

Dipl.-Ing. Bernd Siedelhofer, ABB STOTZ-KONTAKT GmbH, Heidelberg

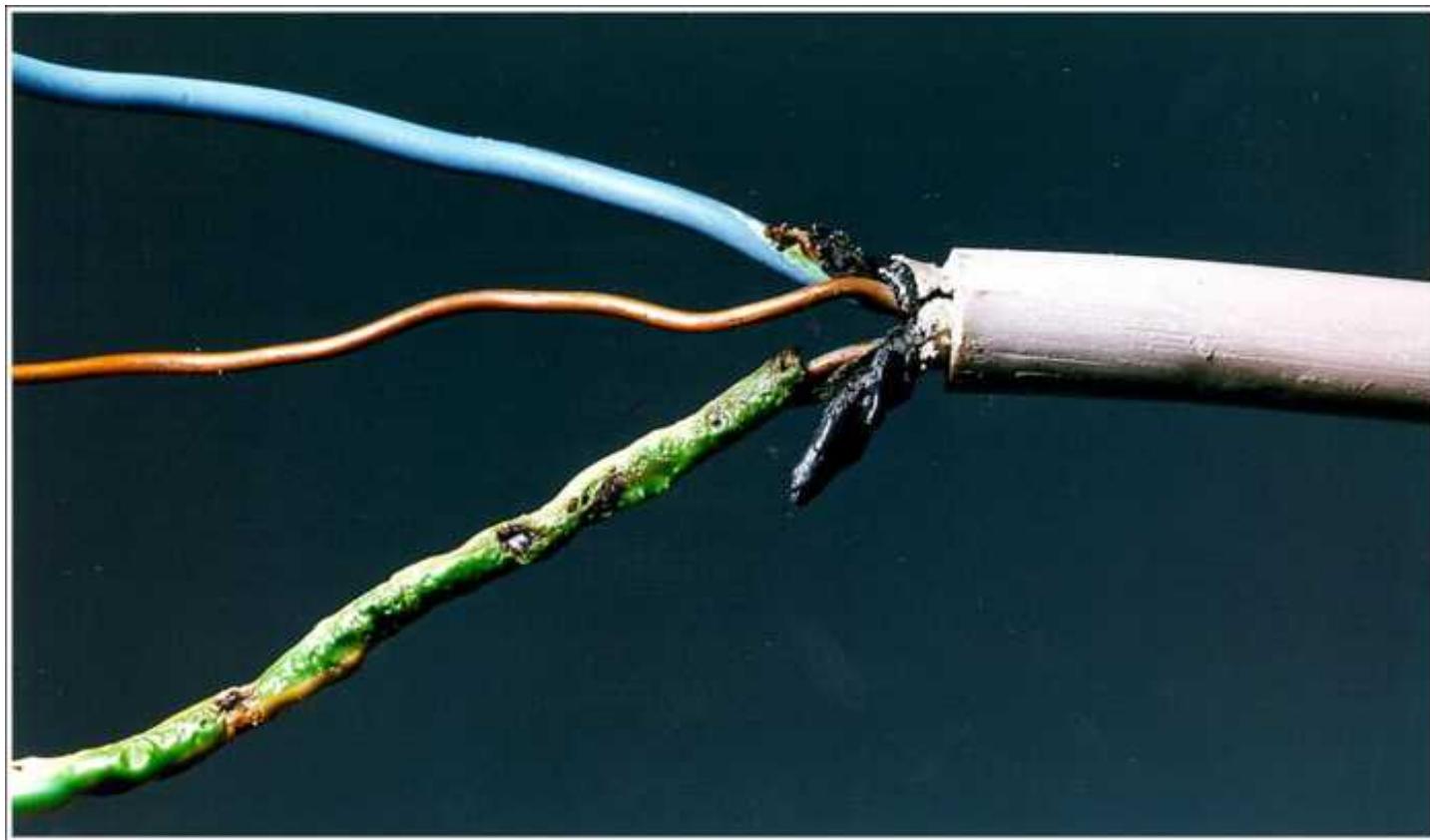
Kabel- und Leitungsschutz, Auswahl der Betriebsmittel

Überlast- und Kurzschlussschutz, Strombelastbarkeit, zulässige Leitungslängen

Übersicht

- Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen
- Einfluss von Verlegearten, Reduktionsfaktoren
- Maximal zulässige Leitungslängen
 - aufgrund des zulässigen Spannungsfalls
 - aufgrund notwendiger Abschaltzeiten
- Überlast- und Kurzschlusschutz nach DIN VDE 0100-430:2010-10
- Auswahl von Betriebsmitteln
- NYM-O ?
- Cu \leftrightarrow Al ?

Überlastung der Leitung



Thermische Überlastung der PVC-Isolierung

Leitererwärmung Überstromschutz

Überstromschutz

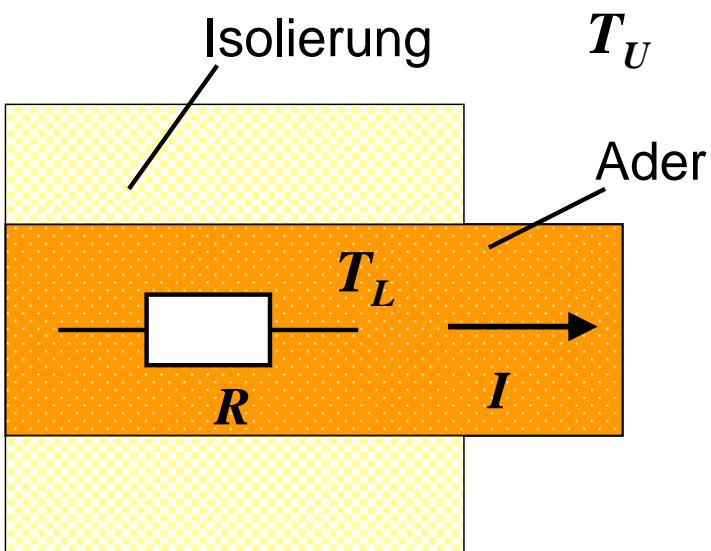
Überlastschutz

Schutz von Kabeln und Leitungen sowie Anlagenteilen gegen zu hohe Erwärmung bei betriebsmäßiger Überlast in einem fehlerfreien Stromkreis durch verzögerte Abschaltung

Kurzschlusschutz

Schutz von Kabeln und Leitungen sowie Anlagenteilen gegen die Auswirkungen eines vollkommenen Kurzschlusses zwischen Leitern mit unterschiedlichem Potential durch strombegrenzende Abschaltung

Leitererwärmung



Leiter als Verlustwärmeerzeuger:

elektrischer Widerstand des Leiters:

$$R = \frac{I \cdot \rho}{A}$$

ρ = spezifischer Cu-Widerstand,
→ temperaturabhängig

Wärmeleistung:

$$P = I^2 \cdot R$$

Wärmemenge in der Zeit t:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

Beispiel:

I	T_U	$T_L - T_U$	T_L
10 A	20°C	20 K	40°C
20 A	20°C	80 K !	100°C
30 A	20°C	180 K !!	200°C

Leitererwärmung Überlastschutz nach DIN VDE 0100-430

Auswahl des Bemessungsstroms (früher: Nennstroms) der Überstrom-Schutzeinrichtung nach DIN VDE 0100-430:

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

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

I_n = Bemessungsstrom der Überstrom-Schutzeinrichtung

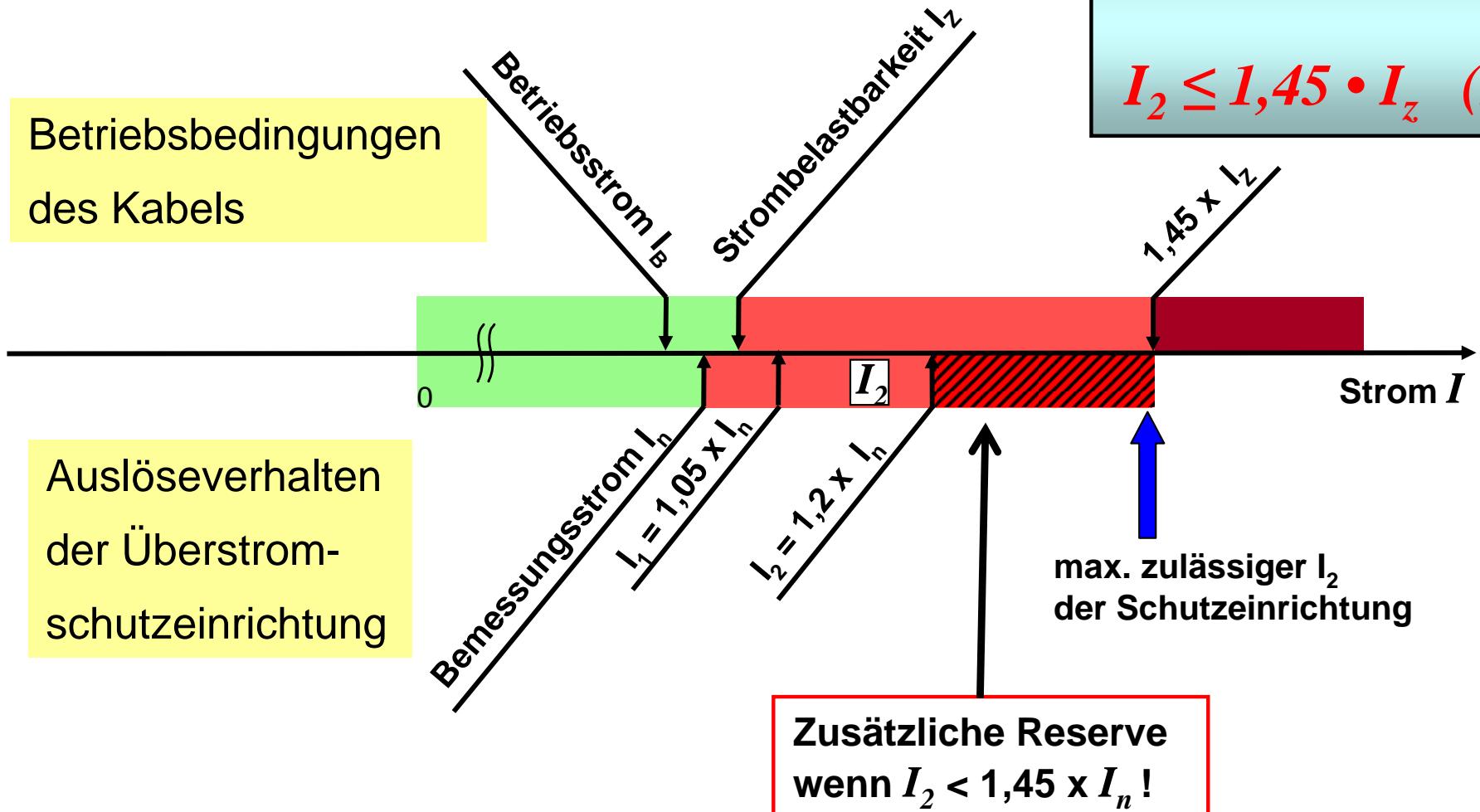
I_b = Betriebsstrom des Stromkreises

I_z = zulässige Strombelastbarkeit von Kabel/Leitung

I_2 = thermischer Auslösestrom der Überstrom-Schutzeinrichtung

- *der Schutz ist in bestimmten Fällen nicht sichergestellt, wenn z. B. lang andauernde Überströme kleiner als I_2 auftreten*
- *in solchen Fällen sollte die Auswahl eines Kabels/einer Leitung mit größerem Querschnitt geprüft werden (oder ein kleinerer Bemessungsstrom der Schutzeinrichtung ausgewählt werden)*

Leitererwärmung Überlastschutz nach DIN VDE 0100-430



Leitererwärmung Strombelastbarkeit

die Strombelastbarkeit I_z eines Leiters

- wird bestimmt durch
 - den Leiterwiderstand pro Längeneinheit
 - Leitermaterial
 - Leiterquerschnitt
 - die maximale Temperaturbelastbarkeit der Leiterisolierung (**Material**)
 - die Umgebungstemperatur
 - die Wärmeabgabe an die Umgebung (**Verlegeart**)
 - eine gegenseitige Beeinflussung mehrerer Leiter (**Anzahl belasteter Adern, Leiterhäufung**)
- ist eine Kenngröße bei der Auswahl von Überstrom-Schutzeinrichtungen

NEU 2010-10

Zulässige Strombelastbarkeit, Schutz bei Überlast,
maximal zulässige Leitungslängen zur Einhaltung des maximal zulässigen
Spannungsfalls und der Abschaltbedingungen

- enthält Informationen zu DIN VDE 0100-520, trifft aber keine zusätzlichen Festlegungen
- gibt Hinweise
 - für die Ermittlung der zulässigen Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen
 - für den Schutz bei Überlast von Kabeln und Leitungen
 - für die Ermittlung von maximalen Kabel- und Leitungslängen unter Berücksichtigung
 - des maximal zulässigen Spannungsfalls im Normalbetrieb
 - der automatischen Abschaltung der Stromversorgung zum Schutz gegen elektrischen Schlag

Leitererwärmung – Strombelastbarkeit

DIN VDE 0100-520 Beiblatt 2

- Tabelle 1 zeigt mit der Neuveröffentlichung in 2010-10 jetzt direkt den Bemessungsstrom der Schutzeinrichtung
- die Tabelle 1 gilt für:
 - Betriebsart: Dauerbetrieb
 - Leitermaterial: Cu
 - Querschnitte von 1.5 mm² - 120 mm²
 - max. Dauerbetriebstemperatur: 70°C (PVC-Isolierung)
 - Umgebungstemperatur: 25°C (gilt für DE insbesondere bei Wohngebäuden und ähnlichen Nutzungseinheiten) bzw. 20°C bei Verlegung in Erde
 - 2 oder 3 gleichzeitig stromführende Adern/Leitungen
 - Einzelverlegung

Leitererwärmung – Strombelastbarkeit / max. I_n

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Kennziffer der Verlegeart ¹⁾	1	2, 3	4	6, 7, 0, 13, 50, 52, 54, 55, 56	59	5	8, 9, 11, 14, 51, 53	60	20, 30	57, 58	21, 22	–	70, 71	72,73
Verlegeart ²⁾														
Verlegung in wärmegedämmten Wänden, z. B. in Hohlwänden, die mit Mineralwolle, Styropor o. dgl. ausgefüllt sind	Aderleitungen oder einadrigie Kabel/Mantelleitungen in Elektroinstallationsröhren oder -kanälen	mehradrige Kabel/Mantelleitungen	Verlegung in Elektroinstallationsröhren oder -kanälen auf oder in Wänden bzw. abgehängt, in Kanälen für Unterflurverlegung, Kabelkanälen			Direkte Verlegung auf oder in Wänden, unter Decken oder in ungelochten Kabelwannen			Stegleitungen im o. unter Putz		Verlegung von ein- und mehradrigen Kabeln in Erde			
Referenz-verlegeart ³⁾	A1		A2		B1		B2		C		D			
Anzahl der gleichzeitig belasteten Adern	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
Leiternennquerschnitt in mm ²	Maximal zulässiger Bemessungsstrom I_n einer Überstrom-Schutzeinrichtung in A													
1,5	16	13	16	13	16	16	16	16	20	16	16	13	20	16
2,5	20	16	16	16	25	20	20	20	25	25	25	20	25	20
4	25	25	25	20	32	25	32	25	35	35	35	25	35	25
6	35	32	32	25	40	35	40	35	40	40	40	32	40	40
10	40	40	40	40	50	50	50	50	63	63	50	40	63	50
16	63	50	50	50	80	63	63	63	80	80	63	50	80	63
25	80	63	80	63	100	80	80	80	100	100	80	63	100	80
35	100	80	80	80	125	100	100	100	125	125	100	80	100	100
50	125	100	100	100	160	125	125	125	160	125	125	100	125	125

- PVC-isolierte Cu-Kabel/ Leitungen bei fester Verlegung in oder an Bauwerken, $T_U = 25^\circ\text{C}$
- PVC-isolierte Kabel bei Verlegung in Erde, $T_U = 20^\circ\text{C}$
- Betriebstemperatur am Leiter 70°C (z. B. NYM)

Leitererwärmung – Strombelastbarkeit

Schutz bei Überlast – Reduktionsfaktoren für I_z

- bei abweichenden Bedingungen sind die I_z -Werte nach DIN VDE 0298-4 anzuwenden - mit entsprechenden Umrechnungsfaktoren für:
 - abweichende Umgebungstemperaturen
 - höhere Wärmebeständigkeit von Kabel / Leitung
 - Häufung bei der Verlegung
 - höhere Anzahl von belasteten Adern bei vieladrigen Kabeln und Leitungen
 - aufgewickelte Leitungen (Leitungsroller)
- ggf. sind mehrere Faktoren anzuwenden, wobei die einzelnen Faktoren miteinander zu multiplizieren sind

Leitererwärmung – Strombelastbarkeit

Umrechnungsfaktoren nach DIN VDE 0298-4

- Umgebungstemperaturen abweichend von 30 °C für die Strombelastbarkeiten von Kabeln und Leitungen in Luft

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Umgebungs-temperatur °C	Zulässige bzw. empfohlene Betriebstemperatur am Leiter						Mineralisierte Kabel und Leitungen mit zulässiger Manteltemperatur ¹⁾		
	40 °C	60 °C	70 °C	80 °C	85 °C	90 °C	70 °C	105 °C	
Umrechnungsfaktoren, anzuwenden auf die Belastbarkeitsangaben									
in den Tabellen 3, 4, 5, 6, 11, 13, 15 und 16								in den Tabellen 7 und 8	
10	1,73	1,29	1,22	1,18	1,17	1,15	1,26	1,14	
15	1,58	1,22	1,17	1,14	1,13	1,12	1,20	1,11	
20	1,41	1,15	1,12	1,10	1,09	1,08	1,14	1,07	
25	1,22	1,08	1,06	1,05	1,04	1,04	1,07	1,04	
30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
35	0,71	0,91	0,94	0,95	0,95	0,96	0,93	0,96	
40	–	0,82	0,87	0,89	0,90	0,91	0,85	0,92	
45	–	0,71	0,79	0,84	0,85	0,87	0,77	0,88	
50	–	0,58	0,71	0,77	–	0,82	0,67	0,84	

Leitererwärmung – Strombelastbarkeit

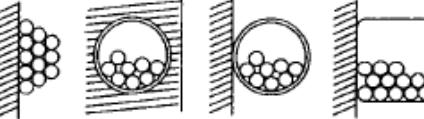
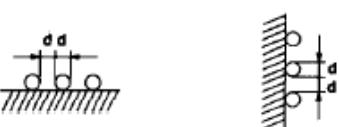
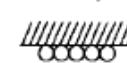
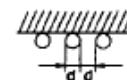
Umrechnungsfaktoren nach DIN VDE 0298-4

- für abweichende Umgebungstemperaturen für wärmebeständige Leitungen
- für Umgebungstemperaturen abweichend von 20 °C für die Strombelastbarkeit von im Erdreich verlegten Kabeln
- bei spezifischem Wärmewiderstand des Erdbodens abweichend von 2,5 K•m/W für die Strombelastbarkeit von Kabeln und ummantelte Installationsleitungen, verlegt in Elektro-Installationsrohren oder Kabelschächten im Erdboden

Leitererwärmung – Strombelastbarkeit

Umrechnungsfaktoren nach DIN VDE 0298-4

- für Häufung:
auf der Wand,
im Rohr und Kanal,
auf dem Fußboden,
unter der Decke

	Anzahl der mehradrigen Kabel oder Leitungen oder Anzahl der Wechsel- oder Drehstromkreise aus einadrigen Kabeln oder Leitungen (2 bzw. 3 stromführende Leiter)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20
Verlegeanordnung	Umrechnungsfaktoren														
Gebündelt direkt auf der Wand, auf dem Fußboden, im Elektro-Installationsrohr oder -kanal, auf oder in der Wand	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,48	0,45	0,43	0,41	0,39	0,38
															
Einlagig auf der Wand oder auf dem Fußboden, mit Berührung	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
															
Einlagig auf der Wand oder auf dem Fußboden, mit Zwischenraum gleich dem Außen-durchmesser d	1,00	0,94	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
															
Einlagig unter der Decke, mit Berührung	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
															
Einlagig unter der Decke, mit Zwischenraum gleich dem Außendurchmesser d	0,95	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
															

Leitererwärmung – Strombelastbarkeit

Umrechnungsfaktoren nach DIN VDE 0298-4

- für Häufung
 - von mehradrigen Kabeln oder Leitungen auf Wannen und Pritschen,
 - von einadrigen Kabeln oder Leitungen auf Wannen und Pritschen,
 - von direkt im Erdboden verlegten Kabeln,
 - von Kabeln oder ummantelten Installationsleitungen in Elektro-Installationsrohren oder Kabelschächten im Erdboden,
- für vieladrige Kabel und Leitungen mit Leiternennquerschnitten bis 10 mm²,
- für aufgewickelte Leitungen.

Leitererwärmung

Kurzschlusschutz nach DIN VDE 0100-430

- für jede relevante Stelle der elektrischen Anlage muss der unbeeinflusste Kurzschlussstrom bestimmt werden (durch Berechnung oder Messung)
- grundsätzlich:
das Bemessungsausschaltvermögen einer Schutzeinrichtung darf nicht geringer sein als der zu erwartende maximale Kurzschlussstrom am Einbauort in der Anlage
- alle Ströme, hervorgerufen durch einen Kurzschluss an einem beliebigen Punkt des Stromkreises, müssen in einer Zeit unterbrochen werden, bei der die Isolierung der Leiter nicht die erlaubte Grenztemperatur überschreitet

Leitererwärmung Kurzschlusschutz nach DIN VDE 0100-430

Abschaltbedingung im Kurzschlussfall für Kurzschlüsse bis 5s Dauer:

zulässige Ausschaltzeit

$$t = (k \cdot S / I)^2$$

k Materialbeiwert der Isolierung

S Leiterquerschnitt

I Effektivwert des Kurzschlussstromes

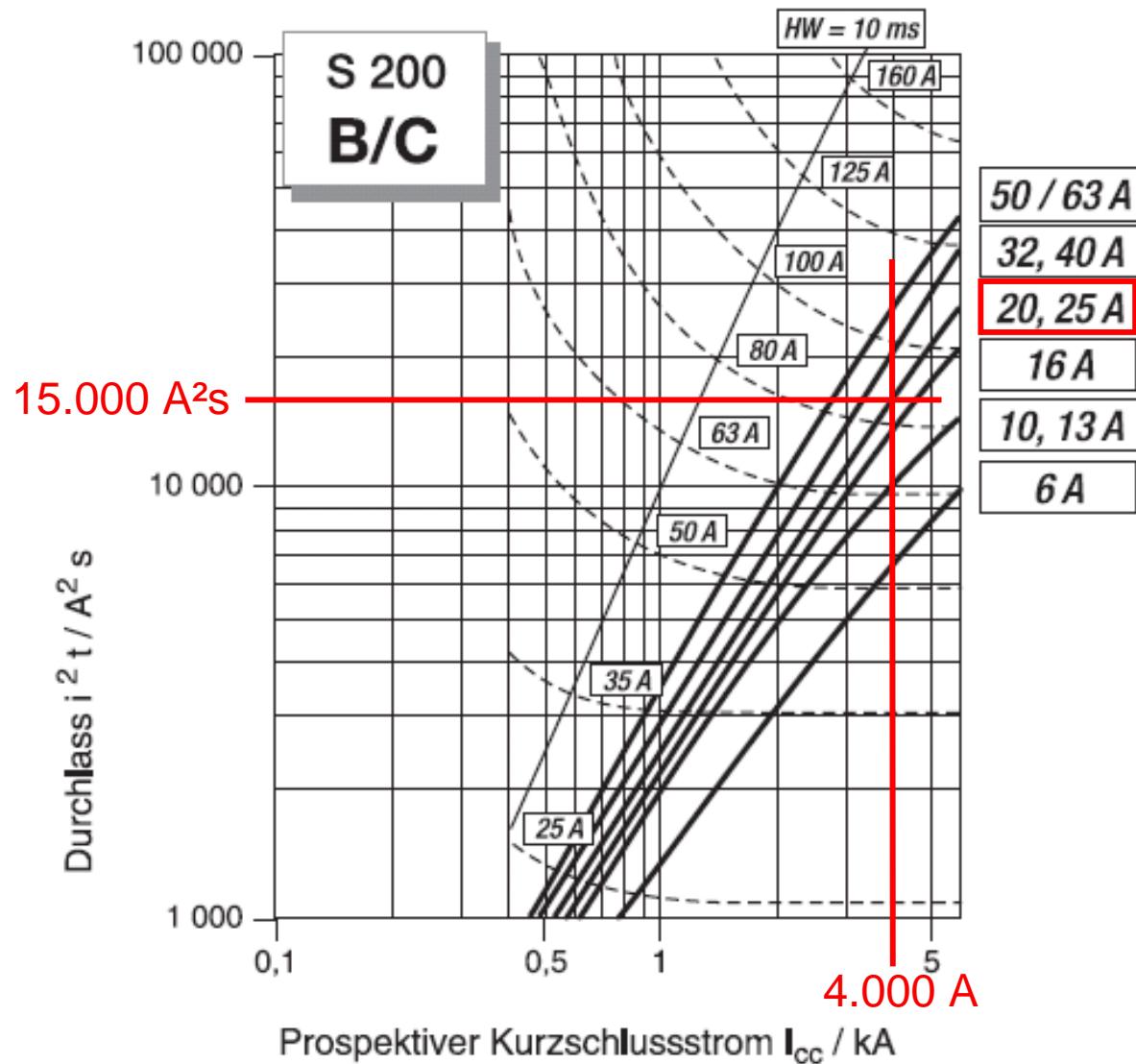
bei $t < 0,1\text{s}$ und bei Einsatz von strombegrenzenden Schutzeinrichtungen ist gefordert:

$$I^2 t < k^2 \cdot S^2$$

wobei der $I^2 t$ -Wert das sog. **Durchlassintegral** der Schutzeinrichtung lt. Herstellerangabe ist.

Leitererwärmung Kurzschlusschutz nach DIN VDE 0100-430

Sicherungsautomaten S 200 B/C



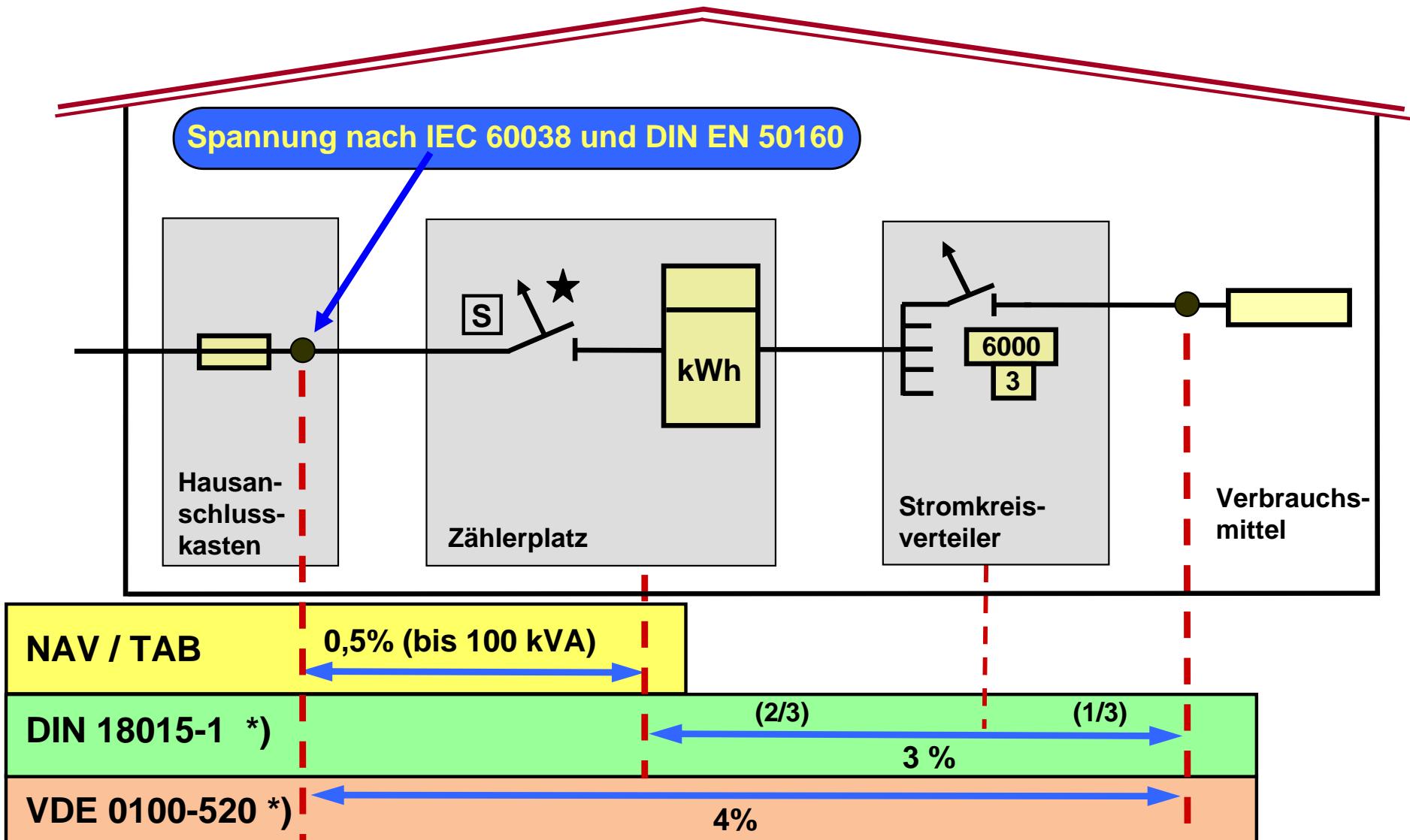
$$I^2 t < k^2 \cdot S^2$$

Maximal zulässige Leitungslänge

... hängt im wesentlichen ab von:

- dem **zulässigen Spannungsfall** zum sicheren Betrieb der angeschlossenen Betriebs- und Verbrauchsmittel
- der **Einhaltung von vorgegebenen Abschaltzeiten** für den Schutz gegen elektrischen Schlag sowie dem Schutz bei Kurzschluss

Zulässiger Spannungsfall in der Gebäudeinstallation



*) Empfehlungen

Zulässiger Spannungsfall DIN VDE 0100-520 Bbl. 2

Maximal zulässige Kabel- und Leitungslängen bei 3% Spannungsfall und
Leitertemperatur 30°C (**$U_n = 400V$, Drehstrom, 50 Hz**)

Betriebs- strom A	Maximal zulässige Kabel- und Leitungslänge I_{max} in m											
	Leiternennquerschnitt in mm ²											
1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	
6	92	150										
10	55	90	141									
16	34	56	88	132								
20	28	45	70	106								
25		36	56	85	142							
35			40	60	101	160						
40				53	89	140	220					
50					71	112	176	242				
63					56	89	140	192	257			
80						70	110	151	203	287		
100							88	121	162	229		
125								97	130	183	246	
160									101	143	192	234

Spannungsfall	Faktor
1 %	0,33
1,5 %	0,5
4 %	1,33
5 %	1,67
8 %	2,67
10 %	3,33

Tabelle 3 –
Umrechnungsfaktoren
für max. zulässige
Kabel- und Leitungs-
längen I_{max} bei von
3% abweichenden
Spannungsfällen

VDE 0100-520 Bbl. 2, Tabelle 2 (Auszug)

Umrechnungsfaktoren für andere Spannungsfälle siehe Tabelle 3

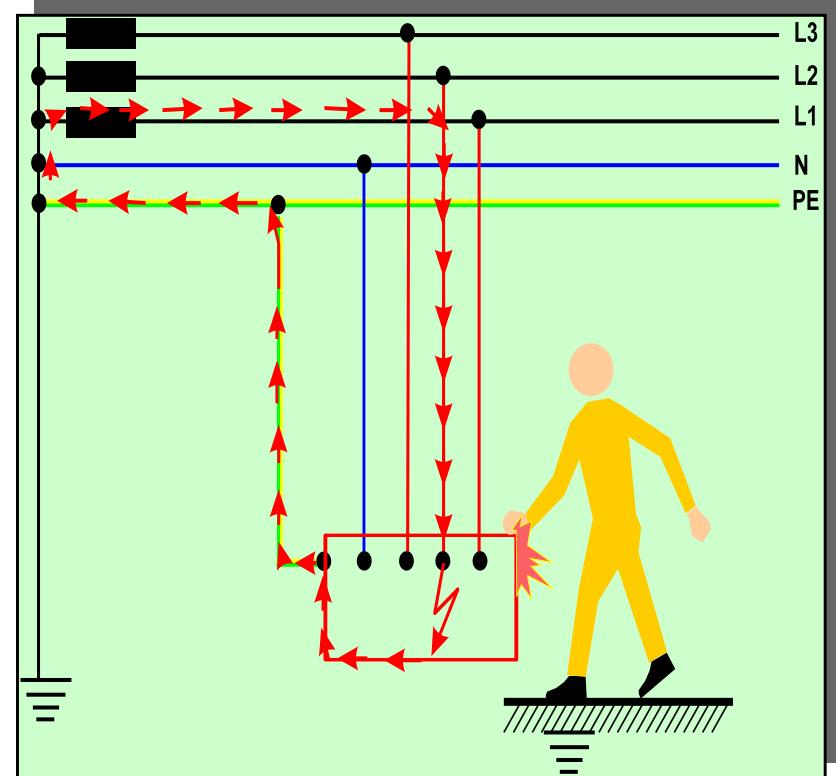
In Einphasen-Wechselstromkreisen gelten jeweils die halben Werte !

Abschaltzeiten DIN VDE 0100-410

Schutz gegen elektrischen Schlag - Schutz durch automatische Abschaltung

Schutzziel

Zum Fehlerschutz (Schutz gegen elektrischen Schlag unter Fehlerbedingungen, Schutz bei indirektem Berühren) sind Maßnahmen vorzusehen, die keine unzulässigen Berührungsspannungen dauerhaft auftreten lassen. Bei Schutz durch automatische Abschaltung sind die Abschaltbedingungen gemäß DIN VDE 0100-410 einzuhalten.



Abschaltzeiten

DIN VDE 0100-410

Schutz durch automatische Abschaltung

- Kabel, Leitungen und Schutzeinrichtungen sind so auszuwählen, dass bei einem Fehler mit vernachlässigbarer Impedanz der betroffene Stromkreis innerhalb der vorgegebenen Abschaltzeiten abgeschaltet wird:
 - für alle Endstromkreise mit Nennstrom bis 32A @ $U_0=230V$ AC:
 - 0,4s im TN-System
 - 0,2s im TT-System
 - für Verteilungsstromkreise sowie Endstromkreise > 32A
 - 5s im TN-System
 - 1s im TT-System

Abschaltzeiten

DIN VDE 0100-410

Schutz durch automatische Abschaltung

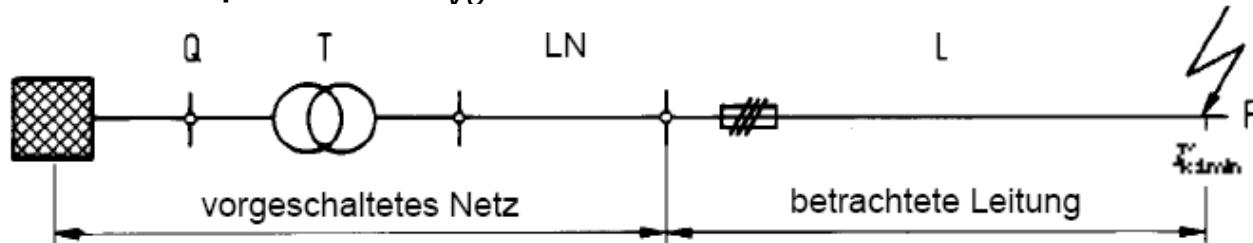
- geeignete Schutzgeräte für die automatische Abschaltung sind:
 - Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs)
 - Überstrom-Schutzeinrichtungen
- die Abschaltung kann durch Überstrom-Schutzeinrichtungen erfolgen, wenn im Fehlerfall der für die Abschaltung in der geforderten Zeit erforderliche Strom zum Fließen kommt - dieses ist bei ausreichend geringen Erdungswiderständen (z. B. im TN-System) der Fall
- bei Schutz durch Überstrom-Schutzeinrichtungen dürfen maximal zulässige Kabel- und Leitungslängen nicht überschritten werden

Abschaltzeiten

DIN VDE 0100-520 Bbl. 2

Die maximal zulässigen Leitungslängen nach Tab. 4 berücksichtigen:

- eine Vorimpedanz Z_{V0} von $300 \text{ m}\Omega$,



- eine untere Netzspannung von $0,95 \times U_0$
- eine Ausgangstemperatur des Leiters von 80°C ,
- eine max. zul. KurzschlussTemperatur des Leiters von 160°C (z. B. PVC)

Der mindestens erforderliche Abschaltstrom I_{erf} ergibt sich

- bei einer Schmelzsicherung aus der Strom-/Zeit-Kennlinie für die Auslösezeiten 0,4s und 5s,
- bei einem Leitungsschutzschalter aus dem Strom, der zu einer unverzögerten Abschaltung ($< 0,1\text{s}$) führt.

Abschaltzeiten

DIN VDE 0100-520 Bbl. 2

Max. zulässige Leitungslängen – Vorimpedanz 300 mΩ

Auszug aus
Tabelle 4,
modifiziert

Leiternennquerschnitt mm ²	Bemessungsstrom der Überstrom-Schutzeinrichtung I_n A	Sicherungseinsatz nach DIN EN 60269-1 (VDE 0636-1) der Betriebsklasse gG						Leitungsschutzschalter nach DIN EN 60898-1 (VDE 0641-11) und DIN EN 60898-2 (VDE 0641-12) $t_a = 0,4 \text{ s}; t_a = 5 \text{ s}$						f_l m 10 mΩ
		$t_a = 5 \text{ s}$			$t_a = 0,4 \text{ s}$			Typ B			Typ Z			
		I_{erf}	Z_s	l_{\max}	I_{erf}	Z_s	l_{\max}	I_{erf}	Z_s	l_{\max}	I_{erf}	Z_s	l_{\max}	
6	16	65	3,54	411	107	2,15	235	80	2,88	327	48	4,80	570	1,22
	20	85	2,71	306	145	1,59	164	100	2,30	254	60	3,83	448	
	25	110	2,09	228	180	1,28	125	125	1,84	196	75	3,07	352	
	35	173	1,33	131	295	0,78	61	175	1,31	129	105	2,18	240	
	40	190	1,21	116	310	0,74	56	200	1,15	109	120	1,92	208	
10	25	110	2,09	381	180	1,28	208	125	1,84	328	75	3,07	590	2,11
	35	173	1,33	219	295	0,78	102	175	1,31	216	105	2,18	402	
	40	190	1,21	194	310	0,74	94	200	1,15	181	120	1,92	345	
	50	260	0,88	125	460	0,50	41	250	0,92	132	150	1,53	262	
	63	320	0,72	89	550	0,42	23	315	0,73	91	189	1,22	195	
16	35	173	1,33	347	295	0,78	161	175	1,31	342	105	2,18	636	3,54
	40	190	1,21	307	310	0,74	148	200	1,15	286	120	1,92	545	
	50	260	0,88	197	460	0,50	65	250	0,92	209	150	1,53	414	
	63	320	0,72	140	550	0,42	37	315	0,73	144	189	1,22	308	
	80	440	0,52	73										

Leitungsschutzschalter der Charakteristik B oder (noch mehr) Z erlauben größere Leitungslängen als Sicherungen beim Schutz durch automatische Abschaltung

Abschaltzeiten

DIN VDE 0100-520 Bl. 2

Max. zulässige Leitungslänge / Abschaltbedingungen

Umrechnung bei abweichendem Wert der Vorimpedanz Z_v mit Hilfe des Längenkorrekturfaktors f_l :

$$\Delta l = (Z_{v0} - Z_v) \cdot f_l$$

mit $Z_{v0} = 300 \text{ m}\Omega$

Beispiel:

Leiterquerschnitt 10 mm^2

Vorimpedanz $Z_v = 500 \text{ m}\Omega$ (statt $300 \text{ m}\Omega$)

$$\Delta l = (Z_{v0} - Z_v) \cdot f_l = (300 - 500) \text{ m}\Omega \times 2,11 \text{ m}/10 \text{ m}\Omega = -42,2 \text{ m}$$

Die gemäß Tab. 4 ermittelten Längen für 10mm^2 sind um 42 m zu reduzieren.

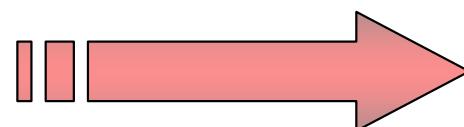
Weitere Informationen

- DIN VDE 0100 Beiblatt 5

Maximal zulässige Längen von Kabeln und Leitungen unter Berücksichtigung des Schutzes bei indirektem Berühren, des Schutzes bei Kurzschluss und des Spannungsfalls

- Broschüre ABB:

- Internet: www.abb.de
- nach „Kabel- und Leitungsschutz“ suchen



Technische Information

Kabel- und Leitungsdimensionierung und Auswahl von Überstrom-Schutzeinrichtungen

Bei der Auslegung von Kabel- und Leitungsanlagen sind Anforderungen zu berücksichtigen, die den sicheren Betrieb und den Schutz im Fehlerfall ermöglichen.

Ziel ist, gegen thermische Überbeanspruchung sowohl im Überlastfall, als auch im Kurzschlussfall zu schützen und Kabel/Leitungen so auszulegen, dass die im Betrieb zu erwartenden Einflüsse keine unzulässigen Auswirkungen verursachen.

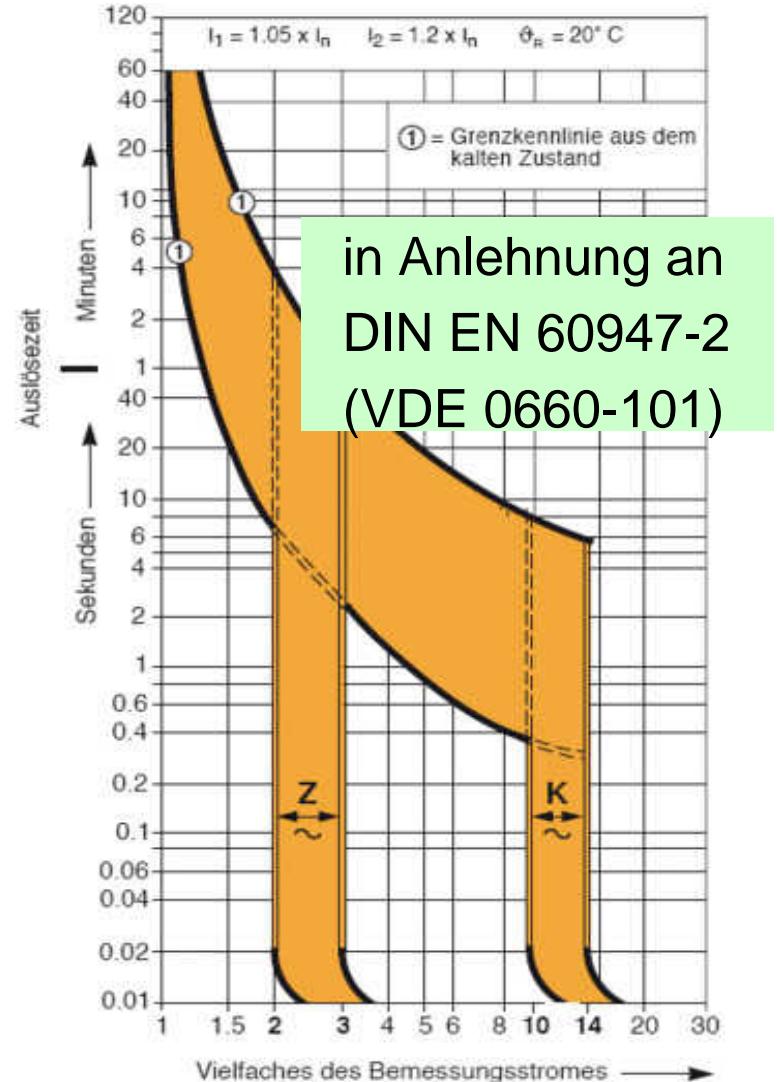
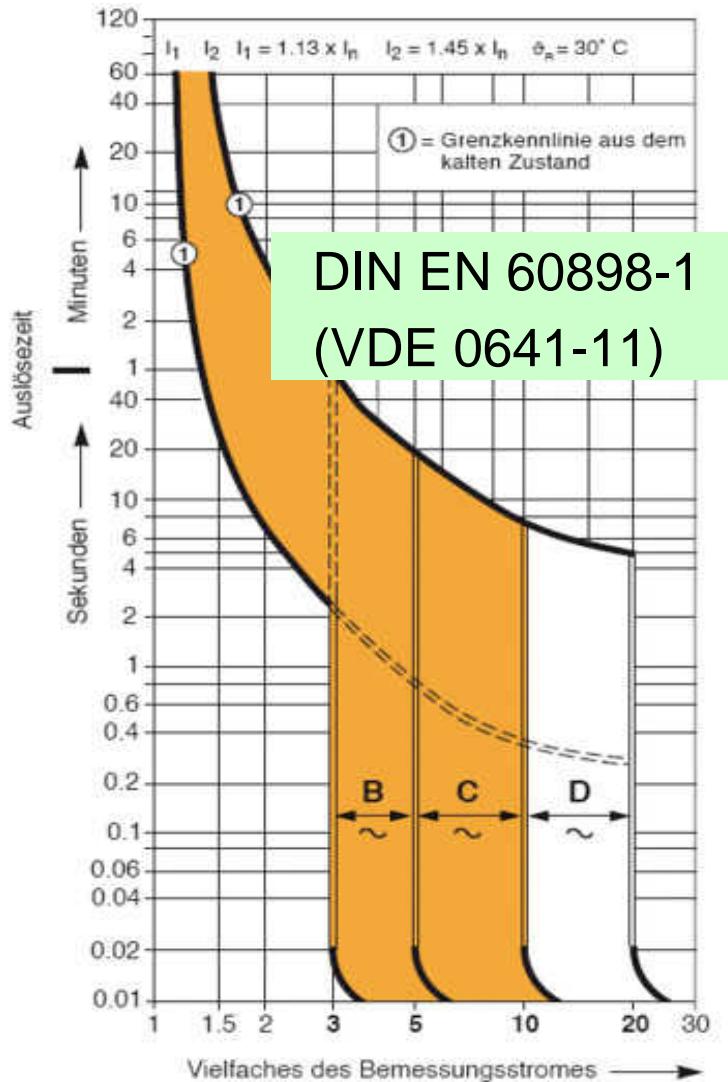
Die in dieser Broschüre zusammengestellten Unterlagen basieren auf den Anforderungen aus DIN VDE 0100. Sie spiegeln den Stand von Mitte 2009 wider, können aber im Einzelfall das Lesen der entsprechenden Normen bzw. Normenteile nicht ersetzen. Die Auslegung von Kabel- und Leitungsanlagen bzgl. der Strombelastbarkeit für die Anwendung in und an Gebäuden erfolgt üblicherweise nach DIN VDE 0298-4 (Geltungsbereich beachten), wobei die Anforderungen im Zusammenhang mit der Ausrüstung von Maschinen in DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1) aufgeführt sind.



Power and productivity
for a better world™ **ABB**

Überstrom-Schutzeinrichtungen

Typische Auslösekennlinien von Leitungsschutzschaltern



Überstrom-Schutzeinrichtungen

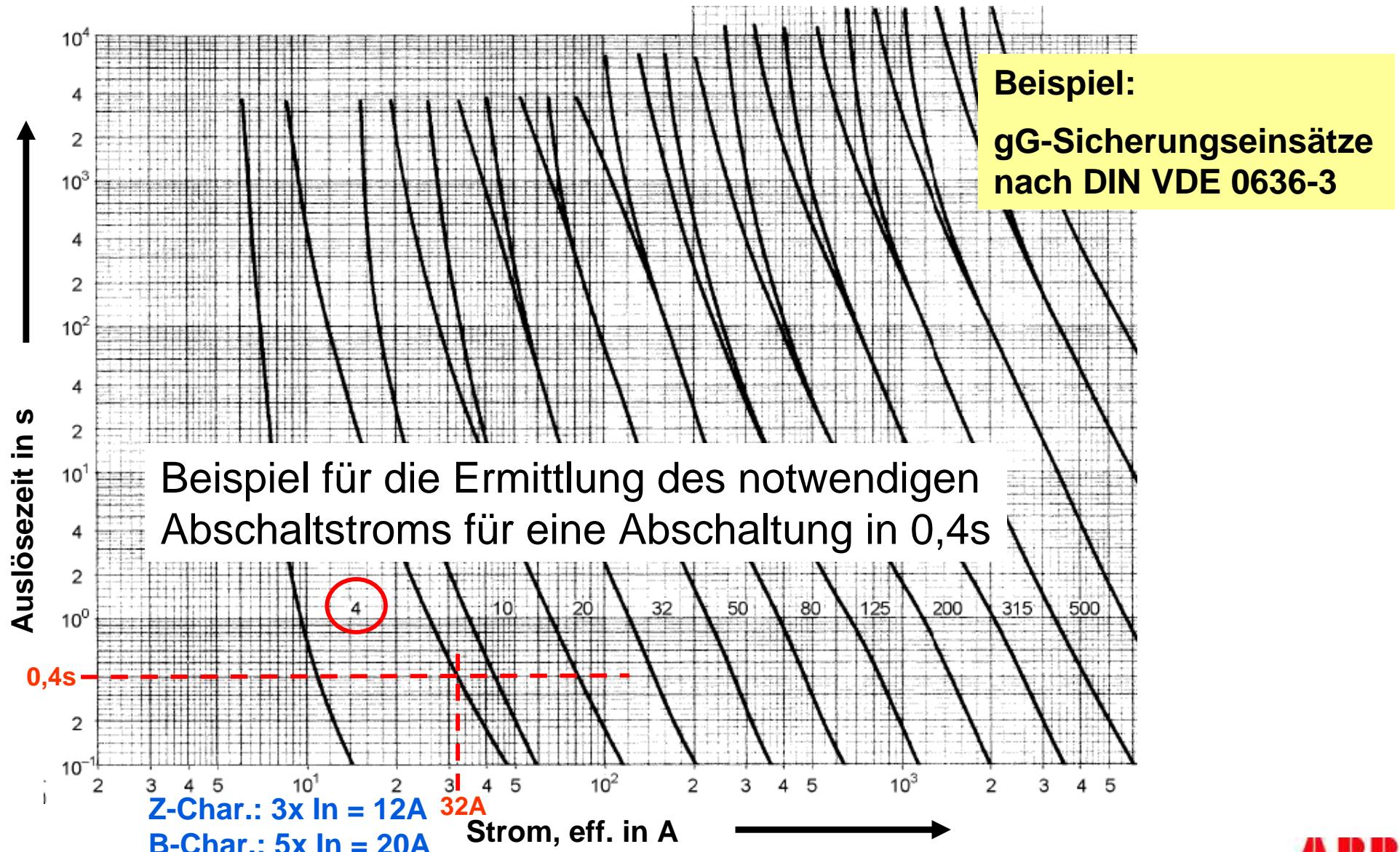
Typische Auslösebedingungen von Leitungsschutzschaltern für AC

Auslösecharakteristik		B	C	D		K	Z
Norm	DIN EN 60898-1 (VDE 0641-11)				in Anlehnung an DIN EN 60947-2 (VDE 0660-101)		
Zeit-Strom-Kennlinie	Zeiten		$\times I_n$ (30°C)		Zeiten	$\times I_n$ (20°C)	
Nicht-Auslösen	1h für $I_n \leq 63A$ 2h für $I_n > 63A$		1,13		1h für $I_n \leq 63A$	1,05	
Auslösen	1...60s für $I_n \leq 32A$ 1...120s für $I_n > 32A$		1,45			1,2	
Sofort-Auslösung (magn.)	Zeiten		$\times I_n$		Zeiten	$\times I_n$	
Nicht-Auslösen	0,1s		3	5	10	0,2s	10 2
Auslösen	0,1s		5	10	20	0,2s	14 3

Für abweichende Umgebungstemperaturen gelten Korrekturfaktoren (Derating)!

Überstrom-Schutzeinrichtungen

Zulässiger Toleranzbereich für Schmelz- und Ausschaltzeiten bei Sicherungen





- Anwendungsbereich
- Allgemeine Anforderungen
- Anforderungen entsprechend der Art der Stromkreise
(Außenleiter, Neutralleiter)
- Art der Schutzeinrichtungen
- Schutz bei Überlastströmen
- Schutz bei Kurzschlussströmen
- Koordination des Schutzes bei Überlast und Kurzschluss
- Überstrombegrenzung durch die Art der Stromquelle
- informative Anhänge
 - A: zum Schutz von parallel geschalteten Leitern
 - NA: mit einer Gegenüberstellung alte/neue Struktur

DIN VDE 0100-430:2010-10

Oberschwingungen

- in mehrphasigen Stromkreisen mit 1-phasigen elektronischen Verbrauchern können in den Außenleitern Ströme mit Oberschwingungsanteilen auftreten
- Oberschwingungsströme mit durch 3 teilbarer Ordnungen addieren sich dabei linear im Neutralleiter statt sich gegenseitig auszulöschen, wie es bei der Grundschwingung und bei anderen Oberschwingungsströmen der Fall ist
→ Neutralleiterströme, die deutlich höher sind als die zugehörigen Außenleiterströme (typisch bis zu 170% des Außenleiterstroms)
- wenn der Anteil der **Oberschwingungen** in Außenleitern so groß wird, dass eine N-Überlastung erwartet werden kann, ist eine Überlasterfassung im N erforderlich (Abschaltung des/der Außenleiter(s) genügt)

weitere Infos:

- DIN VDE 0298-4 Anhang B
- Leitfaden Netzqualität – 3.5.1 Oberschwingungen - Auslegung des Neutralleiters in oberschwingungsreichen Anlagen, Deutsches Kupferinstitut

DIN VDE 0100-430:2010-10

Parallel geschaltete Leiter

- wenn eine einzelne Schutzeinrichtung mehrere parallel geschaltete Leiter **bei Überlast** schützt, dürfen weder Abzweige noch Schalt- bzw. Trenneinrichtungen in den parallel geschalteten Leitern vorhanden sein,
- wenn die Stromaufteilung ungleichmäßig ist, müssen der Betriebsstrom I_B und die Anforderungen für den Überlastschutz für jeden Leiter getrennt betrachtet werden
- gleichmäßige Aufteilung kann angenommen werden, wenn die Leiter
 - aus demselben Werkstoff sind,
 - denselben Nennquerschnitt, etwa die gleiche Länge und keine Verzweigungen auf der gesamten Stromkreislänge aufweisen und
 - die parallel geschalteten Leiter in mehradrigen oder verseilten einadrigen Kabeln oder Leitungen enthalten sind
- ungleiche Stromaufteilung wird angenommen, wenn die Differenz zwischen den einzelnen Strömen mehr als 10 % des Betriebsstroms für jeden Leiter beträgt

Parallel geschaltete Leiter

- für den Schutz **bei Kurzschluss** ist eine einzelne Schutzeinrichtung zulässig, wenn das Auslöseverhalten dieser Einrichtung ein wirksames Ansprechen sicherstellt, wenn ein Fehler an der kritischsten Stelle in einem der parallel geschalteten Leiter auftritt

- die Aufteilung der Kurzschlussströme zwischen den parallel geschalteten Leitern muss betrachtet werden
- ACHTUNG: ein Fehler in einem Leiter kann über mehrere Strompfade gespeist werden

Anhang A

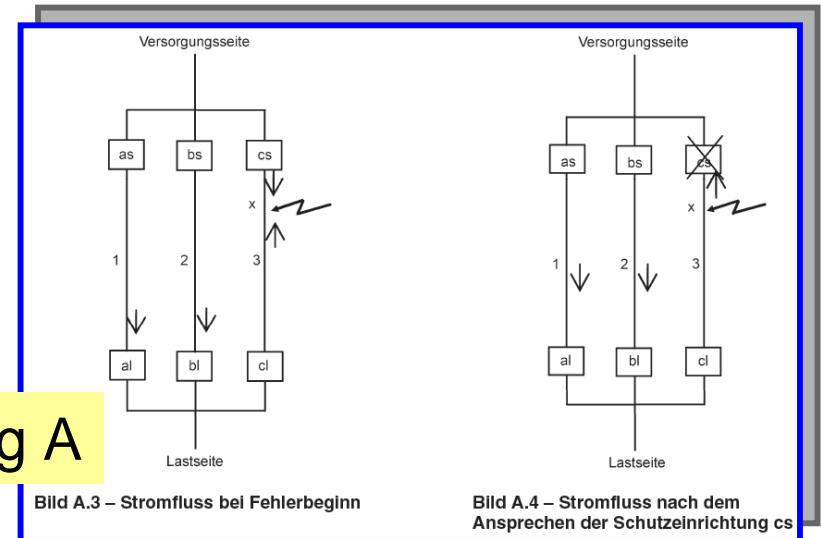


Bild A.3 – Stromfluss bei Fehlerbeginn

Bild A.4 – Stromfluss nach dem Ansprechen der Schutzeinrichtung cs

- für zwei parallel geschaltete Leiter ggf. am Anfang jedes Leiters eine Schutzeinrichtung zum Schutz bei Kurzschluss vorsehen
- für mehr als zwei parallel geschaltete Leiter am Anfang und am Ende eines jeden Leiters Einrichtungen zum Kurzschlusschutz vorsehen

DIN VDE 0100-430:2010-10

Kabel mit/ohne Schutzleiter

DIN VDE 0100-410:2007-06 fordert in

- 411 Schutzmaßnahme: Automatische Abschaltung der Stromversorgung:

Für jeden Stromkreis muss ein Schutzleiter vorhanden sein, der durch Anschluss an die diesem Stromkreis zugeordnete Erdungsklemme oder Erdungsschiene geerdet ist.

- 412 Schutzmaßnahme: Doppelte oder verstärkte Isolierung:

Für einen Stromkreis, der Betriebsmittel der Schutzklasse II versorgt, muss ein Schutzleiter in der gesamten Leitungsanlage durchgehend leitend mitgeführt und in jedem Installationsgerät an eine Klemme angeschlossen werden, es sei denn, die Anforderungen nach 412.1.3 sind erfüllt.

ANMERKUNG Mit dieser Anforderung ist beabsichtigt, das Ersetzen von Schutzklasse-II-Betriebsmitteln durch Schutzklasse-I-Betriebsmittel durch den Benutzer zu berücksichtigen.

Kupfer ↔ Aluminium

- Aluminium ist nicht so duktil wie Kupfer. Die Enden von steifen Drähten, z. B. in UP-Dosen und an Wandauslässen, brechen nach mehrmaligem Hin- und Herbiegen ab.
- Problematisch wird es, wenn das Drahtende im Inneren der Isolierhülle ganz kurz vor dem Abbrechen steht und in diesem Zustand weiter betrieben wird.
- Der Fehler bleibt so lange unbemerkt, bis die Leitung einmal mit einem nennenswerten Strom (in der Nähe des Nennstroms) betrieben wird, was Jahre dauern kann.
- Dann schmilzt die Engstelle durch, was wiederum wegen des niedrigeren Schmelzpunktes und der niedrigeren Wärmeleitfähigkeit von Aluminium wesentlich leichter vorkommen kann als bei Kupfer, ganz abgesehen von der Neigung zur Bildung solcher Einschnürungen, und es bildet sich ein Lichtbogen, was akute Brandgefahr bedeutet.

Quelle: Deutsches Kupferinstitut

Kupfer ↔ Aluminium

- Aluminium überzieht sich an der Luft sehr schnell mit einer harten, widerstandsfähigen Oxidschicht, die nicht elektrisch leitet und daher das Kontaktieren erschwert. Es können Übergangswiderstände auftreten, die wiederum mit Brandrisiko enden können.
- Aluminium neigt zum Langzeitfließen. Der Werkstoff gibt bei starkem Druck mit der Zeit nach. So können zunächst feste Anschlüsse sich allmählich lockern.
- Nach VDE 0100-520 sind Alu-Leiter erst ab 16mm² Querschnitt erlaubt.
- Schraub-, Klemm- oder schraubenlose federbehaftete Verbinder zum Anschluss von Aluminiumleitern müssen für diesen Werkstoff auch geprüft und zugelassen sein.

Quelle: Deutsches Kupferinstitut

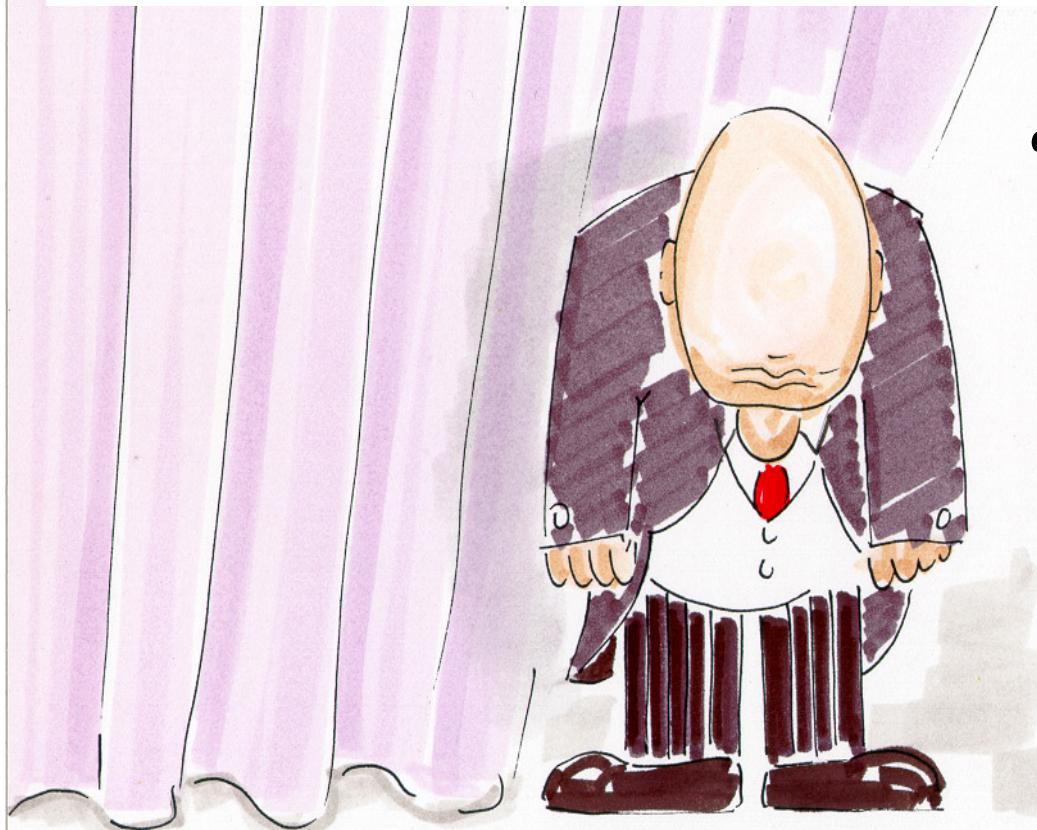
Kupfer ↔ Aluminium

- Aluminium ist ein Leichtmetall mit nur etwa 35% der Dichte von Kupfer.
- Der (Tages-)Preis (nach Gewicht) liegt geringfügig bis erheblich unter dem für Kupfer.
- Die Kosten für den Leiterwerkstoff bei der Herstellung elektrischer Leiter / Leitungen summieren sich so bei Kupfer auf das Dreifache der Kosten bei einer äquivalenten Aluminium-Leitung.

Quelle: Deutsches Kupferinstitut

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit...

... und
auf Wiedersehen !



Power and productivity
for a better world™

