



Weiterbildung
im Berufsbildungszentrum

Meistervorbereitung

Meister im
Elektrotechniker-Handwerk

Arbeitsunterlagen

Leitungsberechnung Teil 1



Leitungsberechnung

Grundsatz

Um eine elektrische Leitungsanlage über einen möglichst langen Zeitraum sicher und wirtschaftlich betreiben zu können, müssen bei der Leitungsauswahl verschiedene nachstehende Faktoren berücksichtigt werden.

- mechanische Beeinflussung am Einsatzort wie das Überfahren oder eine außerordentliche Zugbelastung
- thermische Beeinflussung durch Hitze oder Kälte
- chemische Beeinflussung verursacht durch Säuren, Laugen oder Schmierstoffe an Maschinen
- biologische Beeinflussung z.B. durch Schimmelbewuchs
- UV-Belastung durch dauerhafte Sonneneinstrahlung

Wenn ein Leitungstyp ausgewählt ist, welcher den Einflüssen am Einsatzort standhält, muss der entsprechende **Leiterquerschnitt** festgelegt werden.

Ist der Leiterquerschnitt nicht richtig ermittelt, so kommt es zu einer unzulässigen Erwärmung der Leitung. Diese zu hohe Temperatur am Leiter hat eine frühzeitige Alterung oder im schlimmsten Fall ein Abschmelzen des Isolationsmaterial zur Folge.

Eine unzulässige Erwärmung kann durch eine Überlastung oder einen Kurzschluss entstehen.

Für die Projektierung gilt: Die Leitung muss vor **Überlast** und **Kurzschluss** geschützt sein.

Querschnitt

Bei der Betrachtung des „Leiterquerschnittes“ muss beachtet werden, dass es sich hierbei nicht um einen vorgegebenen geometrischen Querschnitt handelt, sondern **zur Festlegung des Leiterquerschnittes die Leitfähigkeit bzw. der spezifische Widerstand herangezogen wird.**

Kupfer kann heute mit Reinheit um 99,9% (Elektrolytkupfer) hergestellt werden und ist als Deutsches Elektrolytkupfer für Leitzwecke (DEL-Notiz) an der Börse notiert.

Das „Kupfer zur Verwendung in der Elektrotechnik“ ist in den Werkstoffnormen mit Leitwerten von 55 bis $58,6 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$ gelistet. (→ 58; 58,6 nur bei oxigen free)

In der VDE 0295/DIN EN 60228 sind für alle Leiterklassen die maximal zulässigen Widerstandswerte bezogen auf 1000m Leiterlänge angegeben.

Genormt sind also der Leiteraufbau und ein entsprechender Widerstand. Die „Querschnittsermittlung“ durch bloße Betrachtung ist insbesondere bei großen Querschnitten mit Vorsicht zu betrachten. Bei der Verbindungstechnik müssen nicht passende Aderendhülsen und Kabelschuhe mit entsprechenden Mitteln der Hersteller angepasst werden (geeignete Verpressung/Zwischenhülsen).

Leitungsberechnung

Überlastschutz

Um den richtigen Leiterquerschnitt zu ermitteln, muss die DIN VDE 0298-4 herangezogen werden. Die Norm enthält verschiedene Tabellen zu den einzelnen Bedingungen, aus denen die endgültige Strombelastbarkeit einer Leitung resultiert.






Leiter aus Kupfer, Betriebstemperatur 70°C, Umgebungstemperatur 30°C

Verlegeart C Auf-, In- und Unterputz, in Beton sowie auf nicht gelochter Kabelrinne.

Auswahl zwischen Wechsel- und Drehstromkreis.

Strombelastbarkeit bei 1,5mm², Verlegeart C, drei belastete Adern = 17,5A

Tabelle 3 – Belastbarkeit von Kabeln und Leitungen für feste Verlegung in und an Gebäuden für Verlegearten A1, A2, B1, B2 und C nach Tabelle 2, Leiter aus Kupfer oder Aluminium, Betriebstemperatur am Leiter 70 °C, Umgebungstemperatur 30 °C

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
|--|--|-------------------|---|-------------------|--|------|---|------|--|------|------|
| Verlegeart (Referenz- verlegeart* nach Tabelle 2) | A1 | | A2 | | B1 | | B2 | | C | | |
| | Verlegung in wärmeisolierten Wänden | | | | Verlegung in Elektro- Installationsröhren | | | | Verlegung auf einer Wand | | |
| | Aderleitungen im Elektro-Installations- rohr in einer wärmeisolierten Wand | | Mehradriges Kabel oder mehradrige ummantelte Installationsleitung in einem Elektro-Installations- rohr in einer wärme- isolierten Wand | | Aderleitungen im Elektro- Installationsrohr auf einer Wand | | Mehradriges Kabel oder mehradrige ummantelte Installationsleitung in einem Elektro- Installationsrohr auf einer Wand | | Ein- oder mehradriges Kabel oder ein- oder mehradrige ummantelte Installationsleitung | | |
| |  | |  | |  | |  | |  | | |
| Anzahl belastete Adern | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | |
| Nennquerschnitt mm² | Belastbarkeit A | | | | | | | | | | |
| Kupfer | 1,5 | 15,5 ^b | 13,5 | 15,5 ^b | 13,0 | 17,5 | 15,5 | 16,5 | 15,0 | 19,5 | 17,5 |
| | 2,5 | 19,5 | 18,0 | 18,5 | 17,5 | 24 | 21 | 23 | 20 | 27 | 24 |
| | 4 | 26 | 24 | 25 | 23 | 32 | 28 | 30 | 27 | 36 | 32 |

Für den Schutz vor Überlast legt die DIN VDE 0100-430 zwei Bedingungen zu Grunde.

1. Bedingung

I_B = Betriebsstrom.
Bei Steckdosenstromkreisen = Nennstrom der
Sicherung.

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

I_N = Nennstrom der Sicherung.

I_Z = Strombelastbarkeit der Leitung.

Der Betriebsstrom (I_B) der elektrischen Anlage kann über die Leistung errechnet werden oder direkt vom Typenschild abgelesen werden.

Im ersten Teil der Bedingung $I_B \leq I_N$ wird der störungsfreie **Betrieb** der Anlage sichergestellt. Der Nennstrom I_N des vorgeschalteten Schutzorgans muss dabei **mindestens** gleich groß dem Betriebsstrom sein. Bei Motoren ist der Anlaufstrom zu berücksichtigen, sodass es zu einem deutlich höheren Nennstrom des Schutzorgans kommen kann.

Im zweiten Teil der Formel $I_N \leq I_Z$ wird gewährleistet, dass die Leitung ohne **Beschädigung durch thermische Einflüsse** aufgrund von Überströmen betrieben werden kann. Die Strombelastbarkeit der Leitung (I_Z) muss ermittelt werden.

Leitungsberechnung

Überlastschutz

Ermittlung von I_z

$$I_z = I_r \cdot f_v \cdot f_h \cdot f_n \cdot f_\lambda$$

I_r = Unbeeinflusster Tabellenwert
(VDE 0298-4 Tabelle 3).

f_v = Faktor für eine geänderte Umgebungstemperatur
(VDE 0298-4 Tabelle 17).

f_h = Faktor für eine Leitungshäufung
(VDE 0298-4 Tabelle 21 und 22).

f_n = Faktor für Reduktion Mehr-/Vieladrigkeit
(VDE 0298-4 Tabelle 26).

f_λ = Faktor für die Reduktion durch Oberwellen
(VDE 0298-4 Tabelle B.1)

Beispiel:

Stromkreis für eine Schutzkontaktsteckdose verlegt mit NYM-J, Verlegeart: C (in der Wand), Umgebungstemperatur: 25°C, Häufung: Insgesamt 3 Leitungen als Bündel in der Wand, Vieladrigkeit und Oberwellen: nicht gegeben.

Zuerst müssen alle Faktoren für geänderte Bedingungen aus den oben genannten Tabellen herausgesucht werden.

Tabelle 17 – Umrechnungsfaktoren für Umgebungstemperaturen abweichend von Strombelastbarkeiten von Kabeln und Leitungen in Luft

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|---|--------|
| Umgebungstemperatur °C | Zulässige bzw. empfohlene Betriebstemperatur am Leiter | | | | | | Mineralisierte Kabel und Leitungen mit zulässiger Manteltemperatur ^a | |
| | 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 | | |
| 30 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | | |

Betriebstemperatur am Leiter 70°C, NYM-J

Umgebungstemperatur lt. Aufgabe 25°C.
Faktor für Temperatur = 1,06

Bei der Häufung von Leitungen ist zu beachten, dass die Leitung des zu berechnenden Stromkreises ebenfalls mitgezählt wird.


Leitungsberechnung

Überlastschutz

Ermittlung von I_z

Leitungshäufung lt.
Aufgabe = 3

Tabelle 21 – Umrechnungsfaktoren für Häufung auf der Wand, im Rohr und Kanal, auf dem Fußboden und unter der Decke

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|--|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 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 |

Faktor für Häufung = 0,7

Für das Beispiel wurden alle nötigen Änderungsfaktoren ermittelt.

Um ein mehrfaches Berechnen eines falschen I_z zu vermeiden, wird durch Hinzunahme des Sicherungsnennstromes (I_N) der I_r min errechnet.

$$I_r \min = \frac{I_N}{f_v \cdot f_h \cdot f_n \cdot f_\lambda}$$

Bei einem Stromkreis mit einer Steckvorrichtung ist der Betriebsstrom (I_B) und der Nennstrom der Sicherung (I_N) in der Regel gleich. Eine Schutzkontaktsteckdose ist üblich mit 16A abgesichert.

$$I_r \min = \frac{16A}{1,06 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1}$$

Ist kein Änderungsfaktor für eine Bedingung ermittelt, so ist der Wert = 1.

$$I_r \min = 21,56 A$$

Leitungsberechnung

Überlastschutz

Ermittlung von I_z

Mit der Tabelle 3 muss unter Berücksichtigung der Verlegeart ein Leiterquerschnitt ausgewählt werden, der mindestens die Strombelastbarkeit des errechneten Wertes (I_r min) aufweist.

Verlegeart C !

2 bel. Adern !

| Anzahl belastete Adern | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 |
|---------------------------------|-----------------|-------------------|------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|
| Nennquerschnitt mm ² | Belastbarkeit A | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kupfer | 1,5 | 15,5 ^b | 13,5 | 15,5 ^b | 13,0 | 17,5 | 15,5 | 16,5 | 15,0 | 19,5 | 17,5 | 2,5 | 19,5 | 18,0 | 16,5 | 17,5 |
| | 2,5 | 19,5 | 18,0 | 18,5 | 17,5 | 24 | 21 | 23 | 20 | 27 | 24 | 4 | 26 | 24 | 25 | 23 |
| | 4 | 26 | 24 | 25 | 23 | 32 | 28 | 30 | 27 | 36 | 32 | | | | | |

Der gewählte Leiterquerschnitt ist 2,5mm² mit I_r = 27A

I_r min errechnet = 21,56 A

Ist der richtige Leiterquerschnitt ausgewählt und dadurch der Tabellenwert (I_r) bestimmt, muss jetzt die Strombelastbarkeit (I_z) errechnet werden.

$$I_z = I_r \cdot f_u \cdot f_h \cdot f_n \cdot f_\lambda$$

$$I_z = 27A \cdot 1,06 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1$$

$$I_z = 20,03A$$

Abschließend kann die 1. Bedingung des Überlastschutzes überprüft werden.

$$I_B \leq I_N \leq I_z$$

$$16A = 16A < 20,03A$$

Die 1. Bedingung des Überlastschutzes ist erfüllt!



Leitungsberechnung

Überlastschutz

2. Bedingung

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z$$

I_2 / I_f = Großer Prüfstrom. Strom, bei dem das Schutzorgan innerhalb der vorgeschriebenen Zeit auslöst. I_f bei Sicherungen.

1,45 = Eine Leitung ist solange geschützt, wie das Schutzorgan eine Überlastung von bis zu 45% innerhalb der vorgesehenen Zeit des großen Prüfstromes abschaltet.
!Achtung siehe unten!

I_Z = Strombelastbarkeit der Leitung.

Der große Prüfstrom (I_2 / I_f) ist abhängig vom Typ des Schutzorgans. Die Zeit ist abhängig vom Nennstrom des ausgewählten Schutzorgans.

Typische Faktoren für den großen Prüfstrom I_2 / I_f .

LS-Schalter Typ B/C = $1,45 \cdot I_N$

Schmelzsicherungen
Typ gG $\geq 16A$ = $1,6 \cdot I_N$

SLS-Schalter = $1,2 \cdot I_N$

MSR/MSS = $1,2 \cdot I_N$

Abschaltzeit für den großen Prüfstrom.

$\leq 63A$ = 1h

$>63A$ = 2h

$>160A$ = 3h

$>400A$ = 4h

Aus dem Faktor 1,45 leitet sich ab, dass eine Leitung für den Zeitraum des großen Prüfstromes um 45% überlastet werden darf, ohne Schaden zu nehmen.

Planerisch muss sichergestellt werden, dass es nicht zu sich wiederholenden Überlastungen kommt, die nicht zu einer Abschaltung führen.

Die im vorangehenden Beispiel genannte Schutzkontaktsteckdose ist im Regelfall mit einem B16A Leitungsschutzschalter abgesichert. Bei diesem LSS beträgt $I_2 = 1,45 \cdot I_N$.

Wenn die 1. Bedingung erfüllt ist und sich nachstehende Bedingung durch das Schutzorgan als erfüllt darstellt,

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_N$$

ist die 2. Bedingung für den Überlastschutz immer erfüllt. **Achtung Schmelzsicherungen!**

Die nach DIN VDE 0636-1 beschriebene Sonderprüfung gilt nur unter bestimmten Voraussetzungen (Verlegeart, Sicherungscharakteristik).



Leitungsberechnung

Spannungsfall

Eine wichtige Vorgabe der Leitungsberechnung ist der Spannungsfall, welcher auf der Leitung im Betrieb abfällt. Um den Spannungsfall berechnen zu können, muss ein Wert für den Strom festgelegt werden.

Im Regelfall wird der Nennstrom des Schutzorgans gewählt. Sind Kurzschluss und Überlastschutz getrennt → Motorschutzrelais, wird der Einstellwert des Motorschutzrelais angenommen.

Für Wechselstrom gilt:

$$\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot 100}{\kappa \cdot A \cdot U}$$

Bei Wechselstrom 230 V

Für Drehstrom gilt:

$$\Delta U = \frac{1 \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi \cdot 100}{\kappa \cdot A \cdot U}$$

Bei Drehstrom 400 V

$$\kappa = \text{elektrische Leitfähigkeit (Kappa)} \left[\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \right]$$

Bedingung:

$$\Delta U \leq \Delta U_{\text{max}}$$

Formel umstellen:

$$l = \frac{?}{?}$$

$$A = \frac{?}{?}$$











Leitungsberechnung

Strombelastbarkeiten

Die Strombelastbarkeit von Kabel und Leitungen wird je nach Kabel- und Leitungstyp, in DIN VDE 0298-4, DIN VDE 0276-603, DIN VDE 0276-620 und DIN VDE 0276-1000 definiert.

Abweichend von der Verlegeart D nach DIN VDE 0298-4, welche die Verlegung in einem Rohr in der Erde beschreibt (20°C), müssen für die direkte Verlegung einer NYY-Leitung im Erdreich (Sandbett) gesonderte Strombelastbarkeitstabellen herangezogen werden.

Hier in Bezug auf die Vorgabe der DIN VDE 0276-603 NYY im Sandbett.

| Strombelastung in Ampere (A), Verlegung in Erde (20°C) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Isolierwerkstoff: PVC | | | Zulässige Betriebstemperatur: 70 °C | | | | | |
| | NYY | | | NYCY /NYCWX | | NAPP | | |
| |  |  |  ¹⁾ |  |  |  |  |  ¹⁾ |
| Anzahl belasteter Adern | 1 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 |
| Querschnitt mm ² | Kupferleiter | | | | | Aluminiumleiter | | |
| | Bemessungsstrom in A | | | | | Bemessungsstrom in A | | |
| 1,5 | 30 | 27 | 41 | 31 | 27 | - | - | - |
| 2,5 | 39 | 36 | 55 | 40 | 36 | - | - | - |
| 4 | 50 | 47 | 71 | 51 | 47 | - | - | - |
| 6 | 62 | 59 | 90 | 63 | 59 | - | - | - |
| 10 | 83 | 79 | 124 | 84 | 79 | - | - | - |
| 16 | 107 | 102 | 160 | 108 | 102 | - | - | - |
| 25 | 138 | 133 | 208 | 139 | 133 | 106 | 102 | 160 |
| 35 | 164 | 159 | 250 | 166 | 160 | 127 | 123 | 193 |
| 50 | 195 | 188 | 296 | 196 | 190 | 151 | 144 | 230 |
| 70 | 238 | 232 | 365 | 238 | 234 | 185 | 179 | 283 |
| 95 | 286 | 280 | 438 | 281 | 280 | 222 | 215 | 340 |
| 120 | 325 | 318 | 501 | 315 | 319 | 253 | 245 | 389 |
| 150 | 365 | 359 | 563 | 347 | 357 | 284 | 275 | 436 |
| 185 | 413 | 406 | 639 | 385 | 402 | 322 | 313 | 496 |
| 240 | 479 | 473 | 746 | 432 | 463 | 375 | 364 | 578 |
| 300 | 541 | 535 | 848 | 473 | 518 | 425 | 419 | 656 |
| 400 | 614 | 613 | 975 | 521 | 579 | 487 | 484 | 756 |
| 500 | 693 | 687 | 1125 | 574 | 624 | 558 | 553 | 873 |
| 630 | 777 | - | 1304 | 636 | - | 635 | - | 1011 |
| 800 | 859 | - | 1507 | - | - | 716 | - | 1166 |
| 1000 | 936 | - | 1715 | - | - | 796 | - | 1332 |

¹⁾ Bemessungsstrom in Gleichstromanlagen mit weit entferntem Rückleiter



Leitungsberechnung

Strombelastbarkeit

PVC-Aderleitung

Werte für Aderleitungen in Gehäusen für Installationsgeräte oder Schaltgerätekombinationen beziehen sich auf die Strombelastbarkeitstabellen der VDE 0298-4.

Bezüglich der Verdrahtung mit z.B. PVC-Aderleitung der Typs H07V-U/-R/-K nach DIN VDE 0281-3 ergeben sich aus den Tabellen der 0298-4 nachstehende Verlegearten.

Einzelader im geschlossenen Kanal (Installationskanal) → Verlegeart B1

Einzelader im geschlitzten Kanal (Verdrahtungskanal) → Verlegeart F

Einzelader verdrahtet in der Unterverteilung → Verlegeart F

Einzelader in der Luft mit Abstand zueinander → Verlegeart G

Bei Gehäusen für Installationsgeräte oder Schaltgerätekombinationen wird von unterschiedlichen Umgebungstemperaturen ausgegangen, diese beziehen sich auf den Installationsort.

Gehäusen für Installationsgeräte: Regelbetrieb bei -5°C bis 25°C, gelegentlich 35°C, max. 40°C

Schaltgerätekombinationen: Regelbetrieb bei -25°C bis 35°C, max. 40°C

Für die Berechnung der Strombelastbarkeit der Aderleitung muss allerdings die Innentemperatur des Verteilers herangezogen werden, diese ist als Grenztemperatur auf 55°C festgelegt.

Gesonderte Maßnahme: Klimatisierung

Gesonderte Vorgaben: VDE 0113-1 (Maschinenverteilungen) Grenztemperatur 40°C

Nachstehende Tabelle gilt für Dauerstrombelastbarkeit, 3bel. Adern und einer Häufung = 2.

| Nennquerschnitt [mm ²] | IZ[A] bei 55°C Verlegeart B1 | IZ[A] bei 55°C Verlegeart F | IZ[A] bei 55°C Verlegeart G |
|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1,5 | 7,6 | 9,6 | 15 |
| 2,5 | 10 | 13 | 21 |
| 4 | 14 | 18 | 28 |
| 6 | 18 | 24 | 36 |
| 10 | 24 | 33 | 50 |
| 16 | 33 | 45 | 67 |
| 25 | 43 | 61 | 89 |

Tabellenauszug aus VDE 0660-600-1 Bbl. 2

Stromschienen

Stromschienen im netzseitigen Anschlussraum von Zählerschränken:

Schienensystem 12x5mm aus Cu vor Anlauf geschützt: 250A Dauerstrom.

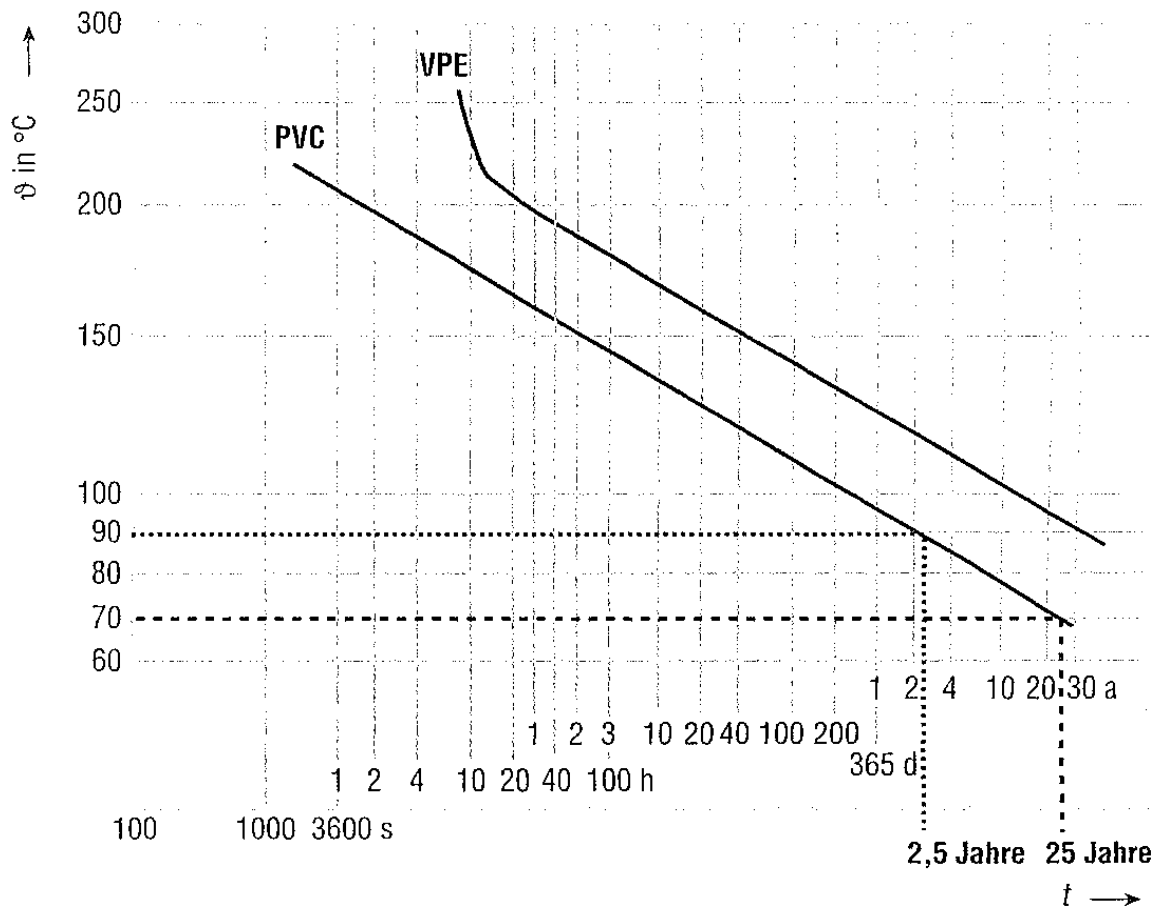
Schienensystem 12x10mm aus Cu vor Anlauf geschützt: 315A Dauerstrom.

Stromschienen in Industrieverteilungen nach DIN 43 671:

Schienensystem 30x5mm aus Cu: blank 379A, gestrichen 447A Dauerstrom.

Leitungsberechnung

Strombelastbarkeit



Lebensdauer von Kabel- und Leitungsisolationen nach DIN VDE 0641-11 Bbl.1 in Annäherung an Arrhenius

Die Lebensdauer von 25 Jahren wird bei einer Leitertemperatur von 70 $^{\circ}\text{C}$ erreicht also bei:

$$I_B = I_Z$$

Zuordnung zum LSS

| | | |
|-----------|---|------------------------|
| 1,00 x IN | = | 70 $^{\circ}\text{C}$ |
| 1,20 x IN | = | 86 $^{\circ}\text{C}$ |
| 1,45 x IN | = | 116 $^{\circ}\text{C}$ |

Zu der endgültigen Lebensdauer von Kabel und Leitungsanlagen kann demnach keine allgemein gültige Aussage getroffen werden. In der Literatur finden sich Angaben von > 40 bis ≤ 50 Jahre.

VPE isolierte Ader ähnlich einer NYM Leitung \rightarrow **NI2XY**

- 90 $^{\circ}\text{C}$ Leitertemperatur, direkte Einbettung in verdichteten Beton, UV-beständig.
- Nicht in Wasser und Erde.
- Nicht halogenfrei.



Leitungsberechnung

Schutzorgane

NH-Sicherungen

Allgemeine Daten:

$I_N = 6 - 1250 \text{ A}$, $U_N = 500 \text{ V}$, $I_{NA} \geq 50 \text{ kA}$

Baugrößen:

NH00 $\rightarrow 160\text{A}$, NH1 $\rightarrow 250\text{A}$, NH2 $\rightarrow \approx 400\text{A}$, NH3 $\rightarrow \approx 800\text{A}$, NH4 $\rightarrow 1250\text{A}$

Auslöseverhalten nach Zeit-Strom Diagramm.

Sicherungseinsätze mit Kennzeichnung der Charakteristik „gL/gG“ verwenden.

Neozed-Sicherungen

Allgemein Daten:

$I_N = 2 - 100 \text{ A}$, $U_N = 400 \text{ V} \sim / 250 \text{ V} -$, $I_{NA} \geq 25 \text{ kA}$

Baugrößen:

D01 $\rightarrow 2 \text{ bis } 16\text{A}$ (E14), D02 $\rightarrow 20 \text{ bis } 63\text{A}$ (E18), D03 $\rightarrow 80 \text{ und } 100\text{A}$ (M30)

Auslöseverhalten nach Zeit-Strom Diagramm.

Sicherungseinsätze mit Kennzeichnung der Charakteristik „gG“ verwenden.

Diazed-Sicherungen

Allgemein Daten:

D-System, Verwendung nur noch für die Instandhaltung in Altanlagen.

Auslöseverhalten nach Zeit-Strom Diagramm.

Sicherungseinsätze mit Kennzeichnung der Charakteristik „gG“ verwenden.

LS-Schalter Typ „B“

Allgemeine Daten:

$I_N = 6 - 63 \text{ A}$, $U_N = 400 \text{ V} \sim$, $I_{NA} = 6 \text{ kA}, 10 \text{ kA}, 25 \text{ kA}$ (15kA)

Thermischer Auslöser (Bimetall):

Kleiner Prüfstrom I_1 : Abschaltung $> 1 \text{ h}$ bei $1,13 \times I_N$

Großer Prüfstrom I_2 : Abschaltung $< 1 \text{ h}$ bei $1,45 \times I_N$

Magnetischer Auslöser (Kurzschluss):

Abschaltung $\geq 0,1 \text{ s}$ (Ansprechschwelle des magn. Auslösers) bei Stromstößen $3 \times I_N$

Abschaltung $< 0,1 \text{ s}$ bei Stromstößen von $5 \times I_N$



Leitungsberechnung

Schutzorgane

LS-Schalter Typ „C“

Allgemeine Daten:

$I_N = 0,5 - 63 \text{ A}$, $U_N = 400 \text{ V~}$, $I_{NA} = 6 \text{ kA}, 10 \text{ kA}, 25 \text{ kA}$ (15kA)

Thermischer Auslöser (Bimetall):

Kleiner Prüfstrom I_1 : Abschaltung $> 1 \text{ h}$ bei $1,13 \times I_N$

Großer Prüfstrom I_2 : Abschaltung $< 1 \text{ h}$ bei $1,45 \times I_N$

Magnetischer Auslöser (Kurzschluss):

Abschaltung $\geq 0,1 \text{ s}$ (Ansprechschwelle des magn. Auslösers) bei Stromstößen $5 \times I_N$

Abschaltung $< 0,1 \text{ s}$ bei Stromstößen von $10 \times I_N$

LS-Schalter Typ „K und Z“

Elektromagnetischer Auslöser bei Charakteristik Z $I_p = 2 \text{ bis } 3 \times I_N$ (Laborgeräte o.ä.)

Elektromagnetischer Auslöser bei Charakteristik K $I_p = 10 \text{ bis } 14 \times I_N$ (Schweranlauf)

LS-Schalter Typ „L“

Allgemeine Daten:

$I_N = 6 - 63 \text{ A}$, $U_N = 400 \text{ V~}$, **In Bestandsverteilungen zu finden!**

Thermischer Auslöser (Bimetall):

Kleiner Prüfstrom I_1 : \approx Abschaltung $> 2 \text{ h}$ bei $1,30 \times I_N$ (je nach Nennstromstärke)

Großer Prüfstrom I_2 : \approx Abschaltung $< 2 \text{ h}$ bei $1,75 \times I_N$ (je nach Nennstromstärke)

Keine Koordination auf $1,45 \times I_N$

Magnetischer Auslöser (Kurzschluss):

Abschaltung $\geq 0,2 \text{ s}$ (Ansprechschwelle des magn. Auslösers) bei Stromstößen $8 \times I_N$

Abschaltung $< 0,2 \text{ s}$ bei Stromstößen von $14 \times I_N$

LS-Schalter Typ „H“

Allgemeine Daten:

In Bestandsverteilungen zu finden!

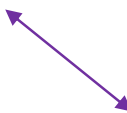
Thermischer Auslöser (Bimetall):

Ähnlich des Typs L

Magnetischer Auslöser (Kurzschluss):

Abschaltung $\approx \text{s}$ (Ansprechschwelle des magn. Auslösers) bei Stromstößen $2 \times I_N$

Abschaltung $\approx \text{s}$ bei Stromstößen von $3 \times I_N$



Der Strom von $3 \times I_N$ wird oft schon durch einfache Betriebsmittel beim Anlaufen oder Einschalten erreicht (Staubsauger/LED).



Leitungsberechnung

Schutzorgane

Selektiver Leitungsschutzschalter (SLS)

(Auch Hauptleitungsschutz genannt).

Allgemeine Daten:

$I_N = 16 - 63 \text{ A}$, $U_N = 690 \text{ V~}$, $I_{NA} = 25 \text{ kA}$ Staffelung: 16, 20, 25, 35, 40, 50, 63 [A]

E und K Selektiv:

Thermischer Auslöser (Bimetall):

Kleiner Prüfstrom I_1 : Abschaltung $> 2 \text{ h}$ bei $1,05 \times I_N$

Großer Prüfstrom I_2 : Abschaltung $< 2 \text{ h}$ bei $1,20 \times I_N$

E Selektiv

Magnetischer Auslöser (Kurzschluss):

Abschaltung $< 10 \text{ s}$ (verzögertes Abschalten) bei Stromstößen $5 \times I_N$ (Ab 35A SLS)

Abschaltung $< 0,3 \text{ s}$ (kurzzeitverzögertes Abschalten) bei Stromstößen von $6,25 \times I_N$

K Selektiv

Magnetischer Auslöser (Kurzschluss):

Abschaltung $< 15 \text{ s}$ (verzögertes Abschalten) bei Stromstößen $8 \times I_N$ (Ab 35A SLS)

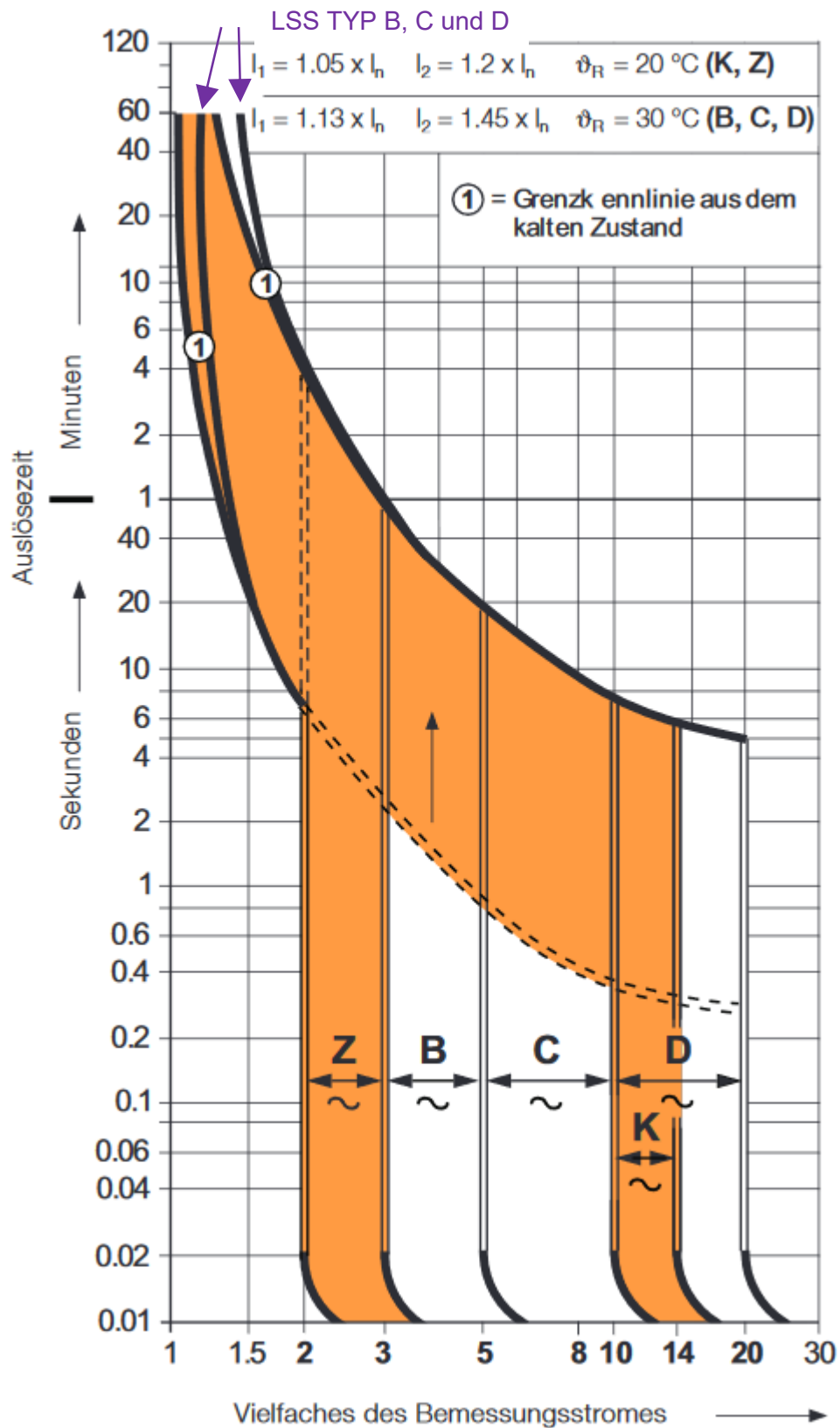
Abschaltung $< 0,3 \text{ s}$ (kurzzeitverzögertes Abschalten) bei Stromstößen von $12 \times I_N$

Abstufungen von Schutzorganen und Kennfarben von Sicherungen

| Nennstrom [A] | Kennfarbe | Info |
|------------------|-----------|------|
| 2 | rosa | |
| 4 | braun | |
| 6 | grün | |
| 10 | rot | |
| 13 | schwarz | gG |
| 16 | grau | |
| 20 | blau | |
| 25 | gelb | |
| 32 | violett | gG |
| 35 | schwarz | |
| 40 | schwarz | gG |
| 50 | weiß | |
| 63 | kupfer | |
| 80 | silber | |
| 100 | rot | |
| 125 | gelb | |
| 160 | kupfer | |
| 200 | blau | |

Leitungsberechnung

Auslösekennlinien Leitungsschutzschalter



Leitungsberechnung

Tabellen aus der DIN VDE 0298-4

Tabelle 3 – Belastbarkeit von Kabeln und Leitungen für feste Verlegung in und an Gebäuden für Verlegearten A1, A2, B1, B2 und C nach Tabelle 2, Leiter aus Kupfer oder Aluminium, Betriebstemperatur am Leiter 70 °C, Umgebungstemperatur 30 °C

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
|--|---|-------------------|---|-------------------|---|----------|---|----------|--|----------|--------------------|
| Verlegeart (Referenz- verlegeart ^a nach Tabelle 2) | A1 | | A2 | | B1 | | B2 | | C | | |
| | Verlegung in wärmedämmten Wänden | | | | Verlegung in Elektro- Installationsrohren | | | | Verlegung auf einer Wand | | |
| | Aderleitungen im Elektro-Installations- rohr in einer wärmedämmten Wand | | Mehradriges Kabel oder mehradrige ummantelte Installa- tionsleitung in einem Elektro-Installations- rohr in einer wärme- gedämmten Wand | | Aderleitungen im Elektro- Installationsrohr auf einer Wand | | Mehradriges Kabel oder mehradrige ummantelte Installa- tionsleitung in einem Elektro- Installationsrohr auf einer Wand | | Ein- oder mehradriges Kabel oder ein- oder mehradrige ummantelte Installationsleitung | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Anzahl belastete Adern | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | |
| Nennquerschnitt mm ² | Belastbarkeit A | | | | | | | | | | |
| Kupfer | 1,5 | 15,5 ^b | 13,5 | 15,5 ^b | 13,0 | 17,5 | 15,5 | 16,5 | 15,0 | 19,5 | 17,5 |
| | 2,5 | 19,5 | 18,0 | 18,5 | 17,5 | 24 | 21 | 23 | 20 | 27 | 24 |
| | 4 | 26 | 24 | 25 | 23 | 32 | 28 | 30 | 27 | 36 | 32 |
| | 4 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 33,02 ^c |
| | 6 | 34 | 31 | 32 | 29 | 41 | 36 | 38 | 34 | 46 | 41 |
| | 10 | 46 | 42 | 43 | 39 | 57 | 50 | 52 | 46 | 63 | 57 |
| | 10 | – | – | – | – | – | – | – | 47,17 ^c | – | 59,43 ^c |
| | 16 | 61 | 56 | 57 | 52 | 76 | 68 | 69 | 62 | 85 | 76 |
| | 25 | 80 | 73 | 75 | 68 | 101 | 89 | 90 | 80 | 112 | 96 |
| | 35 | 99 | 89 | 92 | 83 | 125 | 110 | 111 | 99 | 138 | 119 |
| | 50 | 119 | 108 | 110 | 99 | 151 | 134 | 133 | 118 | 168 | 144 |
| | 70 | 151 | 136 | 139 | 125 | 192 | 171 | 168 | 149 | 213 | 184 |
| | 95 | 182 | 164 | 167 | 150 | 232 | 207 | 201 | 179 | 258 | 223 |
| | 120 | 210 | 188 | 192 | 172 | 269 | 239 | 232 | 206 | 299 | 259 |
| | 150 | 240 | 216 | 219 | 196 | 300 | 262 | 258 | 225 | 344 | 299 |
| | 185 | 273 | 245 | 248 | 223 | 341 | 296 | 294 | 255 | 392 | 341 |
| | 240 | 321 | 286 | 291 | 261 | 400 | 346 | 344 | 297 | 461 | 403 |
| | 300 | 367 | 328 | 334 | 298 | 458 | 394 | 394 | 339 | 530 | 464 |
| Aluminium | 25 | 63 | 57 | 58 | 53 | 79 | 70 | 71 | 62 | 83 | 73 |
| | 35 | 77 | 70 | 71 | 65 | 97 | 86 | 86 | 77 | 103 | 90 |
| | 50 | 93 | 84 | 86 | 78 | 118 | 104 | 104 | 92 | 125 | 110 |
| | 70 | 118 | 107 | 108 | 98 | 150 | 133 | 131 | 116 | 160 | 140 |
| | 95 | 142 | 129 | 130 | 118 | 181 | 161 | 157 | 139 | 195 | 170 |
| | 120 | 164 | 149 | 150 | 135 | 210 | 186 | 181 | 160 | 226 | 197 |
| | 150 | 189 | 170 | 172 | 155 | 234 | 204 | 201 | 176 | 261 | 227 |
| | 185 | 215 | 194 | 195 | 176 | 266 | 230 | 230 | 199 | 298 | 259 |
| | 240 | 252 | 227 | 229 | 207 | 312 | 269 | 269 | 232 | 352 | 305 |
| | 300 | 289 | 261 | 263 | 237 | 358 | 306 | 308 | 265 | 406 | 351 |
| Belastbarkeit aus HD 60364-5-52, Tabelle/Spalte | B.52.2/2 | B.52.4/2 | B.52.2/3 | B.52.4/3 | B.52.2/4 | B.52.4/4 | B.52.2/5 | B.52.4/5 | B.52.2/6 | B.52.4/6 | |

ANMERKUNG In den Spalten 5, 9 und 11 werden runde Leiter mit Querschnitten bis einschließlich 16 mm² angenommen. Werte für größere Querschnitte beziehen sich auf Sektorleiter und können sicher auch für runde Leiter angewendet werden.

^a Weitere Verlegearten siehe [Tabelle 9](#).










^b Siehe [Anhang C](#).

^c Gilt nicht für Verlegung auf einer Holzwand und nicht für die Anwendung von Umrechnungsfaktoren; siehe [Anhang C](#).

Leitungsberechnung

Tabellen aus der DIN VDE 0298-4

Tabelle 4 – Belastbarkeit^a von Kabeln und Leitungen für feste Verlegung in und an Gebäuden für Verlegearten D, E, F und G nach [Tabelle 2](#), Leiter aus Kupfer oder Aluminium, Betriebstemperatur 70 °C, Umgebungstemperatur: 30 °C in Luft, 20 °C im Erdboden

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|
| Verlegeart (Referenzverlegeart ^b nach Tabelle 2) | D ^c | | E | | F | | | G | |
| | Verlegung in Erde | | Verlegung in Luft | | | | | | |
| | Mehradriges Kabel im Elektro-Installations- rohr oder Kabel- schacht im Erdboden | Mehradriges Kabel mit Abstand von mindestens 0,3 x Durchmesser <i>D</i> zur Wand | Einadrige Kabel mit Abstand von mindestens 1 x Durchmesser <i>D</i> zur Wand | | | | | | |
| | | | mit Berührung | | mit Abstand <i>D</i> | | | | |
| |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Anz. belastete Adern | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | | | |
| Nennquerschnitt mm ² | Belastbarkeit A | | | | | | | | |
| Kupfer | 1,5 | 22 | 18 | 22 | 18,5 | - | - | - | - |
| | 2,5 | 29 | 24 | 30 | 25 | - | - | - | - |
| | 4 | 37 | 30 | 40 | 34 | - | - | - | - |
| | 6 | 46 | 38 | 51 | 43 | - | - | - | - |
| | 10 | 60 | 50 | 70 | 60 | - | - | - | - |
| | 16 | 78 | 64 | 94 | 80 | - | - | - | - |
| | 25 | 99 | 82 | 119 | 101 | 131 | 114 | 110 | 146 |
| | 35 | 119 | 98 | 148 | 126 | 162 | 143 | 137 | 181 |
| | 50 | 140 | 116 | 180 | 153 | 196 | 174 | 167 | 219 |
| | 70 | 173 | 143 | 232 | 196 | 251 | 225 | 216 | 281 |
| | 95 | 204 | 169 | 282 | 238 | 304 | 275 | 264 | 341 |
| | 120 | 231 | 192 | 328 | 276 | 352 | 321 | 308 | 396 |
| | 150 | 261 | 217 | 379 | 319 | 406 | 372 | 356 | 456 |
| | 185 | 292 | 243 | 434 | 364 | 463 | 427 | 409 | 521 |
| | 240 | 336 | 280 | 514 | 430 | 546 | 507 | 485 | 615 |
| | 300 | 379 | 316 | 593 | 497 | 629 | 587 | 561 | 709 |
| | 400 | - | - | - | - | 754 | 689 | 656 | 852 |
| | 500 | - | - | - | - | 868 | 789 | 749 | 982 |
| | 630 | - | - | - | - | 1 005 | 905 | 855 | 1 138 |
| Aluminium | 25 | 77 | 64 | 89 | 78 | 98 | 87 | 84 | 112 |
| | 35 | 93 | 77 | 111 | 96 | 122 | 109 | 105 | 139 |
| | 50 | 109 | 91 | 135 | 117 | 149 | 133 | 128 | 169 |
| | 70 | 135 | 112 | 173 | 150 | 192 | 173 | 166 | 217 |
| | 95 | 159 | 132 | 210 | 183 | 235 | 212 | 203 | 265 |
| | 120 | 180 | 150 | 244 | 212 | 273 | 247 | 237 | 308 |
| | 150 | 204 | 169 | 282 | 245 | 316 | 287 | 274 | 356 |
| | 185 | 228 | 190 | 322 | 280 | 363 | 330 | 315 | 407 |
| | 240 | 262 | 218 | 380 | 330 | 430 | 392 | 375 | 482 |
| | 300 | 296 | 247 | 439 | 381 | 497 | 455 | 434 | 557 |
| | 400 | - | - | - | - | 600 | 552 | 526 | 671 |
| | 500 | - | - | - | - | 694 | 640 | 610 | 775 |
| | 630 | - | - | - | - | 808 | 746 | 711 | 900 |
| Belastbarkeit aus HD 60364-5-52, Tabelle/Spalte | B.52.2/7 ^c | B.52.4/7 ^c | B.52.10/2 B.52.11/2 | B.52.10/3 B.52.11/3 | B.52.10/4 B.52.11/4 | B.52.10/6 B.52.11/6 | B.52.10/5 B.52.11/5 | B.52.10/7 B.52.11/7 | B.52.10/8 B.52.11/8 |

ANMERKUNG In den Spalten 3 und 5 werden runde Leiter mit Querschnitten bis einschließlich 16 mm² angenommen. Werte für größere Querschnitte beziehen sich auf Sektorleiter und können sicher auch für runde Leiter angewendet werden.

^a Bei Kabeln mit konzentrischem Leiter gilt die Belastbarkeit nur für mehradrige Ausführungen. Weitere Belastbarkeiten für Kabel siehe auch DIN VDE 0276-603 (VDE 0276-603):2010-03, Teil 3-G, Tabelle 15.

^b Weitere Verlegearten siehe Tabelle 9.

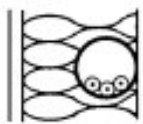

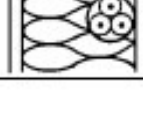
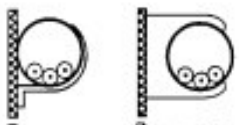

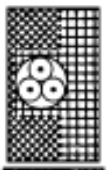
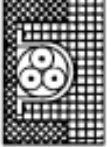
^c Die Werte der Spalte 3 sind HD 60364-5-52:2011 entnommen und gelten für einen Erdbodenwärmewiderstand von 2,5 K · m/W und einer Verlegetiefe von 0,7 m. Bei direkter Erdverlegung und abweichenden Betriebsbedingungen sind die Werte der Bauartnorm DIN VDE 0276-603 (VDE 0276-603) zu entnehmen.

Leitungsberechnung

Tabellen aus der DIN VDE 0298-4

Tabelle 9 – Verlegearten für Kabel und Leitungen für feste Verlegung in und an Gebäuden (1 von 6)

In Spalte 5 werden häufig innerhalb der Installation eingesetzte Bauarten aufgeführt. Bezüglich des Einsatzes dieser Bauarten kann es Einschränkungen geben. Diese Einschränkungen können **DIN VDE 0298-300 (VDE 0298-300)** oder **DIN VDE 0298-3 (VDE 0298-3)** entnommen werden. Darüber hinaus sind auch spezielle Bauarten möglich, bei denen im Einzelfall die Eignung für die betreffende Verlegeart zu prüfen ist (Herstellerangaben beachten).

| 1 Kenn- ziffer | 2 Verlegeart | 3 Beschreibung | 4 Referenzverlegeart zur Ermittlung der Strombelastbarkeit | 5 Häufig eingesetzte Bauarten, die für die Verlegeart zulässig sind |
|----------------------|--|---|---|---|
| 1 |  Raum | Verlegung in einer wärmeisolierten Wand; die Wandinnenseite hat einen Wärmeüber- gangswiderstand von höchstens $0,1 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ | A1 | H07V, H07V2, H07Z1 |
| 2 |  Raum | – Aderleitungen im Elektro-Installationsrohr | A2 | NYM, NYY, NYCWY, NYCY, NHMH, NHXMH, NHXH, NHXHX, NHXCH, NHXCHX, N2XH, N2XCH |
| 3 |  Raum | – Mehradriges Kabel oder mehradrige ummantelte Installationsleitung im Elektro-Installationsrohr | A2 | NYM, NYY, NYCWY, NYCY, NHMH, NHXMH, NHXH, NHXHX, NHXCH, NHXCHX |
| 4 |  | Verlegung im Elektro-Installationsrohr auf einer Wand oder mit einem Abstand kleiner als der 0,3-fache Außendurchmesser des Elektro-Installationsrohrs von einer Wand | B1 | H07V, H07V2, H07Z1 |
| 5 |  | – Aderleitungen oder einadrige Kabel bzw. ummantelte Installationsleitungen | B2 | NYM, NYY, NYCWY, NYCY, NHMH, NHXMH, NHXH, NHXHX, NHXCH, NHXCHX, N2XH, N2XCH |
| 57 |  | Ein- oder mehradrige(s) Kabel oder umman- telt Installationsleitung direkt im Mauerwerk oder Beton mit einem spezifischen Wärme- widerstand von höchstens $2 \text{ K} \cdot \text{m/W}$ | C | NYM, NYY, NYCWY, NYCY, NHMH, NHXMH, NHXH, NHXHX, NHXCH, NHXCHX |
| 58 |  | – ohne zusätzlichen mechanischen Schutz ^o | C | H07V, H07V2, H07V3 NYM, NYY, NYCWY, NYCY, NHMH, NHXMH, NHXH, NHXHX, NHXCH, NHXCHX |

Leitungsberechnung

| 1 Kenn- ziffer | 2 Verlegeart | 3 Beschreibung | 4 Referenzverlegeart zur Ermittlung der Strombelastbarkeit | 5 Häufig eingesetzte Bauarten, die für die Verlegeart zulässig sind |
|----------------------|-----------------|---|---|--|
| 30 | | Ein- oder mehradrige(s) Kabel oder ummantelte Installationsleitung – auf nicht gelochter Kabelrinne ^f | C | NYM, NYY, NYCWY, NYCY, NHMH, NHXMH, NHXH, NHXHX, NHXCH, NHXCHX |
| 31 | | – auf gelochter Kabelrinne horizontal oder vertikal | E oder F | NYM, NYY, NYCWY, NYCY, NHMH, NHXMH, NHXH, NHXHX, NHXCH, NHXCHX |
| 32 | | – auf Kabelkonsolen | E oder F | NYM, NYY, NYCWY, NYCY, NHMH, NHXMH, NHXH, NHXHX, NHXCH, NHXCHX |
| 33 | | Ein- oder mehradrige(s) Kabel oder ummantelte Installationsleitung – mit einem Abstand von mehr als dem 0,3-fachen Außendurchmesser des Kabels/der Leitung von einer Wand | E, F oder G | NYM, NYY, NYCWY, NYCY, NHMH, NHXMH, NHXH, NHXHX, NHXCH, NHXCHX |
| 34 | | Ein- oder mehradrige(s) Kabel oder ummantelte Installationsleitung – auf Kabelpritsche | E oder F | NYM, NYY, NYCWY, NYCY, NHMH, NHXMH, NHXH, NHXHX, NHXCH, NHXCHX |
| 35 | | Ein- oder mehradrige(s) Kabel oder ummantelte Installationsleitung – abgehängt an einem Tragseil oder mit eingebautem Tragseil | E oder F | NYMT |
| 36 | | Blanke Leiter oder Aderleitungen auf Isolatoren | G | Blanke Freileitungsseile nach DIN VDE 0211 (VDE 0211) Isolierte Freileitungsseile nach DIN VDE 0276-626/A1 (VDE 0276-626/A1) |



Leitungsberechnung

Tabellen aus der DIN VDE 0298-4

Tabelle 17 – Umrechnungsfaktoren für Umgebungstemperaturen abweichend von 30 °C für die Strombelastbarkeiten von Kabeln und Leitungen in Luft

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|---|--------|
| Umgebungstemperatur °C | Zulässige bzw. empfohlene Betriebstemperatur am Leiter | | | | | | Mineralisierte Kabel und Leitungen mit zulässiger Manteltemperatur ^a | |
| | 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 |
| 55 | – | 0,41 | 0,61 | 0,71 | – | 0,76 | 0,57 | 0,80 |
| 60 | – | – | 0,50 | 0,63 | – | 0,71 | 0,45 | 0,75 |
| 65 | – | – | 0,35 | 0,55 | – | 0,65 | – | 0,70 |
| 70 | – | – | – | 0,45 | – | 0,58 | – | 0,65 |
| 75 | – | – | – | 0,32 | – | 0,50 | – | 0,60 |
| 80 | – | – | – | – | – | 0,41 | – | 0,54 |
| 85 | – | – | – | – | – | 0,29 | – | 0,47 |
| 90 | – | – | – | – | – | – | – | 0,40 |
| 95 | – | – | – | – | – | – | – | 0,32 |

^a Bei höheren Umgebungstemperaturen ist der Hersteller zu befragen.

Tabelle 26 – Umrechnungsfaktoren für vieladrige Kabel und Leitungen mit Leiternennquerschnitten bis 10 mm²

| 1 | 2 | 3 |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|
| Anzahl der belasteten Adern | Verlegung in Luft | Verlegung in Erde |
| 5 | 0,75 | 0,70 |
| 7 | 0,65 | 0,60 |
| 10 | 0,55 | 0,50 |
| 14 | 0,50 | 0,45 |
| 19 | 0,45 | 0,40 |
| 24 | 0,40 | 0,35 |
| 40 | 0,35 | 0,30 |
| 61 | 0,30 | 0,25 |

Leitungsberechnung

Tabellen aus der DIN VDE 0298-4

Tabelle 21 – Umrechnungsfaktoren für Häufung auf der Wand, im Rohr und Kanal, auf dem Fußboden und unter der Decke

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 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 Außendurchmesser 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 einer Holzdecke, 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 |

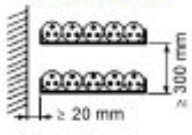
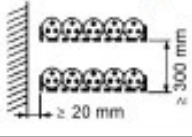
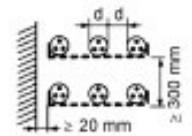

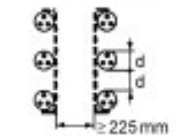
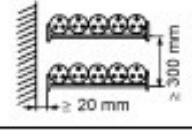
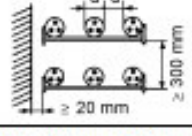
O Symbol für ein einadriges oder ein mehradriges Kabel oder eine einadrige oder eine mehradrige Leitung

- ANMERKUNG**
- Die Umrechnungsfaktoren sind anzuwenden für die Ermittlung der Strombelastbarkeit gleichartiger und gleich belasteter Kabel oder Leitungen bei Häufung in derselben Verlegeart. Die Leiternennquerschnitte dürfen sich dabei höchstens um eine Querschnittsstufe unterscheiden.
 - Wenn der horizontale lichte Abstand zwischen benachbarten Kabeln oder Leitungen das 2-Fache ihres Außendurchmessers überschreitet, braucht kein Reduktionsfaktor angewendet zu werden.
 - Dieselben Reduktionsfaktoren sind anzuwenden bei
 - Gruppen von zwei oder drei einadrigen Kabeln oder Leitungen oder
 - mehradrigen Kabeln oder Leitungen.
 - Wenn ein System sowohl aus zwei- als auch aus dreiadrigen Kabeln oder Leitungen besteht, nimmt man zunächst die Gesamtzahl der Kabel oder Leitungen als die Anzahl der Stromkreise an. Der dafür zutreffende Faktor ist auf die Tabellen für zwei belastete Leiter von zweiadrigen Kabeln oder Leitungen oder auf die Tabellen für drei belastete Leiter von dreiadrigen Kabeln oder Leitungen anzuwenden.
 - Wenn eine Gruppe aus n belasteten einadrigen Kabeln oder Leitungen besteht, darf sie entweder wie $n/2$ Stromkreise mit je zwei belasteten Leitern oder wie $n/3$ Stromkreise mit je drei belasteten Leitern betrachtet werden.

Leitungsberechnung

Tabellen aus der DIN VDE 0298-4

Tabelle 22 – Umrechnungsfaktoren für Häufung von mehradrigen Kabeln oder Leitungen auf Kabelrinnen und Kabelleitern

| 1 | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------------------------|---|--|---|------|------|------|------|------|
| Verlegeanordnung | | Anzahl der Kabelrinnen oder Kabelleitern | Anzahl der mehradrigen Kabel oder Leitungen | | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 9 |
| | | | Umrechnungsfaktoren | | | | | |
| Ungelochte Kabelrinnen |  | 1 | 0,97 | 0,84 | 0,78 | 0,75 | 0,71 | 0,68 |
| | | 2 | 0,97 | 0,83 | 0,76 | 0,72 | 0,68 | 0,63 |
| | | 3 | 0,97 | 0,82 | 0,75 | 0,71 | 0,66 | 0,61 |
| | | 6 | 0,97 | 0,81 | 0,73 | 0,69 | 0,63 | 0,58 |
| Gelochte Kabelrinnen |  | 1 | 1,00 | 0,88 | 0,82 | 0,79 | 0,76 | 0,73 |
| | | 2 | 1,00 | 0,87 | 0,80 | 0,77 | 0,73 | 0,68 |
| | | 3 | 1,00 | 0,86 | 0,79 | 0,76 | 0,71 | 0,66 |
| | | 6 | 1,00 | 0,84 | 0,77 | 0,73 | 0,68 | 0,64 |
| |  | 1 | 1,00 | 1,00 | 0,98 | 0,95 | 0,91 | – |
| | | 2 | 1,00 | 0,99 | 0,96 | 0,92 | 0,87 | – |
| | | 3 | 1,00 | 0,98 | 0,95 | 0,91 | 0,85 | – |
| |  | 1 | 1,00 | 0,88 | 0,82 | 0,78 | 0,73 | 0,72 |
| | | 2 | 1,00 | 0,88 | 0,81 | 0,76 | 0,71 | 0,70 |
| |  | 1 | 1,00 | 0,91 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | – |
| | | 2 | 1,00 | 0,91 | 0,88 | 0,87 | 0,85 | – |
| Kabelleitern |  | 1 | 1,00 | 0,87 | 0,82 | 0,80 | 0,79 | 0,78 |
| | | 2 | 1,00 | 0,86 | 0,81 | 0,78 | 0,76 | 0,73 |
| | | 3 | 1,00 | 0,85 | 0,79 | 0,76 | 0,73 | 0,70 |
| | | 6 | 1,00 | 0,83 | 0,76 | 0,73 | 0,69 | 0,66 |
| |  | 1 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | – |
| | | 2 | 1,00 | 0,99 | 0,98 | 0,97 | 0,96 | – |
| | | 3 | 1,00 | 0,98 | 0,97 | 0,96 | 0,93 | – |

ANMERKUNG Die Umrechnungsfaktoren gelten nur für einlagig verlegte Gruppen von Kabeln oder Leitungen, wie oben dargestellt; sie gelten nicht, wenn die Kabel oder Leitungen mit Berührung übereinander verlegt sind oder die ebenfalls angegebenen Abstände zwischen den Kabelrinnen oder Kabelleitern unterschritten werden. In solchen Fällen sind die Umrechnungsfaktoren zu reduzieren, z. B. nach [Tabelle 21](#).

Leitungsberechnung

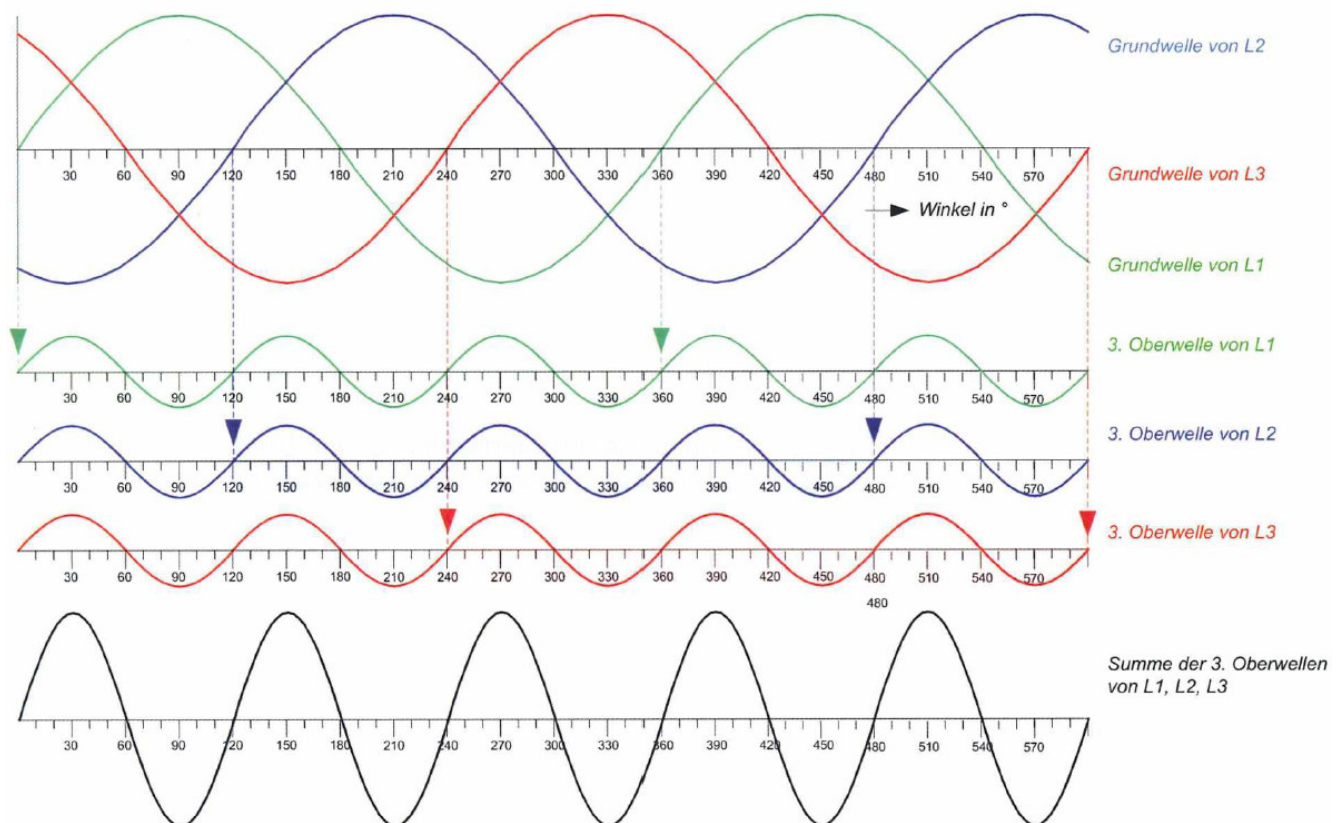
Oberschwingungen

Die nicht sinusförmige Stromaufnahme elektronischer Geräte wie z.B. in Bürogebäuden verwendeten Monitore, Computer, Kopiermaschinen, elektronische Vorschaltgeräte von Beleuchtungsanlagen, Rolltreppen- und Aufzugsantriebe mit Frequenzumrichtern verursacht so genannte Oberwellen (Oberschwingungen).

Wir betrachten die 3, 5 und 7 Oberschwingung (harmonische).

Für Drehstromantriebe ist nur die 5. (Gegensystem, Linksdrehfeld) und 7. (Mitsystem, Rechtsdrehfeld, siebenfach schneller) Oberschwingung zu berücksichtigen, da diese zu Überlastungserscheinungen führen.

Für die Leitungsberechnung ist die 3. Oberschwingung (150Hz) wichtig, diese führt zu einer Überlastung des Neutralleiters.





Leitungsberechnung

Oberschwingungen

Bei der Auslegung einer elektrischen Anlage sind im Regelfall die Scheinleistungen der einzelnen Verbraucher zu berücksichtigen oder es wird von der Annahme $\cos \varphi = 1$, $R=Z$ ausgegangen.

Bei nichtlinearen Verbrauchern liegt der Scheinleistungswert deutlich über dem Wert der Wirkleistung. Die Verschiebung zwischen Wirk- und Scheinleistung wird hauptsächlich durch den Oberschwingungsanteil bestimmt.

Im Zweifelsfall muss mit der doppelten Wirkleistung gerechnet werden.

Wird der Oberschwingungsanteil durch Netzberechnung oder Netzanalyse bestimmt, ist mit nachstehender Tabelle die Korrektur des Leiterquerschnittes vorzunehmen.

Leitung/Kabel mit PEN oder PE/N Leiter.

Tabelle B.1 – Reduktionsfaktoren für Oberschwingungsströme in 4- und 5-adrigen Kabeln und Leitungen

| Dritte Oberschwingung Anteil am Außenleiterstrom | Reduktionsfaktor | |
|---|---|---|
| | Auswahl des Querschnitts nach dem Außenleiterstrom | Auswahl des Querschnitts nach dem Neutralleiterstrom |
| 0 % bis 15 % | 1,0 | – |
| über 15 % bis 33 % | 0,86 | – |
| über 33 % bis 45 % | – | 0,86 |
| über 45 % | – | 1,0 |