

1 Allgemeines

Um den Personen- und Brandschutz zu gewährleisten, werden seit den 1970er Jahren erfolgreich Fehlerstromschutzeinrichtungen eingesetzt.

FI-Schutzeinrichtungen werden in der Fachliteratur als **RCD** bezeichnet. Unterschieden wird gemäss internationaler Übereinkunft zwischen einem Fehlerstromschutzschalter mit integriertem Überstromschutz (RCBO) und einem Fehlerstromschutzschalter ohne integrierten Überstromschutz (RCCB).

Tabelle 1: RCD-Terminologie

RCD	Residual current operated device	FI-Schutzeinrichtung
RCCB	Residual current operated circuit-breaker	FI-Schutzschalter
RCBO	Residual current operated circuit-breaker with overcurrent protection	FI-Schutzschalter mit integrierter Überstromauslösung (FI/LS)
RCU	Residual current unit	FI-Auslöser (FI-Block)
CBR	Circuit-breaker residual current operated device	Leistungsschalter mit FI
SRCD	Socket outlet RCD	Steckdose mit FI
PRCD	Portable RCD	Ortsveränderlicher FI
RCM	Residual current monitor	Differenzstrom-Überwachungsgerät

RCD's müssen mittels dauerhafter Beschriftung eindeutig identifizierbar sein. Im folgenden Beispiel handelt es sich um einen RCD Typ A (pulsstromsensitiv). Neben der Firmen- und Typenkennzeichnung müssen auf dem RCD folgende Aufschriften enthalten sein:



- Bemessungsspannung U_n mit dem Zeichen der Spannungsart
- Bemessungsstrom I_n
- Bemessungsfehlerstrom $I_{\Delta n}$
- Bemessungsschaltvermögen in kA
- Kennzeichen, wenn der RCD selektiv arbeitet
- Schutzgrad, wenn dieser von IP20 abweicht
- Kennzeichen für Verwendungsart bei spannungsabhängigen Typen
- Auslösecharakteristik
- Umgebungstemperatur (wenn diese von der normalen Betriebstemperatur abweicht).

Abb. 1: FI-Schutzschalter Typ A

2 Vorschriften

Nach NIN 2015 sind in genullten Netzen FI-Schutzvorrichtungen für sämtliche Steckdosen in Wohnungen vorgeschrieben (also nicht nur fürs Badezimmer und den Balkon).

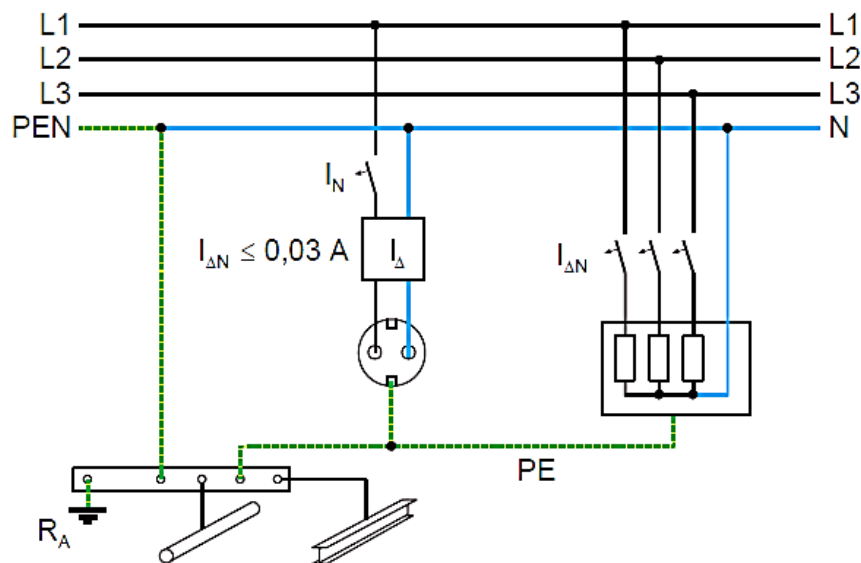


Abb. 2: Zusätzlicher Personenschutz durch FI-Schutzeinrichtung in genullten Netzen

In der NIN 2015 wird eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung vom Typ B gefordert, sobald elektrische Betriebsmittel glatte Gleichfehlerströme erzeugen können.

5.3.1.3.1 Allgemein

Den Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen des Typs B dürfen Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen des Typ A nicht vorgeschaltet werden.

5.3.1.3.2 Allgemein

Wenn Teile elektrischer Betriebsmittel, die auf der Lastseite einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung fest errichtet werden, Gleichfehlerströme erzeugen können, muss die Fehlerstrom-Schutzeinrichtung vom Typ B sein.

7.10.4.1.1.1 Medizinisch genutzte Räume

In medizinisch genutzten Bereichen der Gruppe 1 und Gruppe 2, in denen RCDs gefordert werden, sind nur solche vom Typ A oder Typ B, abhängig von dem möglichen entstehenden Fehlerstrom, auszuwählen.

7.12.4.1.1.3.2 PV-Anlagen

Wo eine elektrische Anlage ein PV-Stromversorgungssystem enthält, das nicht mindestens einfache Trennung zwischen der Wechsel- und der Gleichspannungsseite vorsieht, muss eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung mit einem Bemessungsdifferenzstrom $\leq 30 \text{ mA}$ Typ B vorgeschaltet werden.

7.22.5.3.1.101 Stromversorgung von Elektrofahrzeugen

Die Fehlerstrom-Schutzeinrichtung des Anschlusspunktes muss mindestens von Typ A sein. Handelt es sich um eine mehrphasige Speisung des Elektrofahrzeuges und ist die Charakteristik der Last nicht bekannt, müssen Massnahmen gegen Gleichfehlerströme getroffen werden, z.B. durch Verwendung einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung vom Typ B.

Tabelle 2: Beispiele für Phasenanschnitt- und Gleichrichterschaltungen.

B	A	AC	Schaltung	Laststrom	Fehlerstrom		
			1 				
			2 				
			3 				
					4 		
					5 		
					6 		
					7 		
					8 		
					9 		
					10 		

3 Messprinzip von Fehlerstromschutzeinrichtungen

Bekanntlich ist nach dem 1. Kirchhoff'schen Gesetz die Summe aller Ströme in einem Knotenpunkt gleich Null (zu- und abliessende Ströme sind gleich gross).

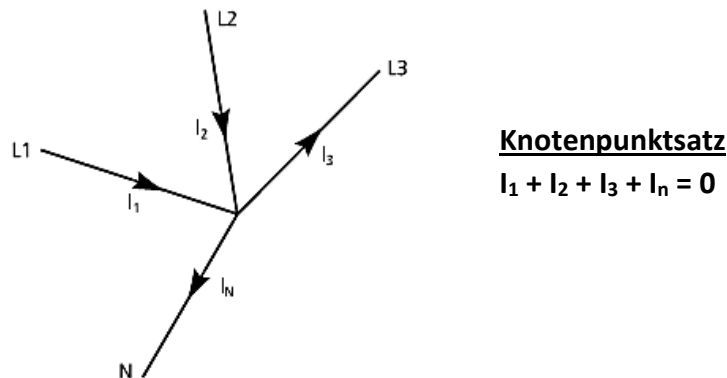


Abb. 3: Ströme in einem Knotenpunkt

FI-Schutzeinrichtungen machen von dieser physikalischen Gesetzmässigkeit Gebrauch. Ist die resultierende Stromsumme Null, erfolgt keine Auslösung. Bei einer Differenz dagegen spricht die Schutzeinrichtung an. Ein über den Schutzleiter oder die Erde abfliessender Fehlerstrom $I_{\Delta N}$ induziert im Summenstromwandler einen magnetischen Fluss, der eine Abschaltung des defekten Anlageteils resp. Betriebsmittels zur Folge hat.

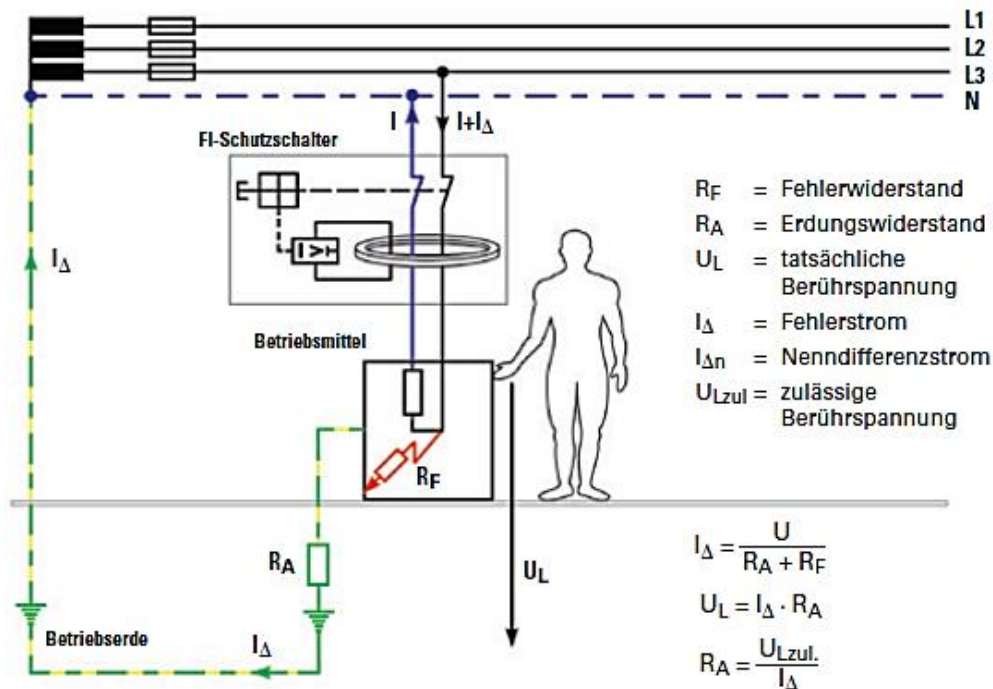


Abb. 4: Messprinzip eines konventionellen FI-Schutzschalters

Fehlerhafte Isolationen von elektrischen Betriebsmitteln und/oder unterbrochene oder fehlende Schutzleiter führen oft zu gefährlichen Konstellationen. Für Personen wirkt sich eine Berührungsspannung von über 50 Volt A.C. meist fatal aus. Durch den Einsatz hochempfindlicher RCD's mit einem Bemessungsfehlerstrom von 30 mA wird bereits ein wirksamer Personenschutz erzielt. Durch den Einsatz von RCD's mit einem Bemessungsfehlerstrom von 300 mA wird ein wirksamer Brandschutz erzielt.

4 RCD-Einteilung nach Fehlerstromart

Der veraltete RCD-Typ AC eignete sich nur für sinusförmige Fehlerströme. Bei Überlagerung mit Gleichstrom kommt es infolge der magnetischen Sättigung im Kern des Stromwandlers zu keiner Auslösung. Deswegen ist dieser Typ in Europa seit 1985 nicht länger zugelassen.

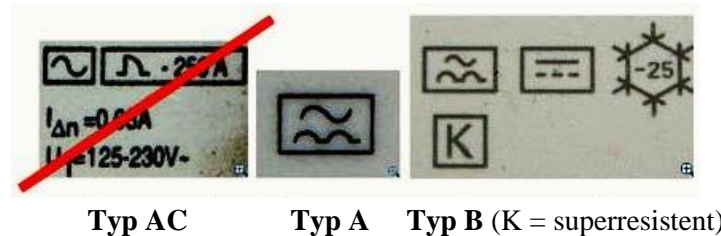


Abb. 5: Beispiele von RCD-Gerätebezeichnungen nach IEC 755

Im Handel erhältlich sind heute vier Grundtypen von Fehlerstromschutzeinrichtungen (A, B, B+ und F), die sich durch die Signalform des auslösenden Fehlerstroms unterscheiden.

4.1 Typ A (pulsstromsensitiv)

Erfasst werden sowohl rein sinusförmige Wechselströme als auch pulsierende Gleichfehlerströme, wie sie bspw. in Netzgeräten vorkommen können. Die zusätzliche Empfindlichkeit wird durch spezielle Magnetwerkstoffe für die eingesetzten Ringbandkerne erreicht. Pulsstromsensitive RCD's arbeiten netzspannungsunabhängig.

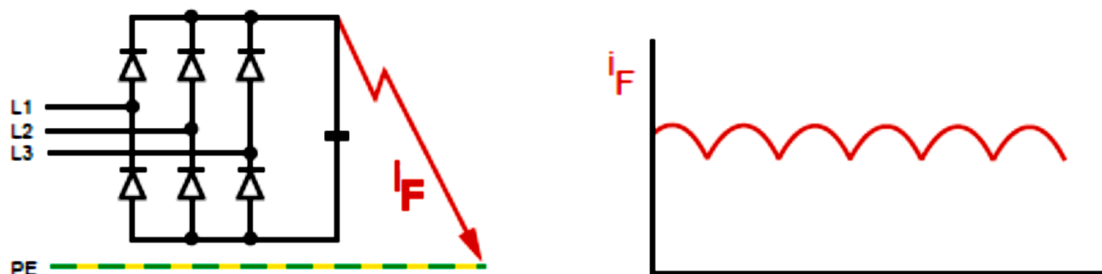


Abb. 6: Fehlerstrom aus einer sechspulsigen Gleichrichterbrücke

4.2 Typ B (allstromsensitiv)

Erfasst werden ausser sinusförmigen Wechselströmen und pulsierenden Gleichströmen auch ge- glättete Gleichströme. Dazu enthalten diese Geräte einen zweiten Summenstromwandler und eine Elektronikeinheit. Die Überwachung auf Gleichfehlerströme erfordert eine Stromversorgung und ist somit netzspannungsabhängig. Der wechsel- bzw. pulsstromsensitive Geräteteil ist davon nicht betroffen und somit netzspannungsunabhängig.

Anwendungen: Baustellenverteiler, CEE-Steckdosenkombinationen, Aufzüge, Krananlagen, Lüftungs- und Klimaanlage, Heizungsanlagen, Pumpensteuerungen, Photovoltaik- und Biogasanlagen, Röntengeräte, Landwirtschaftliche und feuergefährdete Betriebsstätten.

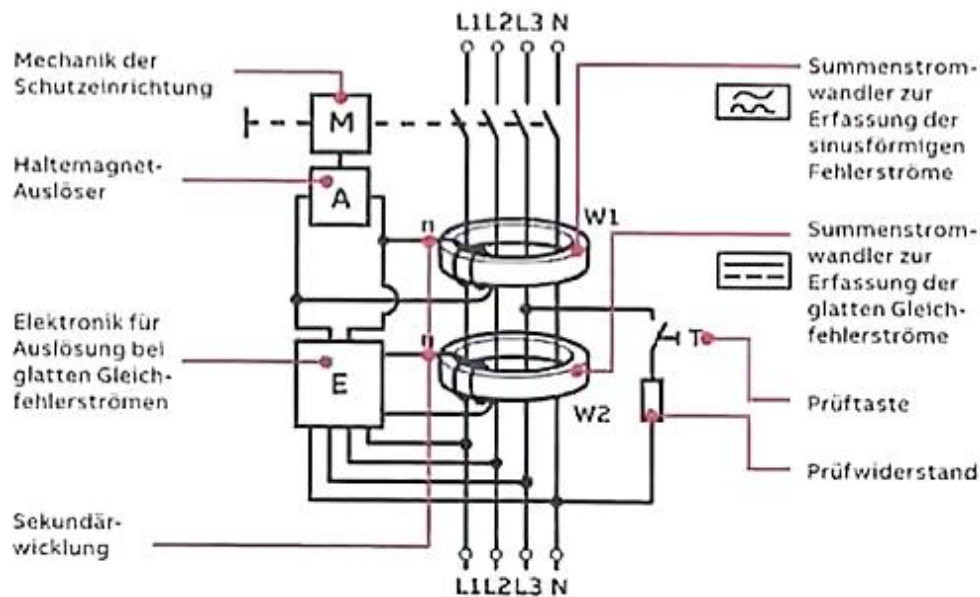


Abb 7: RCD Typ B mit zwei Summenstromwandlern

Zur Erfassung von "glatten Gleichfehlerströmen" ist eine Spannungsversorgung der integrierten Elektronik aus dem zu überwachten Stromkreis erforderlich. Der obere Wandler entspricht dem auch bei Typ A vorkommenden und ist netzunabhängig.¹

Ausser sinusförmigen und pulsierenden Fehlerströmen erfasst der RCD Typ B auch "glatte Gleichfehlerströme" wie sie bspw. bei Frequenzumrichtern vorkommen können.

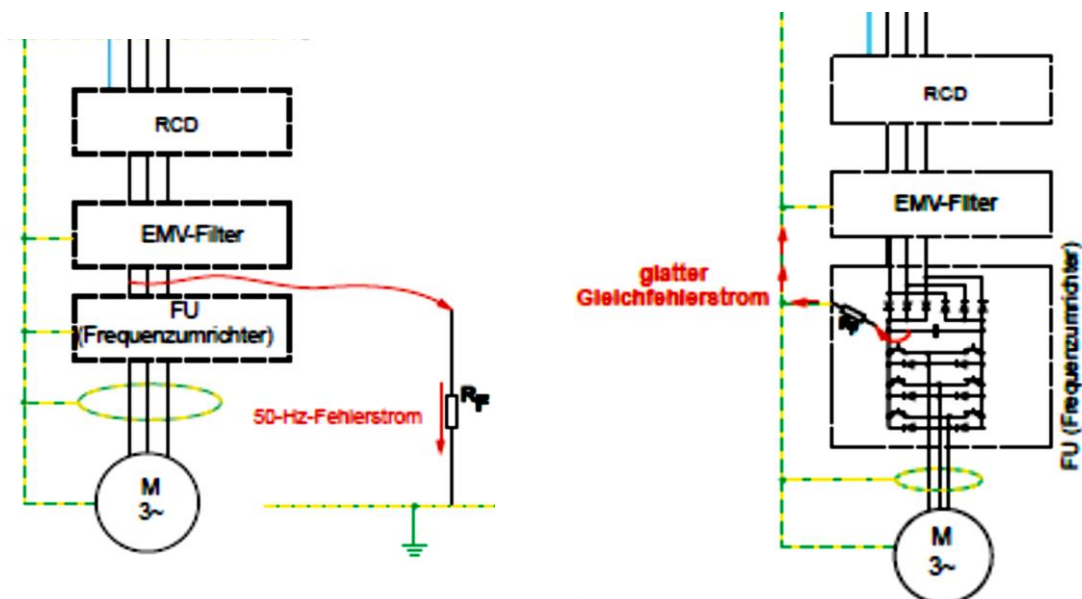


Abb. 8: Frequenzumrichter mit allstromsensitiver FI-Schutz einrichtung

4.3 Typ B+ (allstromsensitiv mit erhöhten Anforderungen)

FI-Schutz einrichtungen vom Typ B+ wurden 2009 normativ eingeführt. Bei der Kennzeichnung kommt das kHz-Zeichen hinzu. Gemäss Definition müssen Fehlerströme im Bereich zwischen 1 und 20 kHz spätestens bei 420 mA zu einer Abschaltung führen. Dabei ist es unerheblich, ob der

¹ <https://www.youtube.com/watch?v=VN6G7gcsWu8>

Bemessungsdifferenzstrom 30, 100 oder 300 mA beträgt.



Abb. 9: RCD Typ B NK

FI-Schutzschalter für feuergefährdete Betriebsstätten **Typ B NK**

Spezifikationen:

- pulsstromsensitiv
- mischfrequenzsensitiv
- reduzierte Störanfälligkeit
- gewitterfest

Der von Doepke stammende Typ B NK mit einer konventionellen Obergrenze von 300 mA bis 100 kHz eignet sich zudem für einen erhöhten Brandschutz.

4.4 Typ F (mischfrequenzsensitiv ohne Gleichfehlerstrom)

Erfasst werden ausser sinusförmigen Wechselströmen und pulsierenden Gleichströmen auch Fehlerströme, die aus einem Frequenzgemisch bis 1 kHz bestehen (wobei der Hauptanteil immer 50 Hz beträgt). Damit sind auch oberwellenbehaftete Fehlerströme bei nichtlinearen Verbrauchern beherrschbar. Glatte Gleichfehlerströme können jedoch nicht erfasst werden.

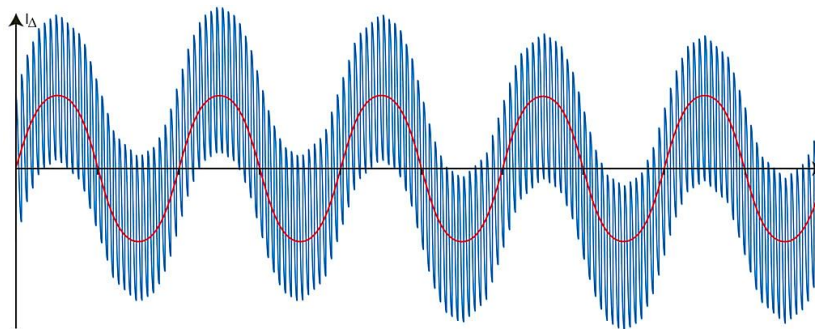


Abb. 10: Sinus mit überlagerten Frequenzanteilen

Diese Geräte besitzen eine kurzzeitverzögerte Auslösung und eine erhöhte Stoßstromfestigkeit.

Anwendungen: Waschmaschinen, Geschirrspüler, Heizungspumpen, Wärmepumpen, Inverter, Schweißgeräte usw.

5 RCD nach Auslöseverzögerung

FI-Schutzeinrichtungen werden auch nach ihrer Reaktionszeit im Fehlerfall unterschieden. Es gibt RCD's in unverzögerten, kurzzeitverzögerten und verzögerten (selektiven) Ausführungen.

5.1 Typ G (kurzzeitverzögert)

Ein österreichisches Spezifikum ist der Schutzschalter Typ G, bei dem eine integrierte Kurzzeitverzögerung eine unerwünschte Auslösung bei kurzzeitig auftretenden Überspannungen oder

bei Stoßströmen bis 3 kA verhindert. In Deutschland wird dieser RCD-Typ mit K bezeichnet.

5.2 Typ K (superresistent)

Bei elektrischen Verbrauchern, die beim Einschalten kurzzeitig hohe Ableitströme verursachen (z.B. Frequenzumrichter und Entstörkondensatoren) kann es zum unerwünschten Auslösen einer FI-Schutzeinrichtung kommen. Für derartige Anwendungen werden kurzzeitverzögerte RCD's Typ K mit 10 ms Verzugszeit eingesetzt. Superresistente RCD's weisen eine erhöhte Stoßstromfestigkeit von min. 3 kA auf.

5.3 Typ S (selektiv)

Um bei einer Reihenschaltung von FI-Schutzeinrichtungen die erwünschte Selektivität zu erreichen, müssen die eingesetzten Geräte sowohl in der Auslösezeit als auch im Fehlerstrombereich entsprechend bemessen sein.

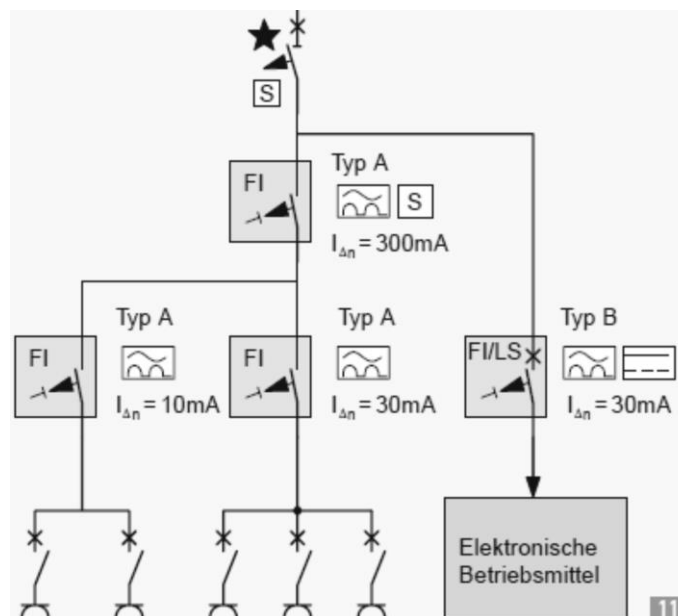


Abb. 11: Vorgeschalteter RCD mit Verzögerung

Selektive FI-Schutzschalter Typ S mit 40 ms Verzugszeit besitzen eine erhöhte Stoßstromfestigkeit von min. 5 kA. Der vorgeschalteten RCD ist immer ein S-Typ mit einem $I_{\Delta N}$ von min. $3 \times I_{\Delta N}$ des nachgeschalteten Schutzgerätes.

5.4 RCD-Prüfung

- Funktionsprüfung → FI-Schutzschalter müssen bei Betätigung der Prüftaste auslösen.
- Auslösefunktion → Mittels eines NIV-Prüfgerätes ist die Auslösung zu überprüfen.

6 Verweise

6.1 Literatur

- H.R. Ris, Elektrische Installationen und Apparate (Electrosuisse).
- Diverse Fachartikel von Siemens, ABB, Schrack, Doepke u.a.m.

6.2 Weblink

<https://www.elektrofachkraft.de/>

6.3 YouTube

Fehlerstromschutzschalter RCD Typ A Analyse.

https://www.youtube.com/watch?v=RA_Elf_y7TQ

RCD Typ "AC", "A" und "B": Der gefährliche Unterschied.

<https://www.youtube.com/watch?v=-29joK2zB5U>