

Fehlerstromschutzeinrichtungen (RCDs)

Allgemeines:

Der Schutz vor elektrischem Schlag wurde sehr lange ausschließlich durch Überstromschutzeinrichtungen (z.B. Schmelzsicherungen) realisiert. Da im Fehlerfall der Stromkreis innerhalb einer sehr kurzen Zeit (0,4 s) abgeschaltet werden muss, benötigen die Überstromschutzeinrichtungen hohe Auslöseströme. Diese können aber nur realisiert werden, wenn Schleifenwiderstand oder Erdungswiderstand sehr gering sind. In der historischen Entwicklung wurden Überlegungen angestellt, wie man Betriebsströme von mehreren Ampere ungestört fließen lassen andererseits aber beim Auftreten von Fehlerströmen kleiner als 1 Ampere den Stromkreis sicher abschalten kann. Dieses führte zur Entwicklung von Fehlerstrom-Schutzschaltern, bereits in den 20er Jahren des vergangenen Jahrhunderts. Heutzutage existieren eine Vielzahl von Schalt- und Überwachungsgeräten, die nach dem gleichen Prinzip des Fehlerstromschutzschalters arbeiten.

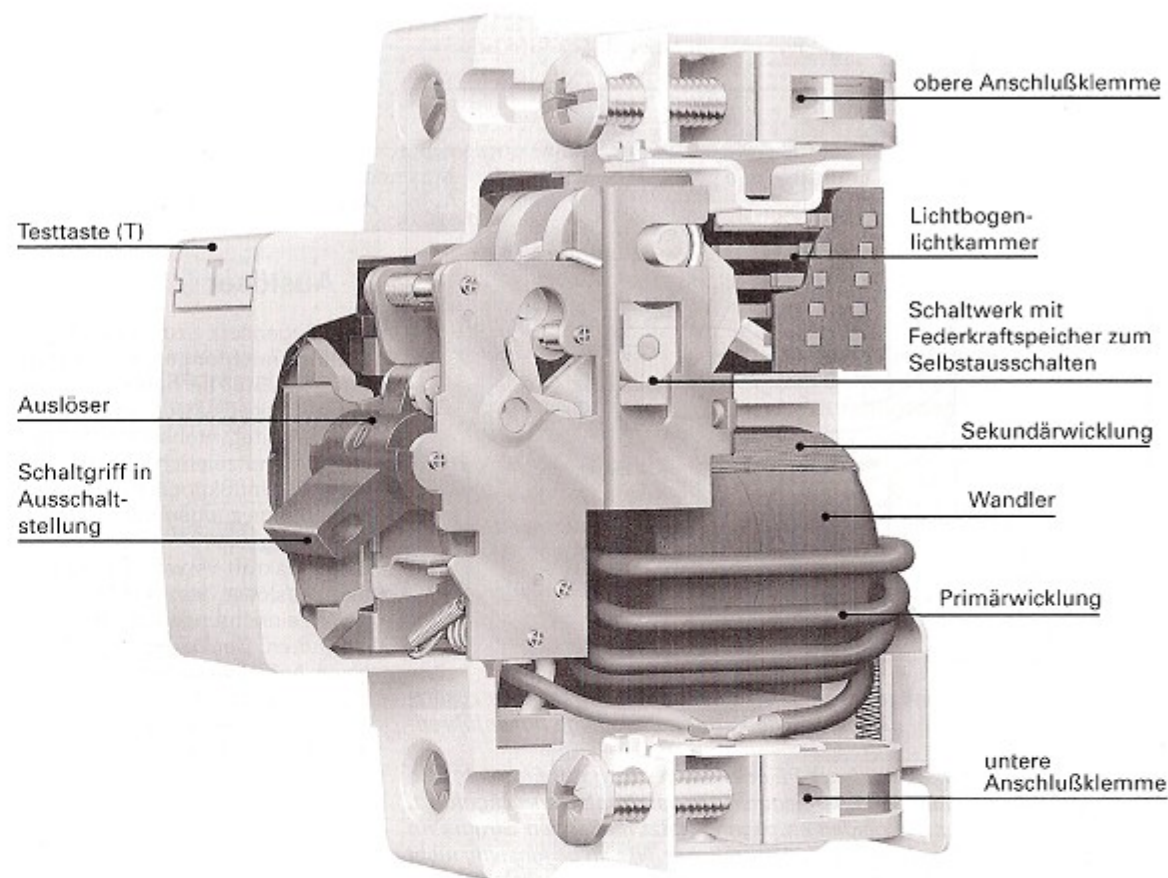
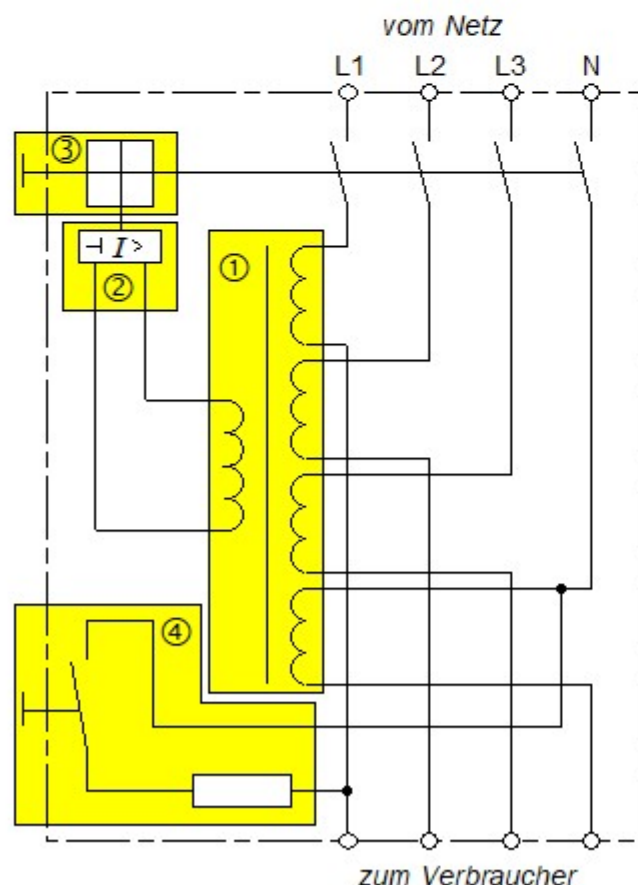
Übersicht:

Kurzbezeichnung	englische Bezeichnung	deutsche Bezeichnung	Beispiel	Einsatz in...
RCD (Oberbegriff)	r esidual c urrent protective d evice	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung		
RCCB	r esidual c urrent operated c ircuit- b reakers without integral over- current protection	FI-Schutzschalter ohne eingebauten Überstromschutz (FI-Schalter)		Installationsanlagen, insbes. Wohnungsinstalla- tionen, z.B. Steckdosen- stromkreise
RCBO	r esidual c urrent operated circuit- b reakers with integral o vercur- rent protection	FI- Schutzeinrichtung mit ein- gebauten Überstromauslöser (FI/LS- Schalter)		Installationsanlagen, ins- besondere gewerbliche und industrielle Bereiche
SRCD	fixed s ocket-outlets r esidual c ur- rent protective d evice	ortsfeste FI- Schutzeinrichtung in Steckdosenausführung (FI-Steckdose)		vorhandenen Installati- onsanlagen, insbes. im TN-C-System (klassische Nullung)
PRCD-S	p ortable r esidual c urrent protec- tive d evice- s afety	ortsveränderliche FI- Schutzein- richtung mit erweitertem Schutzumfang und Schutzlei- terüberwachung		Anlagen mit erhöhter Gefährdung zum Betrie- ben ortsveränderlicher Betriebsmittel
RCM	r esidual c urrent m onitors for household and similar uses (directionally discriminating)	Fehlerstrom- Überwachungsgerät (richtungsselektiv)		Industrieanlagen zur Überwachung der PE- und N-Leiterströme

Aufbau:

Der Fehlerstrom-Schutzschalter besteht im Wesentlichen aus dem Summenstromwandler ①, der Auslösespule ②, dem Schaltschloss ③ und einer Prüfeinrichtung ④.

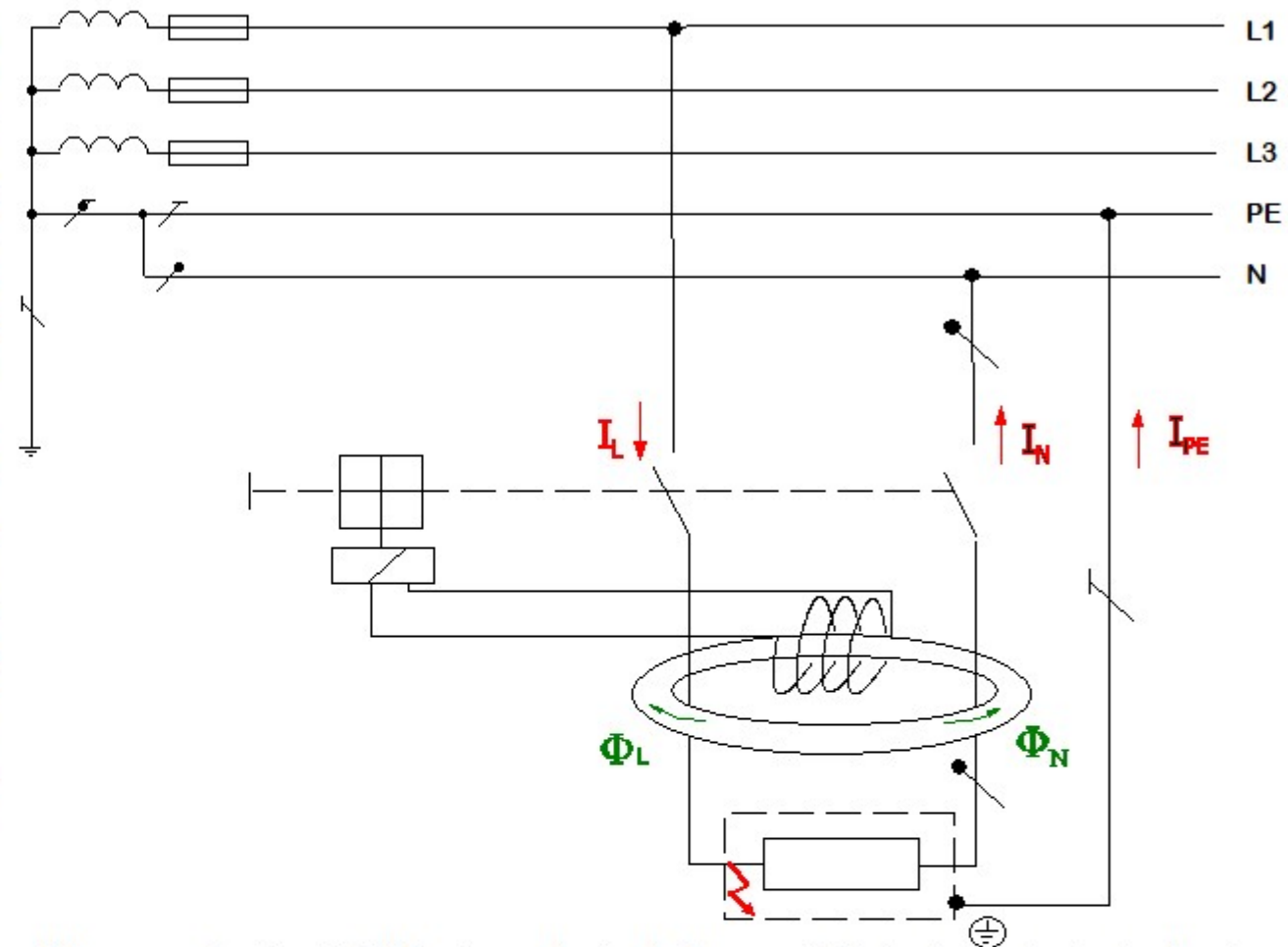
Der Summenstromwandler umfasst alle Außenleiter des zu schützenden Stromkreises inklusive des Neutralleiters. Für die Funktionsweise des Schalters (ausschalten des Stromkreises im Fehlerfall) darf auf keinen Fall der Schutz- oder Erdungs- oder PEN-Leiter angeschlossen werden. Beim Einsatz eines 4poligen Fehlerstrom-Schutzschalters im Wechselstromnetz müssen Außen- und Neutralleiter an diejenigen Klemmen angeschlossen werden, an denen die Prüfeinrichtung installiert ist.



- ① **Summenstromwandler**
Er erfasst und vergleicht die durch den Schalter fließenden Ströme.
- ② **Auslösespule**
Sie steuert das Schaltschloss an.
- ③ **Schaltschloss**
Es schaltet allpolig ab.
- ④ **Prüfeinrichtung mit Prüf Widerstand**
Sie prüft bei Betätigung den fehlerfreien mechanischen Zustand des Schalters.

Funktionsweise:

Sowohl der Außenleiter als auch der Neutraleiter sind durch den Summenstromwandler geführt. Der Strom fließt im fehlerfreien Fall vom Transformator kommend im Außenleiter (I_L) durch das Betriebsmittel und von dort über den Neutraleiter (I_N) und den PEN-Leiter zur Spannungsquelle zurück. Außen- und Neutraleiterstrom sind gleich groß, aber entgegengesetzt gerichtet. Die beiden gleich großen Ströme rufen zwei gleich große Magnetflüsse hervor, die ebenfalls entgegengesetzt gerichtet sind und sich im Summenstromwandler zu Null addieren (heben sich auf). Entsteht im Betriebsmittel ein Isolationsfehler, z.B. Körperschluss, fließt über den Schutzleiter ein zusätzlicher Strom I_{PE} am Summenstromwandler vorbei. In diesem Fall ist der Außenleiterstrom I_L größer als der Neutraleiterstrom I_N . Demzufolge heben sich die beiden magnetischen Felder nicht mehr auf und es entsteht ein Differenzmagnetfeld. Dieses Magnetfeld induziert in der Sekundärwicklung des Summenstromwandlers einen Induktionsstrom, der die Auslösespule aktiviert. Diese Spule bewirkt über das Schaltschloss und die Kontakte die Abschaltung des defekten

**Arten von Fehlerstromschutzschaltern:****a) Selektiver Fehlerstromschutzschalter:**

Um Fehlerstromschutzschaltungen hintereinander schalten zu können, z.B. Haupt-Fehlerstromschutzschalter und Fehlerstromschutzschalter im Stromkreisverteiler, muss verhindert werden, dass im Fehlerfall beide Schalter gleichzeitig auslösen. Um in solchen Kaskaden eine hohe Versorgungssicherheit zu erreichen, wurden selektive Fehlerstromschutzschalter entwickelt, die zeitlich etwas verzögert ansprechen.

b) Typ AC:

Fehlerstromschutzschalter funktionieren normalerweise nur bei Wechselstrom. Zur Drehzahlsteuerung von Motoren und dem Dimmen von Lampen werden elektronische Bauelemente genutzt. Dabei können unsymmetrische, nichtsinusförmige Wechselspannungen aber auch wellige Gleichfehlerströme entstehen. Der Schalter Typ AC erkennt nur reine sinusförmige Wechselfehlerströme und ist in Deutschland nicht zugelassen.

c) Typ A:

Fehlerstromschutzschalter dieses Typs erfassen neben sinusförmigen Wechselfehlerströmen auch pulsierende Gleichfehlerströme. Dieser Gerätetyp wird auch als pulsstromsensitiver Fehlerstromschutzschalter bezeichnet und üblicherweise eingesetzt.

d) Typ B:

Fehlerstromschutzschalter dieses Typs erfassen neben den Fehlerströmen des Typs A auch glatte Gleichfehlerströme. Sie werden auch als allstromsensitive Fehlerstromschutzschalter bezeichnet.

Kenngrößen und Aufschriften:**Bemessungsstrom:**

Diesen Strom (in diesem Fall 63A) kann der Fehlerstromschutzschalter dauernd führen.

Bemessungsdifferenzstrom:

Dieser Strom gibt den Auslösestrom des Schalters an. Früher wurde er als Nennfehlerstrom bezeichnet. Der Abschaltstrom des Fehlerstromschutzschalters (Differenzstrom) darf nicht höher als der Bemessungsdifferenzstrom und nicht kleiner als die Hälfte dieses Wertes sein.

$$0,5 \cdot I_{\Delta n} \leq I_{\Delta} \leq I_{\Delta n}$$

Es existieren Fehlerstromschutzschalter mit Bemessungsdifferenzströmen von 10mA, 30 mA, 100mA, 300 mA und 500mA.

Kurzschlusschaltvermögen:

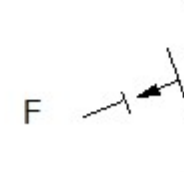
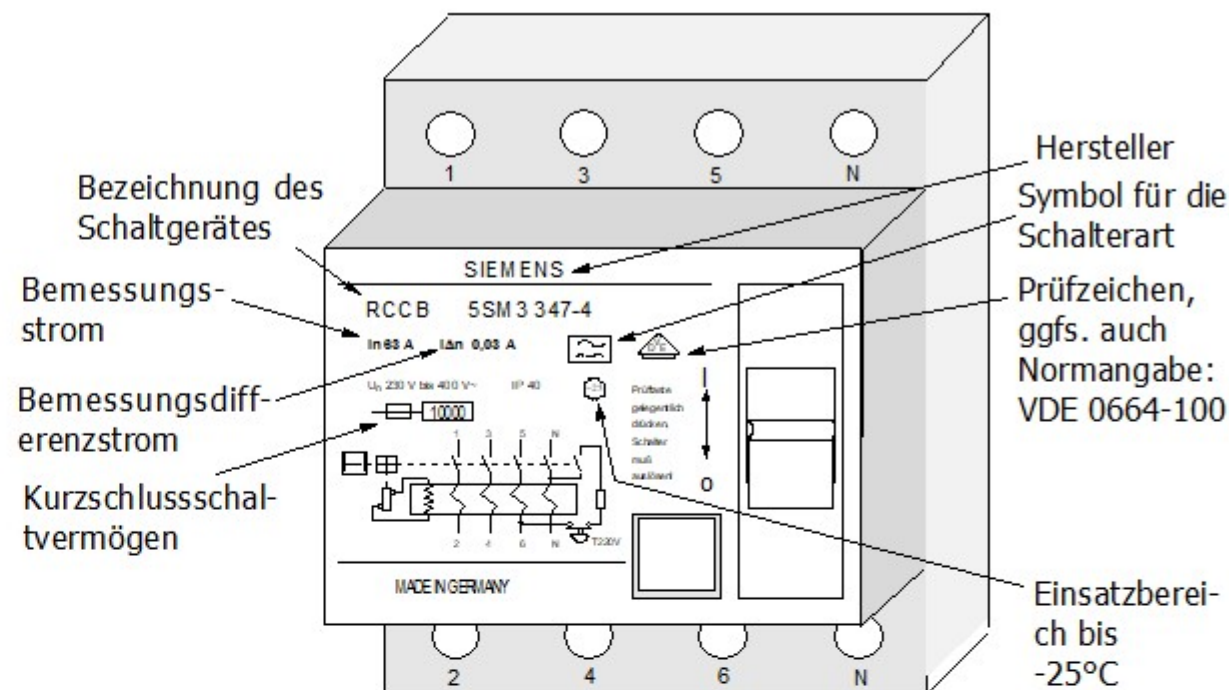
Die Zahl im Rechteck gibt an, bis zu welchem Kurzschlussstrom die Kontakte des Fehlerstromschutzschalters nicht beschädigt werden.

In diesem Fall verträgt der Schalter eine prospektiven weitere Angaben:

Bemessungsspannung, Temperatureinsatzbereich, Schalterart (in diesem Fall Fehlerstromschutzschalter Typ A - pulsstromsensitiv), Prüfzeichen oder Prüfnorm, Hersteller, Bezeichnung des Schaltgerätes, Angabe der firmeneigenen Bauteilbezeichnung und Anschlussschema des Schalters. Hieraus ist abzulesen, an welchen Kontakten der Prüf Widerstand angeschlossen ist. Sofern es sich um einen selektiven Fehlerstromschutzschalter handelt, wird dieses durch das folgende Symbol dargestellt. **[S]**

Schaltzeichen:

Nebenstehend ist das genormte Schaltzeichen eines Fehlerstromschutzschalters abgebildet. Als Kennbuchstabe ist ein "F" (für Schutzzwecke) dem Schalter zuzuordnen.

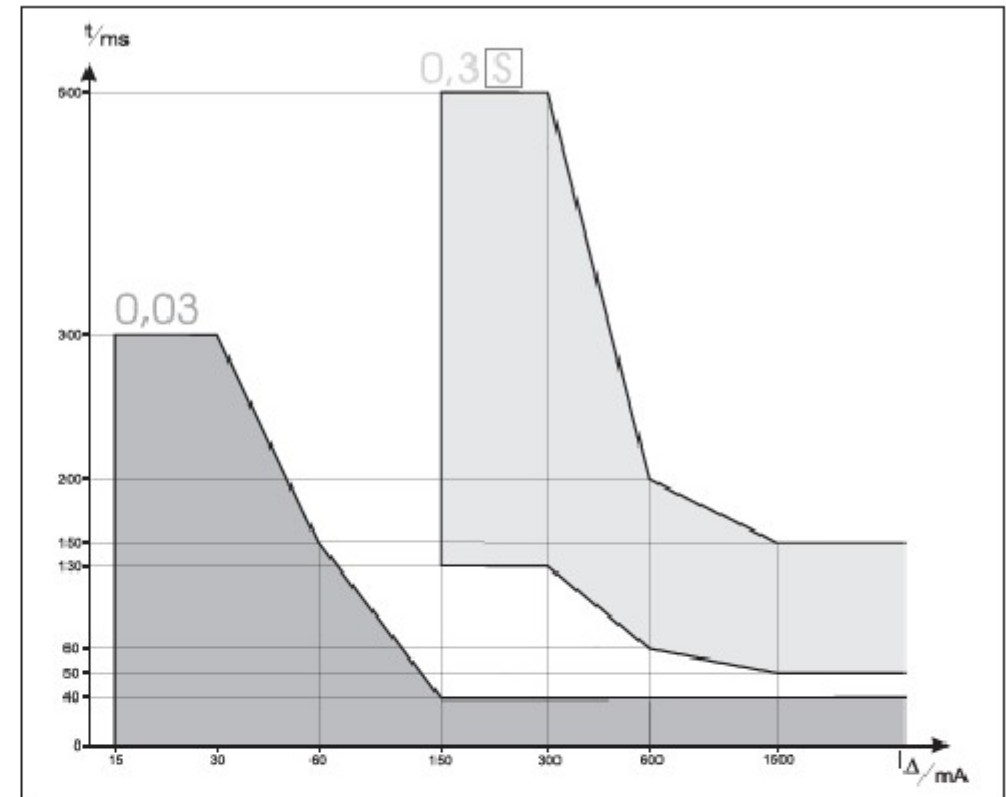


Abschaltzeiten:

In der nebenstehenden Abbildung ist das Auslöseverhalten eines RCCB mit einem Bemessungsdifferenzstrom von 30 mA und eines selektiven RCCB mit einem Bemessungsdifferenzstrom von 300 mA angegeben. Es ist ersichtlich, dass der unverzögerte Fehlerstromschutzschalter eher als der selektive Fehlerstromschutzschalter abschaltet. Dies ist wichtig, wenn zwei RCCBs hintereinander geschaltet werden, damit im Fehlerfall nur derjenige Schalter auslöst, der der Fehlerstelle unmittelbar zuvor liegt.

Bei unverzögerten Fehlerstromschutzschaltern muss bis zum Bemessungsdifferenzstrom die Abschaltung bis 300 ms erfolgen. Ab dem fünffachen Bemessungsdifferenzstrom erfolgt die Abschaltung bis 40 ms. Werden RCCBs für die Erfüllung der Schutzmaßnahmen nach DIN VDE 0100-410 eingesetzt, so müssen die dort genannten Abschaltzeiten (z.B. 400 ms) einhalten.

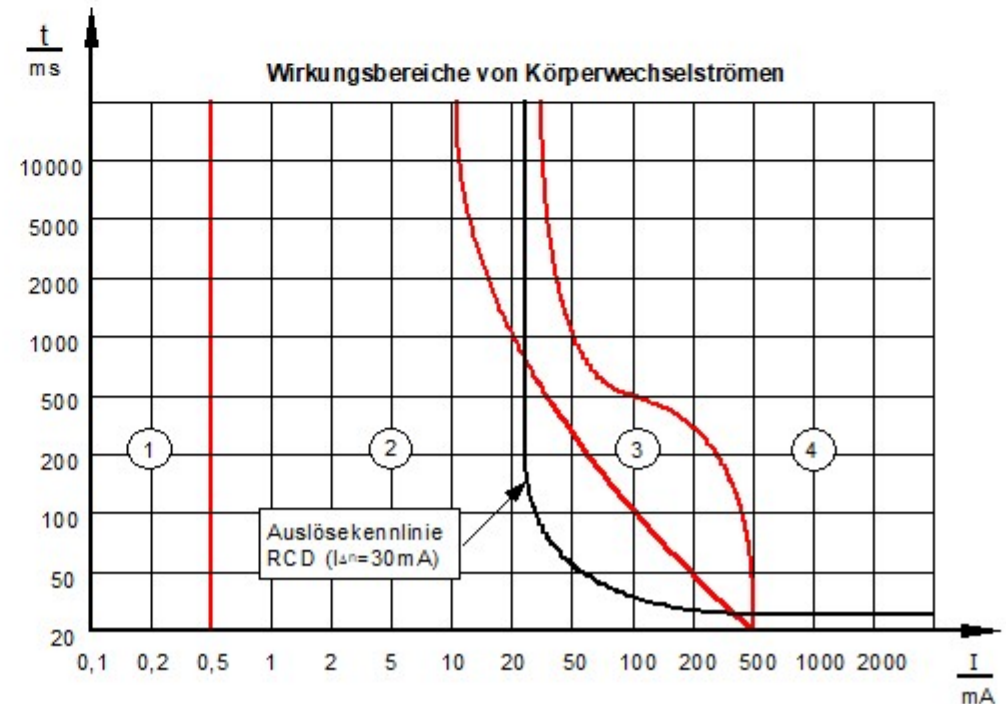
Bei der Erstprüfung von ortsfesten Anlagen nach DIN VDE 0100-610 ist die Messung der Abschaltzeit nicht zwingend notwendig.



Überträgt man die mittlere Abschaltkennlinie eines Fehlerstromschutzschalters in das Diagramm der Körperwechselströme, ist zu erkennen, dass innerhalb des Auslösebereichs (bis 300 ms bei einem unverzögerten RCCB) die Abschaltung im Bereich 2 erfolgt. Hierbei sind keine schädigenden Wirkungen für den menschlichen Organismus zu erwarten.

- Bereich 1: normalerweise keine Einwirkungen wahrnehmbar
- Bereich 2: normalerweise keine schädigenden Einwirkungen
- Bereich 3: Muskelverkrampfungen
- Bereich 4: Gefahr des Herzkammerflimmerns

Damit diese wichtige Schutzfunktion für den menschlichen Organismus auch garantiert werden kann, muss die mechanische Funktion des Fehlerstromschutzschalters durch Betätigen der Prüftaste realisiert werden. Auf Baustellen arbeitstäglich, in stationären Anlagen alle 6 Monate. Durch das Betätigen der Prüftaste und dem Auslösen des Schalters ist aber keine Aussage über die Sicherheit der elektrischen



Schutz des Fehlerstromschutzschalters:

Fehlerstromschutzschalter erkennen die Fehlerfälle Überlast und Kurzschluss nicht und müssen deshalb von Überstromschutzorganen geschützt werden. Darüber hinaus muss aufgrund der einem RCCB nachgeschalteten Leitungsschutzschalter bestimmt werden, wie hoch der Bemessungsstrom des Fehlerstromschutzschalters ist. Dazu dürfen Gleichzeitigkeitsfaktoren berücksichtigt werden:

2 und 3 Stromkreise:	Gleichzeitigkeitsfaktor: 0,8
4 und 5 Stromkreise:	Gleichzeitigkeitsfaktor: 0,7
6 bis 9 Stromkreise:	Gleichzeitigkeitsfaktor: 0,6
10 und mehr Stromkr.	Gleichzeitigkeitsfaktor: 0,5

Im nebenstehenden Fall sind an den Außenleiter L1 4 Stromkreise angeschlossen. Somit beträgt der Gleichzeitigkeitsfaktor 0,7. Die Summe der Bemessungsströme beträgt an diesem Außenleiter $13\text{A} + 13\text{A} + 13\text{A} + 16\text{A} = 55\text{A}$. Multipliziert mit dem Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,7 ergibt sich ein Strom von 38,5 A. Am Außenleiter L2 ist nach der gleichen Rechnung ein Strom von 38,5A und am Außenleiter L3 ein Strom von 40 A zu erwarten. Somit wäre ein Fehlerstromschutzschalter mit dem Bemessungsstrom von 40 A ausreichend.

Unerwünschte Auslösungen von Fehlerstromschutzschaltern:

Gelegentlich lösen Fehlerstromschutzschalter vermeindlich grundlos aus. Die angeschlossenen Geräte sind in Ordnung. Zwar können solche Fehlauslösungen durch Überspannungen (z.B. Gewitter) oder Ableitströmen entstehen, aber Ursachen sind häufig Installationsfehler. Sie werden entweder beim nachträglichen Einbau von RCCBs oder bei Installationserweiterungen entdeckt.

So dürfen z.B. im Netz mit mehreren Fehlerstromschutzschaltern die abgehenden Neutralleiter nicht miteinander verbunden werden, weil dies zur unkontrollierten Auslösung eines oder mehrerer Schalter führt. Ebenso kann ein Vertauschen der vom Schalter abgehenden Neutralleiter zum fehlerhaften Ausschalten führen.

Verbraucher können z.B. über Fehlerstromschutzschalter betrieben werden, auch wenn für den Betrieb kein Neutralleiter notwendig ist (z.B. Drehstrommotoren). Wird an diesem Motor nachträglich ein Betriebsmittel für 230 V benötigt, z.B. ein Lüfter, darf er nicht an einen Außenleiter des Motors und dem nachgezogenen Neutralleiter angeschlossen werden, da dieses auch zu Fehlauslösungen führt.

