

Elektroinstallation

Stromversorgung

Schutzmaßnahmen

Auszug aus dem Ausbildungsplan IT Systemelektroniker - Sachliche und zeitliche Gliederung der Berufsausbildung

7.2 Stromversorgung, Schutzmaßnahmen

- a) Stromversorgung hinsichtlich der anzuschließenden informations- und telekommunikationstechnischen Geräte und der VDE-Bestimmungen beurteilen
- b) Schutzmaßnahmen festlegen
- c) Stromkreise unter Beachtung der einschlägigen Vorschriften installieren sowie informations- und telekommunikationstechnische Geräte an das Stromversorgungsnetz anschließen
- d) informations- und telekommunikationstechnische Geräte an vorhandenen Potenzialausgleich anschließen sowie Widerstand zwischen Körper, Schutzleiteranschlüssen und Potenzialausgleich messen und beurteilen
- e) Schutz gegen direktes Berühren durch Besichtigen prüfen
- f) Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren, insbesondere durch Abschaltung mit Überstromschutzorganen und Fehlerstromschutzeinrichtungen, prüfen
- g) Isolationswiderstand messen
- h) Einhaltung der Bestimmungen des Brandschutzes und zur Verlegung von Leitungsnetzen unterschiedlicher Spannungspegel prüfen
- i) informations- und telekommunikationstechnische Geräte sowie sonstige Betriebsmittel unter Berücksichtigung der Umgebungsbedingungen und der Zusatzfestlegungen für Räume besonderer Art auswählen
- j) Prüfungen dokumentieren



Wussten Sie, dass unvorsichtige Elektriker schnell zu leitenden Angestellten werden?

1 Normen

Es gibt viele DIN und VDE Normen, die dieses Thema betreffen. Daher werden hier nur einige der wichtigsten Normen genannt.

- „Schutzarten durch Gehäuse gegen Berührung, Fremdkörper und Wasser“ EN 60 529 / DIN VDE 0470 Teil 1
- „Instandsetzung, Änderung und Prüfung elektrischer Geräte; Allgemeine Anforderungen“ DIN VDE 0701 Teil 1
- „Errichten von Starkstromanlagen bis 1000 V“ DIN VDE 0100

Die VDE 0100 ist gegliedert in

... 100	Anwendungsbereich, Allgemeine Anforderungen
... 200	Begriffe
... 300	Allgemeine Angaben
... 400	Schutzmaßnahmen
... 500	Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel
... 600	Prüfungen
... 700	Bestimmungen für Betriebsstätten, Räume, und Anlagen besonderer Art

2 Begriffsbestimmungen nach VDE 0100 Teil 200 (Auszug)

Außenleiter (L)

Leiter, die Stromquellen mit Verbrauchsmittel verbinden, aber nicht vom Mittel- oder Sternpunkt

Neutralleiter (N)

Ein mit dem Mittel- oder Sternpunkt verbundener Leiter, der elektrische Energie übertragen kann.

Schutzleiter (PE)

Ein Leiter für einige Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Körperströme zur elektrischen Verbindung zu Körpern, fremden leitfähigen Teilen, Erden usw.

PEN-Leiter

Ein geerdeter Leiter, der zugleich die Funktion des Schutzleiters und des Neutralleiters erfüllt.

Erden

Verbindung eines elektrisch leitfähigen Teils über eine Erdungsanlage mit der Erde.

Betriebserdung

Erdung eines Punktes der Betriebsstromkreise, die für den ordnungsgemäßen Betrieb von Geräten oder Anlagen notwendig ist.

Potenzialausgleichsleiter

Elektrische Verbindung, die die Körper elektrischer Betriebsmittel und fremde leitfähige Teile auf gleiches oder annähernd gleiches Potenzial bringt.

Ableitstrom

Ein Strom, der in einem fehlerhaften Stromkreis zur Erde oder zu einem fremden leitfähigen Teil fließt.

Fehlerstrom

Strom, der durch einen Isolationsfehler zum Fließen kommt.

Berührungsspannung

Spannung, die zwischen gleichzeitig berührbaren Teilen im Fehlerfall auftreten kann.

Körper

Ein berührbares, leitfähiges Teil eines elektrischen Betriebsmittels, das normalerweise nicht unter Spannung steht, das jedoch im Fehlerfall unter Spannung stehen kann (Metallumhüllung eines Betriebsmittels).

Aktives Teil

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

Fremdes leitfähiges Teil

Ein leitfähiges Teil, das nicht zur elektrischen Anlage gehört, das jedoch elektrisches Potenzial, einschließlich des Erdpotenzials einführen kann.

Direktes Berühren

Berühren aktiver Teile durch Personen oder Nutztiere (Haustiere).

Indirektes Berühren

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

Elektrofachkraft

Person, die auf Grund ihrer fachlichen Ausbildung, ihrer Kenntnisse und Erfahrungen sowie die Kenntnisse der einschlägigen Normen die ihr übertragenen Aufgaben beurteilen und mögliche Gefahren durch Elektrizität erkennen kann.

elektrotechnisch unterwiesene Person

Person, die über die ihr übertragenen Aufgaben und die möglichen Gefahren bei unsachgemäßen Handeln unterrichtet und erforderlichenfalls angelernt sowie über die notwendigen Schutzmaßnahmen belehrt wurde.

3 Prüfzeichen



Das VDE-EMV Zeichen gilt für Geräte, die den Normen für elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) entsprechen.



VDE Zeichen für Installationsmaterial und Einzelteile sowie Geräte als technische Arbeitsmittel im Sinne des Gerätesicherheitsgesetzes.



Das GS Zeichen wird durch eine, nach dem Gerätesicherheitsgesetz zugelassene Stelle für technische Arbeitsmittel erteilt. Das GS Zeichen muss immer in Verbindung mit dem Zeichen oder Nummer der Vergabestelle auf dem Gerät angebracht werden, die das Gerät geprüft und zertifiziert hat, z.B. mit dem VDE Zeichen, wie abgebildet.



Die CE Kennzeichnung ist kein Prüfzeichen, wird aber im Zusammenhang mit anderen Zeichen hier aufgeführt, weil es demnächst auf allen elektrischen und nichtelektrischen Geräten zu sehen ist, die die einschlägigen EG-Richtlinien erfüllen. Sie wird vom Hersteller in Eigenverantwortung angebracht. In bestimmten Fällen muss die Kennnummer einer eingeschalteten nozifizierten Stelle zusätzlich angebracht werden.

4 Schutzarten und Schutzklassen

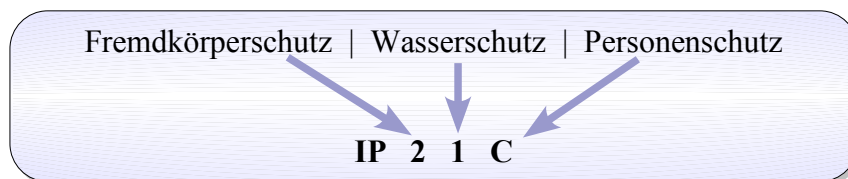
4.1 Schutzarten durch Gehäuse gegen Berührung, Fremdkörper und Wasser nach EN 60 529 /DIN VDE 0470 Teil 1

Schutzgrade nach EN 60 529

Kennziffer	Schutzgrad	
	Berührungs- und Fremdkörperschutz (1. Kennziffer)	Wasserschutz (2. Kennziffer)
0	nicht vorhanden	nicht vorhanden
1	Gegen Fremdkörper >50mm Ø; gegen Handrücken	gegen senkrecht tropfendes Wasser
2	Gegen Fremdkörper >12 mm Ø; gegen Berührung mit einem Finger	gegen schräg tropfendes Wasser bis 150 zur Senkrechten
3	Gegen Fremdkörper >2,5 mm Ø gegen Berührung mit einem Werkzeug	gegen Sprühwasser bis 600 zur senkrechten
4	Gegen Fremdkörper > 1 mm Ø; gegen Berührung mit einem Draht	gegen Spritzwasser aus allen Richtungen
5	Gegen schädliche Staubablagerungen im Innern	gegen Strahlwasser aus allen Richtungen
6	Gegen Eindringen von Staub (staubdicht)	gegen starkes Strahlwasser
7		beim zeitweiligen Eintauchen
8		beim dauernden Untertauchen

Für trockene Räume ist mindestens die Schutzart IP 2X (fingersicher), für feuchte Räume IP X1 (tropfwassergeschützt) erforderlich. Wahlweise kann zusätzlich hinter den Kennziffern der Schutzgrad für Personen gegen den Zugang zu gefährlichen Teilen innerhalb von Gehäusen durch einen Buchstaben angegeben werden. Die Angabe des zusätzlichen Buchstabens ist dann sinnvoll, wenn der tatsächliche Schutz gegen Zugang zu gefährlichen Teilen höher ist, als durch die erste Kennziffer angegebene, oder die erste Kennziffer durch ein X ersetzt ist:

- A Handrückensicher
- B Fingersicher
- C Geschützt gegen Zugang mit Werkzeug bis 100 mm Länge
- D Geschützt gegen Zugang mit Draht bis 100 mm Länge



Das Gehäuse dieses Betriebsmittels schützt:

- 2 Personen gegen den Zugang zu gefährlichen Teilen mit den Fingern, das Betriebsmittel gegen das Eindringen von Fremdkörpern mit einem Durchmesser von 12,5 mm und größer;
- 1 das Betriebsmittel gegen das schädliche Eindringen von senkrecht fallenden Tropfen;
- C Personen, die Werkzeug mit einem Durchmesser von 2,5 mm und größer und einer Länge bis 100 mm in das Gehäuse einführen.

Möglich ist weiterhin noch die Angabe eines ergänzenden Buchstabens für eine zusätzliche Information (Wetterschutz, Hochspannungs-Betriebsmittel usw.). Dieser Ausnahmefall wird hier nicht erläutert.

4.2 Schutzklassen gegen zu hohe Berührungsspannung

Durch Angabe der Schutzklasse bei elektrischen Betriebsmitteln wird die Art des Schutzes gegen gefährliche Körperströme bezeichnet. Die Bedeutung der drei Schutzklassen ist:

Schutzklasse I

Die Betriebsmittel haben eine einfache Basisisolierung. Bei einem Fehler an der Basisisolierung kann der Körper (metallene Umhüllung von Geräten) unter Spannung stehen. Die Körper sind an einen Schutzleiter angeschlossen, und es ist eine Schutzmaßnahme erforderlich.

Symbol der Anschlussstelle des Schutzleiters



Schutzklasse II

Die Betriebsmittel haben eine einfache Basisisolierung. Diese ist mit einer zusätzlichen Isolierung umhüllt (zweifache oder doppelte Isolierung) oder es wird eine verstärkte Isolierung (einstufige Isolierung) verwendet. Auch bei Versagen der Basisisolierung ist der Schutz bei indirektem Berühren sichergestellt (Schutzmaßnahme Schutzisolierung).

Symbol der zweifachen Isolierung



Schutzklasse III

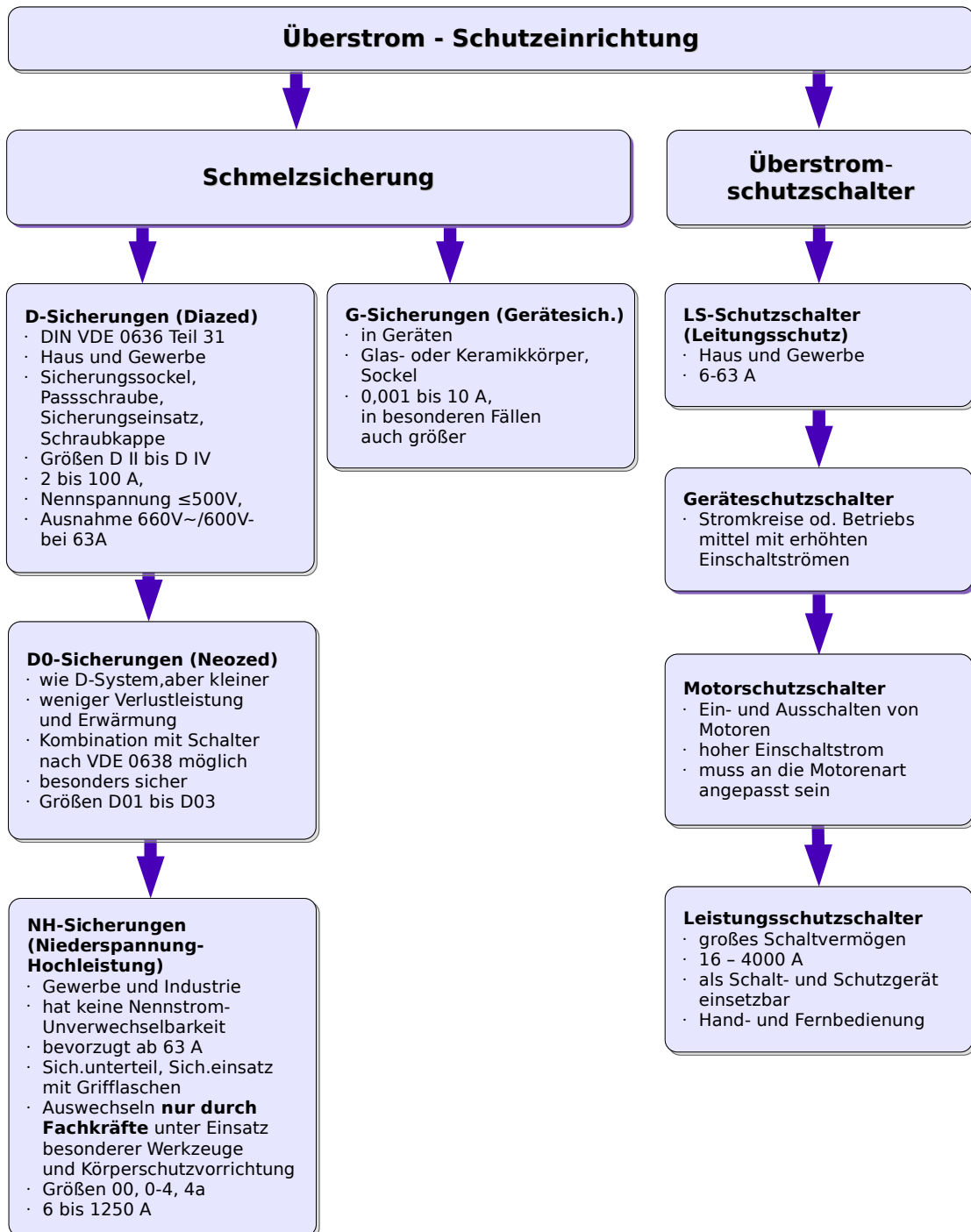
Der Schutz gegen gefährliche Körperströme wird durch die Schutzmaßnahme Schutzkleinspannung (Wechselspannung 50 V, Gleichspannung 120 V, Sicherheitsspannungsquelle) sichergestellt.

Symbol der Schutzklasse III



5 Schutzeinrichtungen

5.1 Überstrom - Schutzeinrichtungen



Überstromschutzeinrichtungen werden in Schaltanlagen bzw. Verteilern zum Schutz der elektrischen Anlage vor zu hohen Strömen eingesetzt. Laut einer Studie des „Institutes für Schadensverhütung und Schadensforschung der öffentlichen Versicherer e.V.“ ist die häufigste Brandursache die Wärmewirkung des elektrischen Stromes.

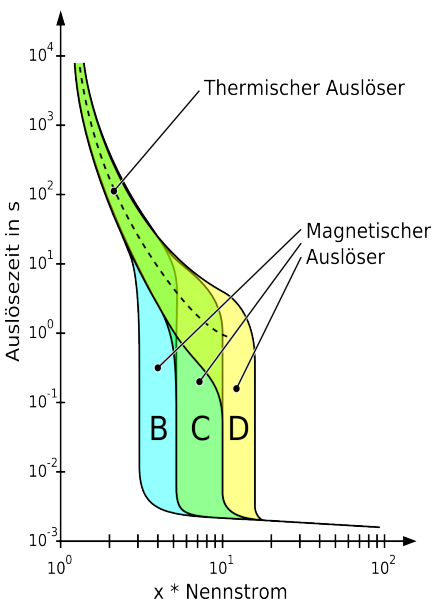
In Wohngebäuden sollen nach DIN 18015-1 für Licht- und Steckdosenstromkreise LS- Schutzschalter vorgesehen werden. Diese werden nach ihrer Auslösecharakteristik und des Bemessungsbereiches eingeteilt.



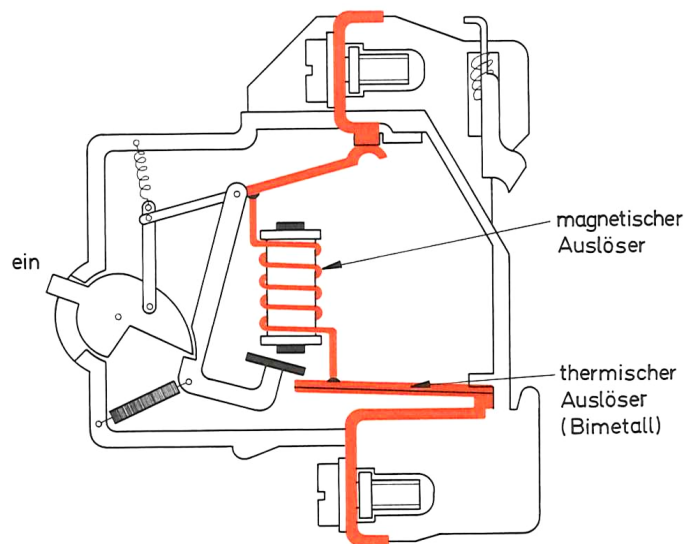
Leitungsschutzschalter (LS)

Auslösecharakteristik von Überstromschutzeinrichtungen

Charakteristik	Norm	Bemessungsbereich I_n	Kleiner Prüfstrom I_{nf}	Großer Prüfstrom I_f	Kurzabschaltung $< 1_s$
B	VDE 0641 Teil 11	6 bis 63 A	1,13 I_n	1,45 I_n	5 I_n
C	VDE 0641 Teil 11	6 bis 63 A	1,13 I_n	1,45 I_n	10 I_n
D	VDE 0641 Teil 11	6 bis 63 A	1,13 I_n	1,45 I_n	20 I_n
L	VDE 0641 1978-06	6 bis 63 A	1,05 I_n	(1,6 ... 1,9) I_n	$\approx 5 I_n$
G	CEE-Publ. 19 I	6 bis 32 A	1,05 I_n	1,35 I_n	10 I_n
U	CEE-Publ. 19 II	16 bis 25 A	1,05 I_n	1,82 I_n	11,2 I_n
K	VDE 0660 Teil 101/102	0,2 bis 63 A	-	1,2 I_n	(8 ... 14) I_n



Zeitverhalten von LS

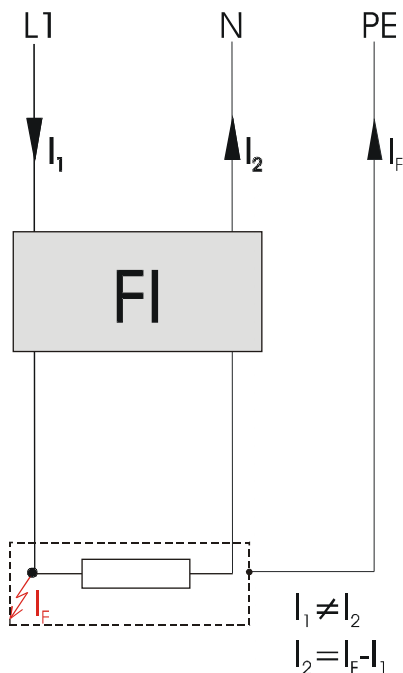


Prinzipieller Aufbau eines LS

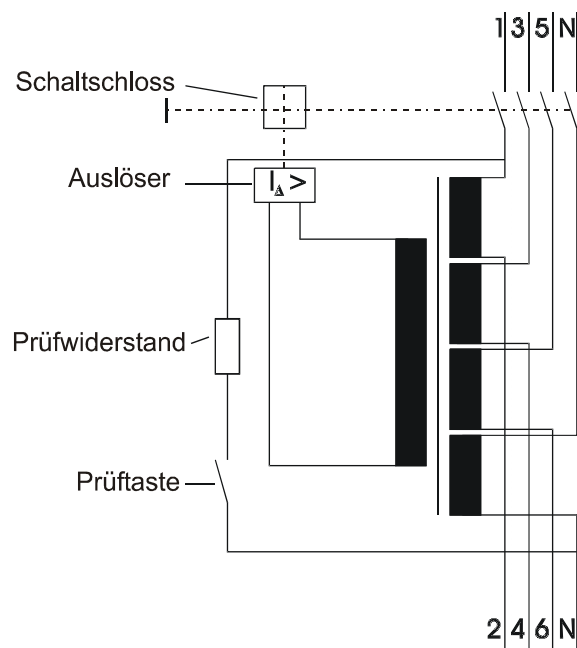
6 Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (FI-Schutzschalter)

Engl.: RCD (Residual Current protective Device)

Das Prinzip von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen beruht auf der Erfassung der Differenz von zu- und abfließenden Strömen durch einen Summenstromwandler. Tritt ein Isolationsfehler hinter der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung auf, ist die Summe der zu- und abfließenden Ströme nicht mehr Null.



Differenz zwischen ab- und zufließenden Strömen



Aufbau eines FI-Schutzschalters

Durch eine Prüfeinrichtung kann die Funktionsfähigkeit — nicht jedoch die Wirksamkeit der Schutzmaßnahme der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung getestet werden.

FI-Schutzschalter schalten in 0,04 s ab, wenn der Fehlerstrom die Höhe des Nennfehlerstroms erreicht (in der Regel bei 70 % des Nennfehlerstroms). FI-Schutzschalter werden für folgende Nennfehlerströme und Nennströme gefertigt:

- 10 mA, 30 mA, 0,1 A, 0,3 A, 0,5 A und 1 A;
- 16 A, 25 A, 40 A, 63 A, 125 A, 160 A und 224 A.

Bei Nennströmen über 224 A werden FI-Relais mit Schaltgeräten eingesetzt.

Im Rahmen des Brandschutzes soll der Nennfehlerstrom $\leq 0,5A$ betragen, empfehlenswert ist jedoch $\leq 0,1A$.

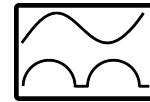
Der FI-Schutzschalter kann als Hauptschalter benutzt werden.

Hochempfindliche FI-Schutzschalter

FI-Schutzschalter mit den Nennfehlerströmen 10 mA und 30 mA werden als hoch empfindliche FI-Schutzschalter bezeichnet. Sie können noch einen zusätzlichen Schutz bei direktem Berühren bieten. Sie werden in mehreren VDE-Bestimmungen zur Erhöhung des Schutzpegels bei gefährlichen Umgebungsbedingungen gefordert, z. B. für Steckdosen bis 16 A auf Baustellen, Steckdosen im Schutzbereich in Räumen mit Badewanne oder Dusche usw.

Pulsstromempfindliche FI-Schutzschalter

Nach VDE 0664 müssen FI-Schutzschalter bis 500 V Wechselspannung und bis 63 A Nennstrom auch bei pulsierenden Gleichfehlerströmen auslösen. Diese Forderung wurde durch den steigenden Einsatz elektronischer Bauelemente in Betriebsmitteln notwendig (z.B. Phasenanschnittsteuerungen). Pulsstromempfindliche FI-Schutzschalter sind mit einem zusätzlichen Zeichen gekennzeichnet.



Stoßstromfeste FI-Schutzschalter

FI-Schutzschalter älterer Bauart hatten oft Fehlauflösungen bei Stoßströmen, wie sie bei Überspannungen in Freileitungsnetzen durch Gewitter oder bei kurzzeitigen kapazitiven Ableitströmen entstehen. Durch stoßstromfeste FI-Schutzschalter wird ein Großteil der Fehlauflösungen verhindert.

Verzögerte Auslösung

Von der Industrie werden auch FI-Schutzschalter mit verzögerter Auslösung hergestellt. Da die Abschaltzeit noch weit unter 0,2 s liegt, sind sie uneingeschränkt einsetzbar. Verzögerte FI-Schutzschalter bieten noch mehr Schutz gegen unerwünschte Fehlabschaltungen als die normalen stoßstromfesten FI-Schutzschalter. Sie werden eingesetzt, wenn mit impulsartigen Ableitströmen zu rechnen ist, z.B. bei:

- sehr langen Leitungen hinter dem FI-Schutzschalter, insbesondere durch hohe Kapazitäten gegen Erde bei auf geerdeten Kabelbahnen verlegten Leitungen;
- einer großen Anzahl angeschlossener Leuchtstofflampen, besonders bei Verwendung von elektronischen Vorschaltgeräten;
- transienten Netzüberspannungen, hervorgerufen durch atmosphärische Einstreuung oder Schaltvorgänge;
- Röntgenanlagen.

Selektive FI-Schutzschalter (S-FI-Schutzschalter)

Hintereinander liegende FI-Schutzschalter, verhalten sich bei Fehlerströmen in der Verbrauchereinrichtung in der Regel nicht selektiv. Selektive FI-Schutzschalter schalten so verzögert ab, dass bei einem Fehler in einer Verbrauchereinrichtung der vorgeschaltete FI-Schutzschalter zuerst anspricht.

Selektive stoßstromfeste FI-Schutzschalter schalten innerhalb von 0,2 s ab. Zu beachten ist, dass der maximal zulässige Erdungswiderstand nur halb so groß sein darf wie bei normalen FI-Schutzschaltern.

Differenzstromschalter (DI-Schalter)

Differenzstromschalter gelten nicht als Fehlerstrom-Schutzeinrichtung nach VDE 0664, da diese Geräte im Gegensatz zu Fehlerstrom-Schutzschaltern zur Abschaltung die Netzspannung als Hilfeenergie benötigen.

Bei Unterbrechung des Neutralleiters ist eine Funktion des DI-Schalters nicht mehr gewährleistet. Als zusätzlicher Schutz können kombinierte Leitungsschalter/Differenzstromschalter (LS/DI-Schalter) nach VDE 0641 Teil 4 oder so genannte Personenschutzstecker nach VDE 0661 für den mobilen Anschluss von Rasenmähern, Heckenscheren usw. verwendet werden. In Fällen, wo nach den VDE-Bestimmungen für bestimmte Anlagen Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen gefordert werden, kann zur Zeit nur der netzspannungsunabhängige FI-Schutzschalter nach VDE 0664 eingesetzt werden.

Fehlertenspannungs-Schutzeinrichtungen (FU-Schutzschalter)

Nach VDE 0100 Teil 410 sollten Fehlertenspannungs-Schutzeinrichtungen nur noch in Sonderfällen eingesetzt werden. FU-Schutzschalter verhindern das Bestehenbleiben einer gefährlichen Berührungsspannung an Körpern durch Abschaltung der Außenleiter und des vorhandenen Neutralleiters.

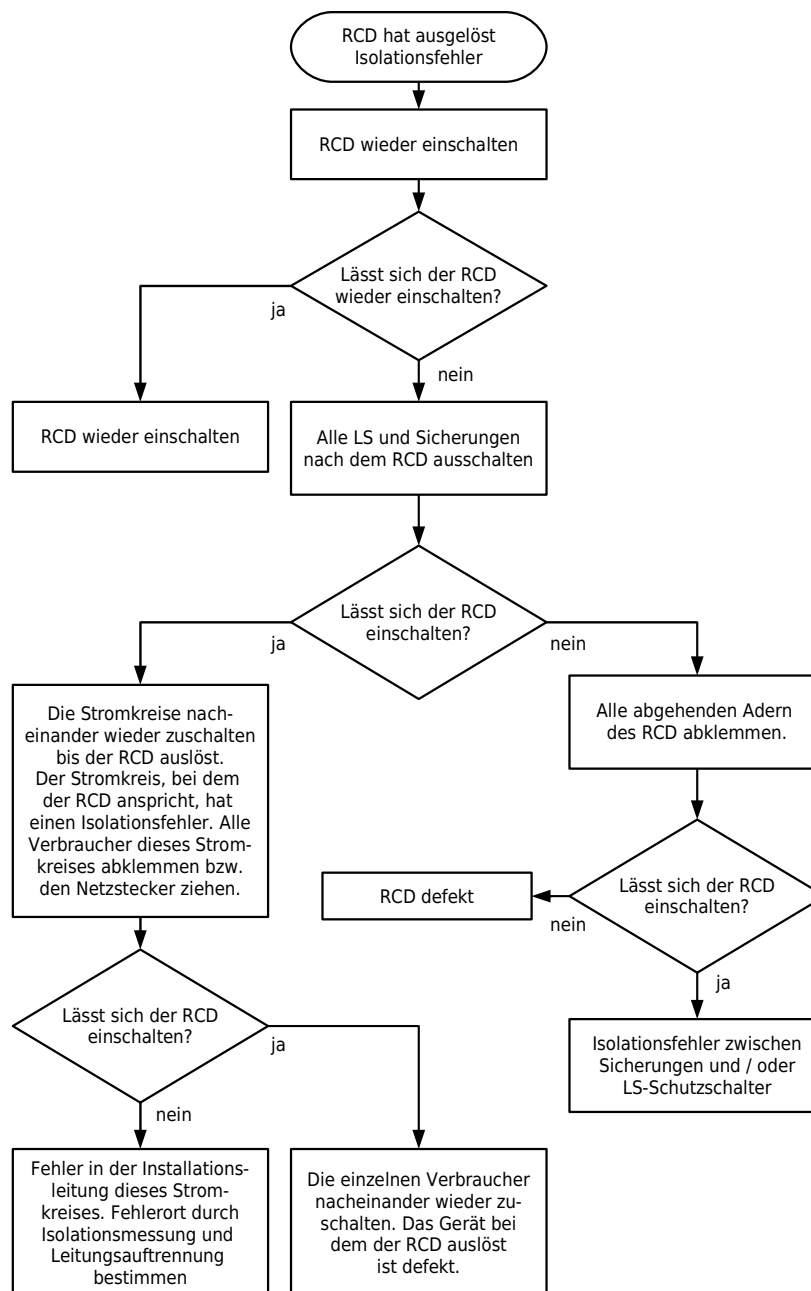
ters. Das Auftreten einer Fehlerspannung wird durch eine Spannungsspule erfasst. Als Anwendungsgebiete kommen Gleichstromanlagen in Frage, da Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen hier nicht funktionieren. In allen anderen Fällen sollten vorzugsweise FI-Schalter eingesetzt werden.

Isolations-Überwachungseinrichtungen

Durch Isolations-Überwachungseinrichtungen kann der Isolationswiderstand ungeerdeter Wechsel- und Gleichstromnetze während des Betriebes überwacht werden. Ungeerdete Netze oder Stromkreise sind z. B.:

- IT-Systeme (Industrie, medizinisch genutzte Räume),
- ungeerdete Hilfsstromkreise mit Steuertransformatoren,
- Wechsel- und Drehstrombordnetze,
- Notstromaggregate.

Dem zu überwachenden Netz wird eine Messgleichspannung überlagert, die den Isolationswiderstand gegen Erde überwacht.



Fehlersuche bei auslösenden FI-Schutzschalter

7 Schutzmaßnahmen

7.1 Erdungsverhältnisse von Stromquelle und Körpern

Bedeutung der Kurzzeichen

Die verschiedenen Netzformen nach VDE 0100 Teil 300 werden entsprechend der Art der Erdungsverhältnisse der Stromquelle und der Körper der elektrischen Anlage unterschieden. Von der Systematik der jeweiligen Erdungsverhältnisse sind die möglichen Arten der Schutzmaßnahmen direkt abhängig. Im Zusammenhang mit der Bezeichnung dieser Erdungsverhältnisse wird zukünftig der Begriff »Netz« durch den zutreffenderen Begriff »System« ersetzt werden.

Die Erdungsverhältnisse werden durch ein Kurzzeichen, bestehend aus zwei Buchstaben, bezeichnet:

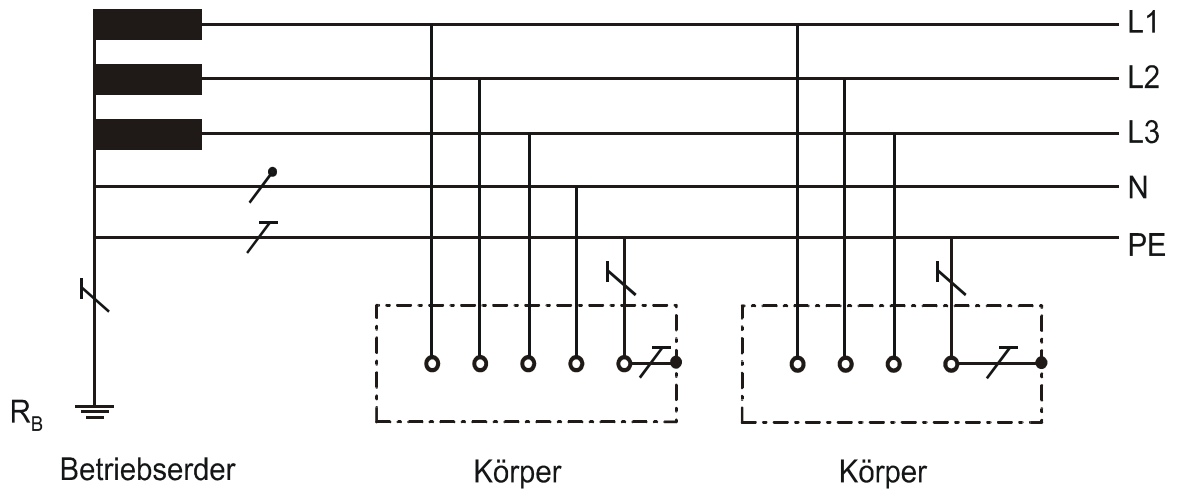
Erster Buchstabe	Erdungsverhältnisse der Stromquelle
T (Terra)	direkte Erdung eines Punktes (Sternpunkt oder Außenleiter mit dem Betriebserder)
oder I (isoliert)	Isolierung aller aktiven Leiter gegen Erde oder Verbindung eines Punktes (Sternpunkt oder Außenleiter) mit Erde über eine Impedanz
Zweiter Buchstabe	Erdungsverhältnisse der Körper in der elektrischen Verbrauchieranlage
T (Terra)	die Körper der elektrischen Verbrauchieranlage sind direkt geerdet
oder N (Neutral)	die Körper der elektrischen Verbrauchieranlage sind über Schutzleiter bzw. PEN-Leiter mit dem Betriebserder verbunden

Zwei weitere Buchstaben kennzeichnen die Anordnung des Neutralleiters und des Schutzleiters im TN-System:

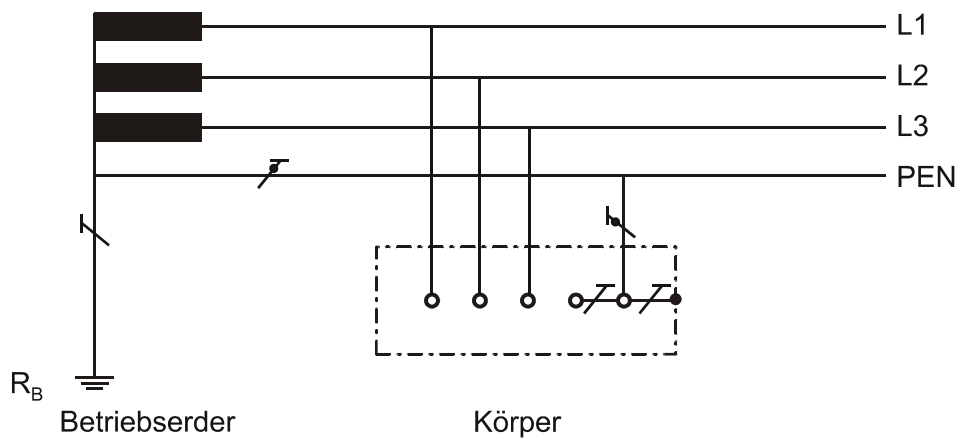
S (Separat)	Neutral- und Schutzleiterfunktionen durch getrennte Leiter (N und PE);
C (Combiert)	Neutral- und Schutzleiterfunktionen sind in einem Leiter (PEN-Leiter; früher Nullung) kombiniert.

TN-System

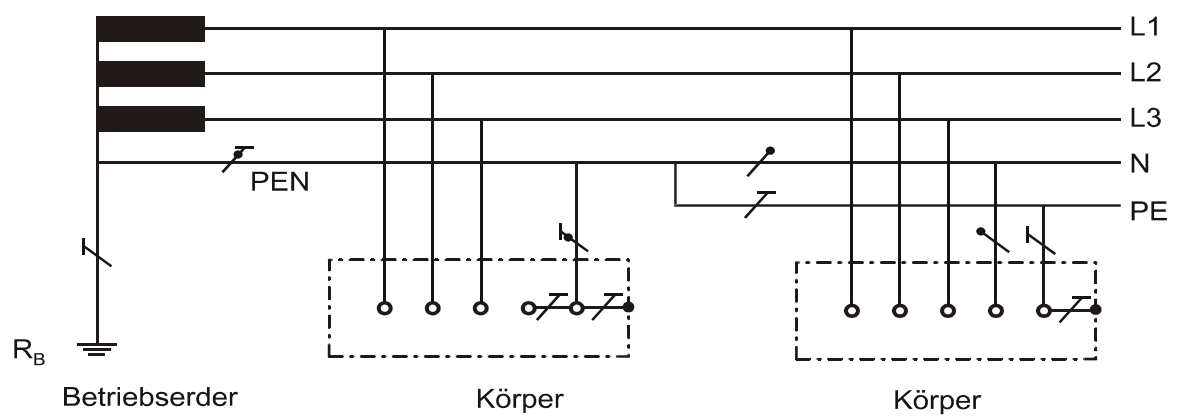
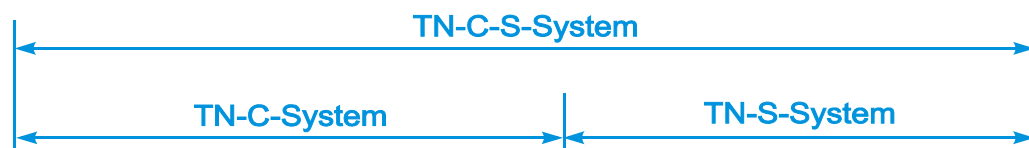
Für die Versorgung von Niederspannungskunden aber auch für Betriebe mit eigenem Transformator wird überwiegend das TN-System benutzt. Der Sternpunkt der Stromquelle ist direkt geerdet (Betriebserder). Die Körper in der Verbrauchieranlage sind mit dem PEN-Leiter (TN-C-System) bzw. nach Aufteilung des PEN-Leiters in PE- und N-Leiter mit dem Schutzleiter (TNC-S-System) verbunden. Der PEN-Leiter ist mit dem Sternpunkt der Stromquelle verbunden. Wenn der PE- und N-Leiter vom Sternpunkt an separat verlegt wird, handelt es sich um ein TN-S-System.



TN-S-System (DIN VDE 0100 Teil 300)



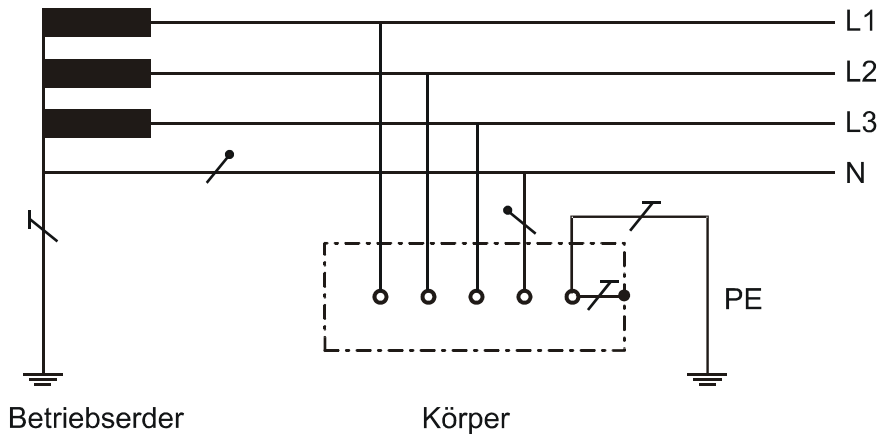
TN-C-System (DIN VDE 0100 Teil 300)



TN-C-S-System (DIN VDE 0100 Teil 300)

TT-System

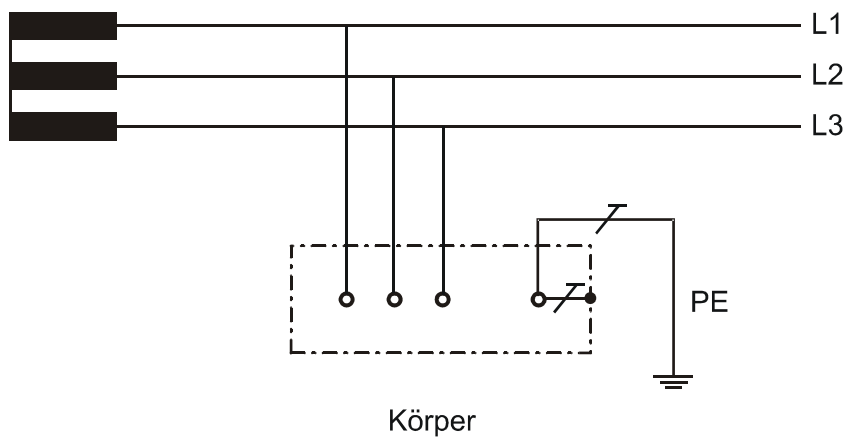
Das TT-System unterscheidet sich vom TN-System dadurch, dass hierbei die Körper der elektrischen Anlage direkt geerdet (z. B. durch Fundamenterder, Kreuzerder usw.) und nicht mit dem Betriebserder verbunden sind. Für bestimmte Anlagen war das TT-System vorgeschrieben (z. B. für landwirtschaftliche Betriebsstätten und Baustellen). Da in bebauten Gebieten kaum noch ein potenzialfreies TT-System verwirklicht werden kann, verliert diese Netzform immer mehr an Bedeutung.



TT-System (DIN VDE 0100 Teil 300)

IT-System

Beim IT-System ist der Sternpunkt der Stromquelle nicht direkt geerdet. Zur Herabsetzung von Überspannungen oder zur Dämpfung von Schwingungen (z. B. bei Schalthandlungen) können zum Teil hochohmige Impedanzen zwischen dem Sternpunkt und Erde vorgesehen werden. Die Körper der elektrischen Anlage sind direkt geerdet. Das IT-System wird in der Regel bei größeren Industrieanlagen und im Bergbau ausgeführt, findet aber auch Anwendung bei Hilfsstromkreisen oder medizinisch genutzten Räumen.



IT-System (DIN VDE 0100 Teil 300)

8 Gefahren beim Umgang mit elektrischer Energie

Durch den hohen Stand der Sicherheitstechnik sind die von elektrischen Betriebsmitteln oder elektrischen Anlagen ausgehenden Gefahren vergleichsweise gering. Gefahren können jedoch auftreten bei Arbeiten an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln (Erweiterung, Änderung, Wartung, Instandsetzung), wenn technische Schutzmaßnahmen außer Funktion gesetzt werden und die vorgeschriebenen Verhaltensregeln nach den VDE-Bestimmungen und Unfallverhütungsvorschriften nicht eingehalten werden. Auch durch mangelhafte Pflege und unsachgemäßen Gebrauch durch den Betreiber von elektrischen Betriebsmitteln können Gefahren entstehen. Hauptsächliche Ursache von Elektrounfällen und Schäden ist, wenn die anerkannten Regeln der Technik bewusst oder unbewusst nicht beachtet werden. Dadurch können Errichter, unbeteiligte Personen und Benutzer gefährdet werden.

5 Sicherheitsregeln

Vor Beginn der Arbeiten:

- Freischalten
- Gegen Wiedereinschalten sichern
- Spannungsfreiheit feststellen
- Erden und Kurzschließen
- Benachbarte unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken

Ist ein Wiedereinschalten durch technische Mittel nicht verhinderbar, so sind geeignete Hinweisschilder unübersehbar anzubringen:

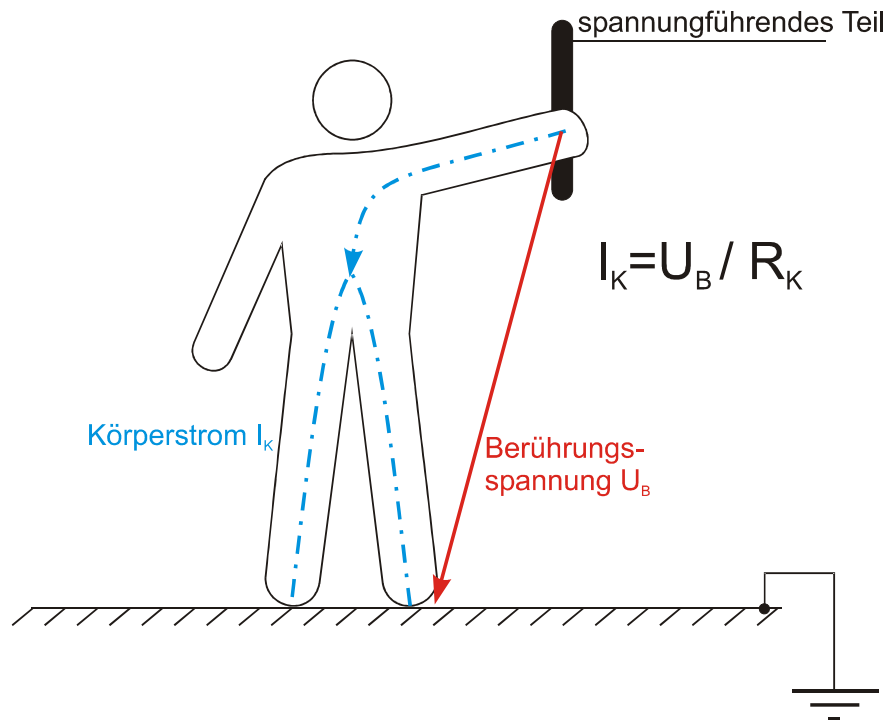
8.1 Grundsatz beim Eingriff in elektrische Anlagen

Mögliche Gefahren durch elektrischen Strom:

- Gefährlicher Körperstrom;
- Verbrennungen des menschlichen Körpers (Ursache z. B. Lichtbogen);
- Brandgefahr (Ursache z.B. Lichtbogen, Kurzschluss, Verlustwärme);
- Explosionsgefahr (Ursache z.B. Schaltfunken);
- Elektrodynamische Wirkung (Ursache z.B. Kurzschluss);
- Elektrochemische Korrosion (Ursache z.B. vagabundierende Gleichströme).

VDE 0100 Teil 410 »Schutzmaßnahmen; Schutz gegen gefährliche Körperströme« ist für die Elektrofachkraft eine besonders wichtige VDE-Bestimmung. Werden spannungsführende Teile durch einen Menschen berührt, fließt ein Körperstrom. Die Höhe des Körperstromes hängt von der Spannungshöhe und vom Körperwiderstand (Körperimpedanz) ab.





Körperstrom und Berührungsspannung

Allgemein gilt: Je höher die Spannung, desto höher der Körperstrom.

Körperwiderstand

Der Körperwiderstand des Menschen besteht aus dem Hautwiderstand (ca. 10 000 Ω bei trockener, ca. 100 Ω bei feuchter Haut) und dem Widerstand des übrigen Körpers (ca. 700 bis 1 000 Ω). Bei höheren Spannungen bricht der Hautwiderstand zusammen, es kommt zum »Durchschlag«. Je höher die Berührungsspannung ist, desto niedriger wird der Körperwiderstand. Zwischen Körperstrom und Berührungsspannung besteht deshalb kein linearer Zusammenhang. Auch verändert sich der Körperwiderstand bei verschiedenen Stromwegen. Unter extremen Bedingungen ist mit Körperwiderständen unter 300 Ω zu rechnen.

8.2 Wirkung des Körperstromes

Die biologische Wirkung hängt maßgeblich von der Stromart ab. Wechselstrom ist bedeutend gefährlicher als Gleichstrom.

Wirkung auf Muskeln

Ein durch den Körper fließender Strom kann je nach Stromstärke zu Verkrampfungen der Muskulatur führen. Bei Verkrampfung der Hand oder auch der gesamten Armmuskulatur kann der Griff um spannungsführende Teile nicht mehr gelöst werden (»Festkleben«). Die Verkrampfung der Atemmuskulatur führt zum Atemstillstand (Ersticken).

Wirkung auf das Herz

Je nach Stromstärke und Stromflussdauer kann der natürliche Herzschlagrhythmus gestört werden. Es kommt zu dem besonders gefährlichen Herzkammerflimmern, bei dem das Herz seine Pumpfunktion nicht mehr erfüllen kann. Dadurch wird die Sauerstoffversorgung des Gehirns unterbrochen. Bereits nach 3 bis 5 Minuten stirbt der Mensch, oder es treten bleibende Gehirnschäden auf. Durch den Stromimpuls eines Defibrillators kann das Herz wieder zum normalen Schlagen angeregt werden. Ein besonders hohes Risiko für das Auftreten von Herzkammerflimmern ist bei den Strom-

wegen vom Brustkorb zur linken Hand, vom Brustkorb zur rechten Hand und von den Händen zu den Füßen gegeben.

Wirkung auf das Körpergewebe

Bei Hochspannungsunfällen führt die hohe Stromstärke zum Verkochen bis zur Verkohlung des Gewebes. Aufgrund der Gewebeerstörungen und den damit verbundenen giftigen Abbauprodukten tritt oft nach mehreren Tagen der Tod ein. Durch die Einwirkung von Lichtbögen kommt es zu schweren äußeren Verbrennungen.

Lebensgefährliche Verbrennungen sind nur im Mittelspannungs- und Hochspannungsbereich zu erwarten. Im Niederspannungsbereich muss mit der Gefahr des Herzkammerflimmerns sowie mit sogenannten Sekundärnfällen gerechnet werden. Sekundärnfälle sind durch Schreckreaktionen verursachte Unfälle (Berühren spannungsführender Teile, Sturz von der Leiter).

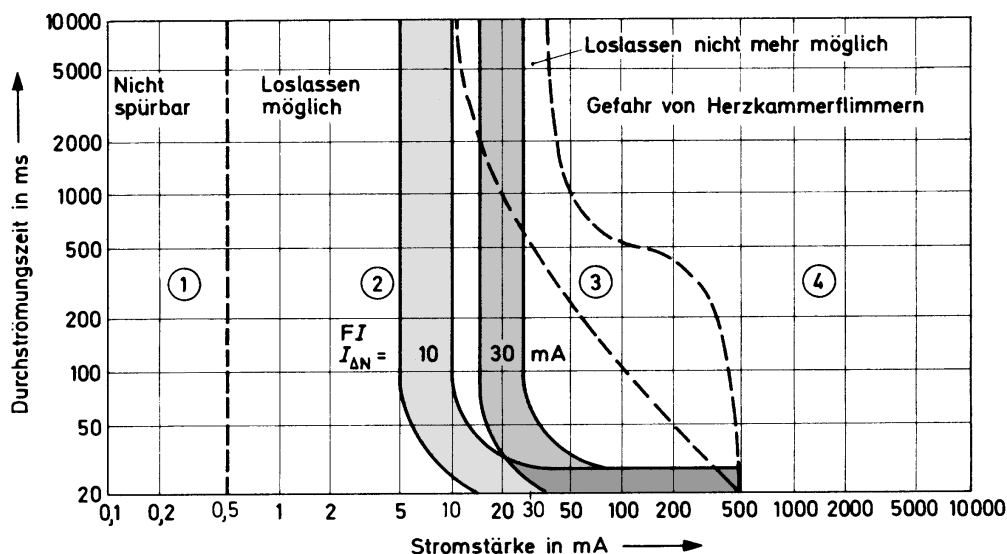
Wesentlich für die Betrachtung der Gefährdung des Menschen ist nicht nur die Stromstärke, sondern auch die Einwirkdauer des Stromes.

Für die Elektrofachkraft gilt:

Ab ca. 50 V~ Berührungsspannung kann das Berühren von spannungsführenden Teilen bei ungünstigen Bedingungen gefährlich sein.

Bei Durchströmungsdauer kürzer als 0,2 s ist ein tödlicher Niederspannungsunfall unwahrscheinlich.

Hochempfindliche FI-Schutzeinrichtungen bieten einen hervorragenden Schutz - auch bei direktem Berühren.



- ① Wahrnehmbarkeitsschwelle,
- ② keine medizinisch schädlichen Wirkungen, Loslassschwelle bei 10 mA,
- ③ kein organischer Schaden zu erwarten, Muskelverkrampfungen möglich,
- ④ Herzkammerflimmern möglich

Wirkungsbereiche von Wechselstrom 50/60 Hz

(IEC-Publikation 479-1, Kapitel 3, Ausgabe 1994-09 ⇒ VDE V 0140 Teil 479)

8.3 Erste Hilfe bei Elektrounfällen

Bei Stromunfällen ist jede Sekunde kostbar. Der Helfer darf sich aber dabei jedoch nicht selbst gefährden.

1. Stromkreis unterbrechen

- Leitungsschutzschalter betätigen oder Sicherungen entfernen
- Verunfallten durch Wegziehen vom Netz trennen, Eigenschutz beachten und selbst vom Stromkreis isolieren (mit trockenen Tüchern)

2. Verunfallten ansprechen

- ist das Unfallopfer ansprechbar sollte dieses mindestens 30min ruhen
 - dabei ist der Verletzte gegen Kälte, Hitze und Nässe zu schützen
 - er ist einem Arzt vorzustellen
- sonst

3. Notarzt verständigen




- dabei die Angabe Elektrounfall nicht vergessen

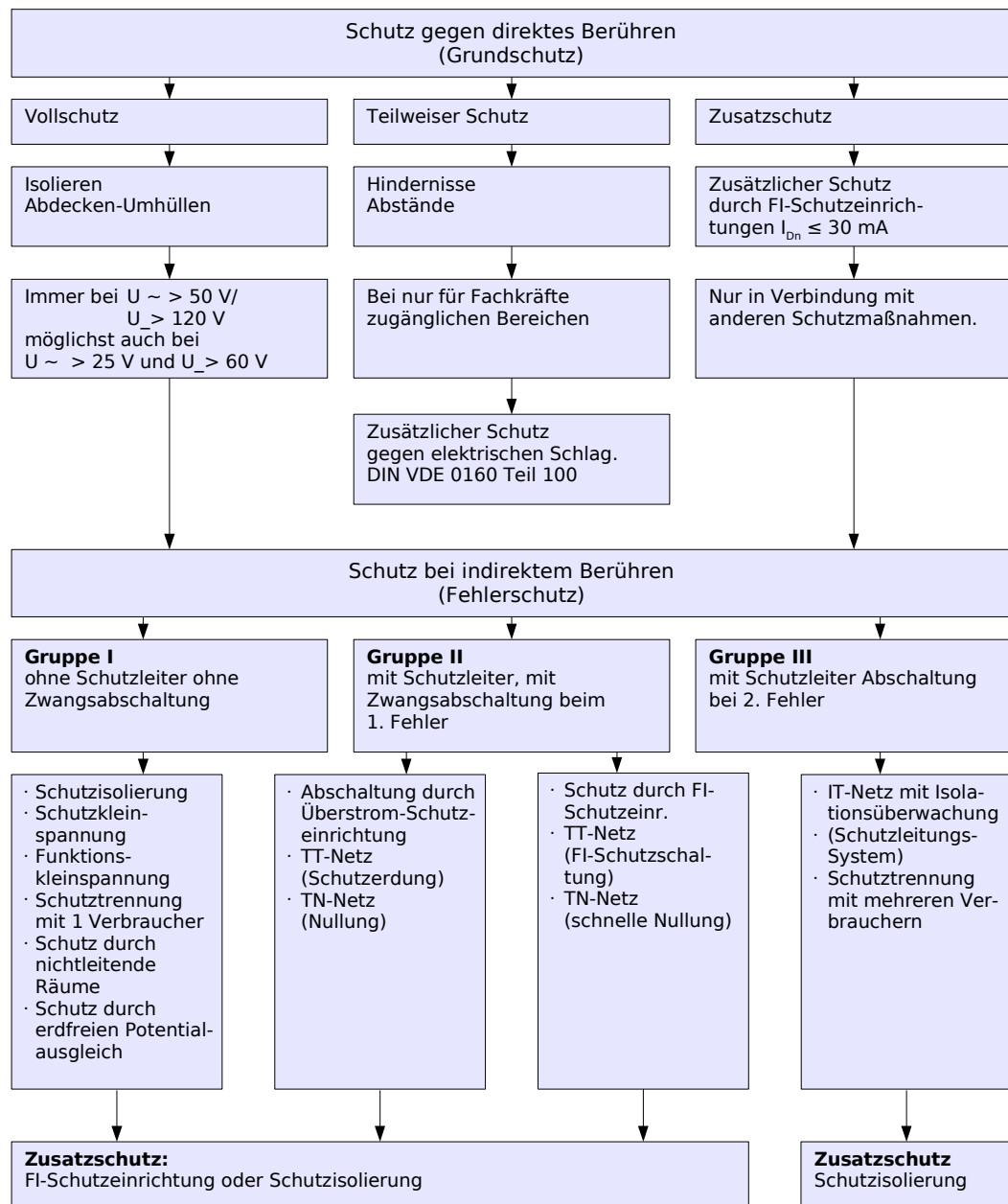
4. bei Bewusstlosigkeit Puls und Atmung prüfen

- ist beides vorhanden, den Verunfallten in eine stabile Seitenlage bringen
- sonst einen Notkreislauf durch Herzmassage und Atemspende bis zum Eintreffen eines Arztes aufrecht erhalten

9 Übersicht über die möglichen Schutzmaßnahmen

Zum Schutz gegen den gefährlichen Körperstrom können verschiedene Maßnahmen nach VDE 0100 Teil 410 angewendet werden.

Schutz sowohl gegen direktes als auch bei indirektem Berühren	1	Schutz gegen direktes Berühren	2	Schutz bei indirektem Berühren	3
					
Schutzkleinspannung		Isolierung aktiver Teile		Abschaltung oder Meldung	
Begrenzung der Entladungsenergie		Abdeckungen oder Umhüllungen		Schutzisolierung	
Funktionskleinspannung		Hindernisse		Nichtleitende Räume	
		Abstand		Erdfreier, örtlicher Potenzialausgleich	
		zusätzlicher Schutz durch Fehlerstrom Schutzeinrichtungen		Schutztrennung	



9.1 Schutz sowohl gegen direktes als auch bei indirektem Berühren

Schutzkleinspannung

- sehr hochwertige Schutzmaßnahme
- neue Bezeichnung nach IEC: SELV (safety extra-low voltage)
- $\leq 50V\sim$; $\leq 120V-$
- Schutz gegen direktes Berühren ab $25V\sim$ und $60V-$
- besondere Spannungsquellen erforderlich
 1. Sicherheitstransformatoren nach VDE 0551
 2. Transformatoren mit sicherer elektrischer Trennung nach VDE 0804
 3. Motorgeneratoren mit getrennten Wicklungen nach VDE 0530 Teil 1
 4. Dieselaggregate
 5. elektrochemische Spannungsquellen (galvanische Zellen, Akkumulatoren)
 6. elektronische Geräte

- Steckvorrichtungen dürfen nicht mit denen höherer Spannung verwechselbar sein (CEE Steckvorrichtungen nach DIN 49 465)
- Anwendungsbereiche sind z. Bsp. Spielzeug, Geräte zur Körperbehandlung, Umgebungen nach VDE 0100 Teil 700 (Bsp. Betriebsmittel in Schwimmbecken)

Funktionskleinspannung mit sicherer Trennung (PELV)

- Bedingungen wie SELV, bis auf die Erdung von aktiven Teilen oder der Körper von Betriebsmittel des Sekundärstromkreises
- Schutz gegen direktes Berühren auch unter 25V~ und 60V-
- Steckvorrichtungen dürfen nicht mit denen höherer Spannung und SELV verwechselbar sein
- die PELV kann für normale Betriebsbedingungen genutzt werden (Mess-, Steuer-, Fernmeldeaufgaben)

Funktionskleinspannung ohne sichere Trennung (FELV)

- bei Verwendung unsicherer Transformatoren (Nichteinhalten von VDE 0550) oder die Trennung bei Betriebsmitteln kann nicht eingehalten werden
- Schutz gegen direktes und indirektes Berühren wie beim Primärstromkreis

Schutz durch Begrenzung der Entladungsenergie

- Schutz gilt als erfüllt, wenn die Entladungsenergie nicht mehr als 350mJ beträgt bzw. der Kurzschlussstrom 3mA~ oder 12mA- nicht übersteigt
- Anwendung bei Betriebsmitteln mit Kondensatoren (z. Bsp. Weidezaun)

9.2 Schutz gegen direktes Berühren

Aktive Teile, z. Bsp. Sammelschienen, Anschlussklemmen etc., müssen gegen direktes Berühren geschützt werden.

Schutz durch Isolierung aktiver Teile

- Isolierung ist grundlegender Schutz
- muss den zu erwartenden Beanspruchungen genügen
- Isolierung ist i.d.R. die Basis-Isolierung, Lack oder Farbanstriche sind keine Isolierung

Schutz durch Abdeckung oder Umhüllung

- innerhalb von elektrischen Betriebsmitteln, Abdeckung aktiver Teile
- müssen im Normalfall Schutzart IP 2X genügen (fingersicher); obere horizontale Abdeckungen, die leicht zugänglich sind – min. IP4X, damit wird verhindert, dass Werkzeug, Drähte etc. ins Gerät fallen.
- gesicherte Befestigung der Abdeckung gegen Erschütterung, Anstoßen, Feuchtigkeit etc.
- Entfernen von Abdeckungen nur mit Schlüssel, Werkzeug oder im spannungslosen Zustand bzw. aktive Teile sind gesondert abgedeckt

Schutz durch Hindernisse oder Abstand

Hindernisse

- Hindernisse müssen eine unbewusste oder zufällige Berührung verhindern
- Hindernisse dürfen nicht unbeabsichtigt entfernt werden können
- absichtliches Berühren wird nicht verhindert, ist deshalb nur innerhalb elektrischer Betriebsstätten erlaubt

Abstand

- der Schutz ist erreicht, wenn direktes Berühren nicht möglich ist (min. 2,5m) Bsp. Freileitungen

Zusätzlicher Schutz durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen

- ergänzende Schutzmaßnahme, Schutz gegen direktes Berühren muss vorhanden sein
- Schutzschalter $\leq 30\text{mA}$, Körperstrom von 30mA ist i.d.R. ungefährlich
- durch Schreckreaktionen sind jedoch Unfälle möglich

Nach den VDE-Bestimmung ist meist ein zusätzlicher Schutz vorzusehen, z.B. in der Wohnhausinstallation. Dieser dient zur Verbesserung des Basisschutzes und auch des Fehlerschutzes.

Zusätzlicher Schutz durch RCDs ist in der Hausinstallation Pflicht bei Steckdosenstromkreisen bis 20 A und bei Endstromkreisen bis 32 A im Außenbereich (RCD mit $I_{\Delta N} \leq 30\text{mA}$ erforderlich).

Auf den zusätzlichen Schutz durch RCDs darf bei Steckdosen verzichtet werden, wenn diese

- fachlich ständig überwacht werden oder
- nur für ein bestimmtes Betriebsmittel errichtet werden.

Natürlich ist der Schutz gegen Überlastung mittels Leitungsschutzschalter trotz der zusätzlichen RCDs notwendig, weil RCDs nicht gegen Überlastung schützen. Deshalb wird in VDE 0100-410 empfohlen, RCDs mit eingebauten Überstromschutz (Fehlerstrom-Leitungsschutzschalter FI/LS-Schalter) zu verwenden.

Ein zusätzlicher Schutzpotenzialausgleich ergänzt den Fehlerschutz. Dieser Schutz erfolgt durch Verbinden aller berührbaren Körper von fest angebrachten Betriebsmitteln durch einen Schutzpotenzialausgleichsleiter von kleinem Widerstand. Mit dem Ausgleichsleiter ist der Schutzleiter PE zu verbinden.

9.3 Schutz bei indirektem Berühren

Elektrische Anlagen müssen nicht nur gegen direktes Berühren gesichert sein, sondern es soll auch im Fehlerfall keine Gefahrenstelle entstehen. Ziel ist es, das Entstehen einer gefährlichen Berührungsspannung zu verhindern.

Schutz durch Abschaltung oder Meldung

- Koordination zwischen Netzsystem und Schutzeinrichtung notwendig
- Voraussetzungen: Schutzleiter und Potenzialausgleich

Schutzisolierung

- besonders sichere Schutzmaßnahme
- zusätzliche Isolierung zur Basisisolierung, möglich ist auch eine verstärkte Isolierung
- berührbare Metallteile bei Betriebsmitteln der Schutzklasse II müssen durch Schutzisolierung von aktiven Teilen getrennt sein
- schutzisolierte Betriebsmittel müssen in Schutzart IP 2X ausgeführt sein
- Lack, Gewebe, Emaille sind nicht für Schutzisolierung geeignet
- leitfähige Teile innerhalb der Schutzisolierung müssen potenzialfrei bleiben, d.h. dürfen nicht an einen Schutzleiter angeschlossen werden (es sei denn, es ist in der Norm für dieses Betriebsmittel ausdrücklich vorgesehen)



Nichtleitende Räume

- dieser Schutz hat in der Praxis keine Bedeutung mehr

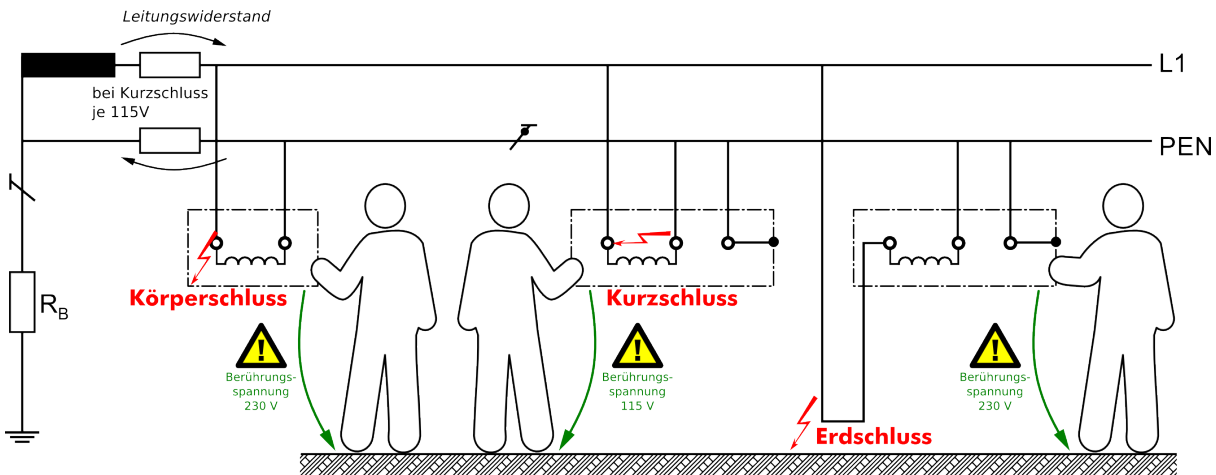
Erdfreier, örtlicher Potenzialausgleich

- Mischung zwischen nichtleitenden Raum und zusätzlichen Potenzialausgleich
- wird nur in Ausnahmefällen eingesetzt

Schutztrennung

- galvanische Trennung zwischen Verbraucherstromkreis und speisenden Netz

- Betriebsmittel der Schutzklasse I dürfen nicht geerdet werden
- Trennung durch Trenntransformatoren oder Motorgeneratoren
- ortsveränderliche Trenntransformatoren müssen schutzisoliert sein
- bei mehreren Verbrauchsmitteln entfällt erhöhte Schutzwirkung, die Verbraucher müssen dann über einen ungeerdeten Potenzialausgleichsleiter verbunden sein
- Abschaltbedingungen bei zwei gleichzeitigen Körperschlüssen: 0,2s bis 35A bei ortsveränderlichen Betriebsmitteln der Schutzklasse I, ortsfeste Betriebsmittel 5s



Ursachen für indirektes Berühren und mögliche Berührungsspannungen

10 Potenzialausgleich

Potenzialausgleich ist die elektrische Verbindung der Körper elektrischer Betriebsmittel und fremder leitfähiger Teile, um gleiches oder annähernd gleiches Potenzial zu schaffen.

10.1 Hauptpotenzialausgleich

Nach VDE 0100 Teil 410 muss bei jedem Hausanschluss bzw. bei jeder gleichwertigen Versorgungseinrichtung ein Hauptpotenzialausgleich ausgeführt werden. Dieser Hauptpotenzialausgleich muss folgende leitfähige Teile miteinander verbinden:

• Hauptschutzleiter	vom Hausanschlusskasten (HAK) abgehender Schutzleiter bzw. PEN-Leiter
• Haupterdungsleiter	vom Erder abgehender Erdungsleiter, z. B. Anschlussfahne vom Fundamenterder
• Hauptwasser- und -gasrohre	Wasserverbrauchsleitungen und Gasinnenleitungen nach der Hauseinführung in Fließrichtung hinter der ersten Absperrarmatur
• andere metallene Rohrsysteme	Steigleitungen zentraler Heizungs- und Klimaanlage, Metallteile der Gebäudekonstruktion soweit möglich, z. B. Stahlträger bei Stahlskelettbauweise, Aufzugsführungsschiene Metallfassaden usw.

Auch die Fernmelde- und Antennenanlage wird in den Hauptpotenzialausgleich einbezogen.

Grundprinzip des Hauptpotenzialausgleichs:

Durch die leitende Verbindung von verschiedenen leitfähigen Teilen untereinander sowie mit dem Hauptschutzleiter bzw. Haupterdungsleiter wird Potenzialgleichheit erreicht. Dadurch wird die Höhe

einer möglichen Berührungsspannung deutlich herabgesetzt. Bei einem Fehler durch Verbindung eines unter Spannung stehenden Leiters mit dem Hauptpotenzialausgleich schaltet die Schutzeinrichtung im TN- bzw. TT-System unverzögert ab.



Bemessung und Ausführung der HauptPotenzialausgleichsleiter

Nach VDE 0100 Teil 540 bemisst sich der Querschnitt der Hauptpotenzialausgleichsleiter nach dem größten Schutzleiter der Anlage (Hauptschutzleiterquerschnitt).

Kennzeichnung der Potenzialausgleichsleiter

Potenzialausgleichsleiter können nach VDE 0100 Teil 510 in ihrem ganzen Verlauf grün-gelb gekennzeichnet sein. Zum Teil werden als Potenzialausgleichsleiter auch einadrige Mantelleitungen verlegt. Hierbei sind die Enden der Leitungen grün-gelb zu kennzeichnen.

Potenzialausgleichsschiene

Die Potenzialausgleichsleiter werden zentral in der Nähe des Hausanschlusses an eine Potenzialausgleichsschiene oder Haupterdungsschiene angeschlossen. Dabei können Rohrleitungen auch untereinander verbunden werden und durch einen einzigen Potenzialausgleichsleiter an die Potenzialausgleichsschiene angeschlossen werden.

Anschlüsse von Potenzialausgleichsleitern

Für eine dauerhafte elektrische Verbindung müssen die Anschlüsse sorgfältig hergestellt werden und eine ausreichende mechanische Festigkeit haben. Die Leiterenden von mehr- oder feindrähtigen Potenzialausgleichsleitern müssen mit Aderendhülsen oder Kabelschuhen versehen werden, wenn die Klemmen nicht für den Anschluß von mehr- oder feindrähtigen Leitern geeignet sind. Das Verlöten von Leiterenden ist bei betrieblichen Erschütterungen und bei Verwendung von Schraubklemmen nicht erlaubt.

Zusätzlicher Potenzialausgleich

Während der Hauptpotenzialausgleich grundsätzlich erforderlich ist, wird der zusätzliche Potenzialausgleich für Bereiche mit besonderer Gefährdung oder in bestimmten Fällen bei den Schutzmaßnahmen notwendig.

Der zusätzliche Potenzialausgleich bei Schutzmaßnahmen wird benötigt:

- wenn die Abschaltbedingungen im TN- oder TT-System nicht eingehalten werden können (in der Praxis wird bei Verwendung einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung diese Maßnahme nicht erforderlich sein),
- wenn im IT-System eine Isolations-Überwachungseinrichtung mit zusätzlichem Potenzialausgleich vorgesehen wird,
- bei Schutztrennung mit mehreren Verbrauchsmitteln,
- bei Schutztrennung mit einem Verbrauchsmittel bei Arbeiten in Kesseln, Metallgerüsten, Rohren usw.

11 Erdungsanlagen

Für Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren sind in der Regel Erder erforderlich. Erder werden auch für Blitzschutzanlagen, Antennenanlagen und Geräte der Informationstechnik gefordert. Durch eine Erdung erfolgt eine Verbindung von elektrisch leitfähigen Teilen mit dem Erdreich.

12 Schutzleiter

Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Körperströme für den Schutz durch Abschaltung oder Meldung setzen einen Schutzleiter voraus. Der Schutzleiter wird an die Körper der elektrischen Be-

triebsmittel angeschlossen. Im Fehlerfall (Körperschluss) fließt über den Schutzleiter ein Fehlerstrom, der zur Abschaltung oder Meldung führt. Die Anschlussstelle für den Schutzleiter muss durch das Zeichen \oplus oder mit »PE« gekennzeichnet werden. Befestigungsschrauben sind für den Schutzleiteranschluss unzulässig. Zu beachten ist, dass bei einer Schutzleiterunterbrechung die Schutzwirkung der Schutzmaßnahme nicht mehr gegeben ist. Daher muss der Schutzleiter sowohl den thermischen Belastungen (Fehlerstrom) als auch möglichen mechanischen Beanspruchungen (insbesondere bei getrennter, ungeschützter Verlegung) gewachsen sein.

12.1 Schutzleiterquerschnitt

Der erforderliche Schutzleiterquerschnitt kann dem Außenleiterquerschnitt entsprechend zugeordnet oder berechnet werden. Wird der Schutzleiter getrennt verlegt, ist ein Mindestquerschnitt von 2,5 mm² bei geschützter Verlegung und 4 mm² bei ungeschützter Verlegung mindestens erforderlich. Für den PEN-Leiter ist ein Mindestquerschnitt von 10 mm² vorzusehen.

Zuordnung der Schutzleiterquerschnitte zu den Außenleiterquerschnitten

Nach VDE 0100 Teil 540 beträgt der entsprechende Mindestquerschnitt des Schutzleiters bei Zuordnung nach dem Querschnitt der Außenleiter der Anlage:

Außenleiterquerschnitt S [mm ²]	$S \leq 16$	$16 < S \leq 35$	$S > 35$
Schutzleiterquerschnitt [mm ²]	S	16	$\frac{1}{2} S$

12.2 Art und Ausführung des Schutzleiters

Als Schutzleiter können außer isolierten oder blanken Leitern auch Mäntel, Schirme und konzentrische Leiter von bestimmten Kabeln sowie Metallrohre (außer Gasleitungen), Installationskanäle, Gehäuse von Stromschiensystemen und fremde leitfähige Teile benutzt werden. Dabei muss eine durchgehende niederohmige Verbindung gewährleistet sein. Aus diesem Grund sind metallene Wasserrohre, Spannseile, Aufhängeseile, Metallschläuche und dergleichen in der Regel hierfür nicht geeignet. Schutzleiterverbindungen müssen zugänglich sein, außer wenn sie vergossen sind. Die Anschluss- bzw. Verbindungsstellen von Schutzleitern müssen gegen Selbstlockern, z. B. durch Zahnscheiben oder Federringe, geschützt sein.

Kennzeichnung

Isolierte Schutz- und PEN-Leiter müssen durchgehend in ihrem gesamten Verlauf grün-gelb gekennzeichnet sein. Werden einadrige Kabel oder Mantelleitungen verlegt, muss eine dauerhafte grün-gelbe Kennzeichnung an den Enden angebracht werden, wenn auf eine durchgehende Aderkennzeichnung verzichtet wird.

13 Prüfungen

Durch eine Prüfung soll der ordnungsgemäße Zustand des Betriebsmittels beurteilt werden können. Weiterhin wird durch eine Prüfung die Einhaltung bestehender Normen nachgewiesen. In verschiedenen Normen und Gesetzen wird eine Prüfung ausdrücklich gefordert.

Vor der ersten Inbetriebnahme und nach Änderung, Erweiterung und Instandsetzung sind elektrische Anlagen und Betriebsmittel durch eine Elektrofachkraft nachweisbar auf ihren ordnungsgemäßen Zustand und ihre Wirksamkeit zu prüfen.

Außerdem müssen in bestimmten Zeitabständen Wiederholungsprüfungen durchgeführt werden.

Nachfolgend wird nur auf eine Prüfung elektrischer Geräte eingegangen, da diese im Berufsbild des IT-Systemelektronikers die größte Bedeutung hat.

13.1 Prüfung elektrischer Geräte

Nach der Instandsetzung oder Änderung von Gebrauchs- und Arbeitsgeräten (VDE-Normen der Gruppe 7) wie z. B.:

- Elektro-Motorgeräte,
- Elektro-Wärmegeräte,
- Elektro-Werkzeuge,
- Leuchten,
- Geräte der Informationstechnik einschließlich Fernmeldegeräte und elektrische Büromaschinen

muss anschließend eine Prüfung durchgeführt werden. Die Prüfung ist nicht erforderlich, wenn lediglich Teile nach Gebrauchsanweisung instand gesetzt werden (z. B. bei Austausch von Sicherungen). Die Reparatur oder Änderung muss so ausgeführt werden, dass das Gerät nicht sicherheitsmindernd verändert wird. Die verwendeten Ersatzteile oder Einzelteile für die Reparatur bzw. Änderung müssen den für das Gerät geltenden Bestimmungen entsprechen.

Die Prüfung besteht aus

- Besichtigung,
- Messung und
- Funktionsprüfung.

Als Ergebnis muss das Gerät sicherheitstechnisch beurteilt werden können.

Sichtprüfung

Bei der Sichtprüfung müssen die zur Sicherheit beitragenden Teile des Gerätes durch Besichtigen auf erkennbare Mängel oder Schäden geprüft werden. Dazu gehören insbesondere sichtbare Isolierungen und Isolierteile, Gehäuse von Geräten der Schutzklasse II, Anschlussleitung, Zugentlastung und Biegeschutztülle, Schutzleiteranschluss und -verbindung, Luftfilter, Kühlöffnungen und -rippen, Schutzabdeckungen sowie Aufschriften, die der Sicherheit dienen.

Messung

Die Industrie bietet geeignete Messgeräte für Geräteprüfungen nach VDE 0701 an. Es empfehlen sich für die Praxis kombinierte Messgeräte, die neben der Prüfung auch für die Fehlersuche und zur Funktionsprüfung geeignet sind. Mit solchen Messgeräten lassen sich zusätzlich noch folgende Prüfungen bzw. Messungen durchführen:

- Überprüfen des Netzanschlusses durch Netz-Schutzleiterprüfung, Netzschleifenwiderstandsmessung, Netzspannungsmessung;
- Prüfungen für die Fehlersuche durch Strommessung, Durchgangsprüfung (mit akustischem Signal), Widerstandsmessung, Kapazitätsbestimmung an losen Störschutzkondensatoren, Temperaturmessung mit Temperaturfühler.

Zur Prüfung des Gerätes nach Instandsetzung bzw. Änderung müssen folgende Messungen durchgeführt werden:

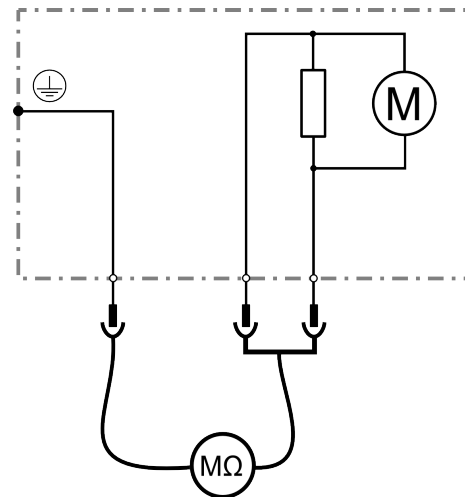
Schutzleiter-Widerstandsmessung

Hierbei wird der niederohmige Durchgang des Schutzleiters zwischen dem Körper (Metallgehäuse) des Gerätes und dem Schutzkontakt des Anschlusssteckers bzw. der Schutzleiter-Anschlussklemme am netzseitigen Ende des festen Anschlusses durch Messung des Widerstandes nachgewiesen. Während der Messung wird die Anschlussleitung abschnittsweise über die ganze Länge bewegt, um Beschädigungen des Schutzleiters (Leiterbruch) feststellen zu können.

Zulässig ist auch die Messung des Widerstandes zwischen dem Körper des Gerätes und dem Schutzleiteranschluss (Schutzkontakt) einer Steckdose am gleichen Versorgungskreis. Diese Art der Schutzleiterprüfung erleichtert die Durchführung der Messung bei fest eingebauten und angeschlossenen Geräten, z.B. Stromversorgung in einem 19" Einbauschränk.

Bei Geräten mit Wasser- oder Gasanschluss kann es notwendig sein, den Schutzleiter an der Netzanschluss-Stelle für die Messung abzutrennen. Ansonsten können die Anschlussrohre wie ein Nebenschluss wirken und die Messung verfälschen. Nach der Prüfung muss der Anschluss des Schutzleiters dann wieder ordnungsgemäß hergestellt werden.

Ein niederohmiger Durchgang des Schutzleiters ist bis zu einem Messwert von ca. 1 Ω gegeben. Bei Geräten mit Netzanschlussleitung mit Stecker liegen die Messwerte bei ca. 0,3 Ω .



Isolationswiderstandsmessung

Bei der Isolationswiderstandsmessung wird der Isolationswiderstand zwischen dem Körper bei Geräten der Schutzklasse I bzw. berührbaren Metallteilen bei Geräten der Schutzklasse II und der Innenschaltung des Gerätes gemessen. Bei der Isolationswiderstandsmessung muss bei einem Belastungswiderstand von 0,5 M Ω die Ausgangsgleichspannung mindestens 500 V betragen.

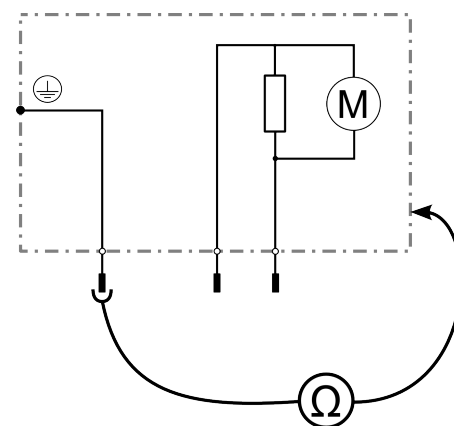
Während der Messung müssen Schalter, Temperaturregler, Druckwächter usw. geschlossen sein, damit auch alle durch Netzspannung beanspruchten Isolierungen bei dieser Messung erfasst werden. Der gemessene Isolationswiderstand muss bei Geräten der

- Schutzklasse I $\geq 0,5 \text{ M}\Omega$,
- Schutzklasse II $\geq 2,0 \text{ M}\Omega$,
- Schutzklasse III $\geq 250 \text{ k}\Omega$ betragen.

Ersatz-Ableitstrommessung

Die Messung heißt Ersatz-Ableitstrommessung, da eine ordnungsgemäße Ableitstrommessung nach den Gerätenormen in der Praxis in der Regel nicht möglich ist. Hierfür müssten die Geräte beispielsweise isoliert aufgestellt werden bzw. an eine von Erde isolierte Spannungsquelle angeschlossen werden.

Bei der Ersatz-Ableitstrommessung muss der Messkreis vom Netz galvanisch getrennt sein, wenn das Messgerät mit Netzspannung betrieben wird. Dabei wird der Ableitstrom zwischen betriebsbedingt unter Spannung stehenden Teilen und berührbaren Metallteilen gemessen. Die Messwechselspannung von 50 Hz muss zwischen 25 V und maximal 250 V im Leerlauf liegen. Bei einer Leerlaufspannung über 50 V darf der Kurzschlussstrom aus Sicherheitsgründen nicht über 3,5 mA steigen.

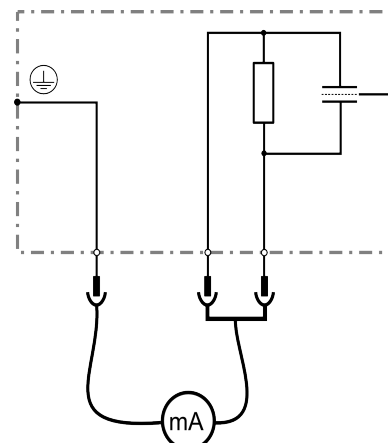


Die Ersatz-Ableitstrommessung wird bei Geräten der Schutzklasse I durchgeführt, wenn

- bei Geräten mit Heizelementen der Isolationswiderstand von 0,5 M Ω bei der Isolationswiderstandsmessung nicht erreicht wurde oder
- Funk-Entstörkondensatoren ersetzt oder nachträglich eingebaut wurden.

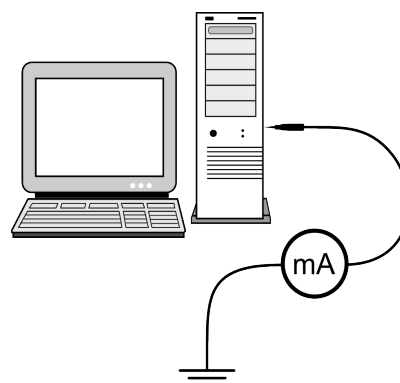
Der gemessene Ableitstrom zwischen betriebsbedingt unter Spannung stehenden Teilen und berührbaren Metallteilen darf maximal

- 15 mA bei Geräten mit einer Heizleistung 6 kW,
- 1 mA/kW bei Geräten mit festem Netzanschluss, die durch einen zusätzlichen Potenzialausgleichsleiter miteinander verbunden sind,
- 7 mA bei allen anderen Geräten nicht überschreiten.



Prüfung auf Spannungsfreiheit berührbarer leitfähiger Teile bei Büromaschinen

Gemäß DIN VDE 0701 Teil240 muss nach Wartung, Instandsetzung oder Änderung an DV-Einrichtungen und Büromaschinen die Spannungsfreiheit berührbarer leitfähiger Teile, die nicht mit dem Schutzleiter verbunden sind, festgestellt werden. Diese Messung muss in beiden Positionen des Netzsteckers erfolgen.



Funktionsprüfung

Nach erfolgter Instandsetzung bzw. Änderung eines Gerätes wird die einwandfreie Funktion des Gerätes bei Normalbetrieb getestet. Dabei muss festgestellt werden, dass offensichtliche Sicherheitsmängel nicht bestehen. Hinweise des Herstellers oder Einführers müssen dabei beachtet werden.

Aufschriften

Im Rahmen von Instandsetzungen oder Änderungen von Geräten vorgefundene beschädigte, fehlende oder nicht mehr lesbare Aufschriften, die die Sicherheit betreffen (Angabe der Drehrichtung, Hinweise auf Schutzabdeckungen usw.), müssen wieder hergestellt werden.

Bei Änderungen von Geräten müssen bestehende Aufschriften den durchgeführten Änderungen entsprechend geändert oder ergänzt werden.

13.2 Nachweis der Prüfung

In der Regel ist eine schriftliche Niederlegung des Prüfergebnisses erforderlich. In der Praxis hat sich die Niederschrift des Prüfergebnisses in einem Prüfprotokoll bewährt.

Ein korrekt und vollständig ausgefülltes Prüfprotokoll ist ein wichtiger Entlastungsbeweis für den Techniker bei späteren Reklamationen oder bei Ermittlungen der Staatsanwaltschaft bei einem Stromunfall. Prüfprotokolle sollten deshalb auch über einen längeren Zeitraum (etwa 10 Jahre) aufbewahrt werden.

14 Planung und Errichtung elektrischer Anlagen

Die Aufgaben eines IT-Systemelektronikers umfassen die Erweiterung von elektrischen Anlagen zum Anschluss von Geräten der Informations- und Telekommunikationstechnik.

14.1 Allgemeine Grundsätze

Elektrische Leitungen müssen so bemessen sein, dass sie:

- eine ausreichende mechanische Festigkeit haben,
- durch den elektrischen Strom nicht unzulässig warm werden,
- keinen zu großen Spannungsfall hervorrufen und
- einen so kleinen Leitungswiderstand haben, dass bei einem Kurzschluss am Leitungsende die vorgeschaltete Überstrom-Schutzeinrichtung die Leitung abschaltet.

Deshalb müssen elektrische Leitungen bemessen werden nach

- Mindestquerschnitt der Leiter,
- Strombelastbarkeit der Leiter,
- Spannungsfall der Leiter und
- höchstzulässige Leitungslänge zur Abschaltung

bei Kurzschluss.

Ermittlung der Leiterquerschnitte	
Bedingung	Bemessungsgrundlage
Bemessungsstrom klein, Leitung nicht sehr lang	Mindestquerschnitt
Bemessungsstrom beliebig, Leitung mit normaler Länge	Strombelastbarkeit der Leiter
Lange Leitung, Bemessungsstrom beliebig	Spannungsfall
Sehr lange Leitung, Bemessungsstrom beliebig	Spannungsfall und Prüfung auf Abschaltung bei Kurzschluss

Im Einzelfall ist immer der größte Querschnitt der vier Bemessungsverfahren zu verwenden. Je nach Art der Leitung sind verschiedene Bemessungsverfahren maßgebend.

14.2 Mindestquerschnitte

Die Mindestquerschnitte müssen so groß sein, dass die mechanische Belastung im Betrieb, vor allem von flexiblen Leitungen, und beim Verlegen der Leitungen, z.B. beim Einziehen in Rohre, ausgehalten wird.

Leitungen sind nach dem Mindestquerschnitt zu bemessen, wenn die Leitungslänge und die Stromstärke klein sind.

Bemessungsstromregel:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \quad I_Z \geq I_N \geq I_B$$

I_B	Betriebsstrom des Stromkreises
I_N	Bemessungsstrom der Überstrom-Schutzeinrichtung
I_Z	Strombelastbarkeit von Leitung und Kabel

Mindestquerschnitte (Auswahl)	
Kupferquerschnitt in mm ²	Leistungsart, Bemessungsart
0,1	flexibel, ≤ 2m, Handgeräte ≤ 1A
0,5	flexibel, ≤ 2m; Geräte bis 2,5A, in Schaltanlagen bis 2,5A
0,75	flexibel, bis 10A, in Schaltanlagen > 2,5 bis 16A
1,0	flexibel, bis 10A, in Schaltanlagen > 16A
1,5	Feste geschützte Verlegung
10,0	Starkstromfreileitung

Weitere Werte siehe Anhang oder Tabellenbuch Elektrotechnik

14.3 Strombelastbarkeit

Bei den üblichen Stromstärken sind die Leiterquerschnitte nach der Strombelastbarkeit aus Tabellen zu ermitteln. Die vor die Leitungen zu setzende Überstrom-Schutzeinrichtung darf keinen größeren Bemessungsstrom (Nennstrom) I_N haben als die Strombelastbarkeit I_Z der Leiter beträgt. Der Betriebsstrom I_B darf höchstens so groß sein wie der Bemessungsstrom der Überstrom-Schutzeinrichtung.

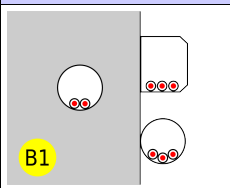
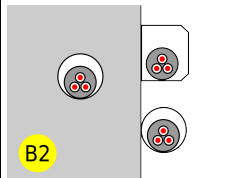
Meist sind die Leiterquerschnitte einer Leitung nach der Strombelastbarkeit zu ermitteln.

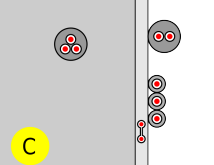
Die Strombelastbarkeit der Leiter von Leitungen hängt von der zulässigen Erwärmung ab. Diese ist abhängig vom Leiterquerschnitt, von der Verlegeart, von der Leitungsisolierung und von der Umgebungstemperatur. Die Angabe der Strombelastbarkeit erfolgt in Tabellen für Umgebungstemperaturen von 30°C oder von 25°C. In Deutschland kann von einer Umgebungstemperatur von 30°C ausgegangen werden. Wenn in einer Tabelle die Werte für 30°C angegeben sind, darf für die Temperatur von 25°C die Strombelastbarkeit erhöht werden.

Umrechnungsfaktoren für andere Umgebungstemperaturen						
Isolation	Faktor bei Umgebungstemperatur					
	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C
Gummi	1,08	1	0,91	0,82	0,71	0,58
PVC	1,08	1	0,94	0,87	0,79	0,71

Strombelastbarkeit fest verlegter Leitungen

Bei fest verlegten Leitungen der Energietechnik unterscheidet die Norm acht Verlegearten nach ihrem Vermögen zur Wärmeabgabe.

Gruppe/Ansicht	Erklärung
	<p>Aderleitungen verlegt auf der Wand bzw. Decke oder auf dem Fußboden in Elektroinstallationsrohren oder -kanälen.</p> <p>Mäßige Wärmeabfuhr</p>
	<p>Mehradrige Leitungen z.B. Mantelleitung verlegt auf oder in der Wand bzw. Decke oder unter Putz in Elektroinstallationsrohren oder -kanälen.</p> <p>Wärmeabfuhr geringer als bei B1</p>

Gruppe/Ansicht	Erklärung
	<p>Verlegung auf der Wand, der Decke oder auf dem Fußboden auf, in oder unter Putz, auch im offenen Kanal und belüfteten geschlossenen Elektroinstallationskanal (Stegleitungen sind nur im oder unter Putz zu verlegen).</p> <p>Gute Wärmeabfuhr</p>

Meist erfolgt die Verlegung nach den Klassen B1, B2 und C mit der entsprechenden Belastbarkeit.

Strombelastbarkeit von fest verlegten Leitungen bei Umgebungstemperatur $\vartheta_u=30^\circ\text{C}$ (Auswahl)				
Kupferquerschnitt im mm^2	belastete Adern	Belastbarkeit in A bei Verlegungsart		
		B1	B2	C
1,5	2	17,5	16,5	19,5
	3	15,5	15	17,5
2,5	2	24	23	27
	3	21	20	24
4	2	32	30	36
	3	28	27	32
6	2	41	38	46
	3	36	34	41
10	2	57	52	63
	3	50	46	57

Strombelastbarkeit von flexiblen Leitungen

Bei flexiblen Leitungen muss unterschieden werden, ob es sich um Leitungen der Energietechnik handelt oder um Leitungen der Informationstechnik.

Flexible Leitungen der Energietechnik, z.B. Gummischlauchleitungen, können fest verlegt sein, z.B. in Wohnwagen, oder lose, z.B. beim Anschluss von Elektrogeräten. Bei fester Verlegung dieser Leitungen gelten die Werte von Tabelle „Strombelastbarkeit von fest verlegten Leitungen bei Umgebungstemperatur“ (siehe oben). Bei loser Verlegung ist die Strombelastbarkeit vom Leiterquerschnitt und der Umgebungstemperatur abhängig.

Flexible Leitungen der Energietechnik, die lose verlegt sind, sind besser gekühlt als fest verlegte Leitungen und können daher höher belastet werden.

Die Umrechnungsfaktoren für verschiedene Umgebungstemperaturen bei loser Verlegung sind entsprechenden Tabellenbüchern zu entnehmen.

14.4 Spannungsfall

Der Spannungsfall darf vom Zähler bis zum Verbrauchsmittel höchstens 3% der Bemessungsspannung des Netzes betragen und bei Anlagen bis 100 kVA vom Hausanschluss bis zum Zähler 0,5%.

Damit soll erreicht werden, dass die Verbrauchsmittel die für ihren Betrieb erforderliche Spannung erhalten.

Durch Einhalten der Grenze für den Spannungsfall wird auch bei langen Leitungen die erforderliche Spannung an den Verbrauchsmitteln und sicheres Abschalten bei einem Kurzschluss erreicht.

Der Spannungsfall ist gleich dem gemessenen Spannungsunterschied $\Delta U = U_2 - U_1$. Bei AC und 3AC ist ΔU etwa das $(\cos \varphi)$ -fache vom Produkt Stromstärke mal Leitungswiderstand .

Bei allen Stromarten:

$$\Delta U = U_1 - U_2 \quad \Delta u = \frac{\Delta U \cdot 100\%}{U}$$

Bei DC:

$$\Delta U = \frac{2 \cdot I \cdot l}{\gamma \cdot A}$$

Bei AC:

$$\Delta U = \frac{2 \cdot I \cdot l \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot A}$$

Bei 3AC(Drehstrom)

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot l \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot A}$$

ΔU	(absoluter) Spannungsfall
Δu	Auf Bemessungsspannung bezogener (relativer) Spannungsfall in %
U_1	Spannung am Leitungsanfang
U_2	Spannung am Leitungsende
U	Bemessungsspannung der Last oder des Netzes
I	Leiterstrom
l	Leitungslänge
A	Leitungsquerschnitt
γ	Leitfähigkeit (bei Cu: 56 Sm/(mm ²) für 20°C)
$\cos \varphi$	Leistungsfaktor $\cos \varphi = \text{Wirkleistung } P / \text{Scheinleistung } S$

Die Berechnung des Spannungsfalls oder des Leiterquerschnitts mithilfe des Spannungsfalls ergibt nur einen ungefähren Wert, da die Leitfähigkeit des Leitmaterials von der Temperatur ϑ des Leiters abhängig ist, die wiederum von der Strombelastung und der Umgebungstemperatur abhängt, also nur grob abgeschätzt werden kann.

Bei schwach belasteten Leitungen kann mit $\gamma = 56 \text{ Sm/mm}^2$ gerechnet werden. Bei durchschnittlich belasteten Leitungen kann mit $\vartheta = 50^\circ\text{C}$ und damit $\gamma = 50 \text{ Sm/mm}^2$ gerechnet werden. Beim *worst case* (schlimmster Fall) einer dauernd sehr stark belasteten Leitung müsste mit der höchstzulässigen Betriebstemperatur ϑ (bei PVC-Isolierung $\vartheta = 70^\circ\text{C}$) und $\gamma = 47 \text{ Sm/mm}^2$ gerechnet werden.

14.5 Überlastschutz und Kurzschlusschutz

Elektrische Leitungen werden durch Überstrom-Schutzeinrichtungen gegen eine zu große Stromstärke durch Abschalten der Leitung geschützt, und zwar bei Überlastung und bei Kurzschluss. Entsprechend unterscheidet man den Überlastschutz und den Kurzschlusschutz.

Der Überlastschutz und der Kurzschlusschutz wird durch Überstrom-Schutzeinrichtungen erfüllt.

Die Überstrom-Schutzeinrichtung für den Überlastschutz kann am Anfang der Leitung liegen oder aber zum Verbrauchsmittel hin verschoben sein. Dagegen muss die Überstrom-Schutzeinrichtung für den Kurzschlusschutz immer am Anfang der Leitung liegen.

Der Bemessungsstrom der Überstrom-Schutzeinrichtung für den Überlastschutz darf höchstens so groß sein wie die Strombelastbarkeit der zu schützenden Leitung.

Liegt die Überstrom-Schutzeinrichtung am Anfang der Leitung und ist ihr Bemessungsstrom höchstens so groß wie die Strombelastbarkeit nach Tabelle „Strombelastbarkeit von fest verlegten Leitungen bei Umgebungstemperatur 30°C“ (Seite 30) so kann sie grundsätzlich den Überlastschutz und den Kurzschlusschutz übernehmen.

Allerdings ist bei vielen Verbrauchsmitteln der Einschaltstrom sehr viel größer als der Betriebsstrom, sodass reichlicher abgesichert werden muss. Deshalb und wegen der Einstufung der Überstrom-Schutzeinrichtungen erfolgt die Anpassung an den Bemessungsstrom des Verbrauchsmittels nur sehr grob, sodass der Überlastschutz nur grob erfüllt ist.

Mit einer einzigen Überstrom-Schutzeinrichtung kann der Überlastschutz nur grob erfüllt werden.

Deshalb wird oft eine Überstrom-Schutzeinrichtung z.B. ein Leitungsschutzschalter, für den Kurzschlusschutz am Anfang der Leitung angeordnet und eine zweite Überstrom-Schutzeinrichtung für

den Überlastschutz, z.B. ein Motorstarter. In diesem Fall kann der Bemessungsstrom der Überstrom-Schutzeinrichtung für den Kurzschlusschutz erheblich größer sein als der Bemessungsstrom bzw. der eingestellte Strom für den Überlastschutz.

Jedoch darf dann die Leitung nur so lang sein, dass bei einem Kurzschluss genügend schnell eine Abschaltung erfolgt (Tabellenbuch Elektrotechnik).

Überstrom-Schutzeinrichtungen sind immer dann erforderlich, wenn im Zuge der Leitung zum Verbraucher hin die Strombelastbarkeit der Leitung verringert wird, z.B. durch Verringerung des Leiterquerschnitts.

14.6 Prüfungen

Vom Errichter durchzuführende Prüfungen bei Schutzmaßnahmen mit Schutzleiter (Erstprüfung) nach DIN VDE 0100-600		
Schutzmaßnahme	Prüfung	Prüfverfahren
Alle Schutzmaßnahmen mit Schutzleiter	Besichtigen: Sind Schutzeinrichtungen richtig ausgewählt? Haben PE, PB und Erdungsleiter den richtigen Querschnitt und die richtige Kennzeichnung?	
Durchgängigkeit	Prüfung , ob PE ohne Verbindung zum N ist, z.B. durch Spannungsmessung gegen Erde	
Isolationswiderstand eines einzelnen Stromkreises	Durchgängigkeit: Bei PE und PB ist zu prüfen, ob an einer Spannung von 4V bis 24V ein Strom von $\geq 0,2$ A zum Fließen kommt. Prüfung mit einigen Milliampere genügt nicht.	Isolationswiderstand: Messung in der Verteilung (bei $U_N \leq 500$ V messen mit DC 500V), Isolationswiderstand $R_x \geq 1$ M Ω . Bei Wiederholungsprüfung muss $R_x \geq 1$ k Ω /V sein, am 230V-Netz also 230k Ω .
Schutz infolge automatischer Abschaltung durch RCD	Prüfen, ob die RCD richtig arbeitet. Prüfen, ob die Fehler-spannung bei künstlichen Fehler ≤ 50 V ist.	Prüftaste betätigen. Messung der Fehlerspannung oder beim TT-System Messung des Erdungswiderstandes R_A . Es muss dann sein $R_A \leq 50 V / I_{\Delta N}$
Schutz infolge automatischer Abschaltung durch Überstrom-Schutzeinrichtung	Prüfen, ob beim TN-System Z_{Sm} und beim TT-System R_A genügend klein sind. Da Z_{Sm} bei einer niedrigeren Leitungstemperatur als der Betriebstemperatur gemessen wird, muss sein $Z_{Sm} \leq \frac{2}{3} \cdot \frac{U_0}{I_a}$	Schleifenimpedanzmessung an der entferntesten Stelle. Erdungswiderstand im TT-System messen. Es muss dann sein $R_A \leq 50 V / I_a$ I_a je nach Typ der Überstrom-Schutzeinrichtungen $I_a = 5 \cdot I_N$ oder $I_a = 20 \cdot I_N$
Schutz infolge Meldung durch Isolationsüberwachungseinrichtung IMD	Prüfen, ob die Überwachungseinrichtung richtig arbeitet. Prüfen, ob alle leitfähigen Konstruktionsteile niederohmig verbunden sind.	Betätigen der Prüftaste, Erdungswiderstandsmessung, Durchgängigkeitsprüfung.
N I_a I_N I_{ΔN} R_A R_x U₀ Z_{Sm}	Neutralleiter, PE Schutzleiter, PB Schutzpotenzialausgleichsleiter, Abschaltstrom der Überstrom-Schutzeinrichtung, Bemessungsstrom der Überstrom-Schutzeinrichtung, Bemessungsdifferenzstrom der RCD, Widerstand des Anlagenerders, Isolationswiderstand, Bemessungsspannung gegen Erde, gemessene Schleifenimpedanz	

15 EMV (Elektromagnetische Verträglichkeit)

15.1 Aufgabe der EMV

Einerseits beeinflussen von außen wirkende Spannungen elektronische Bauelemente und durch hohe Spannungen werden diese beschädigt. Andererseits beeinflussen elektrotechnische Betriebsmittel ihre Umgebung durch ihre Spannung und ihren Strom.

Maßnahmen zur EMV sollen sicherstellen, dass elektrotechnische Einrichtungen ohne Probleme in ihren Umfeld arbeiten.

Nach den Richtlinien der EU müssen elektrische Geräte mit dem CE-Kennzeichen (Konformitätskennzeichen) von demjenigen versehen sein, der sie in den Verkehr bringt.

Mit dem Kennzeichen wird versichert, dass das deutsche EMV-Gesetz und die EMV-Richtlinie der EU eingehalten wird.

15.2 Arten der Felder

Elektrisches Feld (E-Feld)

Wenn zwischen zwei Polen eine elektrische Spannung besteht, so ist im Zwischenraum ein elektrisches Feld mit der Feldstärke E wirksam.

Gleichspannung → elektrisches Gleichfeld (ständig gleiche Richtung der Feldlinien)

Wechselspannung → elektrisches Wechselfeld (dauernd wechselnder Richtung der Feldlinien)

Ein elektrisches Gleichfeld, das durch Ladungstrennung erzeugt wird, nennt man elektrostatisches Feld.

Magnetisches Feld (H-Feld)

Jeder elektrische Strom ruft ein Magnetfeld mit der Feldstärke H hervor.

Gleichstrom → magnetisches Gleichfeld

Wechselstrom → magnetisches Wechselfeld

Elektromagnetisches Feld

Elektrische und magnetische Wechselfelder können das jeweils andere Wechselfeld hervorrufen (z.B. durch Induktion). Man bezeichnet daher beide Felder als elektromagnetische Felder.

15.3 Entstehung von elektromagnetischen Störungen

Eine elektromagnetische Störung wird auch als **EMI** (Electromagnetic Interference) bezeichnet. Eine EMI entsteht, wenn sich ein elektrisches oder ein magnetisches Feld ändert.

Durch Gehen über einen isolierten Fußbodenbelag lädt sich der menschliche Körper wie ein Kondensator elektrisch auf, es entsteht eine hohe Spannung. Berührt man nun ein geerdetes Gerät, so bricht diese Spannung zusammen und ruft dabei einen Stromstoß hervor.

Besonders starke EMIs werden durch einen Blitzschlag hervorgerufen, auch wenn der Einschlag in einiger Entfernung erfolgt. Bei diesem **LEMP** (Lightning Electromagnetic Pulse) fließt dann ein kurzer, aber sehr großer und energiereicher Strom.

EMIs entstehen durch sich ändernde elektromagnetische Felder

Außer durch LEMPs entstehen EMIs durch das Schalten des elektrischen Stromes, z.B. durch einen Schalter, oder durch Anschnittsteuerung des Wechselstromes.

15.4 Maßnahmen gegen EMIs

EMIs können durch Maßnahmen an der Störquelle, an der Kopplung und an der Stör-
senke bekämpft werden.

Maßnahmen an der Störquelle

- Auswahl störfreier Betriebsmittel
- „antistatische“ Unterlagen am Betriebsmittel
- Entstörung der Betriebsmittel durch Kurzschluss mittels VDR (spannungsabhängiger Widerstand)
- Bauelemente für den Überspannungsschutz (z.B. Suppressordioden, Gasableiter)

Maßnahmen gegen Kopplung

Induktive Kopplung: Sie erfolgt vor allem durch Induktionsschleifen. Sie vermeidet man durch

- nahe beieinander liegende Leiter desselben Stromkreises
- gemeinsame Leitungswege für die verschiedenen Systeme
- Verwendung kopplungsfreier Glasfaserleitungen bei Signalleitungen
- Verwendung kopplungsfreier Leitungen mit verdrehten Adern
- Schirmung bei hohen Frequenzen

Kapazitive Kopplung: Sie erfolgt zwischen jedem unter Spannung stehenden Leiter zu jedem elektrisch leitenden Gegenstand, wenn Leiter und Gegenstand voneinander elektrisch isoliert sind. Sie vermeidet man durch

- größere Abstände
- Schirmung mittels elektrisch leitender Schirme

Galvanische Kopplung: Sie erfolgt zwischen elektrischen Leitern, die miteinander mäßig leitend verbunden sind, z.B. über Erde. Sie vermeidet man durch Schutzpotenzialausgleichsleitungen (SPL).

Dabei

- müssen die Schirme als SPL verwendet werden,
- müssen die SPL einzeln zu einem Bezugspunkt geführt werden,
- muss der Bezugspunkt an die Haupterdungsschiene angeschlossen sein.

Maßnahmen an der Störsenke

An der Störsenke kann das Eindringen vom EMIs verhindert werden durch:

- Schirmung der Betriebsmittel, insbesondere der Signalempfänger
- Einbau von Überspannungsableitern in die Zuleitung
- Ausfiltern von Störspannungen hoher Frequenz durch den Einbau von Filtern in die Zuleitung

15.5 Überspannungsschutz von Niederspannungsanlagen

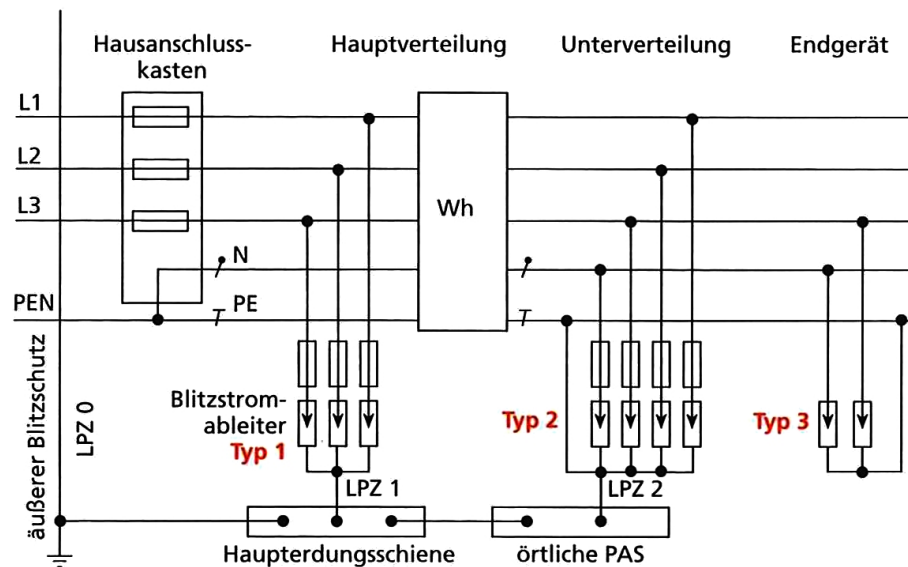
Die gefährlichsten Überspannungen treten durch LEMPs auf. Die ganze Niederspannungsanlage stellt dann eine Störsenke dar. Demzufolge werden Überspannungsableiter vor die ganze Anlage und je nach Anforderung vor Anlagenteile geschaltet. Dazu unterscheidet man die Schutzzonen LPZ (Lightning Protection Zone = Blitzschutzzone)

- LPZ 0 - Bereiche außerhalb des Gebäudes
- LPZ 1 - Bereich vor der Unterverteilung

- LPZ 2 - Bereich der Unterverteilung und robuster Endverbraucher
- LPZ 3 - Bereich empfindlicher Endverbraucher

Für LPZ 1 werden Ableiter der Klasse SPD Typ1 (Surge Protection Device = Überspannungsschutz-Baugruppe) eingesetzt, für LPZ 2 der Klasse SPD Typ2 und für LPZ 3 der Klasse SPD Typ3.

Je nach Anforderung schützen in den Blitzschutzzonen verschiedenen Typen von Überspannungsschutzeinrichtungen (ÜSE oder SPD) vor den Folgen von LEMP.

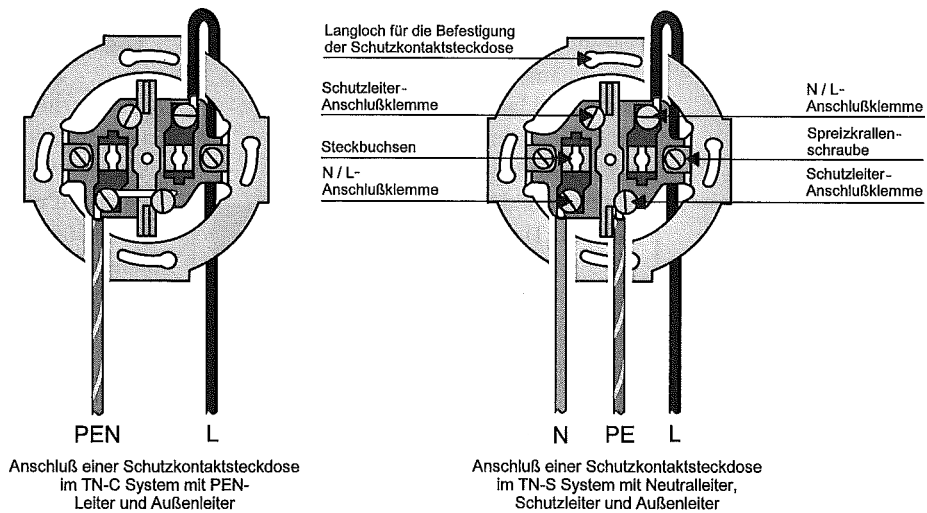


Überspannungsschutz einer Niederspannungsanlage

16 Hinweise und Tipps

- Mehrdrähtige Leitungen (Litze) dürfen an den Leiterenden nicht verlötet werden, denn das Lot hat die Eigenschaft unter Druck zu „fließen“ und ein einwandfreier Kontakt ist nicht mehr gegeben. Dies kann zu einer Kontakterwärmung und Bränden führen. Um ein Abquetschen einzelner Adern zu verhindern, müssen statt dessen Aderendhülsen oder Kabelschuhe zum Einsatz kommen.
- Bei der Herstellung von Geräteanschlüssen oder Verlängerungsleitungen, ist darauf zu achten, dass die Länge der Außen- und Neutralleiter nicht zu knapp bemessen wird. Sie sollten ca. 2cm länger als erforderlich sein. Der Schutzleiter muss etwa 1 bis 2cm länger als Außen- und Neutralleiter sein.
- Beim Befestigen von Leitungsenden an einer Klemmschraube muss darauf geachtet werden, dass der Leiter in Drehrichtung der Schraube gezogen wird. So kann verhindert werden, dass man beim Festziehen der Klemmschraube das Leiterende nicht aus der Verschraubung schiebt.





- Es muss, insbesondere bei Geräteanschlüssen, auf korrekte Zugentlastung geachtet werden. Es sollten nur solche Zugentlastungen benutzt werden, die von den jeweiligen Herstellern dafür vorgesehen sind. Verknoten der Leitung oder Anbinden an ein Betriebsmittel ist unzulässig. Die Zugentlastung darf das Kabel oder die Leitung nicht beschädigen.
- Der grün/gelbe Leiter darf im Kabel nur als Schutz- bzw. PEN- Leiter verwendet werden. Auch eine Verwendung als Schaltdraht ist nicht zulässig.
- Beachten bei nachträglicher Installation: In einem Raum mit einer Schutzkontaktsteckdose (Schuko) müssen auch alle anderen Steckdosen mit Schutzkontakt versehen sein.
- Bei Festinstallation sind folgende Grundsätze zu beachten:
 - a) es sind generell Kabel mit massiven Leitern zu verwenden.
 - b) bei einpoligen Schaltern (im Beleuchtungsstromkreis) ist stets der Außenleiter (L) zu schalten.
- Bei ortsveränderlichen beweglichen Betriebsmitteln ist die Trennung zwischen Erdleiter (PE) und Nullleiter (N) zu gewährleisten.
- Leiter aus Kupfer und Aluminium dürfen nicht in einer Klemmverbindung unmittelbar zusammengebracht werden. Es sind spezielle Klemmen zu verwenden. Wird dies nicht beachtet können durch chemische Reaktionen Brände entstehen.








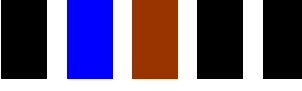
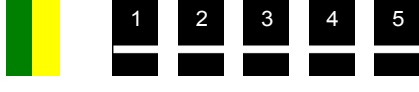







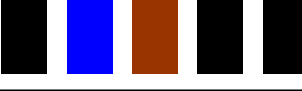
17 Anhang

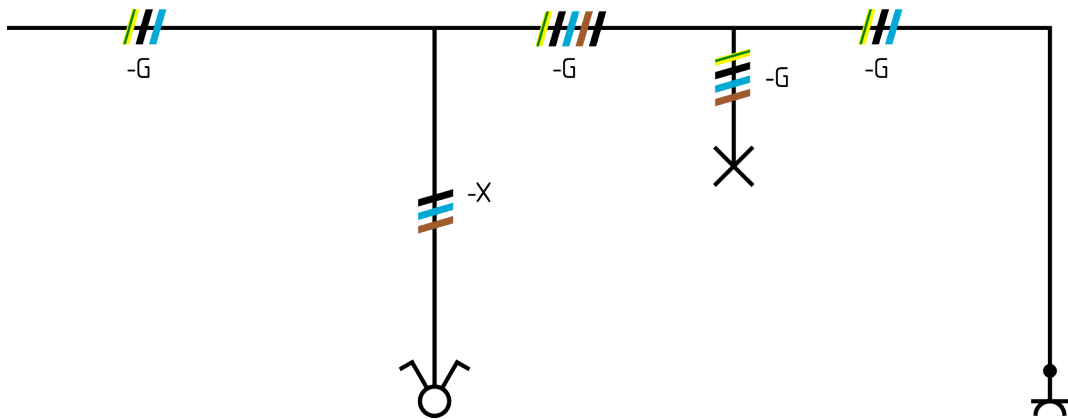
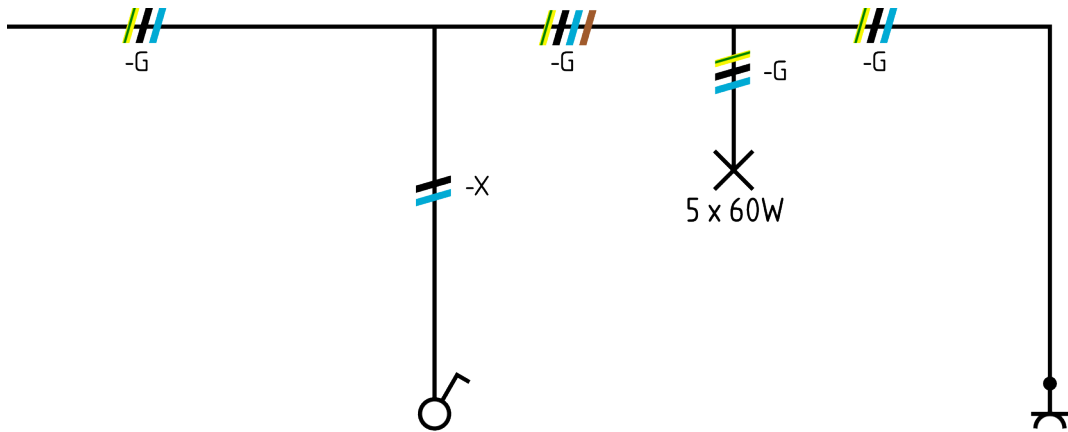
Mindestquerschnitte für Leiter

Verlegungsart	Mindestquerschnitt in mm ² bei	
	Cu	Al
Feste, geschützte Verlegung	1,5	2,5
Leitungen in Schaltanlagen und Verteilern bei Stromstärken		
Bis 2,5	0,5	
über 2,5 A bis 16 A	0,75	
über 16 A	1	
Offene Verlegung (auf Isolatoren), Abstand der Befestigungspunkte		
bis 20 m	4	16
über 20 m bis 45 m	6	16
Bewegliche Leitungen für den Anschluss von		
leichten Handgeräten bis 1 A Stromaufnahme und einer größten Länge der Anschlussleitung von 2 m, wenn dies in den entsprechenden Gerätebestimmungen festgelegt ist	0,1	
Geräten bis 2,5 A Stromaufnahme und einer größten Länge der Anschlussleitung von 2 m, wenn dies in den entsprechenden Gerätebestimmungen festgelegt ist	0,5	
Geräten bis 10 A Stromaufnahme, für Gerätesteck- und Kupplungsdosen bis 10 A Nennstrom	0,75	
Geräten über 10 A Stromaufnahme, Mehrfachsteckdosen, Gerätesteckdosen und Kupplungsdosen mit mehr als 10A bis 16A Nennstrom	1	
Fassungsadern	0,75	
Lichtketten für Innenräume		
Zwischen Lichterkette und Stecker	0,75	siehe DIN VDE0710
zwischen den einzelnen Lampen	0,5	Teil3
Starkstrom - Freileitungen	siehe DIN VDE 0211	

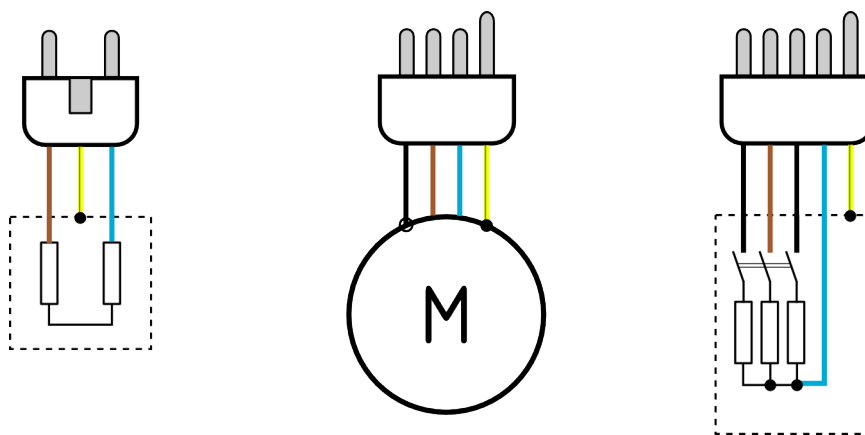
Tabelle Mindestquerschnitte für Leiter von Kabeln und Leitungen (Quelle: DIN VDE 0100 Teil 520)

Aderkennzeichnung/Aderfarben

		Aderkennzeichnung nach VDE 0293	
		mit Schutzleiter <<G>>	ohne Schutzleiter <<X>>
Leitungen für feste Verlegung	2		
	3		
	4		
	5		
	6 und mehr		
Leitungen für Anschluß ortsveränderlicher Verbraucher	2		
	3		
	4		
	5		
	6 und mehr	wie bei fester Verlegung	



Aderfarben bei fest verlegten Leitungen



Aderfarben für den Anschluss ortsveränderlicher Verbraucher

Kabelkennzeichnungen - harmonisierte Bezeichnungen**Bsp:** H 07 RR H - F 3 G 1,5

Typenkurzzeichen	Bedeutung
1. Buchstabe H A	Bestimmung Harmonisierte Leitung Anerkannter nationaler Typ
2. Block 01 03 05 07 08	Bemessungsspannung 100 V Bemessungsspannung 300 V / 300 V Bemessungsspannung 300 V / 500 V Bemessungsspannung 450 V / 750 V Bemessungsspannung 700 V / 1000 V Bemessungsspannung Die erste Zahl gibt den maximal zulässigen Effektivwert der Spannung zwischen Außenleiter und Neutralleiter an. Die zweite Zahl gibt den maximal zulässigen Effektivwert der Spannung zwischen zwei Außenleitern derselben Leitung an.
3. Block B G N N2 R S V V2 V3 V4 Z	Isolierwerkstoff Ethylen-Propylen-Kautschuk Ethylen-Vinylacetat-Copolymer Chloropren-Kautschuk Chloropren-Kautschuk für Schweißleitungen Natur- und synthetischer Kautschuk Silikon-Kautschuk, +180 °C Polyvinylchlorid (PVC), +70 °C PVC, wärmebeständig, +90 °C PVC, kaltebeständig, -25 °C PVC, vernetzt Polyethylen (PE)
4. Block (optional) C Q4 T T6	Aufbauelemente Schirm Zusätzliche Polyamidaderumhüllung Zusätzliches Textilgeflecht über verseilten Adern Zusätzliches Textilgeflecht über Einzelader
5. Block J N4 Q T T2 V5	Mantelwerkstoff Glasfasergeflecht Chloropren-Kautschuk, wärmebeständig Polyurethan Textilgewebe Textilgeflecht, flammwidrig PVC, ölbeständig
6. Block (optional) D3 D5 FM H H2 H6 H7 H8	Aufbauart Zugentlastungselemente Kerneinlauf (kein Tragelement) Fernmeldeadern in Starkstromleitungen flache, aufteilbare Leitung (Zwillingsleitung) flache, nicht aufteilbare Leitung (zweiadrige Mantelleitung) flache, nicht aufteilbare Leitung (mehr- oder vieladrige Mantelleitung) Isolierhülle zweischichtig Wendelleitung
7. Block kein Kennzeichen A	Leiterwerkstoff Kupfer Aluminium

8. Block		Leiterart (nach dem Bindestrich)
	D	feindrätig, für Schweißleitungen
	E	feinstdrätig, für Schweißleitungen
	F	feindrätig, Leitungen flexibel
	H	feinstdrätig
	K	feindrätig, bei Leitungen für feste Verlegung
	R	mehrdrätig, rund
	U	eindrätig, rund
	J	Lahnleiter
	Ö	Ölbeständig
9. Zahl	Zahl	Adernzahl Anzahl der insgesamt vorhandenen Adern
10. Buchstabe		Schutzleiter
	G	mit grün-gelbem Schutzleiter
	X	ohne grün-gelben Schutzleiter
11. Zahl	Zahl	Adernquerschnitt Adernquerschnitt in mm ²

Kabelkennzeichnungen - deutsche Bezeichnungen

Bsp: NYM-J 3x1,5

Typenkurzzeichen	Bedeutung
1. Block	Leitungen
	A Ader, Aluminiumumhüllung, Aluminiumader (Al)
	B Bleimantelleitung
	C konzentrische Leiter (abgeschirmt)
	D Drillingsleitung
	F feindrätig, Fassungsader, Flachleitung
	G Gummihülle, 2-G-Silikonkautschuk (mit erhöhter Wärmebeständigkeit)
	H Hülle (Schirmgeflecht für Abschirmungszwecke, verwendbar für Handgeräte, z. B. Bohrmaschinen usw.)
	I Verlegung im Putz
	(J) Zusatz bei Mehraderleitungen mit grün-gelb-farbenem Schutzleiter
	K Korrosionsschutz
	L für leichte mechanische Beanspruchung (z. B. Leuchtröhren)
	M Mantel, mittlere mechanische Beanspruchung
	N Normenleitung
	O Zusatz bei Mehraderleitungen ohne grün-gelb-farbenem Schutzleiter
	(ö) ölfest
	P Papierumhüllung
	R Rohrdraht, gefaltete Rohrumhüllung, gerillte Umhüllung
	S Schnur, Segeltuchhülle, für schwere mechanische Beanspruchung
	T Trosse
	U Umhüllung
	U unflammbar bzw -flammwidrig
	V Verdrahtungsleitung, verdrehbeanspruchungsfest
	W wetterfest
	Y Kunststoffisolierung (Thermoplaste wie z. B. PVC usw.)
	Z Zinkmantel, Zwillingsader, Zugentlastung
1. Block	Kabel
	A nach N: Al-Leiter, am Ende: Außenhülle aus Jute
	B Stahlbandbewehrung
	C konzentrischer Leiter bzw. Schirm aus Kupferdrähten oder -bändern
	CW konzentrischer Leiter aus Kupfer, wellenförmig aufgebracht
	CE Einzeladerschirmung
	D Druckbandage aus Metallbändern
	E nach N: Einzeladerschirmung, am Ende: Schutzhülle aus Kunststoffband
	F Flachdrahtbewehrung
	fl flammwidrig
	Gb Stahlbandgegenwendel
	H Kabel mit metallisierten Einzeladern (Höchstädter Kabel)
	K Kabel mit Bleimantel
	L glatter Aluminiummantel

	N	Kabel nach Norm
	O	offene Stahldrahtbewehrung
	Ö	Ölkabel
	Q	Beflechtung aus verzinktem Stahldraht
	R	Runddrahtbewehrung, Rostschutzanstrich
	S	Kupferschirm ($\geq 6 \text{ mm}^2$) zwecks Berührungsschutz oder zur Fortleitung von Fehlerströmen
	SE	anstatt H; analog zu S, jedoch für Mehraderkabel; dann jeweils für jede Ader
	u	unmagnetisierbar
	WK	Stahlwellenmantel
	W	Kupferwellenmantel
	w	wärmebeständig
	2X	Isolierung aus vernetztem Polyethylen (VPE)
	Y	Isolierung oder Mantel aus PVC
	2Y	Isolierung oder Mantel aus thermoplastischem Polyethylen (PE)
	4Y	Mantel aus Polyamid (Nylon)
2. Block		Leiterquerschnitt
	Zahl	Anzahl der Adern
	x	„mal“
	Zahl	Adernquerschnitt in mm^2
	4G4	Beispiel: 4 Adern zu jeweils 4mm^2 , eine Ader grün / gelb
	4x4	Beispiel: 4 Adern zu jeweils 4mm^2 , ohne Ader grün / gelb
		verfügbare Querschnitte: $0,75 \text{ mm}^2$; 1 mm^2 ; $1,5 \text{ mm}^2$; $2,5 \text{ mm}^2$; 4 mm^2 ; 6 mm^2 ; 10 mm^2 ; 16 mm^2 ; 25 mm^2 ; 35 mm^2 ; 50 mm^2 ; 70 mm^2 ; 95 mm^2
3. Block		Leiteraufbau
	RE	eindrätiger Rundleiter
	RF	feindrätiger Rundleiter
	RM	mehrdrätiger Rundleiter
	SE	eindrätiger Sektorleiter
	SM	mehrdrätiger Sektorleiter
4. Block		Schutzleiter
	J	Leitung hat grün-gelb gekennzeichnete Ader
	O	Leitung hat keine grün-gelb gekennzeichnete Ader

Bildzeichen an Betriebsmitteln

Wichtige Bildzeichen an Betriebsmitteln					
Bildzeichen	Bedeutung	Bildzeichen	Bedeutung	Bildzeichen	Bedeutung
	Schutzleiteranschluß		Sternschaltung		Sicherheitstransformator für Handleuchten
	Erderanschluß		Dreieckschaltung		zum Auftauen
	Gerät ist schutzisoliert (Schutzklasse II)		Dreieckschaltung		für medizinisches Gerät
	tropfwassergeschützt		Auf Holz zu montieren (flammsicher)		Gleichstrom
	regengeschützt		Kondensator wird im Fehlerfall nicht zu heiß (flammsicher)		Wechselstrom
	spritzwassergeschützt		Kondensator wird im Fehlerfall nicht zu heiß (flammsicher)		Gleich- und Wechselstrom
	strahlwassergeschützt		Vorschaltgerät wird im Fehlerfall nicht zu heiß		Drehpulmeßwerk
	staubgeschützt		Sicherheitstransformator offen		Drehpulmeßwerk mit Gleichrichter
	staubdicht		gekapselt		Dreheisenmeßwerk
	VDE-geprüft		Trenntransformator		Gebrauchslage a) senkrecht
	funkstörfrei		Steuertransformator		b) waagrecht
	funktentstört nach Klasse N (G, K)		Spielzeugtransformator		c) unter 60°
	nicht in der Badewanne verwendbar		bedingt kurzschlußfest		42 V werden auch im Leerlauf nicht überschritten
	Haushalt-Spartransformator		unbedingt kurzschlußfest		geeignet auch für rauhen Betrieb
			Klingeltransformator		explosionsgeschützt (ruft keine Funken hervor)

Muster eines Prüfprotokolls

<h2 style="margin: 0;">Prüfprotokoll</h2> <p style="margin: 0;">für ortsveränderliche elektrische Geräte</p>		
<p>Hiermit wird bestätigt, dass sämtliche ortsveränderliche Betriebsmittel / Geräte, die zur Prüfung vorlagen, geprüft wurden. Die Ergebnisse entsprechen den Forderungen der einschlägigen Vorschriften.</p>		
<p>Geprüfte Dienststelle:</p> <p>entsprechend Unfallverhütungsvorschrift GUV-V A3, BGI 600 und DIN VDE 0702 geprüft. Zur Prüfung wurde das Prüfgerät</p>		
<p>Hersteller</p>	<p>_____</p>	
<p>Typ</p>	<p>_____</p>	
<p>Geräte-Nr.</p>	<p>_____</p>	
<p>verwendet.</p>		
<p>Aus der Prüfung ergeben sich folgende besondere Hinweise:</p> <p><input type="checkbox"/> Keine</p> <p><input type="checkbox"/> Anzeichen für nicht bestimmungsgemäße Nutzung</p> <p><input type="checkbox"/> Geräte zum Teil stark verschmutzt</p> <p><input type="checkbox"/> Sonstige Bemerkungen</p> <p>_____</p>		
<p>Alle Geräte, die die Prüfung bestanden haben, sind zur weiteren Nutzung freigegeben. Sie wurden gekennzeichnet durch</p> <p><input type="checkbox"/> Plombenschnur, Farbe _____</p> <p><input type="checkbox"/> Geprägte Plombe mit Angabe der nächsten Prüfung</p> <p><input type="checkbox"/> Prüfplakette mit Angabe der nächsten Prüfung</p> <p>Alle Mitarbeiter, die künftig diese Geräte benutzen sollen, sind gemäß § 4 der Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ (GUV-V A1) aktenkundig zu unterweisen, dass Geräte mit überschrittener Prüffrist nicht mehr benutzt werden dürfen und die Geräte nur in den zulässigen Einsatzbereichen entsprechend den Anwendungskategorien genutzt werden dürfen.</p>		
<p>Von den Geräten, die die Prüfung nicht bestanden haben, wurde die Kennzeichnung der letzten Prüfung entfernt. Geräte ohne gültige Prüfplakette dürfen nicht mehr verwendet werden.</p>		
<p>Ort</p>	<p>Datum</p>	<p>Ort</p>
<p>Für die ordnungsgemäße Durchführung der Prüfung</p>	<p>Die Prüfung erfolgte unter meiner Leitung und Aufsicht</p>	<p>Prüfprotokoll erhalten</p>
<p>Unterschrift des Prüfers</p>	<p>Unterschrift der Elektrofachkraft, die Leitung und Aufsicht führte (nur bei Prüfung durch elektrotechnisch unterwiesene Person)</p>	<p>Unterschrift des zuständigen Unternehmers oder Vorgesetzten</p>

Ort:

Datum:

Unterschrift Prüfer:

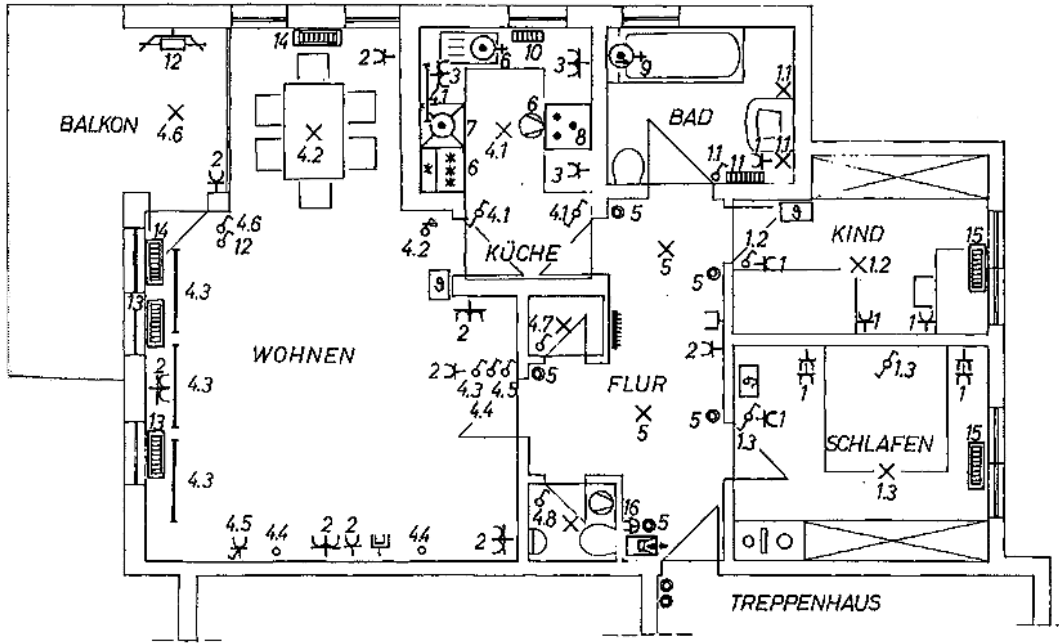
Unterschrift Verantwortlicher:

Schaltzeichen

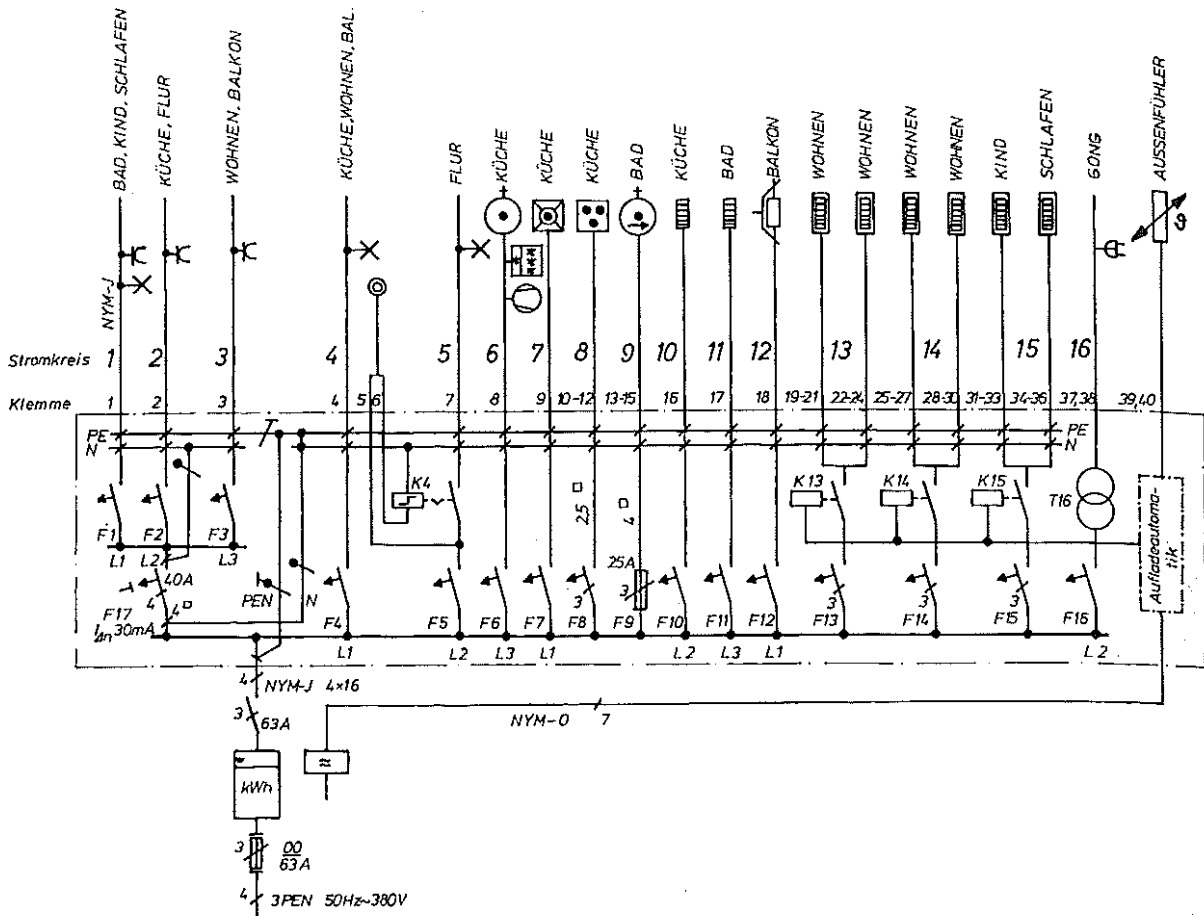
Schaltzeichen für Leitungen und Leitungsverbindungen						
Schaltzeichen	Benennung	Schaltzeichen	Benennung	Schaltzeichen	Benennung	
	Leitung, allgemein		Schutzleiter, PE		Kurze } geschirmte Lange } Leitung	
	bewegbar		PEN-Leiter			
	unterirdisch		PEN		Koaxiale Leitung, geschirmt	
	oberirdisch		wahlweise für PEN		Leitung mit zwei Leitern	
	auf Putz		Neutralleiter		Zusammenfassung von Leitungen	
	im Putz		PE, PEN (noch praxisüblich)			
	unter Putz		Leitung, geplant		desgleichen, vereinfacht dargestellt	
	isoliert in Rohr		Steckverbindung			
	Koaxialleitung		Steckverbindung, koaxial		Leitungsdurchführung ohne Verbindungsstellen, mit lösbarer Verbindung, als Kondensator-durchführung	
	Koaxialleitung mit nicht koaxialem Anschluß		Stirnkontaktverbindung			
	Leitungsverzweigung		Steckverbindung mit Abzweigungsbuchse			
Schaltzeichen für Installationspläne						
Schaltzeichen	Benennung	Schaltzeichen	Benennung	Schaltzeichen	Benennung	
	Leitung nach oben		Ausschalter a) einpolig b) zweipolig c) dreipolig		Steckdose, abschaltbar	
	Leitung nach unten			Dimmer (Ausschalter)		Steckdose, verriegelt
	Leitung nach oben und unten			Sensorschalter (Ausschalter)		Zählertafel, mit einer Schmelzsicherung oder einem Leitungsschutzschalter 10 A
	Abzweigdose (falls Darstellung erforderlich)		Gruppenschalter, einpolig		Schaltuhr, z. B. für Stromtarifumsch.	
	Anschlußdose		Serienschalter		Zeitrelais, z. B. Treppenhausautomat	
	Starkstrom-Hausanschlußkasten, Schutzart IP 44		Wechselschalter		Stromstoßschalter	
	Verteiler		Kreuzschalter		Leuchtauslaß, allgemein	
	Schalter, z. B. dreipolig, Schutzart IP 42		Taster		Leuchte, allgemein	
	Leitungsschutzschalter		Leuchttaster		Leuchte für Entladungslampe	
	Motorschutzschalter		Einfach-Steckdose a) ohne, b) mit Schutzkontakt, für Starkstrom		Leuchte mit 3 Leuchtstofflampen	
	FI-Schutzschalter		Zweifach-Steckdose		desgl. praxisübliche Form	
	Sterndreieckschalter		Mehrfach-Steckdose, z. B. 3 Dosen			
			Schutzkontaktsteckdose für Drehstrom		Sicherheitsleuchte in Dauerschaltung in Bereitschaftschaltung	

Schaltzeichen für Installationspläne					
Schaltzeichen	Benennung	Schaltzeichen	Benennung	Schaltzeichen	Benennung
	Leuchtband z. B. mit 5 Lampen 40 W	Heizung, Lüftung, Motor		Signalgeräte	
	Leuchtfeld, z. B. mit 10 x 5 Lampen 40 W		Raumbeheizung, allgemein		Wecker
Elektro-Hausgeräte			Speicher, Heizgerät, allgemein		Gong
	Elektrogerät, allgemein		Infrarotstrahler		Summer
	desgl., schaltbar		Motor, allgemein		Sirene
	Küchenmaschine		Lüfter, elektrisch		Hupe
	Elektroherd, allgemein	Signal- und Fernmeldegeräte			Signallampentafel, z. B. für 6 Meldestellen
	Mikrowellenherd		Fernmeldesteckdose		Ruf- und Abstelltafel
	Backofen		Antennensteckdose		Türöffner
	Wärmeplatte	Verteiler			Elektrische Uhr, insbes. Nebenuhr
	Infrarotgrill		Hauptverteiler		Hauptuhr
	Heißwasserspeicher		Verteiler auf Putz		Kartenkontrollgerät
	Futterdämpfer	Fernsprechgeräte			Lichtstrahlmelder
	Waschmaschine		allgemein		Wächtermelder
	Wäschetrockner		fernberechtigt		Dämmerungsschalter
	Geschirrspülmaschine		amtsberechtigt	Rundfunk, Fernsehen	
	Kühlgerät		halbamtsberechtigt		Lautsprecher
	Tiefkühlgerät	Fernmeldezentralen			Rundfunkempfangsgerät
	allgemein		Fernsehempfangsgerät		
			OB-Vermittlung		Antenne, allgemein
			ZB-Vermittlung		Verstärker
			W-Vermittlung		

Pläne einer Elektroinstallation



Elektroinstallationsplan für eine Wohnung



Inhaltsverzeichnis

1 Normen.....	2
2 Begriffsbestimmungen nach VDE 0100 Teil 200 (Auszug).....	2
3 Prüfzeichen.....	4
4 Schutzarten und Schutzklassen.....	4
4.1 Schutzarten durch Gehäuse gegen Berührung, Fremdkörper und Wasser nach EN 60 529 /DIN VDE 0470 Teil 1.....	4
4.2 Schutzklassen gegen zu hohe Berührungsspannung.....	5
5 Schutzeinrichtungen.....	7
5.1 Überstrom - Schutzeinrichtungen.....	7
6 Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (FI-Schutzschalter).....	9
7 Schutzmaßnahmen.....	12
7.1 Erdungsverhältnisse von Stromquelle und Körpern.....	12
8 Gefahren beim Umgang mit elektrischer Energie.....	15
8.1 Grundsatz beim Eingriff in elektrische Anlagen.....	15
8.2 Wirkung des Körperstromes.....	16
8.3 Erste Hilfe bei Elektrounfällen.....	17
9 Übersicht über die möglichen Schutzmaßnahmen.....	18
9.1 Schutz sowohl gegen direktes als auch bei indirektem Berühren.....	19
9.2 Schutz gegen direktes Berühren.....	20
9.3 Schutz bei indirektem Berühren.....	21
10 Potenzialausgleich.....	22
10.1 Hauptpotenzialausgleich.....	22
11 Erdungsanlagen.....	23
12 Schutzleiter.....	23
12.1 Schutzleiterquerschnitt.....	24
12.2 Art und Ausführung des Schutzleiters.....	24
13 Prüfungen.....	24
13.1 Prüfung elektrischer Geräte.....	25
13.2 Nachweis der Prüfung.....	27
14 Planung und Errichtung elektrischer Anlagen.....	27
14.1 Allgemeine Grundsätze.....	28
14.2 Mindestquerschnitte.....	28
14.3 Strombelastbarkeit.....	29
14.4 Spannungsfall.....	30
14.5 Überlastschutz und Kurzschlusschutz.....	31
14.6 Prüfungen.....	32
15 EMV (Elektromagnetische Verträglichkeit).....	33
15.1 Aufgabe der EMV.....	33
15.2 Arten der Felder.....	33
15.3 Entstehung von elektromagnetischen Störungen.....	33
15.4 Maßnahmen gegen EMIs.....	34
15.5 Überspannungsschutz von Niederspannungsanlagen.....	34
16 Hinweise und Tipps	35
17 Anhang.....	37