

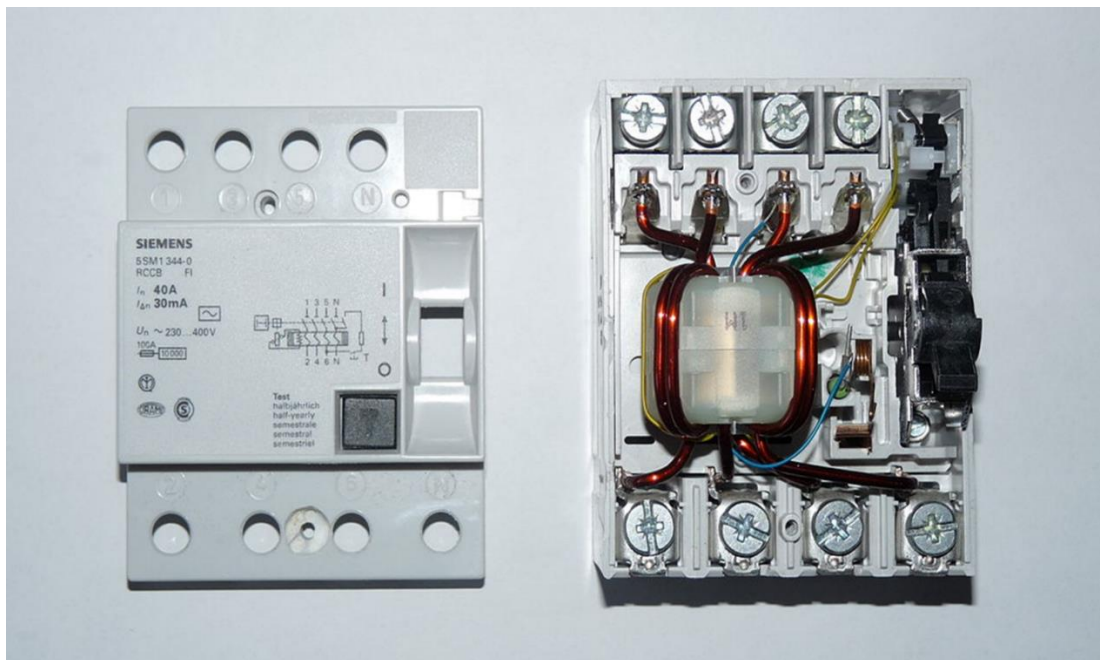
Fehlerstromschutzschalter

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen jeder Bauform schalten bei gefährlich hohen Fehlerströmen gegen Erde die Spannung ab und tragen so zur Reduzierung lebensgefährlicher Stromunfälle in Niederspannungsnetzen maßgeblich bei.

Typische Angaben und Merkmale eines RCD's:



- Hersteller und Herstellerbezeichnung
- Stromstoßfestigkeit in [A], z.B. 3000 A
- (Nenn-) Bemessungsstrom I_N in [A]
- Typ: A, AC, B (Zusätze: G, S)
- (Nenn-) Bemessungsfehlerstrom $I_{\Delta N}$ in [mA]
- Schaltbild in aufgelöster Darstellung
- Klemmenbezeichnung der Lastkontakte mit festgelegter Zuordnung des Neutralleiters
- Schalthebel
- Prüftaste ($1 \times I_{\Delta N}$)
- Sichtfenster für die Signalisierung der Auslösung / Abschaltung



Funktionsweise

Durch den Anschluss aller aktiven Leiter an den RCD, welche die betriebsmäßigen Ströme des zu schützenden Stromkreises führen, werden im Summenstromwandler Magnetfelder erzeugt, die sich im fehlerfreien Zustand gegenseitig aufheben.

Aktive Leiter im Wechselstromkreis sind der Außenleiter [L] und der Neutraleiter [N]. Im Drehstromkreis alle drei Außenleiter [L1, L2, L3] und der Neutraleiter [N].

Daher sind derartige RCDs zwei- oder vierpolig aufgebaut.

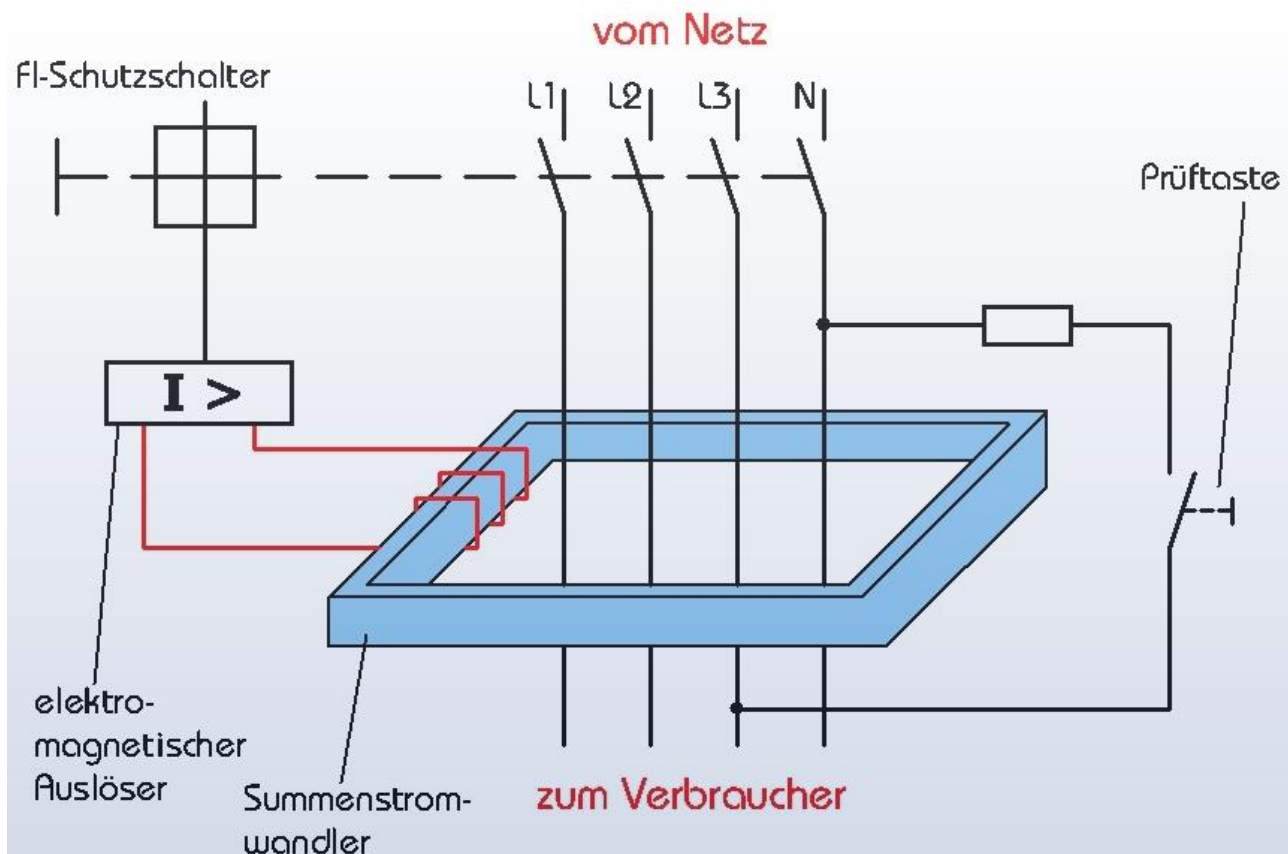
Der Neutraleiter muss immer an die entsprechend gekennzeichnete Klemme angeschlossen werden, da sonst die Prüf-Impedanz nicht funktioniert oder beschädigt werden kann.

Wird im Fehlerfall ein Strom am RCD vorbeigeführt, z.B. der Außenleiter hat eine leitfähige Verbindung zum Schutzleiter, dann ist die Summe der Ströme nicht mehr Null. Die Magnetfelddifferenz im Summenstromwandler erzeugt in der Sekundärwicklung eine Spannung. Diese Spannung liegt an der Auslösespule an.

Ist die resultierende Stromstärke hoch genug (z.B. $I_F \geq 30\text{mA}$), dann bestätigt das Magnetfeld in der Auslösespule die mechanische Auslösung des Schaltschlusses.

Das Schaltschloss ist mittels Federkraft (Betätigung beim Einschalten) vorgespannt und ist mit geringem mechanischem Aufwand auslösbar (Magnetfeld der Auslösespule).

Prinzipieller Innenaufbau eines RCCB's



Verschiedene Bauarten - Begriffsbestimmungen

- **RCD:** Residual Current Device – **Oberbegriff Fehlerstromschutzschalter**
- **RCCB:** Residual Current operated Circuit Breaker without over current protection – **Klassischer Fehlerstromschutzschalter**
- **RCBO:** Residual Current operated circuit Breaker with integral Over current protection – **Fehlerstromschutzschalter mit eingebauter Überstromschutzeinrichtung (FI/LS Automat)**
- **SRCD:** Socket outlet with Residual Current operated Device – Steckdose mit integriertem RCCB (Bauteil für den Einbau in Steckdosen)
- **PRCD:** Portable Residual Current operated Device – **Ortsveränderlicher FI-Schalter**

Anmerkung: Umgangssprachlich wird sehr oft von einem „RCD“ gesprochen, obwohl ein „RCCB“ gemeint ist. Der Begriff „RCD“ ist der Sammelbegriff für den Fehlerstromschutzschalter. „RCD“ soll aber nicht verwechselt werden mit dem „RCBO“, welcher eine Kombination aus „FI-Schalter“ und „LS-Automat“ ist.

Schutzziele

Im Allgemeinen ist der RCCB Teil des Schutzkonzeptes „Schutz gegen elektrischen Schlag in Anlagen nach EN 61140, bzw. DIN VDE 0100 – 410“ und soll die automatische Abschaltung im Fehlerfall gewährleisten.

Es gibt 3 Schutzziele:

- Zusätzlicher Schutz zum Basisschutz und / oder Fehlerschutz mit $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$
- Fehlerschutz auch mit $I_{\Delta N} > 30 \text{ mA}$
- Schutz vor elektrisch gezündeten Bränden mit $I_{\Delta N} \leq 300 \text{ mA}$

Bemessungsfehlerströme:

Für den generellen Gebrauch in Endkundenanlagen (Bsp. Wohnungsbau) kann man die verschiedenen Bemessungsfehlerströme der RCDs in zwei Bereiche aufteilen:

Mittlere Empfindlichkeit: 500mA / 300mA / 100mA

Hohe Empfindlichkeit: 30mA / 10mA

Nennstromstärken:

16A, 25A, 40A, 63A, 80A. Über zwei Hutschienen: 100A, 160A.



Verschiedene RCD-Ausführungen

	RCD vom Typ A zum Schutz bei Wechsel- und Pulsfehlerströmen der Netzfrequenz
	RCD vom Typ F zum Schutz bei Wechsel- und Pulsfehlerströmen der Netzfrequenz und bei Fehlerströmen mit Mischfrequenzen abweichend von der Netzfrequenz
	RCD vom Typ B zum Schutz bei Wechsel- und Pulsfehlerströmen der Netzfrequenz sowie glatten Gleich- und Wechselfehlerströmen bis mindestens 1 kHz
	RCD vom Typ B+ für den gehobenen vorbeugenden Brandschutz zum Schutz bei Wechsel- und Pulsfehlerströmen der Netzfrequenz sowie glatten Gleich- und Wechselfehlerströmen bis 20 kHz

Unterscheidung nach DIN VDE 0100 – 530 (531.3.1 & 531.3.2):

RCD Typ AC (wechselstromsensitiv):

- zum Schutz bei sinusförmigen Wechselfehlerströmen
- **!!!** In Deutschland nicht mehr zugelassen (seit 1986) **!!!**

RCD Typ A (pulsstromsensitiv):

- zum Schutz bei
 - sinusförmigen Wechselfehlerströmen (Netzfrequenz)
 - und bei pulsierenden Gleichfehlerströmen (Netzfrequenz)
- ein Gleichstromfehleranteil von 6 mA darf nicht überschritten werden (Sättigung des Eisenkerns, Gefahr des Nichtauslösens)

RCD Typ F (frequenzsensitiv):

- zum Schutz von Stromkreisen mit Mischfrequenzen abweichend von 50 Hz
- nicht für glatte Gleichfehlerströme geeignet!!!

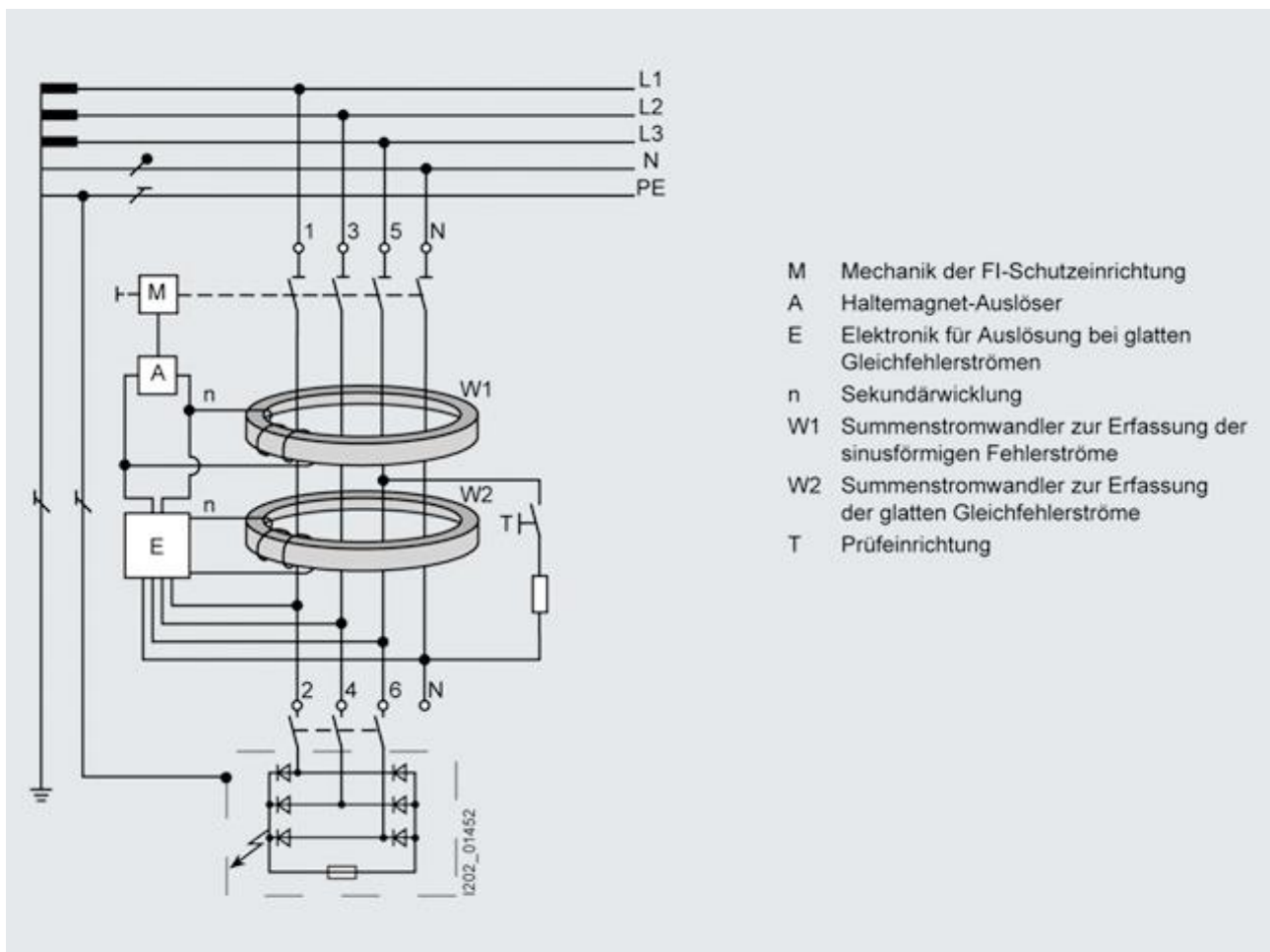


RCD Typ B (allstromsensitiv):

- zum Schutz bei
 - sinusförmigen Wechselfehlerströmen
 - und pulsierenden Gleichfehlerströmen bis mindestens 1kHz
 - glatten Gleichfehlerströmen
- zwingender Einsatz bei für Typ A unverträglichen Gleichfehlerstromanteil

RCD Typ B+:

- wie Typ B, jedoch erhöhter Frequenzbereich bis 20kHz (mit Angabe des Herstellers) für z.B. Frequenzumformer- und / Wechselrichteranlagen
- für den gehobenen vorbeugenden Brandschutz

Prinzip-Schaltbild RCD Typ B oder B+

Auslöseverhalten

Abschaltzeiten gemäß DIN VDE 0664:

Ausführung	Fehlerstromart	Abschaltzeiten bei			
	Wechselfehlerströme	$1 \times I_{\Delta N}$	$2 \times I_{\Delta N}$	$5 \times I_{\Delta N}$	500 A
	puls. Gleichfehlerströme	$1,4 \times I_{\Delta N}$	$2 \times 1,4 \times I_{\Delta N}$	$5 \times 1,4 \times I_{\Delta N}$	500 A
	glatte Gleichfehlerströme	$2 \times I_{\Delta N}$	$2 \times 2 \times I_{\Delta N}$	$5 \times 2 \times I_{\Delta N}$	500 A
Standard (unverzögert) bzw. kurzzeitverzögert		max. 0,3 s	max. 0,15 s	max. 0,04 s	max. 0,04 s
selektiv 		0,13-0,5 s	0,06-0,2 s	0,05-0,15 s	0,04-0,15 s

Anmerkung: Diese Abschaltzeiten müssen auch bei der RCD-Messung nach DIN VDE 0100 – 600 eingehalten werden.

Unerwünschtes Auslösen von Fehlerstromschutzeinrichtungen

- kurzzeitverzögerte RCD's sind mehr als zehnmal unempfindlicher gegenüber unerwünschten Auslösungen als unverzögerte Geräte
- Selektive Geräte sind noch unempfindlicher als kurzzeitverzögerte Typen. Jedoch können diese nicht mit Bemessungsfehlerströmen kleiner als 100 mA hergestellt werden! Sie bieten deshalb keinen Schutz bei direktem Berühren.
- In den Produktnormen DIN EN 61008 / 61009 (VDE 0664- 10 / -20) wird nur unterschieden allgemeinen (unverzögerten) und selektiven (verzögerten) Typen
- Die kurzzeitverzögerten Typen fallen unter die allgemeinen Typen, da sie die maximal zulässigen Abschaltzeiten der allgemeinen Typen einhalten.
- Die Abschaltzeiten dieser Geräte sind bei hohen Strömen $\geq 5 I_{\Delta N}$ um ca. 10 ms gegenüber den Standardgeräten verzögert.



Selektivität von Fehlerstromschutzschaltern

Die Auslösung von FI-Schutzeinrichtung ist nach VDE 0664-10/-20 (IEC/EN 61008/9) in 2 Typen unterteilt, abhängig von der Verzögerungszeit, die beim Auftreten von Fehlerströmen zugelassen ist:

- FI-Schutzeinrichtung ohne Zeitverzögerung: **Standardtyp**

In den Produktnormen sind die Abschaltzeiten in Abhängigkeit von der Höhe und Art des Fehlerstromes definiert.

Kurzzeitverzögerte Ausführungen sind normativ nicht beschrieben, deshalb gelten für diese Ausführungen die Grenzen der Standardausführungen.

- FI-Schutzeinrichtung mit Zeitverzögerung: **Selektiver Typ** S

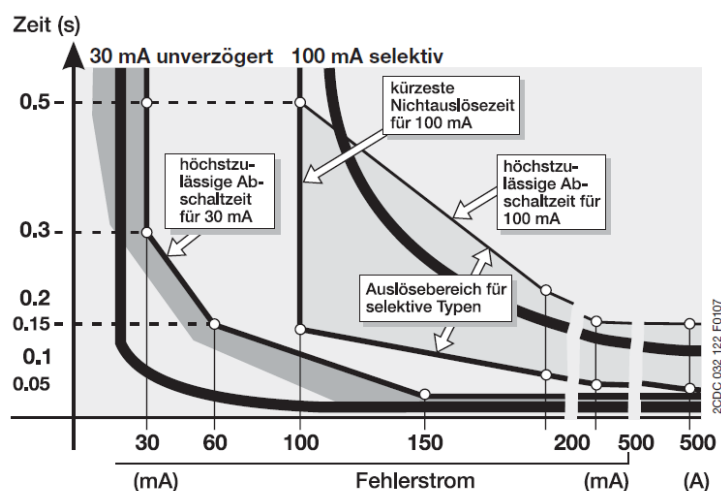
Diese FI-Schutzeinrichtung sind so gebaut, dass sie einen vordefinierten Grenzwert für die Nichtauslösezeit einhalten, der sich auf den Bemessungswert des Fehlerstromes bezieht.

Anwendung von selektiven FI-Schutzeinrichtungen

- Der Einsatz einer FI-Schutzeinrichtung vorgeschaltet zu einer anderen FI-Schutzeinrichtung wird oft mit den Begriffen Abgrenzung oder „Selektivität“ bezeichnet.
- Der Zweck dieser Abgrenzung ist die Sicherstellung, dass im Fehlerfall nur die FI-Schutzeinrichtung, die den untergeordneten (End-)Stromkreis schützt, auslöst und nicht auch die vorgeschaltete FI-Schutzeinrichtung, solange der Fehlerstrom eine bestimmte Zeit nicht überschreitet.

Strom-Zeit-Kurven

Die Strom-Zeit-Kurve einer allgemeinen unverzögerten FI-Schutzeinrichtung mit 30 mA und einer selektiven FI-Schutz-einrichtung mit 100 mA. Die Kurven mit der höchstzulässigen Abschaltzeit des unverzögerten FI-Schutzschalters (30 mA) und der kürzesten Nichtauslösezeit des selektiven FI-Schutzschalters (100 mA) S dürfen sich nicht überschneiden oder berühren.



Selektivität

Um eine „Selektivität“ zwischen zwei RCDs zu erreichen, müssen zwei Bedingungen erfüllt sein:

- Teilselektivität (partielle Selektivität)
- Totale Selektivität

Teilselektivität (amperometrische oder partielle Selektivität in Bezug auf Auslöseempfindlichkeit):

Selektivität kann geschaffen werden, indem schwach sensitive Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen vor- und stärker sensitive Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen nachgeschaltet werden.

Eine unerlässliche Bedingung für die Herstellung einer selektiven Koordination ist, dass $I_{\Delta 1}$ der vorgeschalteten Schutz-einrichtung („Haupt-FI“) mehr als doppelt so hoch ist wie $I_{\Delta 2}$ der nachgeschalteten Schutzeinrichtung.

Die Faustregel für eine Teilselektivität ist $I_{\Delta N}$ des vorgeschalteten Schutzschalters = 3 x $I_{\Delta N}$ des nachgeschalteten Schutzschalters (z.B. F 204, Typ A, 300 mA vorgeschaltet; F 202, Typ A, 100 mA nachgeschaltet).

In diesem Fall ist die Selektivität partiell und nur der nachgeschaltete Schutzschalter löst bei einem Fehlerstrom $I_{\Delta m}$ aus. ($I_{\Delta m} \geq I_{\Delta 2}$; $I_{\Delta m} \leq 0,5 \cdot I_{\Delta 1}$).

Anmerkung: In der Veranstaltungstechnik kommt es oft zur unabsichtlichen Abschaltung von Stromanschlüssen, wenn 2 RCD's mit identischen Nennfehlerströmen unabsichtlich hintereinandergeschaltet sind (z.B. Dimmer mit eingebautem RCD; betrieben an RCD-abgesichertem CEE-Anschluss).

Totale Selektivität (Chronometrische Selektivität)

Für eine totale Selektivität müssen verzögerte oder selektive Fehlerstrom-Schutzschalter installiert werden.

Die Auslösezeiten der beiden in Reihe geschalteten Geräte müssen so koordiniert sein, dass die höchstzulässige Abschaltzeit t_2 des nachgeschalteten Schutzschalters für sämtliche Stromwerte geringer ist als die kürzeste Nichtauslösezeit t_1 der vorgeschalteten Schutzeinrichtung.

Auf diese Art öffnet der nachgeschaltete Schutzschalter vor dem vorgeschalteten Schutzschalter.

Um eine totale Selektivität gewährleisten zu können muss $I_{\Delta 1}$ mehr als doppelt so hoch sein wie $I_{\Delta 2}$ des nachgeschalteten Schutzschalters (siehe oben) also beispielsweise 300 mA und 30 mA.

Aus Sicherheitsgründen muss die Auslöseverzögerung der vorgeschalteten FI-Schutzeinrichtung immer unter der Sicherheitskurve für schädliche physiologische Effekte beim Menschen liegen.

Die generelle Regel, um eine totale Selektivität sicher zu stellen, basiert auf zwei Bedingungen, die erfüllt werden müssen:

- die kürzeste Nichtauslösezeit der vorgeschalteten FI-Schutzeinrichtung muss höher sein als die höchstzulässige Auslösezeit der nachgeschalteten FI-Schutzeinrichtung
- der Bemessungsfehlerstrom der vorgeschalteten FI-Schutzeinrichtung muss mindestens 3mal so groß wie der der nachgeschalteten FI-Schutzeinrichtung sein.



	Vorgeschaltet $I_{\Delta n}$ [mA]	10	30	100	300	300	500	500	1000	1000
Nachgeschaltet $I_{\Delta n}$ [mA]		unverz.	unverz.	unverz.	unverz.	selekt.	unverz.	selekt.	unverz.	selekt.
10	unverz.		■	■	■	■	■	■	■	■
30	unverz.			■	■	■	■	■	■	■
100	unverz.				■	■	■	■	■	■
300	unverz.								■	■
300	selekt.								■	■
500	unverz.									
500	selekt.									
1000	unverz.									
1000	selekt.									

unverz. = unverzögert, selekt. = selektiv, ■ = amperometische (partielle) Selektivität, ■ = chronometrische (totale) Selektivität

Fragen:

- Darf ein nicht verzögerter einem verzögerten mit selbem Auslösenennstrom vorgeschalten werden? UV -> RCD [S] -> RCD -> Geräte

Nein, weil die Bemessungsfehlerströme gleich groß sind → keine Selektivität

- Wieso dürfen empfindlichere nicht einem weniger empfindlichen RCD vorgeschalten werden? UV -> RCD B -> RCD F -> Geräte

Die empfindlicheren, vorgeschalteten RCD's lösen früher aus. Es muss aber genau andersrum sein: Der nachgeschaltete RCD muss erst auslösen, sonst liegt keine Selektivität vor. In vorliegendem Beispiel löst der Typ B bei Gleichfehlerströmen aus. Typ F erkennt Gleichfehlerströme nicht, ... und soll es auch nicht. Typ F dahinter ist nutzlos.

- Und die Kombination aus allem? Ist eine solche Schaltung zulässig und möglich? UV -> RCD B[S] 300mA -> RCD B 300mA --> RCD B 100mA --> RCD F 30mA

In erster Linie geht es um das Erreichen von Schutzzielen, was man durch gezieltes Verwenden von RCD's erreichen kann. 4 RCD's hintereinander erhöhen die Wahrscheinlichkeit einer unabsichtlichen Auslösung (Funktionssicherheit). Außerdem haben die ersten beiden RCD's (ab der UV) denselben Bemessungsfehlerstrom → keine Selektivität