

# Kapitel 13

# Regeln der Technik

## 13.2

# Personenschutz

**Verfasser:**

Hans-Rudolf Niederberger  
Elektroingenieur FH/HTL  
Vordergut 1, 8772 Nidfurn  
055 - 654 12 87

**Ausgabe:**

September 2009

# Inhaltsverzeichnis

## 13 REGELN DER TECHNIK

### 13.2 Personenschutz

- 13.2.1 Wirkung des elektrischen Stromes
- 13.2.2 Forderungen an den Personenschutz
- 13.2.3 Massnahmen für die Einhaltung des Personenschutzes
- 13.2.4 Gefährliche Berührungsströme
- 13.2.5 Schutz vor Fehlerspannung
- 13.2.6 Auslösekennlinien von Leitungsschutzschaltern
- 13.2.7 Auslösekennlinien von Schmelzsicherungen
- 13.2.8 Funktionsprinzip eines Fehlerstromschutzschalters
- 13.2.9 Auslösestromwerte von Überstromunterbrechern

# 13 Regeln der Technik

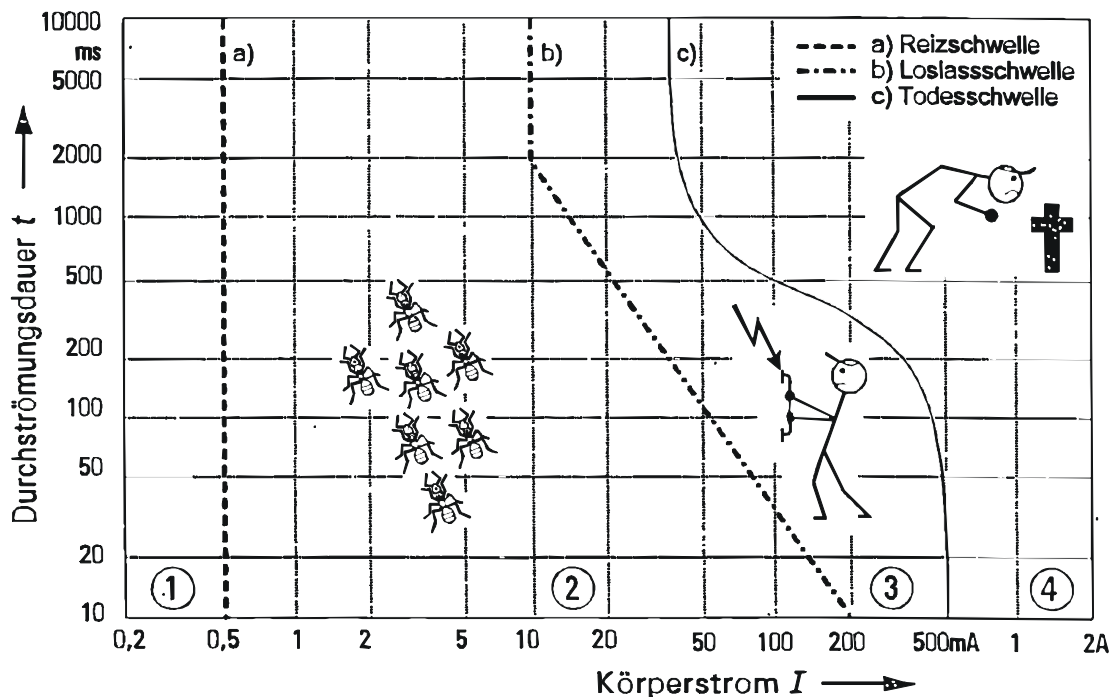
## 13.2 Personenschutz

### 13.2.1 Wirkung des elektrischen Stromes

Der Schweregrad der Auswirkungen ist von der Stromstärke und der Einwirkungsdauer abhängig. Ausserdem spielt die Hautfeuchtigkeit und die Berührungsfläche eine Rolle. Die Untersuchungen des IEC ergeben die folgende Tabelle. Die Werte sind als Mittelwerte aufzufassen.

In der nachfolgenden Grafik sind die Auslösebereiche von:

- einen Fehlerstromschutzschalter von einem Auslösestrom von 30 mA und
- einem Überstromunterbrecher, welcher nach NIN auslöst, einzutragen.











Welche Körperreaktionen sind zu erwarten.

Bereich	Körperreaktion
①	<b>Keine Körperreaktion</b>
②	<b>Kribbeln, Ameiselaufen, ungefährlich</b>
③	<b>Muskelverkrampfung, Atemnot, Herzrhythmusstörungen</b>
④	<b>Herzkammerflimmern möglich, tödliche Wirkung wahrscheinlich</b>

Im menschlichen Körper werden die Muskelreizungen durch einen elektrochemischen Prozess ausgelöst. Bei einem genügend starken Strom treten Muskelverkrampfungen auf. Beim Berühren blanker elektrischer Leitungen kann durch den Körper ein gefährlicher Strom fließen.

Neben der schädlichen Wirkung hat der Strom bei entsprechender Dosierung in der Medizin auch eine heilende Wirkung. Dabei wird mit geringen Stromstärken von einigen  $\mu\text{A}$  gearbeitet.

## Physiologische Auswirkungen bei Wechselstrom von $16\frac{2}{3}$ bis 100 Hz

	0,5-1 mA	<b>Wahrnehmbarkeitsschwelle</b> Wahrnehmbarkeit mit der Zunge
	3-5 mA 	<b>Elektrisieren</b> Ameisenlaufen an den Stromdurchflossenen Körperteilen. Mit den Händen umfasste elektrische Leiter können noch losgelassen werden.
	15-40 mA 	<b>Loslassgrenze und Krampfschwelle</b> Mit den Händen umfasste Leiter können nicht mehr losgelassen werden. Blutdrucksteigerungen und Atemverkrampfungen können, je nach Konstitution nach 3-4 Minuten zum Erstickungstod führen.
	50 mA 	<b>Gefahenschwelle</b> Bei Stromfluss über das Herz entsteht bei einer Einwirkungszeit $>0,5\text{s}$ das gefürchtete Herzkammerflimmern oder sogar Herzstillstand
	80 mA 	<b>Todesschwelle</b> Das tödliche Herzkammerflimmern lässt sich nur vermeiden, wenn der Fehlerstromkreis innerhalb $<0,3\text{s}$ ausgeschaltet wird. Dauert der Stromfluss länger als 1s, so ist eine tödliche Wirkung wahrscheinlich.

### 13.2.2 Forderungen an den Personenschutz

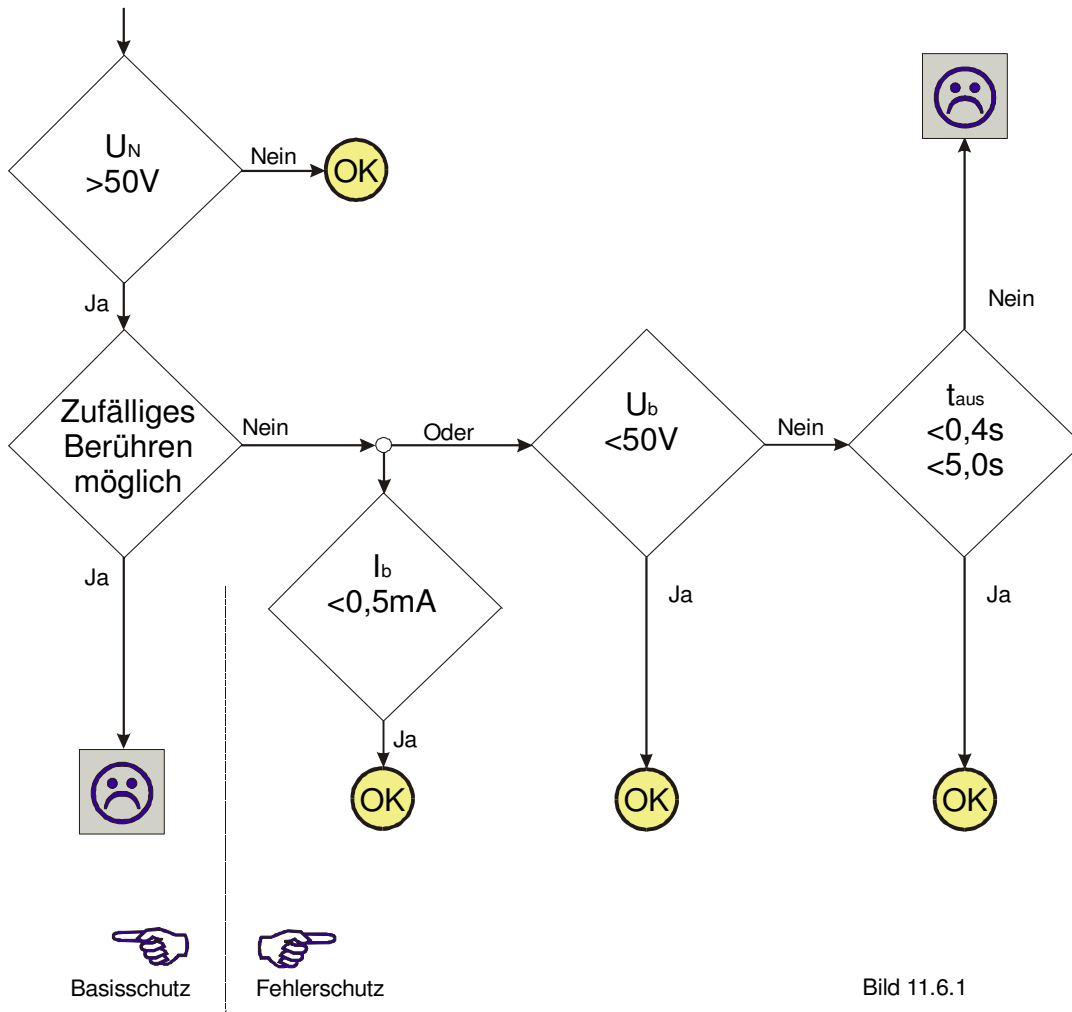


Bild 11.6.1

### 13.2.3 Massnahmen für die Einhaltung des Personenschutzes

Als Massnahme für den Personenschutz kommen in Betracht:

1. Die Sonderisolation oder der isolierte Standort, um den Berührungsstrom  $I_B$  genügend klein zu halten.
2. Die Nullung, um die Fehlerspannung  $U_F$  genügend klein zu halten.
3. Die Nullung und die Fehlerstromschutzschaltung, um die Dauer unzulässiger Fehlerspannungen  $U_F$  oder Fehlerströme zu begrenzen.
4. Die Schutztrennung, um den Berührungsstrom  $I_B$  an einzelnen Anlageteilen genügend klein zu halten.
5. Der Potentialausgleich, um die Fehlerspannung  $U_F$  bzw. Berührungsspannung  $U_B$  auf zulässige Werte zu begrenzen.

Schutzmassnahmen	Wirkung		
	$U_F$ wird gesenkt	$t$ Zeit wird begrenzt	$I_B$ wird begrenzt
Sonderisolation			<b>X</b>
Nullung	<b>X</b>	<b>X</b>	
Fehlerstromschutzeinrichtung		<b>X</b>	
Schutztrennung			<b>X</b>
Potentialausgleich	<b>X</b>		

Die Netzbetreiberin entscheidet, welche Schutzmassnahme in ihrem Versorgungsgebiet grundsätzlich anzuwenden ist.

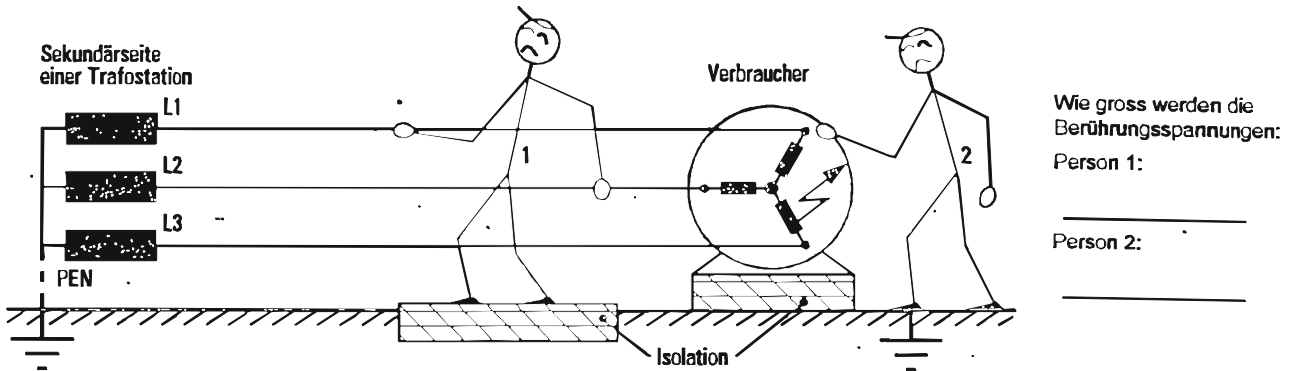
Davon ausgenommen sind besondere Fälle, wenn die NIN eine bestimmte Schutzmassnahme vorschreiben.

## 13.2.4 Gefährliche Berührungsströme

Ein Berührungsstrom ist Strom, der durch eine Person fließen könnte, wenn sie sich einer Spannung aussetzen würde (Körperstrom).

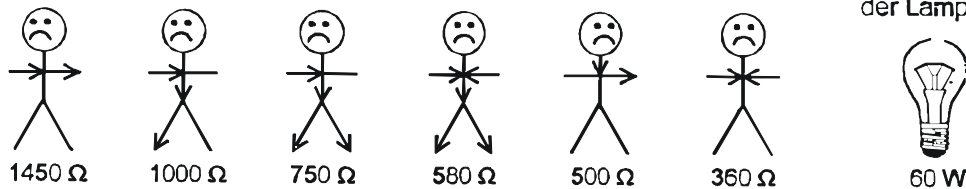
In der folgenden Zeichnung sind die geschlossenen Stromkreise farblich einzuzeichnen:

- Berührungsstrom Polleiter zu Polleiter der **ersten** Person: rot
- Berührungsstrom Polleiter zu Erde der **zweiten** Person: blau



Berechnen Sie die Berührungsströme, welche bei einer Berührungsspannung von 230 V in Abhängigkeit vom Körperwiderstand fließen!

Zum Vergleich:  
 Wie gross wird der Lampenstrom



Beispiel zu 360 Ω: Badende Person hält in den Händen einen Apparat, dessen Gehäuse unter Spannung steht.

Ohmsches Gesetz

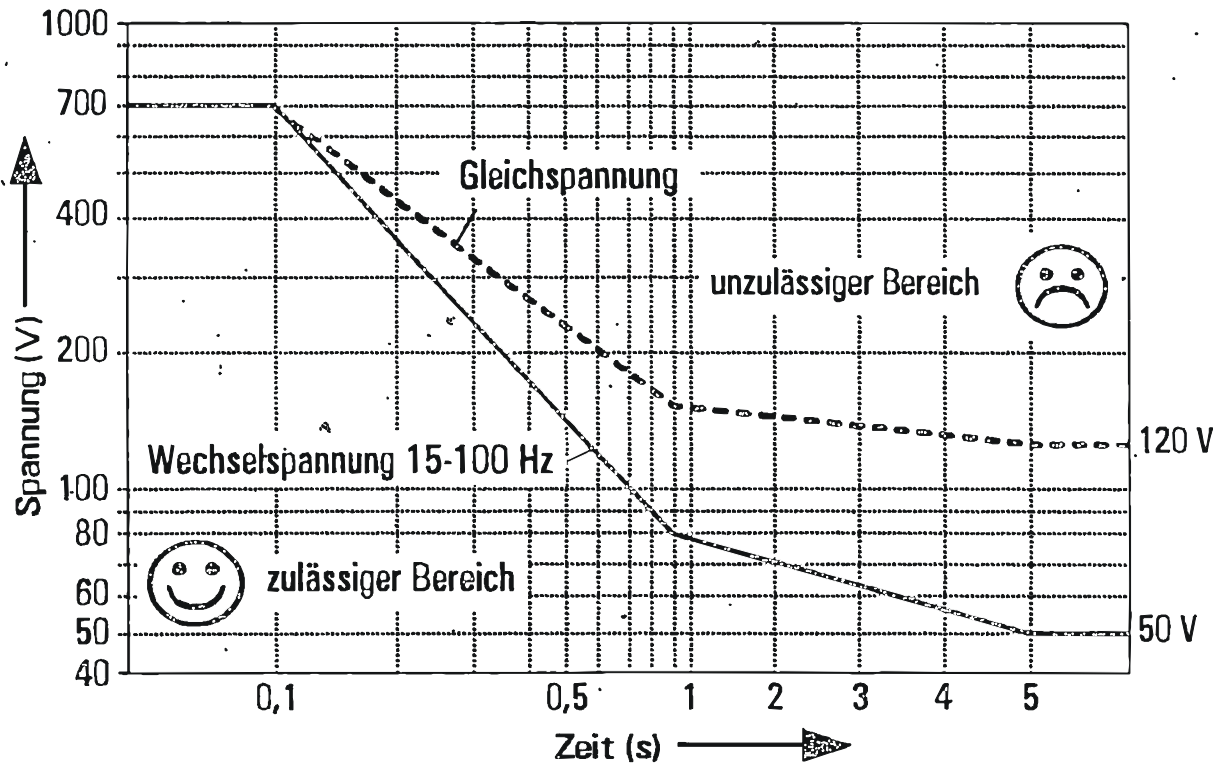
$$I = \frac{U}{R}$$

Leistungsformel

$$P = U \cdot I$$

Widerstände nach IEC

## 13.2.5 Schutz vor Fehlerspannung



### Zulässige Berührungsspannung:

Bei Erdschluss in einer Starkstromanlage dürfen die Berührungsspannungen  $50 \text{ V}_{AC}$  bez.  $120 \text{ V}_{DC}$  nicht überschreiten.

Für Werte unter 5 Sekunden gilt das nebenstehende Diagramm.

(StV, Anhang 4)

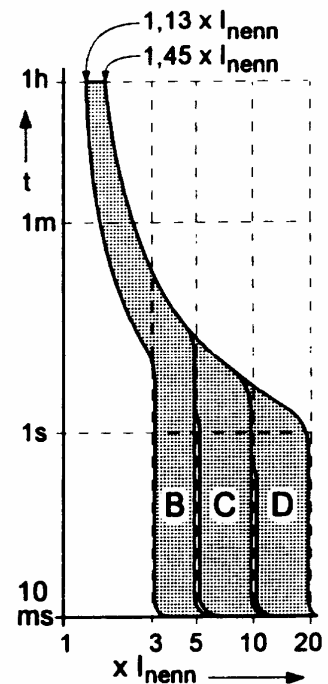


## 13.2.6 Auslösekennlinien von Leitungsschutzschaltern

Die Kurven zeigen den Auslösebereich von drei LS-Typen (B, C, D).

Nachfolgend sind die Auslösebereiche und Anwendungen zu den Leitungsschutzschaltern aufgeführt.

**Eine Stunde Belastung entspricht Dauer-betrieb!**



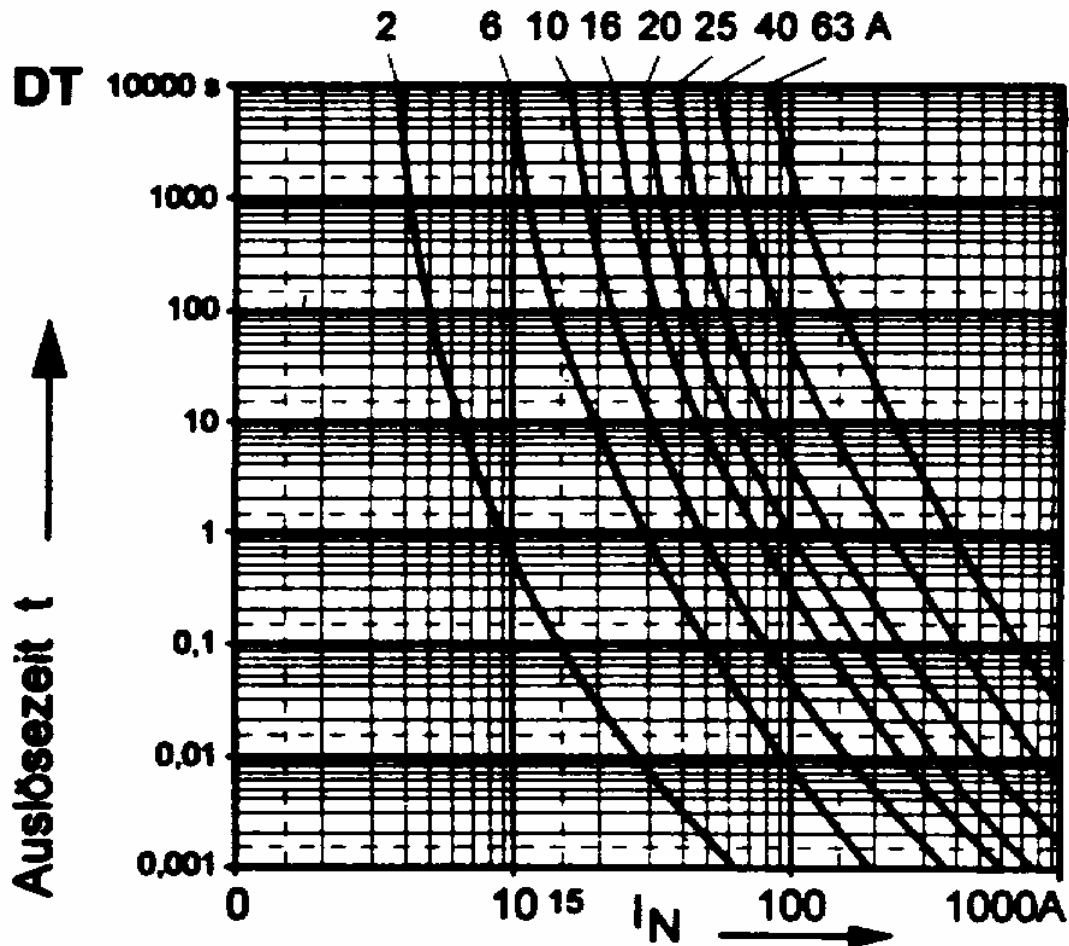
Typ	Auslösung	Zeit	Bereich $xI_N$	Anwendung	Beispiele
B	thermisch	1h	1,13..1,45	normale	Kochherd, Boiler
	elektromagnetisch	1s	3..5	Einschaltströme	
C	thermisch	1h	1,13..1,45	hohe	Motoren
	elektromagnetisch	1s	5..10	Einschaltströme	
D	thermisch	1h	1,13..1,45	sehr hohe	Bezüger- automaten
	elektromagnetisch	1s	10..20	Einschaltströme	

**Übung:** Bestimmen Sie für die nachfolgenden Typen von Leitungsschutzschaltern die Stromwerte für Dauerlast- und Kurzschlussauslösung:

Stromstärke üblicher LS für Auslösung										
[A]										
Nennwert	10	13	16	20	25	32	40	50	63	
Dauerlast	11,3	14,7	18,1	22,6	28,2	36,2	45,2	56,5	71,2	
Kurzschluss- Auslösung	B	50	65	80	100	125	160	200	250	315
	C	100	130	160	200	250	320	400	500	630
	D	200	260	320	400	500	620	800	1000	1260

## 13.2.7 Auslösekennlinien von Schmelzsicherungen

### Träge Sicherungen

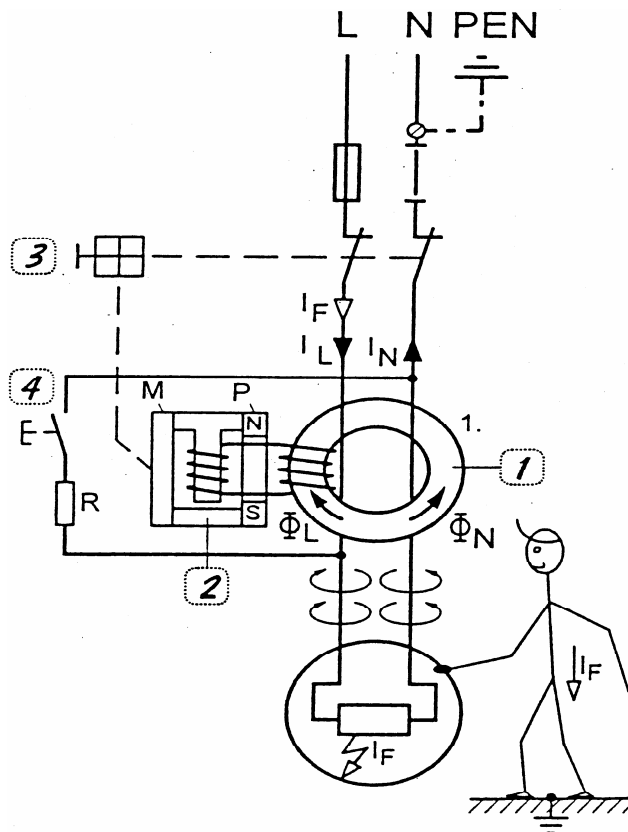


Nennstrom [A]	Belastung [A]	Abschaltzeit [s]
6	15	<b>60</b>
16	100	<b>0,3</b>
16	200	<b>0,02</b>

## 13.2.8 Funktionsprinzip eines Fehlerstromschutzschalters

NIN 4.1.2.5

Bei einem Isolationsfehler oder einem defekten Gerät schützt der RCD eine Person vor einem gefährlichen elektrischen Schlag. In alle Steckdosenstromkreise ist der Fehlerstromschutzschalter als zusätzlicher Personenschutz vorgesehen.



a) Bezeichnen Sie die Elemente des Fehlerstrom-Schutzschalters.

1	Summenstromwandler
2	Auslösespule
3	Mechanische Auslösung
4	Prüftaste

b) Welche Auslöseströme kennen Sie für FI?

- 10 mA
- 30 mA
- 300 mA

Beschreiben Sie die Funktion des Fehlerstromschutzschalters:

- Ist der Differenzstrom grösser als Hälfte des Auslösestromes, so darf der Fehlerstromschutzschalter auslösen. Ist die Differenz von Hin- und Rückstrom grösser oder gleich der Auslösegrösse, so muss der Fehlerstromschutzschalter auslösen.
- Mit der Prüftaste sollte der FI-Schalter alle drei Monate getestet werden. Nur ein funktionierendes Personenschutz-Element kann den Zweck erfüllen.

## 13.2.9 Auslösestromwerte von Überstromunterbrechern

### Auslösewerte von Überstromunterbrecher $\leq 0,4 s$

Nennstrom [ A ]	DIAZED [ A ]	NH gG gL [ A ]	LS L/B [ A ]	LS V/C [ A ]	LS D/Z [ A ]
6	34	47	30	60	120
8	-	-	-	80	-
10	55	79	50	100	200
13		101	65	130	260
16	80	123	80	160	320
20	120	156	100	200	400
25	160	213	125	250	500
32/35	240	316	160	320	640
40	280	360	200	400	800
50	350	479	250	500	1000
63	510	662	315	630	1260

### Auslösewerte von Überstromunterbrecher $\leq 5,0 s$

Nennstrom [ A ]	DIAZED träge [ A ]	NH gG gL [ A ]	LS L/B <sup>1)</sup> [ A ]	LS V/C <sup>1)</sup> [ A ]	LS D/Z <sup>1)</sup> [ A ]
6	21	28	30	60	
8	-	-	-	50	-
10	38	47	50	80	100
13		60	65	90	100
16	60	70	80	100	110
20	75	85	100	150	150
25	100	118	125	170	170
32/35	150	173	160	220	220
40	160	200	200	250	250
50	220	260	250	300	300
63	280	350	315	500	500
80	380	472			
100	480	573			
125		750			
160		995			
200		1350			
250		1600			
315		2200			
400		2750			
500		3900			
630		5100			

<sup>1)</sup> Tabelle ABB- CMC