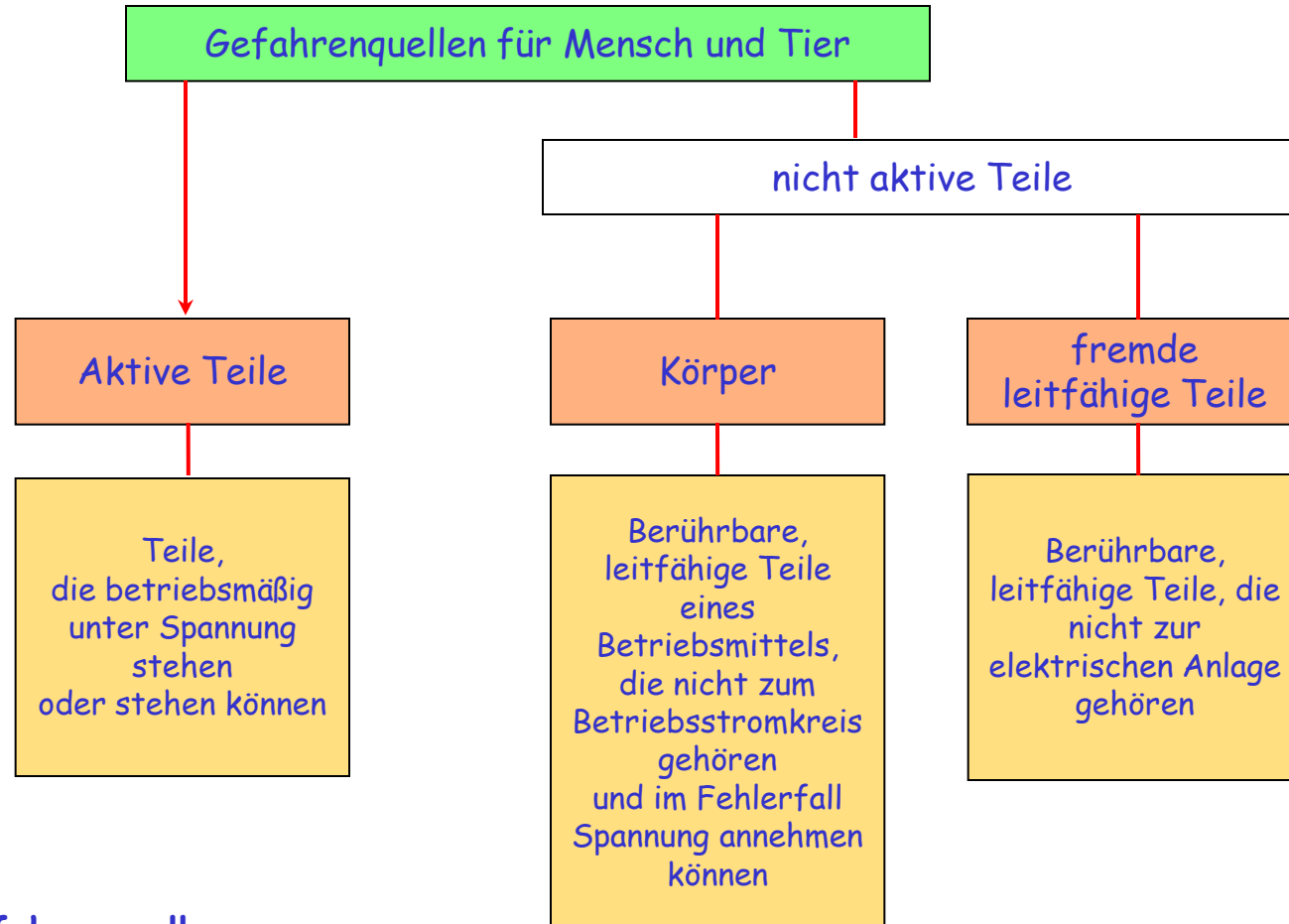


Schutzmaßnahmen in elektrischen Systemen

Gefährdung von Lebewesen durch elektrischen Schlag

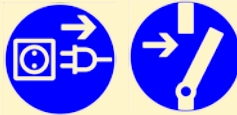


Elektrische Gefahrenquellen

Grundsatz: Arbeiten an elektrischen Anlagen nur im spannungsfreien Zustand!

Grundregeln zur Sicherstellung des spannungsfreien Zustands in zwingender Reihenfolge
(DIN VDE 0105 - 100)

1 Allpolig und allseitig abschalten
(Freischalten)



Öffnen des Schalters, Ziehen des Netzsteckers
Entladen von Kondensatoren

2 Gegen Wiedereinschalten sichern



Sicherungseinsätze entfernen, Warnhinweise aufstellen

3 Spannungsfreiheit feststellen



Auf Potentialfreiheit prüfen: Sind die Geräte vom Netz getrennt?
Überprüfung mit Multimeter (< 1000 V)

4 Erden und kurzschließen

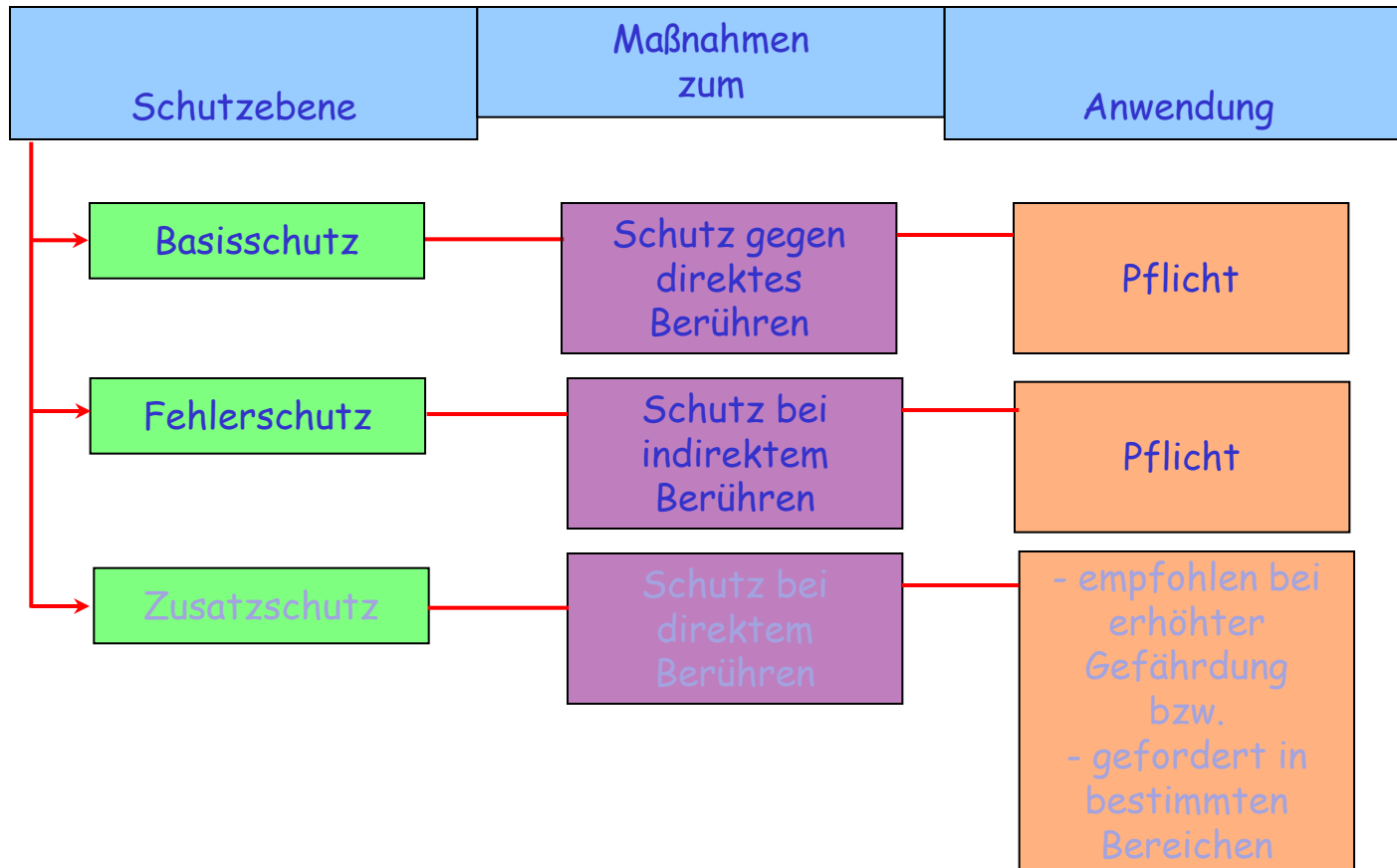
An der Schaltstelle und am Arbeitsort sind alle aktiven Leiter zu erden und widerstandslos zu verbinden

5 Gegen benachbarte, unter Spannung stehende Teile schützen



Zufälliges Berühren im Arbeitsbereich befindlicher spannungsführender Teile anderer Stromkreise ist zu verhindern

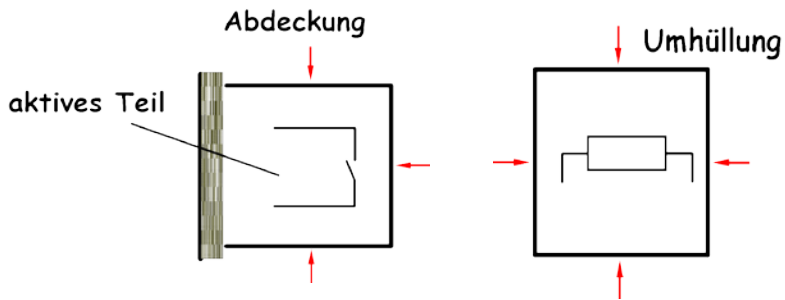
Regeln für den Anschluss und den Betrieb elektrischer Anlagen



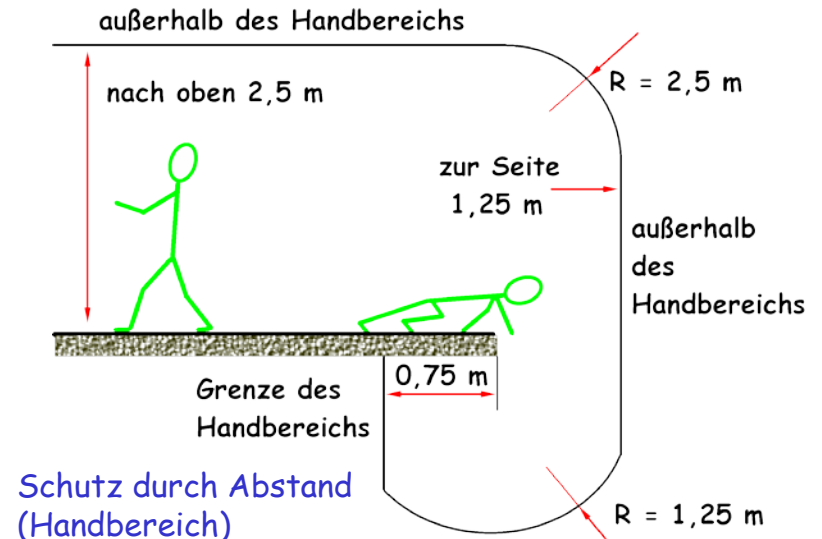
Schutzebenen zum Verhindern gefährlicher Körperströme

Basisschutz **Schutz gegen direktes Berühren**

| | |
|---------------------------------------|---|
| Schutz durch Isolierung aktiver Teile | Betriebsisolierung: Aderisolierung, Lacke, Farben Basisisolierung: Kunststoffkabelumhüllung |
| Schutz durch Abdeckung oder Umhüllung | Umhüllung: Gewährleistung in alle Richtungen Abdeckung: nur in best. Zugangs- und Zugriffsrichtungen |
| Schutz durch Hindernisse | Gitter, Absperrungen o. Ä. verhindern den Zugang zu den Gefahrenbereichen |
| Schutz durch Abstand | Aktive Teile sind hinreichend weit von einer Berührung angeordnet |



Schutz durch Abdeckung oder Umhüllung

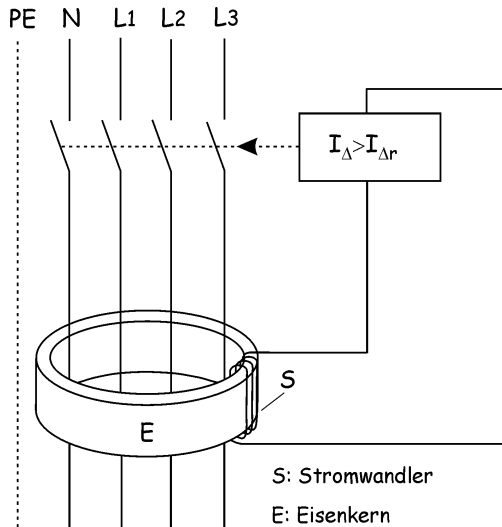


Schutz durch Abstand (Handbereich)

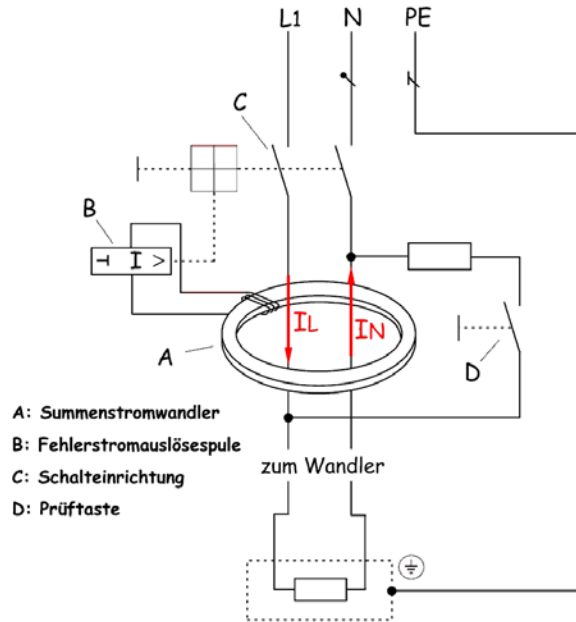
Basisschutz **Schutz gegen direktes Berühren**

Fehlerstrom-Schutzschalter (RCD)*

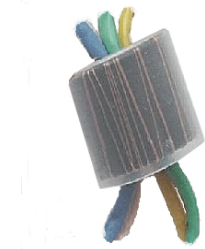
* RCD:
Residual Current Device



Funktionsprinzip (4-polig)



Funktionsschaltbild (2-polig)



Summenstromwandler

Im Fehlerfall wird bei hochempfindlichen RCD-Schutzschaltern ein Zusatzschutz auch bei einpoligem, direktem Berühren erreicht.

Nur im Fehlerfall führt der Schutzleiter Strom!

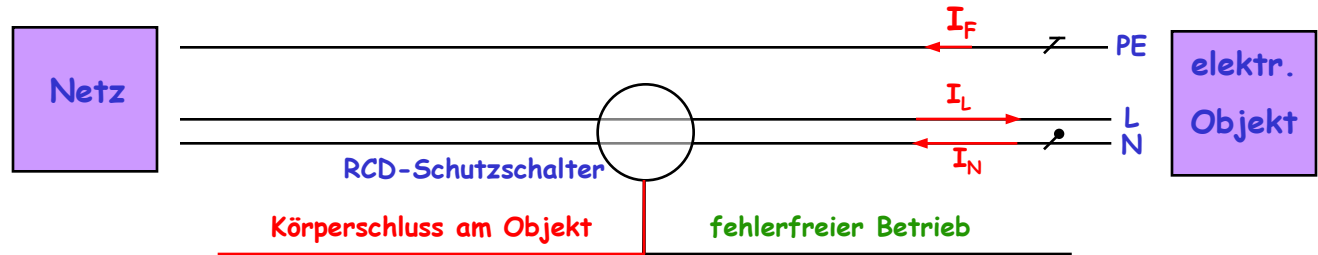
Keinen Schutz bietet der RCD-Schutzschalter bei zweipoligem direkten Berühren ohne ausreichende Erdverbindung!

Basisschutz **Schutz gegen direktes Berühren**

Wirkungskette beim RCD - Schalter



LS - RCD - Schalterkombination
Gerätebeispiel



$I_L \neq I_N$
 $I_F = I_L - I_N > 0$
 $\Theta = \Theta_L - \Theta_N > 0$
 $d\Phi / dt > 0$
 $I_{\Delta n} > 0$

aus

Fehlerstrom
 wirksame mag. Durchflutung
 Magnetflussänderung im
 Wandlerkern
 Bemessungsdifferenzstrom
RCD-Schutzschalter löst

$I_L = I_N$
 $I_F = 0$
 $\Theta = \Theta_L - \Theta_N = 0$
 $d\Phi / dt = 0$
 $I_{\Delta n} = 0$

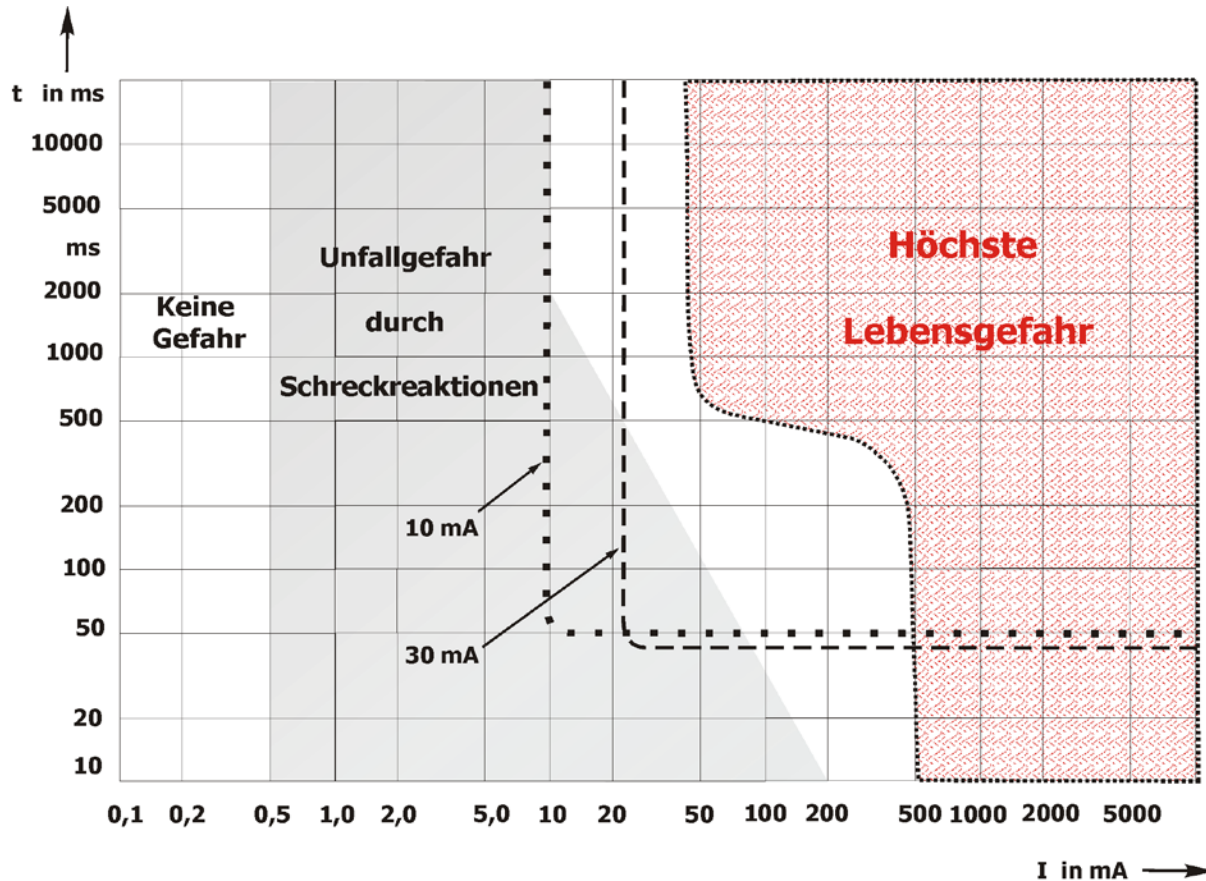
nicht aus

Kombination für 2- bzw. 4-polige LS-Schalter und Bemessungsdifferenzstrom des RCD-Schalters

| Nennstrom in A | Bemessungs-Differenzstrom |
|------------------------------|---------------------------|
| 10/16/25 | 10 mA |
| 10/16/25/40/63/100 | 30 mA |
| 25/40/63 | 0,1 A |
| 25/40/63/100/125/160/200/224 | 0,3 A |
| 25/40/63/100/125/160/200/224 | 0,5 A |
| 100/125/160/200/224 | 1,0 A |



Basisschutz **Schutz gegen direktes Berühren**



Nach DIN VDE 0100, Teil 700 ist für Installationen in Bädern und für elektrische Systeme in Außenbereichen ein RCD-Schutzschalter vorgeschrieben.

Auslöse-Kennlinie des RCD-Schalters (10mA und 30 mA)

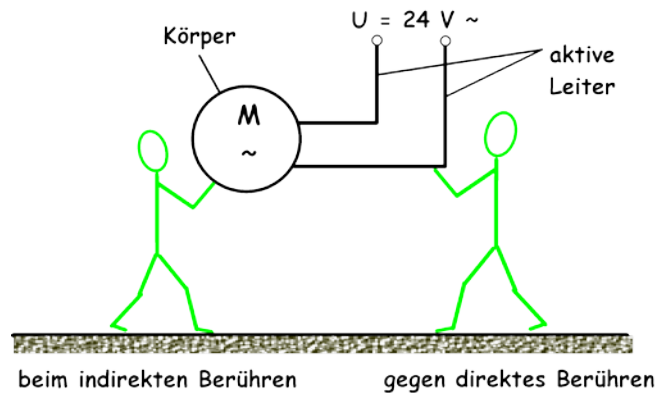
Fehlerschutz

Schutz gegen direktes Berühren und bei indirektem Berühren

Schutz durch Schutzkleinspannung (SELV)

Bis zu 25 V AC oder 60 V DC ohne besondere Umgebungsbedingungen

Über 25 V AC oder 60 V sind zusätzliche Anforderungen an spannungsfeste Isolierungen oder Umhüllungen notwendig



Schutzmaßnahme „Schutzkleinspannung“

Schutz durch Funktionskleinspannung (FELV)

Für Stromkreise mit Nennspannungen bis zu 50 V AC oder 120 V DC, aktive Betriebsteile und Körper sind geerdet, Betriebsmittel sind nicht sicher von Stromkreisen höherer Spannung getrennt

Schutz durch Begrenzung von Beharrungsberührungsstrom und Ladung

Entladungsströme durch aufgeladene Kondensatoren oder kapazitive Aufladung von Nichtleitern (mehradrige Kabel) sind auf ungefährliche Werte zu begrenzen.

Fehlerschutz Schutz bei indirektem Berühren

Die höchstzulässige Berührungsspannung U_B ist die bei einem Isolationsfehler zeitlich unbegrenzt anstehende Spannung.

Der zulässige Maximalwert beträgt für Menschen $U_B = 50 \text{ V AC}$ oder 120 V DC
 für Nutztiere $U_B = 25 \text{ V AC}$ oder 60 V DC

| | Stromart | Spannungsbereich | Nennspannung U des Netzes zwischen | Netz |
|---------------------|---------------------|--|--|--------------------------------|
| Spannungsbereich I | AC | $U \leq 50 \text{ V}$ | Außenleiter-Erde Außenleiter-Außenleiter Außenleiter-Außenleiter | geerdet geerdet isoliert |
| | DC | $U \leq 120 \text{ V}$ | Leiter-Erde Leiter-Leiter Leiter-Leiter | geerdet geerdet isoliert |
| Spannungsbereich II | AC | $50 \text{ V} \leq U \leq \begin{matrix} \leq 600 \text{ V} \\ \leq 1000 \text{ V} \\ \leq 1000 \text{ V} \end{matrix}$ | Außenleiter-Erde Außenleiter-Außenleiter Außenleiter-Außenleiter | geerdet geerdet isoliert |
| | DC | $50 \text{ V} \leq U \leq \begin{matrix} \leq 900 \text{ V} \\ \leq 1500 \text{ V} \\ \leq 1500 \text{ V} \end{matrix}$ | Leiter-Erde Leiter-Leiter Leiter-Leiter | geerdet geerdet isoliert |
| | Spannungsbereich I | Anlagen bei denen der Schutz gegen elektrischen Schlag unter bestimmten Bedingungen durch die Höhe der Spannung erreicht wird, Anlagen, in denen die Spannung aus Funktionsgründen begrenzt ist (Steuer- und Meldestromkreise, Fernmeldeanlagen) | | |
| | Spannungsbereich II | Spannungen in der Hausinstallation, in gewerblichen und industriellen Anlagen Spannungen der öffentlichen Energieversorgung verschiedener Länder | | |

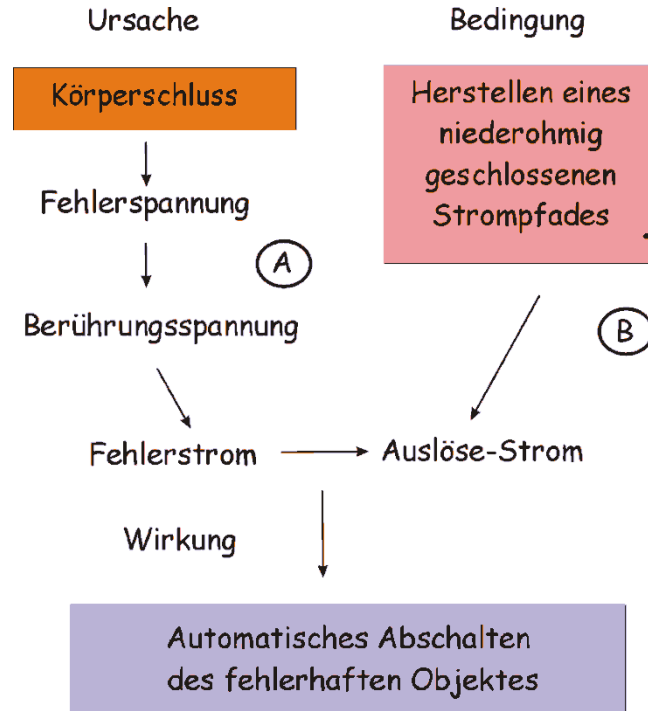
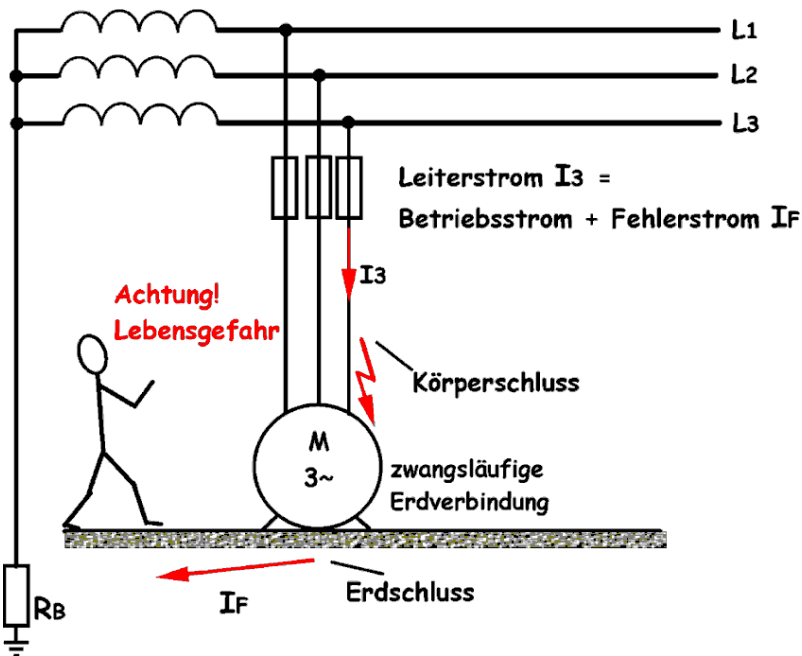
Bereichsspezifische Berührungsspannungen U_B



Fehlerschutz Schutz bei indirektem Berühren

Schutz durch automatisches Abschalten der Stromversorgung

Gefahren durch Berühren körperschlussbehafteter Objekte



Schutz durch automatisches Abschalten:

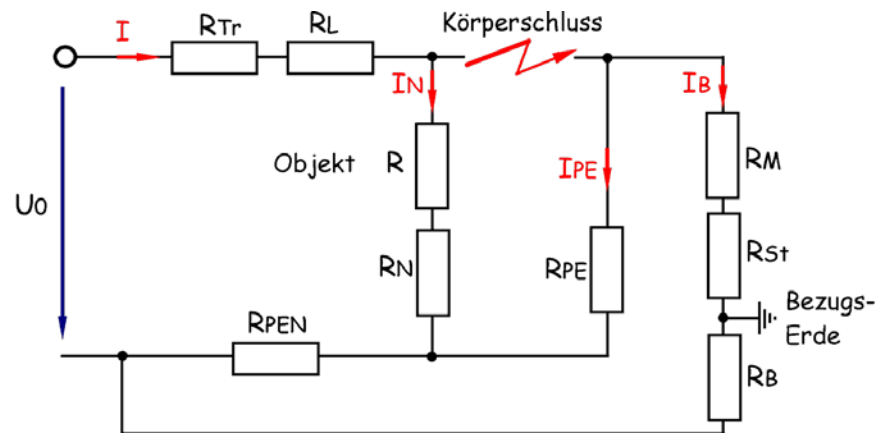
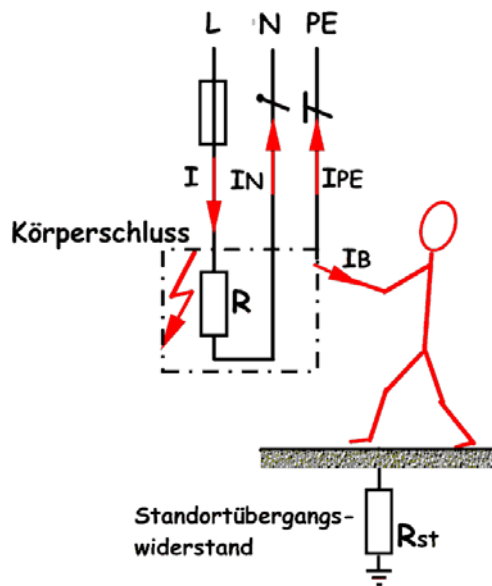
- A: durch Ansprechen eines Schaltorgans der Schutzeinrichtung wird das Bestehenbleiben einer zu hohen Berührungsspannung verhindert
- B: Der notwendige geschlossene Stromweg für den Auslösestrom wird durch den am Objekt angeschlossenen Schutzleiter hergestellt.

Fehlerschutz

Schutz bei indirektem Berühren

Schutz durch automatisches Abschalten der Stromversorgung

Gefahren durch Berühren körperschlussbehafteter Objekte



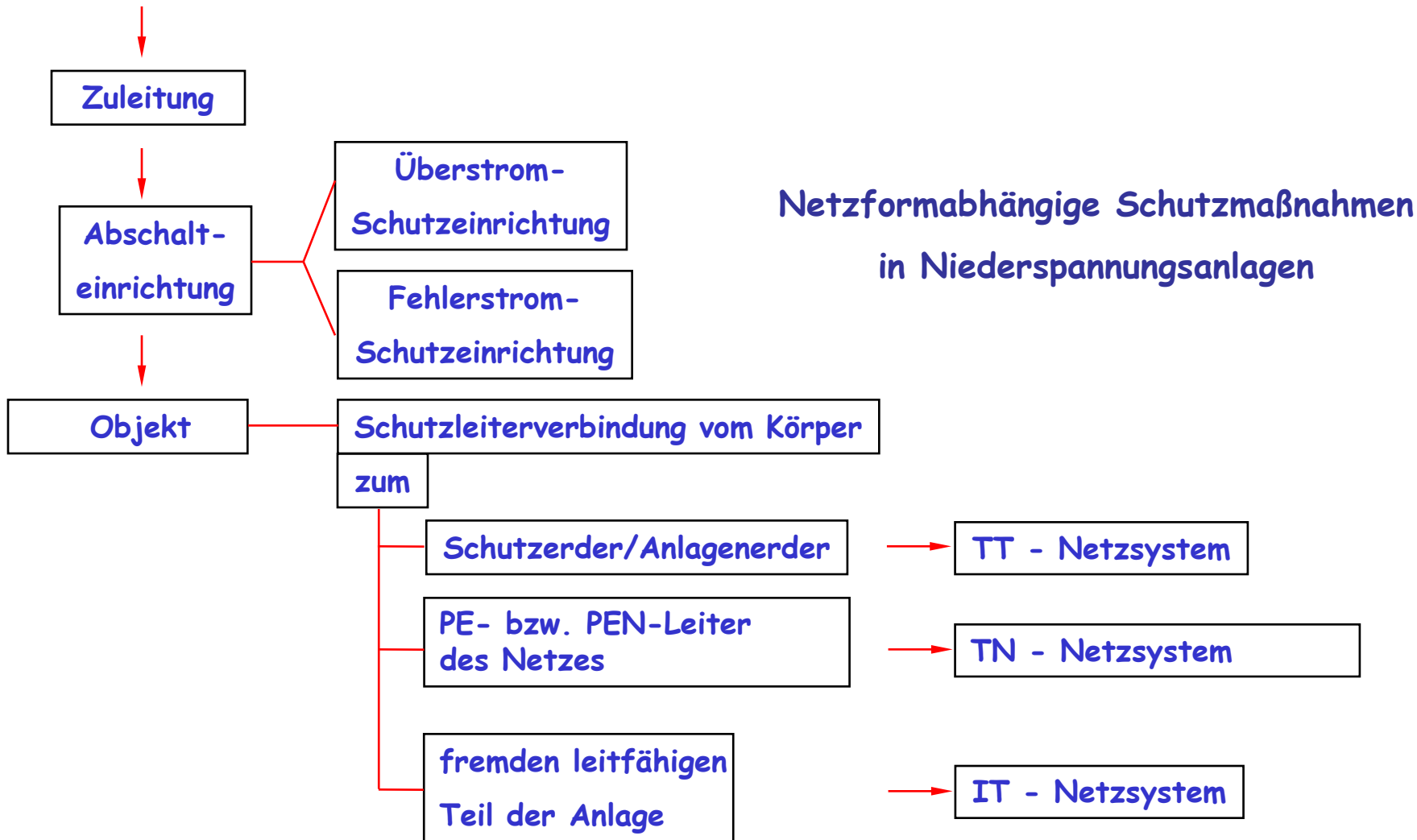
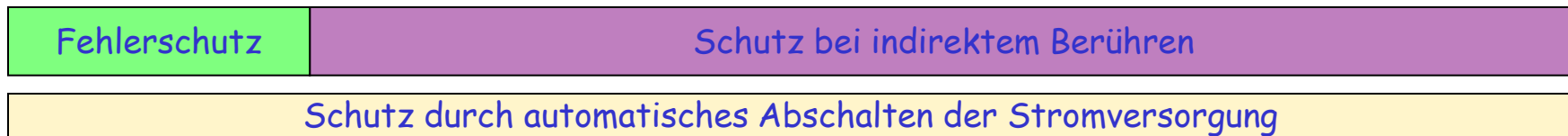
Ströme und Widerstände bei Körperschluss

Ströme beim Berühren eines körperschlussbehafteten Objektes

| | | | | | |
|-----|-------------|----|---------------|----|---------------|
| L | Außenleiter | Tr | Transformator | N | Neutralleiter |
| PEN | PEN-Leiter | B | Betriebserde | PE | Schutzleiter |
| St | Standort | M | Mensch | | |

Bei Unterbrechung des Schutzleiters oder des PEN-Leiters besteht Gefahr:

Die vorgeschaltete Überstromeinrichtung spricht nicht an!

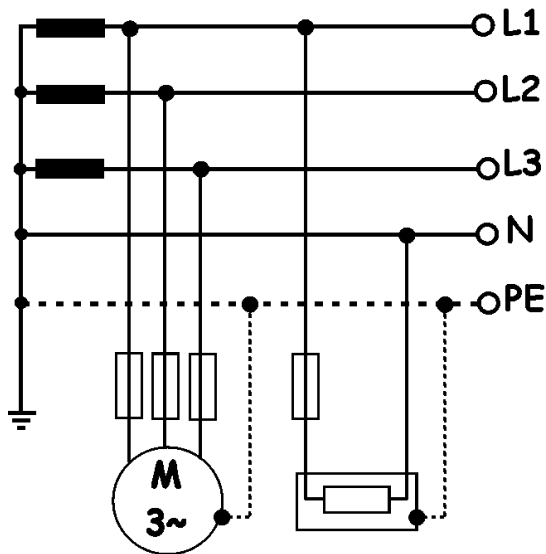


Fehlerschutz

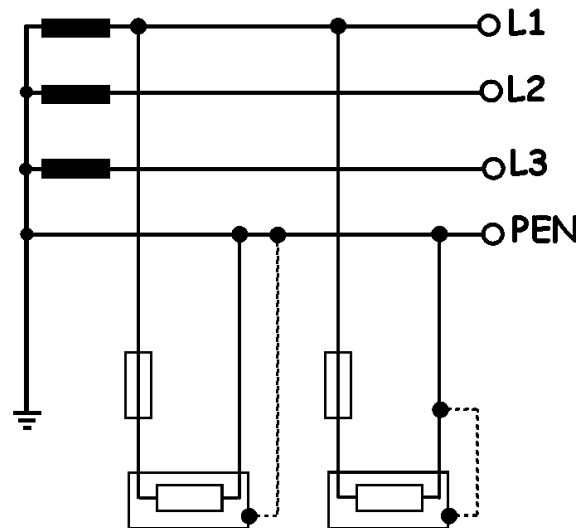
Schutz bei indirektem Berühren

Schutz durch automatisches Abschalten der Stromversorgung

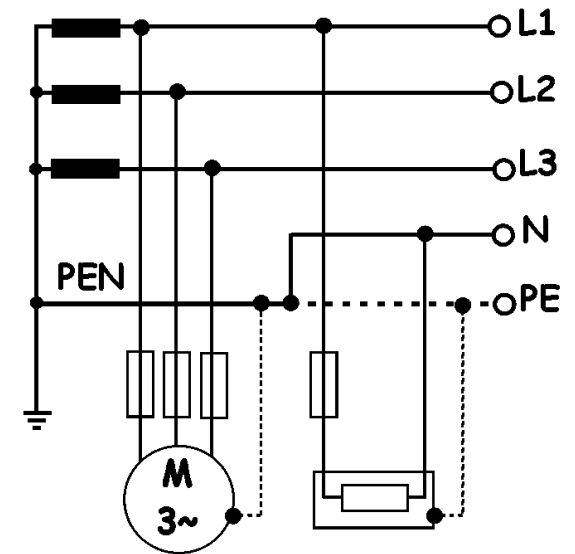
TN- Niederspannungsnetzsystemvarianten



TN - S



TN - C



TN - C - S

Niederspannungs- Netzsysteme:

Bezeichnung der Netzsysteme:

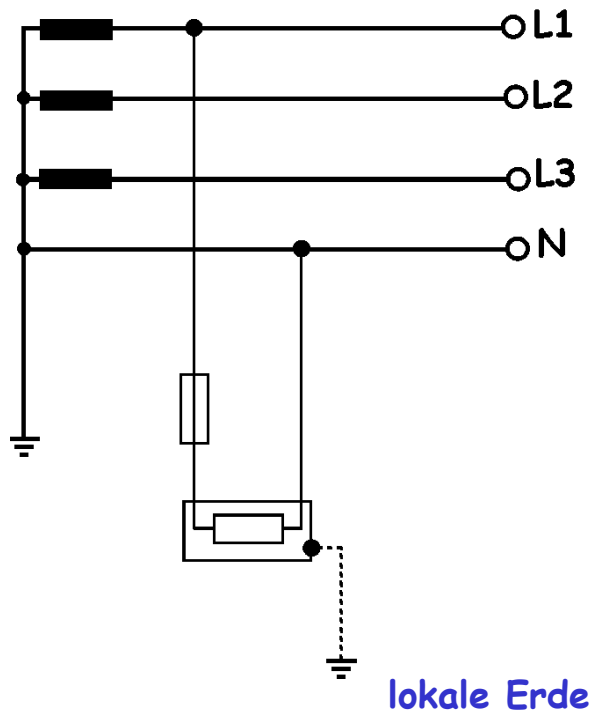
- 1. Buchstabe: Erdungsverhältnisse des Netzes
- 2. Buchstabe: Erdungsverhältnisse der Körper
- zusätzlicher Buchstabe: Anordnung des Neutralleiters und des Schutzleiters

Fehlerschutz

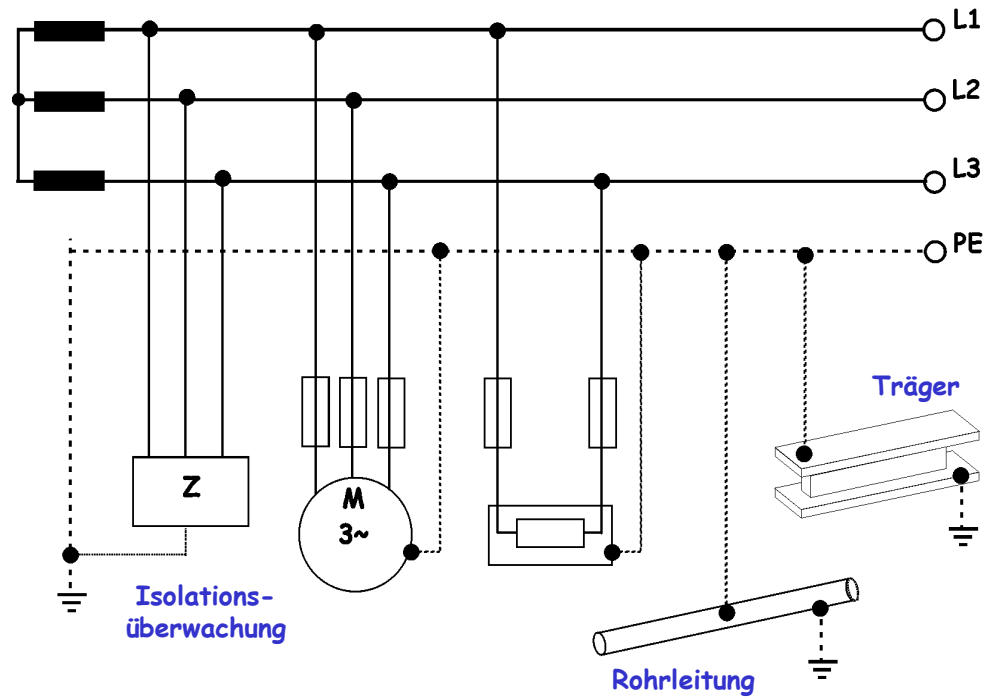
Schutz bei indirektem Berühren

Schutz durch automatisches Abschalten der Stromversorgung

TT- und IT- Netzspannungssysteme



TT- System



IT - System (3-Leiternetz)

Fehlerschutz

Schutz bei indirektem Berühren

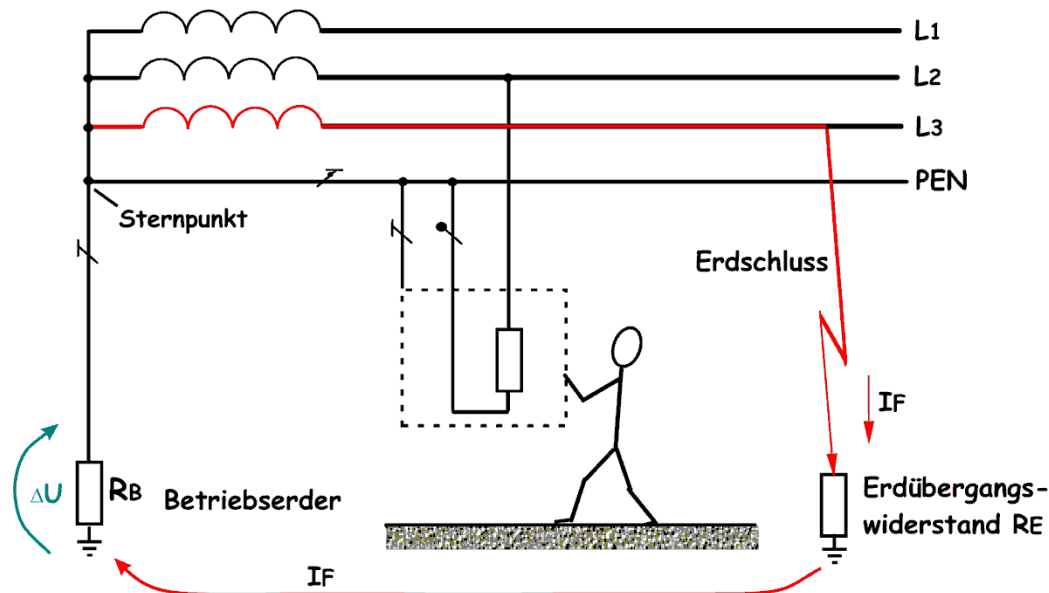
Schutz durch automatisches Abschalten der Stromversorgung

Schutz durch automatisches Abschalten erfordert:

- 1.) eine Koordinierung von Netzsystem und Schutzeinrichtung
- 2.) für jede Versorgungseinrichtung einen Hauptpotenzialausgleich

Potenzialausgleich: galvanische Verbindung zwischen den Körpern der elektrische Objekte und den fremden leitfähigen Teilen der Anlage

Beispiel: Folgen eines Erdschlusses in einem geerdeten TN- Netzsystem



Erdschluss im TN - Netzsystem

Durch den Erdübergangswiderstand R_E und den Betriebserdungswiderstand R_B wird die Größe des Fehlerstroms I_F begrenzt.

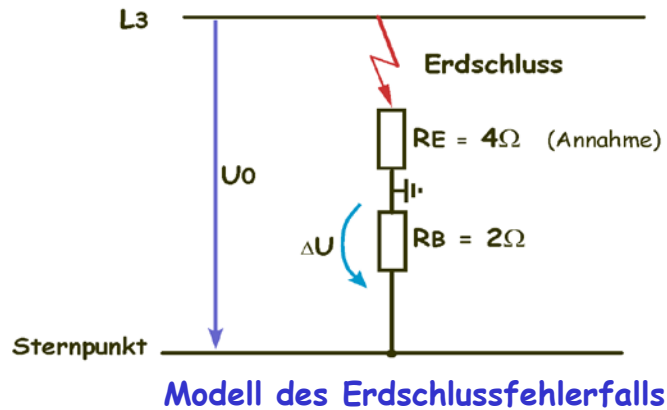
Es entsteht eine Sternpunktverlagerung auf dem PEN-Leiter:
Sternpunktverlagerungsspannung ΔU .

Die Beträge der erdschlussfreien Strangspannungen U_{str} nehmen zu.

Fehlerschutz

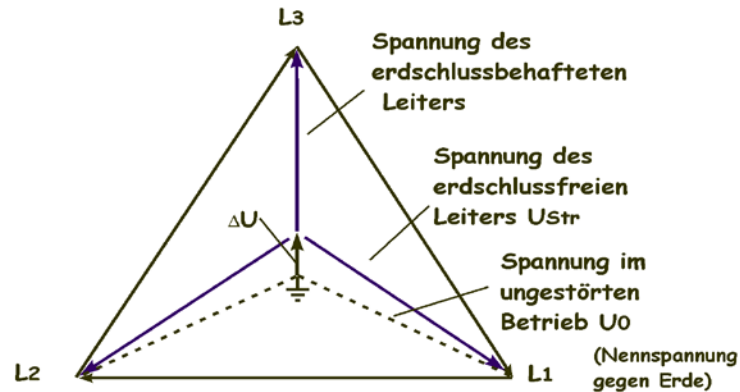
Schutz bei indirektem Berühren

Schutz durch automatisches Abschalten der Stromversorgung



- U_0 Nennspannung gegen Erde
 - ΔU Sternpunktverlagerungsspannung
 - R_E angenommener kleinster Erdübergangswiderstand
 - R_B Gesamterdungswiderstand aller Betriebserder
- Ein Betriebserdungswiderstand $R_B = 2\Omega$ wird als ausreichend angesehen.

$$\frac{\Delta U}{U_0} = \frac{R_B}{R_E + R_B} \quad \Delta U = \frac{2\Omega}{4\Omega + 2\Omega} \cdot 230V \quad \Delta U = 77V$$



Es muss in jedem Fall gelten:

$$\frac{R_B}{R_E} \leq \frac{U_B}{U_0 - U_B}; \quad \Delta U \leq U_{Bmax} = 50V; \quad U_{Str} \leq 253V$$

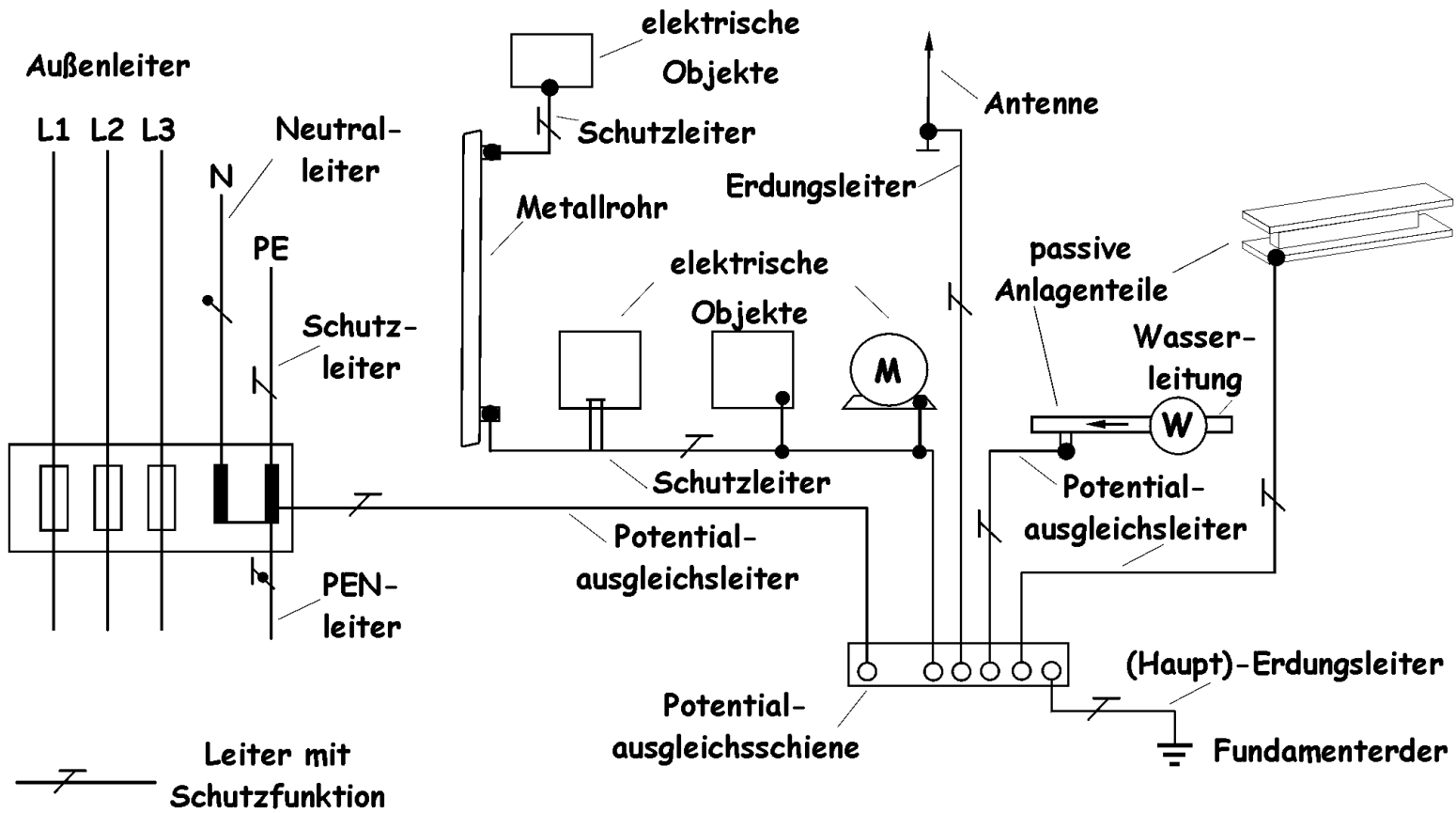
$$R_E \geq \frac{U_0 - U_{Bmax}}{U_{Bmax}} \cdot R_B \quad R_E \geq \frac{253V - 50V}{50V} \cdot 2\Omega$$

$$\boxed{R_E \geq 8,1\Omega} \quad \text{für } R_B = 2\Omega$$

Fehlerschutz

Schutz bei indirektem Berühren

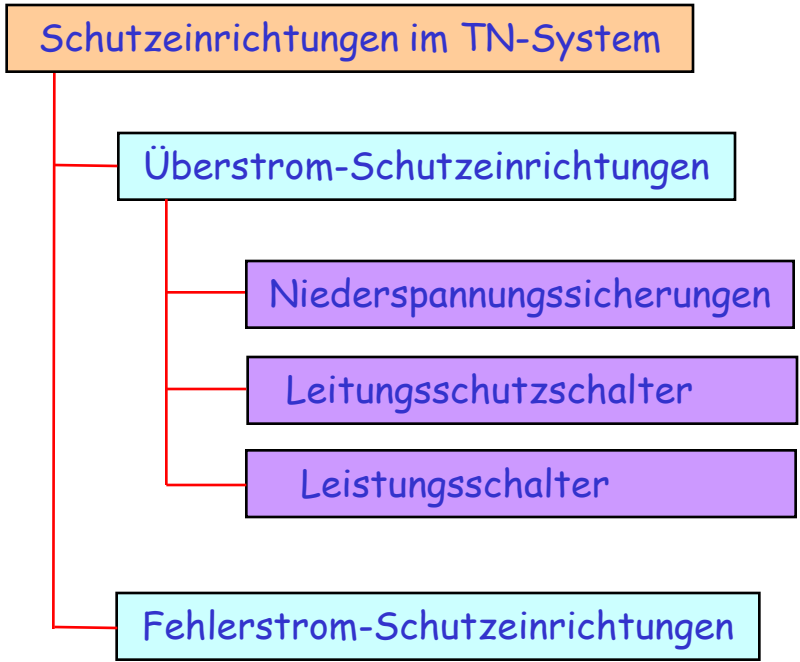
Schutz durch automatisches Abschalten der Stromversorgung



Leiter mit Schutzfunktion in einer elektrischen Anlage

Fehlerschutz Schutz bei indirektem Berühren

Schutz durch automatisches Abschalten der Stromversorgung



| Überstrom-Schutzeinrichtung | Abschaltzeit t_a | |
|---------------------------------------|--------------------|----------|
| | 0,4 s | 5 s |
| Schmelzsicherung Betriebsklasse gL/gG | $8 I_n$ | $6 I_n$ |
| LS-Schalter Charakteristik B | $5 I_n$ | $5 I_n$ |
| LS-Schalter Charakteristik C | $10 I_n$ | $10 I_n$ |

Näherungswerte für Abschaltströme

| gL/gG-Sicherung | | Abschaltzeit t_a | LS-Schalter (B) | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------------------------|
| Abschaltstrom | maximaler Schleifen-Widerstand Z_s | | Abschaltstrom | maximaler Schleifen-Widerstand Z_s |
| 80 A | $2,9 \Omega$ | 0,4 s 5 s | 50 A | $4,6 \Omega$ |
| 60 A | $3,8 \Omega$ | | 50 A | $4,6 \Omega$ |

Abschaltströme der Überstrom-Schutzeinrichtungen bei einem Bemessungsstrom von 10 A

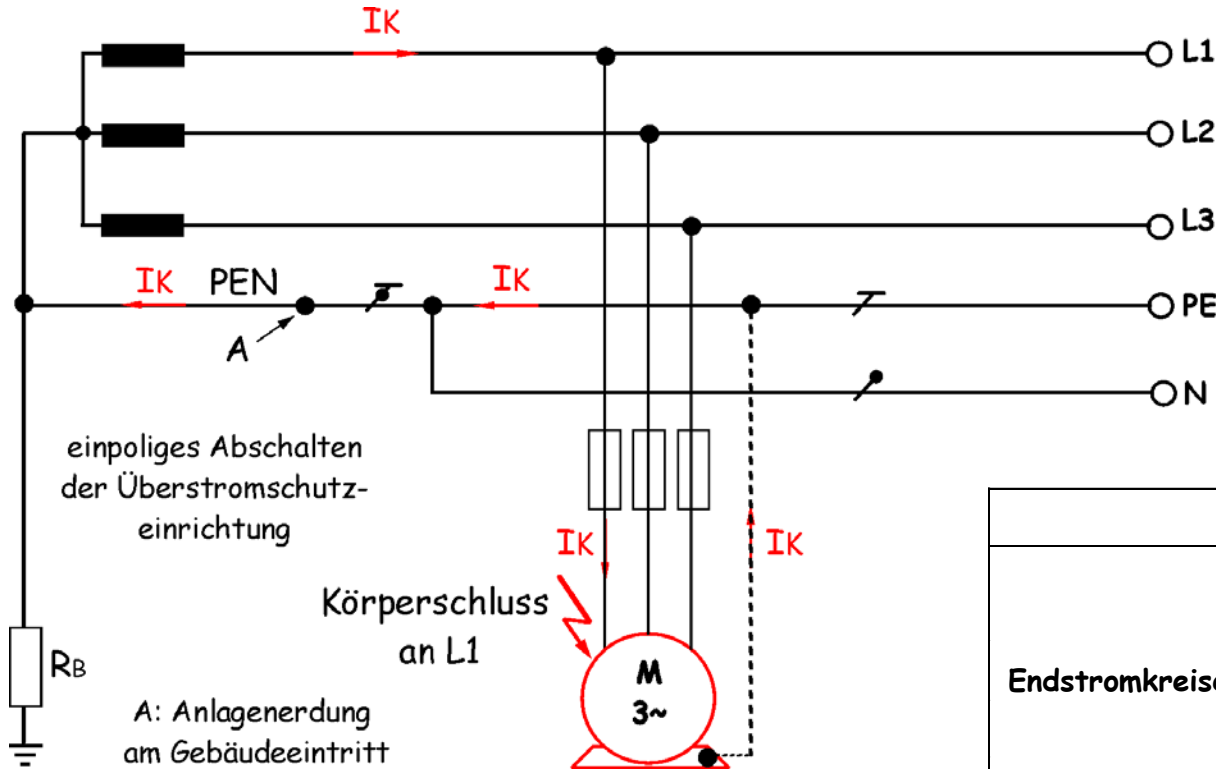
Funktionsklasse g: Ganzbereichssicherung für Überlast und Kurzschlussstrom
 zu schützendes Objekt G(L): Leitungen und Kabel

Fehlerschutz

Schutz bei indirektem Berühren

Schutz durch automatisches Abschalten der Stromversorgung

Schutz durch Abschalten im TN-System



Beim Fehlerfall entsteht durch den Körperschluss über die Verbindung Gehäuse- Schutzleiter - PEN-Leiter ein einpoliger Kurzschluss.

einpoliges Abschalten der Überstromschutz-einrichtung

Körperschluss an L1

A: Anlagenerdung am Gebäudeeintritt

Der bei einem Körperschluss fließende Abschaltstrom I_a muss in der vorgegebenen Abschaltzeit t_a das automatische Abschalten einleiten.

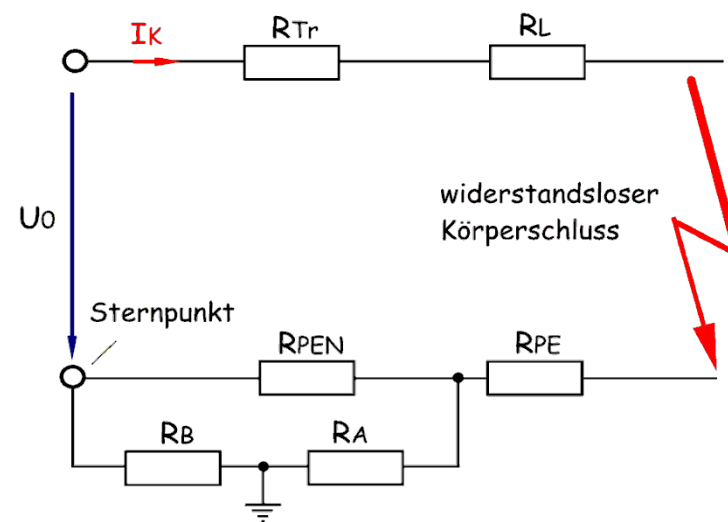
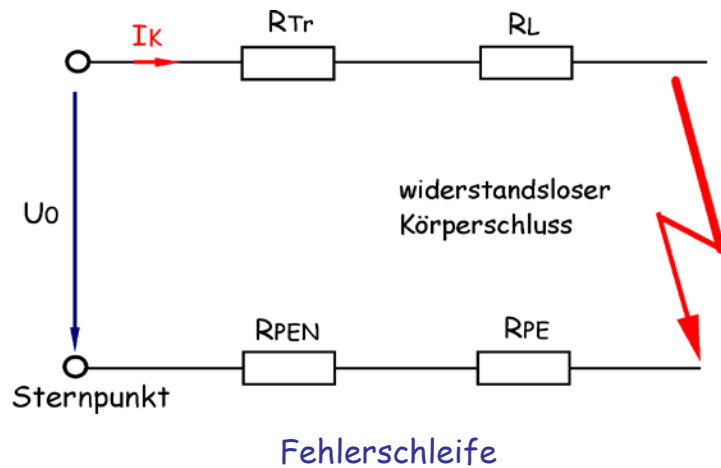
| Abschaltzeiten | | |
|---|---------------------------------|-------------------------------|
| | Nennspannung gegen Erde U_0/V | maximale Abschaltzeit t_a/s |
| Endstromkreise | 230 | 0,4 |
| | 400 | 0,2 |
| | > 400 | 0,1 |
| Verteilerstromkreise mit ortsfesten elektrischen Objekten | | < 5 |

Fehlerschutz

Schutz bei indirektem Berühren

Schutz durch automatisches Abschalten der Stromversorgung

Schutz durch Abschalten im TN-System



Schleifenimpedanz Z_S der Fehlerschleife

$$Z_S \approx R_S = R_{Tr} + R_L + R_{PE} + R_{PEN}$$

Es muss gelten:

$$I_K \geq I_a \quad Z_S \leq \frac{U_0}{I_a}$$

U_0 : Nennspannung gegen geerdeten Leiter

Fehlerschleife bei Körperschluss in geerdeter Anlage

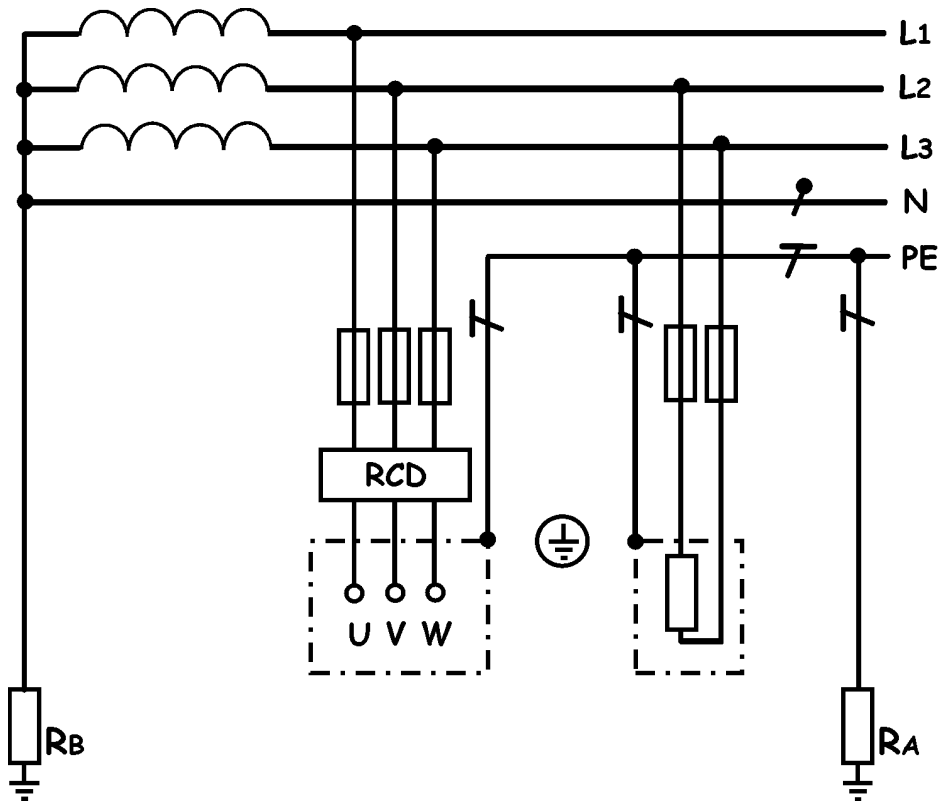
Die Schleifenimpedanz Z_S sinkt durch die Anlagenerdung im Punkt A beim Gebäudeeintritt. Die definierten Abschaltzeiten werden sicher erreicht.

Fehlerschutz

Schutz bei indirektem Berühren

Schutz durch automatisches Abschalten der Stromversorgung

Schutz durch Abschalten im TT-System



TT-System

Schutzeinrichtungen im TT-System

Fehlerstromschutzeinrichtungen

Sonderfall

Überstromschutzeinrichtungen

Leitungsschutzschalter

Niederspannungssicherungen

Nur wenn oben genannte Einrichtungen nicht verwendet werden können

Fehlervoltage-Schutzeinrichtungen

Fehlerschutz

Schutz bei indirektem Berühren

Schutz durch automatisches Abschalten der Stromversorgung

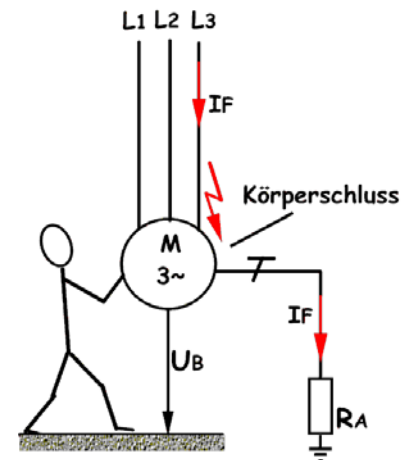
Schutz durch Abschalten im TT-System

Der Widerstand des Anlagenerders R_A bestimmt die Höhe des Abschaltstroms I_a .

Es muss gelten: $I_F \geq I_a$

$$R_A \leq \frac{U_B}{I_a}$$

U_B : höchzulässige Berührungsspannung
 I_a : Abschaltstrom der Überstrom Schutzeinrichtung



Körperschluss am geerdeten Objekt

Beispiel: Bestimmung des notwendigen Erderwiderstandes R_A

Nennstrom der Überstromschutzeinrichtung: $I_n = 16 \text{ A}$

| | | |
|--|---|--|
| Abschaltstrom I_a nach $t_{\max} = 5\text{s}$ LS-Schalter (B) | nach $t_{\max} = 5\text{s}$ gL/gG-Schmelzsicherung | Abschaltstrom $I_a = I_{\Delta n}$ nach $t_{\max} = 100\text{ms}$ RCD-Schutzeinrichtung |
|--|---|--|

| | | |
|---|---|-----------------------|
| $I_a = 5 \cdot 16 \text{ A} = 80 \text{ A}$ | $I_a = 6 \cdot 16 \text{ A} = 96 \text{ A}$ | $I_a = 10 \text{ mA}$ |
|---|---|-----------------------|

| | | |
|------------|-----|---------------------------|
| Höchstwert | des | Anlagen-Erderwiderstands: |
|------------|-----|---------------------------|

| | | |
|--|--|---|
| $R_A \leq \frac{50 \text{ V}}{80 \text{ A}} = 0,63 \Omega$ | $R_A \leq \frac{50 \text{ V}}{96 \text{ A}} = 0,52 \Omega$ | $R_A \leq \frac{50 \text{ V}}{10 \text{ mA}} = 5,0 \text{ k}\Omega$ |
|--|--|---|

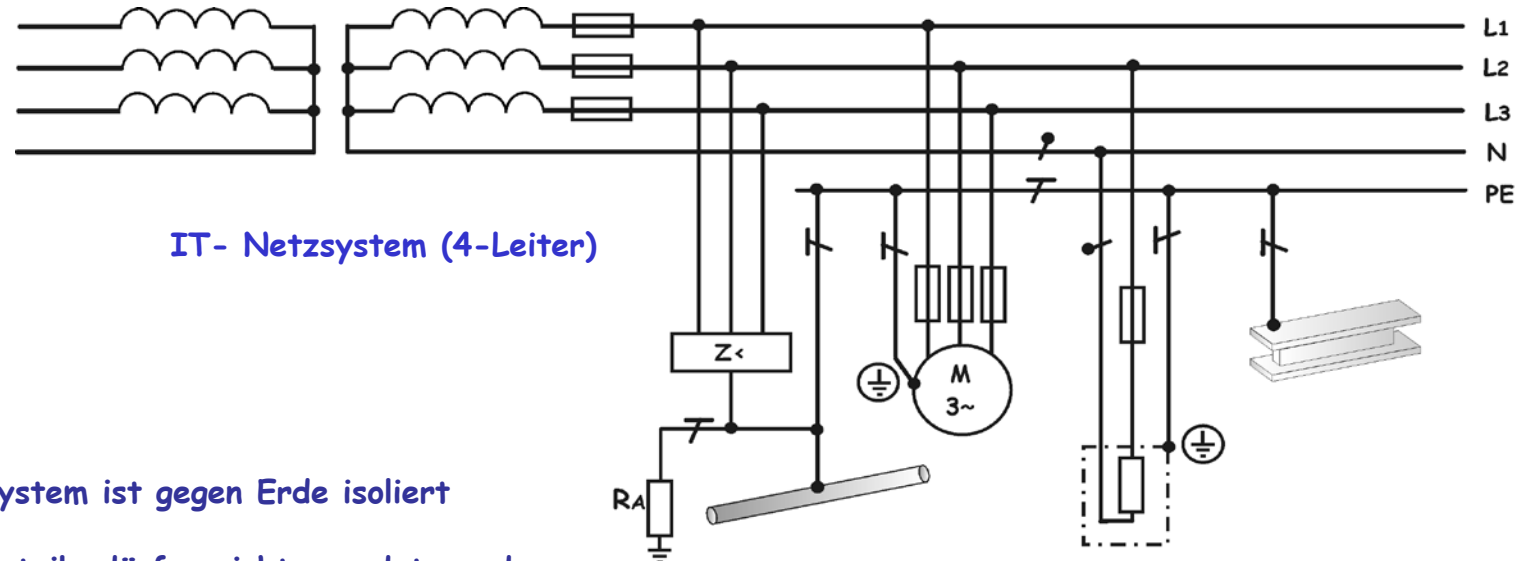
Nur in Sonderfällen ist in TT-Netzen eine Überstromeinrichtung als Abschaltorgan anzuwenden.

Fehlerschutz

Schutz bei indirektem Berühren

Schutz durch automatisches Abschalten der Stromversorgung

Schutz durch Abschalten im IT-System



Merkmale:

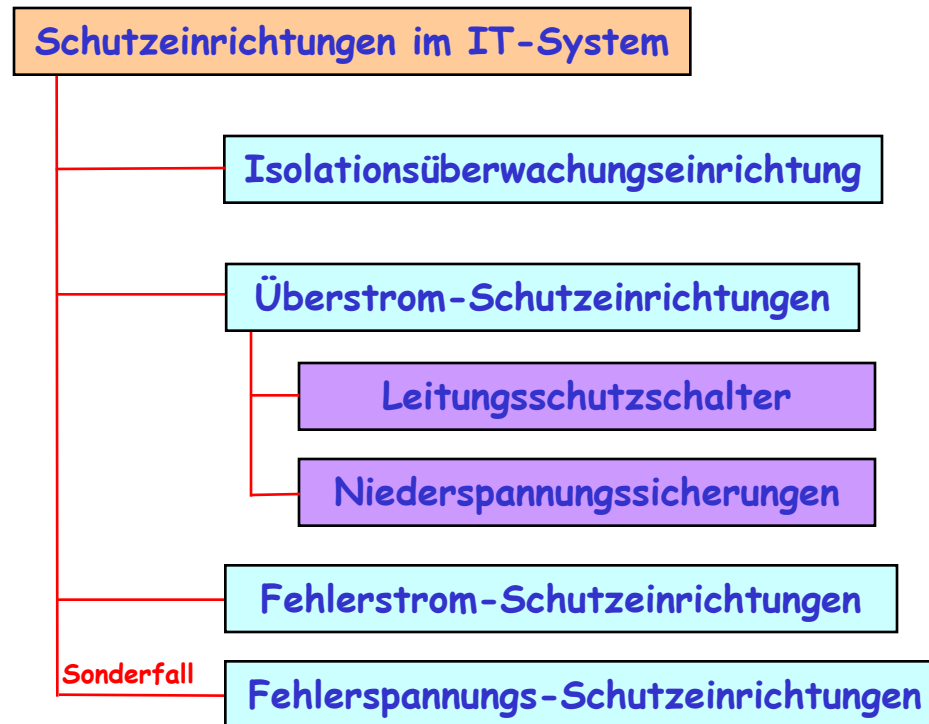
- das IT-Netzsystem ist gegen Erde isoliert
- aktive Betriebsteile dürfen nicht geerdet werden
- alle passiven Objekte (Körper) werden mit den der Berührung zugänglichen leitenden Gebäudekonstruktionen, Rohrsystemen, etc. über einen Schutzleiter verbunden
- Ein Erdschluss durch einen Isolationsfehler im Leitungssystem oder am Objekt hebt das Potenzial des Schutzleiters auf das den Fehler verursachenden Außenleiter. Die Berührungsspannung als Potentialdifferenz bleibt aber Null. (Das System ist jetzt im Zustand eines TT- oder TN-Systems)
Erst ein zweiter Isolationsfehler muss zur Auslösung der Schutzeinrichtungen führen

Fehlerschutz

Schutz bei indirektem Berühren

Schutz durch automatisches Abschalten der Stromversorgung

Schutz durch Abschalten im IT-System



Fehlerschutz

Schutz bei indirektem Berühren

Netzsystemunabhängiger Schutz

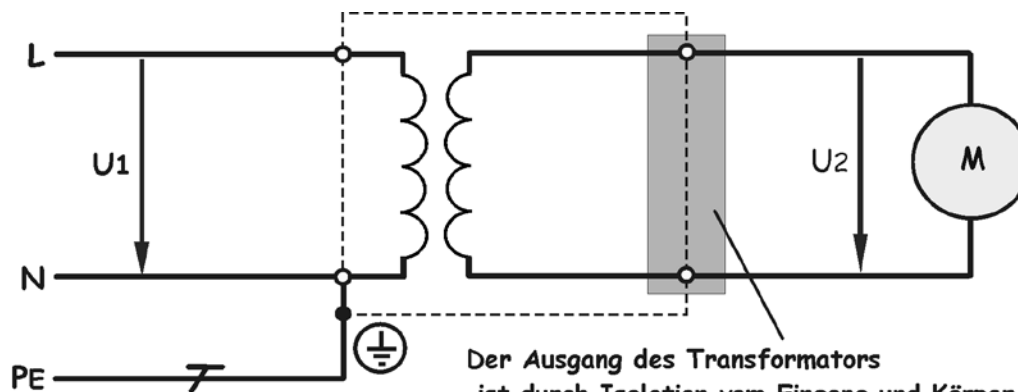
Schutzisolierung

Verhindert das Entstehen einer gefährlichen Berührungsspannung am Objekt durch

- Isolierende Abdeckungen
- Gehäuse: z.B. Kopierer, Leuchten
- isolierende Zwischenteile: Bohrmaschine
- Vollisolierende Installationsmaterialien: Kabel, Leitungen, Steckdosen, Verteilungen

Schutztrennung

Betriebsmittel sind vom einspeisenden Versorgungsnetz durch Trenntransformator galvanisch getrennt und nicht geerdet, noch dürfen sie mit dem Schutzleiter oder Körper anderer Stromkreise verbunden werden



Der Ausgang des Transformators ist durch Isolation vom Eingang und Körper getrennt.

Trenntransformator

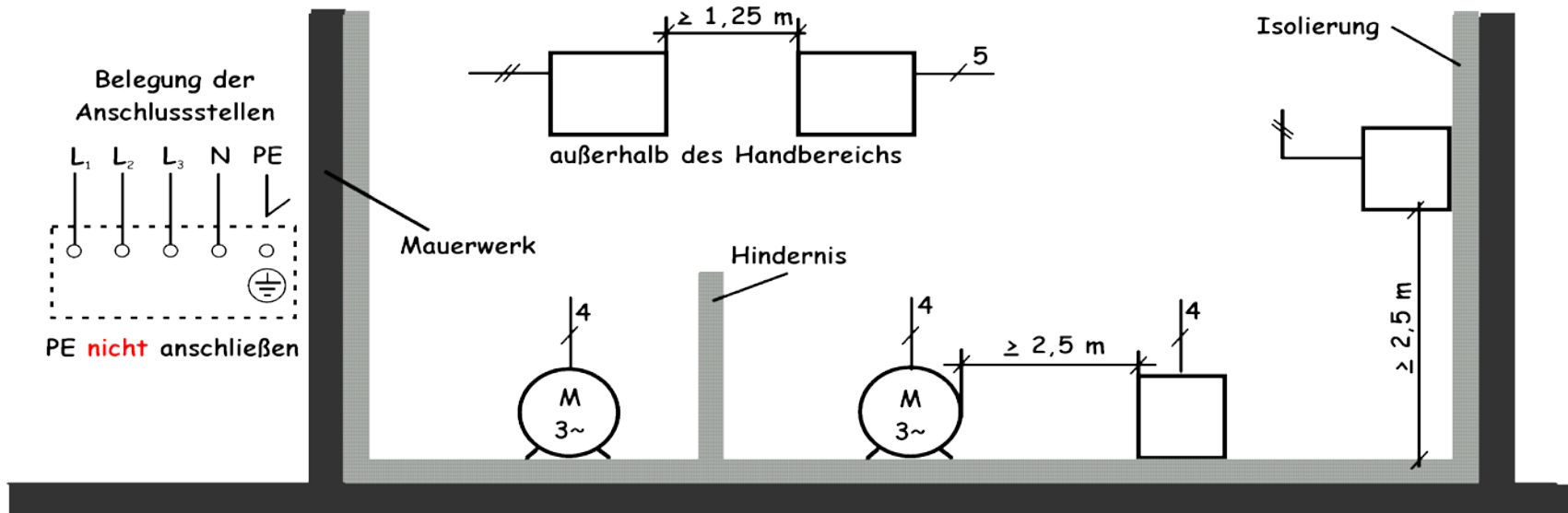
Fehlerschutz

Schutz bei indirektem Berühren

Netzsystemunabhängiger Schutz

Schutz durch nichtleitende Räume

Das gleichzeitige Berühren von Anlagenteilen, die durch Versagen der Basisisolierung unterschiedliches Potential annehmen können, wird durch isolierende Fußböden, Trennwände und sichere Abstände verhindert. Ortveränderliche Geräte sind nicht zugelassen



Schutz durch nichtleitenden Raum

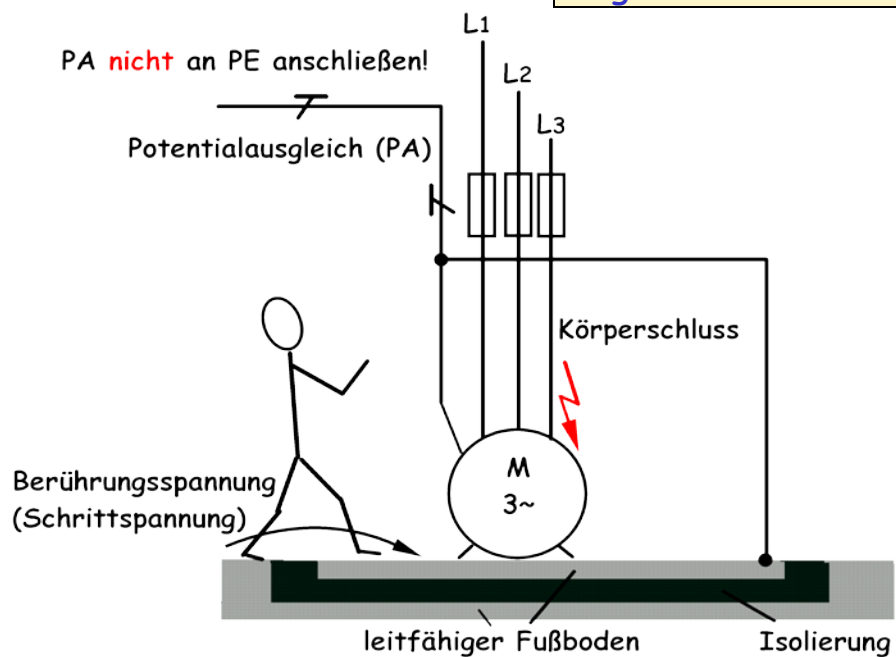
Fehlerschutz

Schutz bei indirektem Berühren

Netzsystemunabhängiger Schutz

Schutz durch örtlichen erdfreien Potentialausgleich

Alle Körper der Objekte und fremden leitfähigen Teile sind durch ein lokales Potentialausgleichssystem miteinander verbunden; dieses darf nicht geerdet werden.
Schutzleiter der Betriebsmittel dürfen nicht angeschlossen werden.



Betreten einer erdpotentialfreien Anlage

Regeln für die Errichtung und den Betrieb von Experimentiereinrichtungen

- Normbezug:**
- DIN VDE 0100 Errichten von Niederspannungsanlagen
 - Teil 723: Unterrichtsräume mit Experimentiereinrichtungen

 - DIN VDE 0105 Betrieb von elektrischen Anlagen
 - Teil 112: Besondere Festlegungen für das Experimentieren mit elektrischer Energie in Unterrichtsräumen oder in dafür vorgesehenen Bereichen

Anwendungsbereich:

Experimentieren mit **berührunggefährlicher Spannung** an fest installierten oder zeitweise aufgebauten elektrischen Einrichtungen und Versuchsanordnungen

Gefährdungsbereiche:

Räume in Ausbildungsstätten, die der Wissensvermittlung dienen; dazu zählen auch Vorlesungs- und Praktikumsräume in Hochschulen

Berührunggefährliche Spannungen:

Wechselspannungen, die 25 V und Gleichspannungen, die 60 V überschreiten oder Kurzschlussströme, die bei diesen Spannungen größer als $3\text{mA} \sim$ bzw. $12\text{mA} =$ sind

Experimentierleitungen:

Einadrige, flexible, isolierte Leitungen mit beidseitig angebrachten Steckverbindern oder Kabelschuhen

Experimentiereinrichtungen - Errichtung - 1 -

Auswahl von Schutzmaßnahmen, die über die allgemeinen Festlegungen der DIN VDE 0100 hinausgehen:

Schutz gegen direktes Berühren

- Schutz durch Isolierung von aktiven Teilen:
Verwendung von einpoligen berührungssicheren Steckbuchsen (Laborsteck- oder Sicherheitsbuchse)
- Zusätzlicher Schutz:
Bei Versorgung der Experimentiereinrichtung aus TN- oder TT-Netzsystemen (Steckdosenstromkreise) sind Fehlerstrom- Schutzeinrichtungen (RCDs) mit einem Bemessungsstrom ΔI_F von max. 30 mA vorzusehen

Schutz bei indirektem Berühren

- Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung:
Bei Versuchen, die eine Stromversorgung ohne RCD notwendig machen, ist das Zuschalten dieser Versorgung nur über eine Trenneinrichtung zu realisieren, die unbefugtes Zuschalten verhindert.
- Zusätzlicher Potentialausgleich:
Alle berührbaren fremden leitfähigen Teile müssen mit Potentialausgleichsleitern untereinander und dem Schutzleiter der Stromversorgung verbunden werden

Experimentiereinrichtungen - Errichtung - 2 -

Auswahl von Schutzmaßnahmen, die über die allgemeinen Festlegungen der DIN VDE 0100 hinausgehen:

Trennen und Schalten

- Trennen:

Experimentiereinrichtungen müssen durch eine Trenneinrichtung allpolig von allen aktiven Leitern (einschließlich des Neutralleiters (N)) von der Stromversorgung getrennt werden können; z. B. durch eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD).

- Handlung im Notfall:

Jede Experimentiereinrichtung muss, neben einer Ausschaltvorrichtung, mit einer Einrichtung für das Ausschalten im Notfall ausgestattet sein, die die Experimentiereinrichtung von der Stromversorgung trennt; z.B. Verwendung eines Notaus-Befehlsgebers (Pilztaster), der auf eine oder mehrere Trenneinrichtungen wirkt.

Experimentiereinrichtungen - Betrieb - 1 -

Auszüge spezifischer Anforderungen

Allgemeine Anforderungen:

Versuchsdurchführende Personen sind fachlich qualifiziert und können mögliche Gefahren auf Grund ihrer Erfahrungen erkennen und beurteilen.

Aufsichtführende Personen sind über vorhandene Schutzeinrichtungen und Maßnahmen unterwiesen.

Unfallverhütung, Erste Hilfe und Brandbekämpfung:

Stellen besonderer Gefährdung unbeaufsichtigter Versuchsphasen sind durch Warnschilder zu kennzeichnen.

Notwendige gesetzliche und berufsgenossenschaftliche Regelungen zur Unfallverhütung sind bereitzulegen und den Experimentierenden zugänglich zu machen.

Experimentiereinrichtungen - Betrieb - 2 -

Auszüge spezifischer Anforderungen

Betrieb von Experimentiereinrichtungen:

Alle für das Experimentieren erforderlichen Betriebsmittel sind auf Beschädigungen und auf Funktion zu überprüfen; sie müssen den Anforderungen gültiger Normen entsprechen.

Die Versorgung mit elektrischer Energie darf nur über zulässige Speisepunkte erfolgen. Aufbau, Umbau und Abbau der Versuchsanordnungen dürfen nur im spannungslosen Zustand vorgenommen werden.

Es müssen für den Zweck geeignete und sichere Messgeräte verwendet werden, die vor der Verwendung zu prüfen sind.

Als Mess- und Verbindungsleitungen dürfen nur solche mit vollständigem Berührungsschutz verwendet werden.