

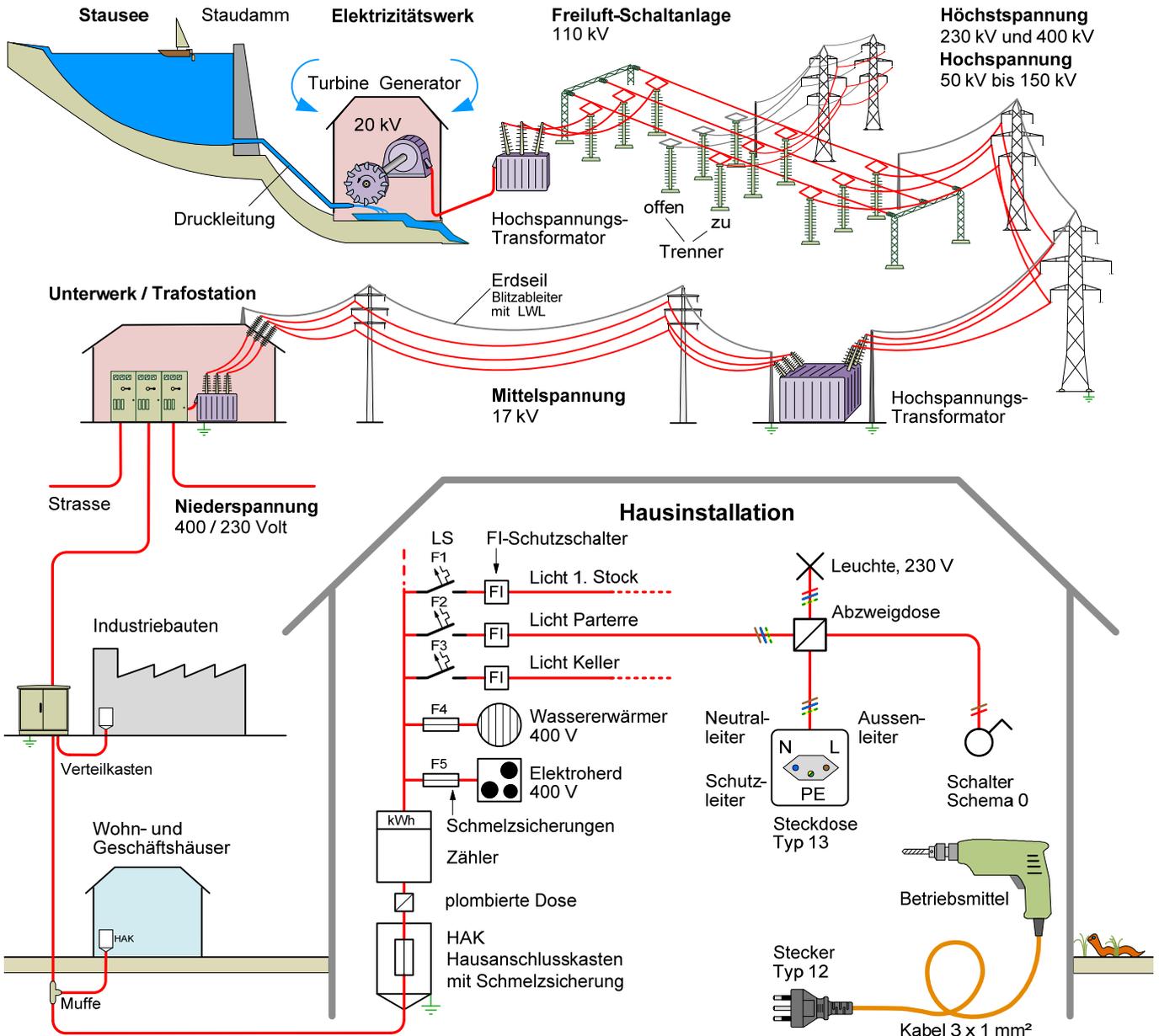


Anhand einiger Grundkenntnisse aus Elektrotechnik und Installationstechnik sollen im Kapitel 0 die Übertragung, die Wirkung und die Gefahren des elektrischen Stromes gezeigt werden.

Woher kommt der Strom?

Vom Kraftwerk zum Hausanschlusskasten

Kraftwerke wandeln Energie in Form von Wärme, Kraft oder Licht an Ort und Stelle in elektrischen Strom und Spannung um. Die elektrische Energie wird über Hochspannungsleitungen in die Zentren verteilt. Dort wird sie in Unterwerken auf Niederspannung transformiert. Die Niederspannungsleitungen werden meist unter dem Boden, seltener aber auch über Freileitungen ins Haus geführt.



Vom Hausanschlusskasten zum Betriebsmittel

Nach der Einführung ins Wohn- oder Geschäftshaus, genauer nach dem Hausanschlussüberstromunterbrecher, fängt die Messung und Verteilung an. Von hier aus wird der Strom über Überstromschutzeinrichtungen, Abzweigdosen, Schalter oder Steckdosen zu den Betriebsmitteln geführt.

Je nach Bemessungsspannung und Stromstärke werden nach bestimmten Regeln der Technik, Verlegungsarten, Leiter und Apparate ausgewählt und installiert.

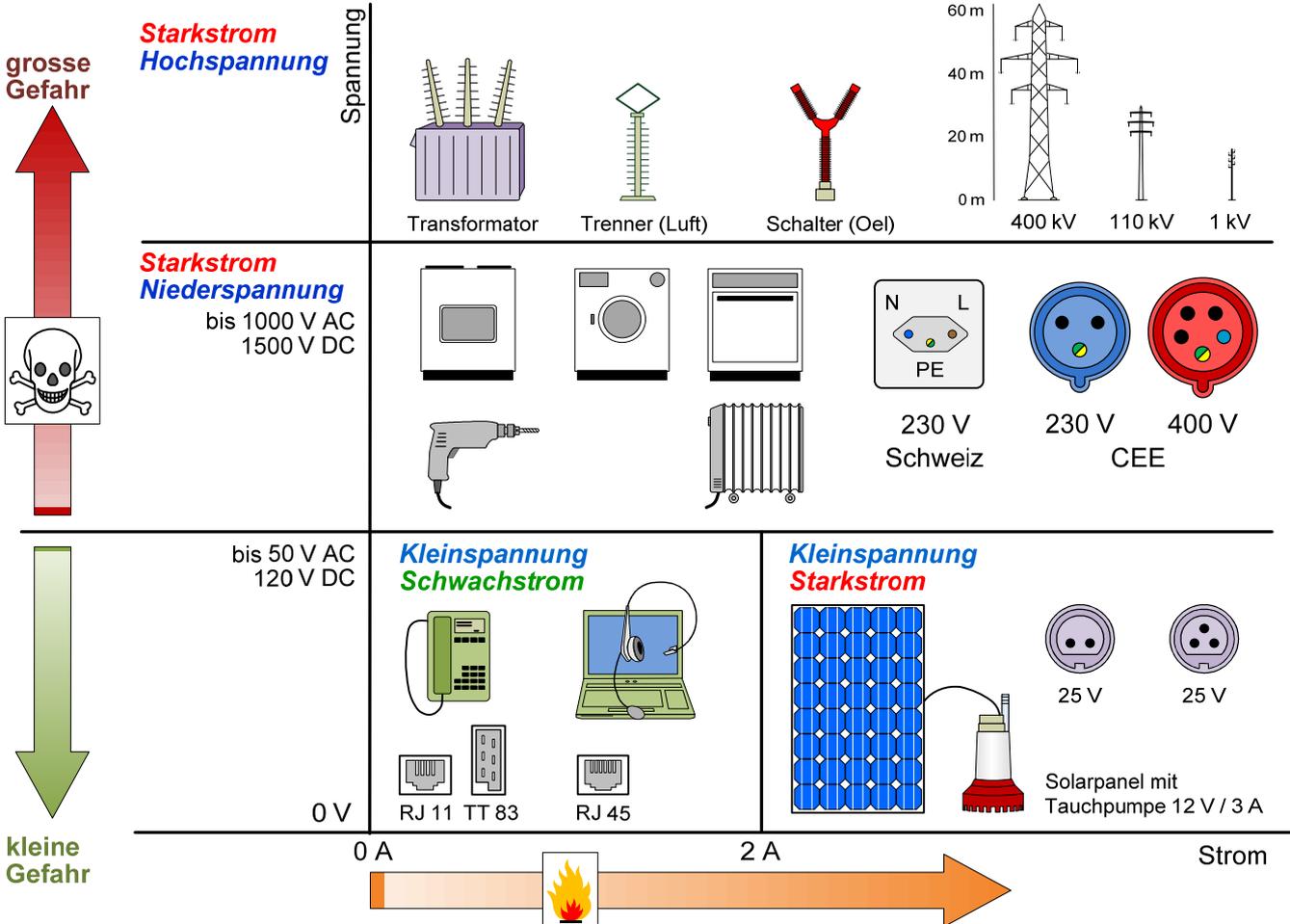


Welche Spannungen sind gefährlich?

RdT 2.1

Damit das Gefährdungspotenzial einer elektrischen Anlage abgeschätzt werden kann, werden die Spannungen in verschiedene Bereiche eingeteilt.

Generell kann gesagt werden, dass Wechselspannungen über 50 V oder Gleichspannungen über 120 Volt gefährlich sind. Geräte, bei denen gefährliche Spannungen vorkommen, müssen daher spannungsführende Teile mittels Gehäuse oder Verschalung gegen Berührung geschützt werden.



Gefahren entstehen aber auch durch Elektrobrände. Beschädigte Isolationen, schlechte Kontakte oder Überlastungen können auch schon bei kleinen Strömen Brände auslösen.

Wichtige Begriffe

Ergänzen Sie die Begriffe mit Erklärungen und Werten:

Abkürzung für Anschlussüberstromunterbrecher: **AÜu**

Leitungsschutzschalter: **löst bei Überstrom aus**

Fehlerstromschutzschalter: **löst bei Fehlerstrom aus**

Wechselstrom: **Alternating Current = AC**

Gleichstrom: **Direct Current = DC**

Hochspannung: **> 1000 V AC** oder **> 1500 V DC**

Niederspannung: **> 50 bis 1000 V AC** oder **> 120 V DC**

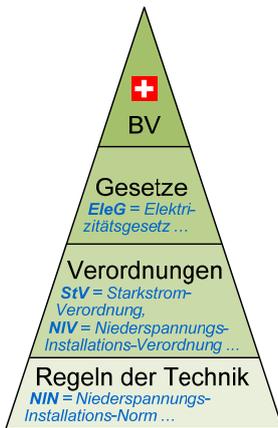
Kleinspannung: **≤ 50 V AC** oder **≤ 120 V DC**

Schwachstrom: **≤ 2 A** und **≤ 50 V AC** oder **≤ 120 V DC**

Starkstrom: **> 2 A** oder **> 50 V AC** oder **> 120 V DC**

Hinweis

- > grösser als z.B. 51 > 50
- < kleiner als z.B. 1.9 < 2
- ≥ grösser oder gleich
- ≤ kleiner oder gleich



Unfälle passieren nicht - sie werden verursacht



Was sagt der Gesetzgeber zum Strom?

RdT 1.3

Gesetzliche Bestimmungen und Sicherheitseinrichtungen helfen mit, dass die Gefährdung durch die Elektrizität gering ist.

Den höchsten Rang bei der Gesetzgebung hat in der Schweiz die **Bundesverfassung (BV)**. Ihr sind die anderen Gesetze untergeordnet. Für alle Elektrobereiche gilt das **Elektrizitätsgesetz**.

Die **Verordnungen** sind den Gesetzen untergeordnet.

Für den Elektrofachmann gilt vor allem die **Niederspannungs-Installations-Verordnung (NIV)**. Sie regelt das Arbeiten an elektrischen Installationen und die anschliessende Kontrolle (Erstkontrolle, Sicherheitsnachweis).

Wie Elektroinstallationen fachgerecht und sicher installiert werden sollen, steht in der **Niederspannung Installationsnorm**. Diese sogenannten **Regeln der Technik** werden von der Firma Electrosuisse herausgegeben.

Wodurch entstehen Unfälle?

RdT 5.1

Jährlich werden in der Schweiz ca. 800 Elektrounfälle gemeldet (davon ca. 5 mit tödlichem Ausgang). Sie sind zurückzuführen auf: Unwissenheit, laienhafte Installationen und absichtliche oder fahrlässige Missachtung von Sicherheitsregeln.

Die meisten Unfälle werden durch Fachleute verursacht!

Strom sieht man nicht. Man erkennt ihn nur an seinen Wirkungen. Diese können aber für Menschen und Tiere tödlich sein. Unfälle entstehen durch:

- schlechte Risikobeurteilung und somit falsche Arbeitsmethode
- schlechte oder ungenügende Arbeitsvorbereitung
- mangelnde Aufmerksamkeit beim Arbeiten
- Nichtbeachten von Sicherheitsregeln

5 Sicherheitsregeln zur Arbeitssicherheit nach NIV

Gemäss NIV Art. 22 dürfen Arbeiten an elektrischen Installationen in der Regel nur ausgeführt werden, wenn diese nicht unter Spannung stehen.

Die Sicherheitsregeln müssen vor den Arbeiten in der Reihenfolge 1 bis 5 angewandt und danach in umgekehrter Reihenfolge wieder aufgehoben werden:

1. Freischalten

Ausschalten der Leitungsschutzschalter oder Herausdrehen der Schmelzsicherungen. Ausschalten des FI-Schutzschalters, Motorschutzschalters oder des Hauptschalters. Bei Elektrogeräten ist der Stecker zu ziehen.

2. Gegen Wiedereinschalten sichern

Dies geschieht durch das Überkleben mit einer bezeichneten Klebefolie oder Tafel an der Überstromsicherheit. Schmelzsicherungen steckt man sich am besten in die Hosentasche. Für Leitungsschutzschalter gibt es passende Sperrelemente. Für Hauptschalter von Maschinen gibt es Vorhängeschlösser.

3. Spannungsfreiheit feststellen

An der Arbeitsstelle selber muss mit einem zweipoligen Spannungsprüfer Spannungsfreiheit festgestellt werden. Der Spannungsprüfer ist zuvor auf seine Funktion zu testen (Phasenprüfer sind hierfür ungeeignet).

4. Erden und Kurzschliessen

Das Erden und Kurzschliessen ist nur für Hochspannungsanlagen oder bei Gefahr von Rückspeisung anzuwenden (z.B. Photovoltaikanlage).

5. Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken

Anlagenteile, die unter Spannung stehen, müssen vor Arbeitsbeginn abgedeckt werden.

Wichtiger Hinweis

Lernende dürfen nicht an Anlagen, die unter Spannung stehen, arbeiten!

**Weitere 5 lebenswichtige Sicherheitsregeln**

1. 
2. 
3. 
4. 
5. 

Für Arbeiten in der Nähe von unter Spannung stehenden Teilen und Arbeiten unter Spannung sind mindestens zwei Personen eingesetzt werden.

1. Der Auftrag und die Verantwortung sind klar zu definieren.
2. Es darf nur geeignetes und geschultes Personal eingesetzt werden.
3. Die Werkzeuge und Messgeräte sind sicher und intakt.
4. Es sind geeignete Personenschutz-ausrüstungen zu tragen.
5. Vor der Inbetriebnahme der Anlage ist diese sorgfältig zu prüfen.

Welche Wirkungen hat der Strom auf den Menschen?

RdT 11.1

Physiologische Wirkungen auf die Sinne und die Muskeln:

Reizschwelle:

*Leichtes Kribbeln an der Berührungsstelle.
Leiter kann noch losgelassen werden.*

Krampfschwelle:

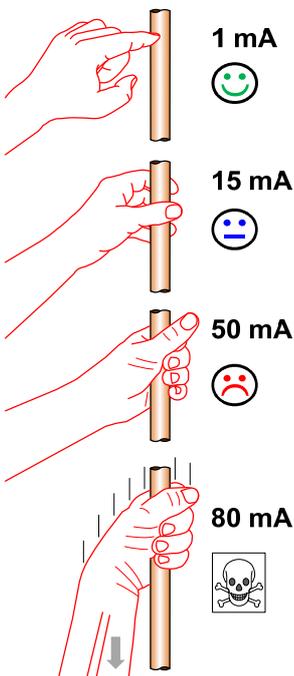
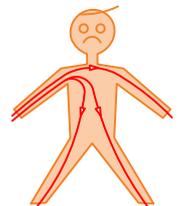
Selbständiges Loslassen eines umfassten Gegenstandes nicht mehr möglich.

Gefahrenschwelle:

*Verkrampfung der Muskeln, Herzkammerflimmern.
Bei Stromfluss über den Körper Atemnot.
Nach wenigen Minuten Tod durch Ersticken.*

Todesschwelle:

Bei Netzstrom 50 Hz nach wenigen Sekunden Tod.

**Physikalische Wirkungen**

Mechanische und chemische Wirkungen wie Verbrennungen, Blendung, Zersetzung der Körperflüssigkeit, Schädigung von Leber, Herz und Nieren, sowie Flüssigkeitsverlust.

Die Durchschlagsfestigkeit der Haut erreicht ab 100 Volt die kritische Grenze.

Die Wirkung des elektrischen Stromes auf den Menschen wird durch folgende drei Faktoren bestimmt:

- 1. *Stromstärke*
- 2. *Stromweg und der damit verbundene Widerstand*
- 3. *Dauer der Einwirkung*

Brände durch die Wirkung des Stromes

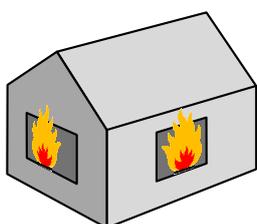
Jeder dritte Brandunfall ist auf die Wirkung des elektrischen Stromes zurückzuführen.

Nützliche Anwendungen der Stromwärme:

Tauchsieder, Föhn, Kochplatte, Bügeleisen, Heizofen, Waschmaschine

Brände können auf folgende Weise verhindert werden:

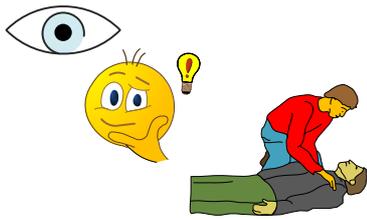
Abstand und Isolierung von Geräten und Leitungen mit nichtbrennbarem und wärmeisolierendem Material.





Was ist bei einem elektrischen Unfall zu tun?

RdT 5.2



Lebensrettende Sofortmassnahmen

- **Schauen** *Überblick verschaffen*
- **Denken** *Folgegefahren für Opfer und Helfer erkennen*
- **Handeln** *Selbstschutz, Notfallstelle absichern, Nothilfe*

Erste Hilfe bei Elektrounfällen

Grundsätzlich ist jedermann bei einem Unfall zur Hilfeleistung verpflichtet. Allerdings können bei Elektrounfällen verschiedene erschwerende Probleme auftreten. Ob zuerst alarmiert oder geborgen wird, ist situativ zu entscheiden.

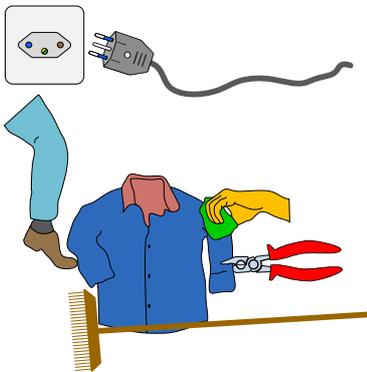


Alarmieren, die wichtigsten Nummern

- **Rettungsdienst** 144
- **Polizei** 117
- **Feuerwehr** 118

Meldeschema

- **Wer** *Name des Anrufers*
- **Was** *Ereignis*
- **Wann** *Zeitpunkt der Notsituation*
- **Wo** *Ort, Adresse*
- **Wie viele** *Anzahl Verletzte, Anzahl Verletzungen*
- **Weiteres** *Folgegefahren, Rettungsdienst einweisen*



Bergen des Verunfallten

Niederspannung $U \leq 1000\text{ V}$
 Abschalten des Stromes.
 Isolierung zwischen Opfer und Retter (trockene Kleider, Holzstange).
 Opfer von der Spannung trennen:
 Wegkicken mit isolierendem Schuh oder Wegziehen mit isolierendem Werkzeug.

Hochspannung $U > 1000\text{ V}$
 Nur für Fachleute, die sich mit Hochspannung auskennen.
 Angemessener Schutzabstand ist wichtig.
 Freischalten der Anlage. ⚡

Erste Hilfe nach ACBD-Schema

A →
Atemwege freimachen
 • Kopf nach hinten strecken
 • Unterkiefer nach oben



C →
Cardio-Pulmonale-Reanimation = Herz-Lungen-Wiederbelebung
 abwechselnd (wenn möglich zu zweit)
 • 30 Herzmassagestösse



CPR
Weitere Hinweise

- Blutungen: Verletzten Körperteil hochlagern, Druckverband
- Verbrennungen: Brandwunden 30 Min. mit Wasser kühlen, Kleider nicht ausziehen, trinken lassen
- Herzmassage: 2 Querfinger oberhalb des Schwertfortsatzes (Ende Brustbein) kräftig drücken

B →
Beatmen
 Wenn keine Atmung
 • 2 Beatmungsstösse

Wenn Eigenatmung vorhanden Bewusstlosenüberwachung in Seitenlage.
 Keine Getränke einflössen!



D
Defibrillator
 Ziehen
 Plazieren
 Drücken





Warum wird das elektrische Netz geerdet?

RdT 14.1

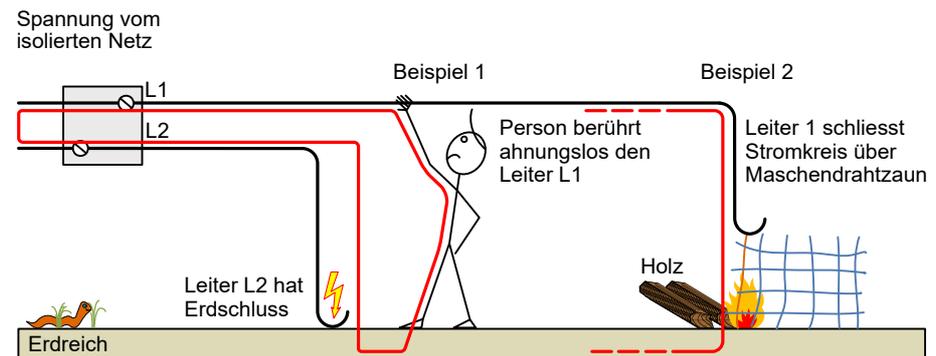
Beim isolierten Netz besteht **keine** Verbindung zur Erde. Im Berührungsfall kann **kein** Strom durch die Person zur Erde abfließen. Wird nun aber eine Leitung (L2) irgendwo im Netz zufällig oder absichtlich mit der Erde verbunden, können sehr gefährliche Situationen entstehen.

Beispiel 1: Berührung führt zu Elektrisierung.

Eine Person steht auf der Erde und berührt Leitung L1. Es entsteht ein geschlossener Stromkreis, der für die Person tödlich sein kann.

Beispiel 2: Erdschluss führt zu Brand

Zwischen der Erde und Leitung L1 befindet sich ein leitendes Material. Der Strom wird über dieses leitende Material gegen Erde abgeführt. Es entsteht ein Stromkreis mit einem hohen Strom, der einen Brand auslösen kann.



Zeigen, dass das Netz geerdet ist.

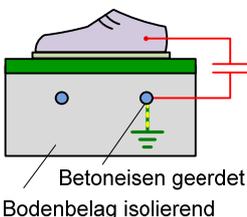
Um obige Probleme zu verhindern, wird das Netz geerdet. Mit einem Phasenprüfer kann gezeigt werden, dass L1 (Aussenleiter) gegenüber der Erde Spannung führt und dass der Neutraleiter (N) mit der Erde verbunden ist.

Netz ist mit der Erde verbunden

Bodenverbindung

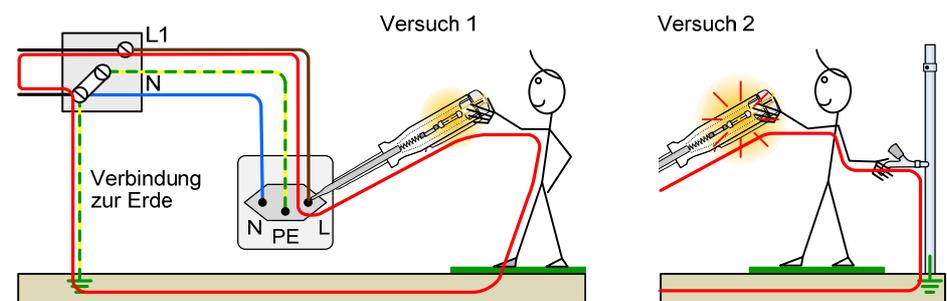
Erklärung

Zwischen Schuhsohle und Bodenbelag bildet sich ein Kondensator, welcher bei Wechselstrom leitet.



Hinweis

Für den Versuch darf keine normale Lampe verwendet werden! Der Strom würde die Person stark elektrisieren.



Versuch 1:

Die Person steht auf dem isolierten Boden, der Stromkreis wird "kapazitiv" über den Boden geschlossen.

An welchen Buchsen leuchtet der Phasenprüfer? **Buchse L**

Versuch 2:

Die Person gleichzeitig einen geerdeten Gegenstand:

Der Phasenprüfer leuchtet bedeutend stärker auf.

Vorsichtsmassnahme: Der Phasenprüfer hat einen hochohmigen Widerstand eingebaut, der verhindert, dass die Person elektrisiert werden kann.

Frage: Warum leuchtet der Phasenprüfer, wenn man isolierte Schuhe trägt?

Zwischen Mensch und Boden hat es einen kapazitiven Widerstand. Allerdings ist dieser viel hochohmiger als die Wasserleitung.



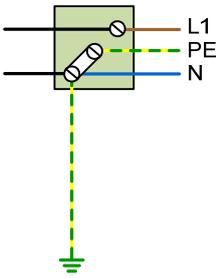
Welches sind die Vorteile eines geerdeten Netzes?

Wie wir in den vorhergehenden Beispielen gesehen haben, wird bei einem ungewollten Erdschluss ein isoliertes Netz für Personen und Sachen gefährlich.

Da dieser Umstand immer eintreten kann, wird das Netz von Anfang an geerdet. Damit herrschen klare Verhältnisse, d.h. der Aussenleiter führt gefährliche 230 V Spannung gegen Erde und muss immer isoliert werden.

Es gibt aber noch andere Gründe, das Netz von Anfang an mit der Erde zu verbinden. Denn nur in einem geerdeten Netz funktionieren die wichtigsten Schutzmassnahmen richtig.

Zum genaueren Verständnis der Stromkreise im Netz und den damit verbundenen Sicherheitsmassnahmen brauchen wir Kenntnisse über die Leitfähigkeit des menschlichen Körpers.



Wie gross ist der Widerstand eines Menschen?

RdT 11.1

Der menschliche und tierische Körper ist elektrisch leitfähig.

Der Berührungsstrom und somit die Gefährlichkeit ist abhängig vom Übergangswiderstand und vom Körperwiderstand.

Der Gesamtwiderstand eines menschlichen Körpers (R_M) setzt sich aus folgenden Teilwiderständen zusammen:

$R_{\bar{U}}$ ist der Übergangswiderstand zwischen der Haut und einem elektrischen Leiter.

R_I ist der Innenwiderstand des menschlichen Körpers (abhängig vom Stromweg).

Beispiel

Wie gross ist der Gesamtwiderstand zwischen Aussenleiter und Boden, wenn der Übergangswiderstand von Händen und Füßen bei feuchter Haut 200 Ω beträgt? Für den Körperwiderstand R_I können 1000 Ω angenommen werden.

$$R_M = 2 \times R_{\bar{U}} + R_I = 2 \times 200 \Omega + 1000 \Omega = \underline{1400 \Omega}$$

Der Innenwiderstand

Der Innenwiderstand R_I ist vom Stromweg abhängig, der durch den Menschen fliesst. Für jeden Arm und jedes Bein kann ein Widerstand von je 500 Ohm angenommen werden. Die einzelnen Stromwege können dann mittels Serie- und Parallelschaltungen berechnet werden.

Beispiele

a) Widerstand zwischen Hand und Hand.

$$R_{HH} = 500 \Omega + 500 \Omega = 1000 \text{ Ohm}$$

b) Widerstand zwischen einer Hand und einem Fuss.

$$R_{HF} = 500 \Omega + 500 \Omega = \underline{1000 \text{ Ohm}}$$

c) Widerstand zwischen beiden Händen und beiden Füßen.

$$R_{\text{Gesamt}} = 500 \Omega // 500 \Omega + 500 \Omega // 500 \Omega = \underline{500 \text{ Ohm}}$$

Wovon hängt der Übergangswiderstand ab?

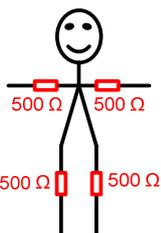
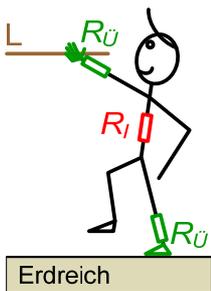
Hautbeschaffenheit: trocken, nass, fein oder schwielig

Kontaktfläche: Draht, Rohr, Badewanne (!)

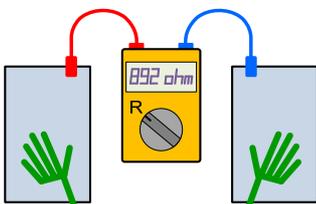
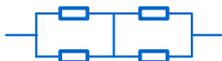
Versuch

1. Messen Sie mit einem Ohmmeter und zwei verbundenen Metallplatten den Widerstand, der sich zwischen den Händen ergibt. Variieren Sie die Hautfeuchtigkeit und die Grösse der Kontaktfläche.

2. Erstellen Sie eine entsprechende Tabelle.



Ersatzschaltbild zu c)





Wie kommen wir zu unserem Einheitsnetz?

RdT 2.2

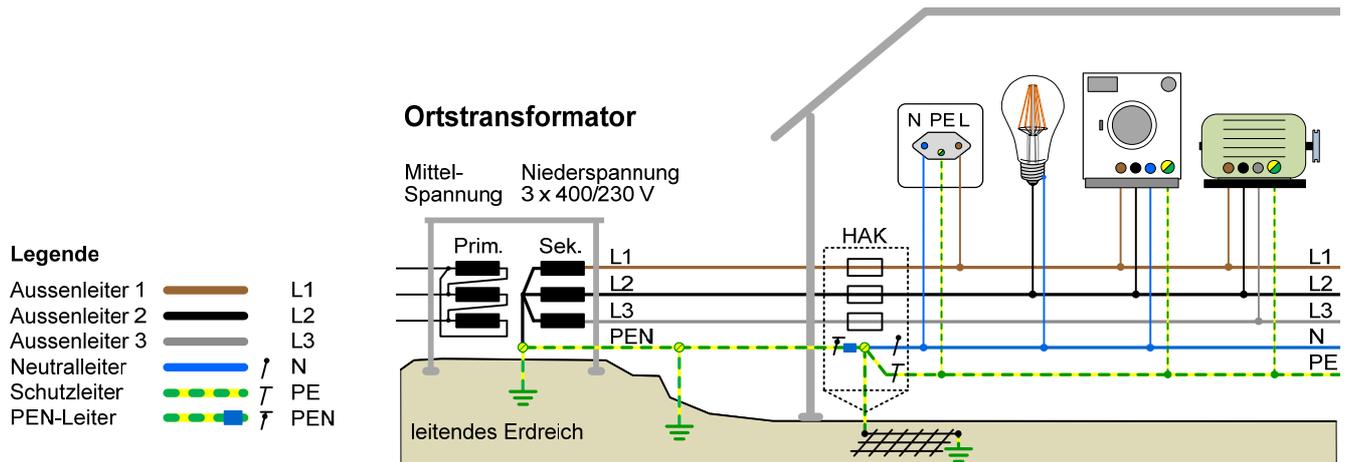


Ortstransformator

Das Verständnis der Zusammenhänge um das Einheitsnetz ist Voraussetzung, dass die wichtigsten Schutzmassnahmen erklärt werden können.

Unser Versorgungsnetz, das sogenannte Einheitsnetz, hat ausserhalb der Gebäude 4 Leiter: Die drei Aussenleiter mit den Farben braun, schwarz und grau, sowie den gelbgrünen PEN-Leiter. Letzterer wird an mehreren Stellen mit dem Erdreich verbunden (PEN = Protection Earth).

Innerhalb der Gebäude wird im Hausanschlusskasten (HAK) der PEN-Leiter mit dem Fundamenterder leitend verbunden. Ausserdem wird der PEN-Leiter in den blauen Neutraleiter und den gelbgrünen Schutzleiter aufgeteilt.



Vorteile

- Durch drei Aussenleiter kann mehr Energie übertragen werden als mit nur einem Aussenleiter. Mit diesen drei Leitern entsteht ein Drehstromnetz.
- Bei Drehstrom sind nicht drei Neutraleiter erforderlich, sondern nur einer.
- Einfach gebaute Motoren können am Drehstrom angeschlossen werden.

Das obige Schema ist vereinfacht. Es fehlen Überstromschutzeinrichtungen, Fehlerstromschutzschalter und die ganze Energiemessung!

Wichtiger Hinweis für das ganze Kapitel

Wie macht man eine Installation sicher?

RdT 11.1

Übersicht

Das oben beschriebene Einheitsnetz ist so aufgebaut, dass verschiedene Sicherheitsmassnahmen angewendet werden können.

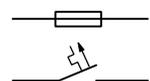
Schutzeinrichtungen, die Leitungen und Apparate schützen

- **Schmelzsicherungen**
 - **Leitungsschutzschalter**
- } Zum Abschalten bei Überhitzungsgefahr

Schutzeinrichtungen, die Menschen und Tiere schützen

- **Berührungsschutz** mittels Gehäuse, Isolation oder Abdeckung, so dass man mit den leitenden Teilen nicht in Berührung kommen kann.
- **Ausschalten** bei Fehlerströmen z.B. mittels Schmelzsicherungen, Leitungsschutzschaltern oder Fehlerstromschutzschaltern (FI, RCD).
- **Sonderisolation** z.B. durch besonders dickes Isolationsmaterial
- **Schutztrennung** z.B. mittels Trenntransformatoren
- **Schutzkleinspannung** z.B. mittels Batterien und Netzgeräten

Auf den folgenden Seiten werden die Schutzmassnahmen genauer betrachtet.





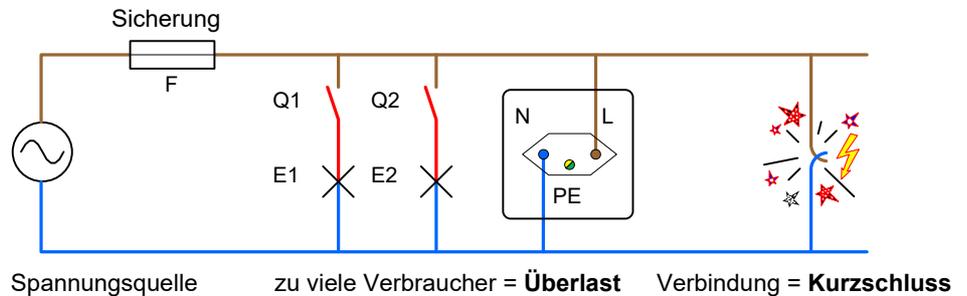
Wie funktioniert eine Schmelzsicherung?

RdT 8.1

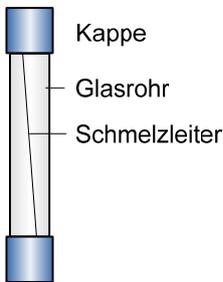


Eine Schmelzsicherung ist eine Überstromschutzeinrichtung, die einen Stromkreis bei zu hoher Stromstärke durch die thermische Wirkung des Stroms unterbricht. Sie kann bei **Kurzschluss** oder **Überlast** auslösen und verhindert dadurch eine Überhitzung der Installationsdrähte.

Ort und Wirkung der Sicherung in einem Stromkreis

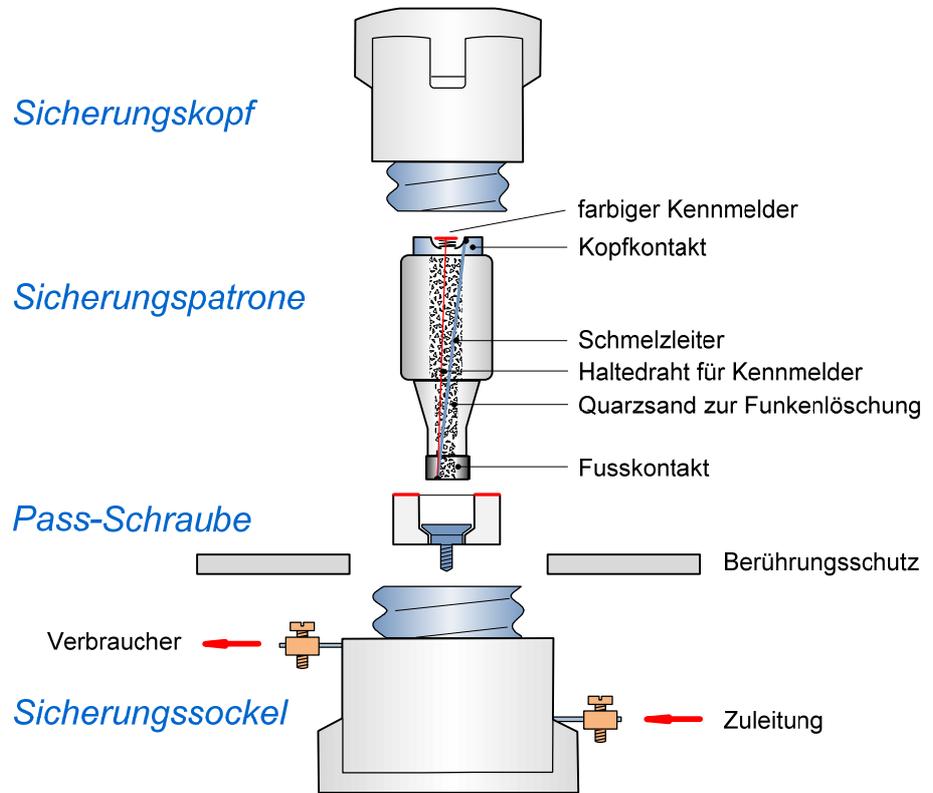


Gerätesicherung



Die Teile sind zu bezeichnen. ⇨

D-Sicherung für Hausinstallationen



Funktion

Sicherungen bestehen aus einem isolierenden Körper, der zwei durch einen Schmelzleiter verbundene Kontakte aufnimmt. Der Schmelzleiter wird durch den durchfließenden Strom erwärmt und schmilzt, wenn der Bemessungsstrom der Sicherung deutlich überschritten wird.

Schraubsicherungen haben Fusskontakte mit nennstromabhängigen, unterschiedlichen Durchmessern. Im Unterteil des Sicherungshalters befindet sich ein Passelement (Passschraube), das verhindern soll, dass Sicherungen mit höherem Bemessungsstrom als vorgesehen eingesetzt werden.

In der Mitte des Kopfkontakts befindet sich ein farbiges Metallplättchen, der Kennmelder. Er ist mit einer Feder unterlegt und wird von einem Draht mit hohem Widerstand gehalten, der am Fusskontakt des Sicherungseinsatzes befestigt ist. Nach Abschmelzen des Schmelzleiters schmilzt auch der Haltedraht des Kennmelders, worauf der Kennmelder ausgeworfen wird.

Nennströme und Farben der Kennmelder und Passschrauben

- 6 grün
- 10 rot
- 16 grau
- 20 blau
- 25 gelb
- 32 schwarz
- 50 weiss
- 63 kupfer



Wie funktioniert ein Leitungsschutzschalter?

RdT 9.1

Der Leitungsschutzschalter (LS) schützt wie die Schmelzsicherung Installationsdrähte von Überhitzung infolge **Überlast** oder **Kurzschluss**. LS haben gegenüber Schmelzsicherungen folgende Vorteile:

- LS sind nach dem Auslösen sofort wieder einsetzbar.
- Es können keine falschen Ersatzsicherungen eingesetzt werden.
- LS können als Schalter verwendet werden.
- LS brauchen weniger Platz als Schmelzsicherungen.

Andere Bezeichnungen: Automat oder MCB von Miniature Circuit Breaker

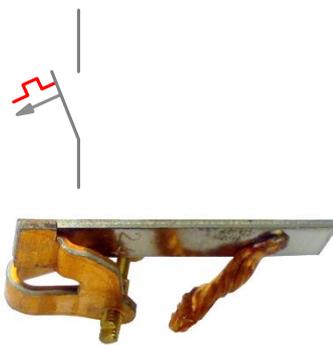
Der Leitungsschutzschalter besitzt zwei Auslösesysteme

Ist eine Leitung überlastet, schaltet die thermische Auslösung den Stromkreis ab. Kommt es hingegen zu einem Kurzschluss, muss sehr schnell reagiert werden. Dieser in der Regel sehr grosse Strom wirkt auf die elektromagnetische Auslösung, die innert wenigen Millisekunden anspricht.

Beide Auslösesysteme sind kombiniert und im gleichen LS-Gehäuse untergebracht.

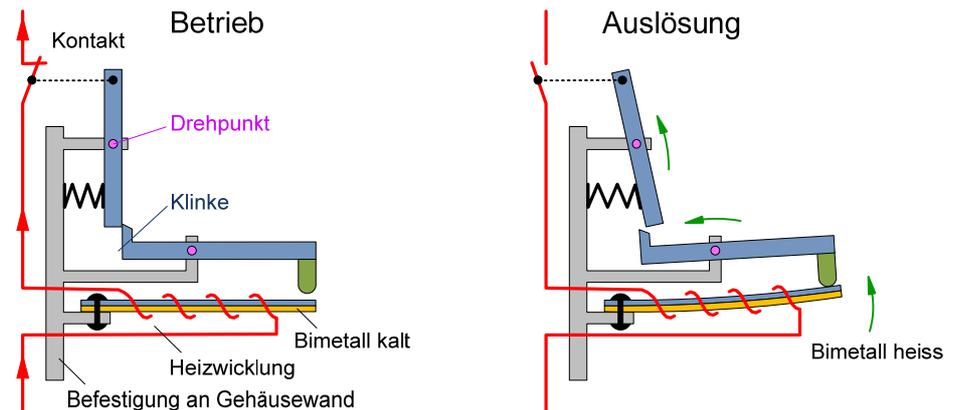


Symbolteil
Bimetall



Thermische Auslösung

Kommt es im Betrieb zu einem **Überlaststrom**, wird das Bimetall erwärmt, biegt sich durch und unterbricht über eine Klinke den Stromkreis.

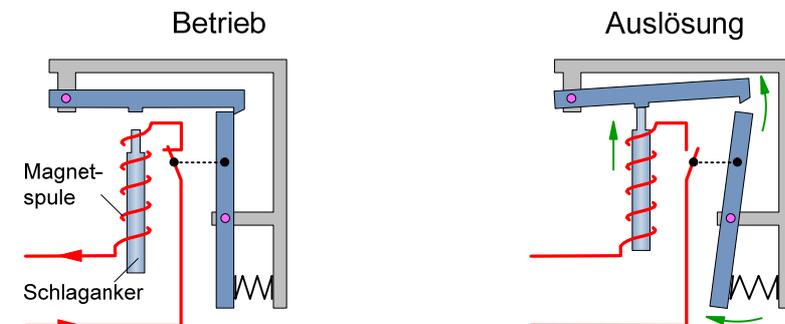


Symbolteil
Schlaganker



Magnetische Auslösung

Bei Kurzschluss wird der Schlaganker durch die Magnetspule nach oben geschleudert und unterbricht über eine Klinke den Stromkreis. In der Regel spricht die elektromagnetische Auslösung bei ungefähr 6fachem Nennstrom an. Unterhalb dieses Wertes arbeitet die thermische Auslösung.



Jedes LS-Schalterschloss ist mit einem Freilauf ausgestattet, der ein automatisches Abschalten ermöglicht, selbst wenn der Schalter hochgehalten wird oder blockiert ist.

**Grosse Fehlerströme ausschalten**

RdT 14.1

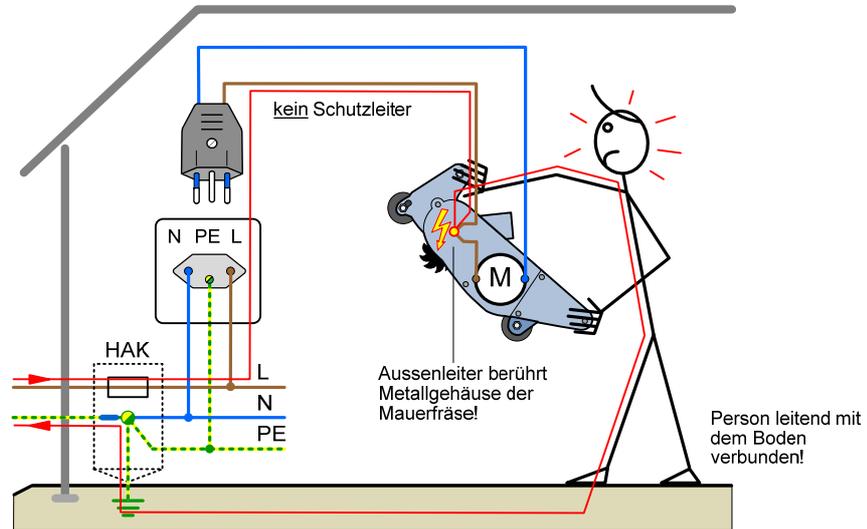
Installation ohne angeschlossenen Schutzleiter

Die Person hält ein defektes Gerät, welches durch einen Isolationsfehler mit dem Aussenleiter verbunden ist. Ausserdem ist das metallene Gehäuse des Gerätes nicht mit dem Schutzleiter verbunden.



Mauerfräse mit Metallgehäuse

Zeichnen Sie den Fehlerstrom ein!



Warum entsteht kein Kurzschluss?

Der Aussenleiter hat keine direkte Verbindung zum Schutzleiter.

Funktioniert die Mauerfräse noch?

Ja, der Motor ist immer noch unter Spannung (L - N)

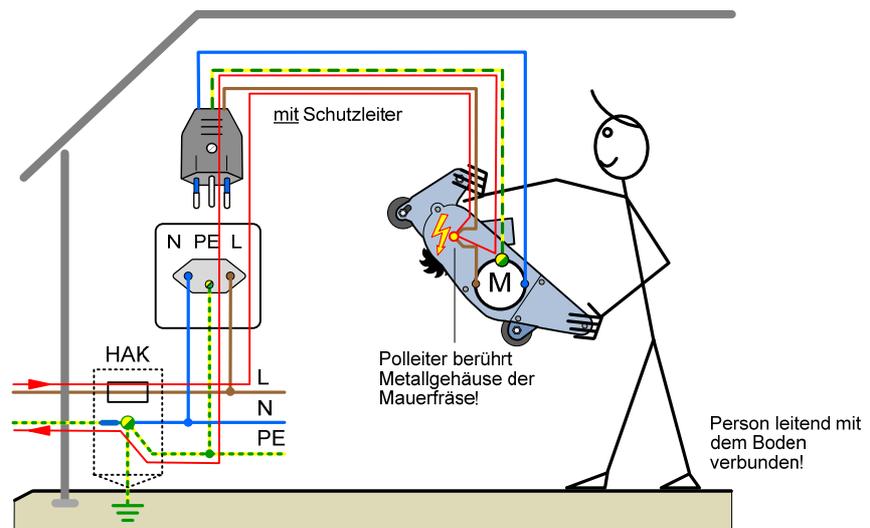
Wo entsteht ein Fehlerstrom?

Vom Metallgehäuse der Mauerfräse über den Menschen zum Boden und von hier zurück zur Spannungsquelle

Warum spricht die Überstromschutzrichtung nicht an.

Der Fehlerstrom ist viel zu klein

Zeichnen Sie den Fehlerstrom ein.

Installation mit angeschlossenen Schutzleiter**Merke**

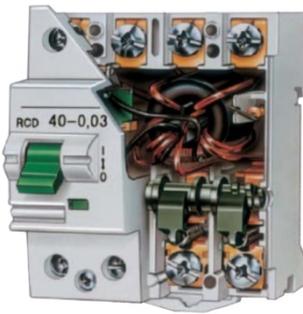
Des Schutzleiters dient zu folgenden Zwecken?

- Erdung von berührbaren Metallteilen an Elektrogeräten.
- Ausschalten des Stromkreises bei hohen Fehlerströmen.



Kleine Fehlerströme ausschalten?

RdT 24.1



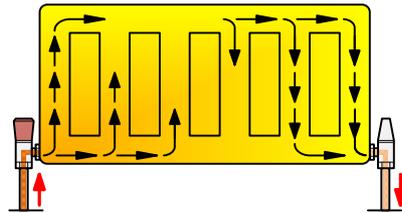
RCD: Residual Current Device

Wenn Strom auf falschem Weg etwa durch den Körper einer Person fließt, trennt der Fehlerstromschutzschalter den angeschlossenen Stromkreis von der Zuleitung. Dazu vergleicht der FI-Schutzschalter die Stromstärke des ausgehenden Stromes mit der Stärke des zurückfließenden Stromes.

Funktionsprinzip

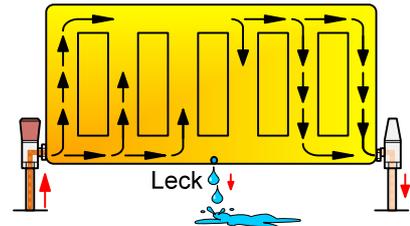
Im Prinzip verhält sich der Strom in einem elektrischen Gerät ähnlich wie das Wasser in einem Heizkörper.

Heizsystem



Bei einem intakten Heizkörper ist die Wasserdurchflussmenge an Ein- und Ausgang gleich gross. Das heisst:

Die zufließende Wassermenge ist gleich der abfließenden Wassermenge

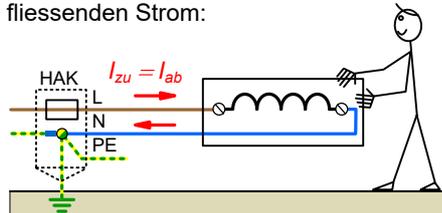


Hat der Heizkörper ein Leck, ist die Durchflussmenge am Ein- und Ausgang ungleich gross. Das heisst:

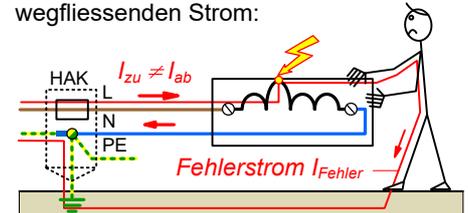
Die zufließende Wassermenge ist gleich der abfließenden Wassermenge + Leckwasser

Elektrisches System

Bei einem elektrischen Verbraucher ist der zufließende Strom gleich dem wegfließenden Strom:



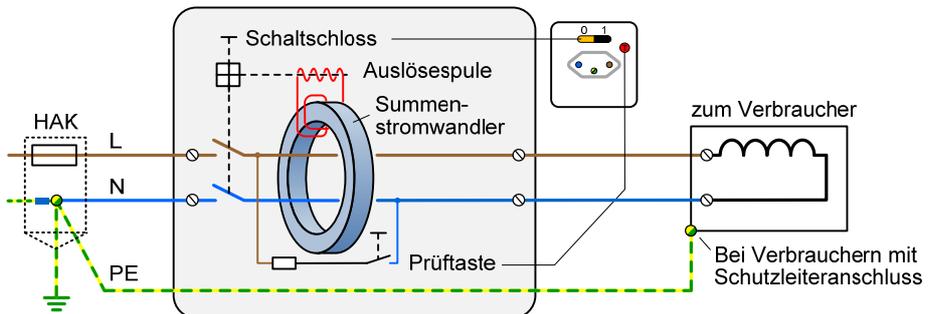
Bei Verbrauchern mit Isolationsdefekt ist der zufließende Strom ungleich dem wegfließenden Strom:



Verdrahtung



FI in Steckdose eingebaut



Funktion

Im Summenstromwandler wird der Aussenleiterstrom mit dem Neutralleiterstrom verglichen. Bei Ungleichheit wird über Auslösespule, Schaltschloss und Kontaktsystem der Verbraucher vom Netz getrennt.

Nach der Installation wird der FI mittels Prüfgerät ausgemessen. Um die Funktion zu überprüfen, soll die Prüftaste halbjährlich gedrückt werden.

Nennauslösestromstärken: $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$ für Personenschutz
 $I_{\Delta n} = 300 \text{ mA}$ für Brandschutz



FI-Schutzschalter in Kombination mit einem Leitungsschutzschalter



Welchen Schutz bietet die Schutzisolierung?

RdT 21.1

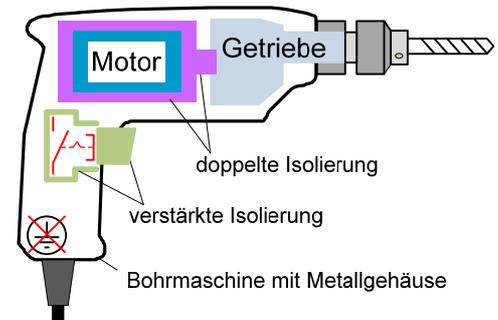
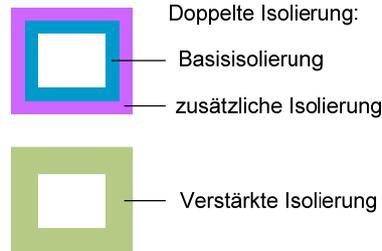
Symbol
Schutzisolierung
(Sonderisolierung)



Alle elektrischen Betriebsmittel und Leitungen müssen vor einer direkten Berührung geschützt werden. Dies geschieht im Normalfall durch eine einfache Isolation aus Kunststoff (PE, PVC, PUR).

Bei einem Isolationsdefekt können metallene Teile unter Spannung geraten.

Die Sicherheit von elektrischen Verbrauchern kann wesentlich erhöht werden, wenn eine zweite Isolation angebracht wird. Die Isolation kann aber auch verstärkt werden (also doppelt so dick sein).



Als Schutzisolierung kann aber auch ein nichtleitendes Apparategehäuse verwendet werden. Dies wird bei vielen Handgeräten gemacht, die im täglichen Leben gebraucht werden.

Beispiele: *Staubsauger, Mixer, Fön, Fernsehgerät, Musikanlage*

Schutzisolierte Geräte sind mit einem doppelten Quadrat gekennzeichnet. Sie dürfen nicht mit einem Schutzleiter verbunden werden.

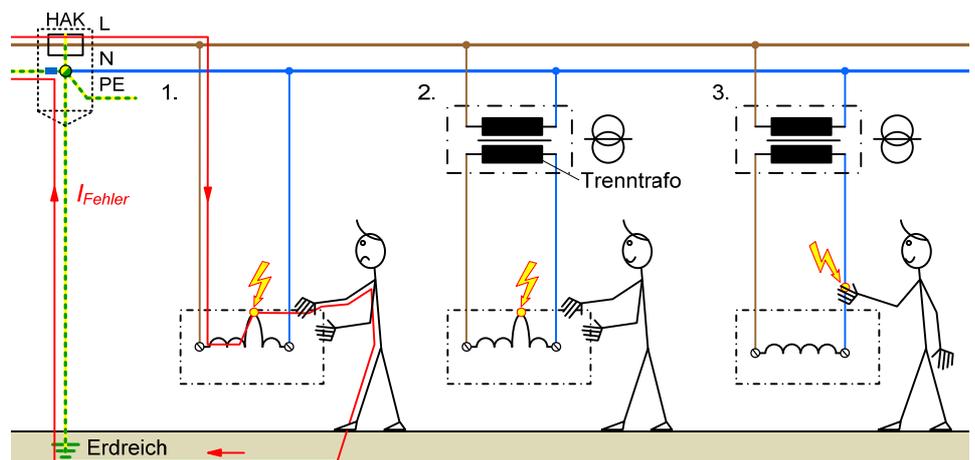
Was kann passieren, wenn ein Schutzleiter angeschlossen wird?

Durch einen Defekt im Verteilungsnetz kann fremde Spannung über den Schutzleiter auf das Gerät übertragen werden.

Wozu Schutztrennung?

RdT 22.1

Symbol
Schutztrennung



1. Bei einem Fehler fließt Strom über die Person zur Erde (Körperschluss).
2. Durch die Schutztrennung wird die Erdung des versorgenden Netzes aufgehoben, womit auf der geschützten Seite zwischen dem Aussenleiter und der Erde keine Spannungsdifferenz mehr auftritt. Bei einem Körperschluss, also einer leitenden Verbindung zwischen Wicklung und Gehäuse, kann dann keine Berührungsspannung gegenüber Erde auftreten.
3. Auch bei direkter, einpoliger Berührung eines sekundärseitigen Leiters tritt keine Spannung gegenüber Erde auf.

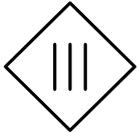
Die Schutztrennung bietet keinen Schutz, wenn bei einem Körperschluss zusätzlich ein **weiterer Fehler** wie ein zusätzlicher Erdschluss auftritt!



Was ist Schutzkleinspannung?

RdT 23.1

Symbol
Schutzkleinspannung



Schutzkleinspannung

Sicherheitskleinspannung oder Englisch SELV (Safety Extra Low Voltage) ist eine kleine elektrische Spannung, die aufgrund ihrer geringen Höhe und der Isolierung im Vergleich zu Stromkreisen höherer Spannung besonderen Schutz gegen einen elektrischen Schlag bietet. Dabei dürfen Wechselspannungen bis 50 Volt und Gleichspannungen bis 120 Volt eingesetzt werden.

Diese Spannungen gelten beim Berühren für erwachsene Menschen als nicht lebensbedrohlich und entsprechen der maximalen dauernden Berührungsspannung beziehungsweise Fehlerspannung.

Bei Spannungen unter 25 Volt AC oder 60 Volt DC kann gänzlich auf einen Schutz gegen Berühren verzichtet werden; diese Spannungen gelten auch für Tiere und Kinder als ungefährlich.

Herstellung

a) Spannungsquellen: *Generator, Fahrraddynamo, Batterie.*

b) Speisung aus dem Niederspannungsnetz mittels Trenn-Transformatoren, die eine verstärkte Isolation gegenüber der Primärwicklung aufwiesen.

Anwendungen: *Klingeltrafo, Netzteil, Ladegerät*

Bei SELV-Spannungsquellen ist kein Schutzleiter vorhanden. Metallische Gehäuse dürfen nicht geerdet werden.

Ist die Nennspannung kleiner als 25 V AC oder 60 V DC, so erübrigt sich bei SELV ein Schutz gegen direktes Berühren.

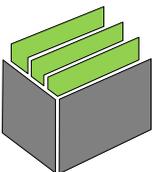
Beispiele: *Halogenleuchtampen an Seilsystem, Modelleisenbahn.*

Zusammenfassung der Schutzmassnahmen

Die wichtigsten Schutzmassnahmen sind im Folgenden stichwortartig zusammengefasst (Seiten 0.8 bis 0.13).

Ereignis	mögliche Schutzmassnahmen
Überlaststrom durch zu viel angeschlossenen Verbraucher (Brandgefahr).	Abschalten mittels Schmelzsicherung oder Leitungsschutzschalter (hier wirkt der thermische Auslöser).
Kurzschluss durch Leiterkontakt mit hohem Strom (z.B. 400A).	Abschalten mittels Schmelzsicherung oder Leitungsschutzschalter (hier wirkt der magnetische Auslöser).
Fehlerstrom durch Körperchluss mit wenig Strom.	Abschalten mittels Fehlerstromschutzschalter. (hier hat es zu wenig Strom für Schmelzsicherungen oder Leitungsschutzschalter).
Verwendung von elektronischen Geräten oder Elektrospielzeug.	Schutztrennung mittels Trenntransformatoren oder Schutzkleinspannung mittels Batterien, Dynamos oder Netzgeräten.
Wicklungsschluss gegen das Gehäuse in einer Bohrmaschine oder Mauerfräse.	Abschalten mittels Schmelzsicherung oder Leitungsschutzschalter. Aufbau des Betriebsmittels mit Sonderisolierung.
Offene, unter Spannung stehenden Teile.	Berührungsschutz mittels Gehäuse oder Abstand.

Zum Auswendiglernen:





Kennen Sie die Gefahrenherde?

Beispiele

Es sollte oberste Aufgabe der Elektrofachkraft sein, Gefahren zu erkennen und für die Sicherheit der Installation und der Geräte besorgt zu sein.

1. Ein Mensch oder Tier berührt bei einer Bohrmaschine einen elektrischen Leiter bei dem die Isolation defekt ist.

Der Strom fliesst über die Person zur Erde oder zu einem mit der Erde verbundenen Gerät. Ist der Strom über 15 mA, kann unter Umständen nicht mehr losgelassen werden. Ein vorgeschalteter Fehlerstromschutzschalter (FI) unterbricht den Stromkreis allpolig.

2. Kinder stecken zuweilen Schraubenzieher oder Drähte in die beiden Löcher einer Steckdose.

Obwohl das Kind vielleicht auf einem isolierenden Teppich sitzt, kann der Körper des Kindes über die beiden Leiter unter Strom gesetzt werden. Weder FI-Schutzschalter noch Überstromschutzeinrichtungen unterbrechen den Stromkreis. Das Kind ist stark gefährdet.

3. Beim Auswechseln des Leuchtmittels wird die Lampenfassung berührt.

Die Fassung bei fest montierten Leuchten ist meist am Neutralleiter angeschlossen. Bei ortsveränderlichen Kabeln kann die Fassung unter Spannung geraten und die Person wie im Fall 1 elektrisieren.

4. Ein Gerät mit Metallgehäuse hat im Innern einen Isolationsfehler.

Im Gerät berührt der Aussenleiter das Metallgehäuse. Ist das Gehäuse mit dem Schutzleiter verbunden fliesst ein starker Strom über den Schutzleiter gegen Erde. Die Überstromschutzeinrichtung löst aus. Ist das Gerät nicht geerdet, steht das Gehäuse unter Spannung. Ohne vorgeschalteten FI besteht beim Berühren Lebensgefahr.

5. Ein Musikgerät ist in der Nähe der Badewanne an 230 V angeschlossen und fällt ins Wasser.

Ein Stromfluss vom Gerät fliesst durch das leitende Wasser und den Menschen zum geerdeten Abfluss. Es fliesst ein Strom, der zur Muskelverkrampfung führt. Schaltet der Fehlerstromschutzschalter nicht aus, kann sich die Person aus der misslichen Lage nicht mehr selbständig befreien. Lebensgefahr!

6. Berühren des Aussenleiter-Stiftes beim Einstecken eines Steckers.

Auch hier kann die über den Boden geerdete Person (nasser Boden und löchrige Schuhe) den Stromkreis schliessen und elektrisiert werden. Ein vorgeschalteter FI-Schutzschalter unterbricht den Stromkreis innert 0.3 Sekunden.

7. Eine Person steht auf einer hölzernen Leiter und berührt die Glühwendel einer zerbrochenen Lampe.

Durch die Holzleiter kann sich der Stromkreis nicht schliessen, ausser die Person berührt beide Leiterenden, oder sie hält sich mit der anderen Hand an einem Heizungsrohr. Dann ist der Stromkreis geschlossen. Die Elektrisierung kann dazu führen, dass die Person unglücklich fällt und sich dabei erheblich verletzt.

8. Ein Stecker eines Toasters wird am Kabel aus der Steckdose gezerrt. Der Schutzleiter löst sich unbemerkt.

Der abgeschlossene Toaster ist nicht mehr geerdet, funktioniert aber nach wie vor. Erst bei einem allfälligen Isolationsdefekt im Innern des Toasters steht das metallene Gehäuse unter Spannung. Eine vorgeschaltete Überstromschutz-einrichtung löst nicht aus. Ein vorgeschalteter FI-Schutzschalter löst bei gleichzeitigem Berühren von Gehäuse und Erde aus.

9. Ein Bügeleisenkabel wird durch das Bügeleisen bei Berührung stark erhitzt.

In der Folge schmilzt die Isolation und, das Bügeleisen gerät unter Spannung. Ausserdem werden Aussenleiter und Schutzleiter kurzgeschlossen. Es fliesst ein grosser Kurzschluss- oder Erdschlussstrom und die vorgeschaltete Überstromschutz-einrichtung löst aus. Das gleiche passiert beim versehentlichen Durchschneiden eines Kabels.

10. Eine schutzisolierte Bohrmaschine wird bei starkem Regen eingesetzt.

Das Gehäuse der Bohrmaschine hat Lüftungsschlitze, durch die das Wasser eindringen kann. Das Gehäuse ist nicht geerdet und steht über einen Wasserfilm unter Spannung. Eine vorgeschaltete Überstromschutz-einrichtung löst nicht aus. Ohne vorgeschalteten FI-Schutzschalter besteht Lebensgefahr.

11. Ein Vogel sitzt auf einer Hochspannungsleitung.

Da der Stromkreis nicht über den Vogel führt besteht keine Gefahr für ihn. Anders ist es, wenn ein Mensch auf das Dach eines Zuges steigt oder einen Drachen steigen lässt oder mit einer leitenden Stange in die Nähe des Fahrdrahtes kommt.



Wie werden Leitungen verlegt?

RdT 26.1

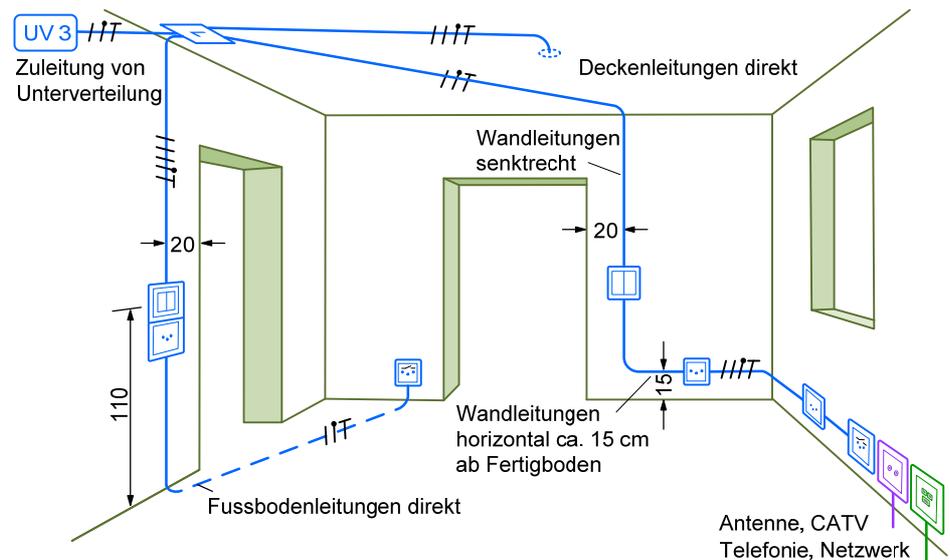
Elektrische Betriebsmittel wie z.B. Schalter, Steckdosen und Leuchten, werden durch Leitungen verbunden. Bei der Verlegung ist zu berücksichtigen, dass diese später beschädigt werden können, z.B. durch Anbringen von Gegenständen wie Aufhängevorrichtungen für Bilder oder Handgriffe in Badezimmern.

Elektrische Leitungen sind in Wänden waagrecht oder senkrecht zu verlegen, am besten in der Nähe von Raumkanten.

Für den Bewohner bedeutet das, dass oberhalb von Schaltern oder Nahe am Boden keine Dübel oder Nägel angebracht werden sollten.

In Badezimmern sind die Bereiche um die Badewanne oder Dusche zu meiden. Leitungen werden so tief verlegt, dass z.B. ein später montierter Wandhaken nicht mit den stromführenden Leitungen in Berührung kommt.

- Symbole**
- Bodenleitung
 - Deckenleitung
 - Wandleitung
- Farbe der Leitungen**
- blau** Lichtinstallation
 - grün** Telefon, UKV
 - violett** Radio, TV



Welches sind die gebräuchlichsten Rohre?

RdT 26.4

Wichtige Rohre für Aufputzmontage (AP)

	KIR Kunststoff-Rohr, biegsam	schwerbrennbar (I von isolierend)
	KRH Kunststoff-Rohr, hart	schwerbrennbar mechanisch widerstandsfähig
	ALU Aluminium-Rohr	nicht brennbar
	ER Stahlpanzerrohr	nicht brennbar (E von Eisen) mechanisch widerstandsfähig
	ERZ Stahlpanzerrohr verzinkt	nicht brennbar mechanisch widerstandsfähig

Wichtige Rohre für Unterputzmontage (UP)

	KRF Kunststoffrohr flexibel	brennbar (orange)
	KRFW Kunststoffrohr flexibel	schwer brennbar
	KRFWG Kunststoffrohr, flexibel, gerillt	schwer entflammbar

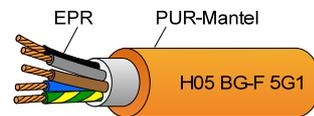
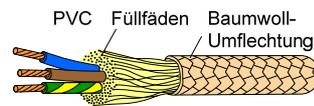
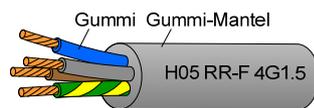
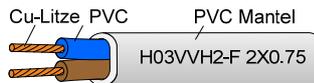
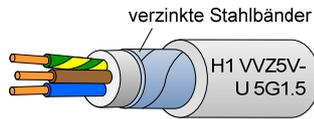
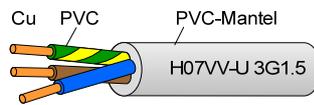
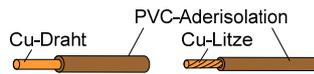


Leitungen für ortsfeste Verlegung

- Cu** Kupfer
- T** Thermoplast
- PVC** Poly-Vinyl-Chlorid

Was für Leitungen werden installiert?

RdT 26.2

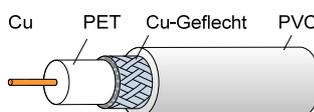
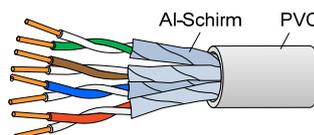
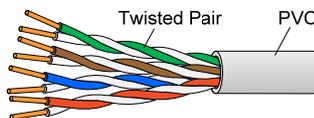
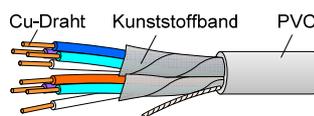


Leitungen für ortsveränderliche Betriebsmittel

- d** doppelt
- l** leicht
- f** flexibel
- r** rund
- T** Thermoplast
- G** Gummi
- B** Baumwolle
- EPR** Ethylene-Propylen-Rubber
- PUR** Polyurethan

Signalleitungen

- PE** Poly Ethylen
- PET** Poly Ethylen Terephthalat
- LWL** Lichtwellenleiter



T Mit Thermoplast isolierter Draht für die Verlegung in Rohren. Zur geschützten Verlegung in Leuchten und inneren Verdrahtungen von Geräten (H07V U 1X1.5 und H07V R 1X1).

TT In allen Räumen und im Freien auf Putz mit Briden oder in Rohren. Nicht für die Verlegung im Erdboden.

TT-CLT Wie TT-Kabel, zusätzlich zur Verlegung im Erdboden geeignet.

Tdlf Bei geringer mechanische Beanspruchung, z.B. Tischleuchten, Radio und TV-Geräte. Nicht für Kochgeräte, Wärmegeräte, Werkzeuge, Gewerbe und Landwirtschaft.

Td Für Haushalt und Büro allgemein. Für Wärmegeräte, sofern die Leitung nicht heiss wird. Nicht geeignet für Anwendungen im Freien, im Gewerbe und in der Landwirtschaft.

Gd Leichte Gummischlauchleitung. Für leichte Handgeräte in Haushalt, Küche und Büroräumen. Nicht für ständige Anwendung im Freien, im Gewerbe und in der Landwirtschaft.

GrB Bei geringer mechanische Beanspruchung, jedoch gelegentlicher Berührung mit heissen Gegenständen, z.B. Bügeleisen. Cenelec-Bezeichnung: H03RT-F 3xG1

PUR Anschlussleitung für Geräte für hohe Beanspruchung wie Bohrmaschinen oder Handleuchten. Geeignet im Freien und in gewerblichen oder landwirtschaftlichen Betrieben. Witterungsbeständig.

U72 Universelles Telefoninstallationskabel in Gebäuden. Signal und Steuerkabel in Schwachstrom-Installationen.

UTP Kommunikations-Leitung aus einer oder mehreren Doppeladern. UTP von Unshielded Twisted Pair = ungeschirmtes verdrehtes Paar.

STP Wie UTP, jedoch mit Abschirmung aus AL-Folie oder Cu-Geflecht. STP von Shielded Twisted Pair = geschirmtes verdrehtes Paar.

Koax Koaxialkabel für Hochfrequenz-Übertragungstechnik, Messgeräte, TV- und SAT-Anlagen.

LWL Die Glasfasern aus Quarzglas sind mit einer farbigen Kunststoffhülle beschichtet und in einem mit Gel gefüllten Rohr angeordnet.