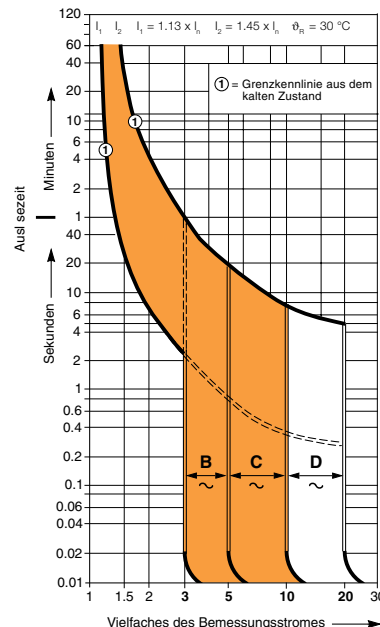


Auslöse-Charakteristiken für Sicherungsautomaten im Vergleich

In DIN VDE 0100-430 sind die Anforderungen für den „Schutz von Kabeln und Leitungen bei Überstrom“ festgelegt. Sicherungsautomaten dienen dem Kabel- und Leitungsschutz in der Installation. Sie sollen selbsttätig abschalten, sobald der Strom durch Anstieg und Zeitdauer eine für die Leitung oder ein Betriebsmittel zu hohe Erwärmung erzeugt.



Die Abschaltung erfolgt dabei über zwei unterschiedliche Auslöser. Zum Schutz bei Kurzschluss wird der zeitlich nahezu unverzögerte Elektromagnetauslöser eingesetzt. Dieser arbeitet nur stromabhängig. Der Thermo-Bimetall-Auslöser dient zum Schutz bei Überlast. Das Auslösen wird durch die Erwärmung, d.h. durch die Faktoren Strom und Zeit verursacht.

Bei der Auswahl von Sicherungsautomaten zum Überstromschutz nach DIN VDE 0100-430 wird der Durchlasswert $I^2 \times t$ bei sehr kurzen Ausschaltzeiten ($<0,1s$) dem maximal zulässigen Stromwärmeimpuls $k^2 \times S^2$ der Leitung gegenübergestellt, um den ausreichenden **Schutz bei Kurzschluss** nachzuweisen.

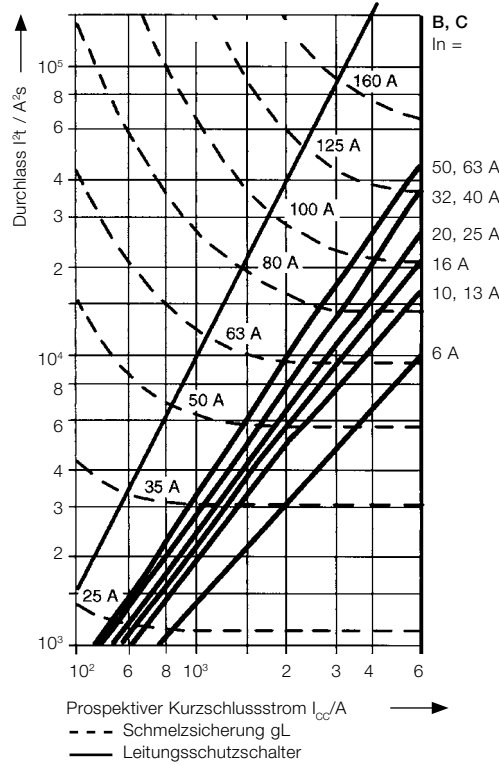
Die einzelnen Auslösekennlinien von Elektromagnet-Auslöser und Thermo-Bimetall-Auslöser ergeben zusammen eine gemeinsame Auslösekennlinie für den Überlastschutz. Diese Auslösekennlinie stellt – bezogen auf die jeweilige Auslösecharakteristik – das Zeit-/Stromverhalten eines Sicherungsautomaten dar.

Dem Wunsch nach größtmöglichem Schutz, was höchste Empfindlichkeit der Sicherungsautomaten bedeutet, stehen die unterschiedlichen Betriebseigenschaften der zu schützenden Verbrauchsgeräte gegenüber. Zum Einen müssen Stromspitzen ungehindert passieren können, zum Anderen muss aber schon bei verhältnismäßig niedrigen, länger anstehenden Überströmen eine Abschaltung herbeigeführt werden. Deshalb sind je nach Art des zu schützenden Betriebsmittels verschiedene Auslösecharakteristiken für Sicherungsautomaten erhältlich:

- B, C und D für den Überstromschutz von Leitungen nach DIN EN 60898-1 (DIN VDE 0641-11)
- K zum Schutz von Wicklungen bei Motoren und Transformatoren bei gleichzeitigem Überstromschutz der Leitungen
- Z für Steuerstromkreise mit hohen Impedanzen, für Spannungswandlerkreise und für Halbleiterschutz bei gleichzeitigem Überstromschutz von Leitungen

Schutz bei Kurzschluss

Die Abbildung 1 zeigt die typische Durchlasskennlinie I^2t von Überstromschutzschaltern. Für den Sicherungsautomat S201-B16 ergibt sich daraus bei einem möglichen prospektiven Kurzschlussstrom von $i_{cc} = 6 \text{ kA}$, dass die Durchlassenergie auf ca. $20.000 \text{ A}^2\text{s}$ begrenzt wird. Dieser Wert liegt weit unterhalb $29.700 \text{ A}^2\text{s}$. Damit können PVC-isolierte Cu-Leiter $1,5 \text{ mm}^2$ im Kurzschlussfall geschützt werden.



Cu-Leiter PVC-isol. mm ²	max. zul. I²t-Werte A²s
2,5	82.600
1,5	29.700
1,0	13.200
0,75	7.400

Abb. 1 Durchlassenergie I^2t

Überlastschutz nach DIN VDE 0100-430

Für den Schutz bei Überlast ist das Schutzgerät in Abhängigkeit der Strombelastbarkeit I_z der Leitung zu wählen:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (1)$$

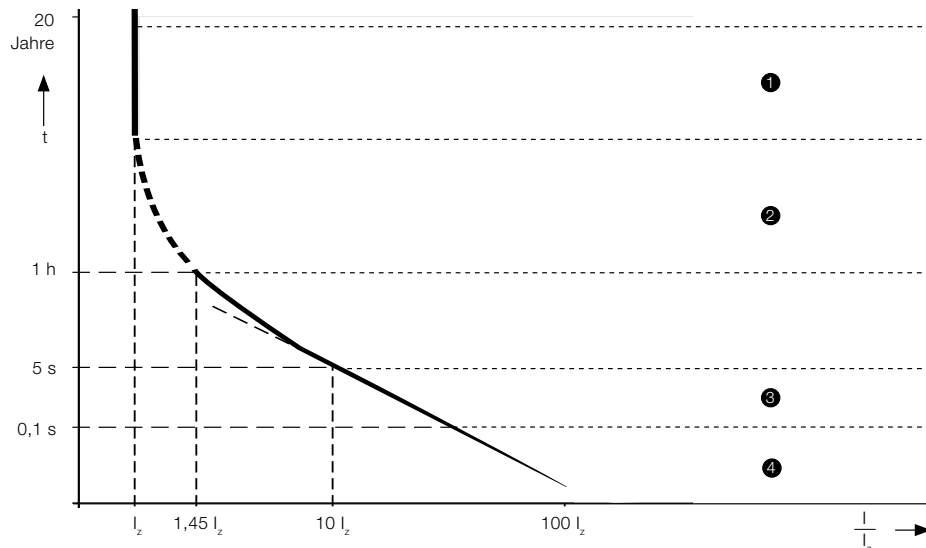
$$I_2 \leq 1,45 \times I_z \quad (2)$$

I_b = Betriebsstrom der Leitung

I_n = Bemessungsstrom der Schutzeinrichtung

I_z = Strombelastbarkeit der Leitung nach DIN VDE 0298-4

I_2 = festgelegter Auslösestrom der Schutzeinrichtung



- ① Bereich vollkommener Wärmeableitung bei Dauerstrom I_z zul. Betriebstemperatur 70°C
- ② Bereich begrenzter Wärmeableitung bei Überlast $I_2 \leq 1,45 \times I_z$
- ③ Bereich ohne Wärmeableitung bei maximaler Kurzschlussdauer 5s $I^2t = \text{konstant}$, zul. Kurzschluss-temperatur 160°C
- ④ Bei Ausschaltzeit $< 0,1\text{s}$ muss I^2t des Sicherungsautomaten kleiner als $k^2 \cdot S^2$ der Leitung sein (k = Materialwert nach DIN VDE 0100-430; S = Leitungsquerschnitt in mm^2)

Abb. 2 Grenzbelastungskennlinie für PVC-isolierte Leitungen

DIN VDE 0100-430:2010/10;

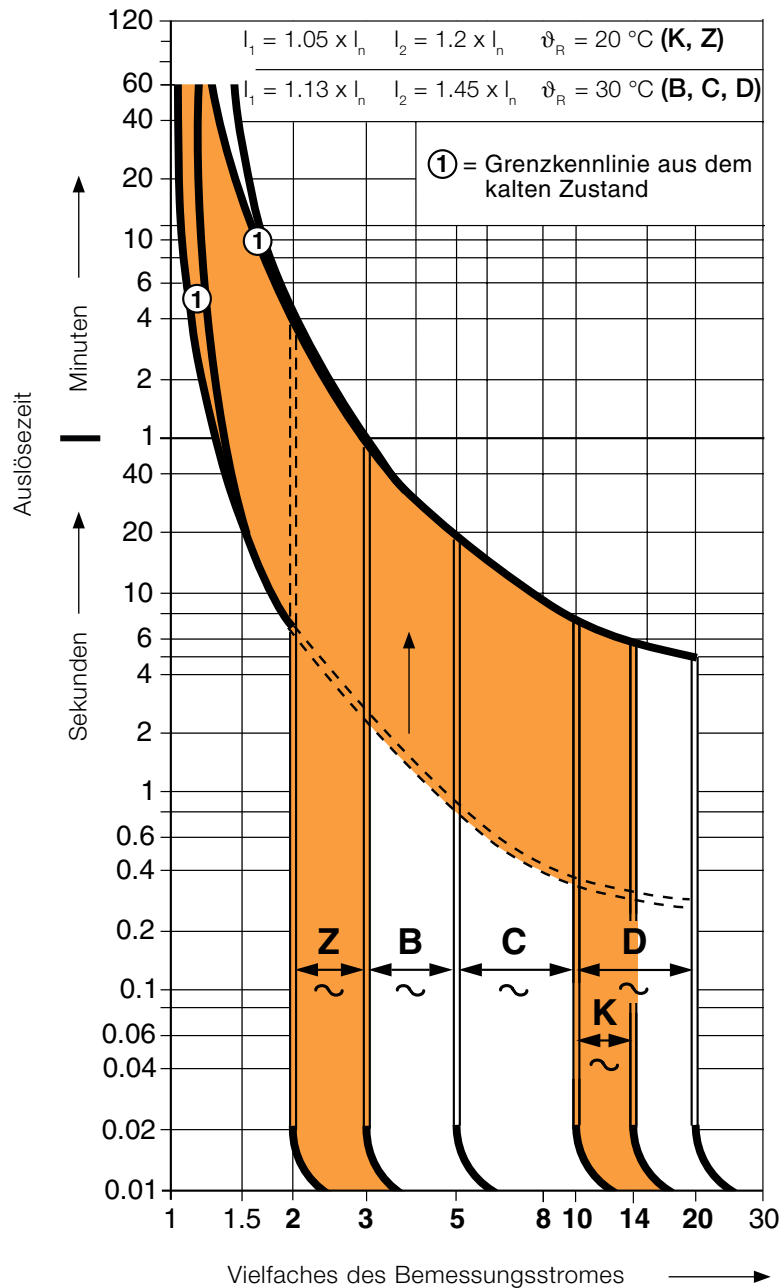
Abschnitt 433.1

Die Bedingungen (1) und (2) garantieren in einzelnen Fällen nicht den vollständigen Schutz, z. B. bei lang anstehenden Überströmen, die kleiner als I_2 sind. In solchen Fällen sollte ein größerer Querschnitt des Kabels/der Leitung gewählt werden.

Allgemeines Ziel ist, mit der ausgewählten Charakteristik ein Kabel/eine Leitung gemäß ihrer Grenzbelastbarkeit nach Abb. 2 zu schützen.

Schutz bei Überlast

Es wird deutlich, dass mit den Auslöse-Charakteristiken „K“ und „Z“ mehr Sicherheit beim Planen und im Betrieb erreicht wird, da der festgelegte Auslösestrom bei $1,2 \times I_n$ liegt (B, C, D: $1,45 \times I_n$).



Leitertemperaturen PVC-isolierter Leitungen bei Überlast

Belastung	Leitertemperatur*
$1,0 \times I_n$	70 °C
$1,2 \times I_n$	86 °C
$1,45 \times I_n$	116 °C

Lebensdauer von PVC-isolierten Leitungen nach Arrhenius

Leitertemperatur	Lebensdauer
70 °C	20,0 Jahre
90 °C	2,5 Jahre
100 °C	1,0 Jahr

* 90 % des Temperaturwertes werden aus dem betriebswarmen Zustand heraus nach 5 Minuten erreicht.

Vergleich der Auslöse-Charakteristiken „Z“ und „B“

Steuerstromkreise 24 V DC

Damit im Sinne der Norm ein möglichst ausreichender Schutz empfindlicher Bauelemente (wie Kontakte, konfektionierte Leitungen von Sensoren/Endschaltern...) erreicht werden kann, muss der unverzügerte Auslöser im Millisekunden-Bereich die Abschaltung bewirken.

Es dürfen im Hinblick auf den Schleifenwiderstand max. Leitungslängen nicht überschritten werden. Unter Berücksichtigung verschiedener Parameter ergeben sich beispielhaft folgende maximale Leitungslängen:

1,5 mm², 2-adrig, Cu
LS B6 max. 10 m
LS Z2 max. 47 m
LS Z6 max. 18 m

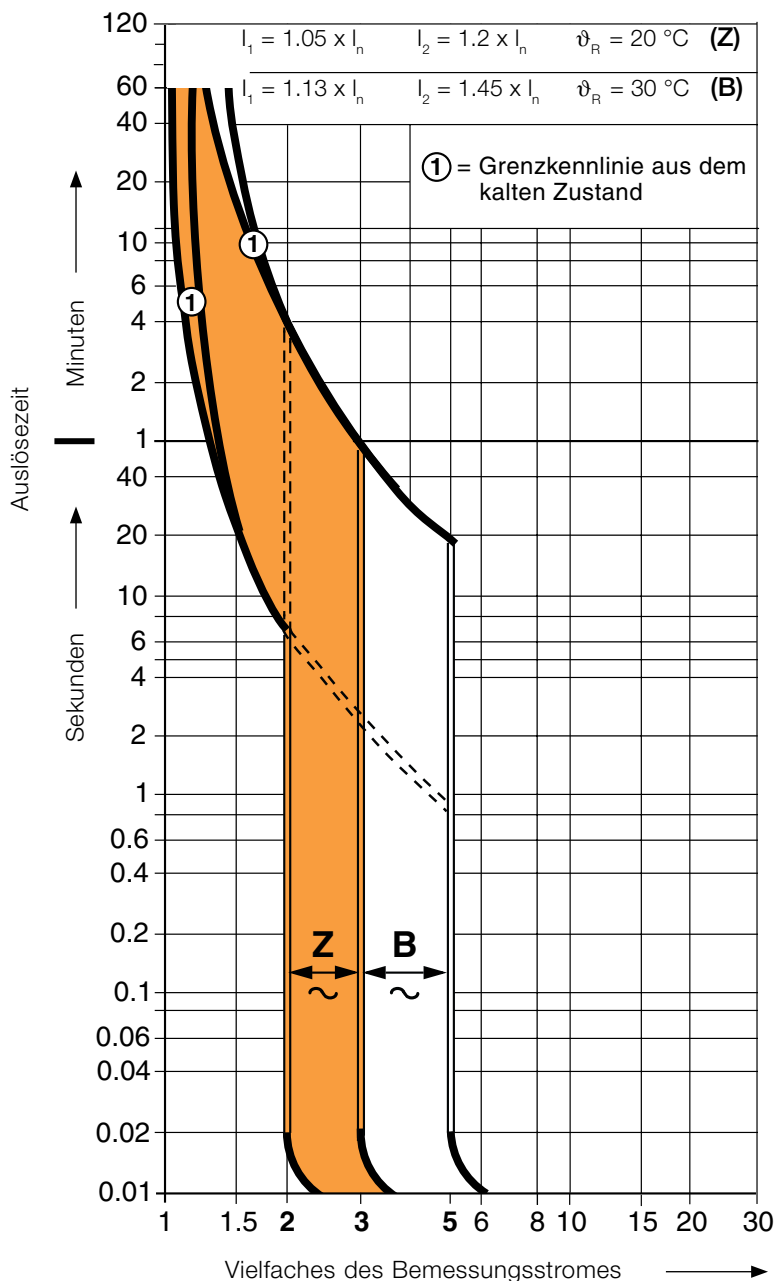
Bei Verwendung der Z-Charakteristik lassen sich aufgrund des niedrigen Sofortauslösestroms die größten Leitungslängen realisieren.

Hinweis

Bei Gleichstrom erhöhen sich die Auslösewerte der elektromagnetischen Auslöser um den Faktor 1,5.

Schutz bei Überlast

Hier wird deutlich, dass mit der Auslöse-Charakteristik „Z“ mehr Sicherheit beim Planen und im Betrieb erreicht wird.



Leitertemperaturen PVC-isolierter Leitungen bei Überlast

Belastung	Leitertemperatur*
$1,0 \times I_n$	70 °C
$1,2 \times I_n$	86 °C
$1,45 \times I_n$	116 °C

Lebensdauer von PVC-isolierten Leitungen nach Arrhenius

Leitertemperatur	Lebensdauer
70 °C	20,0 Jahre
90 °C	2,5 Jahre
100 °C	1,0 Jahr

* 90 % des Temperaturwertes werden aus dem betriebswarmen Zustand heraus nach 5 Minuten erreicht.

Vergleich der Auslöse-Charakteristiken „C“ und „K“

„K“ löst den Zielkonflikt von Betriebssicherheit bei Stromspitzen und schneller Abschaltung im Kurzschlussfall.

In Stromkreisen, wo Einschaltstromspitzen durch Motoren, Ladegeräte, Schweißtransformatoren, usw. auftreten können, hat sich die Auslöse-Charakteristik „K“ seit über 70 Jahren bewährt.

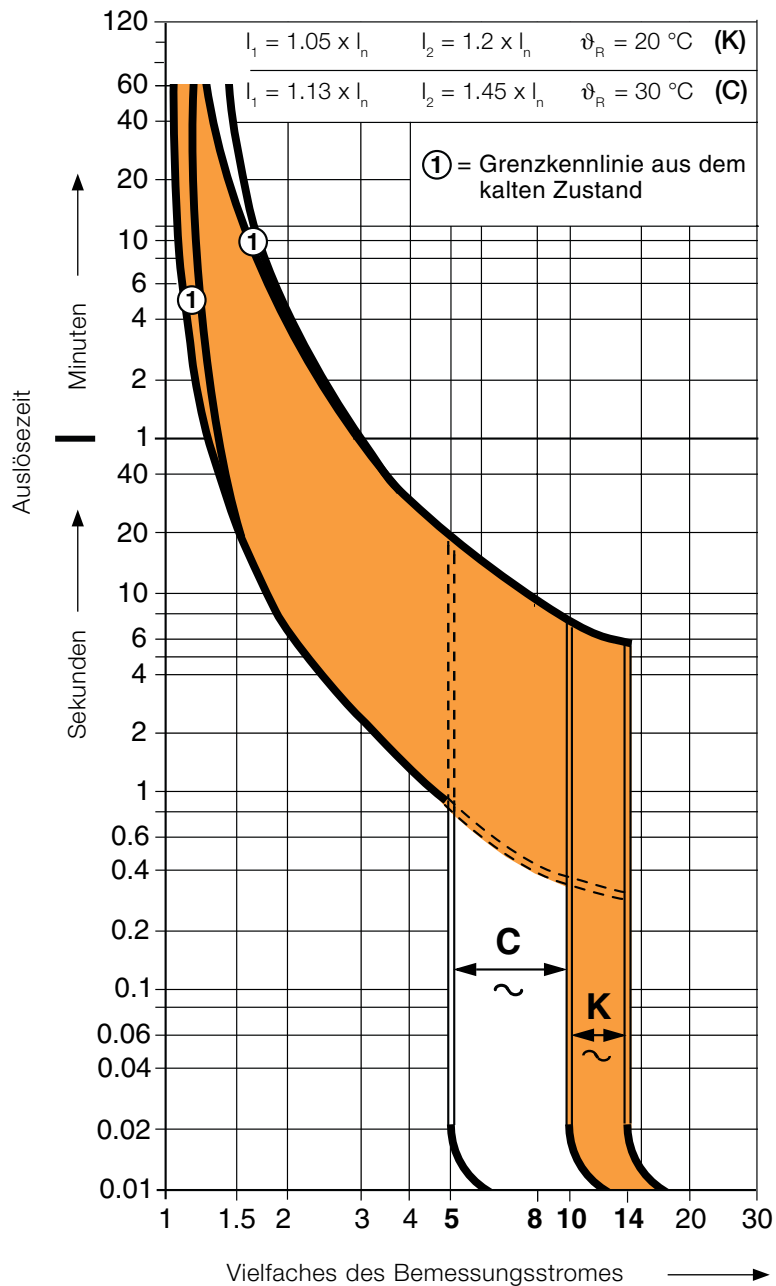
Stromspitzen bis $10 \cdot I_n$ führen nicht zur ungewollten Abschaltung. Die Auslöse-Charakteristik „C“ hält nur Stromspitzen bis $5 \cdot I_n$ stand.

Hinweis

Bei Gleichstrom erhöhen sich die Auslösewerte der elektromagnetischen Auslöser um den Faktor 1,5.

Schutz bei Überlast

Hier wird deutlich, dass mit der Auslöse-Charakteristik „K“ mehr Sicherheit beim Planen und im Betrieb erreicht wird.



Leitertemperaturen PVC-isolierter Leitungen bei Überlast

Belastung	Leitertemperatur*
$1,0 \times I_n$	70 °C
$1,2 \times I_n$	86 °C
$1,45 \times I_n$	116 °C

Lebensdauer von PVC-isolierten Leitungen nach Arrhenius

Leitertemperatur	Lebensdauer
70 °C	20,0 Jahre
90 °C	2,5 Jahre
100 °C	1,0 Jahr

* 90 % des Temperaturwertes werden aus dem betriebswarmen Zustand heraus nach 5 Minuten erreicht.

Vergleich der Auslöse-Charakteristiken „K“ und „D“

„K“ löst den Zielkonflikt von Betriebssicherheit bei Stromspitzen und schneller Abschaltung im Kurzschlussfall.

Die Auslöse-Charakteristik „K“ löst spätestens $14 \cdot I_n$ in $<0,1$ Sekunden aus. Dagegen schaltet die Auslöse-Charakteristik „D“ erst bei $20 \cdot I_n$ in $<0,1$ Sekunden ab, was im Hinblick auf den Schleifenwiderstand sowie auch beim Leitungsschutz im Bereich $10-20 \times I_n$ nachteilig sein kann.

Beispiel:

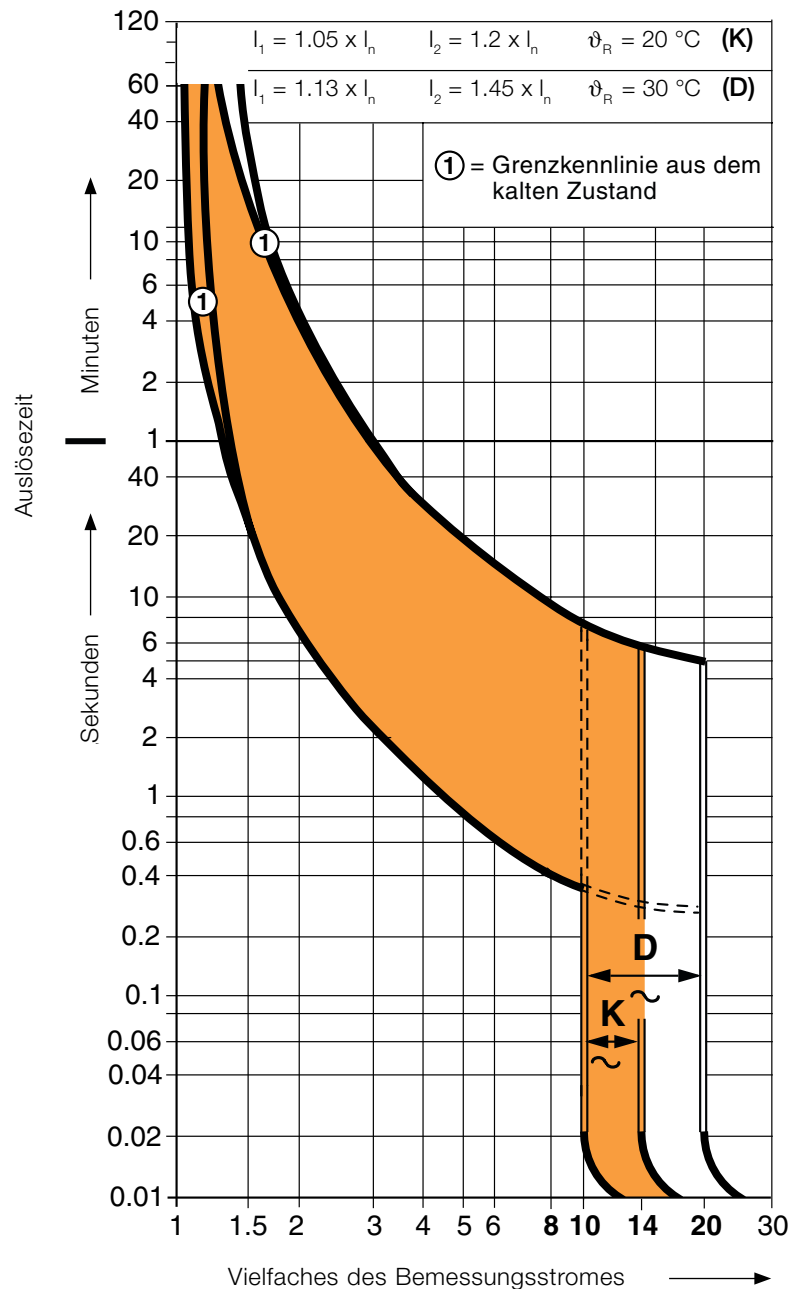
Eine Steckdose ist mit einem LS D16 abgesichert. Zur Einhaltung der Abschaltbedingung $\leq 0,4$ s muß ein Mindest-Kurzschlussstrom von ≥ 320 A sichergestellt werden.

Hinweis

Bei Gleichstrom erhöhen sich die Auslösewerte der elektromagnetischen Auslöser um den Faktor 1,5.

Schutz bei Überlast

Hier wird deutlich, dass mit der Auslöse-Charakteristik „K“ mehr Sicherheit beim Planen und im Betrieb erreicht wird.



Leitertemperaturen PVC-isolierter Leitungen bei Überlast

Belastung	Leitertemperatur*
$1,0 \times I_n$	70 °C
$1,2 \times I_n$	86 °C
$1,45 \times I_n$	116 °C

Lebensdauer von PVC-isolierten Leitungen nach Arrhenius

Leitertemperatur	Lebensdauer
70 °C	20,0 Jahre
90 °C	2,5 Jahre
100 °C	1,0 Jahr

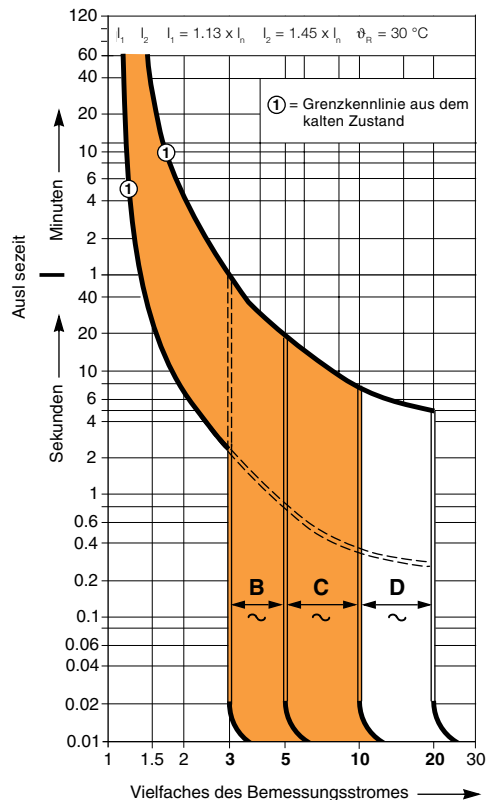
* 90 % des Temperaturwertes werden aus dem betriebswarmen Zustand heraus nach 5 Minuten erreicht.

Auslöse-Charakteristiken B, C, D, K, Z

Auslöse-Charakteristik B, C, D

nach DIN EN 60898-1 (VDE 0641-11)

Baustimmung für Leitungsschutzschalter für
Haushaltinstallationen und ähnliche Zwecke

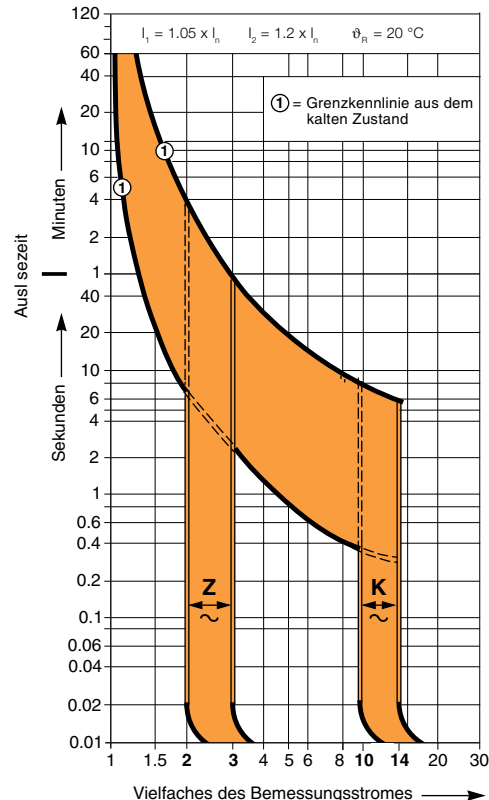


Gegenüber den Auslöse-Charakteristiken „B“, „C“ und „D“, bieten „K“ und „Z“ mehr Sicherheit beim Planen und im Betrieb.

Auslöse-Charakteristik K, Z

nach DIN EN 60947-2 (VDE 0660-101)

Baustimmung für Leistungsschalter



Zuordnung

- B, C und D für den Überstromschutz von Leitungen nach DIN EN 60898-1 (DIN VDE 0641-11)
- K zum Schutz von Wicklungen bei Motoren und Transformatoren bei gleichzeitigem Überstromschutz der Leitungen
- Z für Steuerstromkreise mit hohen Impedanzen, für Spannungswandlerkreise und für Halbleiterschutz bei gleichzeitigem Überstromschutz von Leitungen

Empfehlung

In Steckdosen-Stromkreisen empfehlen wir entsprechend DIN VDE 0100-410 eine FI/LS-Kombination.

Weitere Kriterien bei der Auswahl von Sicherungsautomaten

Um den Stromkreis bestmöglich abzusichern, sind zusätzliche Randbedingungen bei der Auswahl der Sicherungsautomaten zu berücksichtigen:

- Der Sicherungsautomat ist auf den Bemessungsstrom des angeschlossenen Gerätes oder der Strombelastbarkeit der Leitung abzustimmen, je nachdem welcher der niedrigere Wert ist.
- Umgebungstemperatur
- Gegenseitige Beeinflussung bei Anordnung von mehreren Sicherungsautomaten nebeneinander

Abweichende Umgebungstemperatur

Die thermischen Auslöser werden vom Hersteller auf eine Bezugsumgebungstemperatur eingestellt. Diese beträgt für „K“ und „Z“ 20 °C, für „B“, „C“ und „D“ 30 °C. Bei höheren Umgebungstemperaturen verringern sich die maximalen Betriebsströme um ca. 6 % je +10°C Temperaturdifferenz. Für genaue Berechnungen und sehr hohe bzw. niedrige Umgebungstemperaturen müssen Referenztabellen herangezogen werden.

Gegenseitige Beeinflussung bei gleichmäßiger Belastung

Bei dichter Aneinanderreihung und gleichmäßig hoher Auslastung der Sicherungsautomaten muss ein Korrekturfaktor berücksichtigt werden:

- 2 und 3 Sicherungsautomaten: Faktor 0,9
- 4 und 5 Sicherungsautomaten: Faktor 0,8
- 6 und mehr Sicherungsautomaten: Faktor 0,75

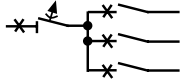
Werden Füll- bzw. Distanzstücke eingesetzt, finden diese Faktoren keine Anwendung.

Auslösebedingungen für Sicherungsautomaten für AC-Anwendungen

Auslösecharakteristik	B	C	D		K	Z	
Norm	DIN EN 60898-1, -2 (VDE 0641-11, -12)				in Anlehnung an DIN EN 60947 (VDE 0660)		
Zeit-Strom-Kennlinie*	$\times I_n$ (30 °C)			Zeiten	$\times I_n$ (20 °C)		Zeiten
Nicht-Auslösen	1,13			1 h ($I_n \leq 63$ A)	1,05		1 h
Auslösen	1,45			1 ... 60 s ($I_n \leq 63$ A)	1,2		1 h
Auslösen	2,55			1 ... 60 s ($I_n \leq 32$ A)	1,5		< 120 s
					6		> 2 s
Sofort-Auslösung (magn.)	$\times I_n$			Zeiten	$\times I_n$		Zeiten
Nicht-Auslösen	3	5	10	0,1 s	10	2	0,2 s
Auslösen	5	10	20	0,1 s	14	3	0,2 s

* Für abweichende Umgebungstemperaturen gelten Reduktionsfaktoren!

Sicherungsautomaten für den Leitungs- und Geräteschutz sowie ihre Anwendungsbereiche

Anwendungsbereiche	S 200 S 200 M	B 200 P S 200 U/UP S 200 UDC S 280 UC	S 220	S 800 S 500 HV S 800 PV	S 700 S 750 (DR) WT 63 ①	S 400 SMISLINE
Industrienetze 690 V AC 1000 V AC 			S 220	S 800 S 500 HV		
Motorschutz Trafo 	S 200-K S 200 M-K	S 200 P-K S 280 UC-K	S 220-K	S 800-K S 800-D	S 700-K WT 63 S 750 DR-K	S 400 M-K S 400 M-D
 USV 250 V DC bis  Photovoltaik 1200 V DC		S 280 UC		S 800 UC S 800 PV		S 400 M-UC C
Halbleiterschutz  Steuerstrom- kreise 24 V DC	S 200-Z S 200 M-Z	S 200 P-Z				S 400 M-UC Z
Selektivität 					S 700 S 750 (DR)	
Trennfunktion nach DIN VDE 0100-537 	S 200 S 200 M	S 200 P	S 220	S 800	S 700 S 750 (DR)	S 400 S 400 M
USA, Kanada  489   1077  480 V AC 240 V AC 60 V DC		S 200 UP S 200 U S 200 UDC				
USA, Kanada  1077  600 V AC 480 V AC 60 V DC 500 V DC	S 200 S 200	S 200 P S 200 P S 280 UC	S 220			
Schiffsklassifikationen GL LRS BV DNV	S 200	S 200 P		S 800	S 700 (GL)	S 400 M
Bemessungsschalt- vermögen I_{cn}/A (230/400 V AC)	6 000 10 000	max. 25 000	max. 10 000	max. 50 000	25 000	6 000 10 000
I_n/A	≤ 63	0,5 ... 63	≤ 63	≤ 125	≤ 100	≤ 63

① als selektiver Gruppen- oder Vorautomat

Kontakt

ABB STOTZ-KONTAKT GmbH

Postfach 10 16 80

69006 Heidelberg, Deutschland

Telefon: +49 (0) 6221 7 01-0

Telefax: +49 (0) 6221 7 01-13 25

E-Mail: info.desto@de.abb.com

www.abb.de/stotzkontakt

Hinweis:

Technische Änderungen der Produkte sowie Änderungen im Inhalt dieses Dokuments behalten wir uns jederzeit ohne Vorankündigung vor. Bei Bestellungen sind die jeweils vereinbarten Beschaffenheiten maßgebend. Die ABB AG übernimmt keinerlei Verantwortung für eventuelle Fehler oder Unvollständigkeiten in diesem Dokument.

Wir behalten uns alle Rechte an diesem Dokument und den darin enthaltenen Gegenständen und Abbildungen vor. Vervielfältigung, Bekanntgabe an Dritte oder Verwertung seines Inhaltes – auch von Teilen – ist ohne vorherige schriftliche Zustimmung durch die ABB AG verboten.

Copyright© 2011 ABB
Alle Rechte vorbehalten