

WHITEPAPER

**BERECHNUNG UND AUSWAHL
DES QUERSCHNITTES FÜR
KABEL UND LEITUNGEN IN
AC- UND DC-SYSTEMEN**

BERECHNUNG UND AUSWAHL DES QUERSCHNITTES FÜR KABEL UND LEITUNGEN IN AC- UND DC-SYSTEMEN



INHALT

1. Einleitung
2. Berechnung der Betriebsstromstärke für AC- und DC-Systeme
3. Einfluss von Reduktionsfaktoren auf die zulässige Betriebsstromstärke
4. Berücksichtigung der Kabellänge (Spannungsfall)
5. Berechnungsbeispiel: Anschlussleitungen für Heizgeräte

1. EINLEITUNG

Kabel und Leitungen (Anm.: nachfolgend einfachheitshalber Kabel genannt) haben abhängig von Länge und Querschnitt einen unterschiedlichen elektrischen Widerstand, der bei Stromfluss zur Erwärmung des elektrischen Leiters führt. Je nach eingesetztem Isolierstoff und dessen Wärmebeständigkeit (Isolierstoffklasse) darf diese Temperatur einen zulässigen Wert nicht überschreiten. Für PVC beträgt dieser z. B. 70 °C. Ein Überschreiten der Grenztemperatur bedeutet eine erhebliche Verringerung der Lebensdauer der eingesetzten Kabel oder sogar die Gefahr eines Durchschlags beziehungsweise eines Kurzschlusses. Durch die Wahl des richtigen Leitungsquerschnittes können Kabel und die angeschlossenen Geräte gegen Überlast und Kurzschluss geschützt werden. Das ist auch eine wesentliche Forderung aus der DIN VDE 0100 „Errichten von Niederspannungsanlagen“¹, die bis einschließlich 1.000 V Wechselspannung und 1.500 V Gleichspannung Anwendung findet.

Der Leiterquerschnitt muss daher „ausreichend groß“ gewählt werden. Ausgangspunkt für die Wahl des Querschnitts ist die Ermittlung der Betriebsstromstärke (sog. Leiterstrom). Es müssen dabei die maximale Strombelastbarkeit und Stromform, Umgebungstemperatur, Verlegeart, Häufung, mechanische Festigkeit, Kabel-/Leitungsart, die Kurzschlussstrombelastbarkeit sowie der zulässige Spannungsfall entlang des Kabels berücksichtigt werden.

Die zugehörige Vorgehensweise sowie zur Auslegung notwendige Regeln und Tabellen sind in IEC 60364, Teil 5-52 „Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Kabel- und Leitungsanlagen“² dargestellt, die in Deutschland mit der DIN VDE 0100-520 umgesetzt wurde. Die DIN VDE 0100-520 verweist im Kapitel „Strombelastbarkeit“ auf die DIN VDE 0298-4³, die auszugsweise in der Technischen Tabelle T12 „Belastbarkeit_Grundtabelle_Reduktionsfaktoren“ von LAPP zu finden ist.

Das vorliegende Dokument erläutert, wie der Leiterstrom für AC- und DC-Systeme berechnet wird und wie sich daraus der zu wählende Leiterquerschnitt ergibt. Die Vorgehensweise ist in Kurzform und Bezug nehmend auf die einzelnen Abschnitte wie folgt:

¹ <https://www.dke.de/de/arbeitsfelder/core-safety/din-vde-0100-normenreihe-sicherheit-schutz-elektroinstallation>

² <https://www.dke.de/de/normen-standards/dokument?id=4018246&type=dke|dokument>

³ <https://www.dke.de/de/normen-standards/dokument?id=4018246&type=dke|dokument>

- In Abschnitt 2 wird die Betriebsstromstärke (Leiterstrom I_L) für Wechsel- und Gleichstromsysteme bei bekannter Leistung und anliegender bekannter Nennspannung berechnet. Bei AC wird für I_L zunächst von einem Effektivwert der 50-Hertz-Grundwelle ausgegangen, die rein sinusförmig und unverzerrt ist. Bei DC ist I_L nahezu geglättet und unverzerrt. Der ermittelte Wert I_L stellt eine theoretische Bemessungsgrundlage dar.
- In Abschnitt 3 wird der Einfluss einer abweichenden Umgebungstemperatur, einer gehäuften Leitungsverlegung, von der Zahl aller belasteten Adern (inkl. weiterer Verbraucher) sowie die Auswirkung von Oberschwingungen (nur bei AC) durch die jeweiligen Reduktionsfaktoren dargestellt.
- In Abschnitt 4 erfolgt die Bestimmung des Querschnittes unter Berücksichtigung der Leitungslänge und eines maximal zulässigen Spannungsfalls. Liegen die berechneten Querschnitte nach den Punkten 2, 3 und 4 vor, so ist nach einem Vergleich der größere Wert für die benötigte Leitung zu verwenden.
- Auf die Kurzschlussstrombelastbarkeit wird in diesem Dokument nicht eingegangen.

Die hier dargestellte Vorgehensweise zur Auslegung des Leiterquerschnittes ist eine praxisorientierte Handlungsempfehlung. Für die konkrete Planung einer elektrotechnischen Anlage kann LAPP aus versicherungstechnischen und rechtlichen Gründen trotz dieser Handlungsempfehlung keine Gewährleistung übernehmen.

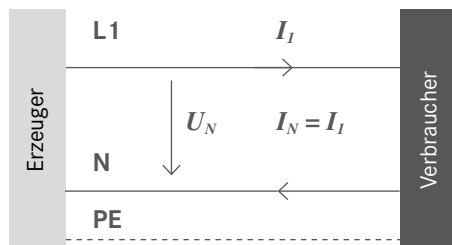
2. BERECHNUNG DER BETRIEBSSTROMSTÄRKE FÜR AC- UND DC-SYSTEME

2.1 Berechnung im Fall von AC-Systemen

Die Berechnung der jeweiligen Betriebsstromstärke (Leiterstrom I_L) erfolgt auf Grundlage der zugehörigen Leistung (siehe Formel 2-1). In AC-Systemen ist zu unterscheiden, ob es sich um ein einphasiges Wechselstromsystem oder ein dreiphasiges Drehstromsystem handelt (siehe Abbildung 2.1). In Industrieanwendungen sind einphasige Wechselstromsysteme für Beleuchtungskreise oder kleinere Antriebe typisch. Große Antriebe (symmetrische Verbraucher) sind dagegen Drehstromverbraucher, die häufig keinen Neutralleiter benötigen.

Einphasiges Wechselstromsystem (WS):

$$I_L = I_I$$



Drehstromsystem (DSS):

$$I_L = I_I = I_2 = I_3 \text{ (symmetr. Belastung)}$$

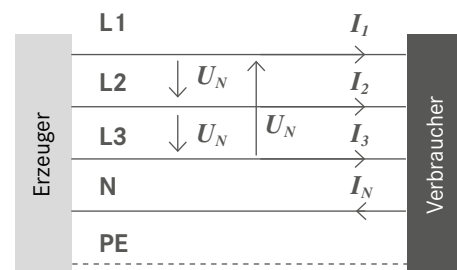


Abbildung 2.1: Leitergrößen im einphasigen Wechsel- und Drehstromsystem

In einem einphasigen Wechselstromsystem (Index AC mit Zusatz „1P“) lautet die Gleichung:

$$S = P_{AC,1P} = U_N \cdot I_L \cdot \eta \cdot \lambda \quad (2-1)$$

Bei dem berechneten Leiterstrom I_L handelt es sich um einen Scheinstrom. Dieser muss stets für die Auslegung der Leiterquerschnitte von L1, L2 und L3 (die sog. Außenleiter) zugrunde gelegt werden, da auch der Anteil der Blindströme zu wirksamen Leiterverlusten und somit zu einer Beanspruchung sowie Erwärmung der Leitung führt. Grundsätzlich sind für den Querschnitt des Neutralleiters N (sofern er für den Anschluss des jeweiligen Verbrauchers notwendig ist) in den meisten Fällen die gleichen Abmessungen wie für die Außenleiter L1, L2 und L3 zu verwenden.

Die Umstellung der Gleichung (2-1) nach dem Leiterstrom liefert den Ausdruck:

$$I_L = \frac{S}{U_L \cdot \eta \cdot \lambda} \quad (2-2)$$

Der Neutralleiter führt ebenfalls den Leiterstrom (als Rückleiter).



LEGENDE

- P - Leistung [W]
- S - Scheinleistung [W]
- U_N - Nennspannung
(Effektivwert der Leiter-
Leiter-Spannung) [V]
- I_L - Effektivwert des Leiter-
stroms (= Scheinstrom) [A]
- I_N - Neutralleiterstrom [A]
- η - Wirkungsgrad [-]
- $\lambda = \frac{P}{S}$ - Leistungsfaktor [-]

Im Drehstromsystem (Index AC mit Zusatz „3P“) ist der obige Ausdruck um den Verkettungsfaktor $\sqrt{3}$ zu erweitern, wenn die angegebene Betriebsspannung eine Nennspannung (Leiter-Leiter-Spannung) ist:

$$S = P_{AC,3P} = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I_L \cdot \eta \cdot \lambda \quad (2-3)$$

Analog zu oben liefert die Umstellung nach dem Leiterstrom den Ausdruck:

$$I_L = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot \eta \cdot \lambda} \quad (2-4)$$

Der Leistungsfaktor λ berücksichtigt die Phasenverschiebung durch Blindleistung bei 50 Hz durch den Wirkfaktor $\cos \varphi$ und Verzerrungen des Gesamtstroms durch Oberschwingungen. Grundsätzlich gelten die folgenden Zusammenhänge

- Für sinusförmige (harmonische) Größen: $\lambda = \cos \varphi$
- Für nicht-sinusförmige Größen: $\lambda = \frac{\cos \varphi}{\sqrt{1 + THD^2}}$

Die Oberschwingungsströme haben einen Einfluss auf den Strom im Neutralleiter und aufgrund der resultierenden Erwärmung auch auf die Dimensionierung der Querschnitte von allen Leitern. Grundsätzlich kann der Einfluss der Oberschwingungen durch den Leistungsfaktor λ berechnet werden. In DIN VDE 0298-4 wird ein Reduktionsfaktor k eingeführt, der den Anteil der 3. Oberschwingung speziell berücksichtigt (siehe Kapitel 3.2).

2.2 Berechnung im Fall von DC-Systemen

Da in DC-Systemen (Index „DC“) keine Blindleistung übertragen wird und keine messbaren Verzerrungen bei Strom und Spannung auftreten, kann der Leistungsfaktor zu $\lambda \sim 1$ gesetzt werden. Für die Leistungsgleichung gilt somit:

$$P = P_{DC} = U_{DC} \cdot I_L \cdot \eta \quad (2-5)$$

Die Umstellung nach dem Leiterstrom ergibt:

$$I_L = \frac{P}{U_{DC} \cdot \eta} \quad (2-6)$$



LEGENDE

- $\cos \varphi$ - Wirkfaktor
(des Leistungsfaktors) [-]
- THD - Total harmonic distortion
(Verzerrungsfaktor) [-]



LEGENDE

- P - Leistung [W]
- U_{DC} - Nennspannung [V]
- I_L - Leiterstrom
(= Wirkstrom) [A]
- η - Wirkungsgrad [normiert]

In Abbildung 2.2 sind die zugehörige Nennspannung und der Leiterstrom im DC-System dargestellt.

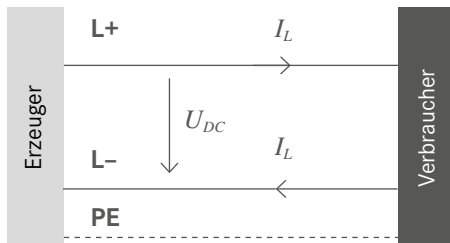


Abbildung 2.2: Darstellung der Nennspannung und des Leiterstromes im DC-System

2.3 Bestimmung des Leiterquerschnittes

Ist die Betriebsstromstärke I_L bekannt oder gemäß den Gleichungen in 2.1 oder 2.2 berechnet, erfolgt die Bestimmung des Leiterquerschnittes in Abhängigkeit der Verlegeart. Dazu wurden Kategorien gemäß DIN VDE 0298-4:2013-063, Tabellen 3 und 4 oder auszugsweise in T12 Tabelle 12-1 (LAPP) festgelegt. Zudem sind für Schweißleitungen T12 Tabelle 12-10 und für Gummischlauchleitungen T12 Tabelle 12-9 heranzuziehen. Die Vorgehensweise zur Anwendung dieser Werte ist zwischen AC- und DC-Systemen identisch.

A1	Aderleitungen im Elektroinstallationsrohr in einer wärmeisolierten Wand
A2	Mehradriges Kabel oder mehradrige ummantelte Installationsleitung in einem Elektroinstallationsrohr in einer wärmeisolierten Wand
B1	Aderleitungen im Elektroinstallationsrohr auf einer Wand
B2	Mehradriges Kabel oder mehradrige ummantelte Installationsleitung in einem Elektroinstallationsrohr auf einer Wand
C	Ein- oder mehradriges Kabel oder ein- oder mehradrige ummantelte Installationsleitung
D	Mehradriges Kabel im Elektroinstallationsrohr oder Kabelschacht im Erdboden
E	Mehradriges Kabel mit Abstand von mindestens $0,3 \cdot \text{Durchmesser } D$ zur Wand
F	Einadrige, sich berührende Kabel mit Abstand von mindestens $1 \cdot \text{Durchmesser } D$ zur Wand
G	Einadrige, mit Abstand D entfernte Kabel mit Abstand von mindestens $1 \cdot \text{Durchmesser } D$ zur Wand

3. EINFLUSS VON REDUKTIONSAKTOREN AUF DIE ZULÄSSIGE BETRIEBSSTROMSTÄRKE

3.1 Reduktionsfaktoren

Im Fall einer von 30 °C abweichenden Umgebungstemperatur, einer gehäuften Leitungsverlegung, hohen Anzahl von strombelasteten Adern oder bei Oberschwingungen im Netz wird das Kabel stärker erwärmt. Dies führt zu einer geringeren Strombelastbarkeit der Außenleiter L1, L2 und L3. Die Reduktion wird durch die nachfolgenden Einflussfaktoren f_1 bis f_4 berücksichtigt:

$$I_Z = I_L \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \quad (3-1)$$

Die Einflussfaktoren, auch Reduktionsfaktoren genannt, sind:

- f_1 - abweichende Umgebungstemperatur von 30 °C
(gemäß DIN VDE 0298-4:2013-06, Tabelle 17 oder auszugsweise in T12
Tabelle 12-2 (LAPP))
- f_2 - gehäuften Leitungsverlegung
(gemäß DIN VDE 0298-4:2013-06, Tabelle 22 oder auszugsweise in T12,
Tabelle 12-6 bis 12-8 (LAPP))
- f_3 - Zahl aller belasteten Adern (inkl. weiterer Verbraucher)
(Anzahl der Adern (Phasen), die Strom führen: drei bei einem symmetrisch
belasteten Drehstromsystem oder zwei bei einem einphasigen Wechsel-
stromsystem; gemäß DIN VDE 0298-4:2013-06, Tabelle 26 oder auszugs-
weise in T12 Tabelle 12-3)
- f_4 - Auswirkungen von Oberschwingungen (im unsymmetrisch belasteten
Wechsel- oder Drehstromsystem)

3.2 Einfluss von Oberschwingungen im AC-System

Oberschwingungen (harmonische) sind ganzzahlige Vielfache der Netzfrequenz. Sie entstehen durch nichtlineare Lasten, wie Entladungslampen (z. B. Energiesparlampen), überlastete Transformatoren, Netzteile mit Spitzenwertgleichrichtern oder durch den Einsatz von Gleichrichtern zur Versorgung von Gleichstrom-Verbrauchern in einem Drehstromsystem⁴.

Oberschwingungen überlagern die Strom-Grundschiwingung der vorherrschenden Netzfrequenz (z. B. 50 Hz) und führen insgesamt zu einem nicht-sinusförmigen Strom in den jeweiligen Außenleitern. Zudem können sich in einem Drehstromsystem je nach verwendetem Gleichrichter die Ströme der 3. Oberschwingung (und derer Vielfachen) aus den einzelnen Außenleitern im Neutralleiter N addieren. Dadurch entstehen unzulässig höhere thermische Beanspruchungen des Neutralleiters und der Außenleiter. Der höherfrequente Stromfluss mit einer Frequenz von $n \cdot 150$ Hz ($n = 1, 2, 3 \dots$) im Neutralleiter zu unerwünschten höherfrequenten



LEGENDE

I_Z - Zulässiger Leiterstrom nach Berücksichtigung der Reduktionsfaktoren (= Strombelastbarkeit) [A]

⁴ <https://www.tuvsud.com/de-de/indust-re/elektrotechnik-info/oberschwingungen2>
(abgerufen am 10.11.2022)

Magnetfeldern führen, die beispielsweise elektronische Geräte stören können. Wird im Neutralleiter eine höhere Stromstärke als in den Außenleitern erwartet, ist der Querschnitt der Leitung auf Grundlage des Neutralleiterstroms zu berechnen.

Die Problematik des Neutralleiterstromes I_N lässt sich auf Grundlage der Knotengleichung (auf Grundlage von Abbildung 2.1, rechts) verdeutlichen:

$$I_1 + I_2 + I_3 + I_N = 0 \quad (3-2)$$

Aufgrund der vorherrschenden Phasenverschiebung von 120° zwischen den Leiterströmen ist für die Grundschiwingung bei 50 Hz und die meisten Oberschwingungen die Summe der Augenblickswerte zu jedem Zeitpunkt gleich null (siehe Abbildung 3.1). Ausnahme bilden Oberschwingungen mit Vielfachen der 3. Ordnung, also auch der 6., 9., 12. ... Ordnung. Bei den Oberschwingungen der 3. Ordnung ist die Phasenverschiebung von 120° genauso groß wie die nach dem Winkel aufgelöste Periodendauer. Dieses geometrische Problem führt dazu, dass die Oberschwingungen in allen drei Außenleitern phasengleich sind und sich die Augenblickswerte der Ströme zum dreifachen Wert im Neutralleiter überlagern (siehe Beispiel für 150 Hz in Abbildung 3.2).

In DIN VDE 0100-520⁵ wird ein Reduktionsfaktor $k = f4$ mit einer sehr feinen Abstufung zum Anteil der 3. Oberschwingung im Gesamtstrom verwendet. Jedoch ist vorab festzustellen, ob sich je nach verwendetem Umrichter und Pulszahl auch durch drei teilbare Oberschwingungen ausbilden. Beispielsweise gilt für einen B6-Brückengleichrichter (typisch für die Ansteuerung eines drehzahlgeregelten Motors), dass sich Stromoberschwingungen der $6n \pm 1$ Ordnungen ausbilden, also 5. und 7., 11. und 13., 17. und 19. etc., d. h. sogenannte Paare mit Vielfachen von plus 6 und minus 1⁶. Deshalb ist es besser, grundsätzlich den Leistungsfaktor für die Dimensionierung heranzuziehen.



LEGENDE

I_z - zulässiger Leiterstrom nach Berücksichtigung der Reduktionsfaktoren (= Strombelastbarkeit) [A]

⁵ Einreichversion E DIN VDE 0100-520/A1 (VDE 0100-520/A1):2022-09 (Stand: 22.07.2022)

⁶ <https://www.ihks-fachjournal.de/sechs-themen-um-oberschwingungen-und-netzqualitaet-in-stromversorgungsnetzen-2/> (abgerufen am 11.11.2022)

Für 50 Hz gilt:

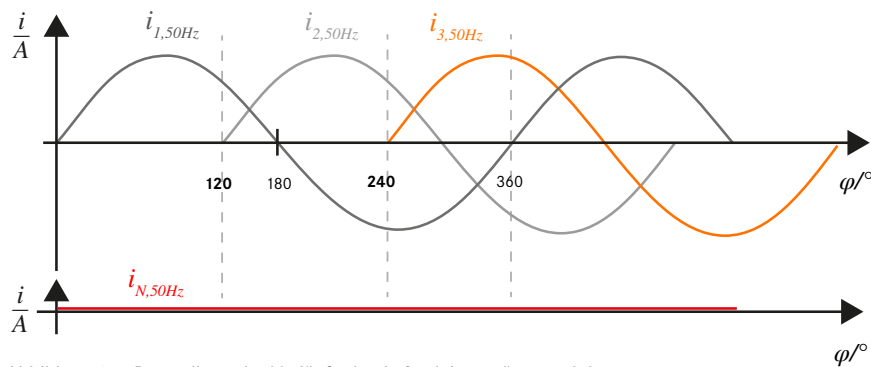


Abbildung 3.1: Darstellung der Verläufe der Außenleiterströme und des Neutralleiterstroms bei 50 Hz über der Phasenlage

Für 150 Hz gilt:

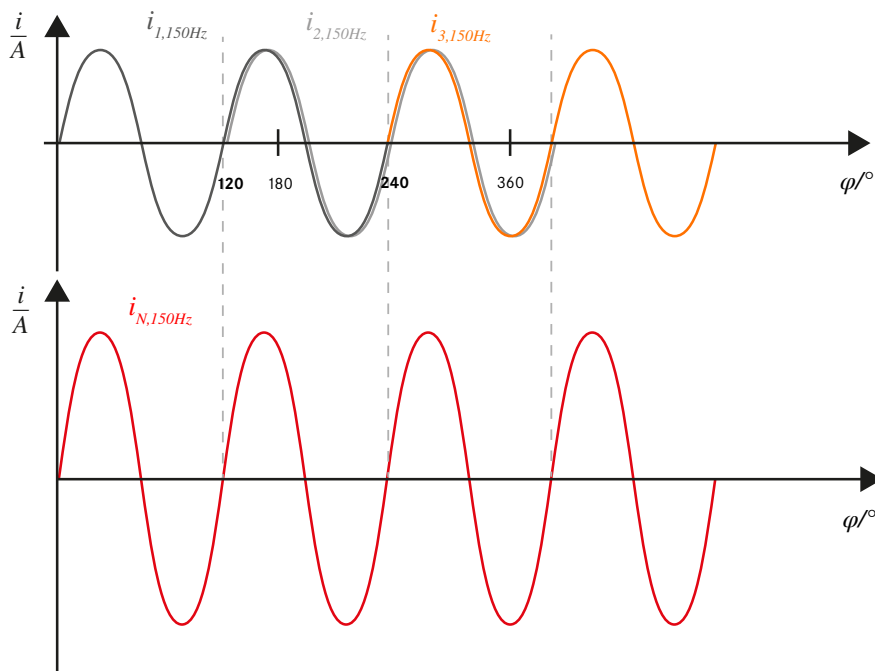


Abbildung 3.2: Darstellung der Verläufe der Außenleiterströme und des Neutralleiterstroms bei 150 Hz über der Phasenlage

Die tatsächliche Strombelastung durch Oberschwingungen kann mit geeigneten Messgeräten, beispielsweise Echteffektiv-Messgeräten, ermittelt werden. Sie werden von verschiedenen Firmen angeboten.

3.2 Strombelastbarkeit für Kabel und Leitungen mit höheren Grenztemperaturen als 70 °C

Bei der Auslegung der Leiterquerschnittes wird im Normalfall von einer Grenztemperatur von 70 °C (zulässige Betriebstemperatur des Isolierstoffes) ausgegangen. Für Kabel, deren Isolierung für eine höhere Grenztemperatur als 70 °C ausgelegt ist, erhöht sich auch die Strombelastbarkeit zu

$$I_Z = I_I \cdot 0,17 \cdot \sqrt{\vartheta_{Ly} - \vartheta_u} \quad (3-3)$$



LEGENDE

- ϑ_u - Umgebungstemperatur [°C]
 ϑ_L - Grenztemperatur [°C]

Beispielhaft sind die Grenztemperaturen für verschiedene Isolierstoffe angegeben:

- PVC-Verdrahtungsleitung NYFAW: $\vartheta_L = 90 \text{ °C}$
- Gummiaderleitung N4GA: $\vartheta_L = 120 \text{ °C}$
- Silikon-Aderleitung H05SJ: $\vartheta_L = 180 \text{ °C}$
- Sonder-Gummiaderleitung NSGAÖU: $\vartheta_L = 90 \text{ °C}$
- Gummi-Schlauchleitung NSSHÖU: $\vartheta_L = 90 \text{ °C}$
- Silikon-Schlauchleitung: $\vartheta_L = 180 \text{ °C}$

4. BERÜCKSICHTIGUNG DER KABELLÄNGE (SPANNUNGSFALL)

Nach der Bestimmung des Kabelquerschnitts unter Berücksichtigung der Strombelastbarkeit ist im nächsten Schritt zu überprüfen, wie sich die Länge des Kabels oder der Leitung auf den Querschnitt auswirkt. Grundsätzlich gilt, je größer die Länge ist, desto größer ist der Widerstand des Leiters und desto größer muss der Leitungsquerschnitt gewählt werden. Dieses Verhalten wird durch den Spannungsfall berücksichtigt, der mit der Länge des Kabels zunimmt.

Jedoch ist zu beachten, dass der Spannungsfall ΔU (in Volt) in Abhängigkeit von der Nennspannung U_n (in Volt) einen zulässigen Wert Δu (in Prozent) nicht überschreitet:

$$\Delta u = \frac{\Delta U}{U_n} \times \% \quad (4-1)$$

Zwischen einem Hausanschlusskasten und Zählerplatz ist ein Wert von $\Delta u \leq 0,5 \%$ gemäß TAB 2019 (Technische Anschlussbedingung)⁷, NAV (Niederspannungsanschlussverordnung)⁸ und VDE-AR-N 4100⁹ nicht zu überschreiten. Vom Zählerplatz bis zum letzten Verbraucher beträgt $\Delta u \leq 3 \%$ gemäß DIN 18015-1¹⁰. Dagegen beschreibt die DIN VDE 100 Teil 520 Abschnitt 525¹¹, dass der Spannungsfall vom Hausanschlusskasten bis zum Verbraucher 4 % nicht übersteigen sollte. Ausnahmen werden hier nur bei Verbrauchern mit hohen Anlaufströmen gemacht, wie beispielsweise bei Motoren. Weitere Unterscheidungen sind in Tabelle 3.1 dargestellt.

Abbildung 3.3 gibt zunächst einen Überblick zu den verschiedenen, maximal zugelassenen Spannungsfällen vom Hausanschlusskasten bis zum Verbraucher.

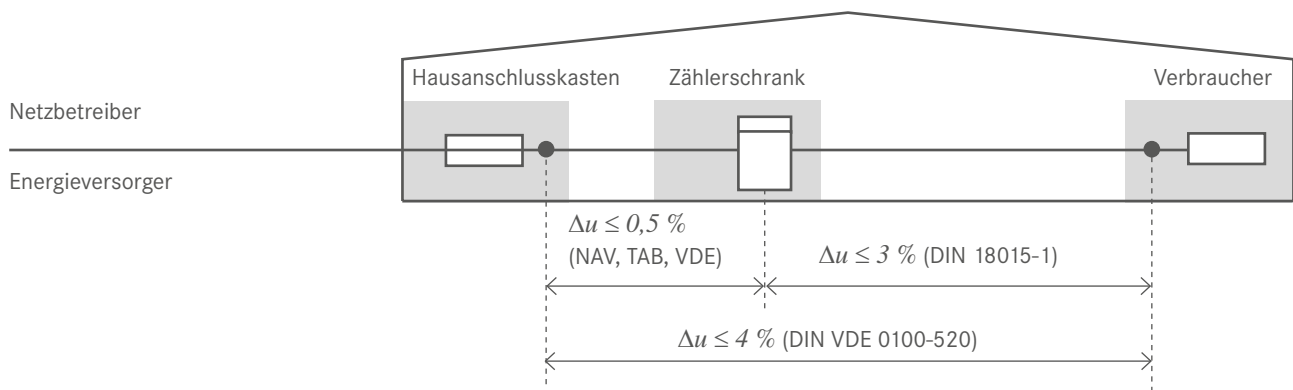


Abbildung 3.3: Darstellung der zulässigen Spannungsfälle vom Hausanschlusskasten bis zum Verbraucher

Netz	Beleuchtungsstromkreise	andere Verbraucher
Öffentl. Versorgungsnetz	3 %	5 %
Privates Versorgungsnetz	6 %	8 %

Tabelle 3.1: Spannungsfälle nach Netzart und Verbraucherart gemäß DIN VDE 100-520¹¹

⁷ https://www.sw-netz.de/wp-content/uploads/TAB_2019.pdf

⁸ https://www.gesetze-im-internet.de/nav/_13.html

⁹ <https://www.vde.com/de/fnn/arbeitsgebiete/tar/tar-niederspannung/tar-niederspannung-vde-ar-n-4100>

¹⁰ <https://www.din.de/de/ueber-normen-und-standards/nutzen-fuer-den-verbraucher/verbraucherrat/ueber-uns/din-18015-1-elektrische-anlagen-in-wohngebaeuden-teil-1-planungsgrundlagen-mit-ausgabedatum-mai-2020-veroeffentlicht-711662>

¹¹ <https://www.vde-verlag.de/normen/0100170/din-vde-0100-520-vde-0100-520-2013-06.html>

Die Berechnung des Leiterquerschnittes A erfolgt in Abhängigkeit des verwendeten Systems:

- **Einphasiger Wechselstrom:**

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

- **Dreiphasiger Wechselstrom (Drehstromsystem):**

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

- **Gleichstrom:**

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

Nach den Berechnungen der Querschnitte nach den Punkten 2, 3 und 4 ist der größere Querschnitt für die benötigte Leitung zu verwenden.



LEGENDE

A	- Leiterquerschnitt [mm ²]
l	- Leitungslänge [m]
ΔU	- absoluter Spannungsfall [V]
I	- Nennstrom [A]
$\cos \varphi$	- Leistungsfaktor [-]
φ	- Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung [°]
γ	- elektrische Leitfähigkeit des Leitermaterials [S/m] (für Kupfer: 58 S/m)

5. BERECHNUNGSBEISPIEL: ANSCHLUSSLEITUNGEN FÜR HEIZGERÄTE

Vier Heizgeräte sollen durch 3 m lange Anschlussleitungen (Mantelleitungen, NYM) auf einer Wand mit einer Umgebungstemperatur bis 45 °C verlegt werden. Jedes der Heizgeräte (Drehstromverbraucher) nimmt einen Betriebsstrom von 10 A auf. Wie ist der Querschnitt zu bemessen?

1. Geforderte Strombelastbarkeit $I_Z = 10 \text{ A}$
2. Berücksichtigung der Reduktionsfaktoren f_1 (abweichende Umgebungstemperatur und f_2 (gehäufte Leitungsverlegung)

$$I_Z = I_L \cdot f_1 \cdot f_2$$

$$I_L = \frac{I_Z}{f_1 \cdot f_2} ; f_1 = 0,79 ; f_2 = 0,65$$

$$I_L = 19,47 \text{ A}$$

3. Tabelle 9.2: Verlegeart Gruppe C (Verlegung auf einer Wand)
→ abgelesener Querschnitt: 2,5 mm² pro Leiter
4. Spannungsfall

$$\Delta u = \frac{\Delta U}{U_n} = 3 \%$$

$$\Delta u = 0,03 \cdot 400 \text{ V} = 12 \text{ V}$$

$$A = \frac{\sqrt{3} \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot \Delta U} = \frac{\sqrt{3} \cdot 3 \text{ m} \cdot 10 \text{ A}}{58 \frac{\text{S}}{\text{m}} \cdot 12 \text{ V}} = 0,075 \text{ mm}^2$$

Der nach dem maximal zulässigen Spannungsfall berechnete Querschnitt ist kleiner als der in Punkt 3 berechnete Querschnitt in Abhängigkeit von der Strombelastbarkeit. Deshalb ist der Querschnitt von 2,5 mm² aus Punkt 3 zu verwenden.

Folgen Sie LAPP auf:



Unsere AGBs finden Sie unter
www.lapp.com/de/de/e/000010

U.I. Lapp GmbH

Schulze-Delitzsch-Straße 25 · 70565 Stuttgart
Tel.: 0711 7838-01 · Fax: 0711 7838-2640
www.lapp.com · info.de.uil@lapp.com

