

1.8 Grundlagen/Widerstand einer Leitung

1.8.1 Situation

Jeder metallische Leiter hat einen bestimmten Widerstand¹. In manchen Fällen muss man diesen Widerstand berücksichtigen, so auch in der folgenden Situation:

Ein Serverraum soll mit einer Leitung der Länge $l = 25$ m ans Versorgungsnetz angeschlossen werden. Die Leitung soll in einem Installationsrohr in einer wärmeisolierten Gipskartonwand untergebracht werden. Damit die Server sicher arbeiten können, soll bei jeder Leitung (Hin- und Rückleitung) zwischen den Enden eine Spannung nicht größer als $U_{max} = 8$ V liegen.

Die Sicherung für den Serverraum ist mit $I_N = 16$ A beschriftet. Diese Stromstärke soll daher auch der Berechnung zugrunde gelegt werden: $I_{max} = 16$ A.

1.8.2 Berechnung

Wie erhält man den maximal erlaubten Widerstand der Leitung?

$$R_{max} = U_{max}/I_{max} = 8 \text{ V}/16 \text{ A} = 0,5 \Omega$$

Nun kann man die Leitung so bauen, dass diese Bedingung erfüllt ist. Aber wovon hängt der Widerstand der Leitung ab?

- je größer l , desto größer R ,
- je größer die Höhe h des Drahtes, desto kleiner R ,
- je größer die Breite b des Drahtes, desto kleiner R ,
- h und b zusammengefasst ergibt $h \cdot b = A_q$ (Querschnittsfläche des Drahtes),
- R ist erfahrungsgemäß materialabhängig.

Es ergibt sich die Formel:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} \quad (1)$$

ρ ist die Materialkonstante, der sogenannte spezifische Widerstand eines metallischen Leiters:

$$\rho = \frac{R \cdot A}{l} \quad (2)$$

Die Tabelle 1 zeigt die spezifischen Widerstände mehrerer wichtiger Leitermaterialien.

| Leitermaterial | ρ in $\frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$ |
|----------------|---|
| Graphit (C) | 65 |
| Aluminium (Al) | 0,026 |
| Gold (Au) | 0,021 |
| Kupfer (Cu) | 0,0178 |
| Silber (Ag) | 0,0167 |

Tabelle 1: Spezifische Widerstände wichtiger Leitermaterialien

ρ wird hier angegeben in der Einheit

$$[\rho] = \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \quad (3)$$

¹wenn er nicht gerade bei niedrigsten Temperaturen als Supraleiter betrieben wird, denn dann ist sein Widerstand $R = 0$.

Der Zahlenwert entspricht dem Widerstand eines Drahtes mit $l = 1 \text{ m}$ und $A_q = 1 \text{ mm}^2$. Die hier benutzte Einheit wird häufig verwendet, weil in der Praxis Leiter oft Längen von mehreren Metern (oder Kilometern) aufweisen, während sich ihre Querschnittsfläche bequem in Quadratmillimetern angeben lässt.

Nun kann der Widerstand der Leitung berechnet werden. Als Material steht (aus Kostengründen) fast immer Kupfer zur Verfügung; übliche Drahtquerschnitte im Installationsbereich sind $0,75 \text{ mm}^2$ sowie $1,5 \text{ mm}^2$ und $2,5 \text{ mm}^2$. Je größer der Querschnitt, desto höher sind auch die Kosten.

Es ergeben sich folgende Resultate:

- Kupferdraht $0,75 \text{ mm}^2$: $R = 0,6 \Omega$
- Silberdraht $0,75 \text{ mm}^2$: $R = 0,6 \Omega$
- Kupferdraht $1,5 \text{ mm}^2$: $R = 0,3 \Omega$

In diesem Fall scheint also eine Kupferleitung der Querschnittsfläche $A_q = 1,5 \text{ mm}^2$ ausreichend.

1.8.3 Weitere Aspekte

Was muss nun bei der Leitungsauswahl noch beachtet werden?

- Wärmeentwicklung,
- mechanische Festigkeit des Drahtes.

Diese Aspekte sind im VDE-Vorschriftenwerk für den „Mindestquerschnitt von Leitungen“ berücksichtigt; in diesem Fall (Verlegung in wärmedämmender Wand bei der angegebenen Stromstärke und zwei stromführenden Leitern) fordert der VDE eine Querschnittsfläche $A_q = 1,5 \text{ mm}^2$. Der berechnete Wert kann also beibehalten werden (ansonsten müsste der größere der beiden Querschnitte genommen werden).

Statt des spezifischen Widerstands ρ wird in manchen Tabellenbüchern auch die spezifische Leitfähigkeit κ angegeben:

$$\kappa = \frac{1}{\rho} \quad (4)$$

Sie hat den Vorteil, dass ihr Zahlenwert umso höher ist, je besser das Material leitet. Als Einheit von κ wird benutzt:

$$[\kappa] = \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} = \frac{\text{MS}}{\text{m}} \quad (5)$$