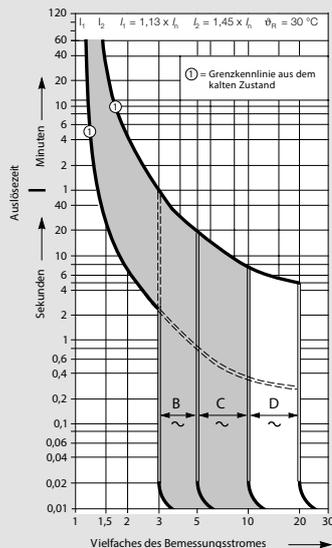


Auslöse-Charakteristiken für Sicherungsautomaten im Vergleich



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.

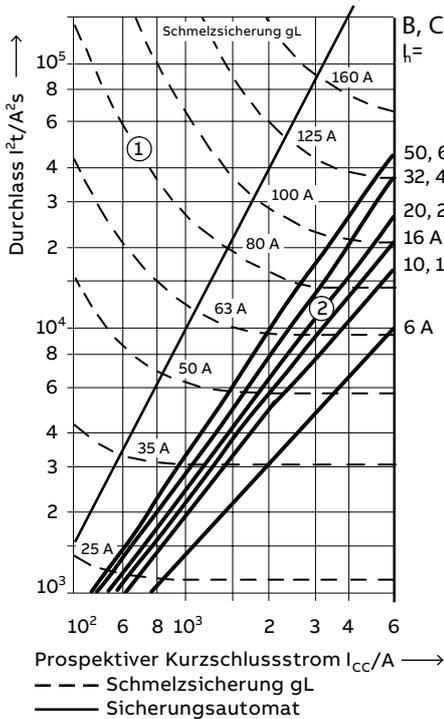
Bei der Auswahl von Sicherungsautomaten zum Überstromschutz nach DIN VDE 0100-430 wird der Durchlasswert $I^2 \times t$ bei sehr kurzen Ausschaltzeiten ($< 0,1$ s) dem maximal zulässigen Stromwärmeimpuls $k^2 \times S^2$ der Leitung gegenübergestellt, um den ausreichenden **Schutz bei Kurzschluss** nachzuweisen.

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

DIN VDE 0100-430/Ausgabe Oktober 2010 Abschnitt 433.1



Cu-Leiter PVC-isol. mm²	max. zul. I²t-Werte A²s
2,5	82.600
1,5	29.700
1,0	13.200
0,75	7.400

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 A^2s begrenzt wird. Dieser Wert liegt weit unterhalb 29.700 A^2s . Damit können PVC-isolierte Cu-Leiter 1,5 mm² im Kurzschlussfall geschützt werden.

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

Abb. 1 Durchlassenergie I^2t

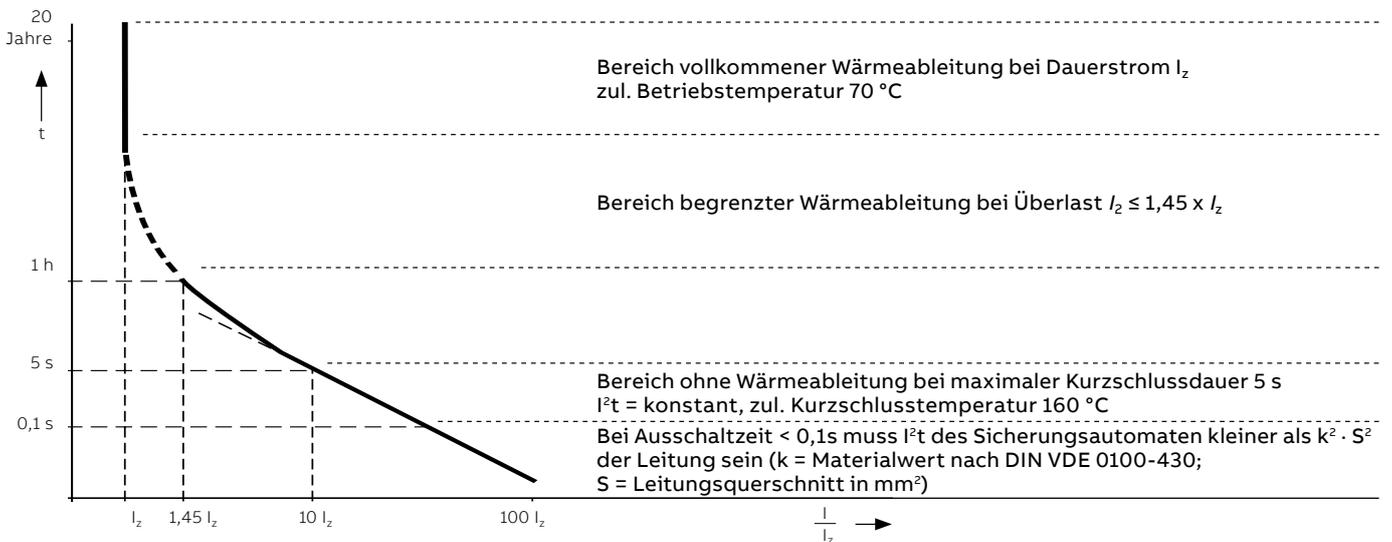
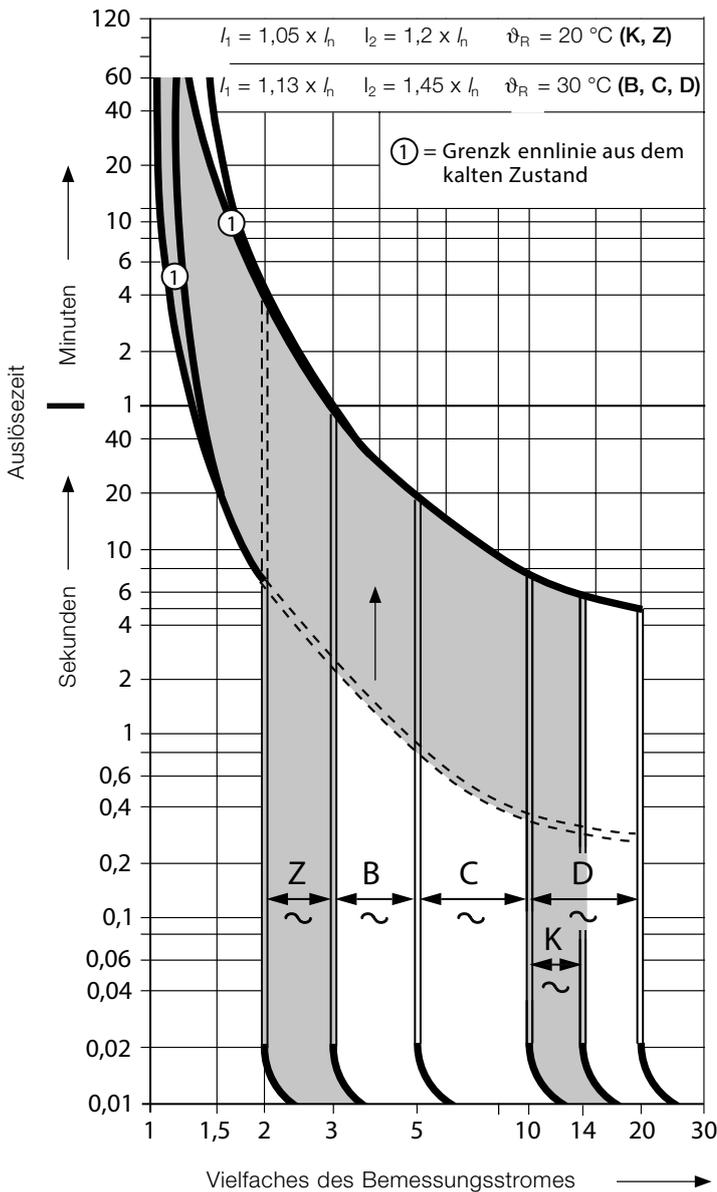


Abb. 2 Grenzbelastungskennlinie für PVC-isolierte Leitungen

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. 3 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: $1,45 \times I_n$).

Abb. 3 Auslösecharakteristiken im Vergleich

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“

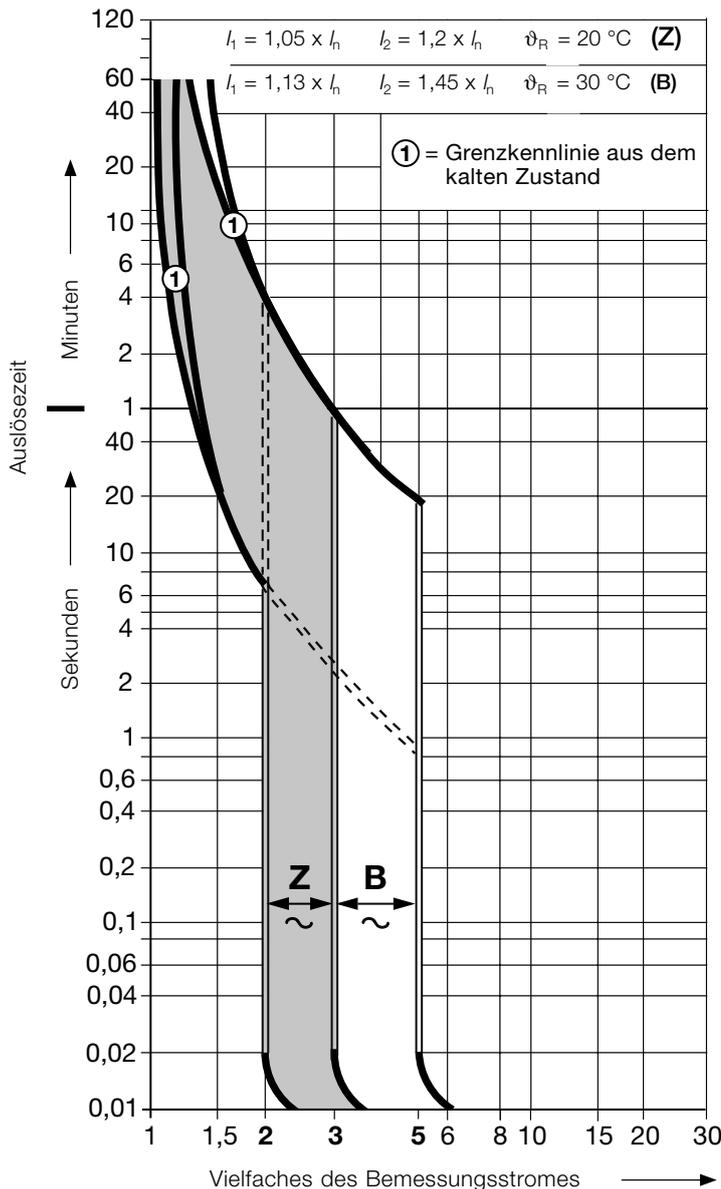


Abb. 4 Auslösekennlinien B/Z im Vergleich

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

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

Lebensdauer von PVC-isolierten Leitungen nach Arrhenius

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

Steuerstromkreise 24 V DC

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

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

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

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

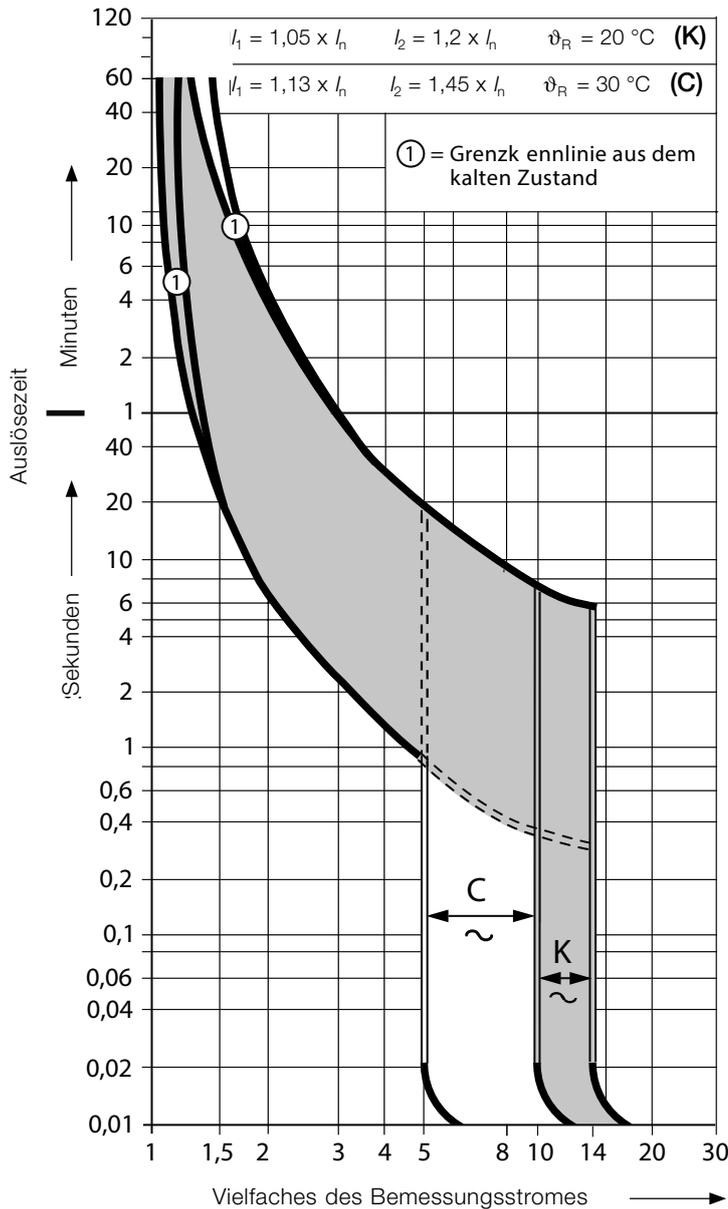
Hinweis

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.

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 vielen Jahren bewährt.

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

Abb. 5 Auslösekennlinien C/K im Vergleich

Leitertemperaturen PVC-isolierter Leitungen bei Überlast

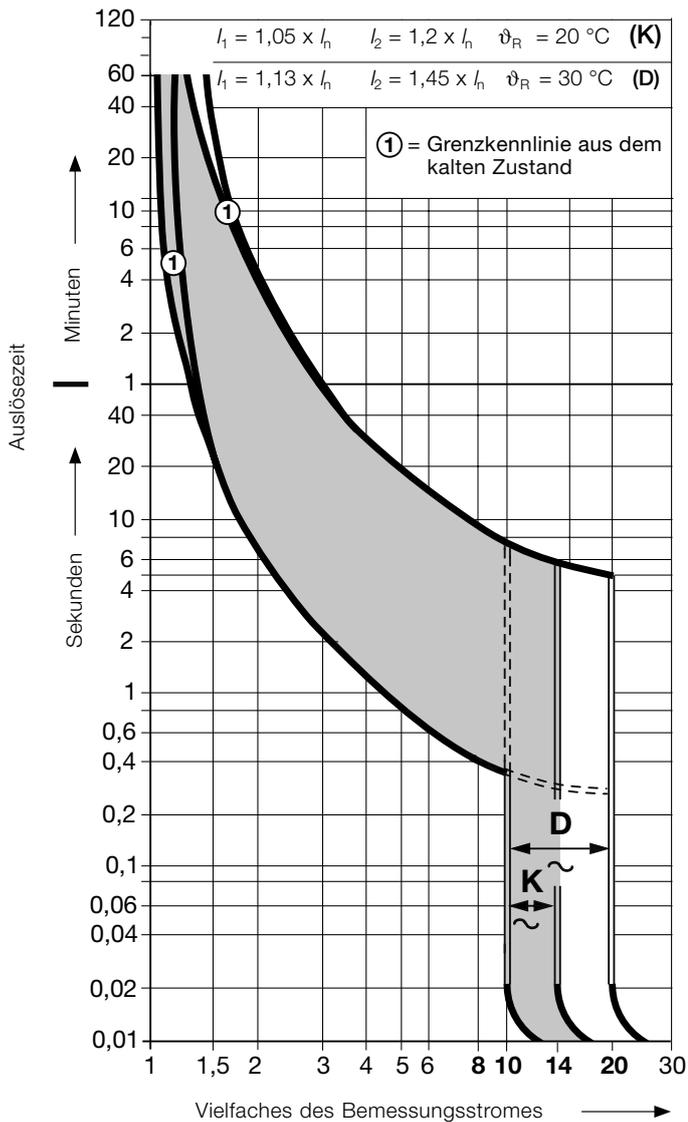
Belastung	Leitertemperatur*
$1,0 \times I_n$	70 °C
$1,2 \times I_n$	86 °C
$1,45 \times I_n$	116 °C

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 Betriebs-sicherheit bei Stromspitzen und schneller Abschaltung im Kurzschlussfall.

Die Auslöse-Charakteristik „K“ löst spätestens $14 \times I_n$ in $<0,1$ s aus. Dagegen schaltet die Auslöse-Charakteristik „D“ erst bei $20 \times I_n$ in $<0,1$ s 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.

Abb. 6 Vergleich der Auslöse-Charakteristiken „K“ und „D“

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

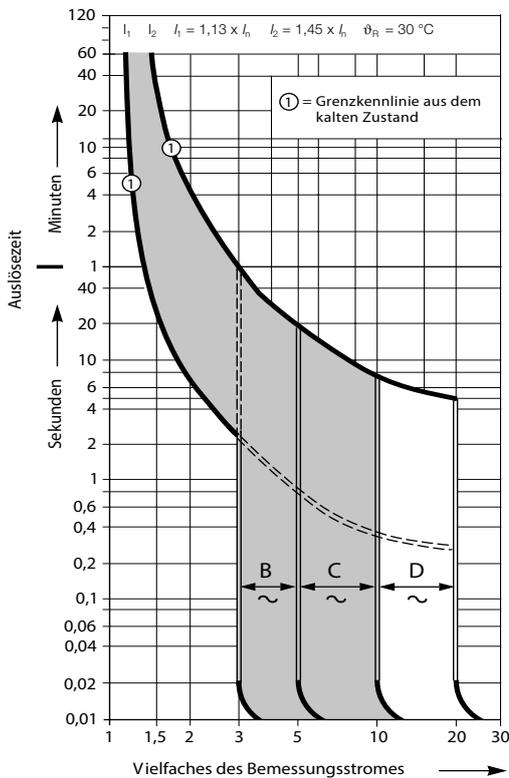
Lebensdauer von PVC-isolierten Leitungen nach Arrhenius

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 Sicherungsautomat für Haushaltins-
 tallationen und ähnliche Zwecke



Auslöse-Charakteristik K, Z
 nach DIN EN 60947-2 (VDE 0660-101)
 Baubestimmung für Leitungsschutzschalter

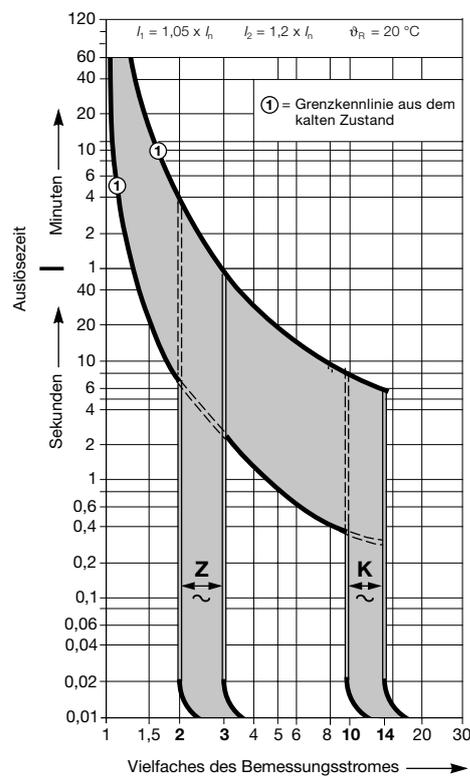


Abb. 7 Auslösekennlinien B/C/D/K/Z im Vergleich

Schutz bei Überlast mit Sicherungsautomaten

Ziel ist es, mit der ausgewählten Charakteristik ein Kabel/ eine Leitung gemäß ihrer Grenzbelastbarkeit nach Abb. 2 zu schützen. Es wird deutlich, dass mit Sicherungsautomaten der 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: $1,45 \times I_n$).

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 und Beleuchtungsstromkreisen 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 Bezugs Umgebungstemperatur eingestellt. Diese beträgt für „K“ und „Z“ 20 °C, für „B“

und „C“ 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*	x I _n (30 °C)			x I _n (20 °C)	
Nicht-Auslösen	1,13	1 h (I _n ≤ 63 A)		1,05	1 h
Auslösen	1,45	1 ... 60 s (I _n ≤ 63 A)		1,2	1 h
Auslösen	2,55	1 ... 60 s (I _n ≤ 32 A)		1,5	< 120 s
				6	> 2 s
Sofort-Auslösung (magn.)	x I _n			x I _n	
Nicht-Auslösen	3	5	10	10	2
Auslösen	5	10	20	14	3
				0,1 s	0,2 s
				0,1 s	0,2 s

* Für abweichende Umgebungstemperaturen gelten Reduktionsfaktoren!

Sicherungsautomaten für den Leitungs- und Geräteschutz sowie ihre Anwendungsbereiche

Anwendungsbereiche	S 200 S 200 M	S 200 P S 200 U/UP S 200 UDC S 200 M 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 200 M UC-K	S 200-K	S 800-K S 800-D	S 700-K WT 63	S 400 M-K S 400 M-D
USV Photovoltaik	250 V DC bis 1200 V DC	S 200 M 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)	
Trenneigenschaften nach DIN EN 60 898-1	S 200 S 200 M	S 200 P	S 220	S 800	S 700 S 750 (DR)	S 400 S 400 M
USA, Kanada	480 V AC 240 V AC 60 V DC	S 200 UP S 200 U S 200 UDC				
USA, Kanada	600 V AC 480 V AC 60 V DC 500 V DC	S 200 M S 200 P S 200 M UC	S 220			
Schiffsklassifikationen GL LRS BV DNV	S 200	S 200 P S 200 M UC	S 220	S 800	S 700 (GL)	S 400 M
Bemessungsschalt- vermögen (230/400 V AC)	6 000 10 000	max. 25 000	max. 10 000	max. 50 000	25 000	6 000 10 000
	I_{cn}/A					
	I_n/A	≤ 63	0,5 ... 63	≤ 32	≤ 125	≤ 63

¹⁾ Als selektiver Gruppen- oder Vorautomat.

ABB STOTZ-KONTAKT GmbH
Kundencenter

Eppelheimer Straße 82
69123 Heidelberg, Deutschland
Tel. +49 (0) 6221 701-777
Fax +49 (0) 6221 701-771
info.stotz@de.abb.com

abb.de/stotzkontakt

ABB Österreich
ABB AG
Electrification Products

Brown-Boveri-Straße 3
A-2351 Wr. Neudorf
Tel. +43 (0)1 60109 6203
Fax +43 (0)1 60109 8600

abb.at

ABB - Niederspannungsgeräte

Kundencenter

Tel. +43 (0)1 60109 6530
at-lpkc@abb.com

www.abb.de

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 © 2020 ABB
Alle Rechte vorbehalten