

## Belegsatz

IT-System-Elektroniker  
IT-System-Elektronikerin  
1205

# 2

## Anbindung von Geräten, Systemen und Betriebsmitteln an die Stromversorgung

### Teil 2 der Abschlussprüfung

### Inhalt

Datenblätter	2
UAMG 30424 Modul-Gehäuse	2
Lithium-Mangan Cell Specification	2
Akkumulator Technologie-Übersicht	3
Leitungstypen	4
Formeln	4
Reihenschaltung von Spannungsquellen	6
Parallelschaltung von Spannungsquellen	6
Wichtige elektrische Größen für Akkumulatoren	6
Leistung bei induktiver Last	7
Leistung bei symmetrischer Last	7
Formeln zur Berechnung des Spannungsfalls	7
Zulässiger Spannungsfall	7
Spezifischer Widerstand und Leitfähigkeit	7
Maximale Abschaltzeiten im TN System nach DIN VDE 0100, Teil 410	7
Schleifenimpedanz	8
Schleifenimpedanz und Abschaltbedingung	8
Zuordnung von Überstrom- Schutzeinrichtungen zu den Nennquerschnitten	8
Bemessungsströme I <sub>N</sub> von LS-Schaltern in A	8
Überschlägige Berechnung von Leiterwiderständen	8
Tabellen	9
Verlegearten und Strombelastbarkeit	9
Strombelastbarkeit von Kabeln und isolierten Leitungen	10
Auslösekennlinien von Überstromschutzeinrichtungen	12
Stromwirkung auf den Menschen	13
Maximale Ladeleistung der Anschlusspunkte	13
Schutzart elektrischer Betriebsmittel	14

## UAMG 30424 Modul-Gehäuse

UAMG 30424  
Universelles Akku-Modul-Gehäuse



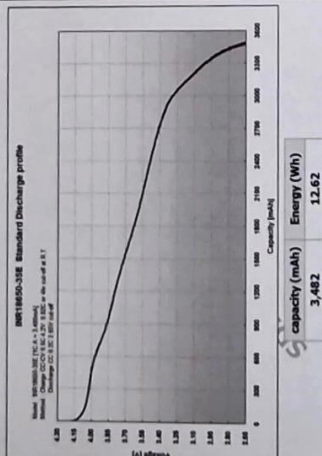
Li-Ion-Module	P24-10	P24-20	P36-10	P48-10
Modul-Kapazität	10.35 Ah	20.7 Ah	10.35 Ah	10.35 Ah
Länge	380 mm	380 mm	380 mm	380 mm
Breite	90 mm	90 mm	90 mm	90 mm
Höhe	185 mm	185 mm	185 mm	185 mm
Minimalspannung	18.5 Volt	18.5 Volt	26.5 Volt	37.1 Volt
Nennspannung	25.2 Volt	25.2 Volt	36.0 Volt	50.4 Volt
Maximalspannung	29.0 Volt	29.0 Volt	41.5 Volt	58.1 Volt
Dauerlast	10 A	20 A	12 A	10 A
Maximallast	24 A	48 A	24 A	24 A
Sicherung	25 A	50 A	25 A	25 A
Lade- / Entladezyklen	>1.000	>1.000	>1.000	>1.000
Gewicht	2.25 kg	3.9 kg	3.4 kg	3.9 kg

## Lithium-Mangan Cell Specification

INR18650-35E



		INR18650-35E
● Capacity (0.2C)	Typical	3450mAh
	Min.	3350mAh
● Nominal Voltage (0.2C)		3.60V
● Charging Method		CC-CV
● Charging Voltage		4.20V
● Charging Current	Max.	1500mA
● Discharging Cut-off Voltage		2.50V
● Discharging Current (Not for cycle)	Max.	8000mA
● Weight	Max.	50.0g
● Operating Temperature	Charge	0 ~ 45 °C
	Discharge	-10 ~ 60 °C
● Storage Temperature	1 Year	-20 ~ 25 °C
	3 Months	-20 ~ 45 °C
	1 Month	-20 ~ 60 °C



## Akkumulator Technologie-Übersicht










Abk.	Material	Spannung	Bemerkungen
	Aluminium-Ionen-Akkumulator		experimenteller Prototyp <sup>[5]</sup>
Pb	Bleiakumulator	2 V	
	Lithium-Akkumulatoren mit metallischem Lithium		sie zählen nicht zu der größeren und bekannteren Gruppe der Ionen-Akkumulatoren.
* LiCoO <sub>2</sub>	Lithium-Cobaltoxid-Akkumulator	3.6 V	erste verfügbare Technologie
** LiFePO <sub>4</sub>	Lithium-Eisen-Phosphat-Akkumulator		Yttrium-Dotierung zur Verbesserung der Eigenschaften <sup>[6]</sup>
* LiFePO <sub>4</sub>	Lithium-Eisenphosphat-Akkumulator	3.3 V	
Li-ion	Lithium-Ionen-Akkumulator	3.2–3.7 V	Oberbegriff für verschiedene Lithium-Ionen-Akkumulatortypen.
*	Lithium-Luft-Akkumulator		seit den 1970ern in Entwicklung
* Li-Mn	Lithium-Mangan-Akkumulator	3.6 V	
* Li(NiCoMn)O <sub>2</sub>	Lithium-Nickel-Cobalt-Mangan-Akkumulator	3.6–3.7 V	
* LiPo	Lithium-Polymer-Akkumulator	3.7 V	Bauform mit Polymer als Elektrolyt
*	Lithium-Schwefel-Akkumulator		seit den 1960ern in Entwicklung
* LTM	Lithiumtitanat-Akkumulator	2.4 V	
PTMA	modifiziertes PTMA		genauer: 2,2,6,6-Tetramethylpiperidinoxyl-4-yl-methacrylat, ein umweltverträgliches organisches Polymer
Na-ion	Natrium-Ionen-Akkumulator	1.6–1.7 V	
Na/NiCl	Natrium-Nickelchlorid-Hochtemperatur-Batterie	2.58 V	Markenbezeichnung: Zebra-Batterie
NaS	Natrium-Schwefel-Akkumulator	2 V	Hochtemperatur-Akku
NiCd	Nickel-Cadmium-Akkumulator	1.2 V	
NiFe	Nickel-Eisen-Akkumulator	1.2–1.9 V	
NiMH	Nickel-Metallhydrid-Akkumulator	1.2 V	
NiH <sub>2</sub>	Nickel-Wasserstoff-Akkumulator	1.5 V	
NiZn	Nickel-Zink-Akkumulator	1.65 V	
RAM	Rechargeable Alkaline Manganese	1.5 V	
	Silber-Zink-Akkumulator	1.5 V	
	Silizium-Luft-Akkumulator		in Entwicklung <sup>[7][8][9]</sup>
	Vanadium-Redox-Akkumulator	1.41 V	bei 25 °C
	Zink-Brom-Akkumulator	1.76 V	
	Zink-Luft-Akkumulator		in Entwicklung <sup>[10][11]</sup>
SnCl <sub>2</sub> S	Zinn-Schwefel-Lithium-Akkumulator		
	Zinn-Schwefel-Lithium-Akkumulator		experimenteller Prototyp <sup>[12]</sup>

Quelle: Wikipedia



## Leitungstypen

Auf der Website Ihres Lieferanten finden Sie nachfolgend aufgelisteten Leitungen und Kabel zur Auswahl.

Nr.	Bild	Kurz-Zeichen	Bezeichnung	Aderzahl	A in mm²	Verwendung
1		NYIF	Stegleitung	2 ... 5	1,5 bis 4	Nur in trockenen Räumen zur Verlegung im Putz oder unter Putz. Nicht auf Holz, auf Metall, in Hohlräumen, im Bad.
2		NYM-J	Mantelleitung	1 ... 7	1,5 bis 35	Zur Verlegung unter Putz, im Putz und auf Putz in trockenen, feuchten, nassen, feuer- und explosionsgefährdeten Räumen. Einschränkung: nicht im Erdreich.
3		H03VV-F	leichte Kunststoff-schlauchleitung	2 ... 3	0,5 bis 0,75	Bei geringen mechanischen Beanspruchungen für Haushaltsgeräte und Büromaschinen. Nicht geeignet für Koch- und Raumheizgeräte.
		H05VV-F	mittlere	2 ... 5	0,5 bis 4	Bei mittleren mechanischen Beanspruchungen für Haushaltsgeräte und Büromaschinen, z.B. Waschmaschinen, Kühlschränke, Wärmegeräte.
4		NYY-J	PVC-Erdkabel	1 ... 5	1,5 bis 16	Isolierung und Außenmantel aus PVC, für feste Verlegung in trockenen oder feuchten Räumen, sowie im Freien, in der Erde und im Wasser.
5		H05RR-F	Gummi-schlauchleitung	2 ... 5	0,75 bis 6	Bei geringer mechanischer Beanspruchung, für Haushaltsgeräte und Büromaschinen, z.B. Staubsauger, Lötkolben, Küchengeräte.
6		SAT/BK	75 Ohm koaxial Kabel	1	d= 1,02	Einsatz bei breitband SAT, KTV, GA und GGA TV - Netzwerken. Zur Erd-/ Außen- und im Haus Montage. Für Erdverlegung zusätzlicher mechanischen Schutz empfohlen.
7		SAT/BK	75 Ohm koaxial Kabel	1	d= 1,02	Für den Einsatz bei breitband SAT, KTV, GA und GGA TV - Netzwerken.
8		J-02YSCH	CAT-7A Verlegekabel	4x2 AWG 23	d= 0,56	Datenleitung/ Verlegekabel für feste Verlegung, bis 1000 MHz. Paarigkeit nach EIA/TIA 568-TSB 36. Vor Sonneneinstrahlung schützen.
9		NHXMH-J	VPE Mantelleitung	3...5	1,5 bis 10	Halogenfreie Leitungen mit verbessertem Verhalten im Brandfall. Einsatz wo durch hohe Sachwertkonzentration im Brandfall Schaden an Mensch und Material verhindert werden muss.
						Installation in trockenen, feuchten oder nassen Räumen. Verlegung über, auf, im und unter Putz sowie im Mauerwerk und im Beton. Für die Verwendung im Freien geeignet, sofern sie vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt sind.

## Stegleitung NYIF-J nach VDE 0250-201



**Leiter-Material:** Cu, blank  
**Aderisolation:** PVC TI1  
**Mantelmateriale:** vernetzte Gummimischung  
**Flammwidrigkeit:** VDE 0482-332-1-2/IEC 60332-1  
**Zul. Kabelaußentemperatur, fest verlegt:** 70 °C  
**Zul. Kabelaußentemperatur, in Bewegung:** 5 - 60 °C



**Nennspannung U0:** 230 V  
**Nennspannung U:** 400 V  
**Prüfspannung:** 2 kV  
**Aderkennzeichnung:** Farbe VDE 0293

**Verwendung:** Zur Verlegung in und unter Putz in trockenen Räumen.

## Mantelleitungen NYM-J/-O nach VDE 0250-204



**Leiter-Material:** Cu, blank  
**Aderisolation:** PVC TI1  
**Mantelmateriale:** PVC YM1  
**Mantelfarbe:** grau RAL 7035  
**Flammwidrigkeit:** VDE 0482-332-1-2/IEC 60332-1  
**Zul. Kabelaußentemperatur, fest verlegt:** 70 °C  
**Zul. Kabelaußentemperatur, in Bewegung:** 5 - 70 °C



<b>Nennspannung U0:</b>	NYM-J	NYM-O
<b>Nennspannung U:</b>	300 V	300 V
<b>Prüfspannung:</b>	500 V	500 V
<b>Prüfspannung:</b>	2 kV	2 kV
<b>Aderkennzeichnung:</b>	Farbe VDE 0293	Farbe VDE 0293

**Verwendung:** Zur Verlegung auf, über, im und unter Putz in trockenen, feuchten und nassen Räumen sowie im Mauerwerk und in Beton (ausgenommen Schüttel-, Rüttel- und Stampfbeton). Auch für Verwendung im Freien, wenn sie vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt sind.



## Reihenschaltung von Spannungsquellen

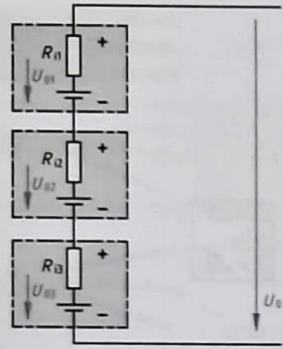


Bild 1

$$U_0 = U_{01} + U_{02} + \dots$$

$$R_i = R_{i1} + R_{i2} + \dots$$

$U_0$  Gesamt-Leerlaufspannung  
 $U_{01}, U_{02}$  Teil-Leerlaufspannungen  
 $R_i$  Gesamt-Innenwiderstand  
 $R_{i1}, R_{i2}$  Teil-Innenwiderstände

## Parallelschaltung von Spannungsquellen

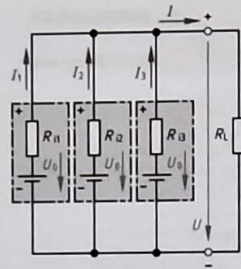


Bild 2

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \dots$$

$$I_i = \frac{I}{n} \quad R_i = \frac{R_{i1}}{n}$$

$I$  Gesamtstrom  
 $I_1, I_2$  Einzelströme  
 $R_i$  gesamter Innenwiderstand  
 $R_{i1}$  Innenwiderstand eines Elements  
 $n$  Anzahl gleicher Spannungsquellen

## Wichtige elektrische Größen für Akkumulatoren

Bemessungsspannung $U_N$	Festgelegter Spannungswert für eine Zelle bzw. Batterie.
Bemessungskapazität $K_N$	Entnehmbare Elektrizitätsmenge eines Akkumulators. Entladedauer $t_n$ , zugehöriger Entladestrom $I_n$ , Dichte und Temperatur des Elektrolyten sind für $K_N$ festgelegt. Die Entladeschlussspannung $U_S$ wird dann nicht unterschritten. Es bedeutet z. B. $K_{20} = 44 \text{ Ah}$ , dass 20 h lang eine Stromstärke von 2,2 A entnommen werden kann ( $20 \text{ h} \cdot 2,2 \text{ A} = 44 \text{ Ah}$ ).
$K_N = I_n \cdot t_n$	
$[K_N] = \text{A} \cdot \text{h}$	
Ladeschlussspannung	Spannungswert, bei dem der Ladevorgang zu beenden ist.
Entladeschlussspannung	Festgesetzte Spannung, die beim Entladen nicht unterschritten werden darf.
Gasungsspannung	Ladespannung, oberhalb der ein Bleiakкумулятор deutlich zu gasen beginnt.

## Leistung bei induktiver Last

## Leistungen bei induktiver Last

$$S^2 = P^2 + Q_L^2 \Rightarrow S = \sqrt{P^2 + Q_L^2} \quad S = U \cdot I$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \Rightarrow P = S \cdot \cos \varphi \quad P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$\sin \varphi = \frac{Q_L}{S} \Rightarrow Q_L = S \cdot \sin \varphi \quad Q_L = U \cdot I \cdot \sin \varphi$$

$$\tan \varphi = \frac{Q_L}{P} \quad Q_L = P \cdot \tan \varphi$$

$S$  Scheinleistung  $[S] = \text{VA} = \text{W}$   
 $P$  Wirkleistung  $[P] = \text{W}$   
 $Q_L$  induktive Blindleistung  $[Q_L] = \text{var} = \text{W}$   
 $\varphi$  Phasenverschiebungswinkel

## Leistung bei symmetrischer Last

## Leistungen bei symmetrischer Last

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

$$[S] = \text{V} \cdot \text{A} = \text{VA} = \text{W}$$

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$[P] = \text{W}$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi$$

$$[Q] = \text{var} = \text{W}$$

$S$  Scheinleistung  
 $U$  Leiterspannung  
 $I$  Leiterstrom  
 $P$  Wirkleistung  
 $Q$  Blindleistung  
 $\cos \varphi$  Wirkfaktor  
 $\sin \varphi$  Blindfaktor  
 $\varphi$  Phasenverschiebungswinkel

## Formeln zur Berechnung des Spannungsfalls

Formeln zur Berechnung des Spannungsfalls  $\Delta U$ 

Gleichstrom  $\Delta U = \frac{2 \cdot I \cdot l}{\gamma \cdot A}$

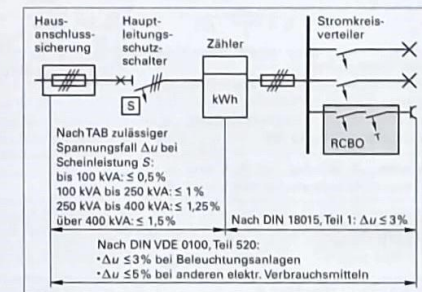
Einphasenwechselstrom  $\Delta U = \frac{2 \cdot I \cdot l \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot A}$

Drehstrom  $\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot l \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot A}$

Prozentualer Spannungsfall  $\Delta u = \frac{\Delta U \cdot 100 \%}{U}$

$\Delta U$  Spannungsfall in V  $I$  Leiterstrom  
 $\Delta u$  Spannungsfall in %  $A$  Leiterquerschnitt  
 $U$  Netzspannung  $l$  Leitungslänge  
 $\gamma$  elektr. Leitfähigkeit  $\cos \varphi$  Wirkfaktor

## Zulässiger Spannungsfall



## Spezifischer Widerstand und Leitfähigkeit

Tabelle 1: Spezifischer Widerstand und Leitfähigkeit

Material	Spezifischer Widerstand $\rho$ in $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$	Leitfähigkeit $\gamma$ in $\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$
Aluminium (Al)	0,0278	36,0
Kupfer (Cu)	0,0178	56,0
Silber (Ag)	0,0167	60,0
Gold (Au)	0,022	45,7

## Maximale Abschaltzeiten im TN System nach DIN VDE 0100, Teil 410

Stromkreis	Nennwechselspannung $U_0$	Abschaltzeit $t_s$
Endstromkreise* mit einem Bemessungsstrom bis einschließl. 32 A	50 V < $U_0 \leq 120 \text{ V}$ 120 V < $U_0 \leq 230 \text{ V}$ 230 V < $U_0 \leq 400 \text{ V}$ $U_0 > 400 \text{ V}$	0,8 s 0,4 s 0,2 s 0,1 s
Verteilungsstromkreise	—	5 s

\* Endstromkreis, an dem direkt ein Stromverbrauchsmittel oder Steckdosen angeschlossen sind.  
 $U_0$  Nennwechselspannung zwischen Außenleiter und Erde



## Schleifenimpedanz

Schleifenimpedanz	
$Z_s \leq \frac{2 \cdot U_0}{I_a}$	(nach DIN VDE 0100-600, Anhang D.6.4.3.7.2)
$Z_s$	max. zulässige Schleifenimpedanz
$U_0$	Spannung zwischen unbelastetem Außenleiter und PEN- bzw. PE-Leiter
$I_a$	Abschaltstrom der Schutzeinrichtung
<b>Bemerkung:</b> Der Faktor 2/3 berücksichtigt die Messunsicherheit sowie die Erwärmung der Leitung im Fehlerfall.	

## Schleifenimpedanz und Abschaltbedingung

Schleifenimpedanz und Abschaltbedingung	
Nach DIN VDE 0100-600, Anhang D.6.4.3.7.2	
$Z_s \leq \frac{2 \cdot U_0}{I_a}$	$I_K = \frac{U_0}{Z_s}$
$I_K \geq \frac{3}{2} \cdot I_a$	$I_a = n \cdot I_N$
$Z_s$	Schleifenimpedanz (Schleifenwiderstand)
$U_0$	Spannung zwischen Leiter und Erde (unbelastet)
$n$	Abschaltstromfaktor, z.B. LS-Schalter Typ B, $n = 5$
$I_a$	Abschaltstrom der Schutzeinrichtung
$I_K$	Kurzschlussstrom

## Zuordnung von Überstrom-Schutzeinrichtungen zu den Nennquerschnitten

Tabelle: Zuordnung von Überstrom-Schutzeinrichtungen zu den Nennquerschnitten	
<b>Bedingung:</b> $I_b \leq I_N \leq I_Z$	
Berechnung des Bemessungsstromes $I_N$ von Überstrom-Schutzeinrichtungen mit einem Abschaltstrom $I_a$ von:	
$I_a \leq 1,45 \cdot I_N$	$I_a > 1,45 \cdot I_N$
$I_N \leq I_Z$	$I_N \leq \frac{1,45}{\chi} \cdot I_Z$
$I_b$ Betriebsstrom des Verbrauchers	
$I_N$ Bemessungsstrom der Überstrom-Schutzeinrichtung	
$I_Z$ zulässige Strombelastbarkeit der Leitung	
$I_a$ Abschaltstrom der Überstrom-Schutzeinrichtung	
$\chi$ Faktor des Abschaltstromes, Seite 663	
<b>Beispiele für <math>\chi</math>-Faktoren.</b> LS-Schalter Typ B, C und D: $\chi = 1,45$ ; Typ L 16 A (nur in Altanlagen zulässig): $\chi = 1,75$	

Bemessungsströme  $I_N$  von LS-Schaltern in A

Tabelle: Bemessungsströme $I_N$ von LS-Schaltern in A											
Typ B*, C, D	0,5	1	2	3	4	6	10	13	16		
	20	25	32	40	50	63	80	100	125		
* Typ B, erst ab 6 A											

## Überschlägige Berechnung von Leiterwiderständen

Leiternennquerschnitt $S$ mm <sup>2</sup>	Leiterwiderstandsbeläge $R'$ bei 30 °C mΩ/m
1,5	12,5755
2,5	7,5661
4	4,7392
6	3,1491
10	1,8811
Die Leiterwiderstandsbeläge beziehen sich auf Leitertemperaturen von 30 °C. Für andere Temperaturen von $\theta$ lassen sich die Leiterwiderstände $R_\theta$ mit folgender Gleichung berechnen:	
$R_\theta = R_{30 \text{ °C}} [1 + \alpha \cdot (\theta - 30 \text{ °C})]$	
$\alpha$ Temperaturkoeffizient (bei Kupfer $\alpha = 0,00393 \text{ K}^{-1}$ )	

Tabelle 1 – ausgewählte Leiterwiderstandsbeläge  $R'$  für Kupferleitungen bei 30 °C in Abhängigkeit vom Leiternennquerschnitt  $S$  zur überschlägigen Berechnung von Leiterwiderständen (Quelle: VDE 0100-600 Tabelle NA.4 – Auszug).

## Tabellen







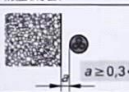


## Verlegearten und Strombelastbarkeit

# Verlegarten von Kabeln und isolierten Leitungen, Mindestquerschnitte elektrischer Leiter

DIN VDE 0298, Teil 4  
DIN VDE 0100, Teil 520

Tabelle 1: Verlegarten von Kabeln und isolierten Leitungen

DIN VDE 0298, Teil 4

Verlegeart		Verlegebedingungen (Wichtige Beispiele)
A1		Referenzverlegeart*: Verlegung in wärmedämmten Wänden • Aderleitungen im Elektroinstallationsrohr, • Aderleitungen in Formleisten oder in Formteilen.
A2		• Mehradrige Kabel oder mehradrige Mantelleitungen im Elektroinstallationsrohr, • mehradrige Kabel oder mehradrige Mantelleitungen in einer wärmedämmten Wand.
B1		Referenzverlegeart: Verlegung in Elektroinstallationsrohren • Aderleitungen im Elektroinstallationsrohr auf oder in der Wand, • Aderleitungen, einadrige Kabel oder Mantelleitungen im Elektroinstallationskanal.
B2		• Mehradrige Kabel oder Mantelleitungen im Elektroinstallationsrohr auf und in der Wand, • mehradrige Kabel oder Mantelleitungen im Elektroinstallationskanal, • mehradrige Kabel oder Mantelleitungen im Sockelleisten- oder im Unterflurkanal.
C		Referenzverlegeart: Verlegung direkt auf dem Untergrund (Wand) • Ein- oder mehradrige Kabel oder Mantelleitungen auf oder in der Wand oder unter der Decke, • Stegleitungen im oder unter Putz.
D		Referenzverlegeart: Verlegung in der Erde • Mehradriges Kabel oder mehradrige ummantelte Installationsleitung im Elektroinstallationsrohr oder im Kabelschacht in der Erde.
E		Referenzverlegeart: Verlegung frei in der Luft • Mehradrige Kabel oder mehradrige Mantelleitungen frei in der Luft verlegt mit einem Mindestabstand $a \geq 0,3 \cdot d$ zur Wand ( $d$ = Leitungsdurchmesser), • Kabel oder Leitungen auf gelochten Kabelrinnen oder auf Kabelkonsolen.
F		• Einadrige Kabel oder einadrige Mantelleitungen mit gegenseitiger Berührung verlegt und mit einem Mindestabstand $a \geq 1 \cdot d$ zur Wand.
G		• Einadrige Kabel oder einadrige Mantelleitungen mit einem gegenseitigen Abstand $a \geq 1 \cdot d$ verlegt und einem Mindestabstand $a \geq 1 \cdot d$ zur Wand, • blanke Leiter oder Aderleitungen auf Isolatoren.

\* Referenzverlegeart: Grundsätzliches Merkmal der Verlegeart, z.B. in wärmedämmten Wänden oder frei in der Luft

Tabelle 2: Mindestquerschnitte von elektrischen Leitern

DIN VDE 0100, Teil 520

Kabel und Leitungen		Stromkreisart	Leiter	
			Werkstoff	Mindestquerschnitt in mm <sup>2</sup>
Bei fester Verlegung	Kabel, Mantelleitungen und Aderleitungen	Leistungs- und Beleuchtungsstromkreise	Cu	1,5
		Melde- und Steuerstromkreise	Al	16 <sup>1</sup>
			Cu	0,5
	blanke Leiter	Leistungsstromkreise	Cu	10
			Al	16 <sup>1</sup>
		Melde- und Steuerstromkreise	Cu	4
Bewegliche Leitungen			Cu	0,75

## Schutzpotenzialausgleichsleitungen, Erdungsleitungen

Schutzpotenzialausgleich über die Haupterdungsschiene	Cu	6	
	Cu	2,5	
	Cu	4	
zusätzlicher Schutzpotenzialausgleich in Baderäumen: – geschützt verlegt			
– ungeschützt verlegt			
PEN-Leiter		Cu	10

<sup>1</sup> In Deutschland beginnen Kabelbauarten mit Aluminiumleiter ab einem Leiterquerschnitt von  $A = 25 \text{ mm}^2$







## Strombelastbarkeit, Umrechnungsfaktoren von Kabeln und isolierten Leitungen

 DIN VDE 0298  
Teil 4 (Auszug)

**Tabelle 1:** • Bemessungswert  $I_r$  der Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen (PVC-isoliert) für feste Verlegung in den Verlegearten A1, A2, B1, B2, C und E.  
• Bemessungsstrom  $I_N$  der Überstrom-Schutzeinrichtung in A (Leitungsschutzsicherungen gG und LS-Schaltern Typ B, C und D mit einem Abschaltstrom  $I_a \leq 1,45 \cdot I_N$ ).  
• Betriebstemperatur: 70 °C, Umgebungstemperatur: 30 °C.

Verlegeart	A1		A2		B1		B2		C		E		
belastete Adern	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	
Nennquerschnitt in mm² Cu	Bemessungswert $I_r$ der Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen in A												
	Bemessungsstrom $I_N$ der zugehörigen Überstrom-Schutzeinrichtungen in A												
1,5	$I_r$	15,5	13,5	15,5	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18,5
	$I_N$	13	13	13	13	16	13	16	13	16	16	20	16
2,5	$I_r$	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	30	25
	$I_N$	16	16	16	16	20	20	20	20	25	20	25	25
4	$I_r$	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	40	34
	$I_N$	25	20	25	20	32	25	25	25	35	32	40	32
6	$I_r$	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	51	43
	$I_N$	32	25	32	25	40	35	35	32	40	40	50	40
10	$I_r$	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	70	60
	$I_N$	40	40	40	35	50	50	50	40	63	50	63	50
16	$I_r$	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	94	80
	$I_N$	50	50	50	50	63	63	63	50	80	63	80	80
25	$I_r$	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	119	101
	$I_N$	80	63	63	63	100	80	80	80	100	80	100	100

Bemessungswerte  $I_r$  für die Verlegearten F und G siehe DIN VDE 0298, Teil 4 oder Tabellenbuch Elektrotechnik.

**Tabelle 2: Umrechnungsfaktoren  $f_1$  für abweichende Umgebungstemperaturen**

Umgebungstemperatur in °C	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
PVC-Isolierung	1,22	1,17	1,12	1,06	1,0	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61	0,5	0,35	–
Gummi-Isolierung	1,29	1,22	1,15	1,08	1,0	0,91	0,82	0,71	0,58	0,41	–	–	–

**Tabelle 3: Umrechnungsfaktoren  $f_2$  bei Häufung von Kabeln oder Leitungen auf der Wand, im Rohr oder im Kanal verlegt**

Anordnung der Leitungen		Anzahl der mehradrigen Leitungen oder Anzahl der Wechsel- oder Drehstromkreise									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gebündelt direkt auf der Wand, auf dem Fußboden, im Elektroinstallationskanal oder -rohr, auf oder in der Wand		1,0	0,8	0,7	0,65	0,6	0,57	0,54	0,52	0,5	0,48
Einlagig ohne Zwischenraum auf der Wand oder auf dem Fußboden ohne Zwischenraum		1,0	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,7	0,7

Umrechnungsfaktoren für weitere Leitungsanordnungen: Tabellenbuch Elektrotechnik oder DIN VDE 0298, Teil 4

**Tabelle 4: Umrechnungsfaktoren  $f_3$  für mehradrig belastete Kabel und Leitungen¹**

Anzahl der belasteten Adern	2	3	5	7	10	14	19	24	40	61
Umrechnungsfaktor $f_3$	1	1	0,75	0,65	0,55	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3

Bei 2 und 3 belasteten Adern sind die Bemessungswerte  $I_r$  der Tabelle 1 zu entnehmen, ¹ Verlegung in Luft



## Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen

$$I_Z = I_r \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4$$

- $I_Z$  Strombelastbarkeit bei abweichenden Betriebsbedingungen  
 $I_r$  Bemessungswert der Strombelastbarkeit  
 $f_1$  Umrechnungsfaktor für abweichende Umgebungstemperatur  
 $f_2$  Umrechnungsfaktor für Häufung von Leitungen oder Kabeln  
 $f_3$  Umrechnungsfaktor für mehradrig belastete Kabel/Leitungen  
 $f_4$  Umrechnungsfaktor für Oberschwingungsströme

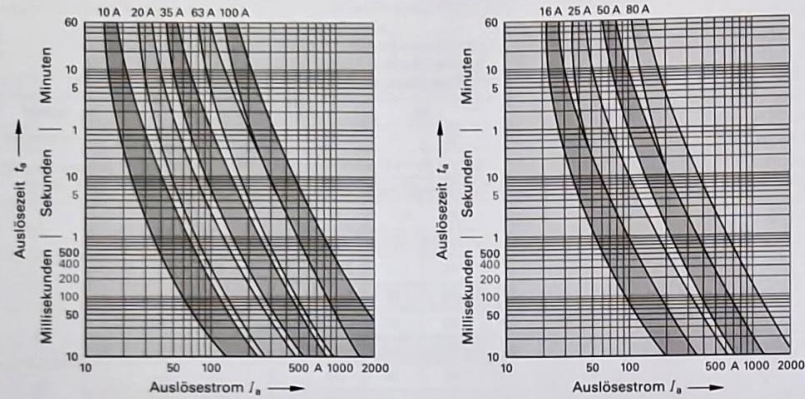




## Auslösekennlinien von Überstrom-Schutzeinrichtungen

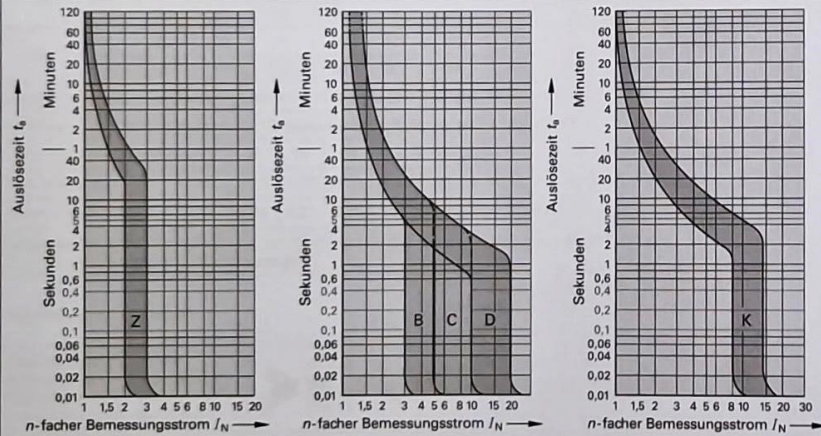
DIN VDE 0636  
DIN VDE 0641  
DIN VDE 0660

Strom-Zeit-Kennlinien von Niederspannungssicherungen, Ganzbereichssicherungen gG (früher gL)



Kennlinie der Schmelzsicherung gG 13 A (nach DIN VDE 0636, Teil 3): Seite 314

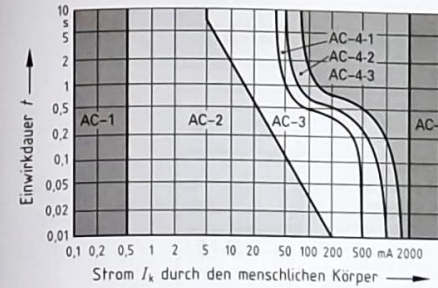
Auslösekennlinien von Leitungsschutzschaltern (LS-Schalter Typ B, C, D, K und Z)



Abschaltströme;  $\chi$ -Faktoren<sup>1</sup> von LS-Schaltern zur Berechnung des Abschaltstromes  $I_a$  (Auswahl)

Charakteristik	Z	B	C	D	K	Anwendungsbeispiele (Charakteristik):
$\chi$ -Faktor	1,20	1,45	1,45	1,45	1,20	Z: Halbleiterschutz, Spannungswandler
Abschaltstrom $I_a$	$3 \cdot I_N$	$5 \cdot I_N$	$10 \cdot I_N$	$20 \cdot I_N$	$14 \cdot I_N$	B: Hausinstallation C: Kleintransformatoren, Motoren, Beleuchtungsstromkreise D, K: Motorstromkreise oder Transformatoren mit hohem Einschaltstrom

<sup>1</sup> Griechischer Kleinbuchstabe chi  
LS-Schalter Typ Z und K ( $\chi = 1,2$ ) lösen im Überlastbereich früher aus als LS-Schalter des Typs B, C und D ( $\chi = 1,45$ )



Bereich	Körperreaktionen
AC-1	Wahrnehmung möglich, meist keine Schreckreaktion
AC-2	Wahrnehmung und unwillkürliche Muskelkontraktionen wahrscheinlich, meist keine schädlichen Wirkungen
AC-3	Atemschwierigkeiten; Muskelverkrampfungen; starke unwillkürliche Muskelkontraktion; reversible Störungen der Herzfunktionen möglich; meist kein organischer Schaden
AC-4-1 bis AC-4-3	Wahrscheinlichkeit von Herzkammerflimmern ansteigend (bis etwa 5% bei AC-4-1, bis etwa 50% bei AC-4-2, über 50% bei AC-4-3)
AC-4	Herzstillstand, Atemstillstand oder andere Zellschäden









Maximale Ladeleistung der Anschlusspunkte

Tabelle: Maximale Ladeleistungen an AC-400/230-V-Anschlusspunkten

Anschlusspunkt		F/LS-Schalter
einphasig	dreiphasig	
3,7 kW	11,0 kW	16 A
-	13,8 kW	20 A
-	17,3 kW	25 A
7,4 kW	22,0 kW	32 A
-	27,7 kW	40 A
14,5 kW	43,5 kW	63 A



**Tabelle: Schutzarten elektrischer Betriebsmittel**

Erste Ziffer	Schutzgrad: Berührungs- und Fremdkörperchutz	Bildzeichen	Zweite Ziffer	Schutzgrad: Wasserschutz	Bildzeichen
0	Kein besonderer Schutz.	—	0	Kein besonderer Schutz.	—
1	Schutz gegen Eindringen fester Fremdkörper mit einem Durchmesser $\geq 50$ mm.	—	1	Schutz gegen senkrecht tropfendes Wasser.	tropfwasser- geschützt IP X1 
2	Schutz gegen Eindringen fester Fremdkörper mit einem Durchmesser $\geq 12,5$ mm.	—	2	Schutz gegen senkrecht tropfendes Wasser, Betriebsmittel bis 15° geneigt.	—
3	Schutz gegen Eindringen fester Fremdkörper mit einem Durchmesser $\geq 2,5$ mm.	—	3	Schutz gegen Sprühwasser (Regen) bis zu einem Winkel von 60° zur Senkrechten.	sprühwasser- geschützt (re- gengeschützt) IP X3 
4	Schutz gegen Eindringen fester Fremdkörper mit einem Durchmesser $\geq 1$ mm.	—	4	Schutz gegen Spritzwasser aus allen Richtungen.	spritzwasser- geschützt IP X4 
5	Schutz gegen Staubaufablagerung (staubgeschützt). Vollständiger Berührungsschutz.	staub- geschützt IP 5X 	5	Schutz gegen Strahlwasser (Düse) aus allen Richtungen.	strahl- wasser- geschützt IP X5 
6	Schutz gegen Eindringen von Staub (staubdicht). Vollständiger Berührungsschutz.	staub- dicht IP 6X 	6	Schutz gegen starken Wasserstrahl oder schwere See.	—
Wird neben den Kennbuchstaben IP nur eine Kennziffer für den Schutzgrad benötigt, so ist anstelle der fehlenden Kennziffer ein X zu setzen, z. B. IP X4 oder IP 3X.			7	Schutz gegen Wasser bei Eintauchen des Betriebsmittels unter Druck-, Zeitbedingungen.	wasser- dicht IP X7 
			8	Schutz gegen Wasser bei dauerndem Untertauchen des Betriebsmittels.	druckwas- serdicht IP X8  ..bar

IP-Kennzeichnung durch nachgestellte Buchstaben:

**1. Buchstabe**

- A Schutz gegen Zugang mit dem Handrücken
- B Schutz gegen Zugang mit dem Finger
- C Geschützt gegen Zugang mit Werkzeugen
- D Geschützt gegen Zugang mit Draht

**2. Buchstabe**

- H Betriebsmittel für Hochspannung
- M Geprüft auf Wassereintritt bei laufender Maschine
- S Geprüft auf Wassereintritt bei stehender Maschine
- W Geeignet bei festgelegten Witterungsbedingungen

