

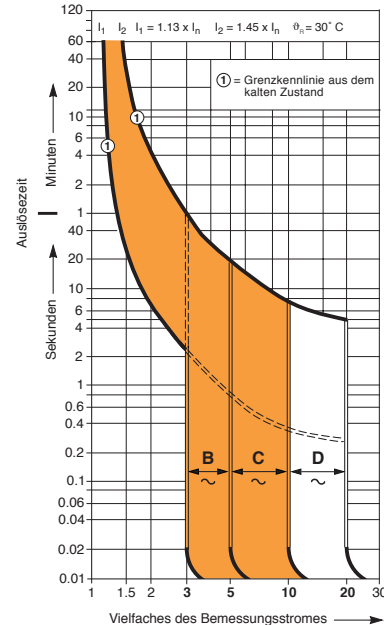
Auslöse-Charakteristiken für Sicherungsautomaten im Vergleich

In der 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.

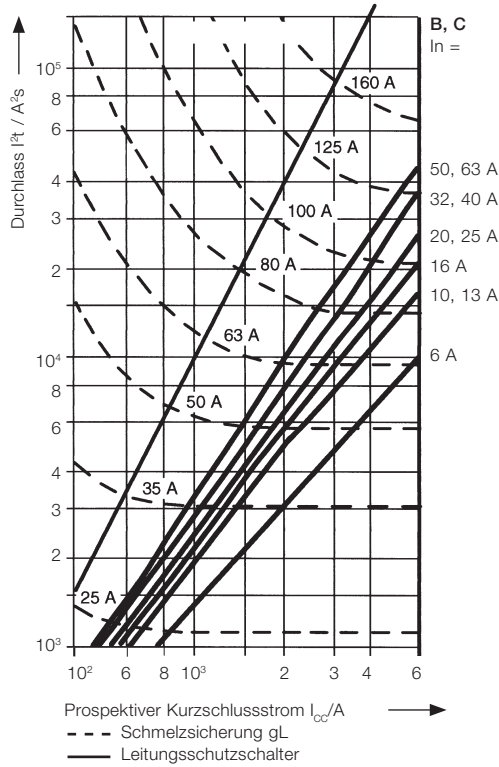


Dem Wunsch nach größtmöglichem Schutz, was höchste Empfindlichkeit der Sicherungsautomaten bedeutet, stehen die unterschiedlichen Betriebseigenschaften der zu schützenden Verbrauchsgeräte gegenüber. Zum Einen müssen Stromspitzen ungehindert passieren können, zum Anderen muss aber schon bei verhältnismäßig 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. I ² t-Werte A ² s
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:

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

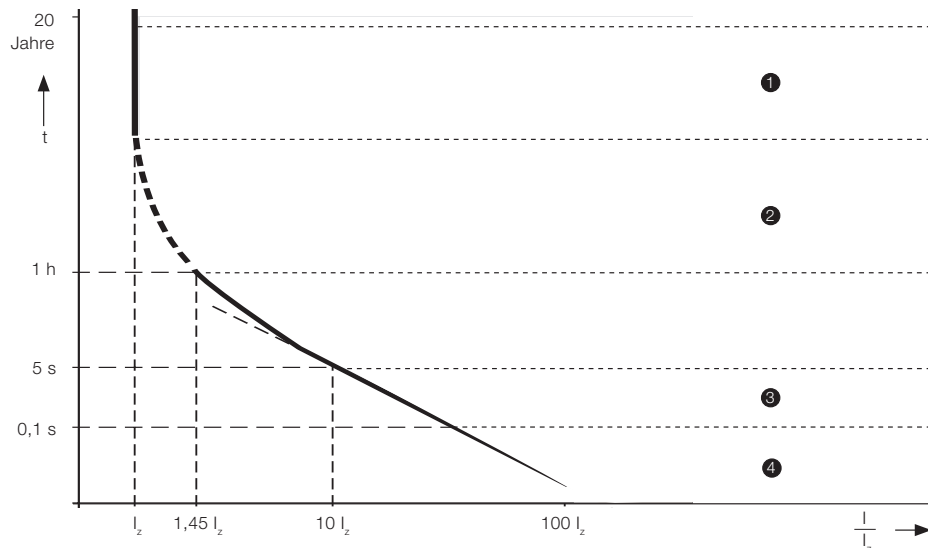
$$I_2 \leq 1,45 \times I_z \quad (2)$$

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 $70 \text{ }^\circ\text{C}$
- 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 $160 \text{ }^\circ\text{C}$
- 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 Teil 540; S = Leitungsquerschnitt in mm^2)

Abb. 2 Grenzbelastungskennlinie für PVC-isolierte Leitungen

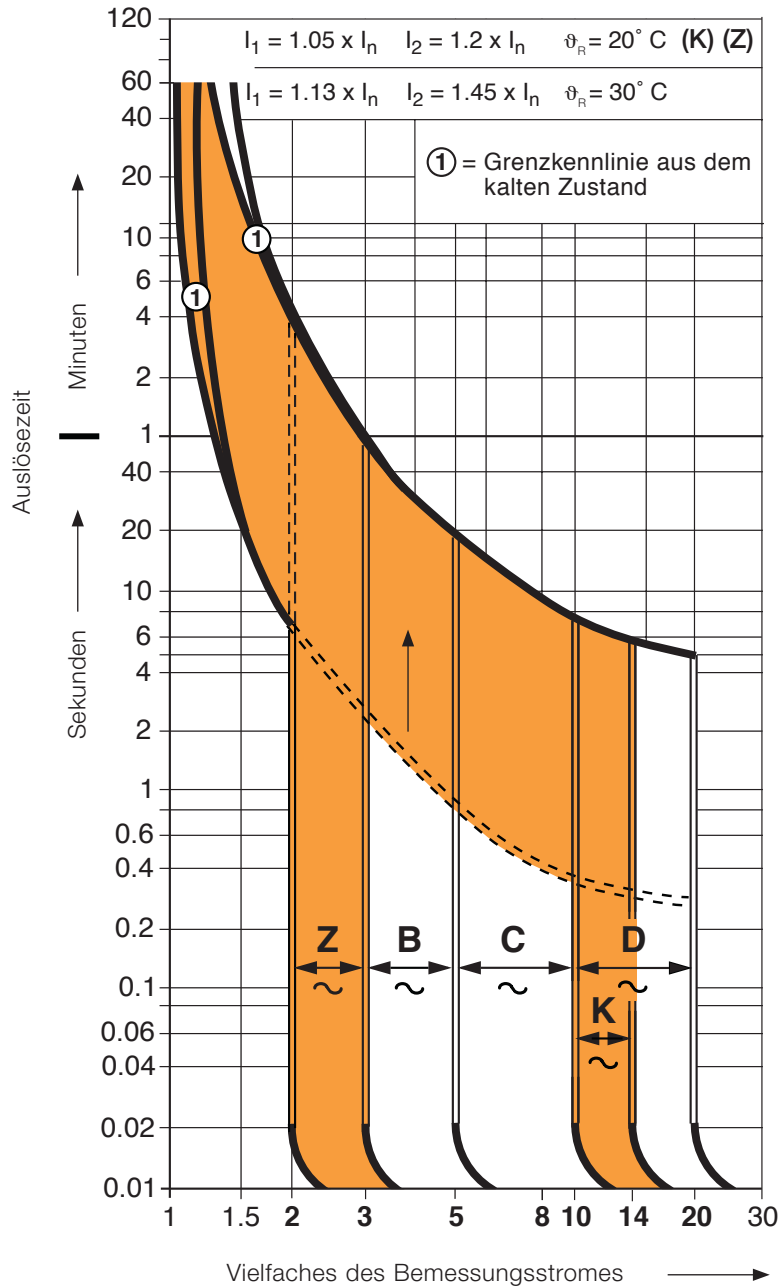
**DIN VDE 0100-430/November 1991;
Abschnitt 5.2 Anmerkung 5**

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. Sie führen auch nicht zwangsläufig zur wirtschaftlichsten Lösung. Deshalb ist vorausgesetzt, dass der Stromkreis so gestaltet ist, dass kleine Überlastungen von langer Dauer nicht regelmäßig auftreten werden.

Ziel ist es, 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 unverzögerte 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

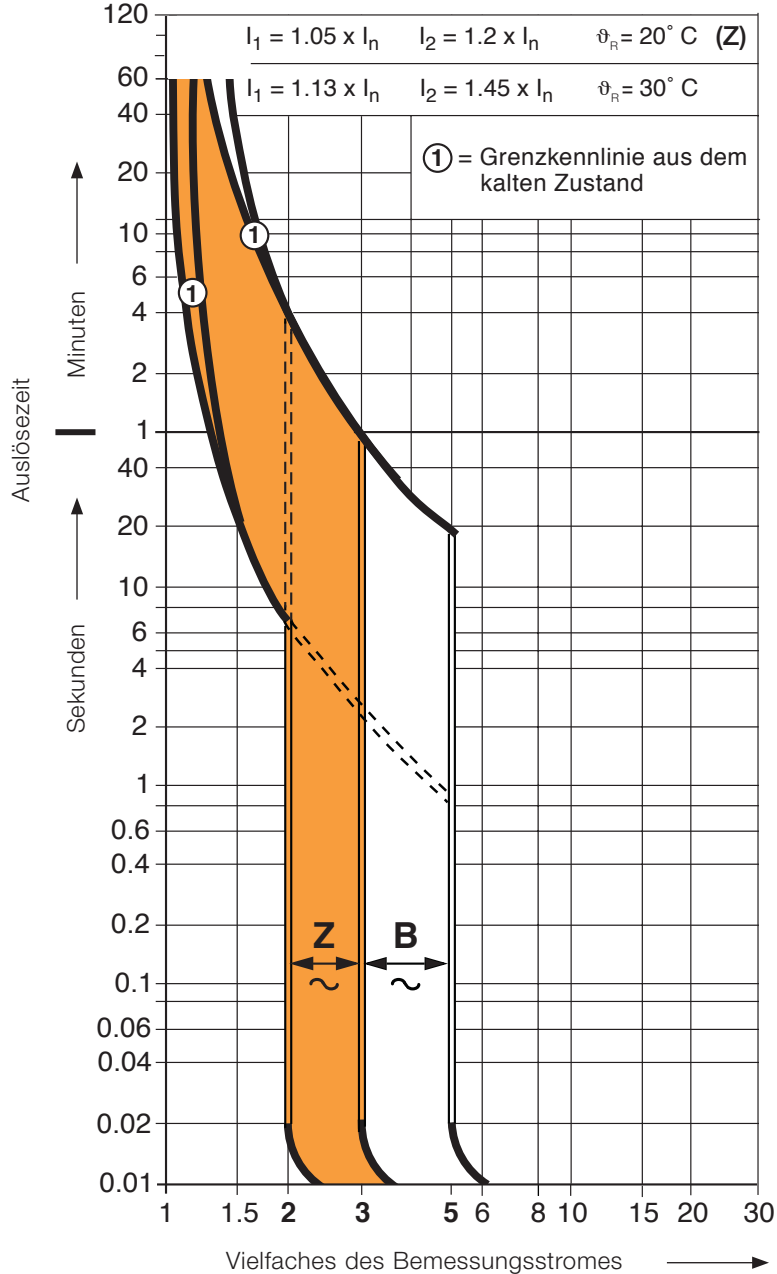
Bei Verwendung der Z-Charakteristik lassen sich aufgrund des niedrigen Sofortauslösestroms die größten Leitungslängen realisieren.

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.

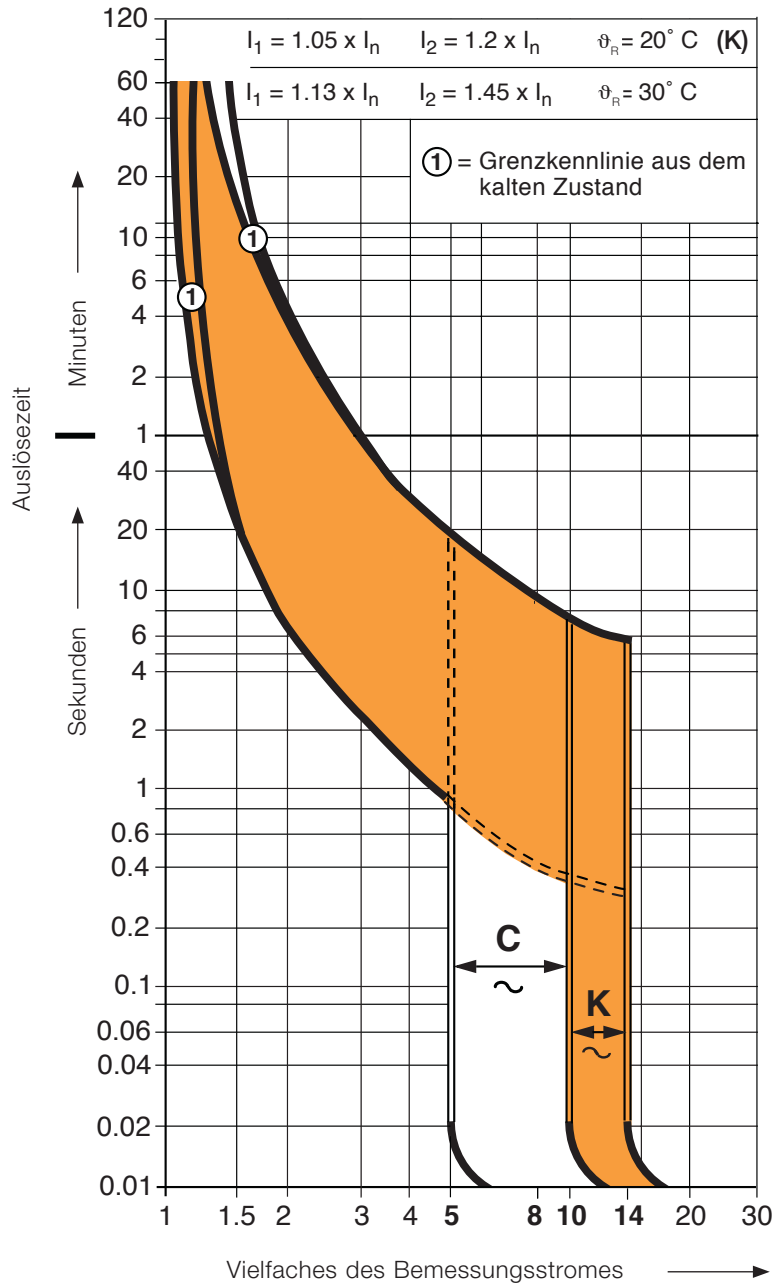
Stromspitzen bis $10 \cdot I_n$ führen nicht zur ungewollten Abschaltung. Die Auslöse-Charakteristik „C“ hält nur Stromspitzen bis $5 \cdot I_n$ stand.

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:

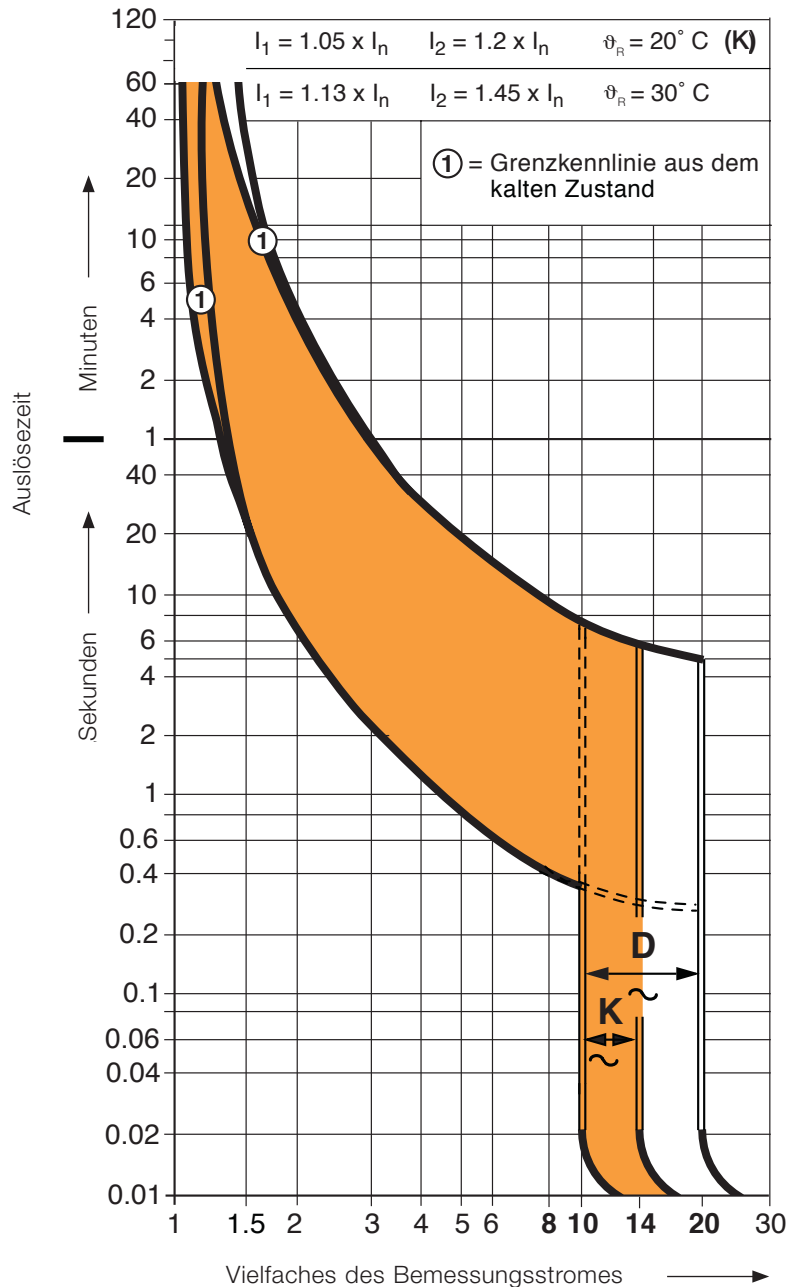
Eine Steckdose ist mit einem LS D16 abgesichert. Zur Einhaltung der Abschaltbedingung $\leq 0,4$ s muß ein Kurzschlussstrom von ≥ 320 A sichergestellt werden.

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

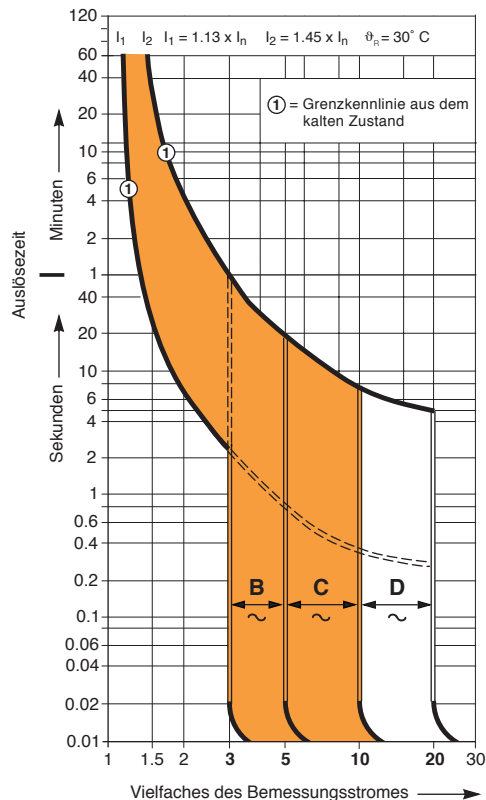
Lebensdauer von PVC-isolierten Leitungen nach Arrhenius

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.

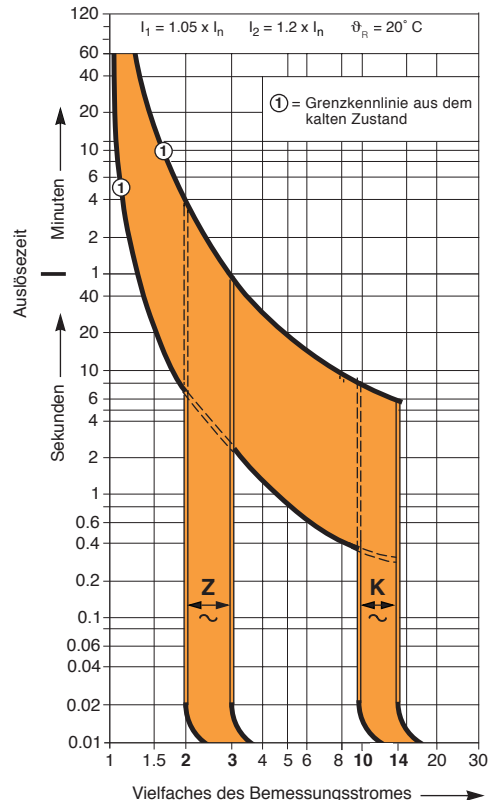
Auslöse-Charakteristiken B, C, D, K, Z

Auslöse-Charakteristik B, C, D
nach DIN EN 60898-1 (VDE 0641-11)
Baubestimmung 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)
Baubestimmung 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.

Auslöseverhalten













nach Bestimmung	Auslösecharakteristik und Bemessungsströme	Thermische Auslöser ²⁾			Elektromagnetische Auslöser ¹⁾		
		Prüfströme: kleiner Prüfstrom I_1	großer Prüfstrom I_2	Auslösezeit	Prüfströme: halten Stromstöße von	schalten spätestens aus bei	Auslösezeit
DIN VDE 0641/T 11	B 6 bis 63 A	1,13 x I_n		> 1 h	3 x I_n		0,1 ... 45 s ≤ 32 A / 0,1 ... 90 s > 32 A
			1,45 x I_n	< 1 h		5 x I_n	< 0,1 s
DIN VDE 0641/T 11	C 0,5 bis 63 A	1,13 x I_n		> 1 h	5 x I_n		0,1 ... 15 s ≤ 32 A / 0,1 ... 30 s > 32 A
			1,45 x I_n	< 1 h		10 x I_n	< 0,1 s
DIN EN 60 947-2 (VDE 0660 Teil 1)	K 0,5 bis 63 A	1,05 x I_n		> 1 h	10 x I_n		> 0,2 s
			1,2 x I_n	< 1 h ³⁾		14 x I_n	< 0,2 s
			1,5 x I_n	< 2 min. ³⁾			
			6,0 x I_n	> 2 s (T1)			
DIN EN 60 947-2 (VDE 0660 Teil 1)	Z 0,5 bis 63 A	1,05 x I_n		> 1 h	2 x I_n		> 0,2 s
			1,2 x I_n	< 1 h		3 x I_n	< 0,2 s
			1,5 x I_n	< 2 min.			
			6,0 x I_n	> 2 s (T1)			

¹⁾ Die angeführten Auslösewerte der elektromagnetischen Auslöser gelten für eine Frequenz von $16 \frac{2}{3} \dots 60$ Hz.

²⁾ Die thermischen Auslöser sind auf eine Nenn-Bezugsumgebungstemperatur eingestellt; diese beträgt für Z und K = 20 °C, für B und C = 30 °C. Bei höheren Umgebungstemperaturen verringern sich die maximalen Betriebsströme um ca. 6 % je +10 °C Temperaturdifferenz.

³⁾ vom betriebswarmen Zustand aus (nach $I_n > 1$ h bzw. 2 h).

Sicherungsautomaten für den Leitungs- und Geräteschutz sowie ihre Anwendungsbereiche

Anwendungsbereiche	S 200 S 200 M	S 200 P S 200 U/UP S 201 DC S 280 UC	S 220	S 800 S 500 HV S 800 PV	S 700 S 750 WT 63 ①	S 400 SMISS- LINE
Industrienetze  690 Vp 1000 Vp			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 400 M-K S 400 M-D
 USV 250 V...  Photovoltaik bis 1200 V...		S 280UC		S 800UC S 800PV		S 400 M-UC C
Halbleiter- schutz  Steuer- stromkreise 24 V DC	S 200-Z S 200 M-Z	S 200 P-Z				S 400 M-UC Z
Selektivität 					S 700 S 750	
Trenneigenschaften nach DIN EN 60 898-1 	S 200 S 200 M	S 200 P	S 220	S 800	S 700 S 750	S 400 S 400 M
USA, Kanada  489   60 V DC 480 V AC 240 V AC 60 V DC		S 200 UP S 200 U S 201 DC				
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 280 UC	S 220	S 800	S 700 (GL)	S 400 M
Bemessungsschalt- vermögen I_{cn}/A (230/400 V AC) I_n/A	6 000 10 000 ≤ 63	max. 25 000 0,5 ... 63	max. 10 000 ≤ 63	max. 50 000 ≤ 125	25 000 ≤ 100	6 000 10 000 $\leq 63 A$

① als selektiver Gruppen- oder Vorausautomat

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© 2009 ABB
Alle Rechte vorbehalten