

6 Schutz von Kabeln und Leitungen bei Überstrom (DIN VDE 0100-430)

6.1 Allgemeine Anforderungen (DIN VDE 0100-430, Abschnitt 430.4)

Um Kabel und Leitungen zu schützen, müssen Überstromschutzeinrichtungen verwendet werden, die jeden Überstrom in den Leitern des Stromkreises unterbrechen, bevor solch ein Strom durch thermische oder mechanische Auswirkungen Schäden an der Isolierung, den Verbindungsstellen, den Anschlussklemmen oder der Umgebung der Leiter hervorrufen kann. Zu berücksichtigen ist die Erwärmung, die auftreten kann

- durch betriebsmäßige Überlast (siehe Bild 5.1)
- bei vollkommenem Kurzschluss (siehe Bild 5.2).

6.2 Art der Überstromschutzeinrichtungen (DIN VDE 0100-430, Abschnitt 431.3)

Folgende Bauarten von Überstromschutzeinrichtungen zum Schutz von Kabeln und Leitungen gegen zu hohe Erwärmung dürfen verwendet werden:

- Überstromschutzeinrichtungen, die den Schutz sowohl bei Überlast als auch bei Kurzschluss sicherstellen
- Überstromschutzeinrichtungen, die nur den Schutz bei Überlast sicherstellen
- Überstromschutzeinrichtungen, die nur den Schutz bei Kurzschluss sicherstellen

6.2.1 Überstromschutzeinrichtungen, die den Schutz sowohl bei Überlast als auch bei Kurzschluss sicherstellen (DIN VDE 0100-430, Abschnitt 431.3.1)

Solche Überstromschutzeinrichtungen müssen jeden Überstrom bis zum größten Strom bei vollkommenem Kurzschluss an ihrer Einbaustelle unterbrechen können. Beispiele für die Installationspraxis sind:

- Leistungsschalter mit integriertem Überlastauslöser in Übereinstimmung mit DIN EN 60947-2 (VDE 0660-101) DIN EN 60947-6-2 (VDE 0660-115), DIN EN 60898-1 (VDE 0641-11) oder DIN EN 61009-1 (VDE 0664-20)
- Leistungsschalter im Zusammenwirken mit Sicherungen
- Sicherungen mit Sicherungseinsätzen der Charakteristik gG in Übereinstimmung mit DIN IEC 60269-2 (VDE 0636-2) oder DIN IEC 60269-3 (VDE 0636-3)

6.2.1.1 Leitungsschutzsicherungen (Schmelzsicherungen)

6.2.1.1.1 Wirkungsweise bei Überlast

Überlastströme, die nur wenig oberhalb der max. dauernd zulässigen Belastbarkeit I_z einer Leitung liegen (siehe Kapitel 5 dieses Buchs), erwärmen die Leiter dieser Leitung erst nach längerer Zeit auf unzulässig hohe Temperaturen. Dabei wird eine bestimmte Wärmemenge $I^2 \cdot R \cdot t$ erzeugt. Ist in einem so belasteten Stromkreis eine Sicherung eingesetzt, deren Schmelzleiter schon von einer etwas geringeren Wärmemenge abgeschmolzen wird, kann die unzulässig hohe Temperatur an den Leitern nicht erreicht werden. Das heißt, die Kabel und Leitungen werden durch diese Maßnahme sicher bei Überlast geschützt.

6.2.1.1.2 Wirkungsweise bei Kurzschluss

Der Schutz bei Kurzschluss funktioniert bei Einsatz von Schmelzsicherungen nach demselben Prinzip wie bei dem zuvor beschriebenen Überlastschutz. Bei hohen Kurzschlussströmen kann die unzulässig hohe Wärmemenge schon in Bruchteilen einer elektrischen Halbschwingung (10 ms bei 50-Hz-Wechselstrom) erreicht werden. Schmelzsicherungen schmelzen auch bei hohen Kurzschlussströmen innerhalb einer ausreichend kurzen Zeit ab. Während des Abschmelzens des Schmelzleiters fließt noch ein begrenzter Kurzschlussstrom durch den Lichtbogen weiter. Daraus ergibt sich der Durchlasswert $I^2 \cdot t$. Von etwa 5 kA bis zur Grenze ihres Schaltvermögens (mind. 50 kA) behält die Schmelzsicherung einen gleichen Durchlasswert $I^2 \cdot t$ bei. Bedeutung hat der Durchlasswert bei Selektivitätsbetrachtungen und beim Nachweis des wirksamen Schutzes von Kabeln und Leitungen bei Kurzschluss bei sehr kurzen Ausschaltzeiten (siehe Kapitel 6.4 dieses Buchs).

6.2.1.1.3 Klassifizierung nach DIN VDE 0636

Die früher üblichen Sicherungscharakteristiken „flink“ und „träge“ sind in den Normen der Reihe DIN VDE 0636, die DIN VDE 0635 (D- und D0-Sicherungen) und DIN VDE 0660-4 (NH-Sicherungen) ablösen, durch eine neue Klassifizierung ersetzt worden. Schmelzsicherungen nach den Normen der Reihe DIN VDE 0636 werden zur Beschreibung der Abschaltkennlinie nach zwei Kriterien unterteilt:

- Bauart
- Betriebsklasse

Bei den Bauarten werden drei Ausführungsarten unterschieden:

- NH-System (Niederspannungs-Hochleistungs-Sicherungssystem; Sicherungen mit Messerkontaktstücken)
- D-System (Diazed; Schraubsicherungen)
- D0-System (Neozed; Schraubsicherungen)

Während das NH-System die Bedienung durch Fachkräfte oder elektrotechnisch unterwiesene Personen voraussetzt, dürfen D- und D0-System auch von Laien bedient werden. D- und D0-System sind so konzipiert, dass bei ihrer Bedienung sowohl der Schutz gegen direktes Berühren als auch die Nennstromunverwechselbarkeit gegeben sind.

Dennoch dürfen Laien nach DIN VDE 0105-100 „Betrieb von elektrischen Anlagen – Teil 100: Allgemeine Festlegungen“ nur Strom führende D- und D0-Sicherungen bis zu einer Nennstromstärke von 63 A auswechseln (**Tabelle 6.1**). Diese Forderung ist bei der Planung und beim Bau elektrischer Anlagen unbedingt zu berücksichtigen.

Sicherungssystem Typ	Nennspannung V	Nennstrom A ^{*)}	Laien	Elektrofachkräfte, elektrotechnisch unterwiesene Personen
D0, D	bis AC 400	bis 63 über 63	ja nein	ja nein
D	über AC 400	bis 16 über 16	nein nein	ja nein
D0, D	bis DC 25	über 0	ja	ja
D0	über DC 25 bis 60 über DC 60 bis 120 über DC 120	bis 6 bis 2 über 0	nein nein nein	ja ja nein
D	über DC 25 bis 60 über DC 60 bis 120 über DC 120 bis 750 über DC 750	bis 16 bis 5 bis 1 über 0	nein nein nein nein	ja ja ja nein

*) Bei den genannten Stromstärken handelt es sich nicht um den evtl. Kurzschlussstrom beim Einsetzen.

Tabelle 6.1 Stromgrenzen für das gefahrlose Auswechseln von Strom führenden Sicherungseinsätzen bei Nennspannungen bis 1000 V nach DIN VDE 0105-100:2015-10, Tabelle 104

Sicherungslastschalter (Schalter-Sicherungseinheiten des Systems D0) verfügen über Schalteinrichtungen mit Lastschaltvermögen. Sie dürfen auch bei Nennströmen >63 A von Laien bedient werden.

Die Betriebsklasse ist durch zwei Buchstaben gekennzeichnet, z. B. gG. Der erste Buchstabe bezeichnet die Funktionsklasse, der zweite das zu schützende Objekt.

Die Funktionsklasse legt fest, welchen Strombereich ein Sicherungseinsatz ausschalten kann. Man unterscheidet zwei Funktionsklassen (**Bild 6.1**):

- Funktionsklasse g:

Ganzbereichssicherungen (general purpose fuses); das sind Sicherungseinsätze, die Ströme wenigstens bis zur Höhe ihres Nennstroms dauernd führen und Ströme vom kleinsten Schmelzstrom bis zum Nennausschaltstrom ausschalten können.

- Funktionsklasse a:

Teilbereichssicherungen (accompanied fuses); das sind Sicherungseinsätze, die Ströme wenigstens bis zu ihrem Nennstrom dauernd führen und Ströme oberhalb eines bestimmten Vielfachen ihres Nennstroms bis zum Nennausschaltstrom ausschalten können.

Während Sicherungen der Funktionsklasse g für den Überlast- und Kurzschlusschutz konzipiert sind, stellen Sicherungen der Funktionsklasse a nur den Kurzschlusschutz sicher. Deshalb können Sicherungen der Funktionsklasse a nur dann eingesetzt werden, wenn kein Überlastschutz erforderlich ist oder wenn dieser anderweitig sicherge-

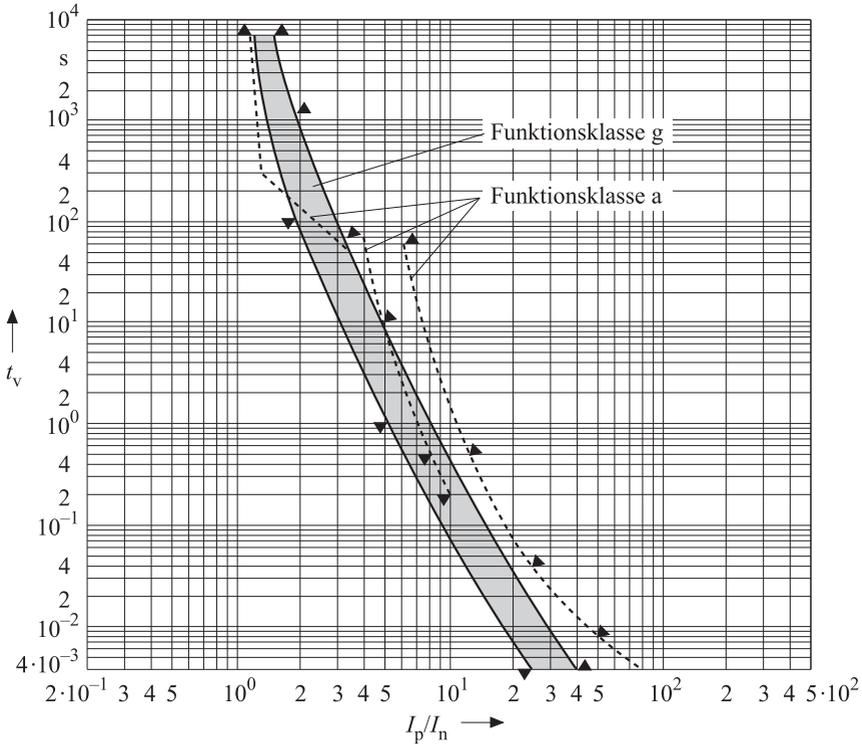


Bild 6.1 Prinzipieller Verlauf der Zeit–Strom-Bereiche von Sicherungen der Funktionsklassen a und g nach Z DIN 57636-1 (VDE 0636-1):1983-11. Zurückgezogen 1999-11

stellt wird. Falls eine Sicherung der Funktionsklasse a bei Ausfall der eingesetzten Überlastschutzeinrichtung mit Überlastströmen beansprucht wird, kann die Sicherung den Überlaststrom unter Umständen nicht abschalten. Die Sicherung der Funktionsklasse a könnte übermäßig erwärmt werden, bis sie explodiert. Es ist nicht auszuschließen, dass in einem solchen Fall ein Lichtbogen stehen bleibt.

Neben den Funktionsklassen werden die Abschaltkennlinien nach ihrer Eignung für bestimmte Schutzobjekte unterschieden. Folgende Schutzobjekte sind festgelegt (zweiter Buchstabe der Betriebsklasse):

- G allgemeine Anwendung
- L Kabel- und Leitungen
- M Schaltgeräte
- R Halbleiter
- B Bergbau-Anlagen
- Tr Transformatoren

Hieraus ergeben sich diese Betriebsklassen:

- gG Ganzbereichsschutz für allgemeine Anwendung
- gL Ganzbereichs-Kabel- und -Leitungsschutz
- aM Teilbereichs-Schaltgeräteschutz
- aR Teilbereichs-Halbleiterschutz
- gR Ganzbereichs-Halbleiterschutz
- gB Ganzbereichs-Bergbau-Anlagenschutz
- gTr Ganzbereichs-Transformatorenschutz

Üblicherweise werden bei der Elektroinstallation in Wohnungen Sicherungen der Betriebsklasse gL bzw. gG verwendet. Die Betriebsklasse gG wurde im Rahmen der europäischen Harmonisierung mit DIN VDE 0636-10 (EN 60269-1) eingeführt, um unterschiedliche Betriebsklassen in europäischen Ländern einander anzugleichen. Sie entspricht im Wesentlichen der bisher in Deutschland verwendeten Betriebsklasse gL.

6.2.1.1.4 Zeit–Strom-Bereiche

Für jede Betriebsklasse und jeden in dieser Betriebsklasse möglichen Nennstrom sind die Zeit–Strom-Bereiche, innerhalb deren Toleranzband die Schmelzsicherung auslösen muss, in den Normen der Reihe DIN VDE 0636 als Diagramm dargestellt (**Bild 6.2a** und **Bild 6.2b**). Bei diesen Diagrammen ist auf der Waagerechten der unbeeinflusste (prospektive) Kurzschlussstrom im Verhältnis zum Nennstrom der Schmelzsicherung aufgetragen und auf der Senkrechten die Zeitdauer für das Abschmelzen des Schmelzleiters (virtuelle Zeit).

Erst nach Überschreiten der unteren (vorderen) Kennlinie des Toleranzbands, der sog. Schmelzzeit–Strom-Kennlinie, darf die Schmelzsicherung ansprechen, d. h. abschmelzen. Beim Erreichen der oberen (hinteren) Kennlinie des Toleranzbands, der sog. Ausschaltzeit–Strom-Kennlinie, muss die Schmelzsicherung ansprechen. Markante Punkte stellen die Werte am oberen Ende des Toleranzbands dar (Zeit–Strom-Tor). In Abhängigkeit vom Nennstrom sind verschiedene Zeiten (konventionelle Prüfdauer) festgelegt. Sie liegen bei Nennströmen

- bis 63 A bei 1 h
- über 63 A bis 160 A bei 2 h
- über 160 A bis 400 A bei 3 h
- über 400 A bei 4 h

Auf der unteren (vorderen) Kennlinie des Toleranzbands (Schmelzzeit–Strom-Kennlinie) liegt der kleine Prüfstrom I_1 . So darf z. B. eine Schmelzsicherung bis 63 A Nennstrom innerhalb der konventionellen Prüfdauer von 1 h beim kleinen Prüfstrom ($1,3 \cdot I_n$) noch nicht auslösen.

Auf der oberen (hinteren) Kennlinie des Toleranzbands (Ausschaltzeit–Strom-Kennlinie) liegt der große Prüfstrom I_2 . Eine Schmelzsicherung bis 63 A Nennstrom muss erst innerhalb der konventionellen Prüfdauer von 1 h auslösen, wenn der große Prüfstrom I_2 ($1,45 \cdot I_n$) fließt. I_2 ist bei der Zuordnung der Überstromschutzeinrich-

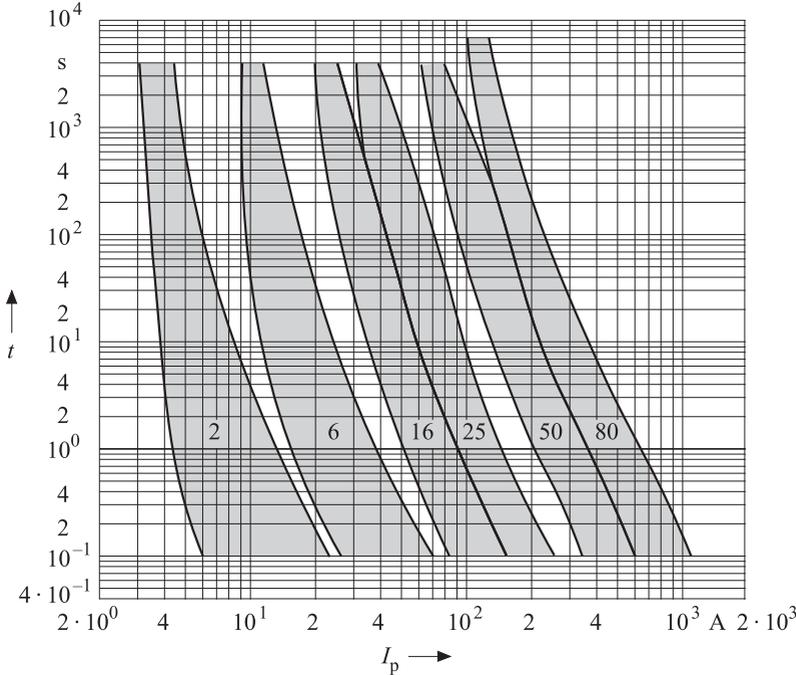


Bild 6.2a Zeit–Strom-Bereiche für „gG“-Sicherungseinsätze
(Quelle: DIN VDE 0636-3:2024-01, Bild 101)

tungen zu den Nennquerschnitten von Kabeln und Leitungen von sehr wesentlicher Bedeutung (siehe hierzu Kapitel 6.3 dieses Buchs).

6.2.1.1.5 Schaltvermögen

Nach den Normen der Reihe DIN VDE 0636 müssen Schmelzsicherungen ein Schaltvermögen von mind. 50 kA aufweisen, also Kurzschlussströme von mind. 50 kA sicher abschalten.

6.2.1.1.6 Back-up-Schutz

Ist der unbeeinflusste Kurzschlussstrom am Einbauort der Überstromschutzeinrichtung größer als das Schaltvermögen dieser Überstromschutzeinrichtung, muss ihr durch eine vorgeschaltete Überstromschutzeinrichtung Rückschutz (Back-up-Schutz) geboten werden (siehe Kapitel 6.4.3 dieses Buchs). Aufgrund des hohen Schaltvermögens von 50 kA bei Schmelzsicherungen erübrigt sich in der Mehrzahl aller Fälle der Praxis beim Einsatz von Schmelzsicherungen ein Rückschutz.

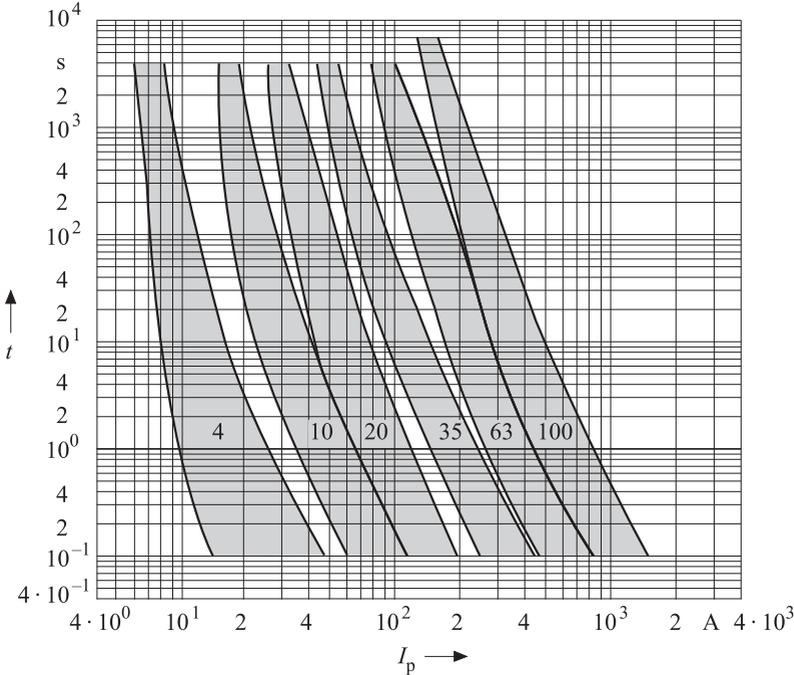


Bild 6.2b Zeit–Strom-Bereiche für „gG“-Sicherungseinsätze
(Quelle: DIN VDE 0636-3:2024-01, Bild 102)

6.2.1.2 Leitungsschutzschalter

Leitungsschutzschalter haben getrennt wirkende Auslöser für den Überlast- und den Kurzschlusschutz.

6.2.1.2.1 Wirkungsweise bei Überlast

Der Schutz bei Überlast wird bei modernen Leitungsschutzschaltern mit einem zeitlich verzögerten Thermo-Bimetallauslöser sichergestellt. Die verschiedenen Ausdehnungskoeffizienten der unter hohem Druck kalt aufeinander gewalzten beiden Metallstreifen, deren Formgebung sowie die Temperatur und deren Einwirkungs-dauer bestimmen den Grad der Krümmung des Thermo-Bimetallstreifens. Die mechanische Bewegung der Krümmung wird zum Auslösen, dem Entklinken des Feder-Kraftspeichers und somit zum Selbstausrufen (Selbstausröser) genutzt. Das Auslösen wird entscheidend bestimmt durch die Erwärmung, d. h. durch Strom und Zeit (**Bild 6.3**).

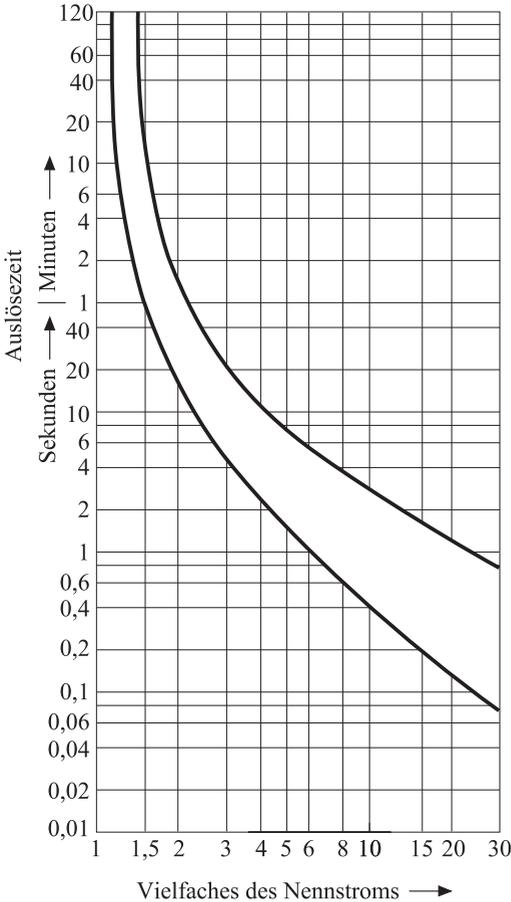


Bild 6.3 Verlauf der Auslösekennlinie des Thermo-Bimetallauslösers eines Leitungsschutzschalters

6.2.1.2.2 Wirkungsweise bei Kurzschluss

Der Schutz bei Kurzschluss wird durch den zeitlich nahezu unverzögerten Elektromagnetauslöser sichergestellt. Er reagiert ausschließlich stromabhängig, wie dem senkrechten Verlauf der Auslösekennlinie im Strom-Zeit-Diagramm zu entnehmen ist (**Bild 6.4**).

Moderne Leitungsschutzschalter begrenzen den Kurzschlussstrom sehr erheblich, was – insbesondere, wenn sie auch den Schutz bei Kurzschluss übernehmen sollen – von großer Bedeutung ist. Durch das Schlaganker-Prinzip wird der bewegliche Eisenkern mit großer Kraft gegen das bewegliche Schaltstück geschlagen. Das bewirkt eine

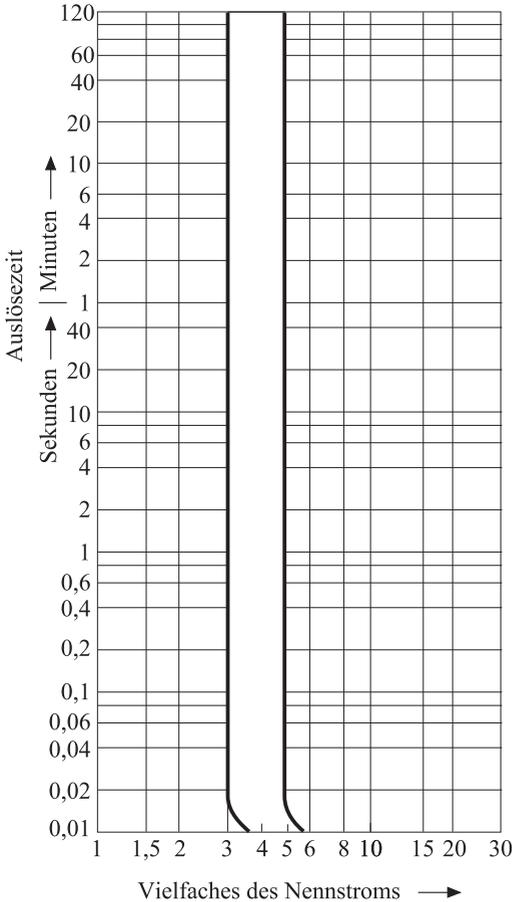


Bild 6.4 Verlauf der Auslösekennlinie des Elektromagnetauslösers eines Leitungsschutzschalters

schnelle, weite Öffnung der Schaltstücke. Als Folge entsteht ein langer Lichtbogen, der dem Kurzschlussstrom schon im Entstehen viel Widerstand entgegensetzt und ihn dadurch erheblich begrenzt. Im gleichen Sinn wirken das Aufteilen des Lichtbogens mit Deionblechen in mehrere elektrisch hintereinandergeschaltete Lichtbögen in der Lichtbogenlöschkammer und elektrodynamisch abhebende Schaltstücke.

Ein kleiner Durchlassstrom i_D von kurzer Dauer ergibt auch nur einen kleinen Durchlasswert $I^2 \cdot t$ (**Bild 6.5**). Der Durchlasswert hängt ab von der Höhe des unbegrenzten Kurzschlussstroms und vom Grad der Kurzschlussstrombegrenzung der Überstromschutzeinrichtung. Letztgenannter wird vom Hersteller der Leitungs-

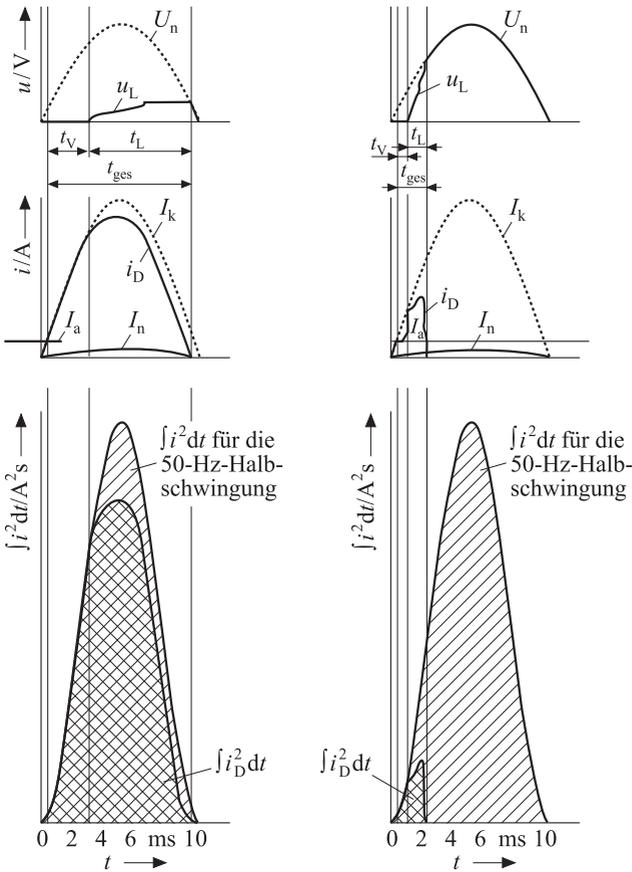


Bild 6.5 Abhängigkeit des Durchlassstroms i_D vom Durchlasswert $I^2 \cdot t$

schutzschalter angegeben. Bedeutung hat der Durchlasswert bei Selektivitätsbetrachtungen und auch beim Nachweis eines wirksamen Schutzes von Kabeln und Leitungen bei Kurzschluss bei sehr kurzen Ausschaltzeiten (siehe Kapitel 6.4 und 6.5.3 dieses Buchs).

6.2.1.2.3 Auslösecharakteristiken

Die unterschiedlichen Auslösekennlinien von Thermo-Bimetallauslöser und Elektromagnetauslöser ergeben aneinandergefügt eine gemeinsame Auslösekennlinie oder Auslösecharakteristik (**Bilder 6.6 bis 6.14**).

Auch die Auslösewerte von Leitungsschutzschaltern liegen – wie die der Schmelzsicherungen – innerhalb eines Toleranzbands. Die untere (vordere) Kennlinie des

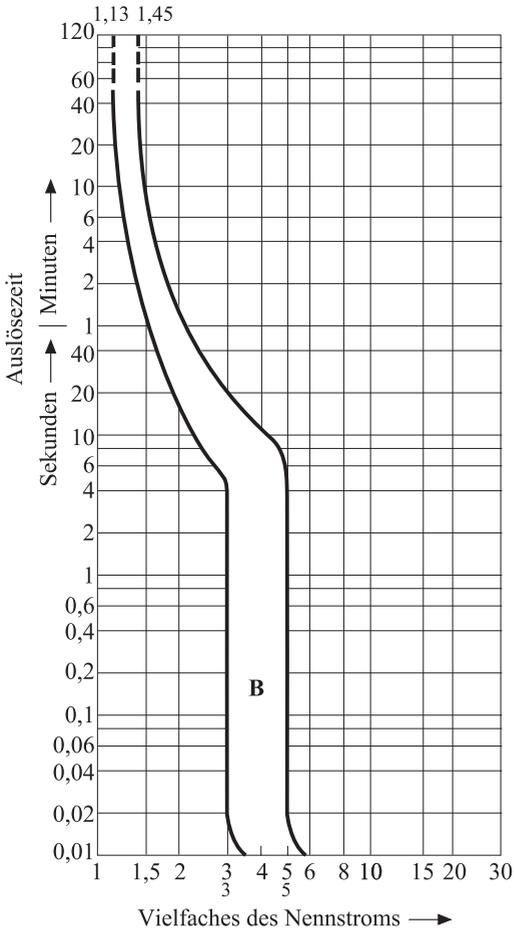


Bild 6.6 Leitungsschutzschalter – Charakteristik B

Toleranzbands wird als Haltekennlinie (Haltewert, Haltestrom), die obere (hintere) Kennlinie als Auslösekennlinie (Auslösewert, Auslösestrom) bezeichnet.

Um spezielle Eigenschaften von zu schützenden Verbrauchsmitteln zu berücksichtigen, z. B.

- Anlaufstrom von Motoren
- Magnetisierungsstrom von Transformatoren (Rusheffekt)
- Einschaltstromspitzen von Kondensatoren und Lampen

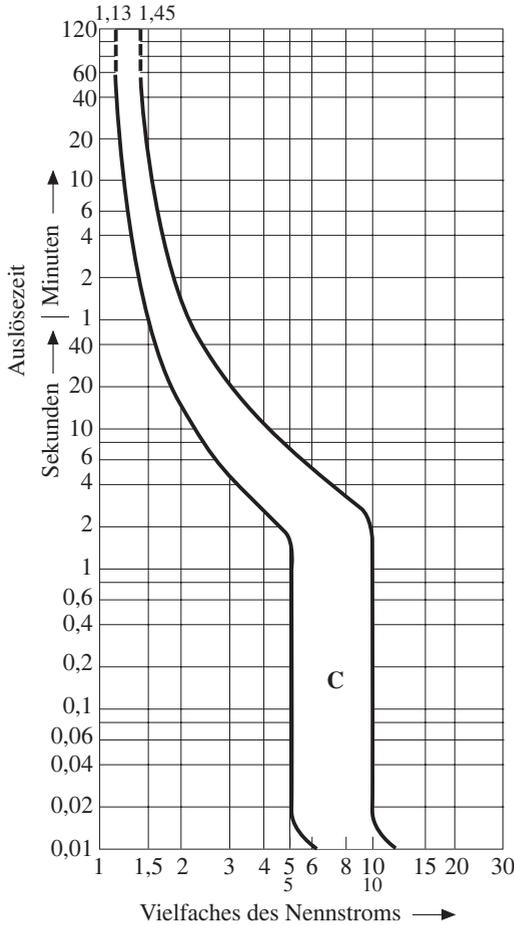


Bild 6.7 Leitungsschutzschalter – Charakteristik C

bedarf es neben der Leitungsschutz-Charakteristik, die bei den zuvor angeführten Verbrauchsmitteln oftmals zum Auslösen des Leitungsschutzschalters und damit zu unerwünschten Unterbrechungen der Stromversorgung führen würde, weiterer Auslösecharakteristiken.

Im Folgenden sind beispielhaft einige Auslösecharakteristiken von Leitungsschutzschaltern aufgeführt, die es am Markt gibt oder gab; sie sind bzw. sie werden in Installationsanlagen eingesetzt:

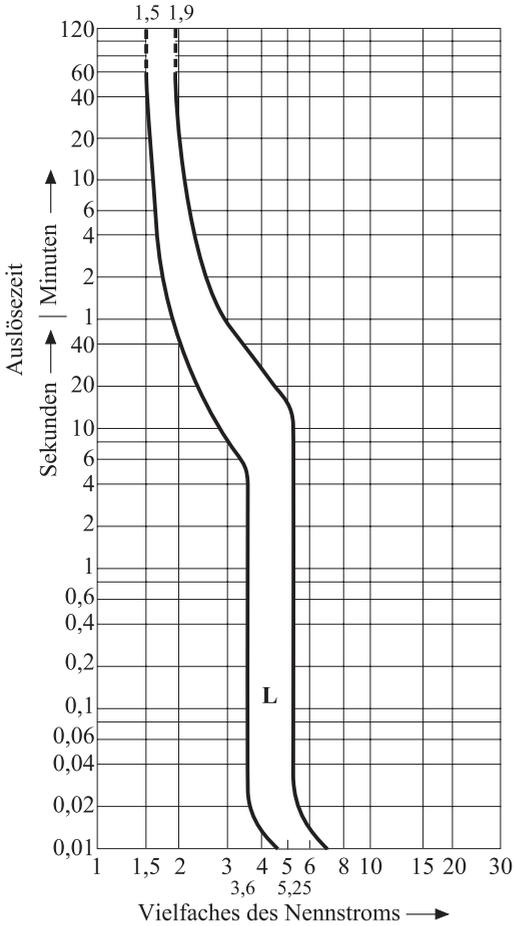


Bild 6.8 Leitungsschutzschalter – Charakteristik L

- A Charakteristik für begrenzten Halbleiterschutz und Messkreise mit Wandlern, gebaut in Anlehnung an DIN VDE 0641-11
- B Leitungsschutz-Charakteristik, gebaut nach DIN VDE 0641-11
- C Leitungsschutz-Charakteristik, gebaut nach DIN VDE 0641-11
- D Charakteristik für stark impulserzeugende Betriebsmittel, z. B. Transformatoren und Magnetventile, gebaut nach DIN VDE 0641-11
- E Exakt-Charakteristik, gebaut nach Entwurf DIN VDE 0645
- G General-Charakteristik, gebaut nach CEE-Publikation 19, 1. Ausgabe

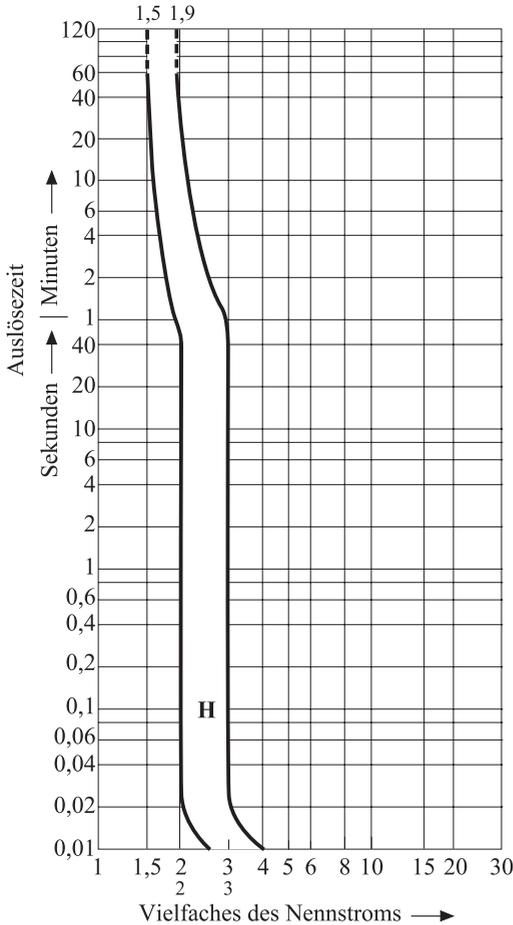


Bild 6.9 Leitungsschutzschalter – Charakteristik H

- H Haushalt-Leitungsschutz-Charakteristik, gebaut nach DIN VDE 0641
- K Kraft-Charakteristik, gebaut nach DIN EN 60947-2 (**VDE 0660-101**) und DIN EN IEC 60947-4-1 (**VDE 0660-102**)
- L Leitungsschutz-Charakteristik, gebaut nach DIN VDE 0641
- U Universal-Charakteristik, gebaut nach CEE-Publikation 19, 2. Ausgabe
- Z Charakteristik zum Schutz von Halbleiterelementen und Spannungswandlern, gebaut nach DIN EN 60947-2 (**VDE 0660-101**) und DIN EN IEC 60947-4-1 (**VDE 0660-102**)

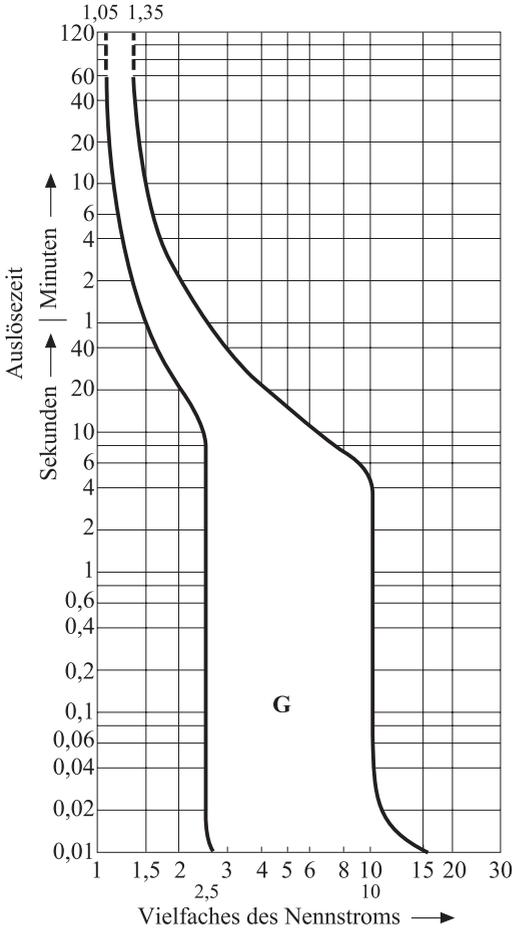


Bild 6.10 Leitungsschutzschalter – Charakteristik G

Sehr spezielle bzw. ausschließlich im Ausland angewendete Charakteristiken bleiben – wegen der geringen Bedeutung für den Leitungsschutz – in diesem Buch unberücksichtigt. Neben den speziell für den Leitungsschutz konzipierten Charakteristiken B und C können auch die anderen in diesem Buch behandelten Charakteristiken für den Leitungsschutz eingesetzt werden.

Zurzeit werden von der herstellenden Industrie im Wesentlichen zwei nach DIN VDE 0641-11 genormte Charakteristiken von Leitungsschutzschaltern auf dem deutschen Markt angeboten, nämlich die Charakteristiken B (siehe Bild 6.6) und C

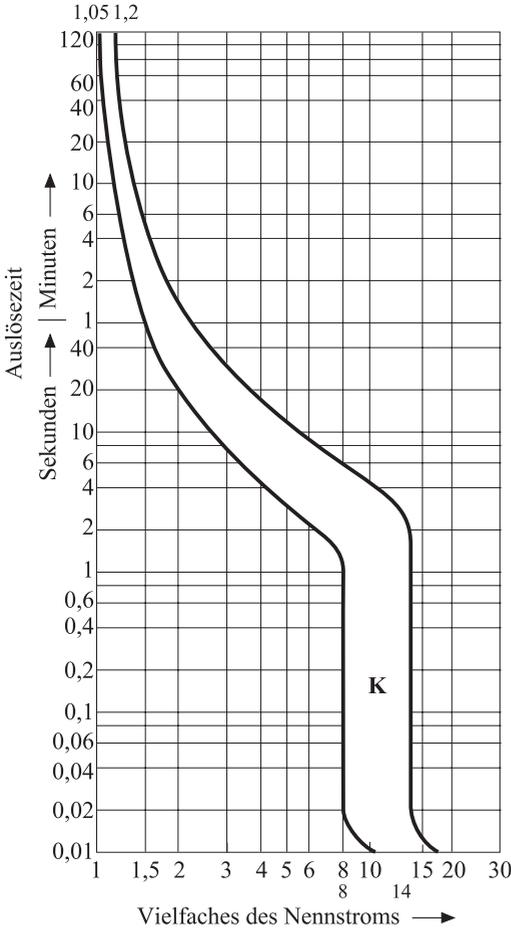


Bild 6.11 Leitungsschutzschalter – Charakteristik K

(siehe Bild 6.7). Beide Leitungsschutzschalter sind primär für den Leitungsschutz konzipiert. Der Charakteristik B sind vorausgegangen die Typen L (siehe Bild 6.8) (seit dem Jahr 1923) und H (siehe Bild 6.9) (seit dem Jahr 1946).

Die H-Charakteristik war seinerzeit für leistungsschwache Netze konzipiert, da die L-Charakteristik in Ausnahmefällen zu Schwierigkeiten beim Erfüllen der Abschaltbedingungen zum Schutz gegen elektrischen Schlag im TN-System (früher Nullung) führte. Die unterschiedlichen k -Faktoren in Tabelle 9.1 der seinerzeit gültigen DIN VDE 0100:1973-05 resultierten im Wesentlichen aus den seinerzeit noch vorhande-

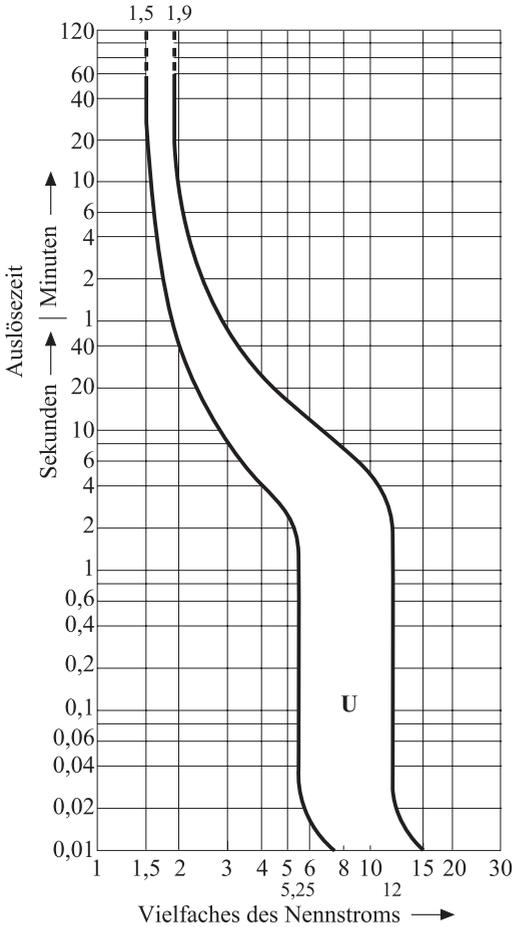


Bild 6.12 Leitungsschutzschalter – Charakteristik U

nen leistungsschwachen Netzen. Da die Netze im Lauf der Jahre – bedingt durch den bedarfsgerechten Ausbau – immer leistungsstärker wurden, konnte mit Erscheinen von DIN VDE 0100v₁:1977-06 auf die Verwendung von Leitungsschutzschaltern mit der Abschaltcharakteristik H verzichtet werden. Deshalb wurde der H-Typ nicht mehr in DIN VDE 0641, Ausgabe Juni 1978, aufgenommen. Die L-Charakteristik hingegen wurde im Rahmen der internationalen Harmonisierungsmaßnahmen mit Erscheinen von DIN VDE 0641/A4 im November 1988 abgelöst durch die B-Cha-

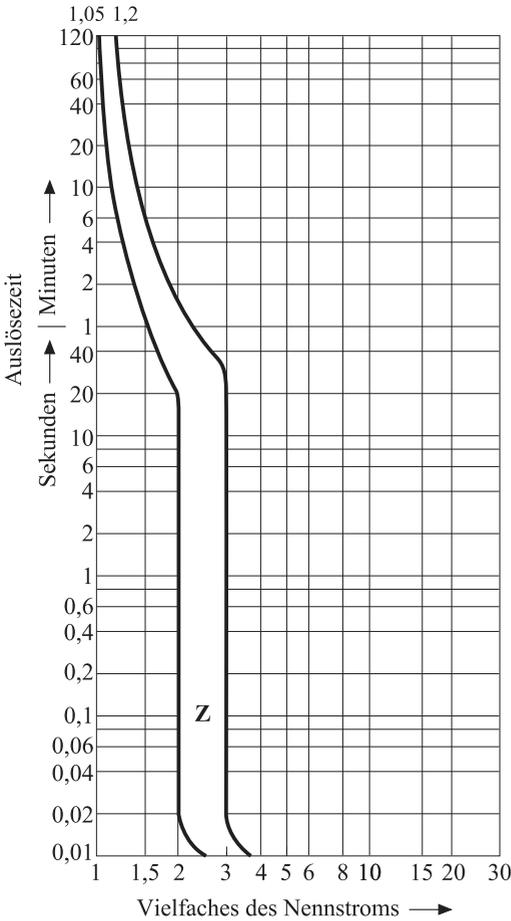


Bild 6.13 Leitungsschutzschalter – Charakteristik Z

rakteristik. Neben der Ablösung der L-Charakteristik durch die B-Charakteristik wurde in DIN VDE 0641/A4 die C-Charakteristik neu aufgenommen.

Leitungsschutzschalter mit C-Charakteristik unterscheiden sich von denen mit B-Charakteristik im Wesentlichen durch die höheren Ansprechwerte des unverzögert wirkenden Elektromagnetauslösers (Schnellauslöser). Sie sind für den Leitungsschutz in Stromkreisen mit hohen Einschaltstromspitzen, z. B. in Motor- und reinen Glühlampenstromkreisen, konzipiert.

Vor Aufnahme der C-Charakteristik in DIN VDE 0641-11 (jetzt DIN EN IEC 60947-4-1 (**VDE 0660-102**)) bot der Markt auch schon für die zuvor angeführten

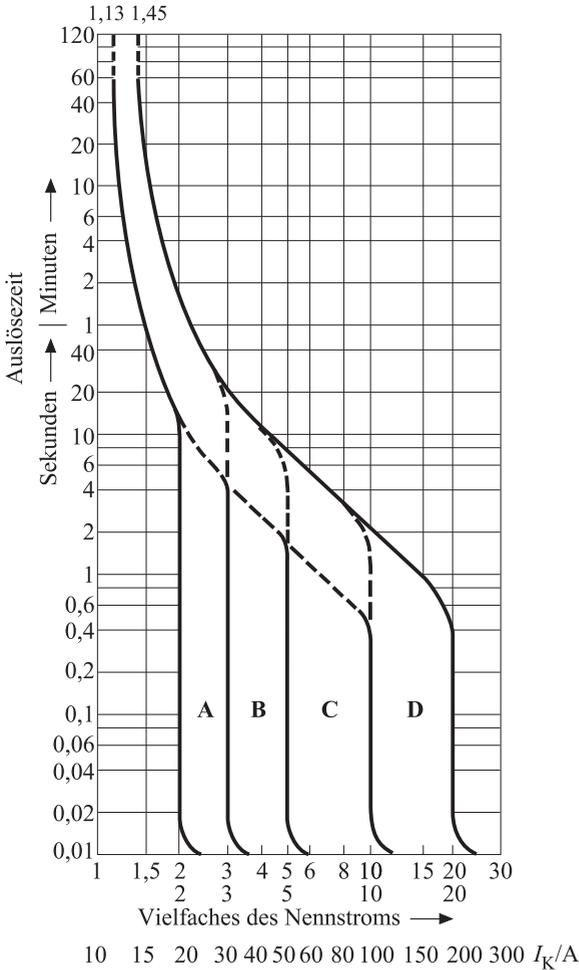


Bild 6.14 Leitungsschutzschalter – Auslösecharakteristiken A, B, C und D

Problemfälle Leitungsschutzschalter mit den Charakteristiken G (siehe Bild 6.10), K (siehe Bild 6.11) und U (siehe Bild 6.12) an, wobei die Charakteristik U in Deutschland wenig eingesetzt wurde.

Die K-Charakteristik, nach DIN EN 60947-2 (VDE 0660-101) und DIN EN IEC 60947-4-1 (VDE 0660-102) gebaut, wird für die vorgenannten Anwendungsfälle nach wie vor neben der neuen C-Charakteristik nach DIN EN 60898-1 (VDE 0641-11) auf

dem Markt angeboten. Eine der K-Charakteristik sehr ähnliche Kennlinie im elektromagnetischen Bereich hat der D-Typ, der wie C- und B-Schalter nach DIN VDE 0641-11 gebaut wird (siehe Bild 6.14). Obwohl die D-Charakteristik für Wechselspannungen inzwischen international genormt ist, wird – wie dem nationalen Vorwort von DIN VDE 0641-11 zu entnehmen ist – ihr Einsatz von der Mehrheit der deutschen Normenfachleute abgelehnt. Das nationale Fachgremium hält die Prüf- und Anwendungsvorgaben für die D-Charakteristik für nicht ausreichend. Dennoch sei in diesem Zusammenhang angemerkt, dass der Leitungsschutzschalter mit D-Charakteristik in Deutschland produziert wird und, da er nach DIN VDE 0641-11 gebaut wird, das VDE-Zeichen tragen kann. Eingesetzt werden darf bzw. kann er für stark impulsierende Betriebsmittel wie Transformatoren oder Magnetventile.

Leitungsschutzschalter mit A-Charakteristik, die in Anlehnung an DIN VDE 0641-11 gebaut werden, eignen sich für einen begrenzten Halbleiterschutz und für den Einsatz in Messkreisen mit Wandlern.

Wenig gebräuchlich im Bereich von Wohngebäuden ist die Z-Charakteristik (siehe Bild 6.13), die durch niedrige Ansprechwerte des magnetischen und thermischen Auslösers gekennzeichnet ist. Leitungsschutzschalter mit Z-Charakteristik werden zum Schutz von Halbleiterbauelementen und von Messkreisen mit Spannungswandlern eingesetzt. Die Z-Charakteristik ist der A-Charakteristik sehr ähnlich (vergleiche Bild 6.13 mit Bild 6.14).

Der unverzögerte Elektromagnetauslöser der B-Charakteristik (siehe Bild 6.6) arbeitet ähnlich der L-Charakteristik (siehe Bild 6.8) im Toleranzband $(3 \dots 5) \cdot I_n$, die C-Charakteristik (siehe Bild 6.7) hat ein Toleranzband von $(5 \dots 10) \cdot I_n$, die G-Charakteristik (siehe Bild 6.10) von $(2,5 \dots 10) \cdot I_n$.

Die Toleranzbänder der verzögerten Thermo-Bimetallauslöser im Überlastbereich der A-, B-, C- und D-Charakteristik sind deckungsgleich (siehe Bild 6.14). Sie liegen gegenüber der früheren L-Charakteristik (siehe Bild 6.8) etwas näher am Nennstrom des Leitungsschutzschalters. Eine deutliche Näherung an den Nennstrom ergibt sich im Vergleich der C-Charakteristik mit der G-Charakteristik (siehe Bilder 6.7 und 6.10).

Die K-Charakteristik hat im Bereich des unverzögerten elektromagnetischen Auslösers ein Toleranzband von $(8 \dots 14) \cdot I_n$. Im Überlastbereich liegt das Toleranzband des verzögerten Thermo-Bimetallauslösers – bezogen auf die anderen Charakteristiken – am nächsten beim Nennstrom des Leitungsschutzschalters (siehe Bild 6.11).

6.2.1.2.4 Schaltvermögen

Leitungsschutzschalter mit guten selektiven Eigenschaften (Energiebegrenzungsklasse 3, früher Selektivitätsklasse 3) erreichen auch ein hohes Schaltvermögen bei Kurzschluss. Je kleiner der Durchlassstrom i_D und der $I^2 \cdot t$ -Durchlasswert sind, desto kleiner ist die Arbeit, die den Leitungsschutzschalter beansprucht (siehe Bild 6.5). Daher hat ein Leitungsschutzschalter mit hoher Kurzschlussstrombegrenzung auch ein hohes Kurzschlusschaltvermögen.

Gemäß VDE-Anwendungsregel VDE-AR-N 4100 (TAR-Niederspannung), Abschnitt 6.2.4, müssen Leitungsschutzschalter im Stromkreisverteiler ein Schaltvermögen von mind. 6 kA haben. Der für die Kurzschlussfestigkeit von Hauptstromversorgungssystemen von der Übergabestelle des Netzbetreibers bis einschließlich zur letzten Überstromschutzeinrichtung bzw. Hauptleitungsabzweigklemme vor der Messeinrichtung angesetzte Stoßkurzschlussstrom von 25 kA wurde wegen der vorhandenen Dämpfung für Betriebsmittel zwischen der letzten Überstromschutzeinrichtung bzw. Hauptleitungsabzweigklemme vor der Messeinrichtung und dem Stromkreisverteiler mit nur noch 10 kA festgelegt.

Durch die weitere Dämpfung des Kurzschlussstroms, z. B. bedingt durch die Verbindungsleitung zwischen Zählerplatz und Stromkreisverteiler, wird der Kurzschlussstrom abermals reduziert. Daraus resultiert die TAR-Anforderung, dass Leitungsschutzschalter im Stromkreisverteiler ein Schaltvermögen von mind. 6 kA haben müssen.

In der Mehrzahl aller praktischen Anwendungsfälle wird ein Schaltvermögen von 6 kA für Leitungsschutzschalter ausreichen. Allerdings gibt es auch Fälle in der Praxis, in denen dieser Wert zu gering ist. Das trifft beispielsweise dann zu, wenn die Transformatorstation ganz in der Nähe eines Gebäudes errichtet oder gar in das Gebäude integriert ist und die zu erwartende Kurzschlussleistung deshalb relativ groß sein wird. Derartige Anlagenkonzeptionen gibt es relativ häufig in größeren Städten mit stark vermaschten Netzen und in großen Wohngebäuden. In so konzipierten Anlagen kann das Schaltvermögen von 6 kA nicht mehr ausreichen, sodass Leitungsschutzschalter mit 10 kA Schaltvermögen im Stromkreisverteiler verwendet werden müssen.

Das Schaltvermögen von 6 kA resultiert auch daraus, dass der Stromkreisverteiler üblicherweise im Belastungsschwerpunkt der Wohnung angeordnet ist und über eine Verbindungsleitung zwischen Zählerplatz und Stromkreisverteiler (Dämpfung!) versorgt wird. Ist der Stromkreisverteiler aber in der gemeinsamen Umhüllung mit dem Zählerplatz angeordnet, zum Beispiel in einem Einfamilienhaus, fehlt die Dämpfung der Verbindungsleitung. In Abhängigkeit von der Konzeption des Verteilungsnetzes und der Hauptstromversorgung kann auch hier unter Umständen das Schaltvermögen von 6 kA nicht mehr ausreichen, sodass Leitungsschutzschalter mit 10 kA Schaltvermögen erforderlich werden. Insbesondere im Industriebereich ist oftmals der Einsatz von Leitungsschutzschaltern mit mehr als 6 kA Schaltvermögen erforderlich. Angeboten werden Leitungsschutzschalter-Baureihen mit 10 kA, 25 kA oder 30 kA Schaltvermögen.

Leitungsschutzschalter mit B- und mit C-Charakteristik gewährleisten, durch ein Bildzeichen (**Bild 6.15**) auf dem Typenschild dokumentiert, alle erforderlichen Anforderungen an die Selektivität (Angabe im Quadrat) und das Schaltvermögen (Angabe im Rechteck).

Leitungsschutzschalter mit K-Charakteristik können das Bildzeichen nicht führen, da es nur für Leitungsschutzschalter nach den Normen der Reihe DIN VDE 0641 gilt. Dennoch können sie – wie die Typen mit den Charakteristiken B und C – ein

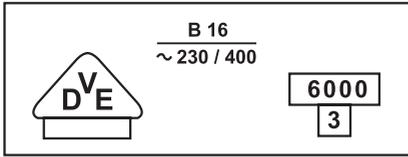


Bild 6.15 Aufschriften auf einem Leitungsschutzschalter

Schaltvermögen von beispielsweise 6 kA haben. Auch die Selektivitätsanforderungen der Energiebegrenzungsklasse 3 nach DIN VDE 0641 können sie erfüllen. Es erscheint sinnvoll, sich vom Hersteller dieser Leitungsschutzschalter schriftlich bestätigen zu lassen, dass die jeweils gewünschten und erforderlichen Eigenschaften erfüllt werden.

6.2.1.2.5 Back-up-Schutz

Übersteigt der Kurzschlussstrom das Schaltvermögen des Leitungsschutzschalters an seinem Einbauort, muss ihm durch eine vorgeschaltete (in Reihe liegende) Überstromschutzeinrichtung (Schmelzsicherung, Leistungsschalter) Rückschutz (Back-up-Schutz) geboten werden.

In diesem Fall bewältigen beide Überstromschutzeinrichtungen zusammen den größeren Kurzschlussstrom. Sie schalten gemeinsam ab, wobei der Leitungsschutzschalter nicht zerstört wird. Genaue Angaben über die für den Back-up-Schutz eines Leitungsschutzschalters erforderliche Überstromschutzeinrichtung kann nur der Hersteller des Leitungsschutzschalters aufgrund von Untersuchungen machen.

6.2.1.3 Leistungsschalter

Leistungsschalter sind Schalter mit einem Schaltvermögen, das dem Ein- und Ausschalten von Betriebsmitteln in ungestörtem und gestörtem Zustand, insbesondere bei unter Kurzschlussbedingungen auftretenden Beanspruchungen, genügt. Ein Leistungsschalter – gelegentlich auch als Leistungselbstschalter zur besseren Unterscheidung von Leistungtrennern bezeichnet – weist immer folgende Grundkomponenten auf:

- Schaltglieder mit Lichtbogenkammern
- Schaltschloss und Antrieb
- zeitlich verzögerter Thermo-Bimetallauslöser
- zeitlich unverzögerter Elektromagnetauslöser

Ergänzungsmöglichkeiten bestehen durch

- Unterspannungsauslöser
- Arbeitsstromauslöser
- Hilfsschalter

Der Vorteil von Leistungsschaltern besteht in der individuellen Einstellmöglichkeit der Auslöser, wodurch eine optimale Ausnutzung der Strombelastbarkeit I_z von Kabeln und Leitungen möglich ist.

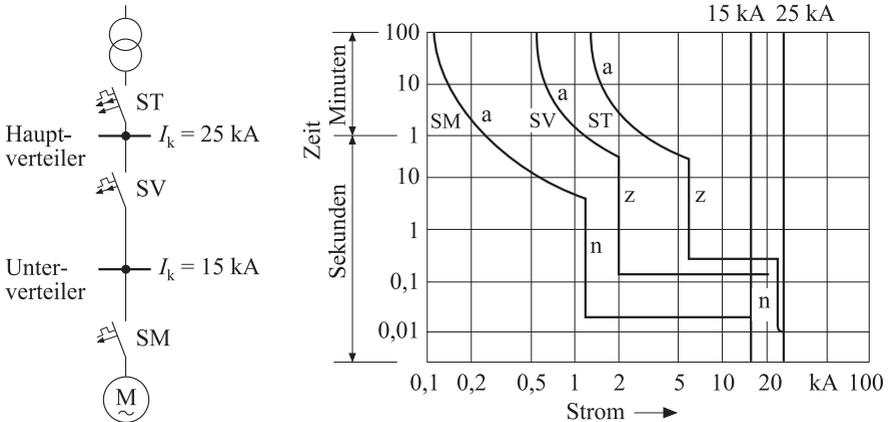


Bild 6.16 Auslösekennlinien von drei zueinander selektiv eingestellten Leistungsschaltern

Die Auslösekennlinie von Leistungsschaltern (**Bild 6.16**) kann aus bis zu drei einstellbaren Kennlinienbereichen bestehen:

- thermisch verzögert (a)
- elektromagnetisch zeitverzögert (z)
- elektromagnetisch unverzögert (n)

Während bei einer elektromagnetisch unverzögerten Kennlinie nur der senkrechte Bereich einstellbar ist, lässt eine elektromagnetisch zeitverzögerte Kennlinie eine unabhängige Einstellung des waagrechten und senkrechten Bereichs zu.

Der große Prüfstrom von Leistungsschaltern nach DIN EN 60947-2 (**VDE 0660-101**) liegt bei 1,3. Moderne Leistungsschalter beherrschen durch ihr hohes Schaltvermögen Kurzschlussströme bis 100 kA.

6.2.2 Überstromschutzeinrichtungen, die nur den Schutz bei Überlast übernehmen (DIN VDE 0100-430, Abschnitt 431.3.2)

Überstromschutzeinrichtungen, die nur den Schutz bei Überlast übernehmen, sind üblicherweise stromabhängig verzögerte Überstromschutzeinrichtungen, bei denen das Ausschaltvermögen kleiner ist als der Strom bei vollkommenem Kurzschluss an ihrer Einbaustelle.

Ein typisches Beispiel für einen solchen Anwendungsfall ist ein nur mit einem Überlastauslöser versehenes Schütz nach DIN EN IEC 60947-4-1 (**VDE 0660-102**). Der thermische Überstromauslöser des Schützes (**Bild 6.17**) ist dabei so einzustellen, dass der gewählte Strom den in DIN VDE 0298-4 aufgeführten Strombelastbarkeitswerten I_z (siehe Kapitel 5.4 dieses Buchs) entspricht.

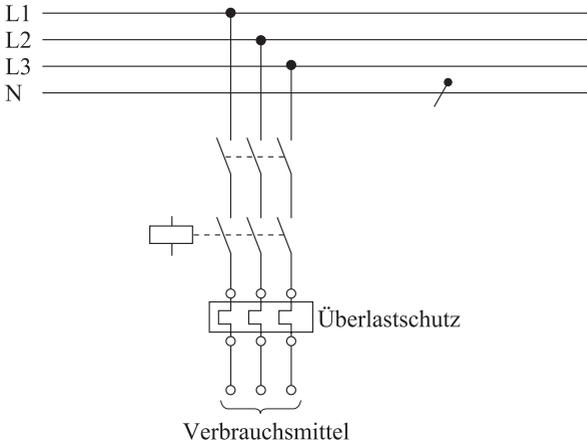


Bild 6.17 Schutz bei Überlast durch Schütz mit Überstromauslöser

6.2.3 Überstromschutzeinrichtungen, die nur den Schutz bei Kurzschluss übernehmen (DIN VDE 0100-430, Abschnitt 431.3.3)

Überstromschutzeinrichtungen, die nur den Schutz bei Kurzschluss übernehmen, müssen Kurzschlussströme bis zum größten Strom bei vollkommenem Kurzschluss an ihrer Einbaustelle unterbrechen können. Typische Beispiele dafür sind:

- Teilbereichssicherungen für den Geräteschutz nach DIN VDE 0636
- Leistungsschalter, die nur mit Schnellauslösern nach DIN EN 60947-2 (**VDE 0660-101**) versehen sind

Selbstverständlich können an Stellen, an denen nur Schutz bei Kurzschluss und kein Schutz bei Überlast erforderlich ist, auch Überstromschutzeinrichtungen nach DIN VDE 0100-430, Abschnitt 431.3.1 (siehe Kapitel 6.2.1 dieses Buchs) eingesetzt werden, die beides übernehmen können, nämlich sowohl den Schutz bei Kurzschluss als auch den Schutz bei Überlast.

Schmelzsicherungen als Teilbereichssicherung (Funktionsklasse a) für den Geräteschutz gibt es nur in den Ausführungen aM „Teilbereichs-Schaltgeräteschutz“ und aR „Teilbereichs-Halbleiterschutz“.

Sicherungen dieser Betriebsklassen können im Prinzip auch für den Schutz von Kabeln und Leitungen bei Kurzschluss verwendet werden, wofür allerdings in der Praxis nur selten Bedarf besteht. Bei Anwendung der genannten Betriebsklassen muss der Errichter anhand von DIN VDE 0100-430, Abschnitt 431.5.4 (siehe Kapitel 6.4.3 dieses Buchs), und mit den Kennlinien der Schmelzsicherungen (Zeit–Strom-Bereiche) aus den Normen der Reihe DIN VDE 0636 besondere Berechnungen durchführen.