



Weiterbildung  
im Berufsbildungszentrum

## **Meistervorbereitung**

Meister im  
Elektrotechniker-Handwerk

**Arbeitsunterlagen**

**Leitungsberechnung Teil 2**

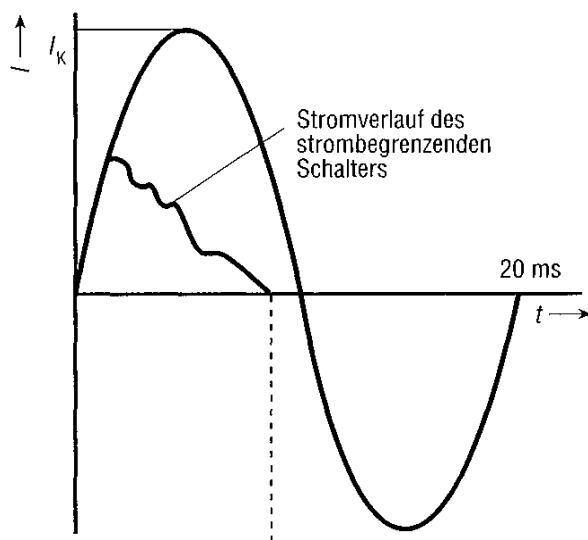
## Leitungsberechnung

### Kurzschlusschutz

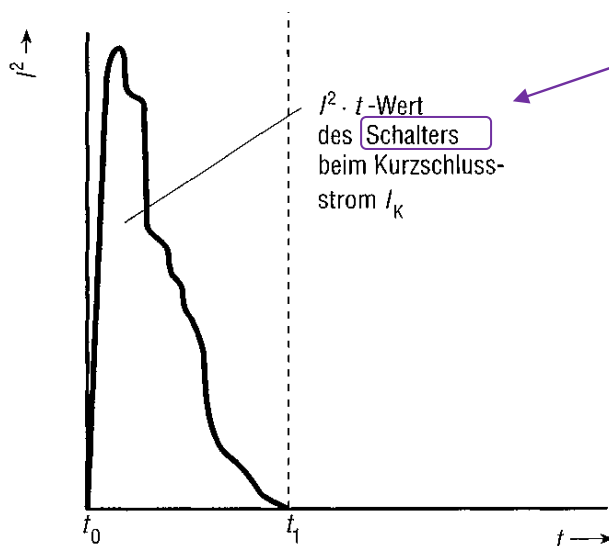
Nachdem der Überlastschutz der Leitung gewährleistet ist, muss im Nachgang der Schutz bei Kurzschluss überprüft werden.

Beim Abschalten des Schutzorgans ist bei einem Kurzschluss annähernd nachstehender Stromverlauf zu erwarten (prospektiver Verlauf).

Prospektiv = Voraussichtlich



Um den nicht linearen Verlauf des Kurzschlusses bewerten zu können, muss die Energie bestimmt werden, die das Schutzorgan nach ansprechen noch in die Leitungsanlage hineinlässt  $I^2 \cdot t$  (Joule-Integral).



Schalter oder Sicherung.

Die Energiemenge (Joule -Integral) des Schutzorgans wird vom jeweiligen Hersteller bezogen.

## Leitungsberechnung

### Kurzschlussschutz

Ist die Durchlassenergie des Schutzorgans bekannt, muss die Energie ermittelt werden, die das Kabel/die Leitung noch verträgt, ohne beschädigt zu werden  $(k \cdot S)^2$ .

Die Energiemenge, die das Kabel/die Leitung verträgt, ist vom jeweiligen Hersteller zu beziehen.

$S = A$  = Leiterquerschnitt

Überprüfung des Kurzschlussschutzes nach DIN VDE 0100-430 mit bekanntem Bemessungsausschaltvermögen am Einbauort.

1. Bedingung

$$t_{va} \leq 5s$$

2. Bedingung

$$I^2 \cdot t \leq (k \cdot S)^2$$

Die Zeit (t) beruht auf einem eventuell auftretenden Kurzschlussstrom (prospektiv) und wird daher  $t_{va}$  genannt. Zu ermitteln ist diese aus den Zeit/Strom-Angaben der Hersteller.

$$t_{va} \leq \left( \frac{K \cdot A}{I_{K2}} \right)^2$$

Aus dem rechten Teil der Bedingung ergibt sich eine Zeit  $t_a$  in welcher der Kurzschlussstrom  $I_{K2}$  spätestens abgeschaltet sein muss.

$$S \leq \left( \frac{A \cdot \sqrt{s} \cdot \text{mm}^2}{\text{mm}^2 \cdot A} \right)^2$$

Um die Angaben für ein unverzügliches Abschalten bei Schutzschaltern vergleichen zu können, wird mit dem Kurzschlussstrom  $I_{K2}$  und dem Sicherungsnennstrom ein Faktor ( $f_{XIN}$ ) gebildet.

$$f_{XIN} = \frac{I_{K2}}{I_N}$$

$$f_{IN} \leq f_{XIN}$$

Ist diese Bedingung erfüllt, so löst der Schutzschalter unverzüglich aus.

## Leitungsberechnung

### Kurzschlusschutz

Durch die Vorgabe der zuvor genannten Bedingungen müssen die Werte für  $k$  und  $I_{k2}$  ermittelt werden.

Die Betrachtung des Kurzschlussstroms findet immer am Ende des Leitungsabschnittes statt.

Durch den sich im Verlauf des Kabels/der Leitung erhöhenden Leiterwiderstand ist der am Leitungsende auftretende Kurzschlussstrom immer der Geringste und damit der Ungünstigste.

In der Praxis können die Werte  $Z_{S1}/I_{k1}$  durch die Messung der Impedanz ermittelt werden oder beim Energieversorger erfragt werden.

$$I_{K1} = \frac{U_0}{Z_{S1}}$$

Bestimmung des Kurzschlussstroms  
am Anfang der Leitung.

$$R = Z \text{ bei } \cos \varphi = 1$$

Festlegung zur arithmetischen  
Addition! Hierdurch wird auf eine  
geometrische Addition verzichtet.

$$Z_{S2} = Z_{S1} + R_{Ltg.}$$

$$R_{Ltg.} = \frac{2 \cdot l}{\kappa \cdot A} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta \vartheta)$$

$$\Delta \vartheta = \vartheta_1 - \vartheta_2$$

$$I_{K2} = \frac{U_0}{Z_{S2}}$$

Bestimmung des Kurzschlussstroms  
am Ende der Leitung.

$$\Omega = \frac{m}{\frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot mm^2} \cdot \left(1 + \frac{1}{K} \cdot K\right)$$



## Leitungsberechnung

### Kurzschlusschutz

$t_{va}$  = virtuelle Abschaltzeit [s]

$t_a$  = maximale Abschaltzeit [s]

$K$  = Materialbeiwert für Kupfer und PVC  $115 \left[ \frac{A \cdot \sqrt{s}}{mm^2} \right]$

$\alpha$  = Temperaturbeiwert des elekt. Widerstandes (Alpha)  $\left[ \frac{\Omega}{\Omega \cdot K} \right]$   $3,9 \cdot 10^{-3}$  bei Kupfer

$K$  = elektrische Leitfähigkeit (Kappa)  $\left[ \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \right]$  bei Kupfer auf 56 festgelegt.

$\vartheta_1$  = Zulässige Leitertemperatur +10K Sicherheitsreserve.

$\vartheta_2$  = Temperatur des Wertes der Materialkonstanten  $\alpha$ .

$f_{IN}$  = Faktor der das unverzögerte Abschalten des Schutzorgans bedingt (Herstellerangabe).

### Temperaturen und Materialbeiwerte für isolierte Kabel und Leitungen

Werkstoff der Leitung				
	PVC	VPE, (PE-X), EPR	IHK	NR, SR (G)
Anfangstemperatur	70 °C	90 °C	85 °C	60 °C
Endtemperatur	160 °C	250 °C	220 °C	200 °C
Materialbeiwert k [ A $\sqrt{s/mm^2}$ ]				
Leiterwerkstoff				
Kupfer	115	143	134	141
Aluminium	76	94	89	-

PVC	=	Polyvinylchlorid	NYM-J/O, NYY-J/O
VPE (PE-X)	=	vernetztes Polyethylen	NI2XY-J/O
EPR	=	Ethylen-Propylen	
IHK	=	Butylkautschuk	MGSGO (Schiffskabel)
NR, SR	=	NR = Naturkautschuk, SR = synthetischer Kautschuk	H07RN-F.G/X

## Leitungsberechnung

### Schutzmaßnahme

Um den Schutz vor gefährlicher Körperdurchströmung sicherzustellen, muss die Schutzmaßnahme nach DIN VDE 0100-410 des betreffenden Stromkreises eingehalten werden.

Bei der Schutzmaßnahme „Schutz durch automatisches Abschalten der Stromversorgung“ muss sich zwingend an die vorgegebenen Abschaltzeiten gehalten werden.

$$t_{va} \leq t_{TN}$$



Vorgegebene Abschaltzeit für den Stromkreis (End- oder Verteilerstromkreis) des entsprechenden Netzsystems. Hier TN-System.

### Backupschutz

Überschreitet der unbeeinflusste Kurzschlussstrom an der Einbaustelle eines Installationsgerätes den Wert, den dieses Installationsgerät selber abschalten oder ohne Schaden überstehen kann, muss dieses Gerät durch eine zugeordnete Kurzschlussschutzeinrichtung geschützt werden.

Der Hersteller eines Installationsgeräts muss die Merkmale der Kurzschlussschutzeinrichtungen, welche dem Gerät zugeordnet werden muss, festlegen (z.B. für Fehlerstromschutzschalter = RCCBs).

Eine theoretische Betrachtung über Durchlassintegrale und Durchlassströme führen im Allgemeinen nicht zum Ziel. Es ist auf die Angaben der Hersteller zu geeigneten Kombinationen zurückzugreifen.

#### Kurzschlussfestigkeit von Fehlerstromschutzschaltern in Verbindung mit Vorsicherungen

Um zu verhindern, dass der FI-Schalter durch verbrauchsseitige Kurzschlüsse beschädigt wird, wird er speisungsseitig durch Kurzschlussschutzeinrichtungen geschützt (Back-Up-Schutz).

Die Tabelle gibt die Kurzschlussfestigkeit des FI-Schalters in Verbindung mit einer Vorsicherung an. Die Eigenkurzschlussfestigkeit des FI-Schalters beträgt 1500 A.

FI-Schalter		Vorsicherung 63 A / gL	Vorsicherung 80 A / gL	Vorsicherung 100 A / gL	Vorsicherung 125 A / gL
2-polig	25 A	6000 A	5000 A	4500 A	
	40 A	6000 A	5000 A	4500 A	
	63 A	6000 A	5000 A	4500 A	
4-polig	25 A	6000 A	5000 A	4500 A	
	40 A	6000 A	5000 A	4500 A	
	63 A	6000 A	5000 A	4500 A	
	80 A	6000 A	5000 A	4500 A	
	100 A	6000 A	5000 A	4500 A	
	125 A				10000 A



## Leitungsberechnung

### Selektivität

Ist eine Anlage selektiv aufgebaut, so löst nur die der Fehlerstelle direkt vorgeschaltete Sicherung aus.

Selektivität ist aus der VDE in medizinischen Bereichen (DIN VDE 0100-710) und bei öffentlichen Einrichtungen (DIN VDE 0100-718) gefordert.

Bei anderen Anlagen sind Forderung aus der TAB bzw. aus einer Ausschreibungsvorgabe zu beachten.

In der Praxis sollten immer die von den Herstellern zur Verfügung gestellten Tabellen einbezogen werden.

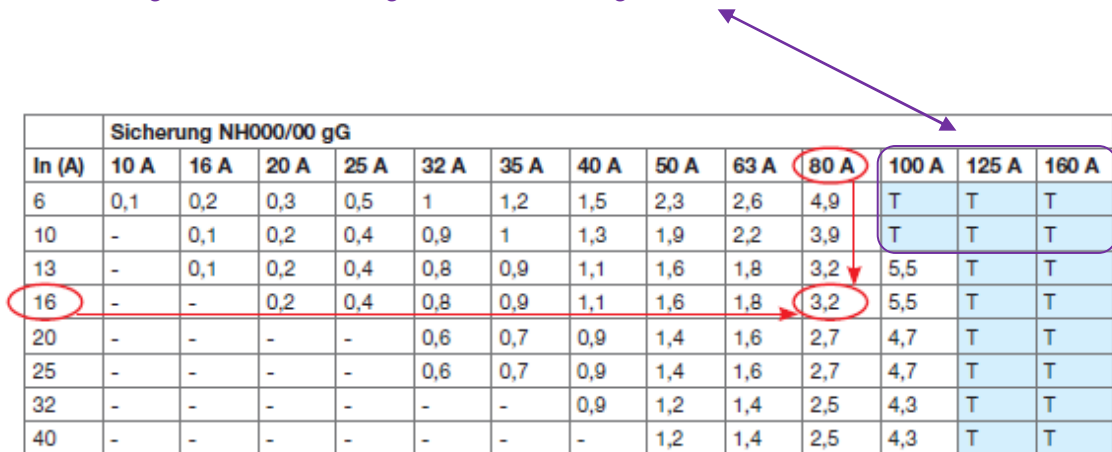
### Sicherung zu Sicherungen mit gleicher Charakteristik z.B. gG

In Reihe geschaltete Sicherungseinsätze der Charakteristik „gG“ mit Bemessungsströmen ab 16 A sind bei einer Nennstromabstufung von 1,6:1 (Energieflussrichtung) selektiv. In Grenzfällen müssen die Zeit-Strom Diagramme beachtet werden.

### Sicherungen zu Schaltgeräten

Bei der Kombination einer Sicherung mit einem LS-Schalter besteht Selektivität, wenn die Auslösecharakteristik des LS-Schalters vollständig unterhalb der Schmelzcharakteristik der Sicherung liegt.

Volle Selektivität bis zum  
Bemessungsausschaltvermögen des Schutzorgans.




	Sicherung NH000/00 gG												
In (A)	10 A	16 A	20 A	25 A	32 A	35 A	40 A	50 A	63 A	80 A	100 A	125 A	160 A
6	0,1	0,2	0,3	0,5	1	1,2	1,5	2,3	2,6	4,9	T	T	T
10	-	0,1	0,2	0,4	0,9	1	1,3	1,9	2,2	3,9	T	T	T
13	-	0,1	0,2	0,4	0,8	0,9	1,1	1,6	1,8	3,2	5,5	T	T
16	-	-	0,2	0,4	0,8	0,9	1,1	1,6	1,8	3,2	5,5	T	T
20	-	-	-	-	0,6	0,7	0,9	1,4	1,6	2,7	4,7	T	T
25	-	-	-	-	0,6	0,7	0,9	1,4	1,6	2,7	4,7	T	T
32	-	-	-	-	-	-	0,9	1,2	1,4	2,5	4,3	T	T
40	-	-	-	-	-	-	-	1,2	1,4	2,5	4,3	T	T

- = Keine Selektivität

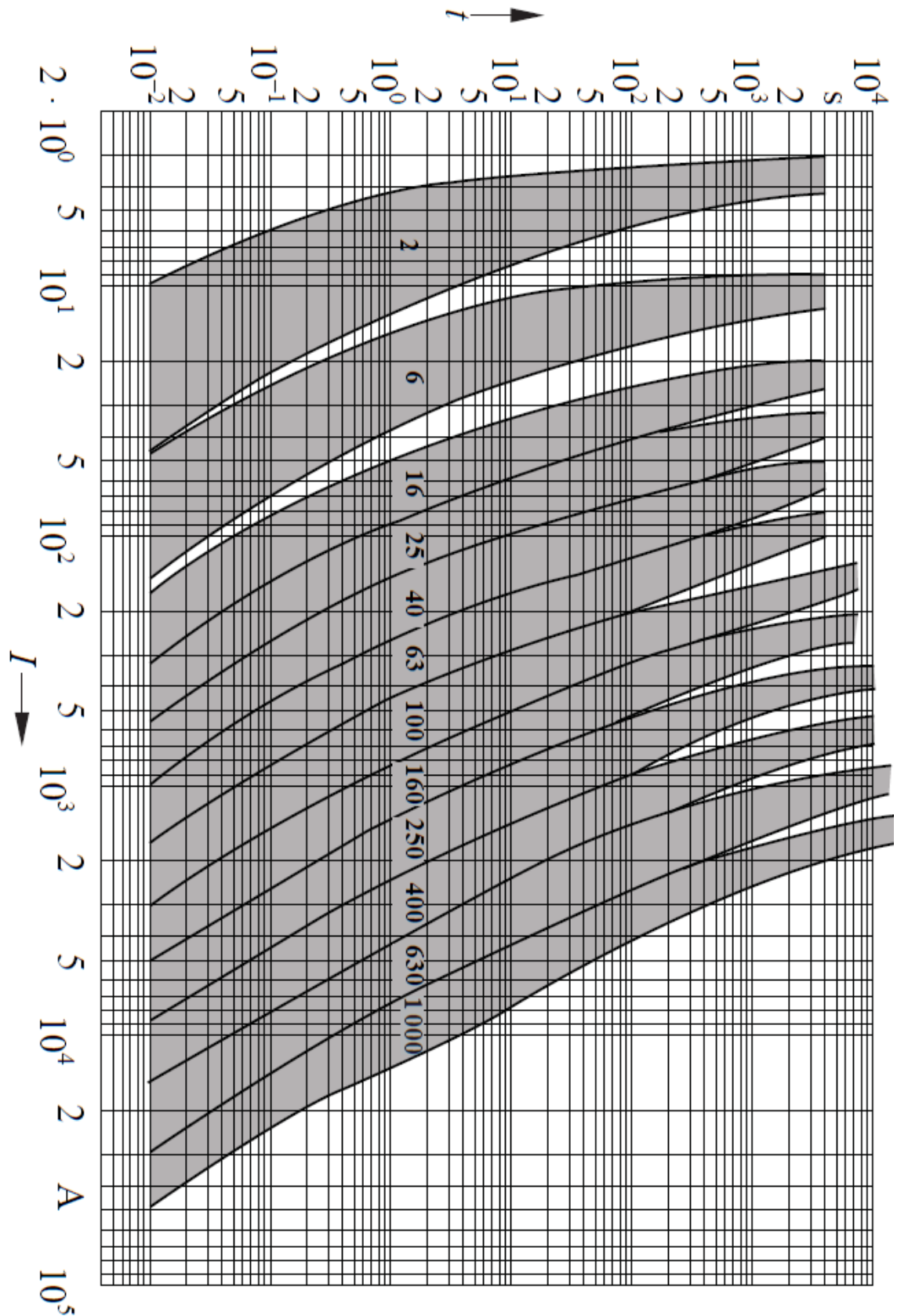
Werte in der Tabelle in kA

### Schaltgeräte zu Schaltgeräten

Zwischen Schaltgeräten wird Selektivität nur erreicht, wenn das vorgeschaltete Schutzorgan mit dem Symbol  gekennzeichnet ist und die Nennströme nach Herstellerangaben koordiniert sind.

## Leitungsberechnung

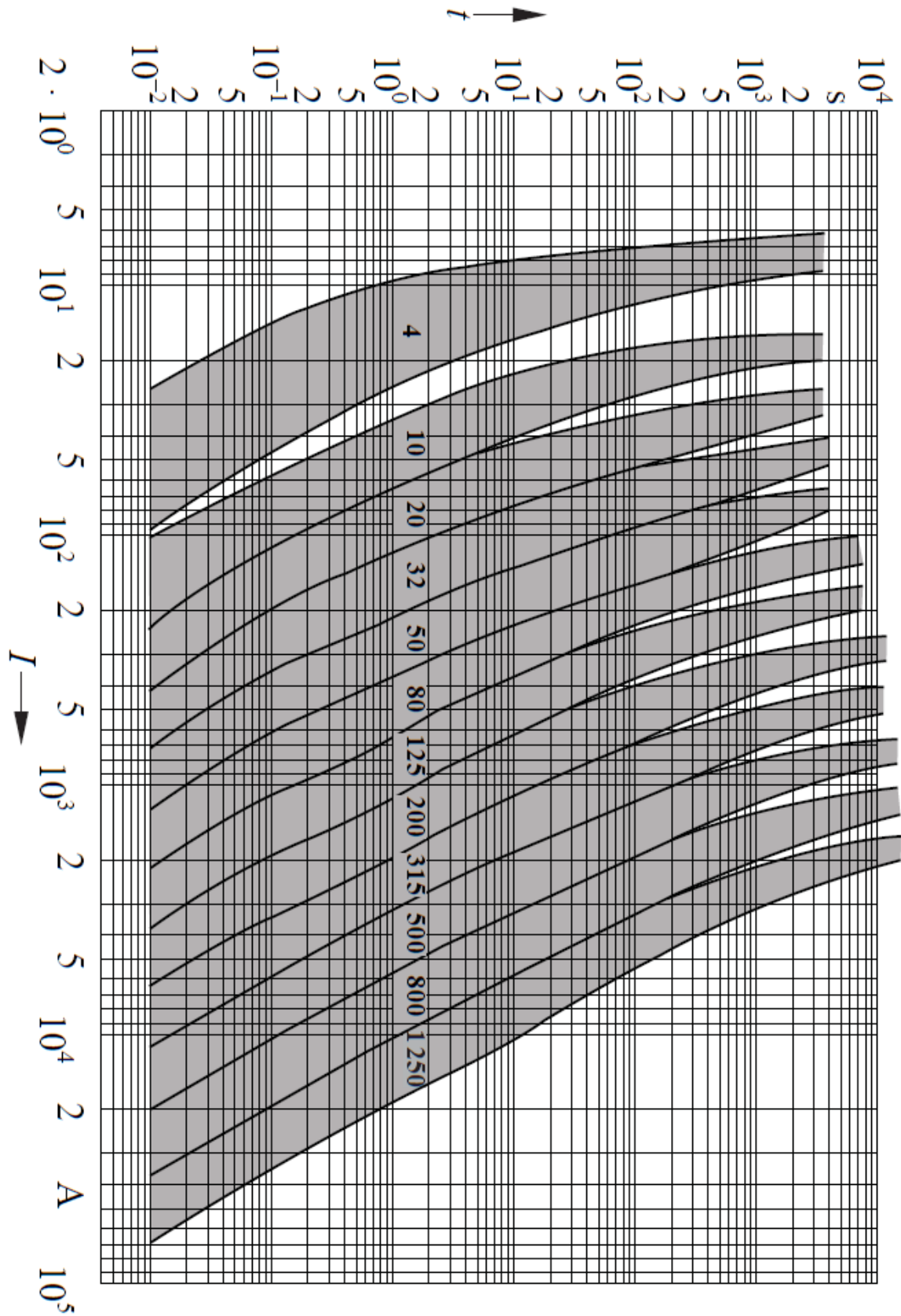
Zeit/Strom-Bereiche der Sicherungen gL/gG nach VDE 0636





## Leitungsberechnung

Zeit/Strom-Bereiche der Sicherungen gL/gG nach VDE 0636

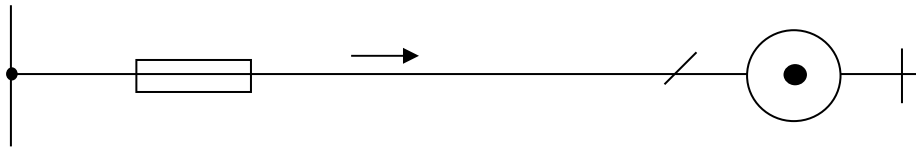




## Leitungsberechnung

### Beispielrechnung

Durchlauferhitzer 27KW, Verlegeart C, Umgebungstemperatur 30°C, Leitungslänge 13m,  
 $Z_{S1} = 0,35\Omega$





## Leitungsberechnung



## Leitungsberechnung