

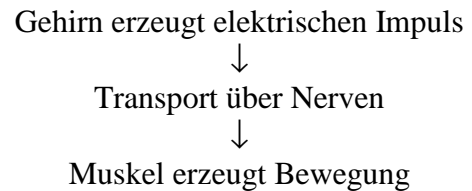
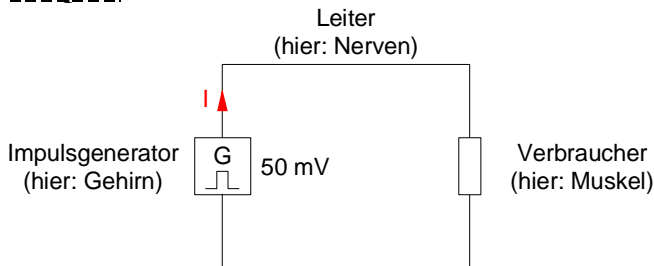
# Schutzmaßnahmen - KOMPAKT

## 1. Gefahren des elektrischen Stroms

- Wärmewirkung → Verbrennungen
- Chemische Wirkung → Zellersetzung → Vergiftung
- Elektrische Wirkung → Stromschlag → Herztod

Die Steuerung des menschlichen Körpers erfolgt mit Hilfe vom Gehirn ausgesandter elektrischer Impulse.

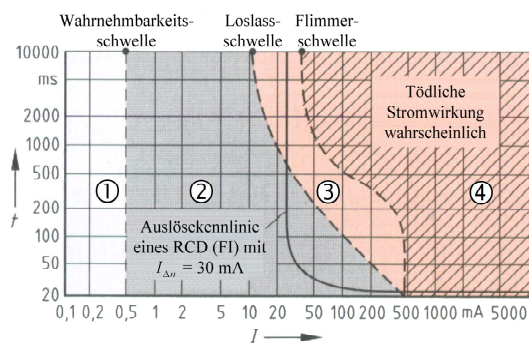
Beispiel:



Auch das Herz funktioniert durch elektrische Ströme. Es erzeugt je Minute etwa 80 Impulse, auf die der Herzmuskel mit je einer Kontraktion (Zusammenziehung) und einer Entspannungsphase reagiert. Werden diesen Impulsen bei einem Stromunfall Fremdströme überlagert, kommt es zu unterschiedlichen Reaktionen:

- $I > 0,5 \text{ mA}$ : leichtes Kribbeln spürbar, bei längerer Einwirkungszeit Gefahr gesundheitlicher Schäden
- $I > 10 \text{ mA}$ : Gefahr von Muskelverkrampfungen, metallischer Gegenstand kann nicht mehr losgelassen werden, Hilfe von außen erforderlich (z.B. sofort Spannung abschalten, NOT-Aus)
- $I > 30 \text{ mA}$ : Gefahr von Herzkammerflimmern (rasende Herztätigkeit), Herzstillstand, Tod

Die Gefahr für den menschlichen Körper hängt neben der Stromstärke von der Einwirkzeit ab:



Gefährdungsbereiche bei Wechselstrom:

- ① Keine Empfindung
- ② leichtes bis starkes Kribbeln
- ③ Muskelverkrampfung
- ④ Herzkammerflimmern bis Herzstillstand

Auch kurze Stromeinwirkungen („Wischer“) können zu schweren Folgeschäden führen (bspw. durch Sturz von einer Leiter) → Sekundärnfall

Aufgabe:

Welche Auswirkung hat die Berührung des spannungsführenden Leiters einer Haushaltssteckdose auf den menschlichen Körper?

geg.:  $U = 230 \text{ V}$ ,  $R_K \approx 1200 \Omega$

ges.:  $I_K$

$$\text{Lös.: } I_K = \frac{U}{R_K} \approx \frac{230 \text{ V}}{1200 \Omega} = 192 \text{ mA}$$

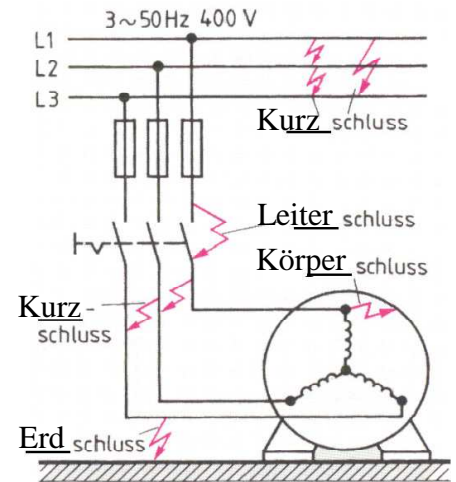
→ Ab etwa 50 ms Einwirkzeit Muskelverkrampfungen!

→ Ab etwa 400 ms Einwirkzeit Gefahr des Herzkammerflimmerns!

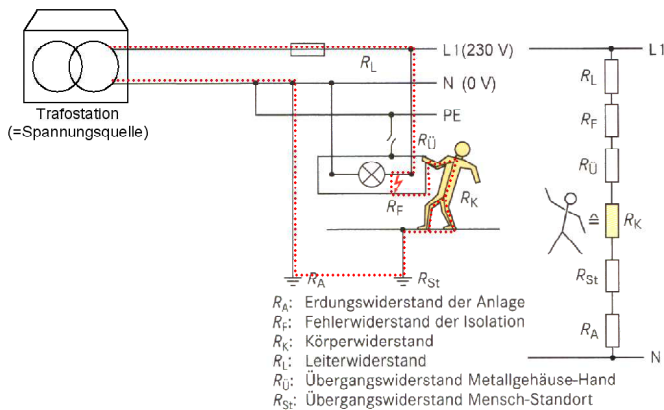
## 2. Fehlerstromkreis

### Fehlerarten:

- **Körperschluss** ist eine leitende Verbindung zwischen Körper und aktiven Teilen der Betriebsmittel, die durch einen Isolationsfehler entstanden sind.
- **Kurzschluss** ist eine leitende Verbindung zwischen betriebsmäßig gegeneinander unter Spannung stehenden Leitern. Im Fehlerstromkreis befindet sich kein Nutzwiderstand.
- **Leiterschluss** ist eine fehlerhafte Verbindung zwischen Leitern, wenn im Fehlerstromkreis ein Nutzwiderstand oder ein Teil des Nutzwiderstandes liegt.
- **Erdschluss** entsteht bei der Verbindung eines Außenleiters oder eines betriebsmäßig isolierten Neutralleiters mit der Erde oder mit geerdeten Teilen.



### Beispiel Körperschluss:



PE angeschlossen: Fehlerstrom fließt bei Körperschluss über PE ab.

- ➔ Fehlerstrom sehr hoch, da nur  $R_L + R_L$
- ➔ Sicherung löst aus

PE nicht angeschlossen: Fehlerstrom fließt bei Körperschluss über das Gehäuse in den Menschen, durch den Menschen in den Boden, durch die Erde zu  $R_A$  und zurück zu N. ( $\rho_{\text{Erde}}$  relativ hoch,  $A \rightarrow \infty \Rightarrow R = 0$ ).

- ➔ Fehlerstrom zu niedrig, um Sicherung zum Auslösen zu bringen, aber trotzdem lebensgefährlich

## 3. Schutzklassen und IP-Schutzarten

Damit Benutzer elektrischer Geräte gefahrlos arbeiten können, müssen diese Geräte einen Schutz gegen elektrischen Schlag haben. Sie werden hierzu in drei unterschiedliche **Schutzklassen** eingeteilt:

Kennzeichnung der Schutzklassen (nach IEC 417)		
Schutzklasse	Kennzeichen	Verwendung bei Schutzmaßnahme:
I		Mit Schutzleiter (Betriebsmittel ist mit Schutzleitersystem der Anlage verbunden, z. B. Elektromotor)
II		Schutzisolierung (Betriebsmittel mit Basisisolierung und zusätzlicher oder verstärkter Isolierung, z. B. Leuchten)
III		Kleinspannung (Anschluss nur an SELV- und PELV-Stromkreise)

SELV: Schutzkleinspannung  
(Safety Extra Low Voltage)

PELV: Funktionskleinspannung  
(Protective Extra Low Voltage)

- I: Metallisches Gehäuse des Betriebsmittels mit Schutzleiter verbunden.

**Fehlerfall:** Körperschluss führt zu Kurzschluss. Überstromschutzorgan (Leitungsschutzschalter, Schmelzsicherung) öffnet Stromkreis und verhindert gefährliche Berührungsspannung.

- II: Zusätzlich zur Basisisolierung sind alle berührbaren Teile durch eine zweite Isolierung abgedeckt.

**Fehlerfall:** Nach Versagen der Basisisolierung besteht keine gefährliche Berührungsspannung.

- III: Es werden Nennspannungen bis maximal AC 50 V bzw. DC 120 V verwendet.

**Fehlerfall:** Berührungsspannungen für Menschen ungefährlich.

Je nach Verwendungszweck und Aufstellungsort eines elektrischen Betriebsmittels ist ein **Berührungs- und Fremdkörperschutz** sowie ein **Schutz gegen das Eindringen von Wasser** erforderlich.

Die **IP-Schutzart** gibt Auskunft darüber, in welchem Umfang ein elektrisches Betriebsmittel geschützt ist:

IP-Schutzarten elektrischer Betriebsmittel			
Erste Ziffer	Schutzgrad: Berührungs- und Fremdkörperschutz	Zweite Ziffer	Schutzgrad: Wasserschutz
0	Kein besonderer Schutz	0	Kein besonderer Schutz
1	Schutz gegen Eindringen fester Fremdkörper mit einem Durchmesser $\geq 50$ mm.	1	Schutz gegen senkrecht tropfendes Wasser.
2	Schutz gegen Eindringen fester Fremdkörper mit einem Durchmesser $\geq 12,5$ mm.	2	Schutz gegen senkrecht tropfendes Wasser, Betriebsmittel bis $15^\circ$ gekippt.
3	Schutz gegen Eindringen fester Fremdkörper mit einem Durchmesser $\geq 2,5$ mm.	3	Schutz gegen Sprühwasser bis zu einem Winkel von $60^\circ$ zur Senkrechten.
4	Schutz gegen Eindringen fester Fremdkörper mit einem Durchmesser $\geq 1$ mm.	4	Schutz gegen Spritzwasser aus allen Richtungen.
5	Schutz gegen Staubablagerung (staubgeschützt). Vollständiger Berührungsschutz.	5	Schutz gegen Strahlwasser (Düse) aus allen Richtungen.
6	Schutz gegen Eindringen von Staub (staubdicht). Vollständiger Berührungsschutz.	6	Schutz gegen starken Wasserstrahl oder schwere See.
Wird neben den Kennbuchstaben IP nur eine Kennziffer für den Schutzgrad benötigt, so ist anstelle der fehlenden Kennziffer ein X zu setzen, z. B. IP X4 oder IP 3X.		7	Schutz gegen Wasser bei Eintauchen des Betriebsmittels unter Druck-, Zeitbedingungen.
		8	Schutz gegen Wasser bei dauerndem Untertauchen des Betriebsmittels.

Elektrische Betriebsmittel werden oft mit Bildzeichen versehen, die die entsprechende IP-Schutzart symbolisieren:

Bildzeichen			
tropfwassergeschützt IP X1		sprühwassergeschützt IP X3	
spritzwassergeschützt IP X4		strahlwassergeschützt IP X5	
wasserdicht IP X7		druckwasserdicht IP X8	
staubgeschützt IP 5X		staubdicht IP 6X	

IP = Internationale Protection / IP 2X: Fingerschutz  
Beispiel: IP 54 = Staubgeschützt / Schutz gegen Spritzwasser

### Typische Schutzarten:

- Industrieanlagen: IP 54
- Schaltschränken: IP 20
- Kfz-Bereich: IP 65
- Baumaschinen, Katastrophenschutz, Wehrtechnik: IP67

## 4. Sicherheitsregeln bei Arbeiten an elektrischen Anlagen

**Arbeiten an unter Spannung stehenden Anlagen sind verboten !!!**

Um Risiken und Gefahren eines Stromunfalls für eine Elektrofachkraft gering zu halten, müssen zur Herstellung des spannungsfreien Zustandes bei Arbeiten an elektrischen Anlagen die **fünf Sicherheitsregeln** eingehalten werden.

Die fünf Sicherheitsregeln für Arbeiten an elektrischen Anlagen (nach DIN VDE 0105)	
<b>1. Freischalten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Freischalten aller Teile der Anlage, an denen gearbeitet werden soll</li> <li>LS-Schalter abschalten, Schmelzsicherungen entfernen.</li> </ul>
<b>2. Gegen Wiedereinschalten sichern</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Betätigungsmechanismus von Schaltgeräten, z. B. LS-Schalter, durch Schloss sichern, Sicherungseinsätze mitnehmen, Verbotsschilder anbringen</li> </ul>
<b>3. Spannungsfreiheit feststellen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anlage mit zweipoligem Spannungsprüfer prüfen</li> </ul>
<b>4. Erden und kurzschließen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zuerst immer erden, dann mit den kurzzuschließenden aktiven Teilen verbinden. Regel 4 entfällt bei Anlagen unter 1000 V</li> </ul>
<b>5. Benachbarte unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bei Anlagen unter 1kV genügen zum Abdecken isolierende Tücher, Schläuche, Formstücke;</li> <li>über 1kV sind zusätzlich Absperrtafeln, Seile, Warntafeln erforderlich. Körperschutz, z. B. Schutzhelm mit Gesichtsschutz, eng anliegende Kleidung und Handschuhe</li> </ul>

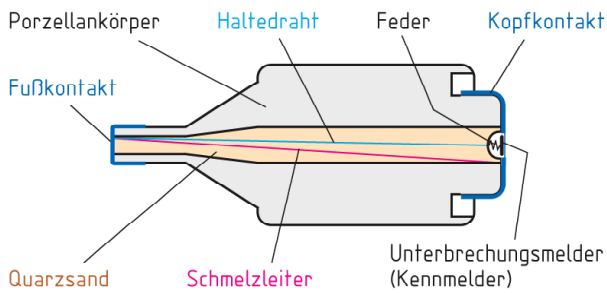
## 5. Schutz elektrischer Leitungen und Verbraucher

Elektrischer Strom erzeugt Wärme. Durch Überlastung oder Kurzschluss wird der Strom in einer Leitung zu groß, diese erwärmt sich zu stark, die Isolation kann schmelzen und es können Brände entstehen.

Um Brandgefahr in elektrischen Anlagen zu vermeiden, müssen zu hohe Ströme durch **Überstrom-Schutzeinrichtungen** abgeschaltet werden !!!

## Schmelzsicherungen

Der **Schmelzeinsatz** enthält einen Leiter mit kleinem Querschnitt, den **Schmelzleiter**. Ein zusätzlicher **Halte-draht** hält den **Unterbrechungsmelder** fest. Bei zu hoher Stromstärke schmelzen beide Drähte durch, der Stromkreis wird unterbrochen und der Unterbrechungsmelder wird „abgeworfen“. Es ist somit von außen durch ein Sichtfenster erkennbar, ob die Schmelzsicherung noch intakt ist.



Der Schmelzeinsatz wird in einen **Sicherungssockel** eingesetzt und mit einer Schraubkappe festgeschraubt, nach dem dieser mit Hilfe eines speziellen Werkzeugs mit einem **Passeinsatz** versehen wurde. Da Schmelzeinsätze mit größerer Bemessungsstromstärke einen breiteren Fußkontakt haben, verhindert der Passeinsatz das Einsetzen eines Schmelzeinsatzes mit zu großer Bemessungsstromstärke.

Man unterscheidet zwischen dem älteren **D-System (DIAZED)** und dem neueren **DO-System (NEOZED)**. Beide Systeme sind im Prinzip gleich aufgebaut, das NEOZED-System weist aber kleinere Baugrößen auf.

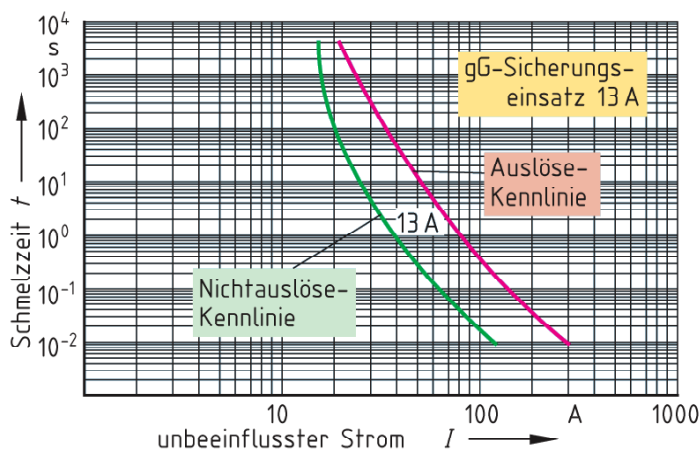
Nach ihrem Strom-Zeit-Verhalten werden verschiedene **Betriebsklassen** unterschieden:

Funktionsklassen und Betriebsklassen von Niederspannungssicherungen (nach DIN VDE 0636)		
Funktionsklasse	Betriebsklasse	Einsatzgebiet
g Ganzbereichs-sicherung	gG <sup>1</sup>	Ganzbereichs-Kabel- und Leitungsschutz
	gR	Ganzbereichs-Halbleiterschutz
	gB	Ganzbereichs-Bergbauanlagenschutz
	gTr	Ganzbereichs-Transformatorerschutz
a Teilbereichs-sicherung	aM	Teilbereichs-Schaltgeräteschutz
	aR	Teilbereichs-Halbleiterschutz

Ganzbereichssicherungen schützen elektrische Anlagen gegen Überlastung und Kurzschluss.

Teilbereichssicherungen schützen elektrische Anlagen und Betriebsmittel nur gegen Kurzschluss.

Die Herstellung von Sicherungen unterliegt Toleranzen. Es ist daher nicht exakt vorhersagbar, wann der Schmelzleiter einer Sicherung durchschmilzt, man unterscheidet daher zwischen zwei Kennlinien:



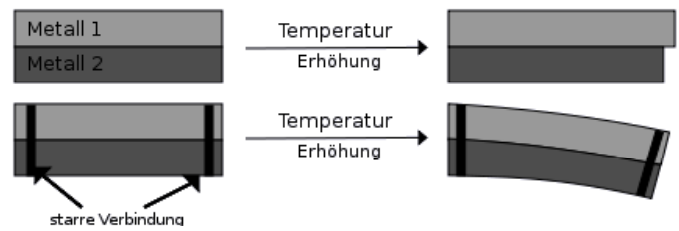
**Nichtauslösekenlinie:** Die Sicherung wird im Bereich links unterhalb der Kennlinie garantiert nicht auslösen.

**Auslösekenlinie:** Die Sicherung wird im Bereich rechts oberhalb der Kennlinie garantiert auslösen.

## Leitungsschutzschalter (LS-Schalter)

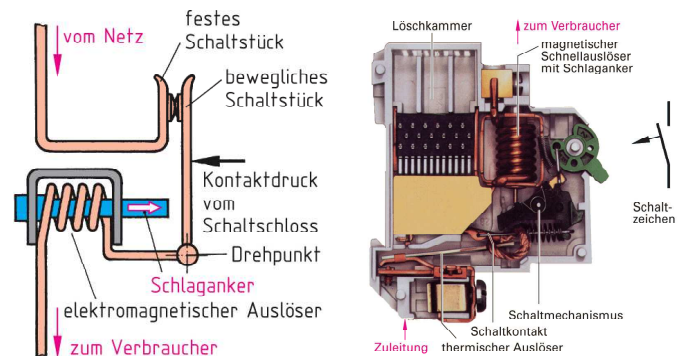
Leitungsschutzschalter schützen elektrische Anlagen gegen Überlastung und Kurzschluss.

Den Überlastschutz übernimmt ein **thermischer Auslöser**. Die thermische Auslösung erfolgt über einen **Bimetallstreifen**. Dieser besteht aus zwei miteinander verbundenen Metallbändern mit unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten. Fließt Strom durch diese Bänder erwärmen sich diese allmählich und der Streifen beginnt sich zu krümmen. Ist die Stromstärke zu hoch und damit die Krümmung zu stark, trennt dies die elektrische Verbindung.



Der thermische Auslöser unterbricht den Strom verzögert.

Für den Kurzschlusschutz ist ein elektromagnetischer Auslöser zuständig. Fließt Strom durch eine Spule, wirkt eine Kraft auf einen in der Spule gelagerten beweglichen Eisenkern, den **Schlaganker**. Steigt die Stromstärke aufgrund eines Kurzschlusses sprunghaft an, schlägt der Anker aus dem Spulenkern und öffnet das **Schaltenschloss** unverzüglich.



Elektromagnetische Auslöser sind Schnellauslöser.

LS-Schalter haben gegenüber Schmelzsicherungen den Vorteil, dass sie durch eine Auslösung nicht zerstört werden und wieder eingeschaltet werden können.

Die **Freiauslösung** sorgt jedoch dafür, dass LS-Schalter nicht wieder eingeschaltet werden können, solange der auslösende Kurzschluss noch besteht bzw. sich der Bimetallstreifen nach einer Überlastung noch nicht genügend abgekühlt hat. Dies gilt auch dann, wenn der Schalthebel in der Ein-Stellung festgehalten wird !

Je nach Auslösezeit bei Kurzschluss werden LS-Schalter in unterschiedliche Typen unterteilt:

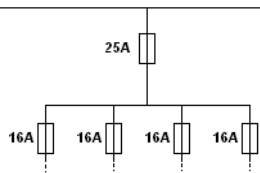
Typ	Nennstrom	Verwendung
B	$(3..5) * I_n$	Üblicher Leitungsschutz
C	$(5..10) * I_n$	Geräte mit hohem Anlaufstrom (z.B. Motoren)
D	$(10..20) * I_n$	Geräte mit sehr hohem Anlaufstrom

### Selektivität

Bei einem Fehler in einem Stromkreis soll immer die Überstrom-Schutzeinrichtung auslösen, die sich unmittelbar vor der Fehlerstelle befindet.

- leichteres Auffinden des Fehlers
- fehlerfreie Stromkreise werden nicht unnötig abgeschaltet

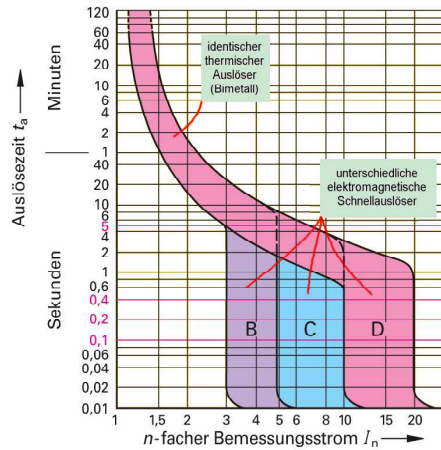
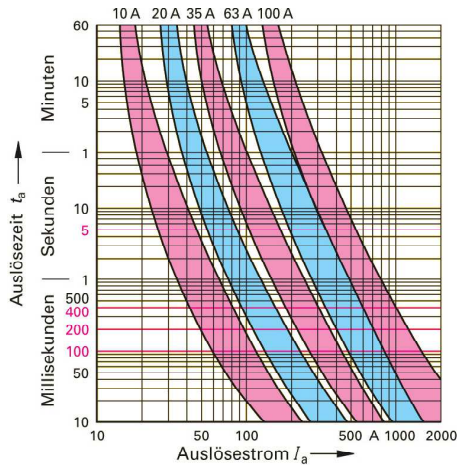
Selektivität wird bei vorgeschalteten Sicherungen durch einen deutlich höheren Nennstrom erreicht (mindestens etwa 1,6fach höher als bei der nachgeschalteten Sicherung / i.A. zwei Nennstromstufen höher), z.B.



Lässt sich der zu erwartende Kurzschlussstrom bestimmen, kann mit Hilfe der Kennlinien die Selektivität überprüft werden. Es muss dann sichergestellt sein, dass die nachgeschaltete Überstrom-Schutzeinrichtung auch im langsamsten Fall schneller reagiert als die übergeordnete Überstrom-Schutzeinrichtung im schnellsten Fall.

### Aufgabe:

Eine Schmelzsicherung (63A) wird vor einen LS-Schalter (Typ D 35A) geschaltet. Der berechnete Kurzschlussstrom beträgt 385A. Arbeiten die Überstrom-Schutzeinrichtungen selektiv?



### Betrachtung LS-Schalter:

- 385 A / 35 A = 11 → Im Kurzschlussfall fließt der 11 fache Bemessungsstrom
- elektromagnetische Schnellauslösung nicht sicher gewährleistet!
- Bimetall löst nach **spätestens** ca. 3 Sekunden sicher aus

### Betrachtung Schmelzsicherung:

- 63 A → Im Kurzschlussfall (385 A) löst die Sicherung **frühestens** nach ca. 300 ms aus

### Ergebnis:

Da es passieren kann, dass die vorgeschaltete Schmelzsicherung vor dem nachgeschalteten LS-Schalter auslöst, arbeiten die Überstrom-Schutzeinrichtungen nicht selektiv!

## 6. Schutz gegen direktes Berühren

**Direktes Berühren** = Kontakt des menschlichen Körpers mit betriebsmäßig unter Spannung stehenden Teilen eines Betriebsmittels.

Schutz gegen direktes Berühren = Basisschutz

### Isolierung:

Umhüllung mit elektrisch und mechanisch widerstandsfähiger Isolierung. Isolierung darf nur durch Zerstörung entfernbar sein. Oxidschichten, Lack- oder Emailüberzüge sind kein ausreichender Berührungsschutz.

### Abdeckung:

Abdeckende Gehäuse um bspw. Schalter und Steckdosen (senkrecht angebracht: mindestens IP2X; waagrecht angebracht: mindestens IP4X). Die Abdeckung darf nur unter Zuhilfenahme eines Werkzeugs entfernbar sein.

### Hindernisse:

Geländer oder Schutzgitter bieten einen teilweisen Schutz. Zugelassen nur in elektrischen Betriebsstätten, z. B. Transformatorstationen. Ohne Werkzeug entfernbar, jedoch muss unbeabsichtigtes Entfernen unmöglich sein.

### Abstand:

Spannung führende Freileitungen und Fahrleitungen müssen in so großen Abstand angebracht werden, dass sie vom Menschen normalerweise nicht berührt werden können.

### Zusätzlicher Schutz durch FI-Schalter (RCD)

Der Einsatz eines RCDs, der im Falle eines auftretenden Fehlerstroms allpolig abschaltet, gilt als zusätzliche Schutzmaßnahme, ist als alleiniger Schutz allerdings nicht zugelassen.

## **7. Schutz bei indirektem Berühren**

**Indirektes Berühren** = Kontakt des menschlichen Körpers mit einem durch einen Isolationsfehler unter Spannung stehenden Teil, bspw. dem metallischen Gehäuse eines Betriebsmittels.

### **7.1 Fehlerstromschutzschalter (FI, RCD)**

Effizienter Schutz gegen das Bestehenbleiben (nicht das Entstehen) von Fehlerströmen, i.A. also Strömen die durch den menschlichen Körper gegen Erde abfließen.

Vermeidung von gefährlichen (zum Teil tödlichen) Verletzungen bei Stromunfällen

Einsatz vorgeschrieben für alle

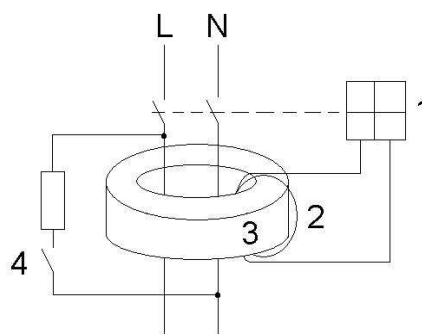
- Feuchträume
- Anlagen im Außenbereich
- für alle anderen Steckdosenstromkreise (seit 1.1. 2009)

### Aufgabe:

Allpoliges Abschalten von fehlerstrom-behafteten Stromkreisen

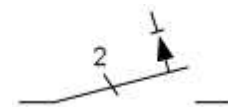
- Bemessungsdifferenzstrom:  
 $I_{\Delta n}$  maximal 30 mA
- Vorgeschriebene Abschaltzeit:  
0,2 bzw. 0,4 s
- Typische Abschaltzeit:  
ca. 30 ms

### Aufbau:



- 1: Schaltschloss
- 2: Auslösespule
- 3: Summenstromwandler
- 4: Prüftaste

Schaltzeichen:



### Funktionsprinzip:

Vergleich der Höhe des hin- und des zurückfließenden Stromes mit Hilfe eines **Summenstromwandlers**. Liegt kein Fehlerstrom vor, muss die Summe aller Ströme Null betragen (1. Kirchhoffsches Gesetz).

Durch die Ströme in L und N werden im Summenstromwandler zwei entgegengesetzte magnetische Flüsse erzeugt. Tritt nun ein Fehlerstrom auf, wird die Summe der magnetischen Flüsse ungleich Null. Durch die Flussänderung wird in der **Auslösespule** eine Spannung induziert (Induktionsgesetz), mit deren Hilfe das **Schaltschloss** geöffnet wird.

Mit Hilfe der **Prüftaste** kann ein Teil des Stromes am Summenstromwandler vorbei geführt und somit ein Fehlerstrom simuliert werden. Bei Betätigung muss der Fehlerstromschutzschalter auslösen.

## 7.2 Drehstromsysteme (Netzsysteme)

Im Drehstromnetz der Niederspannungsebene werden unterschiedliche Verteilungssysteme (Netze) eingesetzt:

- TN-Systeme:
  - TN-S-System
  - TN-C-System
  - TN-CS-System
- TT-System
- IT-System

Die Bedeutung der einzelnen Buchstaben ist international genormt und in der Tabelle rechts wiedergegeben.

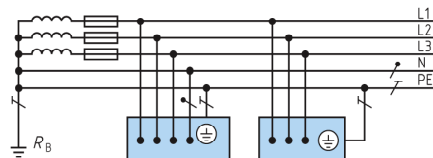
### TN-Systeme

In TN-Systemen führt ein auftretender Körperschluss unmittelbar zu einem Kurzschluss  
 → defektes Betriebsmittel wird über vorgeschaltete Überstrom-Schutzeinrichtung abgeschaltet

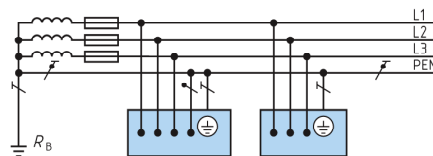
Beim TN-C-System wird ein kombinierter PEN-Leiter eingesetzt. Der Einsatz eines RCDs (FI-Schutzschalter) ist in diesem Verteilungssystem nicht zugelassen. Gängiger sind das TN-S- und vor allem das TN-C-S-System.

Kennzeichnung von Drehstromsystemen	
<b>Beispiel: TN-C-System</b>	
<b>T</b>	<b>1. Buchstabe:</b> Erdungsverhältnisse der Stromquelle z. B. in der Transformatorstation <b>T:</b> direkte Erdung eines Punktes, z. B. Sternpunkt, über den Betriebserder <b>I:</b> Isolierung aller aktiven Teile von Erde oder Verbindung des Punktes mit Erde über eine Impedanz
<b>N</b>	<b>2. Buchstabe:</b> Erdungsverhältnisse der Körper innerhalb der elektrischen Anlage <b>T:</b> direkte Erdung der Körper der Betriebsmittel <b>N:</b> Verbindung der Körper mit dem Betriebserder des Spannungserzeugers
<b>C</b>	<b>3. Buchstabe:</b> Anordnung des Neutralleiters N und des Schutzleiters PE im TN-System <b>S:</b> PE und N getrennt verlegt <b>C:</b> PE und N kombiniert in einem Leiter (PEN-Leiter)
<b>Abkürzungen:</b> T von terre (franz.) = Erde, I von isolé (franz.) = isoliert N von neutre (franz.) = neutral, S von séparé (franz.) = getrennt C von combiné (franz.) = kombiniert	

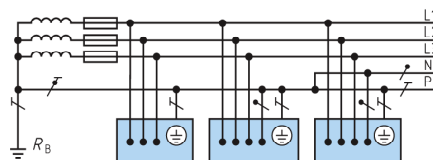
### TN-S-System



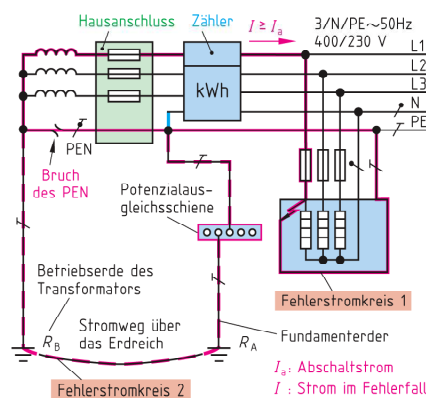
### TN-C-System



### TN-C-S-System



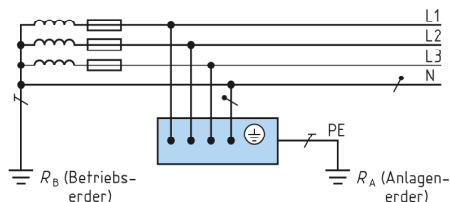
Damit bei einer Beschädigung des PEN-Leiters eine leitfähige Verbindung zum Sternpunkt des Transformators erhalten bleibt, werden verschiedene Punkte in der Anlage über eine Potenzialausgleichsschiene mit dem Erdreich verbunden, bspw. über einen Fundamenterder.



Fehlerstromkreis 1 mit fehlerfreiem PEN-Leiter	Fehlerstromkreis 2 mit PEN-Unterbrechung
Transformator → Hinleitung (L1) → Fehlerstelle → Gehäuse → Rückleitung (PE und PEN) → Sternpunkt (Transformator)	Transformator → Hinleitung (L1) → Fehlerstelle → Gehäuse → Rückleitung (PE → Potenzialausgleichsschiene → Fundamenterder → Erdreich → Betriebserde → Sternpunkt

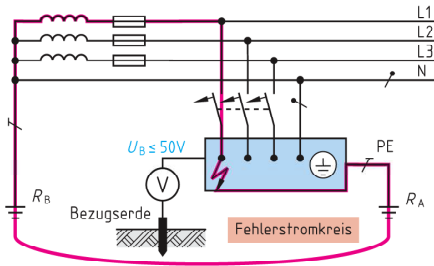
### TT-System

Im TT-System führt ein auftretender Körperschluss unmittelbar zu einem Erdschluss.  
 → defektes Betriebsmittel wird über vorgeschaltete Überstrom-Schutzeinrichtung oder RCD abgeschaltet.



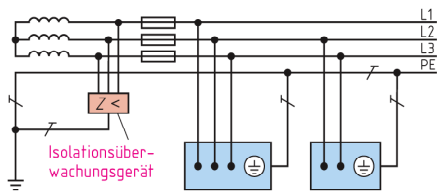


Damit die Schutzmaßnahme wirksam ist, muss der Gesamtwiderstand der Fehlerschleife klein genug sein, um einen hohen Fehlerstrom zu gewährleisten, der zum Auslösen der vorgeschalteten Schutzeinrichtung führt.

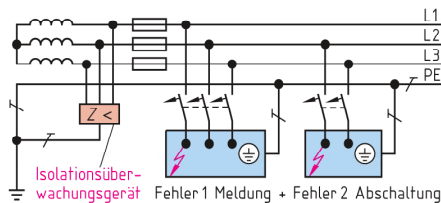


## IT-System

Bei Auftreten eines ersten Fehlers (Körperschlusses) erfolgt eine Meldung (optisch, akustisch), aber noch keine Abschaltung. Das IT-System sorgt selbst dafür, dass zunächst keine gefährliche Berührungsspannung entsteht. Das IT-System ist bspw. in Intensivstation, Operationssälen, Bergbau und in Hüttenwerken vorgeschrieben.

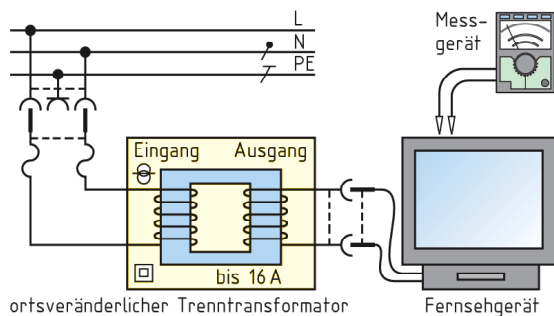


Bei einem ersten auftretenden Körperschluss nimmt der Schutzleiter das Potenzial des auslösenden Leiters an. Eine unmittelbare Gefährdung besteht nicht, da gleichzeitig alle metallischen Gehäuse von elektrischen Betriebsmitteln auf das gleiche Potenzial gelegt werden. Das Isolationsüberwachungsgerät meldet den aufgetretenen Fehler. Ein weiterer Fehler in einem anderen Außenleiter führt unmittelbar zum Kurzschluss. Die vorgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtungen schalten die betroffenen Stromkreise daraufhin ab.



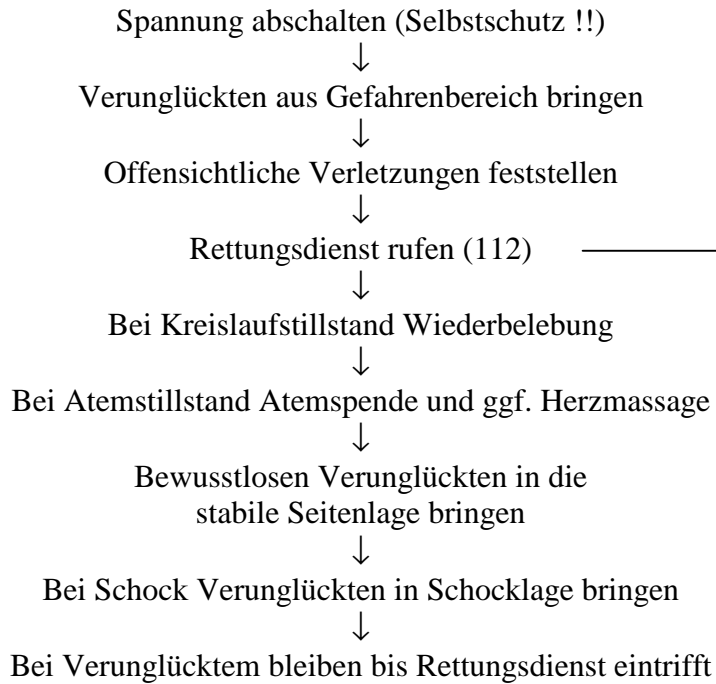
## 8. Schutztrennung

Zwischen Netz und Verbraucher wird ein Trenntransformator geschaltet. Hierdurch wird eine galvanische Trennung vom speisenden Netz erreicht. Auf der Ausgangsseite des Trenntransformators besteht keine Spannung gegen Erde.



## 9. Sofortmaßnahmen bei Stromunfällen

### Rettungsmaßnahmen



### Notruf (Die 5 W's)

