusätzliche Schutz durch Einbau von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) für alle Stromkreise in den Steckdosen realisiert werden.

.2 Zusätzlicher Schutz: Zusätzlicher Schutz-Potenzialausgleich

Falls im Gebäude kein Schutz-Potenzialausgleich (früher Hauptpotenzialausgleich genannt) vorhanden ist, müssen in diesen Räumen die folgenden leitfähigen Teile mit einem zusätzlichen Schutz-Potenzialausgleichsleiter 4 mm² mit dem Schutzleiter im Installationsverteiler verbunden werden.

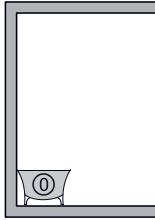
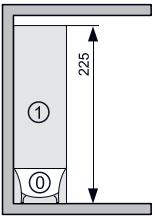
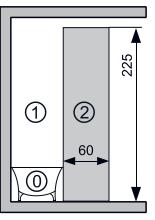
- Teile der Frischwasserversorgung und der Abwassersysteme
- Teile von Heizungssystemen und von Klimaanlagen

7.01.5.2 Leitungen

- .2 Auswahl und Errichtung nach den Umgebungseinflüssen
 - a) Alle Leitungen können auf Putz (AP) oder unter Putz (UP) verlegt werden. Bis zu einer Tiefe von 6 cm dürfen sie unter Putz nur verlegt werden wenn
 - sie Betriebsmittel in diesen Räumen versorgen und
 - in jeder Leitung ein Schutzleiter enthalten ist, der mit dem Hauptschutzleiter verbunden ist.Ausgenommen sind Stromkreise in der Schutzmassnahme SELV/PELV oder Schutztrennung.
 - b) Werden Leitungen fremder Stromkreise in Wänden von Bade- oder Duschenräumen verlegt, muss bei UP-Verlegung eine Restwanddicke von mindestens 6 cm auch ausserhalb der Bereiche 1 und 2 vorhanden sein. Kann diese Restwanddicke nicht eingehalten werden, dürfen solche Leitungen nur in diesen Bereichen verlegt werden, wenn
 - die Stromkreise durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ geschützt sind und einen Schutzleiter enthalten, der mit dem Hauptschutzleiter verbunden ist; oder
 - die Stromkreise durch die Schutzmassnahme SELV/PELV oder durch Trenntransformatoren mit einem einzigen Verbraucher geschützt sind.
 - c) Bei Zuleitungen auf Energieverbraucher im Bereich 1 ist auf die richtige Leitungsführung zu achten: senkrecht von oben bzw. von unten, waagrecht oder von hinten.

Unter der Oberfläche des Fertigfussbodens verlegte Leitungen fallen nicht in diesen Anwendungsbereich.

7.01 Räume mit Badewanne oder Dusche

	Bereich			
7.01.3.0	Begrenzung waagrecht	in Bade- / Duschwanne	unten: Fertigfussboden oben: 225 ab Fertigfussboden oder am höchsten angebrachte Wasseraustrittsstelle, je nachdem was höher ist	unten: Fertigfussboden oben: 225 ab Fertigfussboden oder am höchsten angebrachte Wasseraustrittsstelle, je nachdem was höher ist
	Begrenzung senkrecht		Die Aussenkanten der Bade- oder Duschwanne	Senkrecht 60 cm ab der Begrenzung des Bereiches 1
	Fadenmass	Fest montierte Abtrennungen begrenzen die Bereiche. Um- und Übergreifen muss für die Anordnung von Steckdosen berücksichtigt werden.	Bei Duschen ohne Wanne in Garderoben von Sportanlagen und dgl. entfällt der Bereich 2. Der Bereich 1 wird auf 120 cm ab der Wasseraustrittsstelle erweitert.	
7.01.5.1.2.2	IP-Schutzart für Betriebsmittel	≥ IP X7	≥ IP X4	≥ IP X4
			Bei Vorkommen von Strahlwasser: ≥ IP X5	
	Schalter ⚭		Für U_n 230/400 V nur Verbindungs- und Anschlussdosen für Geräte in diesem Bereich	Schalt-, Steuer- und Installationsgeräte, keine Steckdosen
	Steckdosen ↳	keine Schalt-, Schutz- und Steuergeräte zugelassen	Betriebsmittel mit U_n max. 25 V AC SELV/PELV, Stromquelle außerhalb Bereich 0 und 1	Betriebsmittel mit Un max. 25 V AC SELV/PELV, Stromquelle außerhalb Bereich 0 und 1
	Verbindungsdosen ┌─┐			Steckdosen der Kommunikationstechnik
7.01.5.1.2.2	Installationsgeräte			
	Betriebsmittel	Nur vom Hersteller für diesen Bereich zugelassene Betriebsmittel und mit U_n max. 12 V AC oder 30 V DC SELV betrieben.	Nur Wassererwärmer, Abluftventilatoren und Handtuchtrockner, Leuchten. Zuleitungsführung beachten! Verbraucher mit U_n max. 25 V AC oder 60 V DC SELV/PELV betrieben. Unter Badewanne (z. B. Whirlpoolpumpen usw.).	Wie Bereich 1, weitere Betriebsmittel IP X4. Zuleitungsführung beachten! Verbraucher mit U_n max. 25 V AC oder 60 V DC SELV/PELV betrieben.
7.01.5.2	Steckdosen ↳	Nur außerhalb Bereich 2. Bis zu einer Distanz von 2,4 m ab Bereich 2 bzw. 3,0 m ab Bereich 1 nur mit Schutzkragen (Typ 13).		
7.01.5.2	Leitungen	AP oder UP. Falls UP: entweder 6 cm überdeckt oder, falls nicht 6 cm überdeckt, muss jede Leitung einen mit dem Haupt-PE verbundenen PE-Leiter mitführen, für fremde Leitungen gelten gleiche Bedingungen. Gesamte Installation mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtung $I_{An} \leq 30 \text{ mA}$		
7.01.7.53	Fussboden- und Deckenflächenheizungen	- Metallene Ummantelung oder Umhüllung vorhanden und mit PE-Leiter verbunden oder - Feinmaschiges Metallgitter vorhanden und mit PE-Leiter verbunden, ausser bei SELV/PELV - Schutzmaßnahme Schutztrennung nicht erlaubt		

7.02 Schwimmbecken und Springbrunnen

Kapitel 7.02

- 7.02.1 Anwendungsbereich, Zweck und allgemeine Grundsätze
- 7.02.3.0 Allgemeines
- 7.02.4 Schutzmassnahmen

7.02.1 Anwendungsbereich, Zweck und allgemeine Grundsätze

Dieses Kapitel gilt für elektrische Anlagen für:

- Schwimmbecken und Planschbecken und deren umgebende Bereiche;
- Bereiche in natürlichen Gewässern, Seen in Kiesgruben und in Küsten- und ähnlichen Bereichen und deren umgebende Bereiche, die zum Schwimmen und Baden vorgesehen sind;
- Becken von Springbrunnen und deren umgebende Bereiche.

In diesen Bereichen ist aufgrund der Verringerung des elektrischen Widerstands des menschlichen Körpers und seiner Verbindung mit Erdpotenzial die Wirkung eines elektrischen Schlags grösser.

7.02.3.0 Allgemeines

Die Anforderungen basieren auf den Abmessungen von drei Bereichen.

Bereich 0 umfasst:

- das Innere von Becken, einschliesslich Aussparungen in Wänden und Böden
- Überlaufrinnen und Fusswaschbecken
- das Innere von Wasserfontänen oder Wasserfällen

Bereich 1 wird begrenzt:

- seitlich: 2 m ab Beckenrand oder eine feste Abtrennung mit einer Mindesthöhe von 2,50 m
- oben: 2,50 m ab Boden oder Standfläche
- unten: Standfläche oder Boden

Bereich 2 wird begrenzt:

- seitlich: 1,50 m ab Bereich 1 oder eine feste Abtrennung mit einer Mindesthöhe von 2,50 m
- oben: 2,50 m ab Boden oder Standfläche
- unten: Standfläche oder Boden

Bild 7.02.3.0.1 Abmessungen der Bereiche von Schwimmbecken und Planschbecken

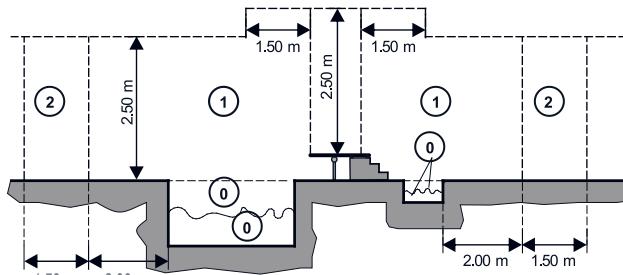
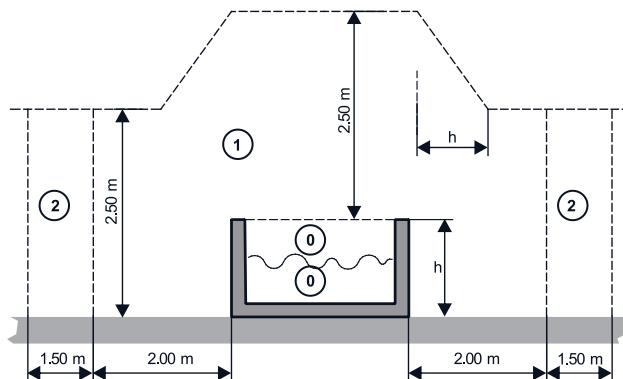


Bild 7.02.3.0.2 Abmessungen der Bereiche für auf dem Boden aufgestellte Becken



7.02.4 Schutzmassnahmen

Zusätzlicher Schutz-Potenzialausgleich

Alle fremden leitfähigen Teile in den Bereichen 0, 1 und 2 müssen über Schutz-Potenzialausgleichsleiter miteinander verbunden werden. Sie müssen außerdem mit dem Schutzeleiter der Körper von Betriebsmitteln, die in diesen Bereichen angeordnet sind, verbunden werden. Solche Teile umfassen beispielsweise:

- metallene Rohrleitungen für Frischwasser, Abwasser, Gas, Heizung, Klima und andere
- Metallteile der Gebäudekonstruktion
- Metallteile der Beckenkonstruktion
- Bewehrungen von nicht isolierenden Fussböden
- Bewehrungen von Betonbecken

Leitfähige Teile werden nur dann als fremde leitfähige Teile betrachtet, wenn sie ein Potenzial in die Bereiche 0, 1 oder 2 einführen können. Die folgenden fremden leitfähigen Teile müssen üblicherweise nicht in den zusätzlichen Schutz-Potenzialausgleich einbezogen werden:

- Beckenleitern und Abdeckungen
- Leitern von Sprungtürmen
- Handläufe und Haltegriffe am Beckenrand
- Gitterabdeckungen, einschliesslich deren Einbaurahmen von Überlaufrinnen
- Fensterrahmen
- Türzargen
- Startblöcke

Schutzmassnahmen und äussere Einflüsse

Mit den Beschreibungen der Bereiche und den Bestimmungen in den folgenden Tabellen können die Bedingungen und Anforderungen an eine Installation festgelegt werden.

7.02 Schwimmbecken

Tabelle 7.02.4.1 Schutzmassnahmen, Betriebsmittel und Installationen im Bereich 0

	Bereich 0		Schwimm-	Wenn	Spring-
			bäder	keine Per-	brunnen
				son im	
Schutzmassnahmen	Kleinspannung, ≤ 12 oder 50VAC bzw. 30 oder 120VDC Stromquelle (Trafo) ausserhalb Bereiche 0 + 1, falls im Bereich 2 mit $\text{RCD } I_{\Delta n} \leq 30\text{ mA}$, Abdeckungen und Isolationen erforderlich (mind. IP 2X)	SELV	<input checked="" type="checkbox"/> OK $\leq 12\text{VAC}/30\text{VDC}$	<input checked="" type="checkbox"/> OK $\leq 50\text{VAC}/120\text{VDC}$	
	Schutztrennung, Spannung 230V , Stromquelle (Trafo) ausserhalb Bereiche 0 + 1, falls im Bereich 2 mit $\text{RCD } I_{\Delta n} \leq 30\text{ mA}$ geschützt	OIO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> OK Für nur 1 Betriebsmittel	
	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung $I_{\Delta n} \leq 30\text{mA}$, Spannung 230V (Schutz durch automatische Abschaltung)	RCD	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> OK	<input checked="" type="checkbox"/> OK
Betriebsmittel und Installationen	Steckdosen und elektrische Schalter		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Schalt- und Steuergeräte		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Leuchten 230V		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Abzweig- und Verbindungsdosens		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Elektrische Leitungen AP oder UP bis zu einer Tiefe von 6cm ; vorzugsweise Kunststoffrohre, Metallrohre mit Schutz-Potenzialausgleich verbinden			Nur als Zuleitung für Betriebsmittel in diesem Bereich	Leitungsverlegung ausserhalb der Beckenumrandung, soweit möglich
	Festangeschlossene, besonders für Schwimmbäder hergestellte Betriebsmittel (Unterwasserleuchten, Gegenstromanlagen etc.)		<input checked="" type="checkbox"/> mit korrekter Schutzmassnahme und Schutzart mind. IP X8		
	Leitfähige, gleichzeitig berührbare Teile (Rohrleitungen, Bassinkonstruktionen, Betonbewehrungen etc.)			Anschluss an Schutz-Potenzialausgleich	
In Fussböden eingebettete elektrische Heizungen			mit Metallgitter <input checked="" type="checkbox"/> bedeckt oder mit Metallumhüllung		an Schutz-Potenzialausgleich angeschlossen und $\text{RCD } I_{\Delta n} \leq 30\text{mA}$

Tabelle 7.02.4.2 Schutzmassnahmen, Betriebsmittel und Installationen im Bereich 1

Bereich 1			Schwimm-	Kleine	Spring-
Schutzmassnahmen			bäder	Schwimm-	brunnen
	Kleinspannung, ≤ 12 oder 50VAC bzw. 30 oder 120VDC Stromquelle (Trafo) außerhalb Bereiche 0 + 1, falls im Bereich 2 mit $\text{RCD } I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$, Abdeckungen und Isolationen erforderlich (mind. IP 2X)	SELV	<input checked="" type="checkbox"/> OK $\leq 12 \text{ VAC}/30 \text{ VDC}$	<input checked="" type="checkbox"/> OK $\leq 50 \text{ VAC}/120 \text{ VDC}$	
	Schutztrennung, Spannung 230V, Stromquelle (Trafo) außerhalb Bereiche 0 + 1, falls im Bereich 2 mit $\text{RCD } I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ geschützt	0/0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> OK Für nur 1 Betriebsmittel	
	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$, Spannung 230V (Schutz durch automatische Abschaltung)	RCD	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> OK	<input checked="" type="checkbox"/> OK

Betriebsmittel und Installationen	Steckdosen und elektrische Schalter	Schutzart mind. IP X4 Besondere Bestimmungen beachten gemäss Tabelle 4.3	<input checked="" type="checkbox"/>	1,25m ab Bereich 0, 0,3 m ab Boden	<input checked="" type="checkbox"/>
	Schalt- und Steuergeräte		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> 	<input checked="" type="checkbox"/>
	Leuchten 230V		<input checked="" type="checkbox"/>	1,25m ab Bereich 0 Schutzklasse II <input checked="" type="checkbox"/>	
	Elektrische Leitungen AP oder UP bis zu einer Tiefe von 6cm; vorzugsweise Kunststoffrohre, Metallrohre mit Schutz-Potenzialausgleich verbinden			Nur als Zuleitung für Betriebsmittel in diesem Bereich	Leitungen nur mit geeignetem mechanischem Schutz
	Abzweig- und Verbindungsdososen			für SELV-Stromkreise	
	Festangeschlossene, besonders für Schwimmbäder hergestellte Betriebsmittel (Unterwasserleuchten, Gegenstromanlagen etc.)			<input checked="" type="checkbox"/> mit korrekter Schutzmassnahme und Schutzart mind. IP X8	
	Leitfähige, gleichzeitig berührbare Teile (Rohrleitungen, Bassinkonstruktionen, Betonbewehrungen etc.)			Anschluss an Schutz-Potenzialausgleich	
	In Fussböden eingebettete elektrische Heizungen		<input checked="" type="checkbox"/> mit Metallgitter <input checked="" type="checkbox"/> bedeckt oder mit Metallumhüllung	} an Schutz-Potenzialausgleich angeschlossen und $\text{RCD } I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$	

Tabelle 7.02.4.3 Besondere Bestimmungen im Bereich 1

Bereich 1, besondere Bestimmungen			Schacht, Einhäusung	Besondere Betriebsmittel (z.B. Filterpumpen, Ge- genstromanlagen etc.)
Schutzmaßnahmen	OK	OK	OK	OK
Schutztrennung, Spannung 230V, Stromquelle (Trafo) ausserhalb Bereiche 0 + 1, falls im Bereich 2 mit $I_{\Delta n} \leq 30\text{mA}$ geschützt	OJO	Für nur 1 Betriebsmittel	Für nur 1 Betriebsmittel	
Fehlerstrom-Schutzeinrichtung $I_{\Delta n} \leq 30\text{mA}$, Spannung 230V (Schutz durch automatische Abschaltung)	RCD	OK	OK	
Betriebsmittel und Installationen			darf nur mit Schlüssel oder Werkzeug geöffnet werden können	
			IP X5	IP X5
			keine Anforderung	
			keine Anforderung	Schutzklasse II und mittlere mechanische Festigkeit (AG2)
			keine Anforderung	
			vorzugsweise Kunststoffrohre; bei Schutz durch RCD sind Metallrohre zulässig, wenn mit dem zusätzlichen Schutzzpotentialausgleich verbunden	

Tabelle 7.02.4.4 Schutzmassnahmen, Betriebsmittel und Installationen im Bereich 2

Bereich 2		Schwimmbäder	
Schutzmassnahmen	Kleinspannung, ≤ 12 oder 50VAC bzw. 30 oder 120VDC Stromquelle (Trafo) außerhalb Bereiche 0 + 1, falls im Bereich 2 mit RCD $I_{\Delta n} \leq 30\text{mA}$, Abdeckungen und Isolationen erforderlich (mind. IP 2X)	SEIV	<input checked="" type="checkbox"/> $\leq 12\text{VAC}/30\text{VDC}$
	Schutztrennung, Spannung 230V, Stromquelle (Trafo) außerhalb Bereiche 0 + 1, falls im Bereich 2 mit RCD $I_{\Delta n} \leq 30\text{mA}$ geschützt	OIO	<input checked="" type="checkbox"/> Für nur 1 Betriebsmittel
	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung $I_{\Delta n} \leq 30\text{mA}$, Spannung 230V (Schutz durch automatische Abschaltung)	RCD	<input checked="" type="checkbox"/>

Betriebsmittel und Installationen	Steckdosen und elektrische Schalter	Schutzart: - Innenräume mind. IP X2 - Außenbereiche mind. IP X4 - Strahlwasser-Ringung mind. IP X5	<input checked="" type="checkbox"/>
	Schalt- und Steuergeräte		<input checked="" type="checkbox"/>
	Leuchten 230V		<input checked="" type="checkbox"/>
	Elektrische Leitungen AP oder UP bis zu einer Tiefe von 6 cm; vorzugsweise Kunststoffrohre, Metallrohre mit Schutz- Potenzial- ausgleich verbinden		<input checked="" type="checkbox"/>
	Abzweig- und Verbindungsdosenten		<input checked="" type="checkbox"/>
	Festangeschlossene, besonders für Schwimmbäder hergestellte Betriebsmittel (Unterwasserleuchten, Gegenstromanlagen etc.)		<input checked="" type="checkbox"/>
	Leitfähige, gleichzeitig berührbare Teile (Rohrleitungen, Bassinkonstruktionen, Betonbewehrungen etc.)		Anschluss an Schutz-Potenzial- ausgleich
	In Fussböden eingebettete elektrische Heizungen		mit Metallgit- ter bedeckt <input checked="" type="checkbox"/> oder mit Metall- umhüllung } an Schutz-Po- tentzial aus gleich angeschlossen und RCD $I_{\Delta n} \leq 30\text{mA}$

7.03 Räume mit elektrischen Sauna-Heizgeräten

Kapitel 7.03

7.03.1 Anwendungsbereich, Zweck und allgemeine Grundsätze

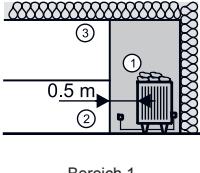
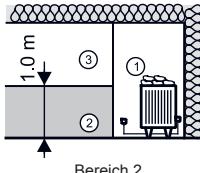
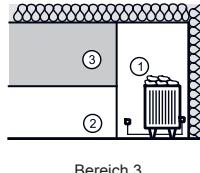
7.03.1 Anwendungsbereich, Zweck und allgemeine Grundsätze

Die speziellen Anforderungen dieses Kapitels gelten für alle vor Ort errichteten oder vorgefertigten Räume und Kabinen mit Sauna-Heizgeräten.

Für zur Sauna gehörende Einrichtungen wie Kaltwasserbecken oder Duschen müssen auch die Anforderungen von 7.01 berücksichtigt werden.

7.01 Räume mit Badewanne und Dusche

7.03 Räume mit elektrischen Sauna-Heizgeräten

			
Begrenzung der Bereiche	seitlich: 0,5 m um den Saunaofen oben: kalte Seite der Wärmeisolation der Decke unten: Fußboden	ausserhalb von Bereich 1 oben: waagrechte Fläche 1 m über dem Fußboden unten: Fußboden	ausserhalb von Bereich 1 oben: kalte Seite der Wärmeisolation der Decke unten: waagrechte Fläche 1 m über dem Fußboden
zusätzlicher Schutz	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) $I_{\Delta H} \leq 30 \text{ mA}$ für alle Stromkreise, ausgenommen sind Stromkreise für Sauna-Heizgeräte.		
IP-Schutzart	mindestens IP 24, bei Vorkommen von Strahlwasser mindestens IP X5		
Betriebsmittel	nur Betriebsmittel, die zur Sauna-Heizung gehören	keine speziellen Anforderungen hinsichtlich Wärmefestigkeit	müssen einer Temperatur von 125 °C unbeschadet standhalten. Die Angaben des Herstellers sind zu beachten.
Leitungen	Leitungsanlagen sollen vorzugsweise ausserhalb der Bereiche errichtet werden, z. B. auf der kalten Seite der Wärmedämmung nur Leitungen die zur Sauna-Heizung gehören Temperaturbeständigkeit bis 170 °C keine berührbaren Metallmäntel oder metallene Installationsrohre.		
Steuerung der Sauna	zulässig, wenn sie nach den Angaben des Herstellers montiert sind		
andere Schalt- und Steuergeräte	müssen ausserhalb der Bereiche angeordnet sein		
Steckdosen	müssen ausserhalb der Bereiche angeordnet sein.		

7.04 Baustellen

Kapitel 7.04

7.04.1.1 Anwendungsbereich

7.04.1.1 Anwendungsbereich

- .1+2 Die speziellen Anforderungen dieses Kapitels gelten für die elektrischen Anlagen bei Bau- und Abbrucharbeiten aller Art:

Die Anforderungen gelten für:

- Fest errichtete Schaltgerätekombinationen, welche die Hauptschaltgeräte und die Hauptschutzeinrichtungen enthalten
- Anlagen auf der Lastseite der oben aufgeführten Schaltgerätekombination.

Diese Anforderungen gelten nicht für Verwaltungsräume von Baustellen (z.B. Büros, Umkleideräume, Sitzungsräume, Kantinen, Restaurants, Schlafräume, Toiletten).

Steckdosenstromkreise und Stromkreise, die in der Hand gehaltene elektrische Betriebsmittel versorgen, müssen bis zu einem Bemessungsstrom von $\leq 32\text{ A}$ wie folgt geschützt sein:

- Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) mit $I_{\Delta n} \leq 30\text{ mA}$ oder
- SELV, PELV oder Schutztrennung für ein Betriebsmittel

Alle SK auf Baustellen müssen den Anforderungen der  EN 61439-4 «Baustromverteiler (BV)» entsprechen.

7.04.5.2.2 Auswahl und Errichtung nach den Umgebungseinflüssen

- .81 Die Beanspruchung der Leitungen auf Baustellen in Bezug auf thermische Einwirkung, Nässe, mechanische Beanspruchung usw. ist gross. Kreuzen sie zudem Baustrassen oder Gehwege, ist ein besonderer Schutz gegen die schädigende Einwirkung durch Baumaschinen und Fahrzeuge vorzusehen.

Es müssen geeignete flexible Leitungen verwendet werden wie z.B.

- H07 BQ-F (EPS-PUR)
- CH07 QQ-F (PUR-PUR)

oder einer gleichwertigen Bauart bezüglich der erwähnten Beanspruchung.

7.04.5.3.7 Einrichtungen zum Trennen und Schalten

- . 2 Die Einspeisung zu einem Baustromverteiler muss getrennt oder geschaltet werden können. Die dazu verwendeten Betriebsmittel müssen in der AUS-Stellung gesichert werden können (z.B. durch Abschliessen). Bei Steckdosenverteilern mit $I_N \leq 63$ A darf auf diese Einrichtung verzichtet werden.

Alle Stromkreise einer Baustelle müssen von Baustromverteilern gespeist werden.

7.05 Elektrische Anlagen von landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Betriebsstätten

Kapitel 7.05

- 7.05.1 Anwendungsbereich, Zweck und allgemeine Grundsätze
- 7.05.5.2 Leitungen
- 7.05.5.6 Stromversorgung für Sicherheitszwecke

7.05.1 Anwendungsbereich, Zweck und allgemeine Grundsätze

- .1 Die Anforderungen dieses Kapitels gelten für fest installierte elektrische Anlagen in Innenräumen und im Freien von landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Betriebsstätten (wie Ställe, Scheunen, Vorrats-, Lager- und Produktionsräume, Nebenräume).

Dieses Kapitel gilt nicht für Räume und Orte für den Haushaltsbereich und für ähnliche Zwecke.

In landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Betriebsstätten bestehen infolge besonderer Umgebungsbedingungen, z.B. Einwirken von Feuchtigkeit, Staub, stark chemisch angreifenden Dämpfen, Säuren oder Salzen auf die elektrischen Betriebsmittel, besondere Anforderungen an die Auswahl und die Errichtung elektrischer Betriebsmittel.

Zusätzlich kann durch allenfalls vorhandene leicht entzündliche Stoffe eine erhöhte Brandgefahr bestehen.

7.05.4.1.1. Automatische Abschaltung

- .1 Sämtliche Steckdosen sind zusätzlich mit einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) mit einem Bemessungsdifferenzstrom $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ zu schützen.

Für den Brandschutz müssen alle anderen Stromkreise mit einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) mit einem Bemessungsdifferenzstrom $I_{\Delta n} \leq 300 \text{ mA}$ geschützt werden.

7.05.4.1.5 Zusätzlicher Schutz

- .23 An Orten, die für Nutztiere vorgesehen sind (z.B. Stand- und Liegeplätze oder Melkbereiche) muss ein zusätzlicher Schutz-Potenzialausgleich alle Körper und fremden leitfähigen Teile, die von den Nutztieren berührt werden können, sowie Bewehrungsnetze im oder auf dem Fussboden miteinander verbinden.

7.05 Landwirtschaftliche Betriebsstätten

7.05.5.1.4 *Die Anschlussstellen des zusätzlichen Schutzpotenzialausgleiches sind in einem Übersichtsplan festzuhalten.*

7.05.5.4.4 *Der zusätzliche Schutzpotenzialausgleich muss gegen mechanische Beschädigung und Korrosion geschützt sein. Er muss so ausgewählt werden, dass eine elektrolytische Wirkung verhindert wird.*

Folgende Materialien dürfen verwendet werden:

- feuerverzinkter Bandstahl $\geq 30 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ oder
- feuerverzinkter Rundsahl $\varnothing \geq 8 \text{ mm}$ oder
- Kupferleiter $\geq 4 \text{ mm}^2$

7.05.4.2.2 Schutz gegen Feuer

.16 Elektrowärmegeräte, die zur Aufzucht und Haltung von Nutztieren verwendet werden, müssen der jeweiligen Produktenorm entsprechen. Die Apparate und Geräte müssen sicher befestigt und in einem geeigneten Abstand montiert sein, sodass:

- jede Verbrennungsgefahr für Nutztiere und
- jede Brandgefahr durch Entzünden von brennbarem Material vermieden ist.

Heizstrahler müssen, sofern vom Hersteller des Gerätes nicht anders angegeben, in einem Abstand von mindestens 0,5 m zu den Nutztieren und zu brennbarem Material angebracht werden.

7.05.5.3 Elektrische Heizgeräte müssen über eine optische Betriebsanzeige verfügen.

.18 An Orten, an denen ein Brandrisiko besteht, müssen Leiter für Stromkreise mit Kleinspannung der Bauart CH-N1 RTR-F oder CH07 QQ-F (PUR-PUR) oder ähnlich entsprechen.

7.05.4.3.3 Überlastschutz

Überstrom-Schutzeinrichtungen müssen immer am Anfang der Leitungsanlagen angeordnet werden. Diese Anforderung gilt auch für Wohn- und andere Gebäude, die zu den Betriebsstätten gehören.

7.05.5.1.2 Betriebsbedingungen und äussere Einflüsse

- .2 Elektrische Betriebsmittel müssen mindestens der Schutzart IP 44 entsprechen oder in einem Gehäuse dieser Schutzart eingebaut sein. Je nach äusseren Einflüssen (z.B. bei Vorkommen von korrosiven Stoffen) können auch höhere Schutzarten erforderlich sein.
Steckdosen sind so anzuordnen, dass eine Berührung mit brennbaren Materialien nicht zu erwarten ist.

7.05.5.1.3 Zugänglichkeit

- .1 Zugänglichkeit für Nutztiere

Elektrische Betriebsmittel dürfen grundsätzlich für Nutztiere nicht zugänglich sein. Betriebsmittel, die notwendigerweise zugänglich sind, müssen so konstruiert sein, dass die Nutztiere sie nicht beschädigen und diese gleichzeitig nicht verletzt werden können.

7.05.5.2 Leitungen

7.05.2.2 Auswahl und Errichtung nach den Umgebungseinflüssen

In Ställen sind Leitungen so zu verlegen, dass sie von den Nutztieren nicht erreicht werden können oder ein geeigneter Schutz gegen mechanische Beschädigung gegeben ist.

Freileitungen müssen isoliert sein.

In Bereichen, wo Fahrzeuge und Landmaschinen betrieben werden, müssen Leitungen in einer Tiefe von $\geq 0,6$ m oder mechanisch geschützt verlegt werden.

Selbsttragende Leitungen müssen in einer Höhe von ≥ 6 m errichtet werden.

7.05.5.3.6 Trennen und Schalten

Trenn- und Schaltgeräte sowie Betätigungsseinrichtungen von Not-Halt- oder Not-Aus-Schalteinrichtungen dürfen nicht in der Reichweite von Nutztieren angebracht werden. Die Zugänglichkeit der genannten Einrichtungen darf nicht durch die Tiere behindert werden.

7.05.5.5.1.8 Elektrozaune

Elektrozaungeräte, die während des Betriebes mit dem Netz leitend verbunden sind, müssen ortsfest montiert sein.

7.05.5.9 Leuchten und Beleuchtungsanlagen

Leuchten sind nach ihrer Schutzart und ihrer Oberflächentemperatur, den jeweiligen Umgebungsbedingungen und den Anbringungsorten auszuwählen. In feuergefährdeten Bereichen mit einer Gefährdung durch brennbare Staubablagerungen dürfen nur Leuchten mit der Kennzeichnung verwendet werden. Leuchten müssen mindestens der Schutzart IP 54 entsprechen und dürfen nur an Stellen angebracht werden, an denen ein ausreichend großer Sicherheitsabstand zu brennbaren Materialien sichergestellt ist. Der Ein- oder Ausschaltzustand der Leuchten muss vom Schalterstandort aus erkennbar sein oder durch ein optisches Signal angezeigt werden.

7.05.5.6 Stromversorgung für Sicherheitszwecke

Bei Intensivtierhaltung muss für Einrichtungen zur Lebenserhaltung der Nutztiere (z.B. Versorgung mit Futter, Wasser, Luft oder Beleuchtung) eine Sicherheitsstromversorgung vorgesehen werden.

7.08 Elektrische Anlagen auf Camping- und Caravanplätzen

Kapitel 7.08

7.08.1 Anwendungsbereich, Zweck und allgemeine Grundsätze

7.08.1 Anwendungsbereich, Zweck und allgemeine Grundsätze

- .1 Die besonderen Anforderungen dieses Kapitels gelten für die Einrichtungen für die Stromversorgung von bewohnbaren Freizeitfahrzeugen oder Zelten.

Sie sind nicht für die innere elektrische Anlage von Freizeitfahrzeugen anzuwenden.

7.08.4.1.1 Schutzmassnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung

- .4 Es darf nur das System TN-S angewendet werden.

7.08.5.1.2.1 Äussere Einflüsse

Betriebsmittel im Freien müssen für mindestens folgende äussere Einflüsse geeignet sein:

- Auftreten von Wasser: AD4 (Spritzwasser) IPX4
- Auftreten von festen Fremdkörpern: AE2
(kl. Fremdkörper) IP3X
- mechanische Beanspruchung: AG3 (grosse Stöße)

7.08.5.2.1 Allgemeines und Arten von Leitungen

- .1 Unterirdisch verlegte Leitungen müssen entweder
 - mindestens in einer Tiefe von 0,6 m verlegt werden oder
 - zusätzlich mit einem mechanischen Schutz versehen sein und ausserhalb der eigentlichen Stellplätze, wo mit dem Einschlagen von Zeltpföcken oder Heringen gerechnet werden muss, angeordnet sein.

7.08.5.3.0 Allgemeines

- .40 Die Stromversorgungseinrichtung muss neben dem Stellplatz angeordnet sein und darf nicht mehr als 20 m von diesem entfernt sein. In einem Verteiler sollen nicht mehr als vier Steckdosen angeordnet sein.

7.08 Elektrische Anlagen auf Camping- und Caravanplätzen

7.08.5.5.1 Andere Betriebsmittel

- .1 Steckdosen müssen vom Boden in einer Höhe zwischen 0,5 m und 1,5 m angeordnet sein und folgende Bedingungen erfüllen:

- Bemessungsstrom = 16 A
- Steckdosentyp nach EN 60309-2 (z.B. CEE Typ 63 16 A LLPE)
- Schutzart mindestens IP 44

Pro Stellplatz ist mindestens eine Steckdose vorzusehen.

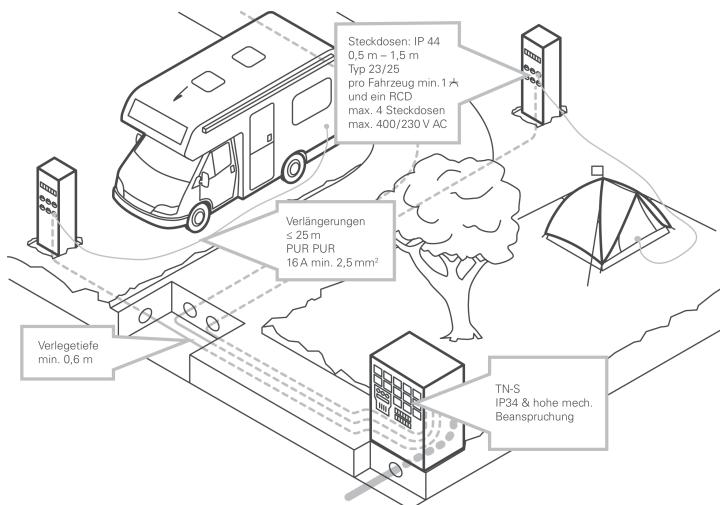
Jede Steckdose muss mit einer eigenen Überstrom-Schutzeinrichtung und einzeln mit einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) mit $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$ geschützt sein.

.2 Besondere Anforderungen an Verlängerungsleitungen

Die Verlängerungsleitungen zwischen Steckdose und Stellplatz soll den folgenden Bedingungen entsprechen:

- Stecker und Kupplung gemäss EN 60309-2 (z.B. CEE Typ 63, 16 A LLPE)
- Flexible Leitung vom Typ H07 BQ-F (EPS-PUR) oder CH07 QQ-F (PUR-PUR) oder gleichwertig beständig
- maximale Länge 25 m
- mindestens. 2,5 mm² für Bemessungsströme 16 A

Bild 7.08.5.5.1.2.1 Installationen auf einem Campingplatz



7.10 Elektrische Anlagen in medizinisch genutzten Räumen

Kapitel 7.10

- 7.10.0 Einleitung
- 7.10.1 Anwendungsbereich
- 7.10.2 Begriffe
- 7.10.3 Bestimmungen allgemeiner Merkmale
- 7.10.4.1 Schutz gegen elektrischen Schlag
- 7.10.5.6 Einrichtung für Sicherheitszwecke

7.10.0 Einleitung

Bei der Anwendung von medizinischen elektrischen Geräten (ME-Geräten) in medizinisch genutzten Räumen muss die Sicherheit der Patienten gewährleistet sein. Für jede Tätigkeit oder Funktion in einem solchen Bereich sind die besonderen Anforderungen für die Sicherheit zu berücksichtigen. Diese kann erreicht werden, indem eine sichere Anlage zum Einsatz kommt und angeschlossenen ME- Gerät sicher betrieben und gewartet werden.

7.10.1 Anwendungsbereich

- .1 Die besonderen Anforderungen gelten für elektrische Anlagen in medizinisch genutzten Bereichen. Sie sollen die Sicherheit für die Patienten und das medizinische Personal gewährleisten. Diese Anforderungen beziehen sich hauptsächlich auf Spitäler, Privatkliniken, Arzt- und Zahnarztpraxen, medizinische Versorgungszentren und zweckbestimmte medizinisch genutzte Räume in Arbeitsstätten.

Die Anforderungen dieser Norm sind nicht anzuwenden für ME-Geräte.

Wo anwendbar, können die Bestimmungen auch in veterinarmedizinischen Bereichen angewendet werden.

Die Bestimmungen der NIN COMPACT beschreiben die Anforderungen für «einfache» Anwendungen der Raumgruppen 0 und 1, wie Massageräume, Physiotherapieräume, Behandlungs- und Untersuchungszimmer in Arztpraxen und dgl. (siehe 7.10.4.1)

7.10.2 Begriffe

Gruppen der medizinisch genutzten Bereiche:

Gruppe 0

medizinisch genutzter Bereich, in dem eine Unterbrechung (Fehler) in der Stromversorgung keine direkte Lebensgefahr verursachen kann.

Gruppe 1

medizinisch genutzter Bereich, in dem die Unterbrechung der Stromversorgung keine Bedrohung für die Sicherheit des Patienten darstellt und in dem ME-Geräte wie folgt eingesetzt werden:

- äusserlich;
- invasiv zu jedem beliebigen Teil des Körpers, ausgenommen in Gruppe 2

Gruppe 2

medizinisch genutzter Bereich, in dem Anwendungsteile wie folgt eingesetzt werden:

- intrakardiale Verfahren oder
- lebenswichtige Behandlungen und chirurgische Operationen, wo eine Unterbrechung (Fehler) in der Stromversorgung zu Lebensgefahr führen kann

7.10.3 Bestimmungen allgemeiner Merkmale

Die Einteilung der medizinisch genutzten Bereiche in die Gruppen muss mit dem medizinischen Personal und dem/ den Verantwortlichen für die Arbeitssicherheit vereinbart werden. Bei der Festlegung der Gruppeneinteilung muss das medizinische Personal aufzeigen, welche medizinischen Verfahren innerhalb des jeweiligen Bereichs durchgeführt werden.

Basierend auf dem vorgesehenen Einsatz ist die geeignete Einteilung der Bereiche zu ermitteln.

7.10 Elektrische Anlagen in medizinisch genutzten Räumen

Tabelle 7.10.3.1 Medizinisch genutzte Bereiche, einfache Anwendungen der Gruppen 0 und 1

Raumart	Gruppe	
	0	1
1 Massageraum	x	x
2 Bettenraum		x
6 Untersuchungs- oder Behandlungsraum		x
9 Hydrotherapieraum		x
10 Physiotherapieraum		x

Erklärungen:

- 9 Hydrotherapieraum
Raum, in dem Patienten mit wassertherapeutischen Methoden behandelt werden. Beispiele solcher Methoden sind therapeutische Behandlungen mit Wasser, Sole, Schlamm, Schleim, Lehm, Dampf, Sand, Wasser mit Gasen, Sole mit Gasen, Inhalationstherapie, Elektrotherapie im Wasser (mit oder ohne Zusätze), Massage-Wärmetherapie und Wärmetherapie im Wasser (mit oder ohne Zusätze).
Allgemeine Schwimmbecken und bestimmungsgemässe Badezimmer werden nicht als Wasserbehandlungsräume angesehen.
- 10 Physiotherapieraum
Raum, in dem die Patienten mit physiotherapeutischen Methoden medizinisch behandelt werden.

7.10.4.1 Schutz gegen elektrischen Schlag

- .1 Es sind nur Installationen nach System TN-S zulässig.
- .2 In den Endstromkreisen sind die Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ des Typs A oder B, abhängig von dem möglichen entstehenden Fehlerstrom, anzuwenden.

7.10.5.6 Einrichtung für Sicherheitszwecke

In medizinisch genutzten Bereichen ist eine Stromversorgung für Sicherheitszwecke erforderlich, die bei Störung der allgemeinen Stromversorgung die notwendigen Einrichtungen für einen bestimmten Zeitabschnitt und innerhalb einer definierten Umschaltzeit mit elektrischer Energie versorgen muss.

Die verantwortliche Leitung eines medizinisch genutzten Bereichs (einschliesslich des medizinischen Personals)

7.10 Elektrische Anlagen in medizinisch genutzten Räumen

sollte in die Entscheidung, wo eine Stromversorgung für Sicherheitszwecke benötigt wird, miteinbezogen werden.

Für Räume in medizinisch genutzten Bereichen der Gruppe 1 ausserhalb von Kliniken oder vergleichbaren Einrichtungen ist es nicht notwendig, eine Stromversorgung für Sicherheitszwecke einzurichten, wenn der Ausfall der Versorgung die Beendigung der medizinischen Behandlung und die Evakuierung des medizinischen Bereiches nicht gefährdet.

Die Bestimmungen für die Anwendung der Stromversorgung für Sicherheitszwecke sind in NIN 2015 enthalten.

7.12 Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme

Kapitel 7.12

- 7.12.1 Anwendungsbereich
- 7.12.2 Begriffsbestimmungen
- 7.12.3 Bestimmung allgemeiner Merkmale
- 7.12.3.1.2 Systeme nach Art der Erdverbindung
- 7.12.4 Schutzmassnahmen
- 7.12.4.1 Schutz gegen elektrischen Schlag
- 7.12.4.1.0 Einleitung
- 7.12.4.1.1 Schutzmassnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung
- 7.12.4.1.2 Vorkehrungen für den Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren)
- 7.12.4.3 Überstromschutz
- 7.12.4.4.3 Schutz gegen atmosphärische Überspannungen
Typische Anordnung
- 7.12.5 Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel
- 7.12.5.1 Allgemeine Bestimmungen
- 7.12.5.2 Leitungen
- 7.12.5.3 Errichtungen zum Trennen, Schalten, Steuern und Überwachen
- 7.12.5.4 Erdung und Schutzleiter
- 7.12.6 Prüfungen

7.12.1 Anwendungsbereich

Die besonderen Bestimmungen sind für elektrische Anlagen von Solar-Photovoltaik-Stromversorgungssysteme im Netzparallelbetrieb anzuwenden. Sie gelten für Solar-Photovoltaik-Stromversorgungssysteme mit DC-Spannungen ≤ 1000 V für die Anordnung an Gebäuden.

7.12.2 Begriffsbestimmungen

PV-Zelle (Solarzelle)

Elementares PV-Element, das Elektrizität erzeugt, wenn es mit Licht wie zum Beispiel Sonneneinstrahlung in Berührung kommt.

PV-Modul (Solarmodul)

Kleinste komplette, gegen Umwelteinflüsse geschützte Einheit untereinander verbundener PV-Zellen.

PV-Strang

Stromkreis, in dem PV-Module zu einem PV-Array in Reihe geschaltet sind, um die festgelegte Ausgangsspannung zu erreichen.

PV-Array (PV-Stromerzeugungsbaueinheit)

Mechanisch und elektrisch zusammengefasste Kombination von PV-Modulen und anderen notwendigen Komponenten, die zusammen eine Gleichstromversorgungseinheit zu bilden.

PV-Generatoranschlusskasten / PV-Array-**Anschlusskasten**

Gehäuse, in dem alle PV-Stränge eines PV-Arrays oder die Arrays elektrisch untereinander verbunden sind und in dem, falls erforderlich, Schutzeinrichtungen angeordnet sind.

PV-Generator

Gesamtheit aller PV-Arrays, die im Betrieb DC-seitig elektrisch miteinander verbunden sind.

PV-Strangkabel/-leitung

Leitung zur Verbindung der PV-Module zu einem PV-Strang.

PV-Gleichstromhauptkabel/-leitung

Leitung zur Verbindung des PV-Generatoranschlusskastens mit den gleichstromseitigen Klemmen des PV-Wechselrichters.

PV-Wechselrichter

Einrichtung, die Gleichspannung und Gleichstrom in Wechselspannung und Wechselstrom umformt.

PV-Versorgungskabel/-leitung

Leitung zur Verbindung der AC-seitigen Klemmen des PV-Wechselrichters mit einem Verteilungsstromkreis der elektrischen Anlage.

PV-Anlage

Alle installierten Betriebsmittel eines PV-Stromversorgungssystems.

Standardprüfbedingungen (STC)

Prüfbedingungen, die in  EN 60904-3 für PV-Zellen und PV-Module festgelegt sind. (1000 W/m² Einstrahlung bei 25° C Zellentemperatur und einem Sonnenspektrum von AM = 1,5)

Spannung des unbelasteten Stromkreises unter**Standardprüfbedingungen U_{OC STC}**

Spannung unter Standardprüfbedingungen an einem unbelasteten (offenen) PV-Modul, PV-Strang, eines PV-Arrays, einem PV-Generator oder auf der Gleichspannungsseite des PV-Wechselrichters

7.12 Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme

Kurzschlussstrom unter Standardprüfbedingungen I_{SC STC}

Kurzschlussstrom eines PV-Moduls ($I_{M\ SC\ STC}$), PV-Strangs ($I_{S\ SC\ STC}$), eines PV-Arrays ($I_{A\ SC\ STC}$) oder eines PV-Generators ($I_{G\ SC\ STC}$) unter Standardprüfbedingungen.

Gleichspannungsseite (DC-Seite)

Teil einer PV-Anlage von einer PV-Zelle bis zu den Gleichspannungsanschlüssen des PV-Wechselrichters

Wechselspannungsseite (AC-Seite)

Teil der PV-Anlage von den Wechselspannungsanschlüssen des PV-Wechselrichters bis zum Anschluss des PV-Versorgungskabels oder der PV-Versorgungsleitung zur elektrischen Anlage.

Einfache Trennung

Trennung zwischen Stromkreisen oder zwischen einem Stromkreis und Erde durch Basisisolierung.

7.12.3 Bestimmung allgemeiner Merkmale

7.12.3.1.2.2 Systeme nach Art der Erdverbindung

- .1 Die Erdung eines der aktiven Leiter auf der DC-Seite ist erlaubt, falls mindestens eine einfache Trennung zwischen der Wechselspannungs- und der Gleichspannungsseite besteht. Jede Verbindung mit Erde auf der DC-Seite muss so ausgeführt werden, dass Korrosion vermieden wird.

7.12.4 Schutzmassnahmen

7.12.4.1 Schutz gegen elektrischen Schlag

7.12.4.1.0 Einleitung

Einleitung

Alle Betriebsmittel auf der DC-Seite müssen als unter Spannung stehend betrachtet werden, auch wenn das System von der AC-Seite getrennt ist.

7.12.4.1.1 Schutzmassnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung

- .1 Allgemeines

Das PV-Wechselspannungskabel / die -Leitung muss mit einer separaten Überstrom-Schutzeinrichtung an das Verteilnetz angeschlossen werden.

7.12 Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme

.4 System TN

AC-seitig darf nur das System TN-S angewendet werden.

7.12.4.1.1.3 Anforderungen an den Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren)

.2 Automatische Abschaltung im Fehlerfall

Besteht zwischen der AC- und der DC-Seite keine galvanische Trennung (einfache Trennung), z.B. durch die Anordnung von trafilosen Wechselrichtern, muss ein RCD mit $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ Typ B vorgeschaltet werden. Mit diesem RCD wird die automatische Abschaltung der Stromversorgung für den Fehlerschutz realisiert.

Wenn der PV-Wechselrichter konstruktiv so ausgeführt ist, dass Gleichfehlerströme in der elektrischen Anlage nicht auftreten können, ist eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) vom Typ B nicht gefordert.

Auf die Anordnung einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung RCD des Typ B kann verzichtet werden, falls der Hersteller des Wechselrichters nachweist, dass eine allstromsensitive Fehlerstrom-Überwachungseinheit (RCMU) nach DIN VDE 0126-1-1 eingebaut ist, welche die Gleichspannungsseite eines Solar-Photovoltaik (PV) Stromversorgungssystems wirksam überwacht.

7.12.4.1.2 Schutzmassnahme:

Doppelte oder verstärkte Isolierung (Sonderisolierung)

.1 Schutz durch Verwendung von Schutzklasse II oder gleichwertiger Isolierung sollte auf der DC-Seite bevorzugt angewendet werden.

7.12.4.1.A Vorkehrungen für den Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren)

.1 Basisisolierung aktiver Teile

Bei maximaler Leerlaufspannung des Solargenerators $\leq 120 \text{ V}$ ($U_{oc \max}$) sind mindestens die Anforderungen für PELV zu erfüllen.

.2 In allen anderen Fällen muss eine der folgenden Schutzmassnahmen im DC-System zur Anwendung kommen:

- Unterbringung in einer «abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätte», z.B. durch Einzäunen des Solarfeldes (mit entsprechender Kennzeichnung) oder
- Anordnung, die den freien Zugang für Laien (BA1) verhindert (z.B. nicht frei zugängliche Dächer) oder
- Verwendung von Solarmodulen und Betriebsmitteln im Handbereich der Schutzklasse II.

7.12.4.3 Überstromschutz

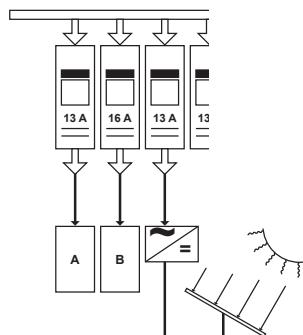
7.12.4.3.3 Überlastschutz

- .1 Der Überlastschutz darf für PV-Strang- und PV-Arraykabel/-leitungen entfallen, wenn die Dauerstrombelastbarkeit der Leitung gleich oder grösser ist als der 1,25-fache Wert von $I_{SC\ STC}$ an jeder Stelle.
- .2 Der Überlastschutz darf für PV-Gleichstromhauptkabel/-leitungen entfallen, wenn die Dauerstrombelastbarkeit der Leitung gleich oder grösser ist als der 1,25-fache Wert von $I_{SC\ STC}$ des PV-Generators.
- .3 Für den Schutz der Module müssen die Angaben der Hersteller beachtet werden.
Zusätzlich muss der Überlastschutz auf die Rückstromtragfähigkeit der Module und Leitungen ausgelegt werden.

7.12.4.3.4 Kurzschlusschutz

- .1 Das PV-Versorgungskabel/die PV-Versorgungsleitung auf der AC-Seite muss durch eine separate Überstrom-Schutzeinrichtung geschützt sein, die an der Anschlussstelle der AC-Seite eingebaut ist.
Der Kurzschlusschutz der PV-Versorgungsleitung ist durch eine Überstrom-Schutzeinrichtung zu gewährleisten. Die Kurzschluss-Schutzeinrichtung ist an der Anschlussstelle der AC-Seite (netzseitig) der Installation einzubauen. (Im Sinne des Kurzschlusschutzes wird die PV-Anlage als Verbraucher betrachtet.)

Bild 7.12.4.3.4.1.1 Anordnung der Überstrom-Schutzeinrichtung



Legende

A + B = Verbrauchsmittel

7.12.4.4.3 Schutz gegen atmosphärische Überspannungen

E4.4 Blitzschutzsysteme

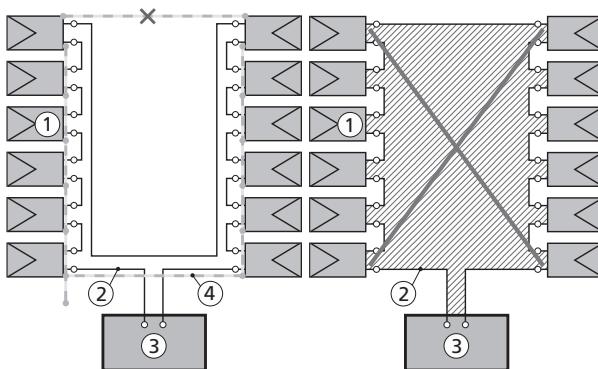
Eine PV-Anlage alleine löst keine Blitzschutzwichtpflicht aus.

Ist jedoch ein Blitzschutz vorhanden, so muss dieser normgerecht ausgeführt sein und die PV-Anlage in das Schutzkonzept einbezogen werden.

Eigentümer, Betreiber und Versicherer können Schutzmaßnahmen gegen Blitz und Überspannung verlangen.

- .1 Sämtliche Strang-, Array- und DC-Hauptleitungen derselben PV-Stränge sind gemeinsam und örtlich zusammengefasst zu verlegen. Lange Leitungen, in der Regel > 10 m, sind entweder in elektrisch durchverbundene metallische Rohre oder Kanäle zu verlegen oder es sind Kabel mit konzentrischem Schutzleiter zu verlegen. (Die geeignete Leitungsart ist ein Kabel mit einem konzentrisch angeordneten Schutzleiter.)
Kann keine geeignete Leitungsart gewählt werden, sind entsprechende Überspannungs-Schutzeinrichtungen anzuzuordnen.
- .2 Um grosse Schleifenflächen zu vermeiden, sind bei Modulverbindungsleitungen nur direkte Serie-Verbindungen von nebeneinanderliegenden Modulen oder Modulreihen zulässig.

Bild 7.12.4.4.3.2.1 Leiterschleifen vermeiden



Legende

- | | |
|---|--------------------------------|
| 1 | PV-Modul |
| 2 | DC-Verbindungsleitung |
| 3 | Array- oder String-Klemmkasten |
| 4 | PA-Verbindungsleitung |

7.12 Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme

- .3 Um einen optimalen Schutz der Anlage zu erreichen und die Brandgefahr zu minimieren, wird empfohlen, an den Enden der DC- und der AC-Leitungen zum Schutz der Leitungen und des Wechselrichters Überspannungsschutzeinrichtungen (SPDs) anzubringen.

Auf der DC-Seite sind die Überspannungsschutzeinrichtungen (SPDs) möglichst nahe bei der Kabel einföhrung in das Gebäudeinnere anzubringen. Die SPD müssen jedoch für die Kontrolle der Funktionsbereitschaft zugänglich sein.

- .5 Auf den generatorseitigen Potenzialausgleich kann nur verzichtet werden, falls der Generator die Schutzklasse II erfüllt und gleichzeitig der Wechselrichter vom AC-Netz galvanisch getrennt ist. Befindet sich der PV-Generator auf einem metallischen Ständer, so kann gemäß 4.1.1.3.1 ein Anschluss an den PA notwendig sein.

Typische Anordnung einer PV-Anlage

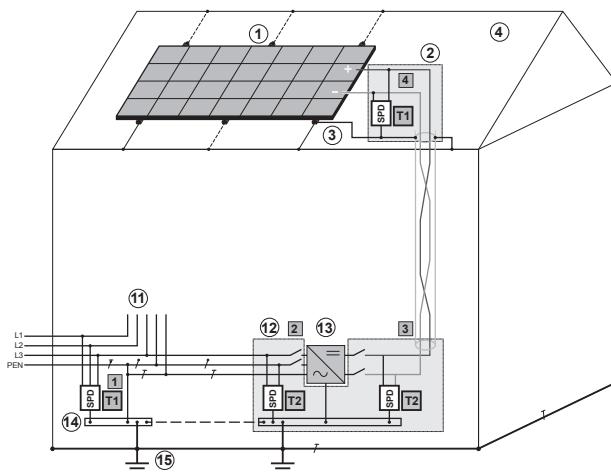
Mit äusserem LPS; mit Überspannungsschutz gegen direkte und indirekte Blitzeinwirkungen; mit metallischer Struktur und Verbindung zum PA und im äusseren LPS integriert. Verbindungen zum LPS je nach Maschenweite der Fangeinrichtungen.

Stockwerkübergreifende DC- und AC-Leitungen:
Blitzstromtragfähiger Schirm (konzentrischer Leiter) oder metallenes Rohr oder metallener Kanal. Als minimaler Ersatz muss zu den einzelnen Kabeln parallel ein blitzstromtragfähiger PA-Leiter verlegt werden.

Gilt sinngemäss auch für Steuer-, Signal-, Kommunikationsleitungen. Verdrillte Leiter ergeben eine Verbesserung des EMV-Verhaltens.

Im Beispiel wird ein Teil des Blitzstromes über den «Schirm» der stockwerkübergreifende Leitung fließen. Für diese Leitung sind in Abhängigkeit der Gebäudeart die Trennungsabstände zu anderen elektrischen Anlagen zu beachten.

Kann der Nachweis erbracht werden, dass der mögliche Teilblitzstrom in einem aktiven Leiter kleiner ist als der zerstörungsfreie Ableitstrom eines SPD Typ 2, ist es zulässig, anstelle des SPD Typ 1 einen SPD Typ 2 einzusetzen. Der Nachweis ist zu dokumentieren (siehe auch 4.4.3 und 5.3.4.).

Bild 7.12.4.4.3.5.1 Typische Anordnung**Legende**

- 1 Solarpanels, Solargenerator
- 2 Generator-Anschlusskasten, Array-Anschlusskasten
- 3 PA zum Solargenerator
- 4 Fangeinrichtungen LPS
- (11) Verbraucher; übrige NS-Installationen im Gebäude
- (12) Anschlusskasten
- (13) Wechselrichter
- (14) Haupterdungsschiene
- (15) Fundamenterde / ev. Ring- oder Tiefenerder
- T1 SPD Typ 1
- T2 SPD Typ 2
- T1+T2 SPD Typ 1+2 - alternativ können Kombiableiter bei zulässigen Leitungslängen eingesetzt werden.

Anordnung SPD

- 1 AC erforderlich *
- 2 AC erforderlich *
- 3 DC erforderlich *
- 4 DC erforderlich *

* Idealerweise bei Zonenübergang gut zugänglich angeordnet.

Weitere Beispiele siehe NIN 7.12.4.4.3 (B+E)

.8 Anschlussleitungen für Überspannungs-Schutzeinrichtungen

Die Wirksamkeit einer Überspannungs-Schutzeinrichtung (SPD) sinkt mit der Länge ihrer Anschlussleitungen, das heisst, je kürzer die Anschlussleitungen, desto höher die Schutzwirkung. Für die gesamte Anschlusslänge gilt: $a + c \leq 0,5 \text{ m}$.

Ebenso sollen Leiterschleifen vermieden werden.

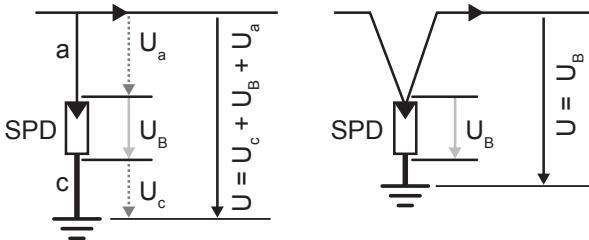
Die effektive Stoßspannung an den zu schützenden

7.12 Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme

Betriebsmitteln kann durch die Anwendung der sogenannten V-Verdrahtung reduziert werden.

Die Anschlüsse zu den SPDs müssen so kurz und niederinduktiv wie möglich gehalten werden. Die PE-Anschlüsse der SPD können sowohl an den an Ableitungen der Blitzschutzanlage als auch an den mit dem PE-Leiter verbunden Metallgehäusen von z.B. Wechselrichtern angeschlossen werden.

Bild 7.12.4.4.3.8.1 Anschlussleitungen



«Geschützte» und «ungeschützte» Leitungen beliebiger Stromkreise müssen örtlich getrennt verlegt und dürfen in keinem Fall im selben Trassee parallel verlegt werden.

7.12.5 Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel

7.12.5.1 Allgemeine Bestimmungen

7.12.5.1.1 Allgemeines

- .1 Wenn $U_{OC\ MAX}$ 120 V DC übersteigt, wird empfohlen, vorzugsweise PV-Module der Schutzklasse II oder mit gleichwertiger Isolierung zu verwenden.
- .3 Die zulässige DC-Spannung für PV-Anlagen an Gebäuden als Indach- oder Aufdachanlagen beträgt ≤ 1000 V DC

7.12.5.1.2 Betriebsbedingungen und äußere Einflüsse

- .1 Elektrische Betriebsmittel auf der DC-Seite müssen für Gleichspannungen und -ströme geeignet sein.
- .2 PV-Module dürfen bis zur maximalen Betriebsspannung der PV-Module und des PV-Wechselrichters, je nachdem, welche geringer ist, in Reihe verbunden werden. Dabei sind die Angaben des Herstellers zu beachten.
- .3 In Fällen, in denen Sperrdioden verwendet werden, muss deren Sperrspannung für $2 \times U_{OC\ STC}$ bemessen sein.

7.12 Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme

Die Sperrdioden müssen in Reihe mit den PV-Strängen geschaltet sein.

- .4 Wenn vom Hersteller vorgegeben, müssen PV-Module so angeordnet werden, dass eine entsprechende Wärmeabführung in Fällen maximaler Sonneneinstrahlung gegeben ist.

7.12.5.1.3 Zugänglichkeit

- .1 Allgemeines

Die Auswahl von Betriebsmitteln muss eine sichere Wartung erleichtern und darf die vom Hersteller gestellten Anforderungen nicht ungünstig beeinflussen. Wartungs- und Servicearbeiten müssen sicher ausgeführt werden können.

Die Zugänglichkeit und die Bedienbarkeit von Wechselrichtern sind in der Regel gewährleistet, wenn die folgenden Bedingungen eingehalten sind:

Damit die Schutz- und Bedieneinrichtungen der PV-Anlage gefahrlos bedient werden können, müssen Bedienungs- und Überwachungseinrichtungen (Displays, Touchscreen und dgl.) zwischen 0,40 und 2,00 m ab Boden oder Bedienpodest oder ähnlichen standsicheren Hilfsmitteln angeordnet werden.

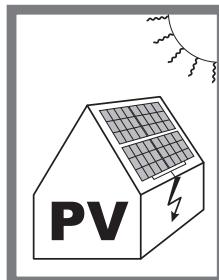
Werden Wechselrichter, Schutz- und Bedieneinrichtungen und dgl. aufgrund der örtlichen Situation unter Treppen, Rampen oder dgl. angeordnet, gilt für die freie Höhe ein Mindestmaß von 1,60 m.

7.12.5.1.4 Kennzeichnungen

- .1 Es ist ein Anlagekonzept zu erstellen, das Auskunft über das System und das Schutzkonzept gibt.
- .2 Werden in der Anlage Spannungen > 50 V AC oder > 120 V DC verwendet, sind die Betriebsmittel mit entsprechenden Hinweisen (Blitzpfeile) zu versehen. Die Anschlusspunkte von Verteilkästen, Sicherungskästen und Wechselrichter sind mit Leistungsschildern zu versehen, welche mindestens folgende Angaben enthalten:
 - Betriebs- und maximale Spannung des PV-Generators
 - Wechselrichter (WR) mit/ohne galvanischer Trennung

Bild 7.12.5.1.4.2.1 Aufschrift EEA (C)**Solar-DC-ANLAGE!**Maximale Leerlaufspannung **427** V_{DC}Wechselrichter mit ohne galvanischer Trennung

Die Feuerwehr soll auf möglichst einfache Art eine vorhandene PV-Anlage erkennen und sich auf die Gegebenheiten einstellen können. Beim Anschluss-Überstromunterbrecher und bei den Verteilungen zwischen dem Anschluss-Überstromunterbrecher und den Wechselrichtern ist ein Gefahrenhinweis anzubringen:

Bild 7.12.5.1.4.2.2 Aufschrift Einspeisung (A)

Für das Kennzeichnen von DC-Leitungen, DC-Klemmkästen und dgl. (DC Betriebsmittel, die auch bei abgeschalteter Anlage unter Spannung stehen.)

Bild 7.12.5.1.4.2.3 Aufschrift Solar-DC (B)**Solar - DC****7.12.5.2 Leitungen**

- .1 Auswahl und Anordnung nach den Umgebungseinflüssen: PV-Strang-, PV-Array, und PV-DC-Hauptkabel/-leitungen müssen so ausgewählt und angeordnet werden, dass das Risiko eines Erdschlusses oder Kurzschlusses auf ein Minimum reduziert ist.

7.12 Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme

Weder Gleichstromhauptleitungen noch PV-Strangleitungen noch PV-Array dürfen in explosionsgefährdeten Zonen oder Bereichen verlegt werden.

- .2 Aussere Einflüsse wie Wind (AS), Eisbildung (AB), Temperaturen (AA) und Sonneneinstrahlung (AN), Fauna (AL) und Flora (AK) müssen berücksichtigt werden.

.3 PV- Gleichstromhauptleitung

Die PV-Gleichstromhauptleitung ist ortsfest zu verlegen und es sind Isolationsmaterialien zu verwenden, die erhöhte Anforderungen an die Isolation (halogenfreie Isolationsmaterialien) erfüllen. PVC-Isolationen sind dazu nicht geeignet. Falls der mögliche Kurzschlussstrom den Betriebsstrom nicht oder nur unwesentlich übersteigt, sind für den Schutz bei Kurzschlägen keine weiteren Massnahmen zu treffen.

Führen solche Leitungen über brennbare Gebäudeteile, sind diese in nichtbrennbare BKZ 6q, BKZ 6 Rohren oder Kanälen zu verlegen oder es sind Kabel mit einer metallischen Umhüllung oder einem konzentrischen Leiter zu verwenden (keine PVC-Isolation).

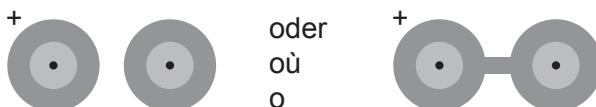
.4 PV-Strangkabel

Innerhalb eines Gebäudes entsprechen die Anforderungen an das Verlegen von Leitungen jenen der PV-Gleichstromhauptleitung. Im Dachbereich, ausserhalb des Gebäudeeintrittes, gelten die Anforderungen an das Isolationsmaterial.

Folgende Leitungsarten sind für DC geeignet:

A: Einzel-oder Mehr-Leiter-Kabel - jeder Leiter einzeln isoliert und ummantelt

Bild 7.12.5.2.4.1 Einzel- oder Mehrleiterkabel

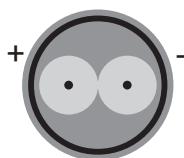


B: In geeigneten Rohren oder Kanälen aus Isolierstoff (das Rohr oder der Kanal bildet die zweite Isolation)

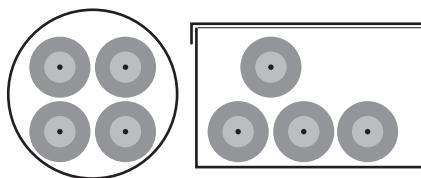
7.12 Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme

Bild 7.12.5.2.4.2 Leitung in Rohren oder Kanälen aus Isolierstoff

C: Konzentrischer Schutzleiter (normalerweise verwendet für die DC-Hauptleitungen)

Bild 7.12.5.2.4.3 Mit konzentrischem Schutzleiter

D: Mehrere Leiter in metallischen Rohren oder Kanälen

Bild 7.12.5.2.4.4 Leitung in leitenden Rohren oder Kanälen

- .5 Trennung von AC- und DC-Stromkreisen
DC- und AC-Leitungen sind in getrennten Rohren oder Kanälen zu verlegen.
Die AC- und DC-Leitungen müssen eindeutig unterschieden werden können, z.B. durch unterschiedliche Farben der Kabelmäntel.
- .6 Stockwerkübergreifende Leitungen
Diese Leitungen werden vorzugsweise in metallenem Rohr oder in einem metallischen Kanal verlegt. Alternativ können Kabel verwendet werden, die einen konzentrisch angeordneten PE-Leiter (z.B. GKN) aufweisen.

7.12 Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme

Das metallische Rohr, der Kanal bzw. der konzentrische Leiter müssen teilblitzstromtragfähig sein.
Durch diese Verlegeart der stockwerkübergreifenden Leitungen ergeben sich unter anderem folgende Vorteile:

- Geringste Blitzstromeinkopplung
- Beste Wirksamkeit des Überspannungsschutzes
- Weniger Massnahmen für den Überspannungsschutz nötig
- Zugleich Berührungssicherheit selbst bei Brand und nicht-abschaltbarer DC-Generatorleitung

7.12.5.2.6 Elektrische Verbindungen

Um Überhitzungen durch hohe Übergangswiderstände (DC!) zu vermeiden, dürfen nur Verbindungen und Klemmen eingesetzt werden, die für solche Zwecke geeignet sind (z.B. für DC-Anwendungen geeignete Federzugklemmen und/oder für DC-Anwendungen geeignete Steckverbindungen).

7.12.5.3 Errichtungen zum Trennen, Schalten, Steuern und Überwachen

7.12.5.3.7 Einrichtungen zum Trennen und Schalten

- .1 Zum Durchführen von Wartungsarbeiten am PV-Wechselrichter müssen auf der DC-Seite und der AC-Seite Einrichtungen zum Trennen vorgesehen werden. (4.6.3 und 5.3.7.3)

In Anlagen mit einem maximalen Betriebsstrom von ≤ 10 A und einer maximalen Leistung von $\leq 2,0$ kW kann der Trennschalter auf der DC-Seite durch eine für diesen Zweck geeignete Steckverbindung ersetzt werden. Solche Steckverbindungen müssen für die DC-Anwendung geeignet sein und die spannungsführenden Teile (Kontakte) müssen gegen zufällige Berührung geschützt sein.

Pro Steckverbindung dürfen 10 A oder 2,0 kW und pro Wechselrichter 6,0 kW nicht überschritten werden. Die Steckverbindungen müssen leicht zugänglich angeordnet werden.

(Weitere Anforderungen bezüglich der Trennung der PV-Anlage, die parallel zur öffentlichen Stromversorgung betrieben wird, sind in NN 5.5.1.7 enthalten.)

2. Alle Anschlusskästen (PV-Generatoranschlusskästen und PV-Array-Anschlusskästen) müssen mit einem Warnhinweis (gemäß Bild 7.12.5.1.4.4) versehen werden,

 7.12 Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme

dass aktive Teile in den Anschlusskästen auch nach dem Trennen vom PV-Wechselrichter unter Spannung stehen können.

3. Die Bemessungsspannung auf der DC-Seite muss in einer Aufschrift (gemäss Bild 7.12.5.1.4.2) enthalten sein.
4. Führen offene Klemmen oder Sammelschienen eine Spannung von $U_N \geq 120$ V DC, müssen Warnschilder auf die Gefahr der spannungsführenden Teile hinweisen.

7.12.5.4 Erdung und Schutzleiter

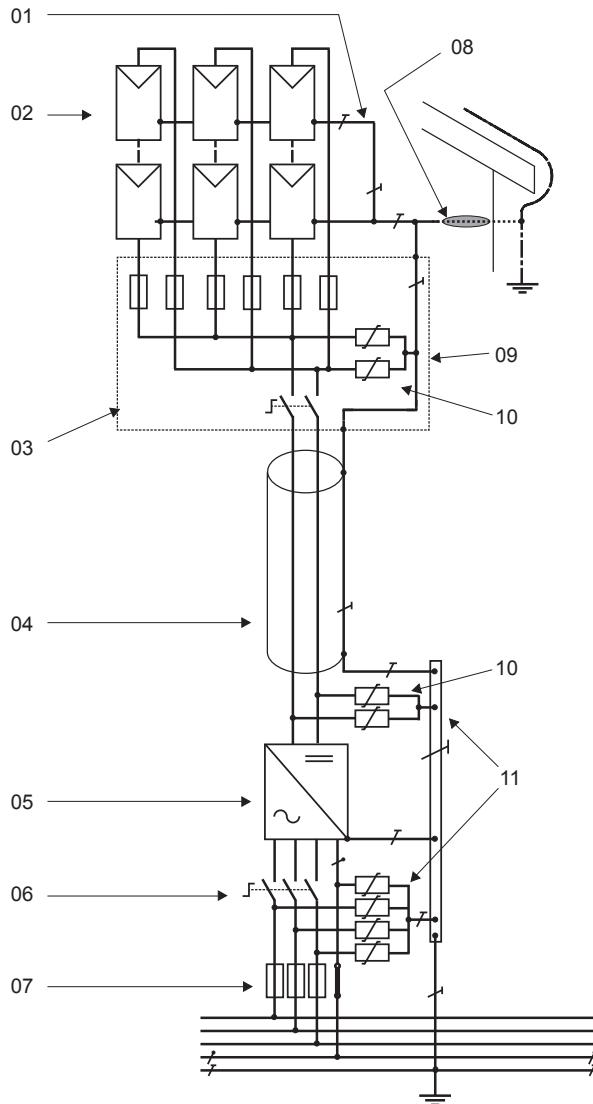
- .1 Wenn Schutz-Potenzialausgleichsleiter verlegt werden, müssen sie parallel und so nahe wie möglich an den DC- und AC-Leitungen angeordnet werden.
- .2 Schutz-Potenzialausgleich und Blitzschutz
 1. Der Querschnitt der Schutz-Potenzialausgleichsleitung beträgt 10 mm².
 2. Ist der Solargenerator im Schutzbereich der äusseren Blitzschutzanlage angeordnet (Schutzwinkel/ Blitzkugel), kann auf die Verbindung zur äusseren Blitzschutzanlage verzichtet werden.
 3. Für das Erstellen von Blitzschutzanlagen gilt die  SEV 4022.
 4. Bei Gebäuden, die eine äussere Blitzschutzanlage aufweisen, sind die metallischen, betriebsmäßig nicht stromführenden Teile der Anlage (z.B. Gestelle, Rahmen) in die äussere Blitzschutzanlage einzubeziehen. Falls das Gebäude keine äussere Blitzschutzanlage aufweist, sind die metallischen, betriebsmäßig nicht stromführenden Teile der Anlage (z.B. Gestelle, Rahmen) in den Schutz-Potenzialausgleich (4.1.3.1.2) einzubeziehen. Erfüllt die Anlage (die gesamte DC-Seite) die Anforderungen der Schutzklasse II und ist der Wechselrichter mit einer einfachen Trennung (galvanische Trennung) z.B. mit Transformator ausgerüstet, kann auf den Schutz-Potenzialausgleich verzichtet werden.
 5. «Natürliche» Leiter gelten als elektrisch leitend verbunden, wenn durch Falzen oder Einsticken die Kontaktfläche 100 cm² erreicht wird. Die Überlappung von Profilen oder Rohren muss mindestens 5 cm betragen.
 6. Der Schutz-Potenzialausgleichsleiter muss einen minimalen Querschnitt von 10 mm² aufweisen (5.4.7). Muss mit einem Teilblitzstrom in der Hauptleitung

7.12 Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme

- gerechnet werden, wird idealerweise die PV-Gleichstromhauptleitung mit einem konzentrischen Schutzleiter (blitzstromtragfähige Abschirmung, z.B. XKT oder GKT) verlegt.
7. In feuergefährdeten Räumen oder Zonen ist zwischen Blitzschutzanlagen und den Installationen oder damit verbundenen elektrisch leitenden Gebäudeteilen an Näherungsstellen ein minimaler Abstand (Näherung) gemäss 4.2.2.3.13 einzuhalten.
- .3 Isolations-Überwachung gegen Erde
In PV-Anlagen, die Module enthalten, welche nicht der Schutzklasse II entsprechen, und kein aktiver Leiter mit Erde verbunden ist, wird eine Isolations-Überwachung gegen Erde empfohlen.

7.12 Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme

Bild 7.12.5.4.3.1 Typische Anordnung einer PV-Anlage mit Schutz-Potenzialausgleich und Blitzschutz

**Legende**

- 01 Montagestruktur mit Schutz-Potenzialausgleich
- 02 Solarmodule
- 03 PV-Array-Klemmenkasten mit Überstrom-Schutzeinrichtungen, Trennschalter DC-seitig und Überspannungs-Schutzeinrichtung (SPD)

7.12 Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme

- 04 DC-Kabel mit Schutz-Potenzialausgleichsleiter
- 05 Wechselrichter
- 06 Trennschalter AC-seitig
- 07 AC-Überstrom-Schutzeinrichtung
- 08 Anschluss an äusseren Blitzschutz ausser PV-Anlage
befindet sich im Schutzbereich der Blitzschutzanlage
(Schutzwinkel)
- 09 Überspannungs-Schutzeinrichtung (SPD) falls zutreffend
- 10 Die Verbindungsleitungen zu die Überspannungs-
Schutzeinrichtungen (SPDs) sind kurz und möglichst nie-
derimpedant auszuführen!
- 11 Überspannungsschutz, falls zutreffend

7.12.6 Prüfungen

Folgende Isolationswerte sind erforderlich:

Tabelle 7.12.6.1 Isolationswerte

Systemspannung ($U_{OCST} \times 1,25$) V	Prüfspannung V	minimaler Isolations- widerstand M-Ohm
< 120	250	0,5
120 bis 500	500	1
> 500	1000	1

7.14 Beleuchtungsanlagen im Freien

Kapitel 7.14

7.14.1.1 Anwendungsbereich

7.14.2.1.1 Speisepunkt einer Beleuchtungsanlage im Freien

7.14.4.1.1.3 Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren)

7.14.4.1.A Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren)

7.14.5.1 Allgemeine Bestimmungen

7.14.5.1.2 Betriebsbedingungen und äussere Einflüsse

7.14.5.1.4 Kennzeichnung

7.14.5.2.5 Spannungsfall

7.14.1.1 Anwendungsbereich

- .1 Die folgenden Anforderungen gelten für feste Beleuchtungsanlagen im Freien. Sie beinhalten Leuchten, Kabel/Leitungssysteme und Zubehör ausserhalb von Gebäuden, insbesondere
- Beleuchtungsanlagen für Strassen, Parks, Gärten, Plätze mit öffentlichem Zugang, Sportplätze, Denkmäler, Flutlichtanlagen usw., aber auch Einrichtungen mit integrierter Beleuchtung wie Telefonzellen, Autobuswartehäuschen, Hinweistafeln, Stadtpläne und Verkehrszeichen.

Die Anforderungen gelten nicht für

- öffentliche Beleuchtungsanlagen als Teil des öffentlichen Verteilungsnetzes, vorübergehende Girlandenbeleuchtung, Strassenverkehrssignale und an einem Gebäude angebrachte Aussenleuchten, die vom inneren dieses Gebäudes versorgt werden.

Für Beleuchtungsanlagen von Schwimmbädern und Springbrunnen gilt: 7.02

7.14.2.1.1 Speisepunkt einer Beleuchtungsanlage im Freien

Der Punkt des Stromkreises, von dem die Beleuchtungsanlage im Freien versorgt wird, gilt als Speisepunkt.

7.14.4.1.A Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren)

- .1 In Bereichen, zu denen Laien Zugang haben, dürfen Gehäuse für elektrische Betriebsmittel nur mit Schlüssel oder Werkzeug geöffnet werden können.

Sind Türen für den Zugang zu elektrischen Betriebsmitteln weniger als 2,5 m über der Grundfläche angebracht, dürfen sie nur mit Schlüssel oder Werkzeug zu öffnen sein.

7.14 Beleuchtungsanlagen im Freien

Sind Leuchten weniger als 2,8 m über der Grundfläche montiert, darf der Zugang zum Leuchtmittel erst nach Entfernen einer Abdeckung oder Umhüllung mittels Werkzeug möglich sein.

7.14.4.1 Fehlerschutz (*Schutz bei indirektem Berühren*)

Metallteile (z.B. Zäune, Gitter usw.) müssen nicht mit dem Schutzleiter oder dem Schutz-Potenzialausgleichsleiter verbunden werden, sofern sie nicht Körper eines elektrischen Betriebsmittels oder Teil der Beleuchtungsanlage im Freien sind.

Einrichtungen mit integrierter Beleuchtung wie Telefonzellen, Autobuswartehäuschen, Hinweistafeln, Stadtpläne, Verkehrszeichen usw. müssen durch eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) mit $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ geschützt werden.

Wird nur eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) eingesetzt, kann ein einziger Fehler die ganze Anlage abschalten. Dies kann Gefahren für die Benutzer verursachen.

7.14.5.1 Allgemeine Bestimmungen

7.14.5.1.2 Betriebsbedingungen und äussere Einflüsse

- .2 Die Umgebungstemperatur und andere Umgebungsbedingungen sind von den lokalen Verhältnissen abhängig. Im Allgemeinen gelten folgende Grundsätze:

5.1.2.2 Äussere Einflüsse

- Umgebungstemperatur von -40 °C bis +40 °C: AA2 und AA4
- relative Feuchte von 5 % bis 100 %: AB2 und AB4
- Sprühwasser: AD3, entspricht IP X3
- kleine, feste Fremdkörper: AE2, entspricht IP 3X

Mindestanforderung an elektrische Betriebsmittel: IP 33

Zusätzliche Einflüsse wie mechanische Beanspruchungen sind zu berücksichtigen.

Für Leuchten ist die Schutzart IP 23 ausreichend, falls die Verschmutzung vernachlässigbar und die Leuchte höher als 2,5 m über der Standfläche angebracht ist.



EN 60598 Leuchten

7.15 Kleinspannungsbeleuchtungsanlagen

Kapitel 7.15

- 7.15.1 Anwendungsbereich, Zweck und allgemeine Grundsätze
- 7.15.4.2 Schutz gegen thermische Einflüsse
- 7.15.4.3 Überstromschutz
- 7.15.5.2 Leitungen
- 7.15.5.5 Andere Betriebsmittel

7.15.1 Anwendungsbereich, Zweck und allgemeine Grundsätze

- .1 Kleinspannungsbeleuchtungsanlagen werden von einer Stromquelle mit ≤ 50 V AC oder ≤ 120 V DC versorgt.

Ein Kleinspannungsbeleuchtungssystem ist ein Beleuchtungssystem für Glüh-, Halogenglühlampen, LED bestehend aus Transformator/Konverter, Trägerleiter und Leuchten sowie alle erforderlichen Befestigungselemente und elektrischen/mechanischen Verbinder.

7.15.4.1.4 Schutz durch Kleinspannung SELV

- .1 Nur SELV ist zulässig. Wenn blanke Leiter verwendet werden, darf die Bemessungsspannung ≤ 25 V AC oder ≤ 60 V DC betragen.

4.1.4.1.1 Schutz durch Kleinspannung SELV oder PELV

- .3 Die Parallelschaltung von Sicherheitstransformatoren auf der Sekundärseite ist nur erlaubt, wenn sie auch auf der Primärseite parallel geschaltet sind und die Transformatoren dieselben elektrischen Eigenschaften besitzen. Der Primärstromkreis muss mit einer gemeinsamen Trennvorrichtung verbunden sein. Die Parallelschaltung von Konvertern ist nicht zulässig.

 EN 61558-2-6 Sicherheit von Transformatoren

 7.15.4.6.5 Trennen und Schalten

 EN 61347-2-2 Elektronische Konverter

7.15.4.2 Schutz gegen thermische Einflüsse

- .2 Bei der Anordnung und Montage müssen die Herstellerangaben eingehalten werden. Leuchten, die zur direkten Montage auf normal entflammmbaren Oberflächen geeignet sind, benötigen gemäss  EN 60598-1:2008 keine Bezeichnung.

5.5.9 Leuchten und Beleuchtungsanlagen

Transformatoren müssen entweder auf der Primärseite durch Schutzeinrichtungen geschützt sein, oder es müssen bedingt oder unbedingt kurzschlussfeste Transformatoren verwendet werden.

 EN 61347-2-2 Elektronische Konverter

 EN 60598-2-23 Kleinspannungsbeleuchtungssysteme

Es wird empfohlen, Konverter mit der Kennzeichnung  zu verwenden.

Brandgefahr durch Kurzschluss:

Wenn beide Leiter blank sind, muss entweder

- eine besondere Schutzeinrichtung vorgesehen werden oder
- ein montagefertiges Kleinspannungsbeleuchtungssystem entsprechend  EN 60598-2-23 verwendet werden.

Als besondere, fehlersichere Schutzeinrichtung gegen Brandgefahr gilt:

- dauernde Überwachung des Leistungsbedarfs der Leuchten;
- automatische Abschaltung der Stromversorgung innerhalb von 0,3 s im Fall eines Kurzschlusses oder eines Fehlers, der eine Leistungsanhebung von mehr als 60 W verursacht.

7.15.4.3 Überstromschutz

- .1 Der SELV-Stromkreis muss bei Überstrom geschützt sein, entweder durch eine gemeinsame Schutzeinrichtung oder durch eine Schutzeinrichtung für jeden SELV-Stromkreis. Bei der Auswahl der Schutzeinrichtung für den Primärstromkreis sollte der Anlaufstrom des Transformatoren berücksichtigt werden. Überstrom-Schutzeinrichtungen, die sich selbst zurücksetzen, sind nur für Transformatoren ≤ 50 VA zulässig.

7.15.5.2 Leitungen

- .1 Es müssen isolierte Leiter im Elektroinstallationsrohr oder im Elektroinstallationskanal, Kabel, flexible Leitungen, Kleinspannungsbeleuchtungssysteme nach: EN 60598-2-23 oder Stromschiensysteme nach: EN 60570 verwendet werden.

Leiter dürfen nicht für fremde Zwecke verwendet werden (z.B. zum Aufhängen von Bezeichnungstafeln, Kleiderbügeln, Preistafeln usw.).

Metallene Konstruktionsteile von Gebäuden, z.B. Rohrsysteme oder Teile von Möbeln, dürfen als aktive Leiter nicht verwendet werden.

- .4 Mindestquerschnitte von Leitern

5.2.4 Mindestquerschnitt von Leitern

- $1,5 \text{ mm}^2$ Cu
- 1 mm^2 Cu für flexible Leitungen bis zu einer maximalen Länge von 3 m
- 4 mm^2 Cu aus Gründen der mechanischen Festigkeit für flexible oder isolierte freihängende Leiter

Beachte die Strombelastbarkeit der Leiter!

5.2.3 Strombelastbarkeit

- .5 Spannungsfall in Kleinspannungsbeleuchtungsanlagen

Der Spannungsfall zwischen dem Transformator und der in der grössten Entfernung installierten Leuchte darf höchstens 5 % erreichen.

7.15 Kleinspannungsbeleuchtungsanlagen

.9 Blanke Leiter dürfen verwendet werden, sofern die folgenden Anforderungen erfüllt sind:

- Bemessungsspannung $\leq 25 \text{ V AC}$ oder 60 V DC
- Leiterquerschnitt $\geq 4 \text{ mm}^2$
- Leiter nicht direkt auf brennbarem Material verlegt

Für freihängende blanke Leiter müssen für den Teil des Stromkreises zwischen dem Transformator und der Schutzeinrichtung mindestens ein Leiter und seine Anschlussstellen isoliert sein, um Kurzschlüsse zu vermeiden.

.10 Hängende Systeme: Anschlüsse und Verbindungen der Leiter müssen als Schraubklemmen oder schraubenlose Verbindungen ausgeführt sein.

Sie müssen an Wänden oder Decken durch isolierende Vorrichtungen befestigt werden und im gesamten Verlauf zugänglich sein.

7.15.5.5 Andere Betriebsmittel

Schutzeinrichtungen müssen leicht zugänglich sein. Sind sie oberhalb von Zwischendecken angebracht, ist ein Hinweis (Schaltplan, Zweck) über ihr Vorhandensein anzubringen.

Stromquellen für SELV müssen so angeordnet sein, dass:

- die elektrischen Anschlüsse keiner mechanischen Belastung ausgesetzt sind,
- eine Überhitzung der Betriebsmittel aufgrund ihrer Isolierung ausgeschlossen ist,
- sie angemessen mechanisch abgestützt werden.

7.22 Stromversorgung von Elektrofahrzeugen

Kapitel 7.22

- 7.22.1 Anwendungsbereich
- 7.22.2 Begriffsbestimmungen
- 7.22.3 Bestimmung allgemeiner Merkmale

7.22.1 Anwendungsbereich

Die besonderen Anforderungen dieses Kapitels gelten für:

- Stromkreise, die für leitungsgebundenes Laden von Elektrofahrzeugen vorgesehen sind,
- Schutzmassnahmen bei der Rückspeisung vom Elektrofahrzeug zum Netz.

7.22.2 Begriffsbestimmungen

1 Elektrofahrzeug

Fahrzeug, das von einem Elektromotor angetrieben wird und seinen Strom von einer wiederaufladbaren Speicherbatterie oder einem anderen tragbaren Energiespeicher bezieht.

2 Ladeeinrichtung (für das Elektrofahrzeug)

Die Einrichtung beinhaltet alle Komponenten inkl. Zubehör (Steckvorrichtung, Anschlussstecker, Leiter etc.), die speziell für die Energielieferung von der Hausinstallation zum Elektrofahrzeug installiert wurden und die Kommunikation zwischen diesen gestatten, falls erforderlich.

3 Anschlusspunkt

Die Stelle, an der das Elektrofahrzeug mit der ortsfesten Installation verbunden wird.

4 Ladebetriebsarten/Mode

Die verschiedenen Ladebetriebsarten werden im Folgenden als Mode bezeichnet. Die Ladebetriebsarten (Mode) 3 und 4 von Elektrofahrzeugen erfordern zugehörige Versorgungs- und Ladebetriebsmittel, die Steuerungs- und Kommunikationsschaltungen enthalten. Bei den Ladebetriebsarten (Mode) 1 und 2 werden die Elektrofahrzeuge an übliche Steckdosen angeschlossen.

Mode 1

Anschluss des Elektrofahrzeugs unter Verwendung genormter Einphasen- oder Dreiphasen-Steckdosen auf der Netzseite.

Ladestrom: $\leq 16\text{ A}$

Spannung: 1-phasig $\leq 250\text{ V}$ / 3-phasic $\leq 480\text{ V}$

Mode 2

Anschluss des Elektrofahrzeugs unter Verwendung genormter Einphasen- oder Dreiphasen-Steckdosen auf der Netzseite. Steuergerät (in-cable-control-box) mit Führungsfunktion (Pilotfunktion) und Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) zwischen dem Elektrofahrzeug und dem Stecker.

Ladestrom: $\leq 32\text{ A}$

Spannung: 1-phasisig $\leq 250\text{ V}$ / 3-phasisig $\leq 480\text{ V}$

Mode 3

Anschluss des Elektrofahrzeugs unter Verwendung einer hierfür vorgesehenen Ladeeinrichtung, bei dem eine Steuerungs-Führungsfunktion (Pilotfunktion) bis zur Ladeeinrichtung mitgeführt wird. Die Ladeeinrichtung muss fest mit dem Wechselstromnetz verbunden sein.

Mode 4

Anschluss des Elektrofahrzeugs unter Nutzung eines externen Ladegeräts, bei dem eine Steuerungs-Führungsfunktion (Pilotfunktion) bis zur Ladeeinrichtung mitgeführt wird. Die Ladeeinrichtung muss fest mit dem Wechselstromnetz verbunden sein.

7.22.3 Bestimmung allgemeiner Merkmale

Leistungsbedarf und Gleichzeitigkeitsfaktor

Es wird davon ausgegangen, dass im Normalbetrieb jeder Anschlusspunkt mit seinem vorgesehenen Betriebsstrom betrieben wird. Deshalb muss der Gleichzeitigkeitsfaktor mit 1 angenommen werden und jeder Anschlusspunkt mit einem eigenen Stromkreis versorgt werden.

Schutzmassnahmen

Im System TN muss der Endstromkreis bis zum Anschlusspunkt im System TN-S ausgeführt sein.

Die Schutztrennung darf nur für die Versorgung von einem einzelnen Elektrofahrzeug angewendet werden.

Um das Elektrofahrzeug vor einem möglichen Schaden durch Überspannungen zu schützen, sollte eine Überspannung-Schutzeinrichtung den versorgenden Stromkreis schützen.

7.22 Stromversorgung von Elektrofahrzeugen

7.22.5.1.2 Betriebsbedingungen und äussere Einflüsse

- Falls der Anschlusspunkt im Freien installiert ist, müssen die Betriebsmittel mindestens der Schutzart IP44 entsprechen.
- Falls die Betriebsmittel in öffentlich zugänglichen Bereichen oder auf Parkplätzen errichtet werden, muss der Schutz gegen mittlere mechanische Beanspruchung (AG2) gewährleistet sein. Durch die Position oder den Standort der Betriebsmittel kann mechanische Beanspruchung vermieden werden.

7.22.5.3.1 Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen

Jeder Anschlusspunkt muss durch eine separate Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) mit $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ geschützt sein. Bei mehrphasiger Speisung des Elektrofahrzeugs und wenn die Charakteristik der Last nicht bekannt ist, müssen Massnahmen gegen Gleichfehlerströme getroffen werden, z.B. durch Verwendung einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) vom Typ B.

7.22.5.3.3 Einrichtungen zum Schutz bei Überströmen

Für jeden Stromkreis, der einen Anschlusspunkt versorgt, muss eine eigene Überstrom-Schutzeinrichtung vorgesehenen werden.

7.22.5.5.101 Steckdosen oder Fahrzeugstecker

Jeder Anschlusspunkt muss mit mindestens einer CEE-Steckdose (z.B. CEE Typ 63, 16 A LNPE) und/oder einer zweckgebundenen Steckvorrichtung für Elektrofahrzeuge ausgestattet sein.

Steckdosen für den Hausgebrauch (z.B. Typ 13, Typ 23) sind für das Laden von Elektrofahrzeugen nicht geeignet. Das Laden von zweirädrigen Fahrzeugen mit Elektro-Motor (z.B. Elektro-Fahrräder, Elektro-Scooter) ist mit diesen Steckern und Steckdosen im Allgemeinen möglich.

Jede Steckdose oder jeder Fahrzeugstecker muss so nahe wie möglich am Parkplatz, der versorgt werden soll, angeordnet sein. Kupplungssteckdosen sind nicht erlaubt. Eine Steckdose oder ein Fahrzeugstecker darf jeweils nur ein Elektrofahrzeug versorgen. Jede Steckdose sollte zwischen 0,5 m und 1,5 m über dem Boden angeordnet sein.

7.40 Vorübergehend errichtete elektrische Anlagen für Aufbauten, Vergnügungseinrichtungen und Buden auf Jahrmarkten (Chilbi), in Vergnügungsparks und für Zirkusse

Kapitel 7.40

- 7.40.1.1 Anwendungsbereich, Zweck und allgemeine Grundsätze
- 7.40.4.6 Trennen und Schalten
- 7.40.5.2 Leitungen
- 7.40.5.3 Elektrische Betriebsmittel zum Trennen, Schalten, Steuern und Überwachen
- 7.40.5.5 Andere Betriebsmittel
- 7.40.6 Prüfungen

7.40.1.1 Anwendungsbereich, Zweck und allgemeine Grundsätze

Die Bestimmungen sind Mindestanforderungen für die elektrische Anlage von sogenannten «Fliegenden Bauten». Diese Anlagen sind für den wiederholten Auf- und Abbau auf Jahrmarkten (Chilbi), in Vergnügungsparks, Zirkussen oder anderen Orten vorgesehen.

Die fest errichtete Anlage ist vom Anwendungsbereich ausgeschlossen – die Bestimmungen gelten für die Anlage ab Speisepunkt.

7.40.4.1.1 Schutzmassnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung

- .3 Anforderungen an den Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren)

Für die temporär errichtete elektrische Anlage müssen am Anfang der Anlage Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) mit einem Bemessungsdifferenzstrom von $I_{\Delta n} \leq 300 \text{ mA}$ vorgesehen werden. Die Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) müssen zeitverzögert oder vom Typ **[5]** sein, um eine Selektivität mit den Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) der Endstromkreise zu erreichen.

- .4 System TN

Hinter dem Speisepunkt der Anlage ist die elektrische Installation als System TN-S auszuführen.

7.40.4.1.5 Zusätzlicher Schutz

.1 Zusätzlicher Schutz: Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)

Alle Endstromkreise für

- Licht
- Steckdosen $I_{\Delta n} \leq 32 \text{ A}$
- ortsveränderliche Betriebsmittel, die über flexible Leitungen mit einer Strombelastbarkeit von $\leq 32 \text{ A}$ angelassen sind,

müssen zusätzlich mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ geschützt werden.

7.40.4.6 Trennen und Schalten

.2 Trennen

Jede temporär errichtete elektrische Anlage und jeder Verteilungsstromkreis, der eine Anlage im Außenbereich versorgt, muss mit einer eigenen, leicht zugänglichen und eindeutig gekennzeichneten Trenneinrichtung versehen sein.

7.40.5.1.3.2 Äussere Einflüsse

Elektrische Betriebsmittel müssen mindestens der Schutzart IP 44 entsprechen.

7.40.5.2 Leitungen

.1 Allgemeines und Arten von Leitungen

In Erde verlegte Leitungen müssen gegen mechanische Beschädigung geschützt sein.

Wo immer die Gefahr einer mechanischen Beschädigung aufgrund der äusseren Einflüsse (Bereiche, in denen Leitungen Straßen und Fusswege kreuzen oder Bereiche, die der Öffentlichkeit zugänglich sind) muss ein Schutz gegen diese Beanspruchung vorgesehen werden.

.6 Elektrische Verbindungen

In Leitungen dürfen Verbindungen nicht vorgesehen werden.

7.40.5.3 Elektrische Betriebsmittel zum Trennen, Schalten, Steuern und Überwachen

Einrichten zum Trennen müssen alle aktiven Leiter (Aussenleiter und Neutralleiter) trennen.

Jede elektrische Anlage muss eine eigene Einrichtung zum Trennen, Schalten und zum Schutz bei Überstrom haben.

7.40.5.5 Andere Betriebsmittel

.91 Leuchten

Alle Leuchten und Lichterketten müssen

- einen geeigneten IP-Schutz aufweisen
- so errichtet sein, dass der Schutz gegen das Eindringen von Fremdkörpern und/oder Wasser nicht beeinträchtigt wird und
- sicher am Bauwerk aufgehängt sein, oder es müssen Stützpunkte, die sie tragen können, vorgesehen werden.

.92 Lampenfassungen

Lampenfassungen mit Durchdringungsanschlusstechnik (Illuminationskabel) dürfen nicht verwendet werden, außer die Leitungen sind zu den Lampenfassungen zugehörig und die Lampenfassungen sind nach der Befestigung an der Leitung nicht mehr veränderbar.

.94 Scheinwerfer

Wenn transportable Scheinwerfer verwendet werden, müssen sie so befestigt werden, dass sie unzugänglich sind.

.98 Steckdosen und Stecker

Eine angemessene Anzahl von Steckdosen muss errichtet werden, um den Betrieb aller notwendigen oder gewünschten Verbrauchsmittel zu ermöglichen. Steckdosen, die ausschließlich für Beleuchtungsstromkreise vorgesehen und außerhalb des Handbereichs angeordnet sind, müssen entsprechend ihrer Verwendung kodiert oder gekennzeichnet sein.

.99 Elektrische Versorgung

An jeder Einrichtung muss ein leicht zugänglicher Anschlusspunkt vorhanden sein, der mit folgenden Merkmalen gekennzeichnet ist.

- Bemessungsspannung;
- Bemessungsstrom;
- Bemessungsfrequenz.

7.40.6 Prüfungen

Die temporär errichteten elektrischen Anlagen müssen nach jeder Montage vor Ort gemäss  6.1 geprüft werden.  NIV (Art. 32 Abs. 4) (Anhang 2.a.)

7.53 Fussboden- und Decken-Flächenheizung

Kapitel 7.53

- 7.53.1.1 Anwendungsbereich
- 7.53.2 Begriffsbestimmungen
- 7.53.5.1 Allgemeine Bestimmungen
- 7.53.5.2 Leitungen

7.53.1.1 Anwendungsbereich

- .1 Dieses Kapitel gilt für das Errichten von Fussboden- und Decken-Flächenheizungen, Speicher- und Direktheizsysteme. Dachschrägen bis zu einer senkrechten Höhe von 1.50 m ab dem fertigen Fussboden gelten als Decken.

Es gilt nicht für das Errichten von Wand-Flächenheizungen.

7.53.4.1 Schutz gegen elektrischen Schlag

7.53.4.1.1.3 Fehlerschutz (*Schutz bei indirektem Berühren*)

- .2 Als Abschalteinrichtungen müssen Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) mit einem Bemessungsdifferenzstrom von $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ verwendet werden. Dies gilt auch bei der Schutzmassnahme doppelte oder verstärkte Isolierung (Sonderisolierung).

Zusätzlicher Potenzialausgleich

Elektrisch leitfähige Abdeckungen oder leitfähige Netze auf den Fussboden-Heizelementen oder unterhalb der Deckenheizelementen sind über einen zusätzlichen Schutz-Potenzialausgleichsleiter mit dem Schutzleiter zu verbinden.

7.53.4.2.4 Schutz gegen Überhitzung

- .1 Heizeinheiten

Um Überhitzungen von Fussboden- oder Decken-Flächenheizungen in Gebäuden zu vermeiden, muss mindestens eine der folgenden Massnahmen zur Begrenzung der Temperatur in den beheizten Bereichen auf maximal 80°C angewendet werden:

- richtige Auslegung des Heizungssystems;
- fachgerechte Errichtung des Heizungssystems unter Berücksichtigung der Herstellerangaben;

7.53 Fussboden- und Decken-Flächenheizungen

- Verwendung von Schutzeinrichtungen (z.B. Sicherheits-Thermostate)

Heizeinheiten müssen mit der elektrischen Anlage über Kaltleitungen oder passenden Kaltverbindungen verbunden werden.

Heizeinheiten sind untrennbar mit den Kaltleitungen zu verbinden, z.B. durch Quetsch- oder Lötverbindungen.

Heizeinheiten dürfen keine Ausdehnungsfugen kreuzen.

7.53.5.1 Allgemeine Bestimmungen

- .1 Flächeheizelemente, Heizleitungen etc. müssen den geltenden Erzeugnis-Normen entsprechen.

- .2 Äussere Einflüsse

Der IP-Schutz von Heizeinheiten muss in Decken mindestens IP X1, in Fussböden aus Beton oder ähnlichem Material mindestens IP X7 genügen.

- .4 Kennzeichnung

Der Errichter muss für jedes Heizungssystem einen Plan mit den folgenden Angaben erstellen:

- Bauart der Heizeinheiten;
- Zahl der errichteten Heizeinheiten;
- Länge/Fläche der Heizeinheiten;
- Flächenheizleistung;
- Anordnung der Heizeinheiten;
- Lage/Tiefe der Heizeinheiten;
- Lage der Verbindungsdosen;
- Leiter, Abschirmungen und dergleichen;
- errichtete/beheizte Fläche;
- Bemessungsspannung;
- Bemessungswiderstand (kalt) der Heizeinheit;
- Bemessungsstrom der Überstrom-Schutzeinrichtung;
- $I_{\Delta n}$ der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD).

Dieser Plan muss dauerhaft in oder am Verteiler- oder Schaltschrank für das Heizungssystem hinterlegt sein.

7.53.5.2 Leitungen

.1 Heizungsfreie Flächen

Sind für die Raumausstattung wie Einbauschränke oder grosse Möbelstücke vorzusehen, um die Wärmeabgabe nicht zu behindern.

.2 Umgebungstemperatur

Bei Versorgungs- und Steuerleitungen (Kaltleitungen), die im Bereich von beheizten Flächen verlegt werden, muss die erhöhte Umgebungstemperatur berücksichtigt werden.

.3 Auftreten von festen Fremdkörpern

Der Errichter des Heizungssystems muss den Anlagebesitzer und Handwerker darüber informieren, dass im Bereich von Fussboden- und Decken-Flächenheizungen keine Bohrungen gemacht werden dürfen.

7.61 Elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen

Kapitel 7.61

E7.61 Antistatika

7.61.1 Anwendungsbereich, Zweck und allgemeine Grundsätze

E7.61 Antistatika

Statische Elektrizität hat im Umfeld des Explosionschutzes eine grosse Bedeutung. Die Isolation darf daher nicht so perfekt sein, dass sich in der Ex-Zone an der Oberfläche eines Gehäuses oder Kabels gefährliche statische Aufladungen bilden können.

Behandelt man die Oberfläche von Kunststoffen mit einem Antistatikum – dies sind organische, leitfähige Substanzen – so lässt sich der Oberflächenwiderstand bis auf $10^{-8} \Omega$ senken. Wird das Antistatikum in das Material eingebaut, so lassen sich noch tiefere Werte erreichen.

7.61.1 Anwendungsbereich, Zweck und allgemeine Grundsätze

7.61.1.1 Gegenstand

- .1 Betriebe, die elektrische Installationen in explosionsgefährdeten Bereichen oder Zonen erstellen und oder Instandhaltungsarbeiten durchführen, müssen über grundlegende Kenntnisse des Explosionsschutzes verfügen. Die Ausbildung des Personals hat dem Stand der Technik zu entsprechen und die Weiterbildung muss gewährleistet und dokumentiert sein.
- .2 Einen guten Überblick über die Verantwortlichkeiten und Abgrenzungen zwischen Behörden, Betreiber, Hersteller und Elektroinstallateuren vermittelt die Broschüre 2153 «Explosionsschutz – Grundsätze, Mindestvorschriften, Zonen» der Suva. Sie beinhaltet neben wertvollen Erläuterungen über den Explosionsschutz eine ausführliche Beispieldammlung über die Ex-Zoneneinteilung.

Suva Merkblatt Explosionsschutz 2153

7.61 Elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen

7.61.1.3.3.3 Bedingungen der Anlage

- .2 Die explosionsgefährdeten Bereiche und die Einteilung in Zonen werden aufgrund der Angaben des Betreibers durch die Suva und die zuständige kantonale Brandschutzbhörde in Zusammenarbeit mit der für den Arbeitsschutz zuständigen Stellen festgelegt.
- .3 Einteilung der Zonen

Tabelle 7.61.1.3.3.3.3.1 Explosionsgefährdete Bereiche

Zonen für brennbare Gase, Dämpfe, Nebel	
Zone 0	Bereich, in dem eine explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebel ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.
Zone 1	Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebel bilden kann.
Zone 2	Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebel nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.
Zonen für brennbare Stäube	
Zone 20	Bereich, in dem eine explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.
Zone 21	Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub bilden kann.
Zone 22	Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.