

---

# Überspannungs- und Überstromschutz

---

Thomas Hübner

## Inhaltsverzeichnis:

<b>1</b>	<b>Einführung und Motivation:</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Überspannungsschutz:</b>	<b>4</b>
2.1	Überblick der anzuwendenden Normen	4
2.2	Definition und Unterteilung	6
2.3	Überspannungsschutz am Beispiel einer Zener-Diode	7
<b>3</b>	<b>Überstromschutzeinrichtungen:</b>	<b>8</b>
3.1	Überblick der anzuwendenden Normen	8
3.2	Sicherungsarten	9
3.2.1	Diazed- und Neozed-Sicherungen	9
3.2.2	Niederspannungs-Hochleistungs-Sicherungen	11
3.2.3	Halbleiterschutz-Sicherungseinsätze	11
3.2.4	Hochspannungssicherungen	12
3.2.5	Geräteschutzsicherungen	12
3.2.6	Sonstige Sicherungen	13
3.2.7	Sicherungsautomaten	14
3.3	Geräteschutzsicherungen	14
3.3.1	Überblick	14
3.3.2	Grundsätzlicher Aufbau	15
3.3.3	Begrifflichkeiten	15
3.3.4	Beschriftungen und Farbcodierung	18
3.3.5	Auswahlkriterien	18
3.3.6	Zeit-Stromcharakteristik bzw. Zeit-Stromkennlinie	22
3.3.7	Schmelzintegral bzw. $I^2t$ -Wert	23
3.3.8	Verhalten bei Kleinspannungen	23
3.3.9	Einfluss der Umgebungstemperatur	24
3.4	Sicherungsautomaten	25
3.4.1	Überblick	25
3.4.2	Auslösecharakteristik	26
3.5	Selektivität	29
<b>4</b>	<b>Quellenangabe</b>	<b>31</b>

# 1 Einführung und Motivation:

Einem Namen wie Benjamin Franklin hat die moderne Welt heute einiges zu Verdanken. Auch wenn der amerikanische Politiker nicht der erste gewesen sein mag, der die Grundkräfte der Natur zwischen elektrisch geladenen Teilchen zu spüren bekam, so motivierte seine Erfindung des Blitzableiters Mitte des 17ten Jahrhunderts doch zahlreiche Erfinder sich stärker mit dem Bereich der Elektrizität und Begriffen wie Spannung, Strom und Widerstand auseinander zu setzen. Schon Anfang des nächsten Jahrhunderts konnte Alessandro Volta der Öffentlichkeit eine erste Batterie präsentieren und brachte damit den Stein so richtig ins Rollen. 1820 konnte André Marie Ampère dem elektrischen Strom die ersten Geheimnisse entlocken und spielte damit dem deutschen Mathematiker und Physiker Georg Simon Ohm in die Hände der nur ein Jahr später einen grundlegenden, bis heute gültigen Zusammenhang zwischen den von Volta und Ampère gefundenen Größen im bekannten Ohmschen Gesetz zusammenfasste.

Die Entwicklung schritt schnell voran und schon im Sommer 1837 konnte die erste größere Telegrafienleitung zwischen der Münchner Akademie und der Sternwarte Bogenhausen in Betrieb genommen werden. Mit der Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips durch Ernst Werner von Siemens im Jahre 1866 öffnete sich das Tor zu nie geahnten Möglichkeiten. Die elektrische Eisenbahn trat an, um die alterwürdigen Dampfloks zu verdrängen und der Menschheit ging – der Erfindung der Glühbirne sei dank – endlich ein Licht auf.

Thomas Alva Edison ist dabei der Mann, der durch Verbesserungen der bereits im Jahr 1854 von Heinrich ertüftelten Glühlampe den Einsatz zu Beleuchtungszwecken und die industrielle Fertigung ermöglichte, sich zugleich jedoch auch über die Absicherung der Kraftwerke Gedanken machte und im Zuge dessen die elektrische Sicherung erfand.

In der modernen Welt stellt schon der mehrstündige Ausfall des inzwischen unverzichtbaren Computers ein Schreckensszenario da; an einem lang anhaltenden Stromausfall kann schon gar niemand mehr denken. Dabei sollte man sich eigentlich glücklich schätzen, dass mit Hilfe ausgeklügelter Sicherungsmechanismen nur der lieb gewonnene Rechenknecht, nicht aber das landesweite Stromversorgungsnetz aufgrund eines Kurzschlusses aus den Angeln gehoben wird.

Auch der Blitz, das spektakulärste natürliche Auftreten der Elektrizität, hat im Laufe der Zeit – zumindest in Hinblick auf elektrische Geräte – seinen Schrecken verloren. Musste während eines Gewitters beispielsweise noch in den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts das Fernsehvergnügen einem guten Buch oder der Beobachtung des draußen tobenden Naturschauspiels weichen, darf heute die Flimmerkiste dank Überspannungsschutzeinrichtungen auch gerne ununterbrochen laufen.

Im Folgenden sollen diese Schutzeinrichtungen vorgestellt werden, wobei der Fokus auf den Geräteschutzsicherungen und der Sicherungsautomaten liegt. Der komplette Teilbereich der Überspannungsschutzeinrichtungen soll nur an Hand der grundlegenden Funktionsweise, nicht aber im Detail betrachtet werden.

## 2 Überspannungsschutz:

### 2.1 Überblick der anzuwenden Normen

Blitzableitströme, Schalthandlungen und andere elektromagnetische Ereignisse können Überspannungen verursachen und Anlagen oder Betriebsmittel der Informationstechnik oder elektrische Betriebsmittel mit elektronischen Bauteilen oder Stromkreisen schädigen.

*Überspannungsschutzgeräte trifft man heutzutage häufig an. Für die EDV stehen Beispiels z.B. Steckerleisten mit entsprechenden Schutzeinrichtungen zur Verfügung*



Mit Hilfe von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD, surge protective device) soll eine Begrenzung eben dieser Überspannungen sichergestellt werden. Sie werden nach VDE 0675-6/A1 in die Anforderungsklassen A, B, C und D unterteilt.

Schutzeinrichtungen der Anforderungsklasse B (Blitzschutzpotentialausgleich) sind zum Schutz vor direkten Blitzeinschlägen und blitzbedingten Überspannungen ausgelegt, wohingegen Geräte der Klasse A für den Blitz- und Überspannungsschutz von Freileitungen vorgesehen sind. Die nationalen Normen VDE 0185-103, EN 61024-1 (Entwurf) enthalten Entscheidungskriterien für den Einsatz der Überspannungsschutzeinrichtungen der Anforderungsklasse B im Rahmen des Blitzschutzes. Als Bedrohung werden hierbei nahe und direkte Blitzeinschläge sowie elektromagnetische Einkopplungen in die Leitungssysteme von Gebäuden betrachtet.

Überspannungs-Schutzeinrichtungen der Anforderungsklassen C (Überspannungsschutz für elektrische Anlagen) und D (Überspannungsschutz für Endgeräte) nach VDE 0675-6/A1 sind für den Schutz vor Überspannungen ausgelegt, die von weit entfernten Blitzeinschlägen und Schaltvorgängen herrühren. Der Hauptabschnitt 443 der Reihe DIN VDE 0100 (VDE 0100) enthält Entscheidungskriterien für den Einsatz dieser Überspannungs-Schutzeinrichtungen.

Der Hauptabschnitt 534 der Reihe DIN VDE 0100 (VDE 0100) beschreibt die Anforderungen für die Auswahl und Errichtung von Überspannungs-Schutzeinrichtungen der Anforderungsklassen (B, C, D).

Mit der Kombination der Schutzeinrichtungen der Anforderungsklassen B, C, D kann eine Begrenzung der Überspannungen sowohl infolge indirekter atmosphärischer Entladungen und von Schaltvorgängen als auch direkter Blitzeinschläge sichergestellt werden.

In neueren Publikationen des VDE wurden die Anforderungsklasse A, B, C und D umgewandelt in Prüfklassen für Überspannungsschutzgeräte (SPD) umgewandelt, die von einem Großteil der deutschen Normen noch nicht berücksichtigt werden.

*Erforderliche Bemessungsstoßspannung für Betriebsmittel nach VDE 0100-534*

Nennspannung der Anlage*) V		erforderliche Bemessungsstoßspannung kV			
Dreiphasen- systeme	Einphasen- systeme mit Mittelpunkt	Betriebsmittel am Speisepunkt der Anlage  (Überspannungs- kategorie IV)	Betriebsmittel in Verteil- und End- stromkreisen der Anlage  (Überspannungs- kategorie III)	Verbrauchsmittel  (Überspannungs- kategorie II)	speziell geschützte Betriebsmittel  (Überspannungs- kategorie I)
–	120-240	4,0	2,5	1,5	0,8
230/400**)	–	6	4	2,5	1,5
277/480**)	–	8	6	4	2,5
400/690	–	8	6	4	2,5
1 000	–	Diese Werte obliegen den Netzplanern			
*) Entsprechend Publikation IEC 60038, Nennspannungen.					
**) In Kanada und den USA entspricht für Spannungen, welche höher als 300 V gegen Erde sind, die Bemessungsstoßspannung der nächst höheren Spannung in der betreffenden Spalte.					
Kategorie I: für die Planung spezieller Betriebsmittel; Kategorie II: für Gerätekomitees für Betriebsmittel, die an das Verteilungsnetz angeschlossen werden; Kategorie III: für Gerätekomitees von Installationsmaterial und für einige spezielle Gerätekomitees; Kategorie IV: für Stromversorgungsunternehmen und Netzplaner (siehe auch 443.2.2).					
NATIONALE ANMERKUNG: Dem Abschnitt 443.2.2 entspricht Abschnitt 3) in E DIN VDE 0100-443/A2 (VDE 0100 Teil 443/A2):1993-02.					

Im Folgenden soll nur ein kurzer Überblick für den Überspannungsschutz nach VDE 0675 Teil 6-11 (DIN EN 61643-11) mittels Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung (bis 1000 V) und VDE 0845 Teil 1 gegeben werden. Sind Anlagen mit höheren Betriebsspannungen oder beispielsweise Überspannungsableitern zu sichern, müssen entsprechend die verbleibenden Vorschriften von VDE 0675 angewendet werden.

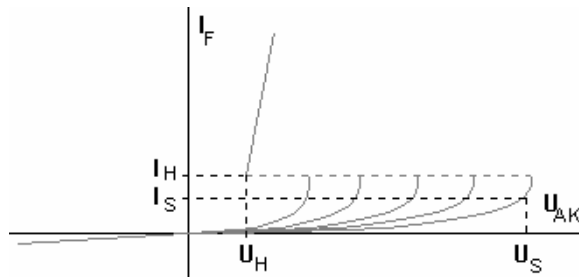
## 2.2 Definition und Unterteilung

Ein Überspannungsschutzgerät (SPD) ist ein Gerät, das dazu bestimmt ist, transiente (stark ansteigende) Überspannungen zu begrenzen und Stoßströme abzuleiten. Eine Teilung ist nach verschiedenen Gesichtspunkten möglich.

So kann z.B. eine Unterscheidung nach One-Port- und Two-Port-SPD vorgenommen. Im ersten Fall wird das Gerät dem zu schützenden Stromkreis parallel geschaltet. Es darf getrennte Eingangs- und Ausgangsklemmen haben, zwischen denen jedoch keine Reihenimpedanz liegt. Ein Two-Port-SPD dagegen besitzt separate Anschlussklemmen für Eingang und Ausgang zwischen denen sich eine Reihenimpedanz befindet.

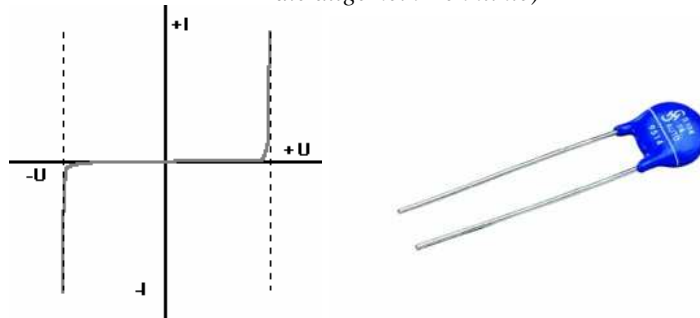
Ebenfalls ist eine Gliederung in Schalter- und Spannungsbegrenzertyp vorgenommen worden. Ein Schaltertyp SPD, hat eine hohe Impedanz, wenn keine Stoßspannung anliegt, aber mit einem plötzlichen Wechsel zu niedriger Impedanz auf eine Stoßspannung reagiert. Typische Beispiele für solche Elemente mit diskontinuierliche Spannungs-Strom-Kennlinie sind: Funkenstrecken, Gasentladungsableiter, Thyristoren (gesteuerte Silizium-Gleichrichter) und Triacs. Diese SPDs werden manchmal als „Crowbar-Typ“ bezeichnet.

*Thyristoren bestehend aus drei PN-Übergängen (PNPN); sie besitzen eine besonders interessante Kennlinie.*



Der Spannungsbegrenzertyp hat ebenfalls eine hohe Impedanz wenn keine Stoßspannung anliegt, die sich mit steigenden Werten von Stoßspannung und Stoßstrom im Vergleich zum Schaltertyp jedoch kontinuierlich verringert. Typische Beispiele für solche Elemente sind laut Norm: Varistoren und Suppressordioden. Diese SPDs werden auch „Clamping-Typ“ bezeichnet.

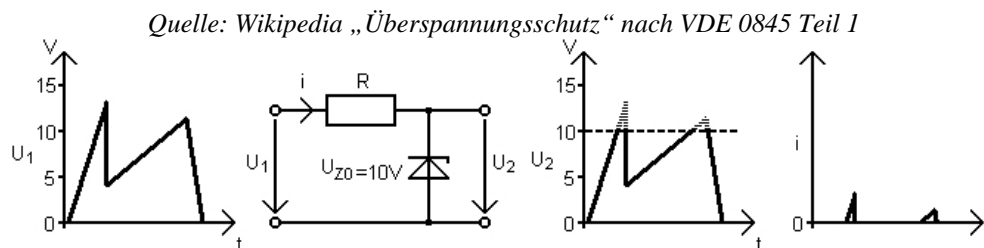
Varistoren gibt es in verschiedenen Bauformen. Hier abgebildet ist ein Metalloxid Varistor für den Einsatz im kfz-Bereich. (Links die allgemein Kennlinie)



Außerdem gibt es noch die Kombination aus beiden Komponenten. Dieser SPD-Typ kann das Verhalten von Schaltertyp, Spannungsbegrenzertyp oder von beiden zeigen, abhängig von der Kombination der Parameter der anliegenden Spannung.

## 2.3 Überspannungsschutz am Beispiel einer Zener-Diode

Am einfachen Beispiel einer Zener-Diode soll das teilweise sehr komplizierte Auslöseverhalten der zuvor genannten Überspannungsschutzeinrichtungen veranschaulicht werden. Zener-Dioden können neben Dioden, Thyristoren oder Varistoren laut VDE 0845 Teil 1 auch unmittelbar an den zu schützenden Bauelementen angebracht werden. Sie wirken dadurch auch gegen intern im Gerät erzeugte Überspannungen.



Die Spannung  $U_2$  soll beim gewählten Beispiel 10 Volt nicht übersteigen. Aus diesem Grund wird diesem Zweig eine Zener-Diode (als One-Port-SPD) mit einer Durchbruchspannung von 10 Volt parallel geschaltet. Übersteigt die an den Klemmen der Zener-Diode anliegende Spannung diesen Wert, so kommt es zum Durchbruch. Dadurch wird eine Überspannung an  $U_2$  verhindert.

### 3 Überstromschutzeinrichtungen:

#### 3.1 Überblick der anzuwendenden Normen

Kabel und Leitungen müssen nach VDE 0100-430 mit Überstrom-Schutzeinrichtungen gegen zu hohe Erwärmung geschützt werden, die sowohl durch betriebsmäßige Überlast als auch bei vollkommenem Kurzschluss auftreten kann.

*Der Schutz für dieses Kabel war nicht ausreichend*



Als Überstrom-Schutzeinrichtungen dienen laut genannter Norm Einrichtungen, die

- a) sowohl bei Überlast als auch bei Kurzschluss
- b) nur bei Überlast
- c) nur bei Kurzschluss

schützen. Im Fall a) handelt es sich um Schutzeinrichtungen die in der Lage sein, jeden Überstrom bis zum größten Strom bei vollkommenem Kurzschluss an ihrer Einbaustelle zu unterbrechen. Beispiele hierfür sind Leitungsschutzsicherungen nach den Normen der Reihe VDE 0636, VDE 0641 sowie der einzelnen Norm VDE 0660 Teil 101.

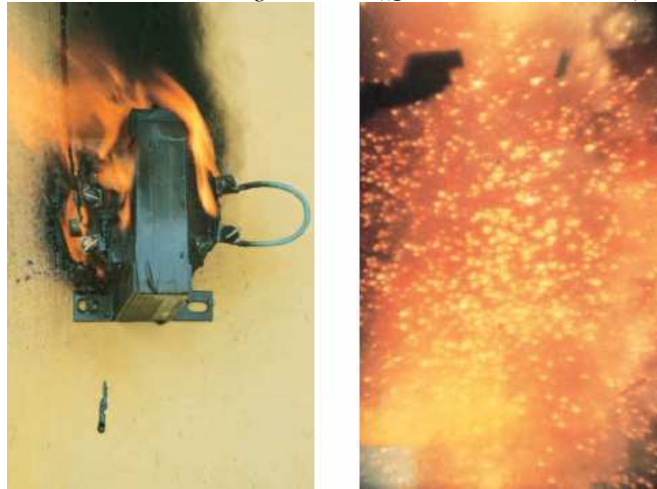
Bei b) handelt es sich im Allgemeinen um stromabhängig verzögerte Schutzeinrichtungen, deren Ausschaltvermögen kleiner ist als der Strom bei vollkommenem Kurzschluss an ihrer Einbaustelle. Diese werden in VDE 0660 Teil 104 thematisiert.

Die Schutzeinrichtungen für den Kurzschlussfall nach c) müssen in der Lage sein, Kurzschluss-Ströme bis zum größten Strom bei vollkommenem Kurzschluss an ihrer Einbaustelle zu unterbrechen. Hier finden die Normen für Teilbereichssicherungen zum Geräteschutz nach der Reihe VDE 0636 und Leistungsschalter nur mit Schnellauslösern nach VDE 0660 Teil 101.

Abgesehen von den Schutzvorschriften für Kabel und Leitungen beschäftigt sich die Normreihe 0820 mit dem Schutz von elektrischen Geräten, elektronischen Ausrüstungen und Teilen derselben, die üblicherweise für den Gebrauch in Innenräumen bestimmt sind. Sie umfasst allgemeine Anforderungen, die für alle Sicherungen der Kategorie Geräteschutzsicherungen gelten.



*Eine unzureichende Überstromschutzeinrichtung kann verheerende Folgen haben. (Quelle: Bussmann.com)*



Im Folgenden sollen nur Überstromschutzorgane die einen vollständigen Schutz bei Überlast und Kurzschluss bieten, behandelt werden.

### **3.2 Sicherungsarten**

Überstromschutzeinrichtungen lassen sich ausgehend von verschiedenen Gesichtspunkten klassifizieren. Eine grobe Unterteilung nach Leitungsschutzschalter und Schmelzsicherungen und anschließend nach dem vorgesehenen Einsatzgebiet erscheint dabei logisch.

1. Schmelzsicherungen
  - 1.1. Niederspannungssicherungen
    - 1.1.1. Diazed- und Neozed-Sicherungen
    - 1.1.2. Niederspannungs-Hochleistungs-Sicherungen
    - 1.1.3. Halbleiterschutz-Sicherungseinsätze
  - 1.2. Hochspannungssicherungen
  - 1.3. Geräteschutzsicherungen
2. Sicherungsautomaten

Die Normen kennen darüber noch Sicherungen für den Einsatz unter erschwerten äußeren Bedingungen, den Einsatz in Bergbau-Anlagen oder für Schiffsinstallationen. Auf diese Varianten wird im Folgenden nicht eingegangen.

#### **3.2.1 Diazed- und Neozed-Sicherungen**

Auch wenn der Name auf den ersten Blick nicht den Anschein erweckt, verbergen sich hinter den etwas älteren Diazed-Sicherungen (D-System) für Nennspannung von 500 Volt (Gleich- und Wechselspannung) und den neueren Neozed-Sicherungen (D0-System) für Spannungen von 380/250 Volt (Wechselspannung/Gleichspannungen) die klassischen Schraubsicherungen des Hausgebrauchs, die inzwischen zunehmend von den Sicherungsautomaten abgelöst werden.

*Die gute alte Schraubsicherung für  
den Hausgebrauch.*



Die Schraubsicherungen, auch als Sicherungspatronen bezeichnet, werden von der Norm VDE 0636-30 behandelt, sind ausdrücklich für den Gebrauch durch Laien konzipiert und bestehen aus einem zylinderähnlichen Keramikkörper. Die Metallkontakte an den beiden Enden der Sicherung sind durch einen in Quarzsand eingebetteten Draht verbunden, der bei einer deutlichen Überschreitung der vorgeschriebenen Stromstärke (Nennstromstärke) der Sicherung durch schmilzt. In diesem Fall wird die Sicherung unbrauchbar und muss durch eine neue ersetzt werden.

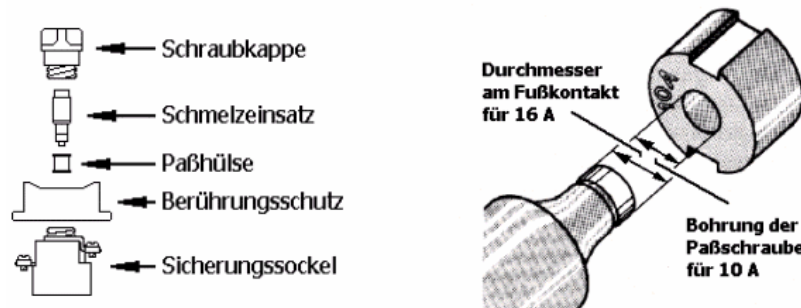
An einem Ende der Schraubsicherung befindet sich ein farbiges Plättchen („Kennmelder“, „Unterbrechungsmelder“), das bei einem Ansprechen der Sicherung abfällt. Durch das Glasfenster der Schraubkappe kann man so erkennen, dass die Sicherung ausgelöst wurde und ausgewechselt werden muss.

*Farbcodierung des Kennmelders gibt über den zulässigen  
Nennstrom Auskunft, für den die Sicherung ausgelegt  
wurde. Tatsächlich auslösen muss sie erst bei einem 1,45-  
fachen des Nennstroms.*

Nennströme	Kennfarben
2 A	Rosa
4 A	braun
6 A	grün
10 A	rot
16 A	grau
20 A	blau
25 A	gelb
35 A	schwarz
50 A	weiß
63 A	kupfern
80 A	silbern
100 A	rot

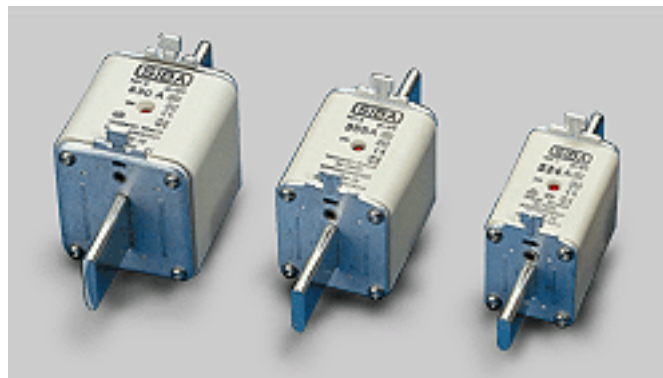
Schraubsicherungen besitzen an ihrem schmalen Ende unterschiedliche Durchmesser, je höher die Nennstromstärke ist, desto größer ist der Durchmesser. Im Gehäuse für die

Sicherung befindet sich ein Passeinsatz, der verhindert, dass zu starke Sicherungen eingesetzt werden.



### 3.2.2 Niederspannungs-Hochleistungs-Sicherungen

Die Anforderungen an Niederspannung-Hochleistungs-Sicherungen, die so genannten NH-Sicherungen, werden in der Norm VDE 0636-20 dargelegt. Sie bestehen aus einem quaderförmigen Keramikkörper mit Metallkontakten an beiden Enden und werden aufgrund ihrer Bauform häufig auch als Messersicherung oder Schwertsicherung. Um irrtümlich falsche Schmelzeinsätze zu verwenden, haben die Fußkontakte je nach Nennströme verschieden Durchmesser. Dieser Sicherungstyp darf ausschließlich von Fachpersonen mit geeignetem Werkzeug und notwendiger Schutzausrüstung ausgetauscht werden.



*NH-Sicherungen dürfen nur von Fachpersonal mit entsprechender Ausrüstung getauscht werden.*

Diese Sicherungen sind für Spannungen von bis 1500 Volt ausgelegt und stehen für Ströme zwischen 5 und 1250 Ampere zur Verfügung.

### 3.2.3 Halbleiterschutz-Sicherungseinsätze

Der Verein Deutscher Elektriker (VDE) hat im Falle von Halbleiterschutz-Sicherungseinsätze offensichtlich zusätzlichen Handlungsbedarf gesehen und erarbeitete hierfür gesondert eine Norm (VDE 0636-40).

*Halbleitschutz-Sicherungen in verschiedenen Bauformen*



Tatsächlich handelt es sich hierbei nur eine Präzisierung im Rahmen der Normgruppe 0636. Als Erweiterung dieser lässt sie verschiedene Bauformen zu.

### 3.2.4 Hochspannungssicherungen

Die Hochspannungssicherungen, oder HH-Sicherungen, werden als Kurzschlusschutz mit Nennspannungen von 3,6 kV - 36 kV eingesetzt und werden in der Normgruppe VDE 0670 ausführlich behandelt. Sie haben mehrere, parallel angeordnete Schmelzleiter aus Silber, die in Quarzsand eingebettet sind. Bei Überlast schmelzen die Schmelzleiter und der Haltedraht ab. Der Quarzsand löscht den Lichtbogen.

Hochspannungssicherungen sind für besonders hohe Spannungen ausgelegt



Der durch den abgeschmolzenen Haltedraht freigegebene Schlagbolzen löst den Sicherungslasttrennschalter oder eine Meldeeinrichtung aus. Der Lasttrennschalter wird dann sofort allpolig abgeschaltet. Die Montage dieser Sicherungen darf selbstverständlich nur von Fachpersonal vorgenommen werden.

### 3.2.5 Geräteschutzsicherungen

Auch die Geräteschutzsicherung gehört zu dem Kreis der Schmelzsicherung, wenngleich sie von der Normgruppe 0820 ausführlich behandelt werden. Sie sind für Spannungen

250 Volt Wechselspannung ausgelegt und stehen für Ströme zwischen 32 Millampere und 10 Ampere zur Verfügung. Textabschnitt 2.3. wird sich ausführlich mit diesem Sicherungstyp beschäftigen.

### 3.2.6 Sonstige Sicherungen

Der zur Ausarbeitung herangezogene VDE-Vorschriftenwerk behandelt nicht die im Fahrzeugbau sehr häufig eingesetzten Flachsicherungen, die im Englischen auf die Bezeichnung „blade fuses“ hören. Diese sind im Fachhandel für gängige Ströme zwischen 1 und 80 Ampere reichhaltig verfügbar.



*Flachsicherungen sind im kfz-Bereich  
Gang und Gebe.*

Auch auf die selbst rückstellenden Sicherungen (engl. „self-resetting fuses“), wird im Vorschriftenwerk nicht näher eingegangen. Je nach Hersteller werden diese auch häufig als Multifuse-Sicherung oder Polyswitch bezeichnet, die Fachbezeichnung lautet PPTC-Sicherung (polymeric positive temperature coefficient). Im Gegensatz zu einer normalen Schmelzsicherung stellt sich die Multifuse-Sicherung von selbst wieder zurück, sobald der Stromkreis unterbrochen ist. Es entfällt somit der Sicherungswechsel. Sie findet unter anderem Anwendung bei Überstrom- und Temperaturschutz von: Lautsprechern, Batterien, Motoren, Netzteilen, Transformatoren, Spulen und Ladegeräten.



*Diese rückstellenden Sicherungen können dank besonderem  
Polymer immer wieder verwendet werden.*

Die Pico-Sicherungen (pico fuses) sollen der Vollständigkeit halber ebenfalls nicht vergessen werden. In Ihrem Fall scheint es mit EN 60127-3-2 eine Norm zu geben, die sich normalerweise auch auf den VDE-Normungssatz auswirkt. Im vorliegenden Material konnten sie allerdings noch nicht ausfindig gemacht werden konnten.



*Pico-Sicherungen sind mit 8 mm Länge und 2,36 mm Breite sehr klein.*

Ebenfalls nicht im Normungskatalog der VDE zu finden sind die so genannten SMD-Sicherungen, die mit einer Länge von 6,1 mm und einer Breite von 2,6 mm ihres Gleichen suchen.



*SMD-Sicherungen sind für gedruckte Schaltungen vorgesehen*

### 3.2.7 Sicherungsautomaten

Sicherungsautomaten (LS-Schalter, Leitungsschutzschalter) dienen zum Abschalten von Stromkreisen bei Überstrom. Ein LS-Schalter trennt den Stromkreis, sobald seine Nennstromstärke um einen bestimmten Faktor überschritten wird. Damit er Aufgabe erfüllen kann besteht er aus mehreren Funktionsblöcken. Der Abschnitt 2.4 beschäftigt sich näher mit dem Thema Sicherungsautomaten.

## 3.3 Geräteschutzsicherungen

### 3.3.1 Überblick

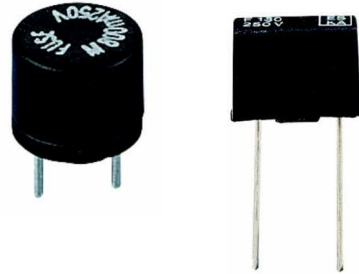
Eine Geräteschutzsicherung (G-Sicherung) ist eine Schaltvorrichtung, die durch Abschmelzen des Schmelzleiters einen Stromkreis unterbricht, wenn der Strom einen bestimmten Wert während einer bestimmten Dauer überschreitet. Die G-Sicherung umfasst alle Teile, die zu der vollständigen Schaltvorrichtung gehören. Es gibt diese Sicherungen in verschiedene Längen und Durchmesser. Die häufigsten im deutschsprachigen Raum sind 20 mm lang, in USA üblicherweise 32 mm, in Großbritannien 1" (25,4 mm).

*Die klassischen Geräteschutzsicherungseinsätze*



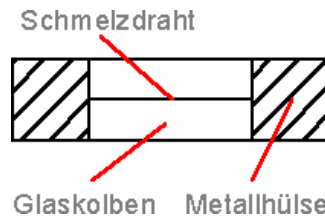
Die Normen 0820-3 und 0820-4 kennen außerdem noch Kleinstsicherungseinsätze und welteinheitliche modulare Sicherungseinsätze (UMF) für gedruckte Schaltungen auf die aufgrund abweichender Befestigung und anderen Maßen im Folgenden nicht weiter eingegangen wird.

*Reichhaltiges Sonderangebot: Kleinsicherung und UMF*



### 3.3.2 Grundsätzlicher Aufbau

Eine G-Sicherung, genauer gesagt der G-Sicherungseinsatz, ist denkbar einfach ausgebaut. Sie besteht aus einer kleinen Glaskolben mit Metallkontakten an den beiden Enden, zwischen denen sich ein Schmelzdraht befindet.



Der Glaskolben kann dabei mit Luft oder z.B. Porzellanstaub aufgefüllt sein. Das Füllmaterial soll, nach dem Schmelzen des Drahtes, einen möglicherweise entstehenden Lichtbogen löschen.

### 3.3.3 Begrifflichkeiten

#### 3.3.3.1 Ausschaltzeit

Summe aus Schmelzzeit und Löschzeit der Sicherung. Oberhalb einer Schmelzzeit von 100 ms kann die Ausschaltzeit der Schmelzzeit mehr oder weniger gleichgesetzt werden. Bei kürzeren Schmelzzeiten kann die Ausschaltzeit auch die doppelte Länge der Schmelzzeit betragen. Unter 5 ms sollte über das Ausschaltintegral auf die Ausschaltzeit rückgerechnet werden.

#### 3.3.3.2 Bemessungsausschaltvermögen

Wert des unbeeinflussten Stromes, den ein Sicherungseinsatz bei einer festgelegten Spannung unter festgelegten Bedingungen ausschalten kann. Klassifiziert durch



Kennbuchstaben: „L“ ( $10 \times I_n$  oder 35 Ampere) für kleines, „E“ für mittleres und „H“ (1500 Ampere) für hohes Ausschaltvermögen.

### 3.3.3.3 Bemessungsspannung

Effektivwert der Betriebsspannung einer Sicherung der sie den Strom sicher trennen und den entstehenden Lichtbogen löschen kann. Üblicherweise erfolgt die Angabe für Wechselspannung (effektiv) und für Betriebsspannungen bei 42 - 62 Hz. Sie beträgt bei G-Sicherungseinsätzen nicht mehr als 250 Volt Wechselspannung.

### 3.3.3.4 Bemessungsstrom

Strom  $I_n$ , den eine Sicherung dauernd führen kann ohne abzuschalten. Dieser Strom wird nach Normvorgaben ermittelt. Häufig muss der Nennstrom durch einen Derating-Wert verringert werden. Dies ist z.B. dann nötig, wenn die Sicherung unter anderen Temperaturbedingungen als  $23^\circ\text{C}$  beträgt. (siehe 2.3.7 Einfluss der Umgebungstemperatur). G-Sicherungseinsätze stehen mit einem Bemessungsstrom zwischen 32 Millampere und 10 Ampere zur Verfügung.

### 3.3.3.5 G-Sicherungshalter

Der G-Sicherungshalter ist eine Kombination aus G-Sicherungsunterteil und zugehörigem G-Sicherungseinsatzträger. Das G-Sicherungsunterteil ist der fest einzubauende Teil einer G-Sicherung mit den Anschlüssen für die Verbindung zum äußeren Stromkreis. Der G-Sicherungseinsatzträger ist bewegliche Teil der G-Sicherung, der den G-Sicherungseinsatz aufnimmt und dessen Auswechseln ermöglicht.



### 3.3.3.6 G-Sicherungseinsatz

Der Teil der G-Sicherung, der den Schmelzleiter enthält, und der nach dem Ansprechen der G-Sicherung durch einen neuen ersetzt werden muss. G-Sicherungseinsätze müssen so gebaut sein, dass ihre Funktion zuverlässig und sicher ist, und dass ihre Eigenschaften bei jedem Strom bis zum Bemessungsausschaltvermögen und bei jeder Spannung bis zur Bemessungsspannung erhalten bleiben.

### 3.3.3.7 Lichtbogenspannung

Höchstwert der Spannung, die während der Ausschaltphase der Sicherung an deren Kontakten zu messen ist. Sie beträgt meist das 2-3fache der Bemessungsspannung. In Schaltungen der Leistungselektronik muss dieser Wert mit der Spitzensperrspannung des Halbleiters verglichen werden.



### 3.3.3.8 Löszeit

Als Bestandteil der Ausschaltzeit ist dies die Zeit zwischen dem Entstehen des Ausschaltlichtbogens und seinem endgültigen Verlöschen. Je nach Schmelzzeit beträgt die Löszeit wenige ms bis zu einigen 100 ms.

### 3.3.3.9 Schmelzintegral

Integral des Fehlerstromquadrats über der Schmelzzeit der Sicherung. Das Schmelzintegral ist eine Größe, die sich aus den Abmessungen der Schmelzleiter herleitet und deshalb spannungsunabhängig.

$$I^2 t = \int_{t=0}^t i^2 dt$$

In den Datenblättern wird üblicherweise der Kleinstwert angegeben. der Wert wird häufig zu Selektivitätsbetrachtungen herangezogen.

### 3.3.3.10 Schmelzleiter

Der Teil des G-Sicherungseinsatzes, dessen Abschmelzen den Ausschaltvorgang bewirkt. Sie bestehen stellenweise aus perforierten Metallstreifen. Die Abmessungen der Perforation bestimmen die Charakteristik und den Bemessungsstrom des Sicherungseinsatzes. Je nach Bemessungsstrom enthalten die Sicherungseinsätze mehrere parallel geschaltete Schmelzleiter. Typische Werkstoffe sind Kupfer oder Feinsilber.

### 3.3.3.11 Schmelzzeit

Zeitspanne vom Beginn des Fehlerstromes bis zum Schmelzen der in der Sicherung befindlichen Schmelzleiter. In den Zeit/Strom-Kennlinien wird die virtuelle Schmelzzeit angegeben. Diese berücksichtigt unterschiedliche Kurvenformen und Einschaltwinkel des Stromes. Virtuelle Schmelzzeit = Schmelzintegral / Fehlerstromquadrat.

### 3.3.3.12 Selektivität

Zuordnung der einschlägigen Kenngrößen (Zeit/Strom-Kennlinie; Integrale; Ausschaltzeiten etc.) zweier oder mehrerer Überstromschutzeinrichtungen. Bei Auftreten von Überströmen soll nur das zum Ausschalten vorgesehene Gerät ansprechen. Sicherungen gleicher Charakteristik sind meist selektiv zueinander, wenn sie im Verhältnis 1:1,6 abgestuft sind.

### 3.3.3.13 Zeit/Strom-Kennlinie oder Zeit/Strom-Charakteristik

Kennlinie zur Ermittlung der Schmelzzeit der Sicherung bei Vorgabe des Überlast- bzw. Kurzschlussstromes. Zeit/Strom-Kennlinien beziehen sich auf eine Temperatur von 20 bis 30 °C. Die Angaben erfolgen meist im Zeitbereich von 0,004 bis 10000 s und sind im doppeltlogarithmischen Raster angetragen.

### 3.3.4 Beschriftungen und Farbcodierung

#### 3.3.4.1 Beschriftungen

Eine Beschriftung der Geräteschutzsicherung wird von der gültigen Norm verlangt. Hierzu gehören der Bemessungsstrom in Milliampere bei Bemessungsströmen unter 1 A und in Ampere bei Bemessungsströmen von 1 A und mehr, unmittelbar danach die Bemessungsspannung in Volt, der Name des Herstellers oder Firmenzeichen sowie ein Symbol, das das Auslöseverhalten (Zeit-Strom-Charakteristik) angibt. Dieses Symbol muss unmittelbar vor dem Bemessungsstrom stehen. Zulässig sind FF für superflink, F für flink, M für mittelträge, T für träge und TT für superträge.

*Beispiel: Träge Sicherung für 315 mA für 250 V  
bei kleinem Ausschaltvermögen*

T	3	1	5	L	2	5	0	V
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Die bisher geforderten Beschriftungen gelten allgemein für von Norm 0820 behandelte Schmelzsicherung. G-Sicherungseinsätze müssen darüber hinaus einen Kennbuchstaben für das Bemessungsausschaltvermögen besitzen. Diese ist zwischen den Bemessungsstrom und der Bemessungsspannung anzuordnen.

#### 3.3.4.2 Farbcodierung

Als eine weitere Kennzeichnung der Bemessungsstromwerte und der Zeit-Strom-Charakteristik können Farbringe verwendet werden. Eine solche zusätzliche Kennzeichnung besteht aus vier Farbringen. Die ersten drei Farbringen kennzeichnen den Bemessungsstrom, ausgedrückt in mA, und der letzte, breitere Farbring kennzeichnet die Zeit-Strom-Charakteristik.

*Auszug aus VDE 820 Teil 1 Tabelle A.1*

Bemessungs- strom mA	Erster Ring	Zweiter Ring	Dritter Ring		Vierter Ring Zeit-Strom- Charakteristik
	Farbe	Farbe	Farbe	Multiplikator	
25	rot	grün	schwarz	10 <sup>0</sup>	FF (0) = schwarz
32	orange	rot	schwarz	10 <sup>0</sup>	F (2) = rot
40	gelb	schwarz	schwarz	10 <sup>0</sup>	M (4) = gelb
50	grün	schwarz	schwarz	10 <sup>0</sup>	T (6) = blau
56	grün	blau	schwarz	10 <sup>0</sup>	TT (8) = grau
63	blau	orange	schwarz	10 <sup>0</sup>	
71	violett	braun	schwarz	10 <sup>0</sup>	
80	grau	schwarz	schwarz	10 <sup>0</sup>	
90	weiß	schwarz	schwarz	10 <sup>0</sup>	
100	braun	schwarz	braun	10 <sup>1</sup>	

### 3.3.5 Auswahlkriterien

#### 3.3.5.1 Bemessungsspannung

Die Bemessungsspannung muss gleich oder größer sein als die Betriebsspannung des zu schützenden Geräts.

### 3.3.5.2 Bemessungsstrom

Der Bemessungsstrom des G-Sicherungseinsatzes soll etwa dem Betriebsstrom des zu schützenden Geräts entsprechen, im Normalbetrieb soll der Bemessungsstrom nicht überschritten werden. Bei erhöhten Einschaltströmen empfiehlt sich die Verwendung mittelträger oder träger G-Sicherungseinsätze.

### 3.3.5.3 Bemessungsausschaltvermögen

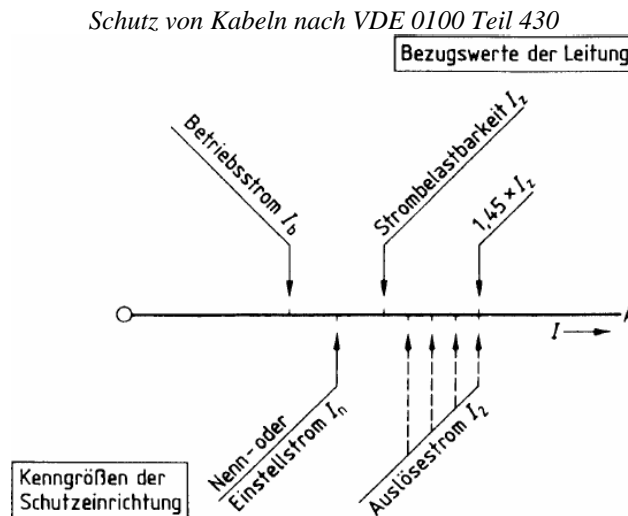
Das Bemessungsausschaltvermögen kennzeichnet den Strom bei Nennspannung, der ordnungsgemäß abgeschaltet werden muss, ohne dass der G-Sicherungseinsatz zerstört wird oder ein Lichtbogen stehen bleibt. Es ist folglich zu beachten, dass auch im Kurzschlussfall kein größerer Strom fließen darf, als es dem Bemessungsausschaltvermögen des G-Sicherungseinsatzes entspricht.

*Dieser G-Sicherungshalter war  
nicht für die entstehende Ströme  
ausgelegt gewesen.*








### 3.3.5.4 Belastbarkeit von Kabel

Auch die Belastbarkeit der verwendeten Kabel kann bei der Wahl der Sicherung eine Rolle spielen, auch wenn man sich Geräten mit diesem Problem weniger konfrontiert sieht. So zeichnen sich im Haus hierfür die Leitungsschutzautomaten oder die klassischen Schraubsicherungen (2.2.1) verantwortlich, die mit ihrer Charakteristik die Norm voll erfüllen.



Bei  $I_n$  handelt es sich um den Bemessungsstrom der Sicherung;  $I_z$  ist die reguläre Strombelastbarkeit des Kabels. Die Norm sieht vor, dass ein Überstrom von  $1,45 \times I_z$  innerhalb einer vorgeschriebenen Zeit abgeschaltet werden muss.

*Belastbarkeit von wärmebeständigen Leistungen bis 100 V nach VDE 0298 Teil 4*

Verlegeart <sup>1)</sup>	frei in Luft	auf oder an Flächen		
	Einadrige Leitungen – gummi-isoliert – PVC-isoliert – wärmebeständig 	Mehradrige Leitungen für Haus- oder Handgeräte – gummi-isoliert – PVC-isoliert  	Mehradrige Leitungen (außer für Haus- oder Handgeräte) – gummi-isoliert – PVC-isoliert – wärmebeständig  	
Anzahl der belasteten Adern	1	2	3	2 oder 3
Nennquerschnitt, Kupferleiter in mm <sup>2</sup>	Belastbarkeit in A			
0,5	–	3	3	–
0,75	15	6	6	12
1	19	10	10	15
1,5	24	16	16	18
2,5	32	25	20	26
4	42	32	25	34
6	54	40	–	44
10	73	63	–	61
16	98	–	–	82
25	129	–	–	108
35	158	–	–	135
50	198	–	–	168

Allgemein lässt sich die zulässige Ausschaltzeit  $t$  für Kurzschlüsse bis zu einer Dauer von 5 Sekunden vereinfacht durch die folgende Gleichung bestimmen (gilt nur für Kabel):

$$t = \left( k \cdot \frac{S}{I} \right)^2$$

Dabei ist:

$t$  - zulässige Ausschaltzeit im Kurzschlussfall in s

$S$  - Leiterquerschnitt in mm<sup>2</sup>

$I$  - Effektivwert des Stromes bei Kurzschluss in A

$k$  - Materialkoeffizient der Angegeben ist oder mittels Formel berechnet werden kann.

- 115 A s/mm<sup>2</sup> bei Kupferleitern mit PVC-Isolierung
- 141 A s/mm<sup>2</sup> bei Kupferleitern mit Gummiisolierung
- 76 A s/mm<sup>2</sup> bei Aluminiumleitern mit PVC-Isolierung

### 3.3.5.5 Superflinke G-Sicherungseinsätze (FF)

werden als Kurzschlussschutz für Halbleiterbauelemente (Thyristoren, Dioden, Triacs) verwendet.

*Beispiel: Siba 7000140 - Schmelzgrenzwerte für kleines Ausschaltvermögen („L“, 35 Ampere oder  $10 \times I_n$ ) und 250 V Bemessungsspannung - Achtung nicht nach VDE-Norm*

Bemessungsstrom Rated current Courant nominal	$I_n$	$2 \times I_n$	$2,75 \times I_n$		$4 \times I_n$		$10 \times I_n$	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
100 – 800 mA	1 h	-	-	-	-	60 ms	-	6 ms
1 – 10 A	1 h	1 s	4 ms	100 ms	1 ms	25 ms	-	3 ms

### 3.3.5.6 Flinke G-Sicherungseinsätze (F)

schützen Geräte und Baugruppen gegen hohe Über- und Kurzschlussströme, sie werden in Stromkreisen ohne Einschaltstromstöße oder auch als Netzsicherungen eingesetzt.

*Beispiel: Siba 179020 - Schmelzgrenzwerte für kleines Ausschaltvermögen („L“, 35 Ampere oder  $10 \times I_n$ ) und 250 V Bemessungsspannung*

Bemessungsstrom Rated current Courant nominal	$1,5 \times I_n$	$2,1 \times I_n$	$2,75 \times I_n$		$4 \times I_n$		$10 \times I_n$	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
32 – 100 mA	1 h	30 min.	10 ms	500 ms	3 ms	100 ms	-	20 ms
125 mA – 6,3 A	1 h	30 min.	50 ms	2 s	10 ms	300 ms	-	20 ms
8 – 10 A	1 h	30 min.	50 ms	2 s	10 ms	400 ms	-	40 ms

### 3.3.5.7 Mittelträge G-Sicherungseinsätze (M)

werden vornehmlich bei kleineren Betriebsspannungen benutzt, wenn keine großen Einschaltströme zu berücksichtigen sind.

*Beispiel: Siba 172000/ 172100 - Schmelzgrenzwerte für Ausschaltvermögen Typ 80 Ampere „C“ und 100 Ampere „E“ und 250 V Bemessungsspannung - Nach DIN 41571-2*

Bemessungsstrom Rated current Courant nominal	$1,5 \times I_n$	$2,1 \times I_n$	$2,75 \times I_n$		$4 \times I_n$		$10 \times I_n$	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
32 mA – 1,25 A	1 h	10 min.	-	-	40 ms	2 s	5 ms	90 ms
1,6 – 10 A	1 h	30 min.	-	-	40 ms	2 s	5 ms	90 ms

### 3.3.5.8 Träge G-Sicherungseinsätze (T)

finden Verwendung, wenn hohe und nur langsam abklingende Einschaltstromstöße auftreten.

*Beispiel: Siba 179120 - Schmelzgrenzwerte für niedriges Ausschaltvermögen („L“, 1500 Ampere) und 250 V Bemessungsspannung*

Bemessungsstrom Rated current Courant nominal	$1,5 \times I_n$	$2,1 \times I_n$	$2,75 \times I_n$		$4 \times I_n$		$10 \times I_n$	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
32 – 100 mA	1 h	2 min.	200 ms	10 s	40 ms	3 s	10 ms	300 ms
125 mA – 10 A	1 h	2 min.	600 ms	10 s	150 ms	3 s	20 ms	300 ms

### 3.3.5.9 Superträge G-Sicherungseinsätze (TT)

zeigen bei hoher Überlast eine noch größere Trägheit als G-Sicherungseinsätze mit träger (T) Charakteristik.

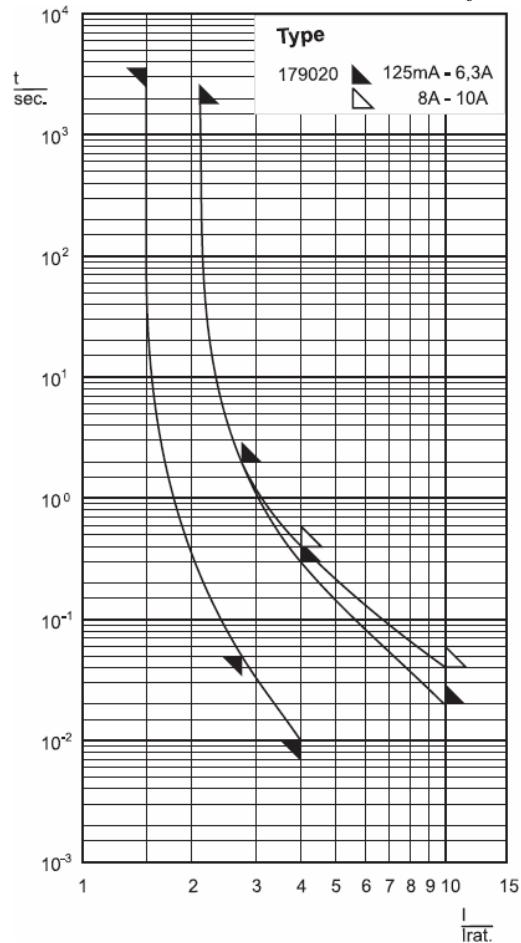
*Beispiel: Siba 190000 - Schmelzgrenzwerte für verschiedene Ausschaltvermögen und 250 V  
Bemessungsspannung*

Bemessungsstrom Rated current Courant nominal	1,5 x I <sub>n</sub>	2,1 x I <sub>n</sub>	2,75 x I <sub>n</sub>		4 x I <sub>n</sub>		10 x I <sub>n</sub>	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
1 – 100 mA	1 h	2 min.	-	-	4 s	20 s	1 s	4 s
400 mA – 4 A	1 h	30 min.	5 s	200 s	1,5 s	40 s	150 ms	3 s

### 3.3.6 Zeit-Stromcharakteristik bzw. Zeit-Stromkennlinie

Wer sich mit den vorangegangenen Angaben für die Schmelzgrenzwerte nicht zu fassen geben möchte, für den lohnt sich ein Blick in die Zeitstromcharakteristik der Sicherung, die von jedem Hersteller in den Datenblättern zur Verfügung gestellt werden.

*Typische Zeit-Stromcharakteristik einer Schmelzsicherung*



Mit Hilfe der Kennlinie ist es bei gegebener Überstrombelastung möglich, die zu erwartende Ausschaltzeit zu ermitteln, die zwischen den beiden eingrenzenden Kennlinien liegt.

### 3.3.7 Schmelzintegral bzw. $I^2t$ -Wert

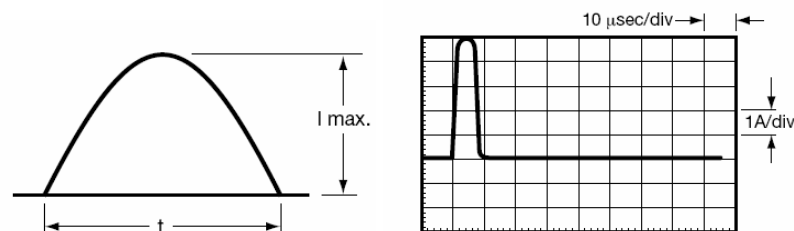
Der Schmelz-  $I^2t$ -Wert (Schmelzintegral bis zum Einsetzen des Lichtbogens) oder das Joule-Integral, gemessen in  $A^2s$ , ist ein Maß für die erforderliche Energie, die das Schmelzen des Schmelzleiters bewirkt.

$$I^2t = \int_{t=0}^t i^2 dt$$

Eine Sicherung wird üblicherweise nach ihrem Schmelz-  $I^2t$ -Wert bei Anwendungen ausgewählt, bei denen die Sicherung hohe Stromstöße von kurzer Dauer aushalten muss. „Kurze Dauer“ heißt in diesem Fall, die Hälfte einer elektrischen Schwingung (z.B. 10 ms bei 50 Hz) bei dem auch die Unsymmetrie des Stromes zu Tage tritt, man also nicht länger mit Effektivwerten arbeiten kann und keine Zeit für einen Wärmeaustausch mit der Umgebung bleibt (Adiabatischer Prozess). Diese Art von Strömen ist in zahlreichen Anwendungen üblich und wird mit verschiedenen Begriffen wie „Stoßstrom“, „Einschaltstrom“ oder „Einschaltstoßstrom“ beschrieben. Um ein vorzeitiges Abschalten zu vermeiden, muss eine Sicherung mit einem Schmelz-  $I^2t$ -Wert ausgewählt werden, der größer ist als der  $I^2t$ -Wert der Pulse. Treten überlasten von einer Dauer über 10 ms auf, so kann mit den Zeit-Stromkennlinien gearbeitet werden.

Für den Schutz empfindlicher Bauteile ist der Ausschalt- $I^2t$ -Wert, die Summe aus Schmelz- und Lichtbogen-  $I^2t$ -Wert, der entscheidende Parameter. Bauteile wie Halbleiter haben einen Bemessungswert, der die Energie bezeichnet, die sie einwandfrei führen können. Im Unterschied zu Anwendungen mit Pulsbetrieb ist es bei dieser Art der Anwendung wichtig, eine Sicherung mit einem Ausschalt-  $I^2t$ -Wert zu wählen, der kleiner ist als dieser Bemessungswert des Bauteils.

Für einen Sinusartigen Impuls beträgt die Lösung des Schmelzintegrals  $\frac{1}{2} \cdot I_{\max}^2 \cdot t$ .

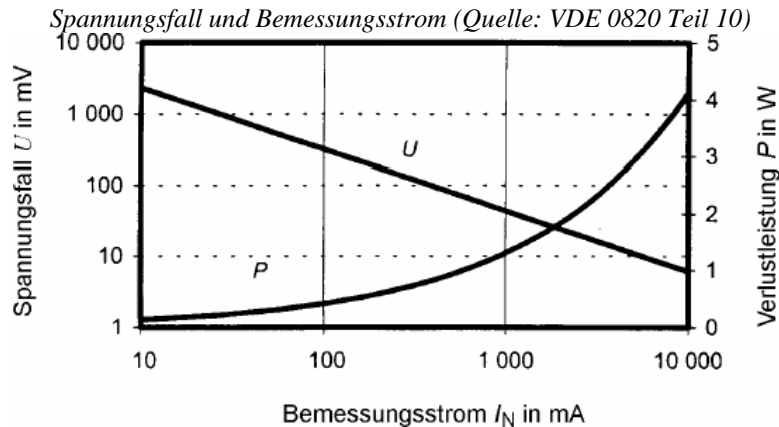


Beim gewählten Beispiel ergibt sich dadurch  $I^2t$ -Wert von  $\frac{1}{2} \cdot (4,8 \text{ A})^2 \cdot 7,7 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 8,9 \cdot 10^{-5} \text{ A}^2\text{s}$ . Soll die Sicherung bei dieser Art von Stromplus nicht durchfliegen, so muss ihr  $I^2t$ -Wert größer als die angegeben  $8,9 \cdot 10^{-5} \text{ A}^2\text{s}$  sein.

### 3.3.8 Verhalten bei Kleinspannungen

Besondere Beachtung ist jedoch erforderlich, wenn Sicherungseinsätze bei sehr kleinen Spannungen, d. h. im Bereich von 10 V, verwendet werden. Dies gilt hauptsächlich für Sicherungseinsätze mit kleinem Bemessungsstrom. Bei Sicherungseinsätzen mit einem

Bemessungsstrom von kleiner 100 mA kann ihr Kaltwiderstand zwischen 1  $\Omega$  und 100  $\Omega$  betragen, d. h. die Impedanz des Sicherungseinsatzes entspricht möglicherweise der Impedanz des Stromkreises. Der Spannungsfall eines Sicherungseinsatzes mit kleinem Bemessungswert ist relativ hoch; er liegt im Bereich von 1 Volt.

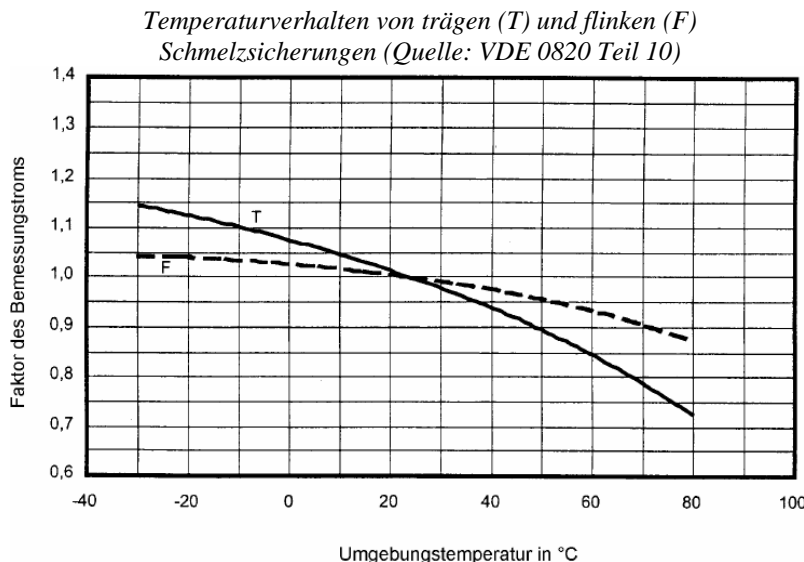


Der Anwender sollte gewisse Bedingungen berücksichtigen, insbesondere die als Folge seines Widerstands mögliche Rückwirkung des Sicherungseinsatzes auf den Stromkreis.

Als Faustregel gilt, dass die für das ordnungsgemäße Abschalten erforderliche Mindest-Betriebsspannung ungefähr das 5 bis 8fache des bei 1,0 des Nennstromes gemessenen Spannungsfalls des Sicherungseinsatzes beträgt.

### 3.3.9 Einfluss der Umgebungstemperatur

Sicherungseinsätze sind temperaturempfindliche Bauteile, d. h. ihre Charakteristiken werden durch die Umgebungstemperaturen beeinträchtigt. Aus diesem Grund erfolgt die Normung der Bemessungswerte und der Zeit-Strom-Charakteristik bei einer Temperatur von 23 °C. Höhere oder niedrigere Temperaturen können zu einem schnelleren bzw. langsameren Abschalten des Sicherungseinsatzes führen.





Allgemein wird der Einfluss von Umweltbedingungen auf den Bemessungsstrom als Derating bezeichnet. Hierbei handelt es sich um einen Faktor der mit dem aufgedruckten Bemessungsstrom der Sicherung multipliziert werden muss und den tatsächlichen anzusetzenden Bemessungsstrom ergibt. Entsprechende Faktoren sind ggf. in den Datenblättern des Herstellers zu finden.

### **3.4 Sicherungsautomaten**

#### **3.4.1 Überblick**

Sicherungsautomaten, häufig auch als Leitungsschutzschalter (LS-Schalter) bezeichnet, werden von der Norm VDE 0641-11 behandelt und besitzen zwei voneinander getrennt wirkende Auslösemechanismen für den Überlast- und Kurzschlusschutz.



Für den Schutz bei Überlast sorgt ein zeitlich verzögert wirkender Thermo-Bimetallauslöser. Die mechanische Bewegung des Bimetalls führt zum Auslösen. Den Schutz beim Kurzschluss übernimmt der zeitlich nahezu unverzögert wirkende elektromagnetische Auslöser. Alle Sicherungsautomaten besitzen eine Freiauslösung, d.h., dass die Auslöser auch dann arbeiten, wenn der Schalter in der Ein-Stellung festgehalten wird.

Sicherungsautomaten werden in verschiedenen Bauformen und Nennströmen gefertigt. Sie sind 1-4 polig im Handel erhältlich und haben Nennströme bis 63 A. Ihre Beschriftung umfasst die Auslösecharakteristik, den Nennstrom, das Stromschaltvermögen (1500 A bis 10000 A), die Strombegrenzungsklasse (3,2 oder 1 wobei drei die höchste Klasse darstellt, Klasse ist Abhängig vom Schmelzintegral; Details siehe VDE-Norm) und die Nennspannung

Um Beschädigungen der LS-Schalter durch zu hohe Kurzschlussströme auszuschließen, ist ihnen durch Vorschalten von Überstromschutzeinrichtungen mit höchstens 100 A Nennstrom Rückschutz (Back-up-Schutz) zu geben.

### 3.4.2 Auslösecharakteristik

Die Überstromempfindlichkeit verschiedener Gerätschaften kann durch den Einsatz von Leitungsschutzschaltern unterschiedlicher Auslösecharakteristik berücksichtigt werden.

Vorschriften für die Auslösecharakteristiken gängiger LS-Schalter nach VDE 0641-11  
Tabelle 6. Auslösecharakteristiken

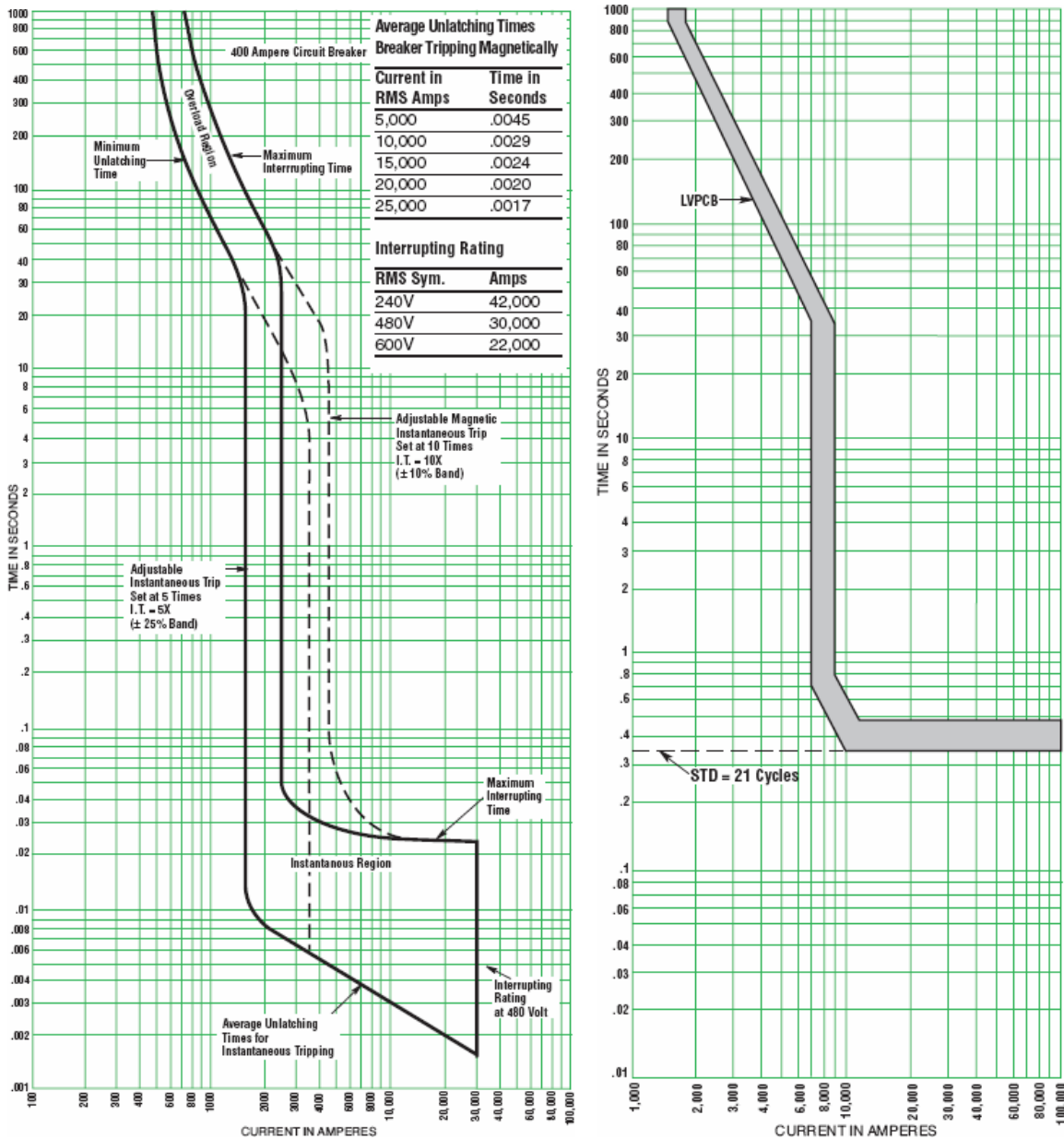
Prüfung	Auslösecharakteristik	Prüfstrom	Ausgangsbedingungen	Grenzen der Auslöse- oder Nichtauslösezeit	Zu erwartendes Ergebnis	Anmerkungen
a	B, C, D	$1,13 I_n$	kalt *)	$t \geq 1 \text{ h } (I_n \leq 63 \text{ A})$ $t \geq 2 \text{ h } (I_n > 63 \text{ A})$	keine Auslösung	
b	B, C, D	$1,45 I_n$	sofort nach Prüfung a	$t < 1 \text{ h } (I_n \leq 63 \text{ A})$ $t < 2 \text{ h } (I_n > 63 \text{ A})$	Auslösung	stetige Steigerung des Stroms innerhalb 5 s
c	B, C, D	$2,55 I_n$	kalt *)	$1 \text{ s} < t < 60 \text{ s } (I_n \leq 32 \text{ A})$ $1 \text{ s} < t < 120 \text{ s } (I_n > 32 \text{ A})$	Auslösung	
d	B C D	$3 I_n$ $5 I_n$ $10 I_n$	kalt *)	$t \geq 0,1 \text{ s}$	keine Auslösung	Strom durch Hilfsschalter eingeschaltet
e	B C D	$5 I_n$ $10 I_n$ $20 I_n$	kalt *)	$t < 0,1 \text{ s}$	Auslösung	Strom durch Hilfsschalter eingeschaltet
*) Der Ausdruck „kalt“ bedeutet: ohne vorherige Belastung, bei Bezugsumgebungstemperatur.						

Neben den Auslösecharakteristiken B, C und D sind noch die Variante Z und K gängig. Die Bereiche für die Sofortauslösung lauten wie folgt:

Auslösecharakteristik	Bereich
Z	Über $2 I_n$ bis $3 I_n$
B	Über $3 I_n$ bis $5 I_n$
C	Über $5 I_n$ bis $10 I_n$
K	Über $8 I_n$ bis $15 I_n$
D	Über $10 I_n$ bis $20 I_n$

LS-Schalter der Charakteristik B werden üblicherweise im Haushalt verwendet.

Aufgrund ihres Aufbaus sind die Kennlinien von Leistungsschutzschaltern etwas komplizierter im Vergleich zu einfachen Schmelzsicherungen.



Der obere Teil der Auslösekennlinie verkörpert die Überlastungssicherung mittels thermischen Bimetall-Auslösers. Bei höheren Strömen kommt der magnetische Auslöser zum Tragen. Hierbei ist zu beachten, dass zwischen dem Auslösen und der kompletten Unterbrechung des Stromkreises eine gewisse Zeit vergeht. Die rechte Abbildung zeigt einen LS-Schalter mit Delay-Option bei dem ein Überstrom bzw. Kurzschluss für eine gewisse Zeit zugelassen wird, um Selektivität zu erzeugen. Eine unsachgemäße Bedienung kann hier jedoch tödlich enden.

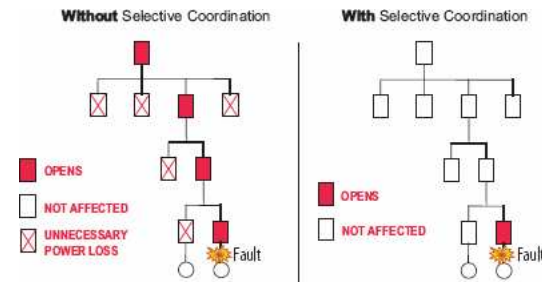
*Eine falsche Einstellung bei LS-Schaltern mit Delay kann verheerende Folgen haben.*



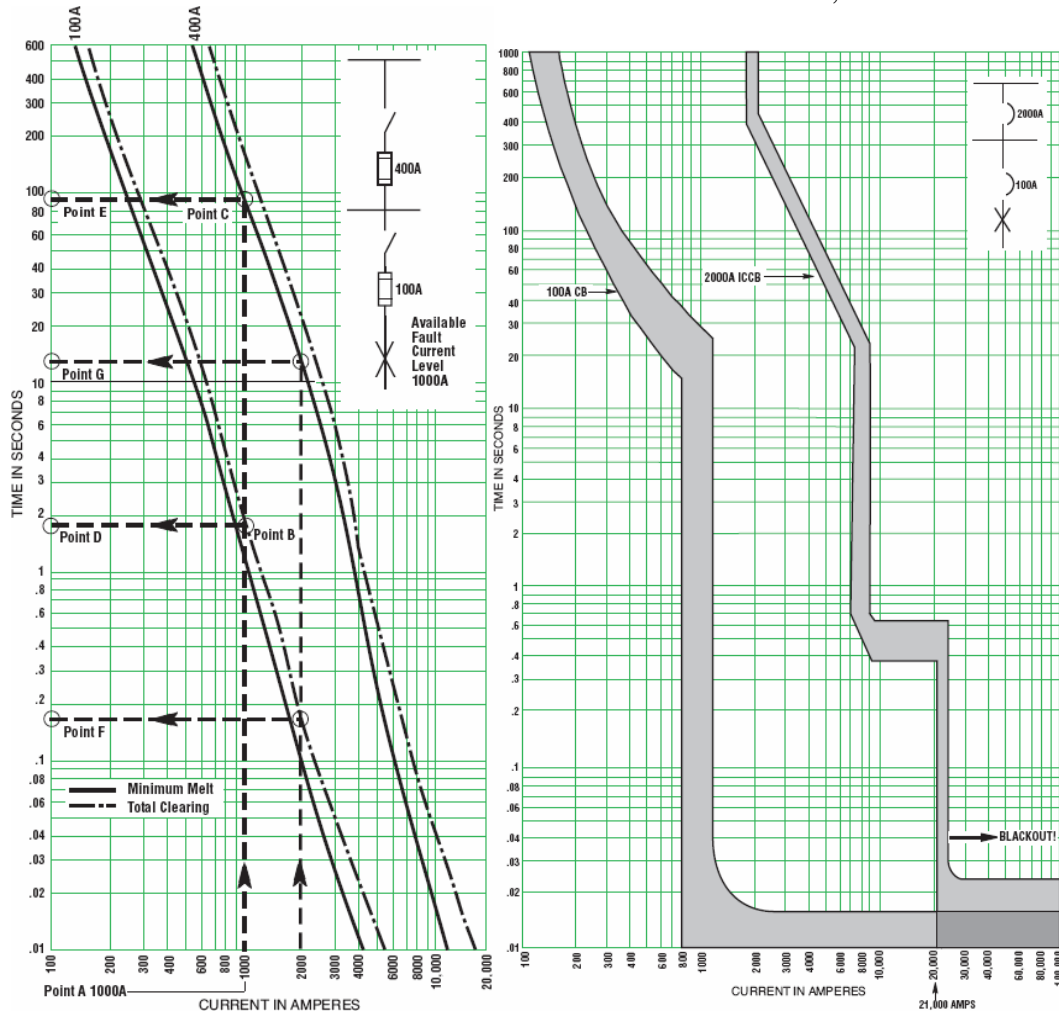
Darüber hinaus gibt es LS-Schalter die zwar diese Delay-Funktion bieten, die eingestellte Vorverzögerung ab einem bestimmten Überlaststrom ignorieren und damit ebenfalls schnellst möglich auslösen werden.

### 3.5 Selektivität

Selektivität bei elektrischen Sicherungen bedeutet Auswahlfähigkeit. Das heißt in dem Fall, wenn eine Sicherung auslöst, wird nur der fehlerhafte Stromkreis abgeschaltet. Die Sicherungen, die näher am Energieversorgungsnetz liegen, bleiben unberücksichtigt - lösen also nicht aus. Die folgende Grafik spiegelt die Idee hinter Selektivität wieder:



Für Schmelzsicherungen lässt sich Selektivität einfach erreichen. Allgemein gilt die Faustregel, dass ihre Bemessungsströme ein Verhältnis von 1 zu 1,6 besitzen müssen. Darüber hinaus lassen sie sich anhand ihrer Zeit-Stromcharakteristiken leicht aufeinander abstimmen. Sobald sich die Kennlinien nicht schneiden, ist das Ziel erreicht.



Auch mit dem Einsatz von LS-Schaltern mit verschiedenen Nennströmen wird eine gewisse Selektivität erreicht. Dennoch macht dieser Idee das Kurzschlussverhalten von LS-Schaltern allgemein einen Strich durch die Rechnung, wenn keine Delay-Funktionen zur Verfügung stehen oder diese ab einem bestimmten Strom ignoriert werden. Bei hohen Kurzschlussströmen werden beide (alle) LS-Schalter in der Hierarchie auslösen.

Auch die Hintereinander-Schaltung einer Schmelzsicherung (der Eingangs erwähnten Back-Up-Sicherung) und anschließend eines LS-Schalters kann zu Problemen im Kurzschlussbereich führen. Obwohl im Normalfall immer der LS-Schalter auslösen sollte, ist es aufgrund der Bauweise nicht möglich, ab einem bestimmten Kurzschlussstrom mit den Schmelzzeiten der Sicherung mithalten zu können. Noch bevor der LS-Schalter den Stromkreis sauber trennen kann, wird auch die Schmelzsicherung ansprechen.

## 4 Quellenangabe

VDE-Vorschriftenwerk Version 6  
Einführung in DIN VDE 0100 (Wilhelm Rudolph)

Begriffe der deutschen Wikipedia ([www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de))

- Elektrische Sicherung
- Selektivität (Sicherung)
- Kennmelder
- Schutzschalter
- Schutzmaßnahme
- Überspannungsschutz
- Fehlerstromschutzschaltung

Begriffe der englischen Wikipedia (<http://en.wikipedia.org>)

- Circuit breaker
- Fuse (electrical)
- Residual-current circuit breaker
- Maximum prospective short circuit current
- Semiconductor fuse

Siba ([www.siba.de](http://www.siba.de))

Bussmann ([www.bussmann.com](http://www.bussmann.com))

Elektrocheck.ch ([www.elektrocheck.ch](http://www.elektrocheck.ch))

Elektronik-Kompendium.de ([www.elektronik-kompendium.de](http://www.elektronik-kompendium.de))

Maryland Metrics ([www.mdmetric.com](http://www.mdmetric.com))