

2. Ohmscher Widerstand

2.1 Grundlagen

Der ohmsche Widerstand:

- ist ein elektrisches Bauelement mit zwei Anschlüssen.
- ist ein Verbraucher, das heißt er bremst den Strom.
- wandelt die gesamte aufgenommene elektrische Leistung in Wärmeleistung um.

Daraus ergeben sich folgende **Anwendungsmöglichkeiten** des ohmschen Widerstands:

1. Reduzierung eines Stroms
2. Erwärmen von Gegenständen

Schaltzeichen:



Bauform:

siehe Katalog

Man unterscheidet ohmsche Widerstände hauptsächlich durch:

1. ihrem Widerstandswert R ,
2. ihrer maximalen Verlustleistung P_{MAX}
3. und ihrer Toleranz.

2.2 Der Widerstandswert R

Der Widerstandswert R eines Widerstands gibt an wie stark der Widerstand den Strom bremst. Der Widerstandswert R wird in der Einheit Ohm (Abkürzung: Ω) gemessen.

Je größer der Widerstandswert R ist, umso kleiner ist der Strom I.

Im Gegensatz zu anderen Verbrauchern, wie zum Beispiel einer Glühbirne, ist der Widerstandswert eines ohmschen Widerstands immer gleich (siehe auch Versuch 4).

Es gilt das **ohmsche Gesetz**:

$$R = \frac{U_R}{I_R}$$

R ist der Widerstandswert eines Widerstandes in Ohm [Ω]

U_R ist die Spannung an diesem Widerstand in Volt [V]

I_R ist der Strom durch diesen Widerstand in Ampere [A]

Aufgaben:

1. Ein Widerstand, der an eine Spannung von 15V angeschlossen ist, fließt ein Strom von 100mA. Berechne den Widerstandswert und die aufgenommene Leistung.
2. Ein Widerstand von 1000 Ω wird an eine Spannung von 230V angeschlossen. Berechne den Strom durch den Widerstand und die aufgenommene Leistung.

2.3 Die maximale Verlustleistung P_{MAX}

Die maximale Verlustleistung P_{MAX} gibt an wie viel Leistung maximal in einem Widerstand in Wärme umgesetzt werden kann, ohne dass er überhitzt.

**Je mehr Leistung in einem Widerstand in Wärme umgesetzt werden soll,
umso größer muss die Oberfläche des Widerstands sein.**

Aufgabe:

Gegeben ist ein ohmscher Widerstand mit einem Widerstandswert R von 100Ω und einer maximalen Verlustleistung P_{MAX} von $\frac{1}{2}\text{W}$. Berechne die maximale Spannung U_{MAX} an die der Widerstand angeschlossen werden darf.

Lösung:

$$P = U \cdot I \quad \text{mit} \quad I = \frac{U}{R}$$

$$P = U \cdot \frac{U}{R}$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

2.4 Die Widerstandstoleranz

Der tatsächliche Widerstandswert (Istwert) eines Widerstands ist wegen Produktionsschwankungen nie ganz genau gleich dem „aufgedruckten“ Wert (Sollwert). Die Hersteller geben aber in Form einer Prozentzahl den Bereich an in dem der Istwert liegt. Diese Prozentzahl nennt man Toleranz eines Widerstands.

**Je kleiner die Toleranz eines Widerstands ist,
umso näher liegt der Istwert an dem Sollwert.**

Aufgabe:

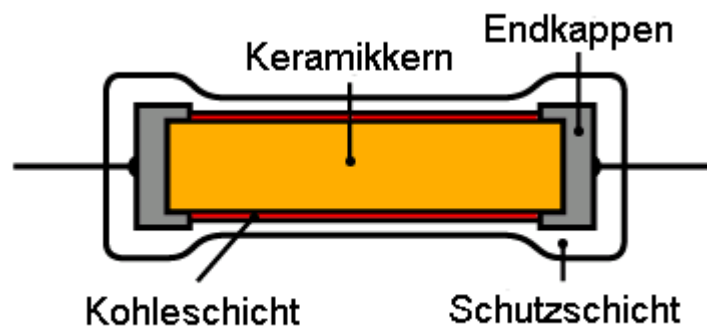
Du hast einen Kohleschichtwiderstand von 470Ω mit einer Toleranz von 5% gekauft. In welchem Bereich darf sich der Widerstandswert dieses Widerstands tatsächlich befinden?

2.5 Innerer Aufbau von ohmschen Widerständen

2.5.1 Kohleschichtwiderstände

Ohmsche Widerstände werden im einfachsten Fall aus Kohlenstoff gefertigt. Kohlenstoff hat die Eigenschaft den Strom weder sehr gut (=elektrischer Leiter) noch sehr schlecht (=Isolator) zu leiten. In Kohleschichtwiderständen wird eine dünne Kohleschicht auf einen Keramikern aufgesprüht. Je dünner die Kohleschicht ist, umso größer wird der Widerstandswert.

Innerer Aufbau eines Kohleschichtwiderstands:



2.5.2 Drahtwiderstände

Drahtwiderstände bestehen aus einem temperaturbeständigen Keramik- oder Kunststoffkörper, auf den ein dünner Draht gewickelt ist. Je dünner und länger der Draht ist, umso größer ist sein Widerstandswert.

Schnittbild eines Drahtwiderstands:



Aufgaben zum ohmschen Widerstand:

Bemerkung: Gib die Resultate deiner Berechnungen mit drei Stellen an die nicht Null sind und runde fachgerecht.

1. Wie verändert sich der Strom durch einen ohmschen Widerstand, wenn man die Spannung halbiert?
2. Wie verändert sich die Spannung an einem ohmschen Widerstand, wenn man den Strom verdreifacht?
3. Wie verändert sich der Widerstandswert eines ohmschen Widerstands, wenn man die Spannung verdoppelt?
4. Wie verändert sich der Widerstandswert einer Glühbirne, wenn man die Spannung verdoppelt?
5. Berechne den Widerstandswert eines Verbrauchers, wenn bei Anschluss an 25kV ein Strom von 500mA fließt. Lösung: $R=50\text{k}\Omega$
6. Ein Widerstand von 120Ω liegt an einer Spannung von 230V. Berechne den aufgenommenen Strom. Lösung: $I_R=1,92\text{A}$
7. Durch einen Widerstand mit 47Ω fließt ein Strom von 2,8A. Berechne die Spannung die am Widerstand liegt. Lösung: $U_R=132\text{V}$
8. Du misst in einer elektronischen Schaltung an einem Widerstand mit der Aufschrift 5k1 eine Spannung von 3,4V. Berechne den Strom der durch den Widerstand fließt. Lösung: $I=667\mu\text{A}$
9. Berechne die maximale Spannung an die eine 5W-Widerstand von 680Ω angeschlossen werden darf, ohne zu überhitzen. Lösung: $U_{\text{MAX}}=58,3\text{V}$
10. Ein Widerstand von 3900Ω ist an eine Spannung von 400V angeschlossen. Berechne die aufgenommene Leistung. Lösung: $P=41,03\text{W}$
11. Eine Glühlampe des Fernlichts in einem Auto nimmt an 12V eine Leistung von 60W auf.
 - a. Berechne den Widerstandswert der Glühlampe bei 12V. Lösung: $R=2,4\Omega$
 - b. Hat die Glühlampe den gleichen Widerstandswert bei 6V? Begründe deine Antwort.

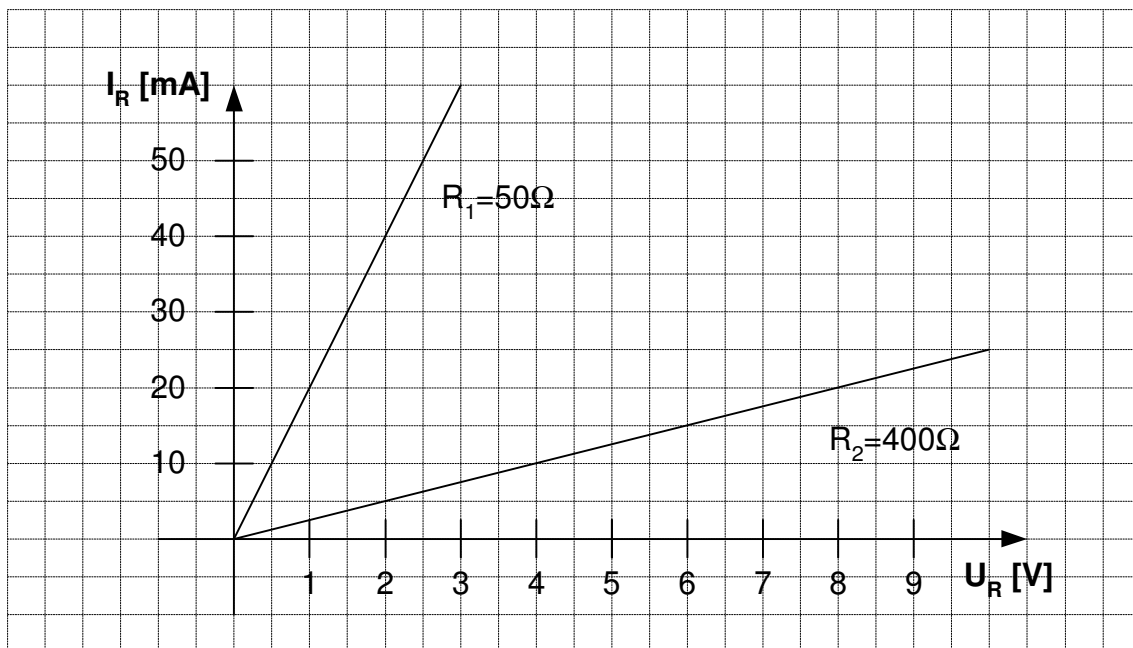
12. Berechne den Widerstand eines 500W-Haartrockners. Lösung: $R=106\Omega$
13. Eine Glühlampe nimmt eine Leistung von 55W auf und wird dabei von einem Strom von 4,58A durchflossen. Berechne den Widerstandswert. Lösung: $R=2,62\Omega$
14. Berechne den größten erlaubten Widerstandswert eines 75Ω -Drahtwiderstands mit einer Toleranz von 10%. Lösung: $R_{\text{MAX}}=82,5\Omega$
15. Welcher Widerstand mit einer Toleranz von 10% hat als kleinsten erlaubten Widerstandswert einen Wert von $82,5\Omega$. Lösung: $91,7\Omega$

2.6 Die Strom-Spannungs-Kennlinie eines ohmschen Widerstands

Im Versuch zum ohmschen Gesetz haben wir bereits festgestellt, dass die Strom-Spannungs-Kennlinien von ohmschen Widerständen Geraden sind, die durch den Nullpunkt gehen.

Aufgabe:

Zeichne in ein Achsenkreuz die Strom-Spannungs-Kennlinie eines 50Ω und eines 400Ω -Widerstandes ein.



Je größer der Widerstandswert R ist, umso flacher verläuft die Strom-Spannungs-Kennlinie.

Eine gerade Kennlinie die den Nullpunkt schneidet, bedeutet dass die beiden Größen proportional sind, d.h. wenn eine Größe sich vervielfacht, dann vervielfacht sich die andere Größe um den gleichen Faktor.

**Verdoppelt man die Spannung an einem ohmschen Widerstand,
so verdoppelt sich auch der Strom durch den Widerstand.
Man sagt der Strom ist proportional zur Spannung.**

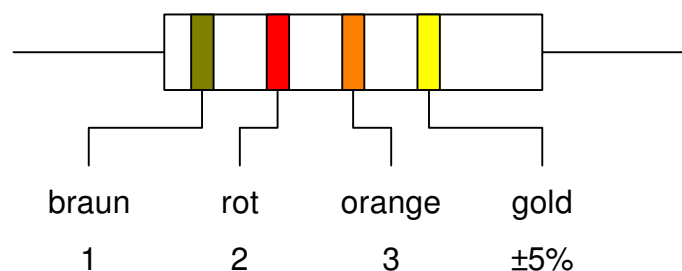
2.7 Farbringe und Widerstandsbeschriftungen

Auf kleinen Widerständen wird der Widerstandswert mit Hilfe von Farbringen aufgedruckt. In der Praxis trifft man hauptsächlich das 4-Farbring oder 5-Farbringsystem an, die aber beide gleich funktionieren.

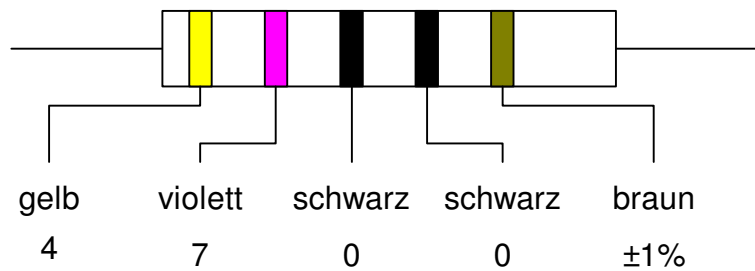
Die ersten Ringe geben den Grundwert an. Der vorletzte Ring gibt die Zehnerpotenz des Multiplikationsfaktors an. Der letzte Ring gibt die Toleranz an. Für die Farben gilt:

| Farbe | Bedeutung |
|---------|--------------------|
| Silber | -2 oder $\pm 10\%$ |
| Gold | -1 oder $\pm 5\%$ |
| Schwarz | 0 |
| Braun | 1 oder $\pm 1\%$ |
| Rot | 2 |
| Orange | 3 |
| Gelb | 4 |
| Grün | 5 |
| Blau | 6 |
| Violett | 7 |
| Grau | 8 |
| Weiß | 9 |

Beispiel 4-Farbringe:



$$\begin{aligned}
 R &= 12 \cdot 10^3 \Omega \pm 5\% \\
 &= 12 \cdot 1000 \Omega \pm 5\% \\
 &= 12000 \Omega \pm 5\% \\
 R &= 12 \text{ k}\Omega \pm 5\%
 \end{aligned}$$

Beispiel 5-Farbringe:

$$R = 470 \cdot 10^0 \Omega \pm 1\%$$

$$= 470 \cdot 1 \Omega \pm 1\%$$

$$R = 470 \Omega \pm 1\%$$

Für die Praxis stellt sich jetzt nur noch die Frage woran man den ersten Ring erkennt, denn je nachdem wie man den Widerstand hält, kann der erste Ring auch hinten liegen. Laut DIN-Norm muss der erste Ring deutlich näher an einem Ende des Widerstands liegen, als der letzte. In der Praxis kommt es aber vor, dass kaum ein Unterschied zu erkennen ist. Für diesem Fall gilt:

1. Der erste Ring kann nicht silber- oder gold-farbig sein.
2. Der Toleranzring (letzter Ring) kann nur silber, gold oder braun sein.
3. Ist ein Ring dicker, so ist dies der letzte Ring.

Aufgaben zu den Farbringen:

1. Gib den Widerstandswert und die Toleranz der Widerstände mit folgenden Farbringen an.
 - a. Gelb, Orange, Schwarz, Braun, Braun
 - b. Rot, Violett, Gold, Gold
 - c. Grau, Rot, Schwarz, Gold, Braun
 - d. Braun, Blau, Schwarz, Rot, Braun
 - e. Violett, Grün, Schwarz, Orange, Braun
 - f. Rot, Rot, Grün, Gold

2. Gib die Farbringe folgender 5%-Widerstände im 4-Farbringsystem an.

- a. 33Ω
- b. $4,7k\Omega$
- c. 560Ω
- d. $390k\Omega$
- e. $2,7M\Omega$

Auf größeren Widerständen wird der Widerstandswert meistens in direkt lesbarer Schrift aufgedruckt. Dennoch trifft man auch hier öfter auf eine Sonderform.

$$\text{---} \boxed{2R7} \text{---} \quad R=2,7\Omega$$

$$\text{---} \boxed{5k1} \text{---} \quad R=5,1k\Omega$$

$$\text{---} \boxed{8M2} \text{---} \quad R=8,2M\Omega$$

$$\text{---} \boxed{R33} \text{---} \quad R=0,33\Omega$$

Aufgabe zu den Widerstandsbeschriftungen:

Gib den Widerstandswert der Widerstände mit folgenden Aufdrucken an.

1. 1k5
2. 220k
3. 5M6
4. 39R
5. 4R7
6. R47

2.8 Leiterwiderstand

Bisher sind wir davon ausgegangen, dass Leitungen dem Strom keinen Widerstand entgegensetzen. Dem ist nicht so, denn sonst könnten Leitungen auch nicht überhitzen.



Es gilt:

$$R_L = \frac{\rho \cdot l}{A} \quad \text{und} \quad A = \pi \cdot r^2 = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

R_L ist der Widerstand des Leiters (=Leiterwiderstand) in Ohm [Ω]

l ist die Länge des Leiters in Meter [m]

A ist die Querschnittsfläche des Leiters in **Quadratmillimeter** [mm^2]

ρ (gesprochen: rho) ist der spezifische Widerstand des Leitermaterials in $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$

d ist der Durchmesser des Leiters in Millimeter [mm]

r ist der Radius (= halber Durchmesser) des Leiters in Millimeter [mm]

Der spezifische Widerstand ρ ist ein Maß für die Leitfähigkeit des Leitermaterials. Je kleiner der spezifische Widerstand ist, umso besser leitet das Material den Strom. Jedes Leitermaterial hat einen bestimmten spezifischen Widerstand, z.B.:

| Leitermaterial | ρ in $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ |
|----------------|---|
| Gold | 0,0230 |
| Silber | 0,0160 |
| Kupfer | 0,0178 |
| Aluminium | 0,0282 |
| Kohlenstoff | 35 |

- Je länger der Leiter ist, umso größer ist der Leiterwiderstand R_L .
- Je größer die Querschnittsfläche A ist, umso kleiner ist der Leiterwiderstand R_L .
- Je größer der spezifische Widerstand ρ ist, umso größer ist der Leiterwiderstand R_L .

Aufgaben zum Leiterwiderstand:

1. Gegeben ist eine Leiter aus Kupfer mit einer Länge von 1m und einem Querschnitt von 1mm^2 .
 - a. Berechne den Leiterwiderstand.
 - b. Vergleiche den Wert des Leiterwiderstands in Punkt a mit dem spezifischen Widerstand des Leitermaterials. Welche allgemeine Schlussfolgerung kannst du in Bezug auf den Wert des spezifischen Widerstands ziehen?
2. Wie verändert sich der Leiterwiderstand, wenn man die Länge verdreifacht?
3. Wie verändert sich der Leiterwiderstand, wenn man die Querschnittsfläche verdoppelt?
4. Wie verändert sich die Querschnittsfläche, wenn man den Durchmesser verdoppelt?
5. **Wie verändert sich der Leiterwiderstand, wenn man den Durchmesser verdoppelt?**
6. Stelle die drei Formeln zum Leiterwiderstand nach allen Größen um.
7. Gegeben ist eine 60km lange Hochspannungsleitung aus Aluminium mit einem Durchmesser von 5cm. Die Leitung wird von einem Strom von 2000A durchflossen.
 - a. Berechne den Leiterwiderstand. Lösung: $R_L=0,862\Omega$
 - b. Berechne den Spannungsverlust auf der Leitung. Lösung: $U_L=1,72\text{kV}$
8. Berechne den Spannungsverlust auf einer 50m langen Kupferleitung ($3 \times 2,5\text{mm}^2$), wenn an dessen Ende ein Heizlüfter (2000W, 230V) angeschlossen ist. Lösung: $U_L=6,19\text{V}$
9. Berechne den Widerstand einer Bleistiftmine von 10cm Länge und 2mm Durchmesser.
Bemerkung: Bleistiftminen bestehen heute aus Kohlenstoff und nicht mehr aus Blei wie man es durch den Namen vermuten könnte. Lösung: $R_L=1,11\Omega$

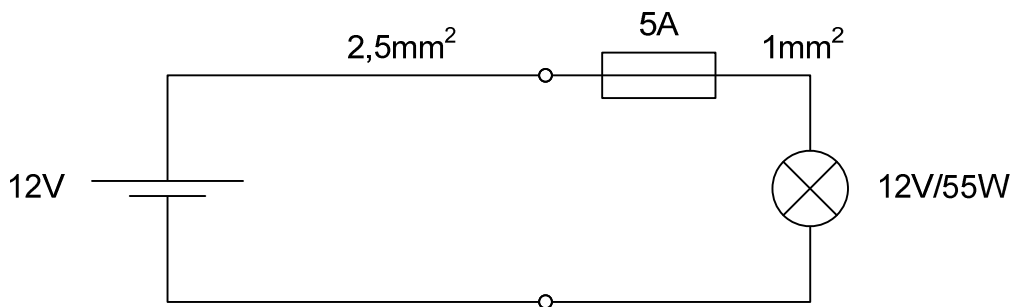
2.9 Leiterquerschnitt und Sicherung

Bereits im Kapitel 1.7 haben wir gesehen, dass jede Leitung an ihrem Anfang mit einer Sicherung gegen Überlastungen geschützt werden muss. Der Nennwert dieser Sicherung muss auf den Querschnitt der Leitung die sich hinter der Sicherung befindet angepasst sein.

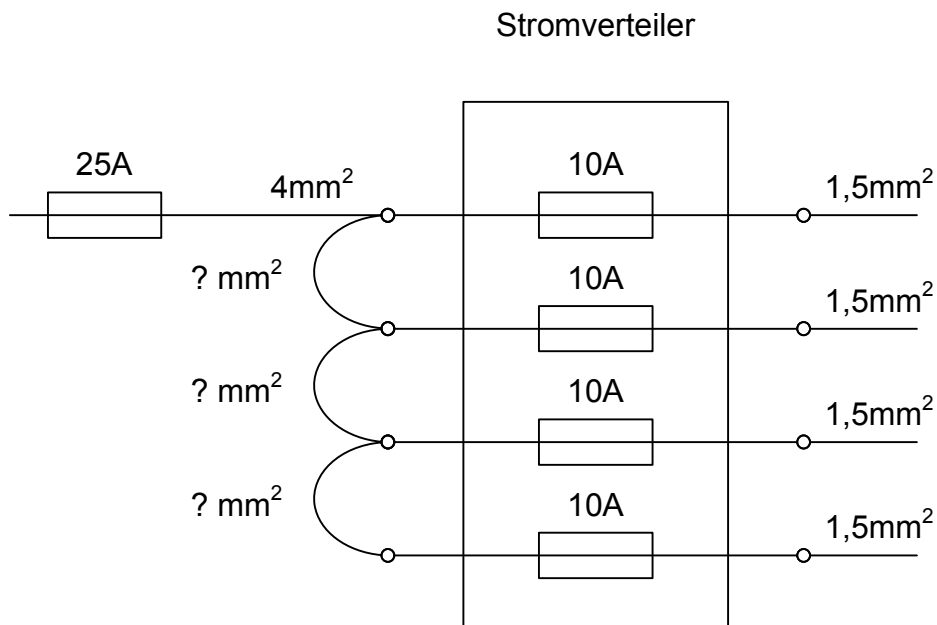
Als Richtlinie kann man sagen, dass der Querschnitt einer Ader 1mm^2 pro $6,67\text{A}$ betragen muss die hindurchfließen sollen.

Aufgaben zu Leiterquerschnitt und Sicherung:

1. Erkläre was an der folgenden Installation falsch ist? Was könnte in welcher Situation schief gehen?



2. Gegeben ist folgender Stromverteiler in dem der Strom von der Zuleitung auf vier Verbraucher verteilt wird. Welche Querschnitte müssen die Leitungsbrücken haben?



3. In einer Aufputzdose befinden sich zwei Steckdosen und ein Schalter zum Schalten der daran angeschlossenen Lampe. Welchen Nennwert muss man für die Sicherung bei dieser Installation wählen?

