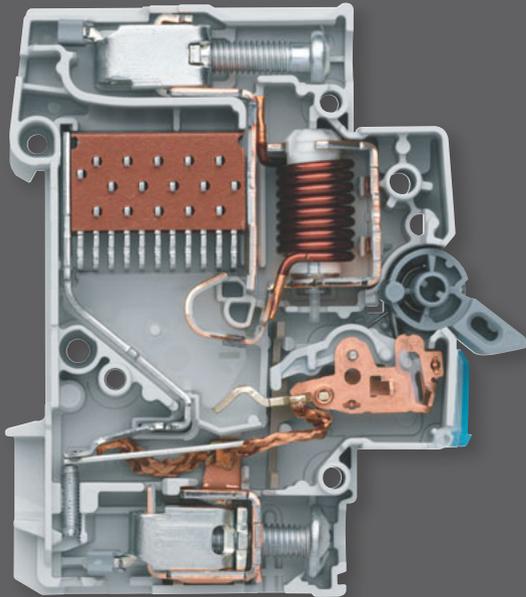


Technisches Handbuch

Grundlagen Schutz



:hager

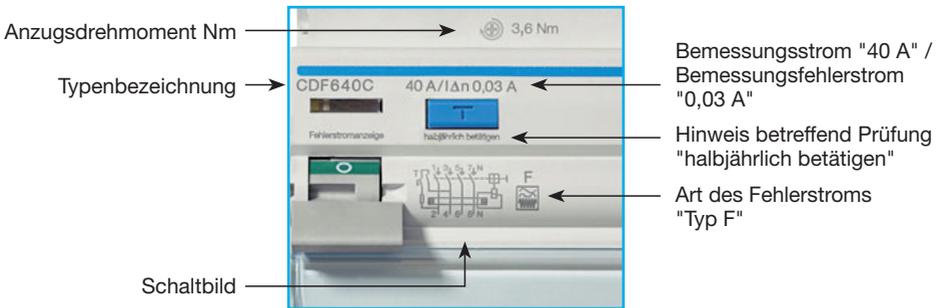
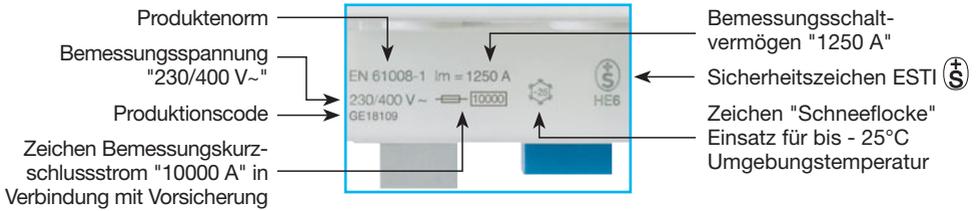
	Seite
1 Fehlerstromschutzschalter	2
1.1 Übersicht	4
1.2 Funktion	6
1.3 Dimensionierung / Planung	8
1.4 Normative Verweise	19
1.5 Montagesysteme	22
1.6 Ungewolltes Auslösen	23
2 Leitungsschutzschalter	24
2.1 Übersicht	26
2.2 Funktion	28
2.3 Auslösecharakteristik	30
2.4 Dimensionierung / Planung	33
2.5 Normative Verweise	39
2.6 Montagesysteme	40
3 NH-Sicherungseinsätze	42
3.1 Übersicht	44
3.2 Funktion	45
3.3 Auslösecharakteristik	45
3.4 Dimensionierung / Planung	48
3.5 Normative Verweise	48
3.6 Montagesysteme	49
4 Backup-Schutz/Selektivität	50
4.1 Übersicht	52
4.2 Backup-Schutz	53
4.3 Selektivität	55
4.4 Selektivitätskonzept	62

Fehlerstrom- schutzschalter



	Seite
1 Fehlerstromschutzschalter	2
1.1 Übersicht	4
1.2 Funktion	6
1.3 Dimensionierung / Planung	8
1.4 Normative Verweise	19
1.5 Montagesysteme	22
1.6 Ungewolltes Auslösen	23

1.1 Übersicht



Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) werden für den Schutz von Personen und Tieren bei direkter oder indirekter Berührung eingesetzt. Zusätzlich bieten RCD's Schutz vor Materialzerstörung oder Bränden, die durch Isolationsfehler verursacht werden können.

Begriffe

RCD	residual current operated device	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung
RCBB	residual current operated circuit-breaker	Fehlerstromschutzschalter FI
RCBO	residual current operated circuit-breaker with overcurrent protection	Fehlerstrom-Schutzschalter mit eingebautem Überstromschutz bzw. Fehlerstrom-Leitungsschutzschalter FI-LS
CBR	circuit-breaker residual current operated device	Leistungsschalter mit Fehlerstrom-Schutz
RCU	residual current unit	FI-Block
SRCD	socket outlet RCD	Ortsfeste FI in Steckdosenform

Typ A 



Typ A HI 



Beschreibung

Erfasst sinusförmige Wechselfehlerströme und pulsierende Gleichfehlerströme.

Erfasst sinusförmige Wechselfehlerströme und pulsierende Gleichfehlerströme, zusätzlich kurzzeitverzögert plus verstärkte Immunität HI (High immunity).

Bemessungsstrom I_n

16 A bis 125 A

25 A bis 125 A

Bemessungsfehlerstrom $I_{\Delta n}$

10 mA, 30 mA, 300 mA
(plus Selektive Versionen)

30 mA, 300 mA
(plus Selektive Versionen)

Bemessungs-
kurzschlussstrom I_{nc}

10 kA (16 A bis 125 A)
6 kA (25 A bis 63 A)

10 kA (25 A bis 125 A)
6 kA (40 A, 63 A)

Typ F 



Typ B 



Beschreibung

Erfasst sinusförmige Wechselfehlerströme und pulsierende Gleichfehlerströme sowie Fehlerströme mit Mischfrequenz bis 1 kHz.

Erfasst sinusförmige Wechselfehlerströme und pulsierende Gleichfehlerströme sowie glatte Gleichfehlerströme (allstromsensitiv).

Bemessungsstrom I_n

25 A bis 63 A

40 A, 63 A

Bemessungsfehlerstrom $I_{\Delta n}$

30 mA

30 mA, 300 mA

Bemessungs-
kurzschlussstrom I_{nc}

10 kA

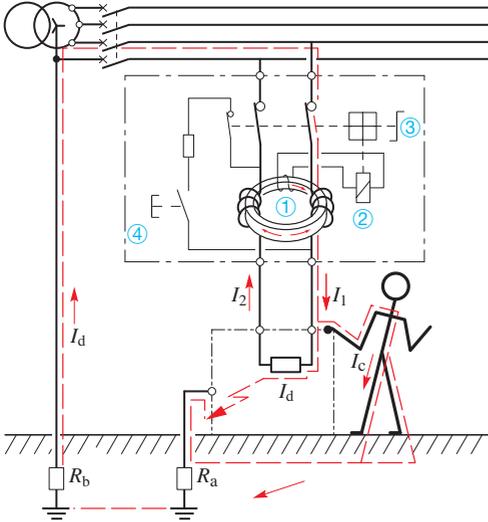
10 kA

1.2 Funktion

1.2.1 Grundfunktion Fehlerstromschutzschalter

Die wichtigsten Elemente eines Fehlerstromschutzschalters RCCB sind wie folgt:

- ① Summenstromwandler
- ② Auslösespule
- ③ Schaltschloss
- ④ Prüfvorrichtung



Damit ein Fehlerstromschutzschalter funktioniert, müssen folgende Bedingungen gegeben sein:

- Sternpunkt des Netztransformators muss geerdet sein (TN- oder TT-System)
- Keine Verbindung zwischen dem N- und PE-Leiter nach dem Fehlerstromschutzschalter
- PE- und PEN-Leiter dürfen nicht durch den Summenstromwandler geführt werden
- AC Netz

I_1 : "Eingangs"-Strom des Verbrauchers

I_2 : "Ausgangs"-Strom des Verbrauchers

I_d : Fehlerstrom

I_c : Körperstrom bei Berührung mit dem unter Spannung stehendem Gehäuse

R_b : Erdungswiderstand des Neutralleiters

R_a : Erdungswiderstand des TN-Systems

Bei einem Isolationsfehler $I_1 = I_2 + I_d$:

Ist $I_1 > I_2$ wird im Ringkern ein Magnetfluss induziert, der in der Sekundärwicklung eine Spannung erzeugt, die das Abschaltrelais auslöst

→ Abschaltung

Summenstromwandler

Die Aussen- und der Neutralleiter sind um den Summenstromwandler gewickelt. Die Magnetfelder der einzelnen Leiter erzeugen im Summenstromwandler einen Magnetfluss. Sind die zufließenden Ströme gleich gross wie die wegfließenden Ströme (1. Kirchhoffsches Gesetz), so hebt sich der Magnetfluss auf.

Auslösespule

Fliesst im Fehlerfall ein Strom über die Erde zurück, so entsteht ein Ungleichgewicht im Summenstromwandler und es wird ein Strom in der Auslösespule induziert. Der induzierte Strom ist proportional zum Fehlerstrom und führt zur Unterbrechung des Hauptstromkreises mit Hilfe des Auslöserelais.

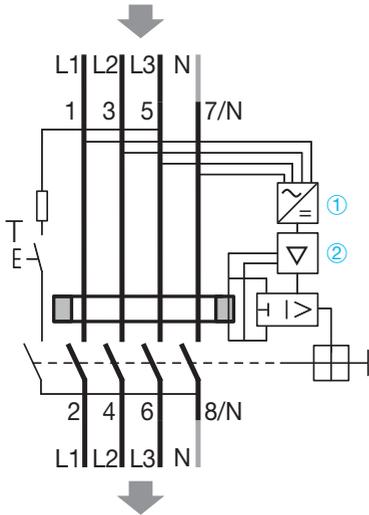
Schaltschloss

Das Schaltschloss schaltet den Hauptstromkreis im Fehlerfall allpolig aus. Der integrierte Freilauf ist für den Fall, dass der Kipphebel in der Ein-Position blockiert ist.

Prüfvorrichtung

Beim Drücken der Prüftaste wird über einen Widerstand ein Fehlerstrom erzeugt. Der Stromkreis der Prüfeinrichtung befindet sich ausserhalb des Summenstromwandlers, damit die Funktion der Auslösespule und des Schaltschlusses geprüft werden kann. Die Prüfvorrichtung funktioniert nur bei anliegender Netzspannung. Die Prüfung ist halbjährlich durchzuführen. Bei nicht ortsfesten Anlagen wird eine arbeitstäglige Prüfung empfohlen.

1.2.2 Funktion Typ B



Prinzipiell beinhaltet ein allstromsensitiver Fehlerstromschutzschalter Typ B dieselben Elemente wie ein Typ A. Zusätzliche wichtige Elemente sind:

- ① Netzteil
- ② Elektronik

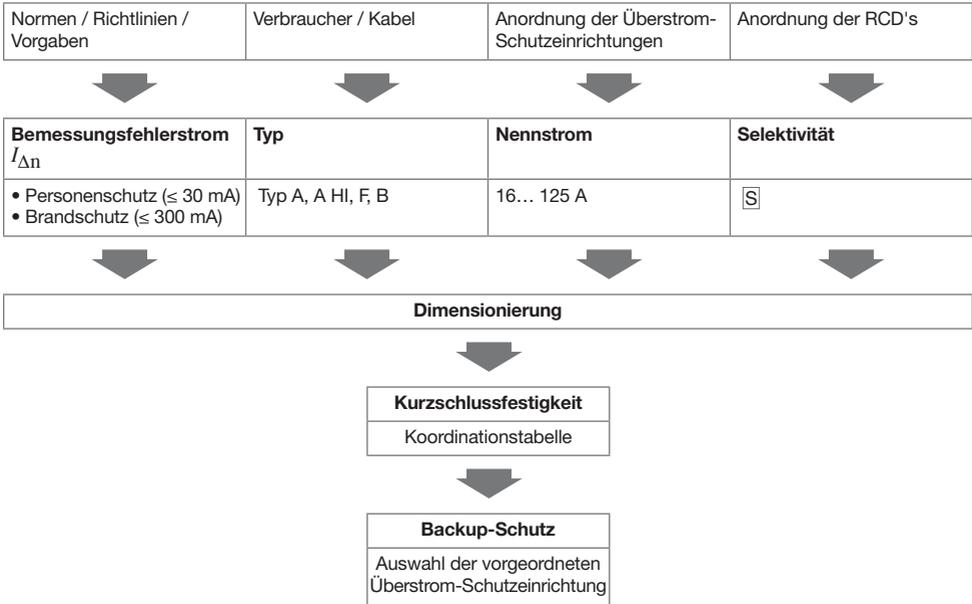
Netzteil

Das Netzteil versorgt die Elektronik mit Strom. Für den Betrieb werden mindestens zwei beliebige Leiter benötigt, die eine Wechselspannung grösser 50 V führen. Die Energieflussrichtung ist beim Anschluss einzuhalten. Unabhängig von der Netzspannung funktioniert der allstromsensitive Fehlerstromschutzschalter gleich wie ein Typ A.

Elektronik

Der Fehlerstromschutzschalter Typ B muss einen glatten Gleichfehlerstrom erkennen können. Da dieser im Summenstromwandler keine Veränderung des Magnetflusses hervorruft, wird die Elektronik für die Detektion benötigt.

1.3 Dimensionierung / Planung

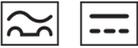


Einflussgrößen für die Dimensionierung eines RCD's

Für die Dimensionierung muss der Bemessungsfehlerstrom, der Typ und der Nennstrom bestimmt werden. Ebenfalls ob selektive Geräte einzusetzen sind. Sobald der richtige RCD Typ bestimmt ist, muss die Kurzschlussfestigkeit mit der vorgeordneten Überstrom-Schutzeinrichtung koordiniert werden.

1.3.1 Bemessungsfehlerstrom $I_{\Delta n}$

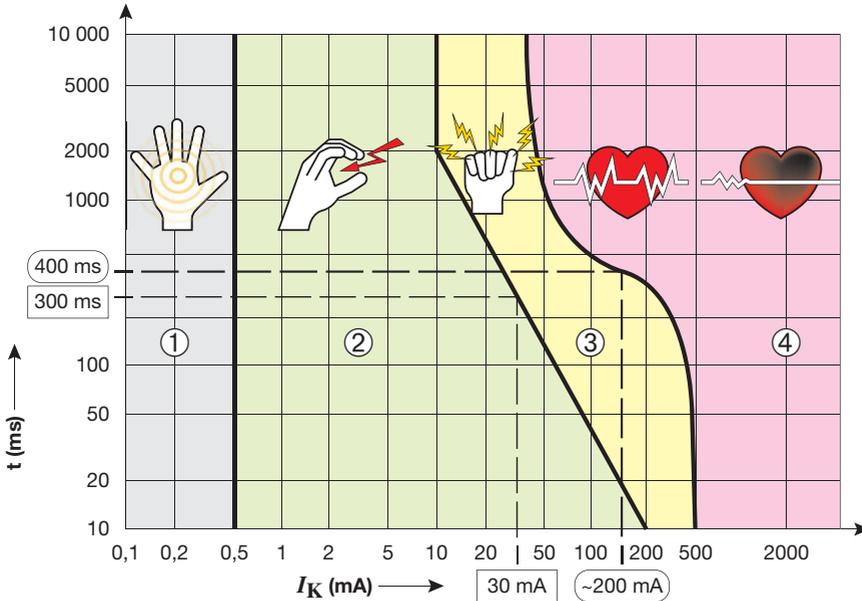
Der Bemessungsfehlerstrom ist nach dem Verwendungszweck und Schutzkonzept unterschiedlich zu wählen. Für den Personenschutz darf maximal ein Bemessungsfehlerstrom $I_{\Delta n}$ von 30 mA gewählt werden, wobei beim Brandschutz maximal 300 mA ausreichen. Der RCD Typ B muss separat betrachtet werden.

			Personenschutz	Brandschutz
Typ A		10 mA	Ja	Ja
		30 mA	Ja	Ja
		300 mA		Ja
		selektiv 300 mA		Ja
Typ A HI	HI 	30 mA	Ja	Ja
		selektiv 300 mA		Ja
Typ F		30 mA	Ja	Ja
Typ B		30 mA	Ja	Teilweise
		300 mA		Teilweise

1.3.1.1 Personenschutz

Die physiologische Wirkung eines Stromes, welcher durch unseren Körper fließt, ist abhängig von der Stärke und Dauer. Bereits bei Muskelverkrampfungen ist man darauf angewiesen, dass der RCD vor dem Eintreten des Herzkammerflimmerns ausschaltet.

Wirkungsbereich von Körperströmen bei Wechselstrom



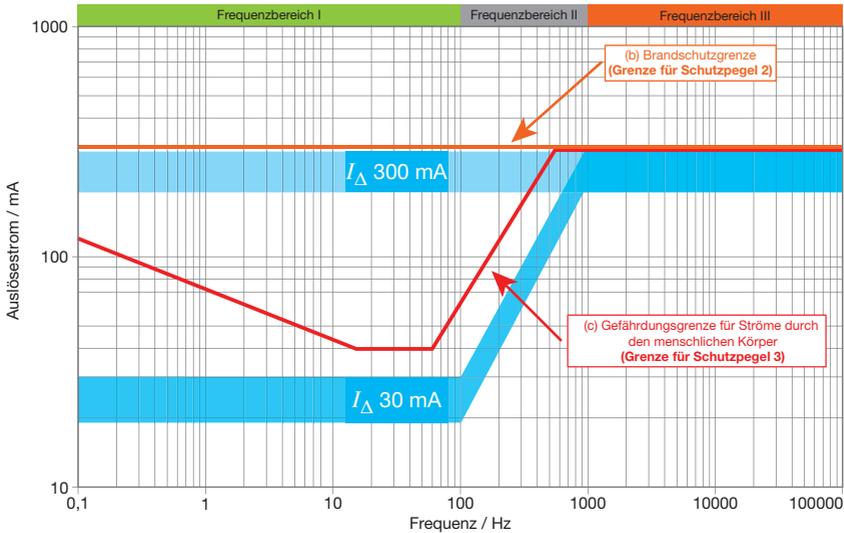
Legende

- ① Meist keine Einwirkung.
- ② Meist keine schädlichen physiologischen Wirkungen.
- ③ Physiologische Wirkungen. Meist Blutdrucksteigerung, Muskelverkrampfung und Atemnot. Geringe Gefahr des Herzkammerflimmerns.
- ④ Verstärkte physiologische Wirkungen mit erhöhter Gefahr des Herzkammerflimmerns ab etwa 200 mA bei einer Einwirkdauer von 400 ms.

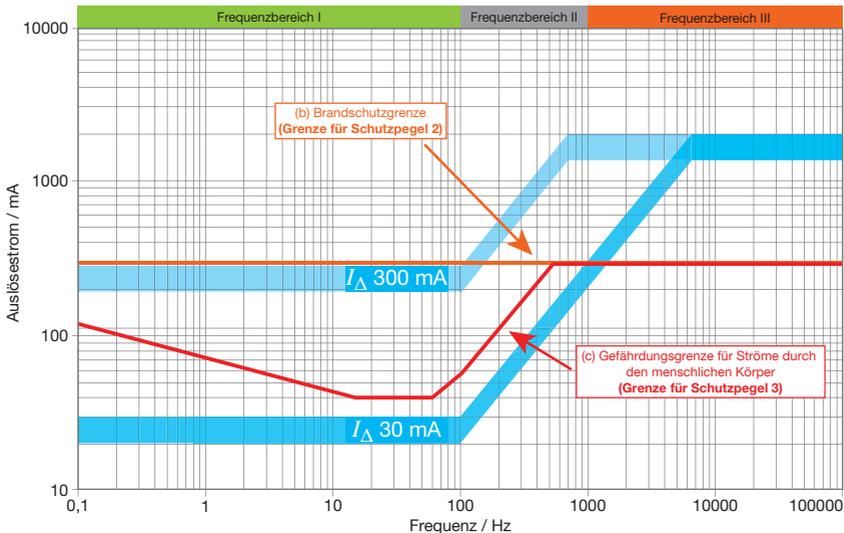
Richtwerte Wirkung

bis 1 mA	Reizschwelle. Der Strom ist kaum spürbar.
5 mA	Ameisenlaufen, Kribbeln. Es ist noch möglich, das berührte spannungsführende Teil aus eigener Kraft loszulassen.
15 mA	Krampfschwelle. Es können Muskel und Atemverkrampfungen auftreten. Die Loslassgrenze ist möglicherweise bereits überschritten.
50 mA	Alarmschwelle. Die Atmung ist behindert, evtl. Herzstillstand oder Herzkammerflimmern nach kurzer Zeit. Wird nicht sofort Hilfe geleistet, tritt nach wenigen Minuten der Tod ein.
ab 80 mA	Todesschwelle. Tödliche Wirkung (Herzkammerflimmern) nach 0,3 bis 1 s ist wahrscheinlich.

Die Frequenz des Körperstromes hat zusätzlich einen Einfluss auf die physiologische Wirkung. Dieser Umstand ist wichtig im Zusammenhang mit dem allstromsensitiven RCD Typ B. Mit steigender Frequenz wird der menschliche Körper unempfindlicher gegenüber dem Körperstrom.



Frequenzgänge des Auslösestromes der RCD's Typ B CDB4xxD / CFB4xxD im Bezug auf die Gefährdungsgrenzen für Personen- und Brandschutz



Frequenzgänge des Auslösestromes der RCD's Typ B CDB4xxE / CFB4xxE im Bezug auf die Gefährdungsgrenzen für Personen- und Brandschutz

1.3.1.2 Brandschutz

Isolationsfehler können Brände verursachen, speziell in feuergefährdeten Betriebsstätten. Um die Installationen zu schützen, ist ein RCD mit maximal 300 mA zu verwenden.

Typ B

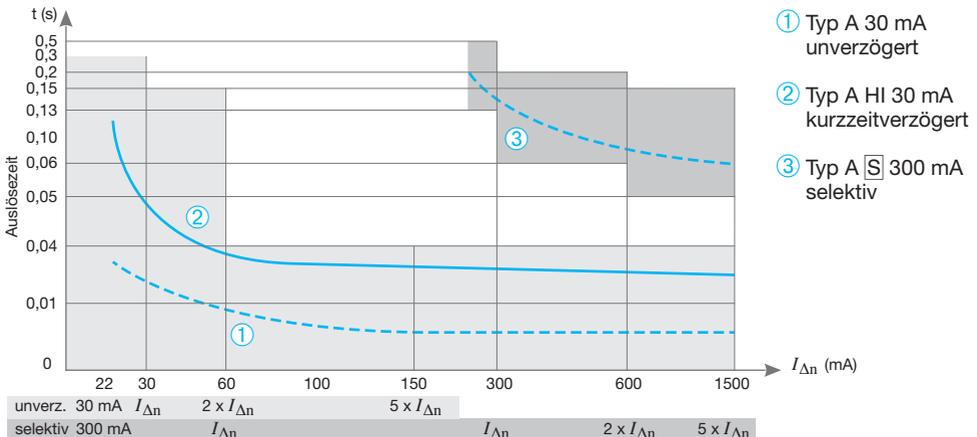
Der Brandschutz als Schutz gegen elektrisch gezündete Brände muss durch den Einsatz eines RCD's vom Typ B in einem Frequenzbereich von 0 bis mindestens 100 kHz sicher Fehlerströme ≥ 300 mA abschalten. Ein Brandschutz, wie dieser durch herkömmliche RCD's nur bei 50 Hz gewährleistet ist, wird durch einen Typ B mit einem Bemessungsfehlerstrom von $I_{\Delta n}$ 300 mA CDB4xxD / CFB4xxD bei Fehlerströmen bis 100 kHz gewährleistet. Die Auslösekennlinien verlaufen unterhalb der zugehörigen Gefährdungskennlinie („Brandschutzgrenze“) und bieten damit den vollen Brandschutz, bei hohen Frequenzen des Fehlerstromes ebenso wie bei der Bemessungsfrequenz.



Erfüllung Personen- und Brandschutz RCD Typ B in Abhängigkeit der Frequenz

1.3.1.3 Auslöseverhalten

Das Auslöseverhalten zeigt auf, dass der kurzzeitverzögerte RCD Typ A HI unempfindlicher ist gegenüber Fehlerströmen als der RCD Typ A (unverzögert). Bei beiden Versionen wird der Personenschutz eingehalten. Die Auslösung der Version selektiv 300 mA S erfolgt klar später und ist somit selektiv zu einem RCD mit 30 mA.



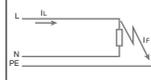
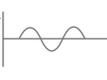
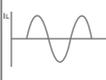
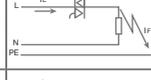
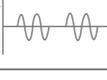
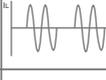
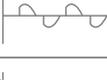
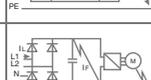
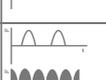
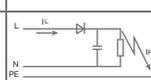
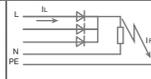
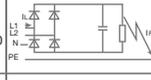
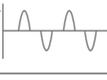
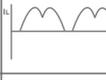
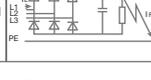
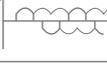
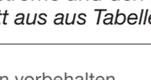
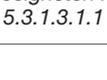
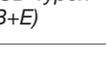
Auslöseverhalten RCD's

1.3.2 Typen der Fehlerstromerkennung

Aufgrund der unterschiedlichen Lasten gibt es verschiedene Arten von Fehler- und Ableitströmen. Daher muss der RCD Anhand der Verbraucher genau bestimmt werden.

Achtung: Ein RCD Typ A oder HI kann einen glatten Gleichfehlerstrom **nicht** erkennen. Durch einen glatten Gleichfehlerstrom kann der RCD "erblinden" und unter Umständen nicht ausschalten.

Info: Wenn mehrphasige, elektronische Betriebsmittel (Frequenzumrichter, Ladestationen etc.) auf der Lastseite einer RCD fest errichtet werden, Gleichfehlerströme erzeugen können, so muss der RCD vom Typ B sein.

Geeigneter RCD	Schaltung	Laststrom	Fehlerstrom
B  F  A + HI AC 			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			

Anmerkung:
Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD's) Typ AC sind in der Schweiz nicht zulässig.

Übersicht der Fehlerströme und den geeigneten RCD Typen (NIN 2015, Ausschnitt aus aus Tabelle 5.3.1.3.1.1 B+E)

Typ A

Der RCD Typ A eignet sich für allgemeine Stromkreise mit Steckdosen und einfachen Verbrauchern. Wie die Übersicht der Fehlerströme zeigt, sind lediglich Einweggleichrichter, mit einem Kondensator für die Glättung der Spannung, die einzigen einphasigen Verbraucher die nicht mit einem RCD Typ A geschützt werden dürfen. Einzig mit der Ausnahme vom beschriebenen Gleichrichter, kann der Fehlerstrom bei allen einphasigen Verbrauchern mit einem RCD Typ A ausgeschaltet werden. Zu ungewollten Auslösungen im Normalbetrieb kann es jedoch trotzdem kommen. Abhilfe kann in diesem Fall ein Typ HI, Typ F oder Typ B schaffen.

Typ A HI

Der RCD Typ A HI hat eine verstärkte Immunität und ist kurzzeitverzögert. Die Geräte sind damit gegen Auslösung durch impulsförmig auftretende Fehlerströme geschützt. Impulsförmige Fehlerströme können auftreten bei Schaltvorgängen oder kurzzeitiger Überspannung durch atmosphärische Entladung oder durch Betriebsmittel mit einer Kapazität gegen Erde.

Anwendungsgebiete:

- Lange oder abgeschirmte Leitungen
- Bürogebäude
- FL-Beleuchtungen
- Geschützte Gebäude z.B. Krankenhäuser
- Labor-Einrichtungen
- Notstromversorgungen

Typ F

Der RCD Typ F beinhaltet die Typ A HI-Funktion und erkennt zusätzlich Fehlerströme mit Mischfrequenzen die der Netzfrequenz von 50 Hz folgen bis zu einer Grenze von 1 kHz. Diese Mischfrequenzen werden durch einphasige Frequenzrichter z.B. bei der Drehzahlsteuerung von Wechselstrommotoren erzeugt. Tritt ein entsprechender Fehlerstrom also Ableitstrom zur Erde auf, schaltet der FI-Schutzschalter Typ F den Stromkreis ab.

Mögliche Anwendungsgebiete:

- Waschmaschinen
- Heizungspumpe
- Wärmepumpe
- Klimageräte

Typ B

Der RCD Typ B kann glatte Gleichfehlerströme und Wechselfehlerströme bis 100 kHz erkennen und ausschalten. Er ist geeignet für elektronische Betriebsmittel.

Anwendungsgebiete:

- Frequenzrichter
- USV Anlage
- Schaltnetzteil
- Hochfrequenzstromrichter
- Medizinische Apparate

Auswahlhilfe FI-Typ

Möchten Sie eines oder mehrere der folgenden Geräte absichern?

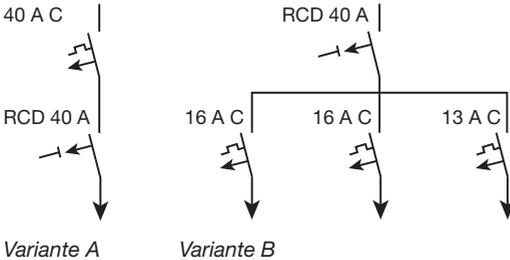
- 3-phasige Frequenzumrichter
- Ladestation für E-Mobility
- Baukräne, Kompressoren oder Verputzmaschinen
- Rolltreppen oder Aufzüge
- Schweißumformer
- Fahrgeschäfte
- EMV-Filter
- PV-Anlagen mit Wechselrichter ohne Schutztrennung
- u.a.

Beachten Sie die Anforderung/Empfehlung an den FI-Schutzschalter-Typ der Gerätehersteller.

Ja		Nein	
Handelt es sich um eine feuergefährdete Betriebsstätte? <ul style="list-style-type: none"> • Scheune • Werkstatt für Holzverarbeitung • Papierfabrik • Papierlager • Lackiererei u.a. 		Handelt es sich um eines der folgenden Geräte mit 1-phasigem Frequenzumrichter (z. B. zur Drehzahlsteuerung von Wechselstrom-Motoren)? <ul style="list-style-type: none"> • Waschmaschinen • Heizungs- oder Wärmepumpen • Klimageräte u. a. <p>Beachten Sie die Anforderung/Empfehlung an den FI-Schutzschalter-Typ der Gerätehersteller.</p>	
Ja	Nein	Ja	Nein
FI-Schalter Typ B NK 	FI-Schalter Typ B SK 	FI-Schalter Typ F 	FI-Schalter Typ A 

1.3.3 Nennstrom / Ausschaltvermögen

Ein RCD hat nicht die Aufgabe einen Kurzschluss oder Überlaststrom zu schalten. Für diese Aufgabe müssen Überstrom-Schutzeinrichtungen vorgesehen werden. Für die Bestimmung vom Nennstrom beim RCD gibt es zwei Varianten.



Variante A

Der Nennstrom der vorgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtung ist gleich oder kleiner als beim RCD.

Variante B

Für die Variante B gibt es nach NIN 2015 (5.3.6.2.3) folgende Vorgaben:

- RCD und Überstrom-Schutzeinrichtung müssen in der gleichen Verteilung sein oder max. 3 m Verbindungsleitung zwischen den beiden Komponenten
- Der Nennstrom der grössten Überstrom-Schutzeinrichtung darf nicht grösser sein als der Nennstrom des RCD's
- Die Summe aller Nennströme der nachgeschalteten Überstrom-Schutzeinrichtung, multipliziert mit dem entsprechenden Gleichzeitigkeitsfaktor ergibt den minimalen Nennstrom des RCD's

$$(16 \text{ A} + 16 \text{ A} + 13 \text{ A}) \times 0.8 = 36 \text{ A}$$

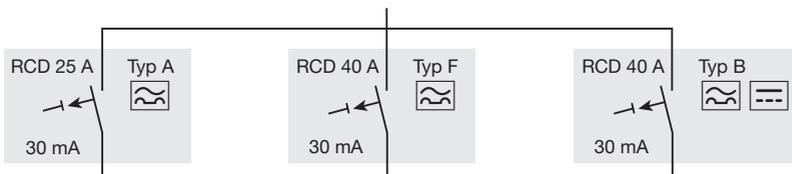
Anzahl Stromkreise	Gleichzeitigkeitsfaktor
2 und 3	0.8
4 und 5	0.7
6 bis 9	0.6
10 und mehr	0.5

1.3.4 Selektivität

Mit der horizontalen und vertikalen Selektivität wird erreicht, dass lediglich die Fehlerstrom-Schutzeinrichtung auslöst, welche sich am nächsten beim Fehlerort befindet.

Horizontale Selektivität

Bei der horizontalen Selektivität werden keine RCD's in Serie geschaltet. Somit müssen keine selektive RCD's eingesetzt werden.



Horizontale Selektivität

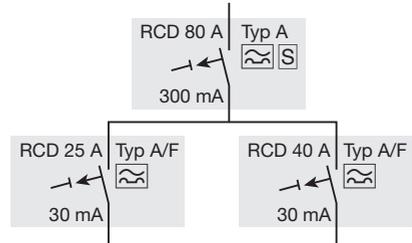
Vertikale Selektivität

Bei der vertikalen Selektivität sind zwei RCD's in Serie geschaltet. Dies kann notwendig sein, wenn die Leitung separat gegen einen Isolationsfehler geschützt werden muss (z.B. feuergefährdeten Betriebsstätten).

Achtung: Allstromsensitive RCD's Typ B dürfen nicht in Serie mit einem Typ A/Typ F geschaltet werden. Ableit- und Fehlerströme der elektronischen Betriebsmittel könnten die Funktion des RCD's Typ A/Typ F negativ beeinträchtigen.

Folgende Bedingungen für die vertikale Selektivität müssen gegeben sein:

- Der vorgeschaltete RCD muss mit dem Symbol Selektiv **S** gekennzeichnet sein
- Die nachgeschalteten RCD's dürfen maximal eine Empfindlichkeit haben von 30 oder 10 mA
- Der Betriebsstrom der nachgeschalteten Stromkreise darf den Nennstrom vom vorgeschalteten RCD nicht überschreiten.

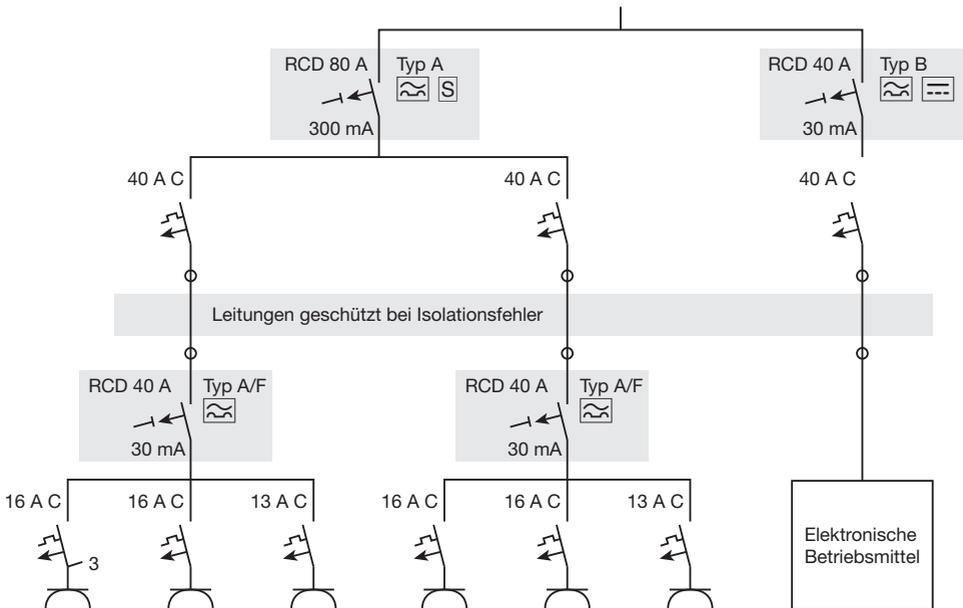


Vertikale Selektivität

Beispiel

Ein Steckdosenkasten in einem landwirtschaftlichen Betrieb hat direkt bei den Steckdosen einen RCD für den Personenschutz. Damit die Zuleitung keinen Brand auslösen kann, ist das Kabel mit einem RCD 300 mA bei einem Isolationsfehler geschützt. Dieser muss als selektiv **S** gekennzeichnet sein.

Elektronische Betriebsmittel sind separat mit einem RCD Typ B geschützt.



Beispiel vertikaler Selektivität

1.3.5 Kurzschlussfestigkeit

Bei sehr geringen Übergangswiderständen kann ein Fehlerstrom im Bereich eines Kurzschlussstromes liegen. Ebenfalls ist zu beachten, dass sich während des Öffnungsvorganges vom RCD sich der Fehlerstrom durch den Lichtbogen markant vergrössern könnte. In beiden Fällen darf es nicht zu einer Beschädigung der Schutzeinrichtung kommen und eine vorgeordnete Überstrom-Schutzeinrichtung muss den RCD schützen (Backup-Schutz). Für die Koordination sind die produktespezifischen Koordinationstabellen zu beachten.

Beispiel

Ein FI 40 A ist mit einer vorgeschalteten NH Sicherung 80 A gegen einen unbeeinflussten Kurzschlussstrom von bis zu 20000 A geschützt.

Kurzschlussfestigkeit von Fehlerstromschutzschaltern* in Verbindung mit Vorsicherung NH gG

Werte in kA

Fehlerstromschutzschalter		Vorsicherung gG NH000/00					
FI 10 kA	In	25 A	40 A	63 A	80 A	100 A	125 A
2-polig	25 A	120	68	37	20	10	10
	40 A	-	68	37	20	10	10
	63 A	-	-	37	20	10	10
	80 A	-	-	-	20	10	10
	100 A	-	-	-	-	10	10
	125 A	-	-	-	-	-	10
4-polig	25 A	120	68	37	20	10	10
	40 A	-	68	37	20	10	10
	63 A	-	-	37	20	10	10
	80 A	-	-	-	20	10	10
	100 A	-	-	-	-	10	10
	125 A	-	-	-	-	-	10

(*) Nicht gültig für Fehlerstromschutzschalter Typ B

1.4 Normative Verweise

1.4.1 Prüfung

Für die Prüfung ist die NIN 2015, die SN EN 61008-1 sowie die Herstellerangaben massgebend. Vereinfacht ist der Prüfablauf wie folgt:

1. Isolationsmessung

L-PE > 1 M Ω (keine Verbindung)

2. Kontrolle Leuchtdiode

Beim RCD Typ B muss die grüne Leuchtdiode brennen. Die grüne Leuchtdiode signalisiert, dass die interne Betriebsspannung für die allstromsensitive Fehlerstromerkennung (Fehlerströme des Typs A und B) ausreicht. Leuchtet die Leuchtdiode nicht, so ist nur noch eine Auslösung durch Fehlerströme des Typs A gewährleistet.

3. Prüftaste drücken

Auslösung des RCD's

4. Prüfung mit 50% $I_{\Delta n}$

Keine Auslösung

5. Prüfung mit 100% $I_{\Delta n}$

$I_{\Delta n}$ 10 bis 300 mA Auslösung \leq 300 ms

$I_{\Delta n}$ 300 mA "Selektiv" Auslösung \leq 500 ms

6. Dimensionierung

Dimensionierung und Absicherung kontrollieren

Funktionsprüfung

Die Funktionsprüfung erfolgt durch die Betätigung der Prüftaste am RCD.

Diese Prüfung ist wichtig für die einwandfreie Funktion des RCD und muss halbjährlich erfolgen.



1.4.2 Einsatzbereiche von Fehlerstromschutzschalter RCD nach NIN 2015

Generell

Für Steckdosen mit einem Bemessungsstrom ≤ 32 A in Wechselspannungssystemen, die zur freizügigen Verwendung bestimmt sind, muss ein RCD angewendet werden.

Ausnahmen:

Industrielle- und gewerbliche Steckdosen für ortsfeste Verbraucher (zur Erleichterung von Instandhaltungsmassnahmen anstelle von Festanschlüssen), sofern nicht freizügig oder nur für Fachpersonal zugänglich. Zum Beispiel Rechenzentren, USV-Anlagen, Sicherheits- / Notnetze usw..

NIN Kapitel	Vorgaben	$I_{\Delta n}$
4.1.1.3.3	Steckdosen Alle freizügig verwendbaren Steckdosen ≤ 32 A	30 mA
4.2.2.3.9	Feuergefährdete Betriebsstätten Alle Endstromkreise im Raum oder welche den Raum durchqueren Deckenheizungen, Flächenheizelemente	300 mA 30 mA
5.5.1.4.4	Ersatzstromversorgungsanlagen Anlagen nach System TN, TT oder IT	30 mA
5.5.9.9	Ausstellungsstände für Leuchten Endstromkreise	30 mA

Weitere Einsatzgebiete

NIN Kapitel	Vorgaben	$I_{\Delta n}$
7.01.4.1.5.1 7.01.5.2	Räume mit Badewanne oder Dusche Alle Stromkreise Alle Leitungen die nicht min. 6 cm von der Wandoberfläche eingebettet sind	30 mA 30 mA
7.01.5.53	Fussboden- und Decken-Flächenheizungen	30 mA
7.02	Schwimmbecken und Springbrunnen Stromquelle für SELV	30 mA
7.03.4.1.5.1	Räume mit elektrischen Sauna-Heizgeräten Alle Stromkreise	30 mA
7.04.4.1.0.10	Baustellen Steckdosen ≤ 32 A Handgeführte fest angeschlossene Verbraucher ≤ 32 A	30 mA 30 mA
7.05.4.1.1.1	Landwirtschaft und Gartenbau Gesamte Installationen Steckdosen	300 mA 30 mA
7.06.4.1.0.10	Leitfähige Bereiche mit begrenzter Bewegungsfreiheit Fest angebrachte Betriebsmittel der Schutzklasse II oder gleichwertig	30 mA
7.08.5.3.0	Camping- und Caravanplätze Alle Steckdosen einzeln Feste Verbindung zur Versorgung eines Mobilheimes oder eines Parkwohnheimes (einzeln)	30 mA 30 mA
7.09.5.3.1.2	Marinas und ähnliche Bereiche Alle Steckdosen einzeln Feste Verbindung zur Versorgung von Hausbooten (einzeln)	30 mA 30 mA
7.10.4.1.1.1	Medizinisch genutzte Räume Endstromkreise bis 32 A für Bereiche der Gruppe 1 In Bereichen der Gruppe 2 Stromkreise für die Versorgung von OP-Tischen	30 mA 30 mA
7.11.4.8.2	Ausstellungen, Shows und Stände Alle Endstromkreise ≤ 32 A, ausser Notbeleuchtung	30 mA
7.12.4.1.1.3.2	Photovoltaik-Stromversorgungssysteme Wenn nicht eine einfache Trennung zwischen der Wechsel- und Gleichspannungsseite vorgesehen ist	30 mA Typ B
7.14.4.1.1.3.3	Beleuchtungsanlagen im Freien Telefonzellen, Autobuswartehäuschen, Hinweistafeln, Stadtpläne und ähnliche Anlagen mit integrierter Beleuchtung	30 mA
7.17.4.1.1.1 7.17.4.1.3.3	Elektrische Anlagen auf Fahrzeugen und transportablen Einheiten Stromversorgung Betriebsmittel ausserhalb der Baueinheit (einzeln)	30 mA 30 mA
7.21.4.1.5.1	Caravans und Motorcaravans Stromversorgung	30 mA
7.22.5.3.1.101	Stromversorgung von Elektrofahrzeugen Jeder Anschlusspunkt (Teilweise Typ B)	30 mA
7.40.4.1.5.1	Buden auf Jahrmärkten, Vergnügungsparks, Zirkusse Alle Endstromkreise ≤ 32 A	30 mA
7.53.4.1.1.3.2	Fussboden und Decken-Flächenheizungen	30 mA
7.61.4.2.2.1	Explosionsgefährdeten Bereiche Wärmekabel und Heizeinrichtungen	30, max 100mA

1.5 Montagesysteme

Es gibt dieselben Montagesysteme wie beim Leitungsschutzschalter (Kapitel 2.6). Unterschiede gibt es bei den Bauarten der Geräte.



Fehlerstromschutzschalter FI (RCCB)

Das Gerät beinhaltet den Fehlerstromschutz einzeln und kann eingesetzt werden für den Schutz von mehreren Stromkreisen.



Fehlerstrom-Leitungsschutzschalter FI-LS (RCBO)

Der FI-LS beinhaltet den Leitungsschutzschalter und den Fehlerstromschutzschalter in einem Gerät.



Fehlerstrom-Leitungsschutzschalter FI-LS³

Ein Fehlerstromschutzschalter 3P+N plus drei Leitungsschutzschalter 1P+N kombiniert in einem Gerät.



FI-Block (RCU) für Leitungsschutzschalter

Zusammen mit einem Leitungsschutzschalter kommt der FI-Block zum Einsatz. Dadurch kann ein LS mit einem RCD ausgestattet werden.



FI-Relais

Fehlerstromeinrichtung (ohne Lastschaltung) zur frühzeitigen Erkennung und Alarmierung (Sirene, Blinklicht, Horn) von Fehlerströmen.



FI-Block (RCU) für Leistungsschalter

Zusammen mit einem Leistungsschalter kommt der FI-Block zum Einsatz. Dadurch kann ein Leistungsschalter mit einem RCD ausgestattet werden.

1.6 Ungewolltes Auslösen

Obwohl die Isolationsmessung in Ordnung war und keine fehlerhaften Geräte angeschlossen sind, kann es zu ungewolltem Auslösen kommen. Die Ursachen können unterschiedlich sein und nicht immer offensichtlich.

1.6.1 Allgemein

Verbindung N und PE Leiter

Bei einer Verbindung zwischen dem N und PE Leiter fließt ein Teil des Stromes über den PE Leiter und der RCD löst aus.

Verbindung unterschiedlicher N Leiter

Sind die Neutralleiter von unterschiedlichen Sicherungsgruppen miteinander verbunden, fließt ein Teil des Neutralleiterstromes nicht durch den Summenstromwandler und der RCD löst aus.

Vertausch unterschiedlicher N Leiter

Sind die Neutralleiter von unterschiedlichen Sicherungsgruppen miteinander vertauscht, fließt der Neutralleiterstrom nicht durch den Summenstromwandler zurück und der RCD löst aus.

FI Schalter falsch angeschlossen

Die Energieflussrichtung durch den RCD spielt keine Rolle (Achtung gilt nicht beim Typ B). Jedoch müssen alle Aussen- und der Neutralleiter vom Verbraucher an derselben Seite vom RCD angeschlossen sein.

Lange Leitungen

Lange Leitung können durch die kapazitiven Elemente zu einer Auslösung führen. Die Auslösung erfolgt jeweils beim Einschalten. Abhilfe kann ein RCD Typ A HI/Typ F sein.

Heizungen

Rohrbegleitheizungen oder Bodenheizungen verursachen kapazitive Ableitströme die zur Auslösung eines RCD führen können. Eine mögliche Lösung ist der Einsatz von einem RCD Typ A HI/Typ F, die Aufteilung der Stromkreise auf drei Phasen oder die Aufteilung auf mehrere FI Gruppen.

1.6.2 Typ B

Durch die EMV Schutzmassnahmen bei elektronischen Betriebsgeräten können hohe Ableitströme entstehen. Trotz einem RCD Typ B besteht die Möglichkeit, dass die Ableitströme zu ungewollten Auslösungen führen.

Mehrere elektronische Betriebsgeräte

Die maximale Anzahl der dem FI-Schutzschalter nachgeschalteten, elektronischen Betriebsmittel richtet sich nach der Höhe der auftretenden Ableitströme. Zu hohe Ableitströme können dann, trotz des speziellen Auslösefrequenzganges des Gerätes, zu ungewollten Auslösungen führen (entsprechende Informationen bezüglich der erzeugten Ableitströme sind bei den Herstellern der elektronischen Betriebsmittel zu erfragen).

Lange abgeschirmte Motorleitungen

Beim Betrieb mit Frequenzumrichtern können lange, abgeschirmte Motorleitungen zu hohen Ableitströmen bei der Reglerfreigabe des Frequenzumrichters führen, welche zu einer ungewollten Auslösung führen. Gegebenenfalls kann dann ein Sinusausgangsfilter direkt hinter dem Frequenzumrichter (vor der abgeschirmten Motorleitung) verwendet werden.

Einphasige Verbraucher hinter EMV Filter

Vorschriftsgemäss sollte einem handelsüblichen 3-Leiter-EMV-Filter nur das zugehörige elektronische Betriebsmittel nachgeschaltet sein. Um die Filterwirkung nicht zu beeinträchtigen, sollten keinesfalls weitere einphasige Verbraucher wie z.B. Glühlampen auf der Ausgangsseite des EMV-Filters angeschlossen werden!

Ungünstige Taktfrequenz

Bei elektronischen Betriebsmitteln können in der Regel verschiedene Taktfrequenzen (Chopper) gewählt werden. Im ungünstigen Fall kann die Taktfrequenz zu einer Schwingneigung eines vorgeschalteten EMV-Filters und somit zu stark überhöhten Ableitströmen führen, welche dann eine Auslösung vom RCD bewirken. In diesem Fall ist die Taktfrequenz zu ändern!

Maschinenfrequenzen über 100 kHz

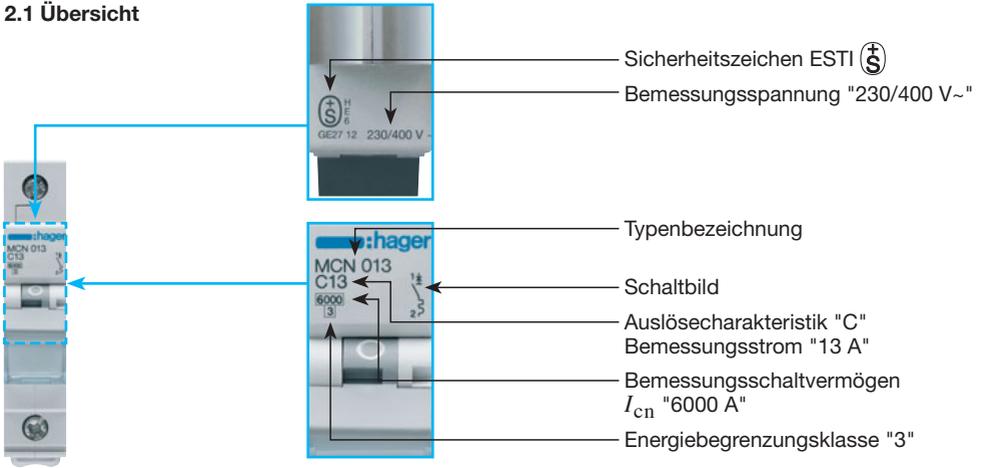
Der Auslösefrequenzgang vom RCD Typ B ist optimiert für elektrische Anlagen mit Frequenzumrichtern für Maschinenfrequenzen bis 100 kHz. Zur Einhaltung des geforderten Schutzes (Personen-, bzw. Brandschutz) dürfen an Frequenzumrichtern Maschinenfrequenzen >100 kHz nicht eingestellt werden.

Leitungsschutz- schalter



	Seite
2 Leitungsschutzschalter	24
2.1 Übersicht	26
2.2 Funktion	28
2.3 Auslösecharakteristik	30
2.4 Dimensionierung / Planung	33
2.5 Normative Verweise	39
2.6 Montagesysteme	40

2.1 Übersicht



Produktenorm	Mögliches Einsatzgebiet:	Schaltvermögen	Aufschrift auf LS	Benutzung
EN 60898-1	Wohn- / Zweckbau	Bemessungsschaltvermögen I_{cn}	Wert in Ampere in einem Rechteck	Benutzung durch Laien erlaubt
EN 60947-2	Industrielle Anlagen	Bemessungsgrenzkurzschlussauschaltvermögen I_{cu}	Wert in kA mit Produkthenorm 60947-2	Benutzung durch Elektrofachkraft, instruiertes Personal

Leitungsschutzschalter LS



Hochleistungs-Leitungsschutzschalter HLS



Selektiver Leitungsschutzschalter SLS



Bemessungsstrom
 Bemessungsschaltvermögen
 Auslösecharakteristik
 Polzahl

0,5 – 63 A
 6, 10, 15 - 25 kA
 B, C, D
 1-, 2-, 3-, 4- polig +
 1P+N, 3P+N

0,5 – 125 A
 15, 30, 50 kA
 C, D
 1-, 2-, 3-, 4- polig

16 – 100 A
 25 kA
 C_S, E
 1-, 3-, 4- polig

Leitungsschutzschalter (LS) werden für den Schutz von Leitungen bei Kurzschluss und Überlast eingesetzt. Im Normalfall befinden sich die Geräte im Endstromkreis von elektrischen Wohn-, Zweck- und Industrieanlagen. Eine Ausnahme bildet der selektive Leitungsschutzschalter (SLS), welcher als Bezügerüberstromunterbrecher oder als Vorsicherung von Unterverteilern eingesetzt werden kann. Die Anwendung als Anschluss- / Bezügerüberstromunterbrecher hat in Absprache mit dem örtlichen Verteilnetzbetreiber (VNB) zu erfolgen.

Vorteile:

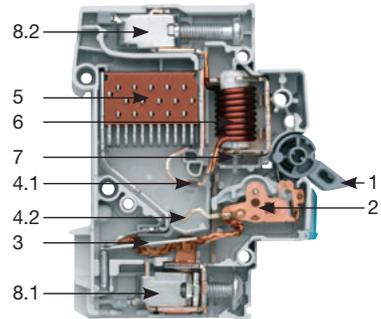
- Nach einer Auslösung kann der LS einfach wieder eingeschaltet werden
- Bedienbarkeit durch Laien (LS 6 kA + 10 kA nach EN 60898-1)
- Kompakte Bauweise
- Keine Veränderung der Auslösekennlinie durch Alterung
- Kompatibel mit Zusatzeinrichtungen wie zum Beispiel Hilfskontakt

2.2 Funktion

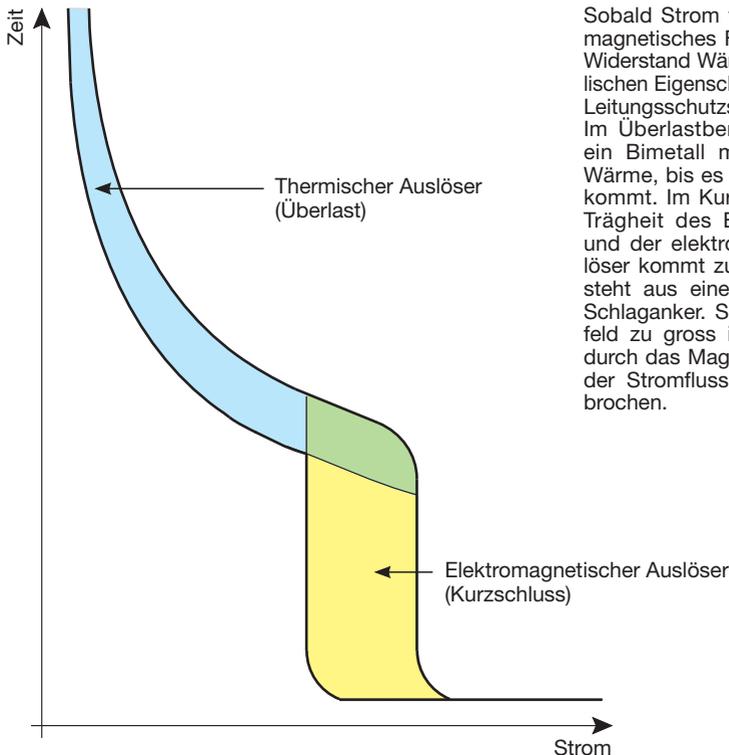
2.2.1 Funktion Leitungsschutzschalter

Wichtige Elemente eines Leitungsschutzschalters:

- 1 Kipphebel mit Schaltschloss
- 2 Freilauf – für den Fall, dass der Kipphebel in der Ein-Position blockiert ist
- 3 Bimetal – Thermisches Auslösesystem
- 4.1 Schaltkontakt (fest)
- 4.2 Schaltkontakt (beweglich)
- 5 Funken-Löschkammer
- 6 Elektromagnet – Elektromagnetisches Auslösesystem
- 7 Schlaganker
- 8.1 Anschlussklemme (Bi-Connect)
- 8.2 Anschlussklemme



Zeit / Strom Auslösecharakteristik eines LS



Sobald Strom fließt, entsteht ein magnetisches Feld und durch den Widerstand Wärme. Beide physikalischen Eigenschaften werden beim Leitungsschutzschalter ausgenutzt. Im Überlastbereich verbiegt sich ein Bimetal mit der steigenden Wärme, bis es zu einer Auslösung kommt. Im Kurzschlussfall ist die Trägheit des Bimetalls zu gross und der elektromagnetische Auslöser kommt zum Zug. Dieser besteht aus einer Spule mit einem Schlaganker. Sobald das Magnetfeld zu gross ist, wird der Anker durch das Magnet angezogen und der Stromfluss wird sofort unterbrochen.

2.2.2 Funktion Selektiver Leitungsschutzschalter SLS

Im Gegensatz zu einem normalen Leitungsschutzschalter hat der SLS zusätzlich zum Hauptkreis einen Neben- und Einschaltkreis.

Ein- und Ausschaltung (Handbetätigung)

Einschaltung

SLS wird eingeschaltet – Position EIN:

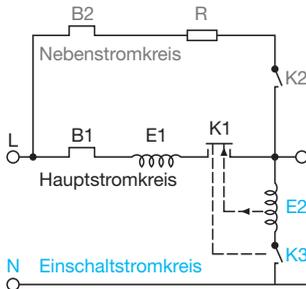
- Kontakte K2 und K3 werden geschlossen
- Netzspannung liegt an Elektromagnet E2 an

Elektromagnet E2 zieht an:

- Hauptkontakt K1 wird geschlossen
- Kontakt K3 öffnet (mechanisch mit K1 gekoppelt)

Gerät eingeschaltet:

- Hauptstromkreis geschlossen
- Nebenstromkreis geschlossen
- Einschaltstromkreis geöffnet



Prinzipschaltbild selektiver Leitungsschutzschalter SLS

Ausschaltung

SLS wird ausgeschaltet – Position AUS:

- Hauptkontakt K1 und Kontakt K2 werden geöffnet

Gerät ausgeschaltet:

- alle Stromkreise sind geöffnet, der SLS ist ausgeschaltet

Hauptstromkreis:

- B1 thermischer Überstromauslöser
- E1 unverzüglicher Kurzschlussauslöser
- K1 Hauptkontaktstelle

Nebenstromkreis:

- B2 Bimetall
- R Strombegrenzungswiderstand
- K2 Kontaktstelle

Einschaltstromkreis:

- E2 Elektromagnet (Spule)
- K3 Kontaktstelle

Funktionsweise im Überlastfall:

Im Überlastfall unterbricht das Bimetall B1 die Stromzufuhr.

Funktionsweise im Kurzschlussfall:

Kurzschluss direkt nach dem SLS

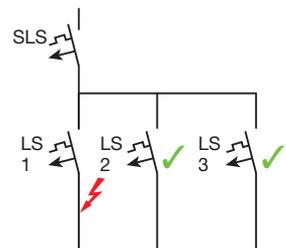
Der unverzügerte Auslöser E1 öffnet den K1 und schliesst den K3 (mechanisch gekoppelt). Der Strom fließt über den Nebenstromkreis und wird durch den Widerstand R begrenzt. Nach ca. 50 ms öffnet das Bimetall B2 die Kontakte K1, K2 und K3.



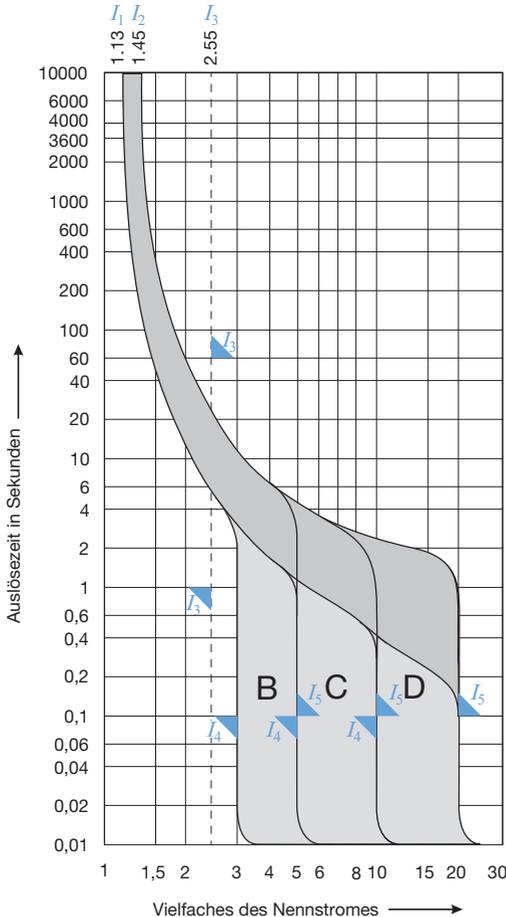
Kurzschluss hinter nachgeschaltetem LS (SLS und LS in Serie)

Der unverzügerte Auslöser E1 öffnet den K1 und schliesst den K3 (mechanisch gekoppelt). Der nachgeschaltete LS 1 löst gleichzeitig aus und unterbricht den Kurzschluss. Der Strom fließt begrenzt über den Nebenstromkreis bis das Elektromagnet E2 den Hauptkontakt K1 wieder schließt.

Vorteil: LS 2 und LS 3 werden nicht ausgeschaltet. Die Selektivität ist somit gegeben.



2.3 Auslösecharakteristik



Die Auslösecharakteristik definiert den Strombereich, bei dem der elektromagnetische Auslöser den Stromkreis unterbricht. Die thermische Auslösung ist bei allen Charakteristiken identisch. Aufgrund von Temperaturveränderungen und der Mechanik handelt es sich bei der ganzen Auslösekurve um einen Bereich und nicht um einen festen Wert.

Bei einem grossen Überstrom beträgt die Auslösezeit ca. 10 Millisekunden. Aus diesem Grund verändert sich die Auslösekurve in diesem Zeitbereich. Schnellere Auslösezeiten sind nicht möglich, da der Mechanik physikalische Grenzen gesetzt sind.

I_1 Kleiner Prüfstrom

Der bis zu 1.13 fache Nennstrom darf nicht vor einer Stunde ausgeschaltet werden.

I_2 Grosser Prüfstrom

Der ab oder grösser gleich 1.45 fache Nennstrom muss spätestens nach einer Stunde ausgeschaltet werden.

I_3 Prüfstrom Toleranzengrenzung (auch undefinierter Auslösebereich genannt)

Die Auslösekurve des thermischen Auslösers muss innerhalb der Toleranzengrenzung sein. Dieser Prüfstrom ist für die Dimensionierung und Planung nicht relevant.

I_4 Haltestrom

Der elektromagnetische Auslöser darf bis zu diesem Strom nicht ansprechen. (z.B. den Einschaltstrom).

I_5 Auslösestrom

Der elektromagnetische Auslöser muss bei diesem Strom innert 0.1 s ansprechen. (z.B. einen Kurzschlussstrom).

2.3.1 Elektromagnetischer Auslöser

Auslösecharakteristik	Halten I_4	Auslösen I_5	Auslösezeit
B	$3 \times I_n$		> 0.1 s
		$5 \times I_n$	< 0.1 s
C	$5 \times I_n$		> 0.1 s
		$10 \times I_n$	< 0.1 s
D	$10 \times I_n$		> 0.1 s
		$20 \times I_n$	< 0.1 s
C _S (SLS)	$6.5 \times I_n$		> 0.1 s
		$10 \times I_n$	< 0.3 s
E (SLS)	$5 \times I_n$		> 0.1 s
		$6.25 \times I_n$	< 0.3 s

Beispiel: Der elektromagnetische Auslöser beim LS Char. B löst bis zum 3-fachen Nennstrom nicht aus und ab dem 5-fachen Nennstrom sicher innerhalb 0.1 Sekunden.

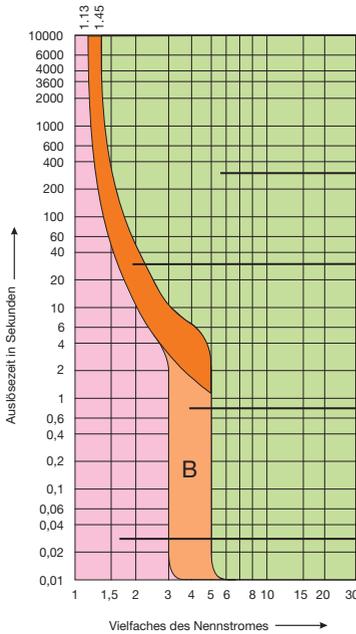
2.3.2 Thermischer Auslöser

Auslösecharakteristik	Kleiner Prüfstrom I_1	Grosser Prüfstrom I_2	Auslösezeit
B / C / D	$1.13 \times I_n$		> 1 h
		$1.45 \times I_n$	< 1 h
C _S (SLS)	$1.13 \times I_n$		> 2 h
		$1.45 \times I_n$	< 2 h
E (SLS)	$1.05 \times I_n$		> 2 h
		$1.2 \times I_n$	< 2 h

Beispiel: Ein Leitungsschutzschalter Char. B kann länger als eine Stunde mit 13% überlastet werden. Dabei darf es zu keiner Auslösung kommen. Bei einer Überlastung von 45% muss die Auslösung innerhalb von einer Stunde erfolgen.

Hinweis: Dieser Umstand ist bei der thermischen Belastbarkeit der Kabel zu berücksichtigen.

2.3.3 Auslösekurve



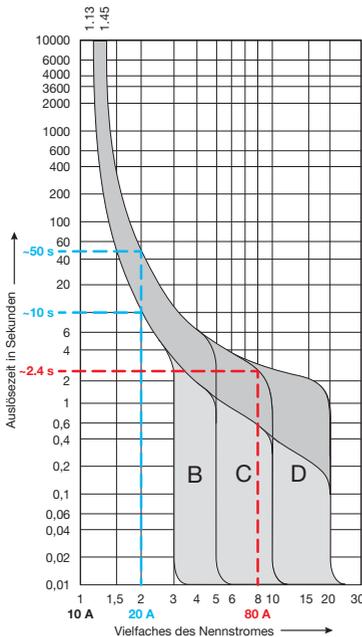
Die Auslösekurve zeigt auf, bei welcher Stromstärke ein Leitungsschutzschalter auslöst oder nicht. Für das Verständnis wird die Kurve anhand von Beispielen erklärt.

LS löst aus

Undefinierter Bereich.
LS kann, muss aber nicht auslösen.
Ist abhängig von den Umgebungsbedingungen

Undefinierter Bereich.
LS kann, muss aber nicht auslösen.
Ist abhängig von den Umgebungsbedingungen

LS löst nicht aus



Beispiel 1

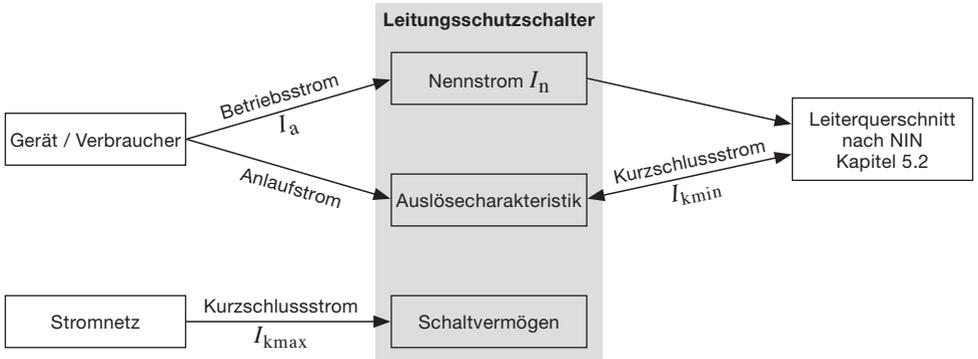
Über einen Leitungsschutzschalter Charakteristik B ($I_n = 10\text{ A}$) fließt ein Strom von 20 A ($2 \times I_n$). Ist dieser Stromfluss bedingt durch einen Einschaltstrom von sehr kurzer Dauer (nur wenige Sekunden) löst bedingt durch die Trägheit des Bimetalls der thermische Auslöser nicht aus. Fließt der Strom über längere Zeit, findet eine Auslösung innert 10 und 50 Sekunden statt.

Beispiel 2

Bei einem Leitungsschutzschalter Charakteristik B ($I_n = 10\text{ A}$) gibt es am Ende einer Leitung einen Fehlerstrom von 80 A ($8 \times I_n$). Der LS löst unter 10 Millisekunden aus, da der Strom über dem oberen Auslösebereich liegt.

Bei einem LS Charakteristik C erfolgt die Auslösung nach ca. 2.4 Sekunden. Der magnetische Auslöser kann aber ansprechen. Demzufolge kann die Auslösung auch in 0.1 Sekunden erfolgen.

2.4 Dimensionierung / Planung



Ohne spezielle Bedingungen reicht für die Bestimmung des Leitungsschalters der Betriebs- und Anlaufstrom aus. Der Betriebsstrom muss kleiner sein als der Nennstrom vom LS und der Anlaufstrom darf den elektromagnetischen Auslöser nicht zur Auslösung bringen. Anhand vom Nennstrom kann der Leiterquerschnitt dimensioniert werden. Spezielle Bedingungen für die Dimensionierung, bei welcher eine genauere Planung notwendig ist:

- Verbraucher mit hohen Einschaltströmen
- Lange Leitungen mit kleinen Kurzschlussströmen
- Hohe Kurzschlussströme
- Spezielle Frequenzen oder Spannungen
- Hohe oder tiefe Umgebungstemperaturen
- Hohe Anforderungen an die Verfügbarkeit / Selektivität
- Anzahl aneinandergereihter Leitungsschutzschalter
- Stromart AC oder DC

2.4.1 Nennstrom

Der Schutz vor zu hoher Erwärmung durch Überlast ist gegeben, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

$$\text{Nennstromregel } I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$\text{Auslöseregel } I_2 \leq 1.45 I_Z$$

Bei den Leitungsschutzschaltern mit der Charakteristik B, C und D gilt I_2 (grosser Prüfstrom) = $1.45 \times I_n$. Somit ergibt sich folgende vereinfachte Betrachtung:

$$I_n \leq I_Z$$

Vereinfacht bedeutet dies, dass der Betriebsstrom I_B kleiner sein muss als der Nennstrom I_n vom LS und dieser wiederum kleiner als die zulässige Strombelastbarkeit der Leitung I_Z .

Tipp I_Z :

Erfolgt die Querschnittdimensionierung des Leiters nach NIN 5.2, ist die Bestimmung des I_Z nicht notwendig, da in der NIN direkt die Nennstromstärke des Überstromunterbrechers angegeben wird.

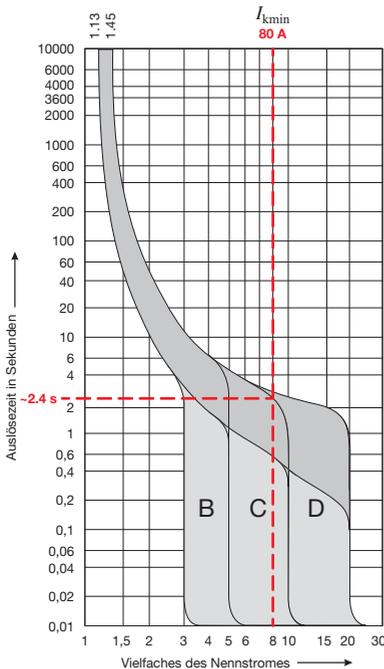
- I_B Betriebsstrom
- I_n Nennstrom
- I_Z Zulässige Strombelastbarkeit des Leiters
- I_2 Grosser Prüfstrom

2.4.2 Auslösecharakteristik

Für die Wahl der richtigen Charakteristik sind der Anlauf- und Einschaltstrom der Verbraucher relevant, sowie der Kurzschlussstrom. Anhand des Einsatzortes nach untenstehender Tabelle, kann die richtige Charakteristik bestimmt werden.

Charakteristik	Einsatzort
B	Für thermische Verbraucher ohne grosse Einschaltstromspitzen. Beispiel: <ul style="list-style-type: none"> • Kochherd • Elektroheizung • Wassererwärmer
C	Für Licht- / Steckdosenstromkreise bei undefinierten Verbrauchern und Verbraucher mit hohen Einschaltstromspitzen. Beispiel: <ul style="list-style-type: none"> • Licht- / Steckdosenstromkreise • kleine Motoren
D	Für Geräte mit hohen Einschaltstromspitzen. Beispiel: <ul style="list-style-type: none"> • als Bezüger-Überstromunterbrecher • Kondensatoren • Transformatoren

Für die automatische Abschaltung im Fehlerfall (Personenschutz) müssen die Abschaltzeiten nach NIN 4.1.1.3.2 eingehalten werden. Bei Stromkreisen ≤ 32 A beträgt die Abschaltzeit ≤ 0.4 Sekunden. Für Stromkreise > 32 A und für alle Verteilstromkreise wird eine Abschaltzeit von maximal 5 Sekunden gefordert.



Beispiel

Bei einem Abgang mit einer sehr langen Leitung wird ein minimaler Kurzschlussstrom I_{kmin} von 80 A erwartet. Damit der LS innerhalb von 0.4 Sekunden auslöst, muss die Charakteristik Typ B verwendet werden. Beim Typ C beträgt die Auslösezeit ca. 2.4 Sekunden.

Ist trotzdem ein Typ C notwendig, so gibt es folgende Möglichkeiten:

- Grösserer Leiterquerschnitt um den I_{kmin} zu erhöhen
- Verbraucher auf mehrere Sicherungsgruppen aufteilen um den Nennstrom zu verkleinern

Achtung:

Ein RCD als zusätzliche Schutzmassnahme deckt lediglich den Personenschutz ab, aber nicht den Leitungs- / Betriebsmittelschutz. Der Leitungs- / Betriebsmittelschutz muss separat betrachtet werden.

2.4.3 Schaltvermögen

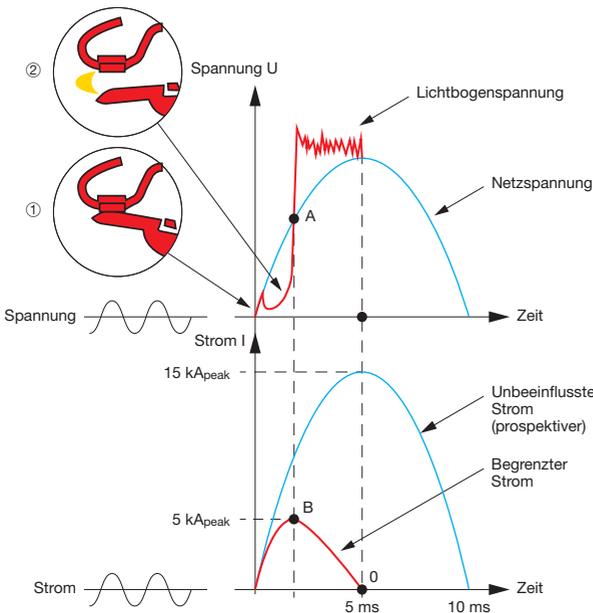
Das Ziel ist es, dass ein Leitungsschutzschalter den maximalen Kurzschlussstrom ohne Schaden ausschalten kann. Dafür muss der Kurzschlussstrom am Einbauort bekannt sein. Ist der zu erwartende Kurzschlussstrom höher als das Schaltvermögen vom LS, muss in diesem Fall der Kurzschlussstrom am Einbauort begrenzt werden (Backup-Schutz).

Dies ist zum Beispiel möglich mit Schmelzsicherungen (NH, DIAZED) oder mit selektiven Leitungsschutzschalter.

Sind hohe Kurzschlussströme vorhanden, muss anhand von Koordinationstabellen das Schaltvermögen bestimmt werden. Siehe dazu das Kapitel Backup-Schutz / Selektivität (Backup-Schutz ab Seite 51)

2.4.4 Energiebegrenzungsklasse

Der Standard ist die Energiebegrenzungsklasse 3 nach EN 60898-1 (Klasse 1 = keine Begrenzung), was im Ereignisfall eine starke Kurzschlussstrombegrenzung bedeutet. Dabei spielt die Lichtbogenspannung eine entscheidende Rolle.



① Die Kontakte sind geschlossen, die Lichtbogenspannung ist gleich null.

② Beim Öffnen der Kontakte nach der Feststellung des Kurzschlusses entwickelt sich eine Lichtbogenspannung. Sobald diese höher ist als die Netzspannung (Punkt A), nimmt die Stärke des Kurzschlussstromes (Punkte B) bis zum Wert 0 ab (Punkt 0). Der Lichtbogen ist gelöscht, der Strom ist unterbrochen.

Der beschriebene Vorgang hat folgende Vorteile:

- Eine Begrenzung des Kurzschlussstromes (z.B. von $15 \text{ kA}_{\text{peak}}$ auf $5 \text{ kA}_{\text{peak}}$)
- Reduktion der Abschaltzeit des Kurzschlusses (z.B. von 10 ms auf 5 ms)

2.4.5 Gleichspannungsanwendung / Frequenz

Aufgrund der hohen Schaltgeschwindigkeit und den lichtbogenlöschenden Eigenschaften, können die Leitungsschutzschalter der Firma Hager auch bei Gleichstrom oder unterschiedlichen Frequenzen eingesetzt werden. Jedoch muss dabei beachtet werden, dass der elektromagnetische Auslöser frequenzabhängig ist. Keine Veränderungen gibt es beim thermischen Auslöser.

Magnetische Auslöser	Anwendungsart	I_4	I_5
B-Kurve	16.7 – 50 Hz	$3 \times I_n$	$5 \times I_n$
	DC	$4 \times I_n$	$7 \times I_n$
	100 Hz	$3.3 \times I_n$	$5.5 \times I_n$
	200 Hz	$3.6 \times I_n$	$6 \times I_n$
	400 Hz	$4.5 \times I_n$	$7.5 \times I_n$
C-Kurve	16.7 – 50 Hz	$5 \times I_n$	$10 \times I_n$
	DC	$7 \times I_n$	$15 \times I_n$
	100 Hz	$5.5 \times I_n$	$11 \times I_n$
	200 Hz	$6 \times I_n$	$12 \times I_n$
	400 Hz	$7.5 \times I_n$	$15 \times I_n$
D-Kurve	16.7 – 50 Hz	$10 \times I_n$	$20 \times I_n$
	DC	$15 \times I_n$	$30 \times I_n$
	100 Hz	$11 \times I_n$	$22 \times I_n$
	200 Hz	$12 \times I_n$	$24 \times I_n$
	400 Hz	$15 \times I_n$	$30 \times I_n$

Für die Dimensionierung sind die Werte aus den Datenblättern massgebend.

Bei der Betriebsspannung sind folgende Werte zu beachten:

AC: max. 230/400 V min. 12 V

DC: max. 60 V, 125 V (mit zwei oder mehreren hintereinander geschalteten Pole)

I_4 Haltestrom

Der elektromagnetische Auslöser darf bis zu diesem Strom nicht ansprechen (z.B. den Einschaltstrom).

I_5 Auslösestrom

Der elektromagnetische Auslöser muss bei diesem Strom innert 0.1 s ansprechen (z.B. einen Kurzschlussstrom).

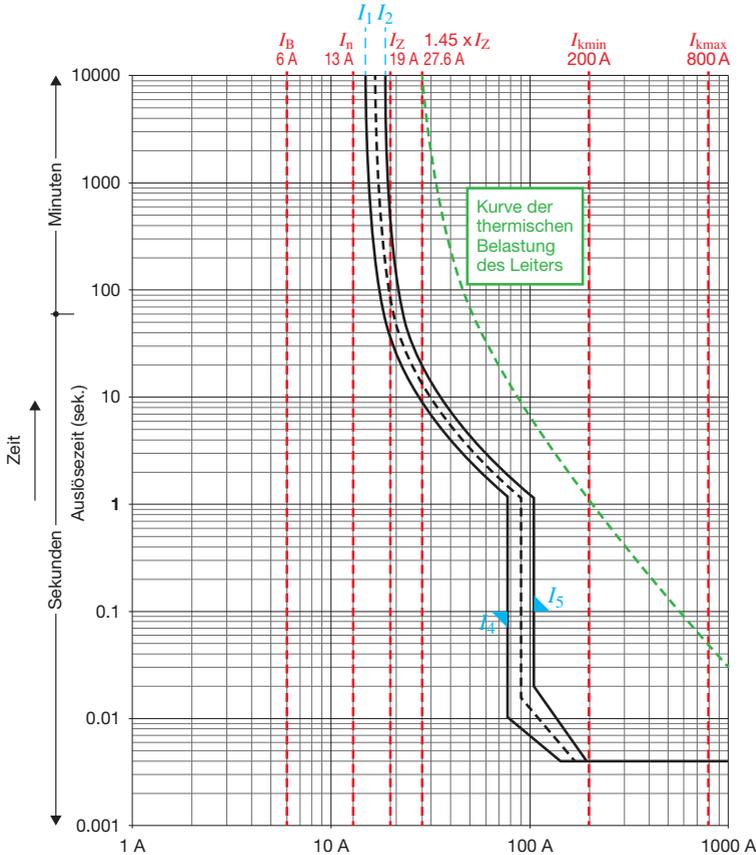
2.4.6 Umgebungstemperatur

Das Auslöseverhalten eines Leitungsschutzschalters verändert sich mit der Umgebungstemperatur. Der aufgeführte Nennstrom bezieht sich auf eine Temperatur von 30°C. Bei Aufstellungsorten mit höheren oder tieferen Umgebungstemperaturen, muss mit einem Korrekturfaktor gerechnet werden. Die entsprechenden Faktoren sind in den Datenblättern zu finden.

Ein weiterer Korrekturfaktor ist anzuwenden, wenn mehrere Leitungsschutzschalter aneinandergereiht sind. Durch die gegenseitige, thermische Belastung verringert sich der Nennstrom.

2.4.7 Beispiel

Für die Kontrolle der Planung hilft eine grafische Überprüfung der einzelnen Ströme. Die untenstehende Grafik zeigt die Zusammenhänge anhand eines Leitungsschutzschalters 13 A Typ C auf. Die ergänzte, thermische Belastung des Leiters ist informativ, da für die Dimensionierung das I_Z oder die Querschnittbestimmung nach NIN 5.2 massgebend ist.



I_B	Betriebsstrom
I_n	Nennstrom
I_Z	Zulässige Strombelastbarkeit der Leitung bzw. des Kabels
I_1	Kleiner Prüfstrom
I_2	Grosser Prüfstrom
I_4	Haltestrom
I_5	Auslösestrom
I_{kmin}	Minimaler Kurzschlussstrom
I_{kmax}	Maximaler Kurzschlussstrom

Leitungsschalter:	$I_n = 13 \text{ A}$ Typ C 6 kA Schaltvermögen Energiebegrenzungsklasse 3 50 Hz, 3 x 400/230 V 30°C Umgebungstemperatur
Leitung:	5 x 1.5 mm ² Verlegungsart E
Überprüfung I_n :	$I_Z = 19 \text{ A}$ $I_B \leq I_n \leq I_Z$ $6 \text{ A} \leq 13 \text{ A} \leq 19 \text{ A}$
Auslösezeit:	$I_5 < I_{kmin}$
Schaltvermögen:	$I_{kmax} < 6 \text{ kA}$

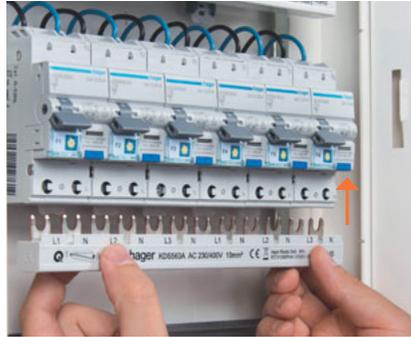
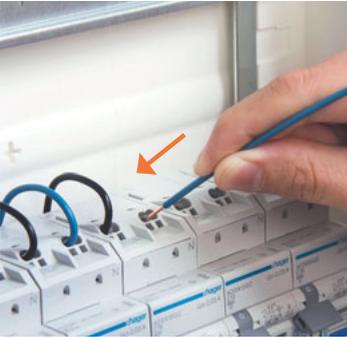
2.5 Normative Verweise

Relevante Normen für die Planung und Ausführung, welche den Leitungsschutzschalter betreffen:

NIN 2015 / 5.2	Dimensionierung von Leitungen
NIN 2015 / 4.1.1.3.2	Automatische Abschaltung im Fehlerfall
NIN 2015 / 5.3.9.8.5.5	Zugänglichkeit
EN 61439 1-5	Norm für Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen

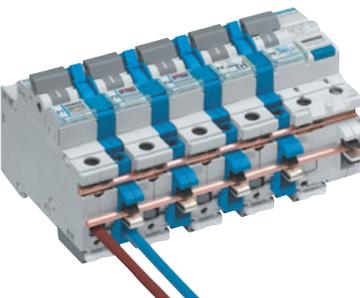
2.6 Montagesysteme

Verschienung mit Phasenschiene

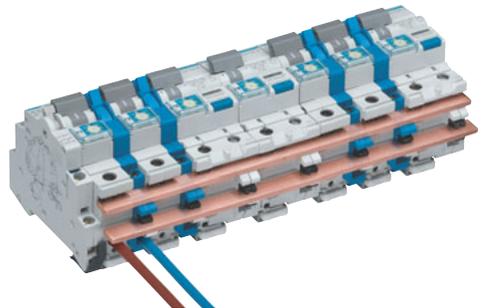


Bei der quickconnect-Anschluss-technik werden Leitungen (abgangsseitig) und auch Phasenschiene (eingangsseitig) zur Verdrahtung einfach gesteckt - stecken statt schrauben.

Verschienung mit Rund-/ Flachkupferschiene



Rund-Kupferschiene



Flach-Kupferschiene

Verteilersystem tertio



Tragschienensystem weber.uniline



NH-Sicherungs- einsätze



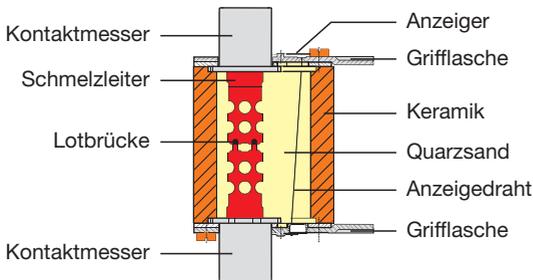
	Seite
3 NH-Sicherungseinsätze	42
3.1 Übersicht	44
3.2 Funktion	45
3.3 Auslösecharakteristik	45
3.4 Dimensionierung / Planung	48
3.5 Normative Verweise	48
3.6 Montagesysteme	49

Die Niederspannungs-Hochleistungs-Sicherung (NH / NHS) ist ein Bestandteil der NH Sicherungs-Lastschaltleiste. Dabei handelt es sich um eine Schmelzsicherung mit extrem hohem Bemessungsaus-schaltvermögen (bis 120 kA). Der Bemessungsstrom der Sicherungen ist abgestuft und ermöglicht eine einfache Selektivitätsbetrachtung.

Produktvorteile

- sehr hohes Schaltvermögen bei kleinen Abmessungen
- starke Strombegrenzung, niedrige Durchlass- I^2t -Werte
- fein gestaffelte Selektivität
- geringe Verlustleistung
- sehr hohe Zuverlässigkeit und Alterungsbeständigkeit
- einfache Handhabung
- Kontaktdruck ist nicht vom Bediener abhängig

3.2 Funktion



Der Aufbau der NHS ist einfach, hat sich aber bewährt. Seit Jahrzehnten hat sich der Aufbau kaum verändert. Der Schmelzleiter und die Lotbrücke bestimmen die Form der Kennlinie. Bei einem Überlast- oder Kurzschlussstrom schmelzen diese durch und die Sandfüllung sorgt für eine sichere Löschung des Lichtbogens sowie für die Wärmeabführung. Der Kennmelder sorgt dafür, dass eine ausgelöste Sicherung rasch identifiziert werden kann.

3.3 Auslösecharakteristik

3.3.1 Betriebsklassen

Die Betriebsklasse beschreibt die Auslöseeigenschaft einer Sicherung und somit die Form der Auslösekurve.

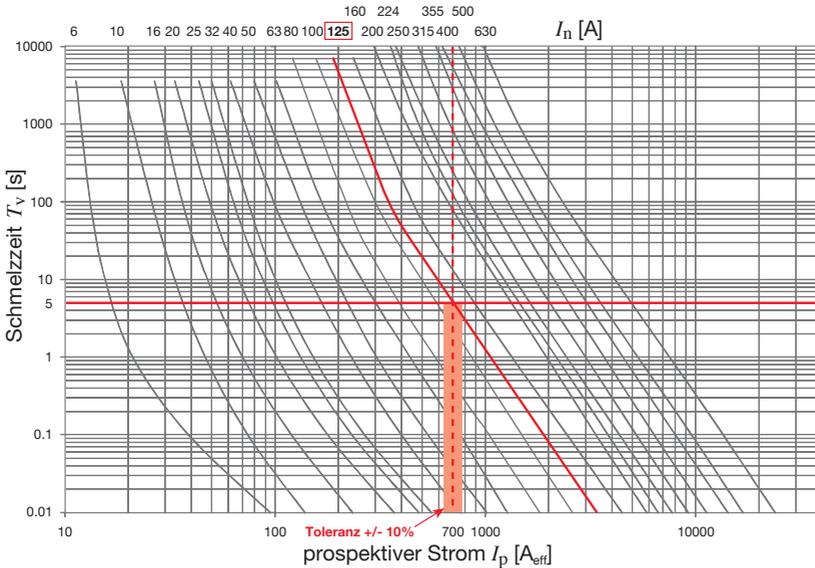
gG Ganzbereichssicherung für allgemeine Anwendungen
Für den Leitungs- und Anlageschutz vor Überlast- und Kurzschlussströmen

gTr Ganzbereichssicherung für den Transformatorschutz
Für den Schutz von Netztransformatoren. Die Bemessungsgröße wird in der Scheinleistung (kVA) des Transformators angegeben. Die Auslösekurve ist auf die Betriebsweise des Transformators abgestimmt sowie auf die vorgeschalteten HH-Sicherungen.

aM Teilbereichssicherung für den Kurzschlusschutz von Motorstromkreisen
Die Teilbereichssicherung übernimmt lediglich den Kurzschlusschutz. Es wird davon ausgegangen, dass für den Überlastschutz ein zusätzliches Element verwendet wird. Der Bemessungsnennstrom kann gleich mit dem Motorenennstrom gewählt werden.

3.3.2 Zeit / Strom Kennlinie

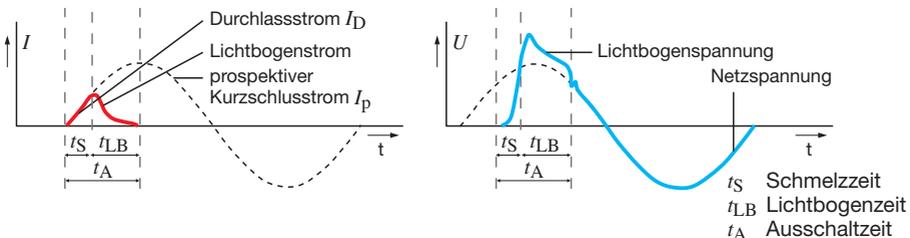
Die Zeit / Strom Kennlinie einer NHS zeigt die Abhängigkeit zwischen Schmelzzeit und Strom. Bei der Grafik handelt es sich um mittlere Kennlinien die um +/- 10% von der Stromachse abweichen können. Beispielsweise löst eine 125 A NHS bei 700 A nach 5 Sekunden aus. Mit Berücksichtigung der Toleranz muss der Strom zur sicheren Auslösung mindestens 10% höher sein, dass die NHS innerhalb von 5 Sekunden auslöst.



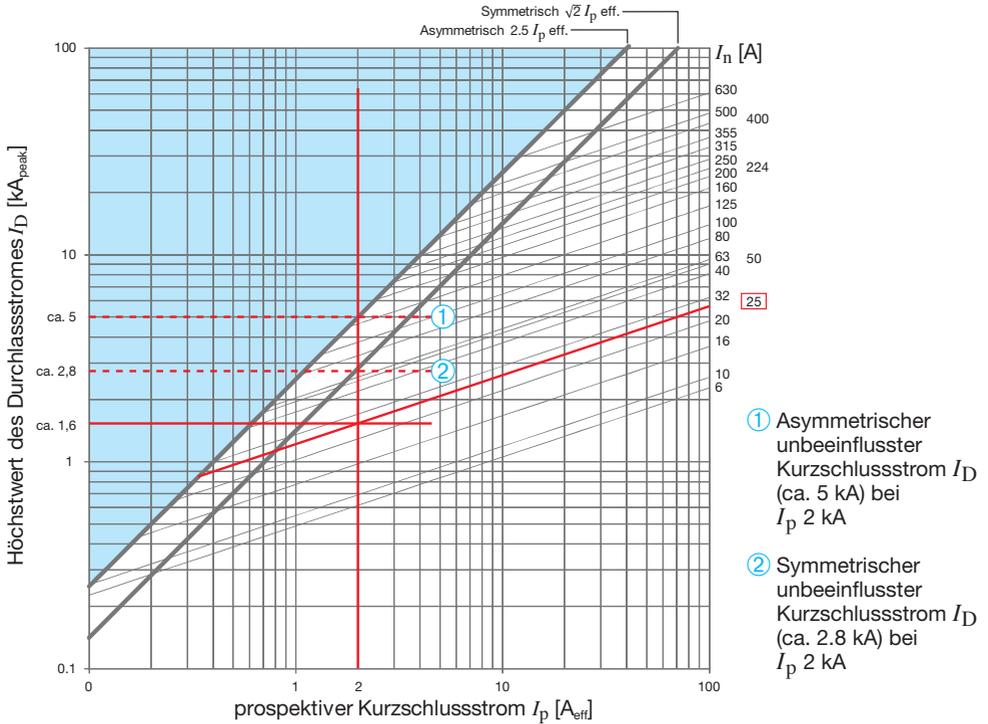
Der prospektive Strom I_p ist der unbeeinflusste Strom. Das bedeutet, dass bei einem Kurzschluss der Strom durch kein strombegrenzendes Element reduziert wird.

3.3.3 Strombegrenzung

NHS haben den grossen Vorteil, dass sie einen hohen Kurzschlussstrom wirksam begrenzen können. Durch die schnelle Ausschaltzeit erreicht der Durchlassstrom nicht den Scheitелwert des prospektiven Kurzschlussstroms. Dies hat den Vorteil, dass auf die nachgeordneten Elemente lediglich der Durchlassstrom einwirkt. Somit wird die mechanische und thermische Beanspruchung kleiner.



Für die Bestimmung des Höchstwertes des Durchlassstromes kommt das Strom-Begrenzungsdiagramm zum Einsatz.



Asymmetrischer / symmetrischer Strom

Ohne Strombegrenzung ist der Höchstwert des Durchlassstromes I_D zusätzlich abhängig vom ohmschen und induktiven Widerstandsverhältnis am Kurzschlussort. Vereinfacht kann auch von Transformator nahen (asymmetrische) und Transformator fernen (symmetrische) Kurzschlüssen gesprochen werden, da dies direkt Auswirkungen auf das Widerstandsverhältnis hat.

Transformator nah: $I_D = 1.8 \times \sqrt{2} \times I_p = \sim 2.5 \times I_p$ (asymmetrisch)

Transformator fern: $I_D = \sqrt{2} \times I_p = \sim 1.4 \times I_p$ (symmetrisch)

1. Beispiel

Bei einem prospektiven Kurzschlussstrom I_p von 2 kA effektiv begrenzt eine 25 A NHS den Höchstwert des Durchlassstromes auf ca. 1.6 kA_{peak}

2. Beispiel

Bei einem prospektiven Kurzschlussstrom I_p von 2 kA effektiv wird der Strom durch folgende Sicherungen begrenzt:

Bei symmetrischem Strom: 6 A, 10 A, 16 A, 20 A, 25 A, 32 A, 40 A, 50 A, 63 A

Bei asymmetrischem Strom: 6 A, 10 A, 16 A, 20 A, 25 A, 32 A, 40 A, 50 A, 63 A, 80 A, 100 A, 125 A

Bei einer höheren Absicherung gibt es keine Strombegrenzung, da mindestens eine Halbwellle durchgelassen wird.

3.4 Dimensionierung / Planung

Die Wahl und Dimensionierung der NHS erfolgt nach folgendem Ablauf:

1. Auswahl der Betriebsklasse
2. Wahl des Bemessungsstromes
3. Dimensionierung der Leitung
4. Kontrolle der Abschaltzeiten in einem Fehlerfall

Gibt es Anforderungen an die Selektivität oder an den Backup-Schutz, so siehe Kapitel Backup-Schutz / Selektivität.

Da das Bemessungsausschaltvermögen der NHS hoch ist ($\geq 100 \text{ kA}$), muss im Normalfall nicht auf das Ausschaltvermögen geachtet werden.

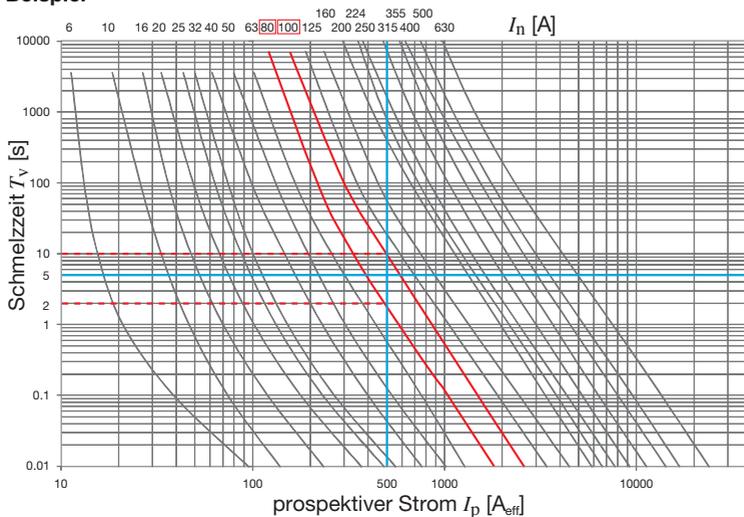
3.4.1 Abschaltzeit

Die automatischen Abschaltzeiten in einem Fehlerfall sind nach NIN 4.1.1.3.2 geregelt. Im Allgemeinen gelten folgende Zeiten:

- 0.4 s für Endstromkreise $\leq 32 \text{ A}$
- 5.0 s für übrige Stromkreise

Für die Kontrolle muss der minimale Kurzschlussstrom am Ende der Leitung bekannt sein.

Beispiel



Am Ende einer Leitung wird ein minimaler Kurzschlussstrom von 500 A erwartet. Vorgesehen war eine NHS mit einem Bemessungsstrom von 100 A. Die Auslösezeit ist jedoch höher als 5 Sekunden und somit kann eine 100 A NHS nicht eingesetzt werden. Möglich wäre eine 80 A NHS oder ein grösserer Querschnitt bei der Zuleitung, dadurch steigt der minimale Kurzschlussstrom.

3.5 Normative Verweise

Relevante Normen für die Planung und Ausführung:

NIN 2015 / 5.2	Dimensionierung von Leitungen
NIN 2015 / 4.1.1.3.2	Automatische Abschaltung im Fehlerfall
NIN 2015 / 4.3.2.1 B+E	Bedienung der NHS nur für elektrotechnisch unterwiesene Personen
NIN 2015 / 5.3.9.8.5.5	Zugänglichkeit
EN 61439 1-5	Norm für Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen

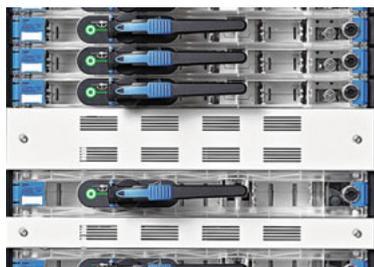
3.6 Montagesysteme



weber.vertigroup

NH-Sicherungs-Lastschaltleisten

- 1- und 3-polig schaltbar
- Baugrösse 00 für 60, 100 und 185 mm
Sammelschienensystem bis 160 A
- Grösse 1-3 für 185 mm
Sammelschienensystem bis 630 A
- Doppelschaltleiste bis 1260 A
- Trafoleisten 910 A (630 kVA) und 1820 A (1250 kVA)



Serie LL

Lasttrennschalter mit Sicherung in Leistenbauform

- Baugrösse 00 und 1-3 (bis 630 A)
- Einfache Bedienung mit Antriebshebel
- Mit integriertem Sprungschaltwerk
- Montage der Einschübe unter Spannung möglich
- 3-polig schaltbar



weber.silas

NH-Sicherungslasttrennschalter

- Baugrösse 000, 00, 1, 2, 3 (6 A bis 630 A)
- Kompakte Bauweise
- 3-polig schaltbar

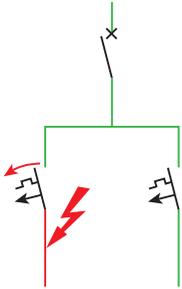
Unabhängig vom Montagesystem können die Systeme grösstenteils mit einer elektronischen Sicherungsüberwachung sowie mit Stromwandler ausgerüstet werden.

Backup-Schutz / Selektivität

	Seite
4 Backup-Schutz/Selektivität	50
4.1 Übersicht	52
4.2 Backup-Schutz	53
4.3 Selektivität	55
4.4 Selektivitätskonzept	62

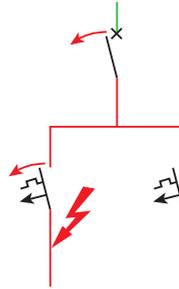
4.1 Übersicht

Totale Selektivität



Überstromselektivität von zwei Überstromschutzeinrichtungen in Reihe, wobei die Schutzeinrichtung auf der Lastseite den Schutz übernimmt, ohne dass die andere Schutzeinrichtung wirksam wird.

Backup-Schutz

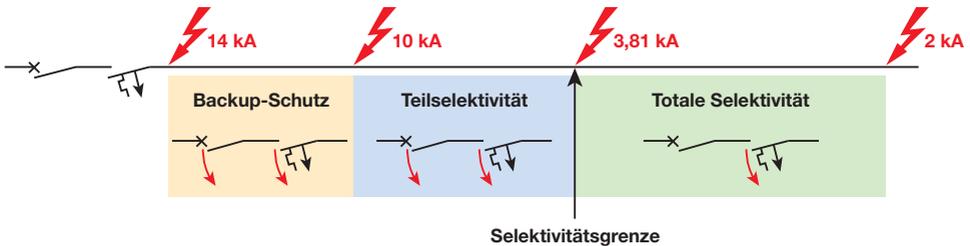


Die Höhe des Kurzschlussstromes übersteigt das Schaltvermögen der Schutzeinrichtung. Für eine sichere Abschaltung übernimmt das vorgeordnete Schutzelement den Kurzschlusschutz. Bei einem Kurzschluss lösen in der Regel beide Elemente aus.

Teilelektivität

Überstromselektivität von zwei Überstromschutzeinrichtungen in Reihe, wobei bis zu einem gegebenen Überstromwert die Schutzeinrichtung auf der Lastseite den Schutz übernimmt, ohne dass die andere Schutzeinrichtung wirksam wird.

Zwei Schutzelemente in einem Stromkreis sind hintereinander angeordnet. Bei kleinen Kurzschlussströmen löst lediglich das am nächsten am Fehlerort liegende Schutzelement aus. Liegt der Kurzschluss über der Selektivitätsgrenze löst zusätzlich das vorgeordnete Element aus, da die Durchlassenergie zu hoch ist. Bei hohen Kurzschlussströmen übersteigt der Strom das Schaltvermögen des Schutzelementes und das vorgeordnete Element übernimmt den Backup-Schutz.

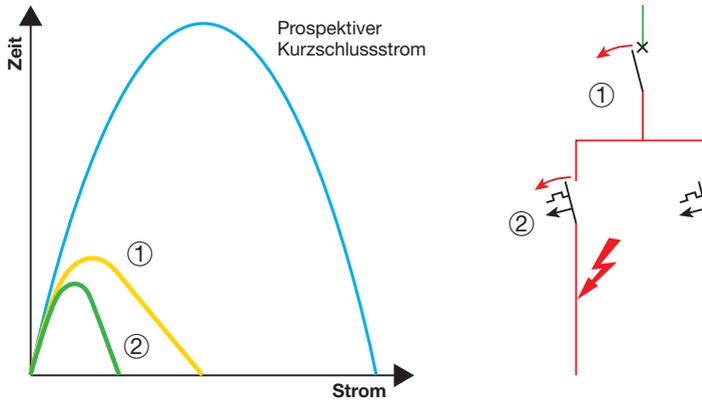


Beim Kurzschluss am Verbraucher (häufigster Fall) ist Selektivität bedingt durch die in der Regel niedrigen Kurzschlussströme gegeben.

Beim Kurzschluss nahe der Verteilung (seltener Fall), ist Backup-Schutz (Achtung, keine Selektivität) gegeben und somit das Schutzelement trotz zu hohem prospektivem Kurzschlussstrom geschützt.

Beide Zustände können anhand von Koordinationstabellen (Selektivität / Backup-Schutz) ermittelt werden.

4.2 Backup-Schutz



Übersteigt der Kurzschlussstrom das Schaltvermögen einer Schutzeinrichtung (2), so muss ein vorgeordnetes Schutzorgan (1) zusammen mit dem nachgeschalteten Schutzelement (2) den Kurzschluss soweit begrenzen, dass das nachgeordnete Schutzorgan (2) das entsprechende Schaltvermögen nicht übersteigt. In diesem Fall lösen in der Regel beide Schutzelemente (1+2) aus.

Info:

Bei hohen Kurzschlussströmen (höher als das Schaltvermögen) benötigt der Leitungsschutzschalter immer einen Backup Schutz. Dieser ist in der Regel durch das vorgeschaltete Schutzelement sichergestellt (Beispiel: Vorsicherung einer Unterverteilung, Vorsicherung Feinabgänge, etc.).

Für die Planung und Dimensionierung sind folgende Tabellen notwendig:

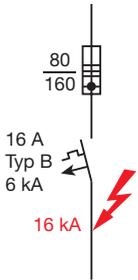
Tabelle Backup-Schutz:

In der Tabelle kann der maximale Kurzschlussstrom am Einbauort herausgelesen werden. Bis zu diesem Strom begrenzt das vorgeordnete Schutzelement soweit, dass das nachgeordnete Schutzelement keinen Schaden nimmt.

Tabelle Selektivität:

Die Tabelle dient zur Bestimmung der Selektivitätsgrenze. Bis zum angegebenen Strom löst lediglich das nachgeordnete Schutzelement aus.

Beispiel



Ein LS Typ B (**MBN016**) 16 A, 6 kA wird mit einer NHS 80 A geschützt. Der maximale Kurzschluss am Einbauort kann 16 kA betragen.

Anhand der Koordinationstabelle Backup-Schutz ist ersichtlich, dass der LS bis zu einem Kurzschlussstrom von 25 kA geschützt ist.

Koordinationsstabelle Backup-Schutz

Backup-Schutz Leitungsschutzschalter mit NH-Sicherung Typ gG

Baureihe	NH-Sicherung Typ gG	Back-UP Schutz* bis
MBN, MCN 6 bis 40 A	50 A	50 kA
	63 A	40 kA
	80 A	25 kA
	100 A	25 kA
	125 A	25 kA
NBN, NCN, NDN, NRN, NSN 0,5 bis 63 A	50 A	60 kA
	63 A	
	80 A	
	100 A	
	125 A	
NRN, NSN 20 bis 63 A	160 A	60 kA

(*) Backup-Schutz Prüfzyklus nach EN 60947-2 (O-CO)

4.3 Selektivität

Bei einer totalen Selektivität löst lediglich das Schutzelement aus, welches am nächsten beim Fehlerort liegt. Die nichtbetroffenen Schutzelemente lösen nicht aus. Für die Erreichung der totalen Selektivität gibt es unterschiedliche Vorgehensweisen. Hauptsächlich wird von Strom-, Zeit- und Zonen-Selektivität gesprochen.

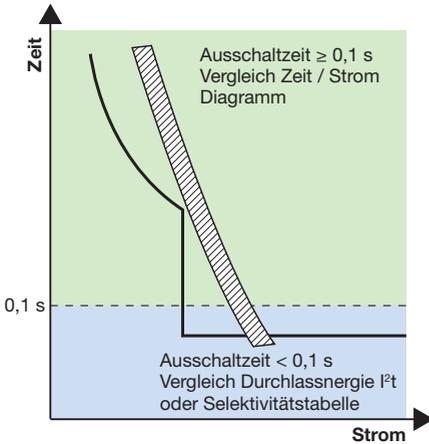
4.3.1 Arten von Selektivität

	Strom-Selektivität	Zeit-Selektivität	Zonen-Selektivität
	Staffelung der Ansprechströme	Staffelung der Kurzschlussauslösezeiten	Selektive Ausschaltung durch Lokalisierung des Kurzschlusses auf eine Zone
Leitungsschutzschalter LS (MCB)	✓		
Niederspannungs-Hochleistungs-Sicherung (NHS)	✓		
Kompakt-Leistungsschalter (MCCB)	✓	✓	✓
Offener Leistungsschalter (ACB)	✓	✓	✓

4.3.2 Strom-Selektivität

Die Ansprechwerte von nachgeschalteten Schutzorganen werden durchgängig gestaffelt. Abhängig von bestimmten Bedingungen ist totale oder Teilelektivität gegeben.

Für die totale Selektivität muss das Ausschaltverhalten kleiner und grösser 0.1 Sekunden separat betrachtet werden. Bei hohen Kurzschlussströmen ist die Durchlassenergie (I^2t) massgebend für die Selektivitätsbetrachtung, wobei bei kleineren Kurzschlussströmen die Auslösekennlinien verglichen werden können.



Ausschaltzeit ≥ 0.1 Sekunde

Die Selektivitätsbetrachtung erfolgt anhand dem Kennlinienvergleich im Strom / Zeit Diagramm. Dabei ist zu beachten, dass sich die Kennlinien nicht überschneiden und ein genügend grosser Abstand dazwischen liegt (für die Toleranz).

Ausschaltzeit < 0.1 Sekunde

Bei grossen Kurzschlussströmen ist die Durchlass-, Ansprech- oder Schmelzenergie massgebend. Die Werte werden durch aufwändige Prüfungen ermittelt und zur Vereinfachung stehen dem Planer diverse Koordinationstabellen zur Verfügung.

Bemerkung:

Bei Schutzgeräten mit elektronischen Auslösesystemen kann durch eine Staffelung der Kurzeitauslösung eine Selektivität auch bei hohem Kurzschlussniveau erreicht werden.

Beispiele Koordinationstabellen

Baugrösse	Offener Leistungsschalter ACB		800A		1250A		1600A			
	Typ		AR208S	AR208H	AR212S	AR212H	AR216S	AR216H	AR220S	
Kompakt-Leistungsschalter MCCB		Ausschaltvermögen	65 kA	65 kA	80 kA	65 kA	80 kA	100 kA	65 kA	
	TB2	S125NJ	36 kA	T	T	T	T	T	T	T
S125	S125GJ	65 kA	T	T	T	T	T	T	T	
TB2	S125	S160NJ	36 kA	T	T	T	T	T	T	T
		S160GJ	36 kA	T	T	T	T	T	T	T
		S250NJ	36 kA	T	T	T	T	T	T	T
		S250GJ	65 kA	T	T	T	T	T	T	T

T = Totale Selektivität

Kompakt-Leistungsschalter MCCB / Offener Leistungsschalter ACB

Wenn ein Kompakt-Leistungsschalter MCCB nach einem offenen Leistungsschalter ACB angeordnet ist, so ist die Konstellation totalesektiv.

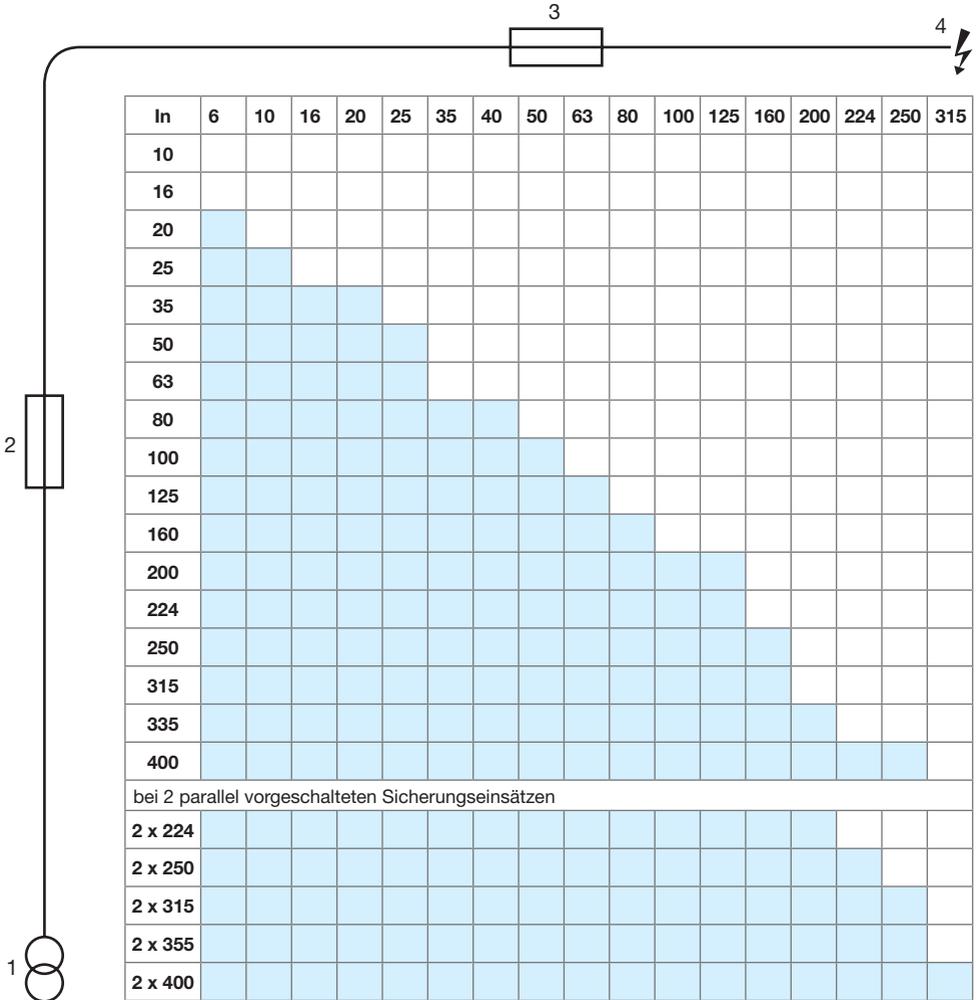
max. Werte (kA)	Vorge-Schaltlet (Eingangs-seite)	Schaltvermögen IEC 61009-1	Kompakt-Leistungsschalter Serie x160 TM											
			25/40 kA HHA, HNA											
Nachgeschaltet (Lastseite)	In (A)		16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	
FI-LS 4-polig	Char. B	6 kA	6	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	2,87	2,87	5,97	5,97	T
			10	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	2,36	2,36	4,94	4,94	5,55
			13	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	2,19	2,19	4,34	4,34	4,83
			16	-	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	2,05	2,05	4,02	4,02	4,46
			20	-	-	0,85	0,85	0,85	0,85	1,89	1,89	3,61	3,61	3,99
			25	-	-	-	0,80	0,80	0,80	1,78	1,78	3,40	3,40	3,76
			32	-	-	-	-	-	0,80	1,68	1,68	3,19	3,19	3,53
			40	-	-	-	-	-	-	1,66	1,66	3,07	3,07	3,38

Werte in der Tabelle in kA

Fehlerstrom-Leitungsschutzschalter FI-LS / Kompakt-Leistungsschalter MCCB

Die Konstellation ist nicht in jedem Fall totalesektiv. Sofern der maximale Kurzschlussstrom nach dem FI-LS kleiner ist als der Wert in der Tabelle, ist die Kombination totalesektiv.

Beispiel Koordinationstabelle NH-Sicherungen



- 1 Trafo
- 2 Vorsicherung
- 3 Nachgeschaltete Sicherung
- 4 Überlast oder Kurzschluss

■ Selektiv

NHS / NHS

Für die Koordination von NH-Sicherungen untereinander gibt es eine Tabelle. Dabei muss nicht unterschieden werden zwischen grösser und kleiner 0.1 Sekunde Auslösezeit.

Beispiel Koordinationstabelle LS

Grenze (kA)		Vorgeschaltet:												
B-Charakteristik	In	B-Charakteristik												
		6 A	10 A	13 A	16 A	20 A	25 A	32 A	40 A	50 A	63 A	80 A	100 A	125 A
	6 A	-	0,04	0,05	0,06	0,08	0,1	0,13	0,46	0,2	0,25	0,32	0,4	0,5
	10 A	-	-	-	0,06	0,08	0,1	0,13	0,46	0,2	0,25	0,32	0,4	0,5
	13 A	-	-	-	-	0,08	0,1	0,13	0,46	0,2	0,25	0,32	0,4	0,5
	16 A	-	-	-	-	-	0,1	0,13	0,46	0,2	0,25	0,32	0,4	0,5
	20 A	-	-	-	-	-	-	0,13	0,46	0,2	0,25	0,32	0,4	0,5
	25 A	-	-	-	-	-	-	-	0,46	0,2	0,25	0,32	0,4	0,5
	32 A	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	0,25	0,32	0,4	0,5
	40 A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	0,32	0,4	0,5
	50 A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,32	0,4	0,5
	63 A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	0,5
	80 A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5
	100 A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
125 A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Werte in der Tabelle in kA

Leitungsschutzschalter LS / Leitungsschutzschalter LS

Selektivität unter Leitungsschutzschaltern ist schwierig zu erreichen. Die Kenntnisse der Kurzschlussströme ist unabdingbar. Abhilfe könnte durch den Einsatz eines selektiven Leitungsschutzschalters erreicht werden.

Im Beispiel oben ist diese Kombination bis 320 A selektiv.

Koordinationstabelle Selektivität

LS-Schalter 6 kA B MBN

Sicherung NH000/00 gG													
In (A)	10 A	16 A	20 A	25 A	32 A	35 A	40 A	50 A	63 A	80 A	100 A	125 A	160 A
6	0,1	0,2	0,3	0,5	1	1,2	1,5	2,3	2,6	4,9	T	T	T
10	-	0,1	0,2	0,4	0,9	1	1,3	1,9	2,2	3,9	T	T	T
13	-	0,1	0,2	0,4	0,8	0,9	1,1	1,6	1,8	3,2	5,5	T	T
16	-	-	0,2	0,4	0,8	0,9	1,1	1,6	1,8	3,2	5,5	T	T
20	-	-	-	-	0,6	0,7	0,9	1,4	1,6	2,7	4,7	T	T
25	-	-	-	-	0,6	0,7	0,9	1,4	1,6	2,7	4,7	T	T
32	-	-	-	-	-	-	0,9	1,2	1,4	2,5	4,3	T	T
40	-	-	-	-	-	-	-	1,2	1,4	2,5	4,3	T	T

- = Keine Selektivität

Werte in der Tabelle in kA

T = Totale Selektivität bis zum Bemessungsschaltvermögen des nachgeschalteten Schutzelements

Die Konstellation NHS als Vorsicherung zu LS ist häufig anzutreffen. Die Überprüfung der Selektivität erfolgt am zuverlässigsten unter Einbezug einer Koordinationstabelle.

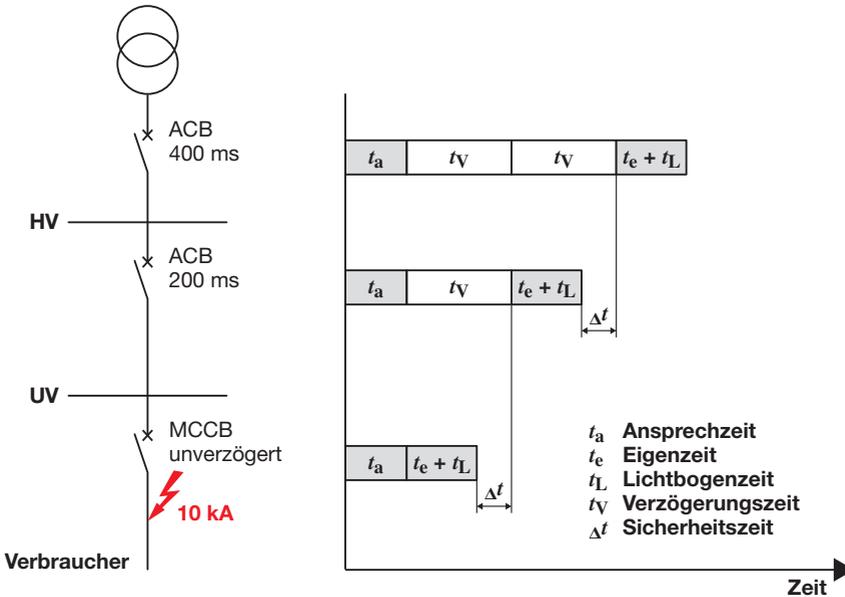
Aus obigem Beispiel ist ersichtlich, dass für die gewählten Produkte eine NH 80 A zu einem LS B16 A bis 3,2 kA total selektiv ist.

Das Schaltvermögen der Schutzelemente ist unabhängig davon zu überprüfen.

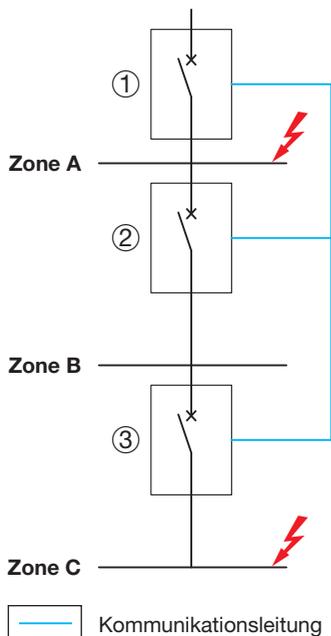
4.3.3 Zeit-Selektivität

Bei mehreren Schutzelementen in einer Reihe kann es möglich sein, dass mit der Strom-Selektivität die totale Selektivität nicht erreicht wird. Beim Einsatz von offenen Leistungsschaltern können die Auslösezeiten (S-Auslöser) bei einem hohen Kurzschluss gestaffelt werden. Die Verzögerungszeiten liegen zwischen 50 und 150 ms und sind vom Hersteller abhängig.

Die Zeit-Selektivität kann, bei Hauptverteilungen mit hohen Kurzschlussströmen, notwendig sein.



4.3.4 Zonen-Selektivität



Erfolgt ein Kurzschluss in der Zone C, so detektieren alle Schutzelemente diesen Kurzschlussstrom und lediglich das Element 3 löst aus. Erfolgt der Kurzschluss in der Zone A, so löst lediglich das Element 1 aus. Unabhängig vom Standort des Kurzschlusses erfolgt die Auslösung innert 50 ms. Dies ist möglich, da die Schutzelemente untereinander kommunizieren.

Die verkürzten Abschaltzeiten gegenüber der Zeit-Selektivität ergeben eine kleinere thermische und mechanische Belastung im System.

Mögliche Einsatzgebiete sind Konstellationen mit mehreren Schutzelemente in Serie. In diesem Fall kann die thermische und mechanische Belastung der Installationen und der Apparate reduziert werden.

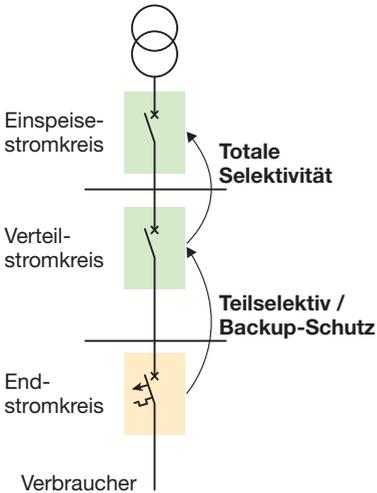
4.4 Selektivitätskonzept

Das Selektivitätskonzept sollte vor der Planung / Ausführung erstellt werden. Es kann direkte Auswirkungen auf die Einspeisungen haben. Der Umfang und Aufwand kann sich stark unterscheiden, von einfachen Anlagen mit einer Einspeisung bis Grossanlagen mit Notstromgeneratoren und USV Anlagen. Bei Grossanlagen sind Simulationsprogramme notwendig und die Konzepte können äusserst vielseitig sein. In diesem Kapitel werden einfache Anlagen, mit den wichtigsten Punkten, behandelt.

Achtung:

Das Selektivitätskonzept ist vor der Ausführungsplanung zu erstellen. Ist totale Selektivität gefordert, so ist die Netzsimulation bzw. deren Ergebnisse eine unabdingbare Grundlage. Die Kurzschlussströme bilden die Basis zur Überprüfung der Selektivität.

4.4.1 Anforderungen



Als erstes muss entschieden werden, welche Anlagen eine totale selektive Schutzkette benötigen. Im Normalfall benötigen folgende Anlagen diese Anforderung:

- Notstromverbraucher
- Anlagen mit einer hohen Anforderung an die Verfügbarkeit
- Schutzelemente die bei einer Auslösung den Betrieb beträchtlich einschränken
- Schutzelemente die häufig auslösen können
- Schutzelemente die schwer zugängliche vorgeschaltete Schutzelemente haben

Zusätzlich zu der Selektivitätsbetrachtung können folgende Anforderungen ebenfalls eine Rolle spielen:

- Integration von bestehenden Anlagen
- Kundenanforderungen
- Notstromschaltung

4.4.2 Kurzschlussströme

Für die Beurteilung der Selektivität und des Backup-Schutzes sind die Kurzschlussströme an den Einbauorten der Schutzelemente zu bestimmen. Bei einfachen Anlagen wird der maximale und minimale Kurzschlussstrom benötigt.

Bei Anlagen mit mehreren Einspeisungen und Notstromanlagen sind die Kurzschlüsse in allen Betriebsarten zu bestimmen. Nur so kann sichergestellt werden, dass das Schutzkonzept für alle Betriebsarten passt. Folgende Betriebsarten können notwendig sein:

- Paralleleinspeisung mit mehreren Transformatoren
- Einspeisung mit einem Transformator
- Inselbetrieb mit Notstromaggregat
- Netzparallelbetrieb USV - Batteriebetrieb

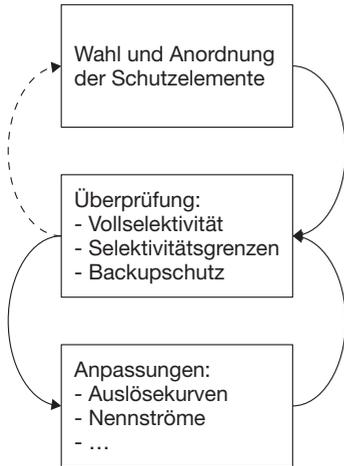
Achtung:

Bei Anlagen mit einem Notstromgenerator oder einer USV kann es notwendig sein, dass eine grössere Nennleistung gewählt werden muss, damit die Kurzschlussströme genügend hoch sind um eine allfällige Vorgabe totaler Selektivität einzuhalten.

Kurzschlussströme können wie folgt ermittelt werden:

- Kurzschlussstabellen von Transformatoren
- Datenblätter von USV-Anlagen / Dieselgeneratoren
- Mit Nomogramm nach NIN 2015 4.3.4
- Simulationsprogramm

4.4.3 Wahl und Anordnung der Schutzelemente



Die schwierigste Aufgabe ist die Wahl und Anordnung der Schutzelemente, welche mit der Überprüfung der totalen Selektivität, Selektivitätsgrenzen und Backup-Schutz abgeschlossen wird.

Sind die Anforderungen nicht erfüllt, so sind Anpassungen bei den Auslösekurven, Nennströmen usw. vorzunehmen.

Bei Grossanlagen kann es vorkommen, dass nicht im ersten Durchgang die Anforderungen erfüllt werden können. Dies macht wiederum eine Anpassung bei der Wahl und Anordnung der Schutzelemente notwendig.

Nachfolgende Tabellen zeigen gängige Anordnungen auf, mit den entsprechenden Vorteilen und Eigenschaften.

Info:

Je weniger Schutzelemente in Serie geschaltet sind, umso einfacher wird der Nachweis der totalen Selektivität.

		vorgeschaltet			
		Leitungs- schutzschalter MCB	Niederspan- nungs-Hoch- leistungs- Sicherung NHS	Kompakt- Leistungs- schalter MCCB	Offener Leistungs- schalter ACB
nachgeschaltet	Leitungsschutz- schalter MCB	Geringe Selektivität ausser bei der Verwendung eines selektiven LS (SLS)	Sehr guter Backup-Schutz und begrenzt selektiv	Guter Backup-Schutz und begrenzt selektiv	
	Niederspannungs- Hochleistungs- Sicherung NHS		Sehr hohe Selektivität und sehr einfache Koordination	Totale Selekti- vität nur gege- ben, wenn der Bemessungs- strom der NHS im Verhältnis sehr klein ist zum Nennstrom des MCCB	Totale Selektivität kann erreicht werden mit kurzzeitverzö- gertem Übers- tromauslöser (S-Auslöser)
	Kompakt- Leistungsschalter MCCB		Aufwändige Koordination im Kurzschlussfall. Die Durchlasse- nergie des MCCB ist mit dem Schmelz- wert der NHS zu vergleichen.	Hohe bis totale Selektivität möglich	Totale Selekti- vität einfach möglich
	Offener Leistungsschalter ACB				Totale Selekti- vität einfach möglich



Überprüfung mittels Koordinationstabellen, Diagramme (Zeit / Strom, Durchlassenergie)



Überprüfung mittels Konfiguration der Schutzeinstellungen / Auslöser

		Schutzelemente			
		Leitungs- schutzschalter	Niederspan- nungs-Hoch- leistungs- Sicherung NHS	Kompakter Leitungs- schalter MCCB	Offener Leitungs- schalter ACB
Art Stromkreis	Einspeise- stromkreis		Bei Anlagen mit hohen Kurzschlussströmen oder Verschmutzungsgrad	Bei kleineren Einspeisungen mit einfachen Selektivitätsanforderungen	Sehr gut geeignet für Strom-, Zeit- und Zonen-Selektivität
	Verteilstromkreis	Selektiver LS kann geeignet sein	Sehr gut geeignet im Bereich Backup-Schutz und für totale Selektivität	Sehr gut geeignet im Bereich Backup-Schutz und für totale Selektivität	Sehr gut geeignet für Strom-, Zeit- und Zonen-Selektivität, ev. Nennstromstärke zu hoch
	Endstromkreis	Bei hohen Kurzschlussströmen benötigt der LS einen Backup-Schutz und ist teilselektiv. Bei geringen Kurzschlussströmen ist der LS total selektiv	Nicht optimal, da Abschaltzeiten eingehalten werden müssen und bei einer Auslösung die Sicherung getauscht werden muss	Gut geeignet bei hohen Kurzschlussströmen und totaler Selektivität	

Wahl und Anordnung der Schutzelemente

<p>Systemaufbau ist bei kleinen Kurzschlussströmen total selektiv und bei hohen Kurzschlussströmen dienen die NHS und der MCCB als Backup-Schutz. Ein LS mit einem höheren Nennschaltvermögen ergibt eine höhere Selektivitätsgrenze.</p>	<p>Ist Totale Selektivität bis zum maximalen Nennschaltvermögen des LS. Beim selektiven LS (SLS) muss das Nennschaltvermögen höher liegen als der Kurzschlussstrom in der HV</p>	<p>Die Anordnung ist auch bei hohen Kurzschlussströmen vollselektiv. Beachtet werden muss die Koordination unter den kompakten Leistungsschaltern (MCCB)</p>	<p>Einfachstes Selektivitätsprinzip. Das Nennschaltvermögen des MCCB muss höher liegen als der Kurzschlussstrom in der HV</p>	



Hauptsitz

Hager AG

Sedelstrasse 2
6020 Emmenbrücke
Tel. 041 269 90 00
Fax 041 269 94 00

Verkaufsniederlassungen

Hager AG

Glattalstrasse 521
8153 Rümlang
Tel. 044 817 71 71
Fax 044 817 71 75

Hager AG

Ey 25
3063 Ittigen-Bern
Tel. 031 925 30 00
Fax 031 925 30 05

Hager AG

Chemin du Petit-Flon 31
1052 Le Mont-sur-Lausanne
Tel. 021 644 37 00
Fax 021 644 37 05

hager.ch