

## Fachmathematik Elektrik / Elektronik

### Inhalt

- Leiterwiderstand  $R_l$  [ $\Omega$ ]
- spezifischer Widerstand  $\rho$  rho (griech) [ $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ]
- elektrische Leitfähigkeit  $\kappa$  Kappa, oder  $\gamma$  Gamma (griech) [ $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ ]

## Der spezifische Widerstand

Formelbuchstabe des spezifischen Widerstandes:  $\rho$  rho (griech)

Einheit des spezifischen Widerstandes:  $[\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}]$

### **Begriffsdefinition des spezifischen Widerstandes:**

Der spezifische Widerstand ist der ureigenste Widerstand, den ein leitender Stoff von natur aus besitzt.

### **Er ist definiert mit:**

Ein Werkstoff besitzt einen Widerstand von einem Ohm bei einer Fläche von einem  $\text{mm}^2$ , bezogen auf einer Länge von einem Meter.

Einheit des spezifischen Widerstandes:

$$\rho = \left[ \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right]$$

Die unterschiedlichen elektrisch leitenden Stoffe, leiten den elektrischen Strom unterschiedlich gut. Die Ursache dieses unterschiedlichen Leitvermögens ist der ureigenste Widerstand, den ein leitender Stoff von natur aus besitzt. Dieses Vermögen hängt vom Atomabstand und von der Anzahl der Atome und damit von der Anzahl der freien Elektronen ab.

## Die elektrische Leitfähigkeit

Formelbuchstabe der Leitfähigkeit:  $\kappa$  Kappa, oder  $\gamma$  Gamma (griech)

Einheit der Leitfähigkeit:  $[\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2]$

### Begriffsdefinition der elektrischen Leitfähigkeit:

Die Leitfähigkeit gibt an, wie viel Meter elektrischer Leiterwerkstoff bei einer Fläche von einem  $\text{mm}^2$  benötigt werden, um einen Widerstand von einem Ohm zu erreichen.

### Er ist definiert mit:

Ein Werkstoff hat dann eine Länge von einem Meter, wenn er bei einer Fläche von einem  $\text{mm}^2$  einen Widerstand von einem Ohm besitzt.

Einheit der Leitfähigkeit:

$$\kappa = \left[ \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \right]$$

Die elektrische Leitfähigkeit  $\kappa$  ist der Kehrwert  $1/\rho$ , oder auch Reziprokwert, des spezifischen Widerstandes  $\rho$ .

$$\kappa = \frac{1}{\rho} \Rightarrow \left[ \frac{1}{\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}} \Rightarrow \frac{1 \cdot \text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \right] = \text{m} / \Omega \cdot \text{mm}^2$$

umgestellt nach  $\rho$

Der spezifische Widerstand  $\rho$  ist der Kehrwert  $1/\kappa$ , oder auch Reziprokwert, der elektrischen Leitfähigkeit  $\kappa$ .

$$\rho = \frac{1}{\kappa} \Rightarrow \left[ \frac{1}{\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}} \Rightarrow \frac{1 \cdot \Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right] = \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$$

Abb.: 1 Tabelle 1 spezifische Widerstände und Leitfähigkeiten von verschiedenen elektrisch leitenden Stoffen:

Werkstoff	spezifischer Widerstand $\rho$	Einheit	Leitfähigkeit $\kappa$	Einheit
Aluminium (Al)	0,0278	$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	36	$\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$
Blei (Pb) Plumbum	0,208	$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	4,8	$\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$
Eisen (Fe) Ferrum	0,13	$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	7,7	$\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$
Kupfer (Cu) Cuprum	0,0178	$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	56	$\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$
Kohle (C) Carbon	40 – 60	$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	0,02	$\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$
Konstantan (CuNi)	0,49	$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	2,04	$\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$
Messing (CuZn)	0,07	$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	14,3	$\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$
Nickel (Ni)	0,095	$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	10,5	$\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$
Silber (AG) Argentum	0,0167	$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	60	$\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$
Wolfram (W)	0,055	$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	18,2	$\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$
Zink (Zn) Zincum	0,0625	$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	16	$\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$
Zinn (Sn) Stannum	0,115	$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	8,7	$\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$

### Anmerkung, Tipp 1:

Um den spezifischen Widerstand aus der Leitfähigkeit zu berechnen, hilft eine Taste in Ihrem Taschenrechner ungemein.

Es müsste die Funktionstaste **1/X**, oder **X<sup>-1</sup> = Kehrwerttaste** auf Ihrer Tastatur stehen. Diese Funktionstaste übernimmt für Sie die mathematische Rechenoperation **1 geteilt durch (1/)**. Schauen Sie auf Ihren Taschenrechner.

### Beispiel:

$$\kappa_{\text{Cu}} = 56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$$

Sie geben zuerst den elektrischen Leitwert **56** in den Taschenrechner ein, danach drücken Sie die Funktionstaste **1/X**, oder **X<sup>-1</sup>**, jetzt führt Ihr Taschenrechner die mathematische Operation **1 : 56** durch, Ergebnis = **0,017857142  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$**

Durch diese mathematische Operation sparen Sie sehr viel Zeit, wenn Sie konventionell rechnen würden, sieht die Eingabe folgendermaßen aus: **1 : 56**, Sie müssen **4-mal tippen**, dann müssen Sie noch die Taste **=** drücken, also **insgesamt 5 Tasten** drücken.

Benutzen Sie die **Kehrwerttaste**, brauchen Sie nur **3-mal tippen**, die Zahl **56** eingeben, dann die **Kehrwerttaste 1/X**, oder **X<sup>-1</sup>** drücken, also **insgesamt 3 Tasten** drücken, Ergebnis = **0,017857142  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$** .

Probieren geht über studieren, tippen Sie einfach mal die einzelnen elektrischen Leitfähigkeiten oben aus der Tabelle in den Taschenrechner und drücken danach jedes Mal die Kehrwerttaste.

Geht doch :o)

## Der elektrische Leiterwiderstand

Formelbuchstabe des Leiterwiderstandes:  $R_l$   
 Einheit des Leiterwiderstandes:  $[\Omega]$

Fließt ein Strom durch einen elektrischen Leiter, so prallen die Elektronen auf ihrem Weg durch den Leiter ständig mit den Atomen des Leiterwerkstoffes zusammen, sie werden also in ihrer Fortbewegung behindert. Dem Elektronenfluss wird ein Widerstand entgegengesetzt. Nun ist jetzt leicht nachvollziehbar, das, wenn der elektrische Leiter länger und länger wird, die Möglichkeit des Zusammenprallens immer öfter gegeben ist, das heißt, der Widerstand nimmt zu. Verkürzt man den elektrischen Leiter, nimmt sein Widerstand ab. Wenn nun die Leiterfläche kleiner wird, können die Elektronen auch nicht so gut durch diesen Leiter fließen, sie müssen sich immer mehr durch den Leiter „durchzwängen“, dadurch wird er auch hochohmiger. Vergrößert man die Leiterfläche, wird es den Elektronen leichter gemacht, durch diese Leiterfläche durchfließen zu können. Der Leiterwiderstand wird also mit Zunahme der Leiterfläche niederohmiger.

Jeder Werkstoff lässt den elektrischen Strom unterschiedlich gut fließen, dieses hängt mit dem Aufbau des Werkstoffs zusammen, Atomanzahl und damit die Elektronenzahl und dem Atomabstand. Dieses ist festgelegt in seinem ureigensten Widerstand, von natur aus gegeben, dem spezifischen Widerstand.

Diese drei Abhängigkeiten ergeben den Widerstand eines elektrischen Leiter.

Der Widerstand eines elektrischen Leiters ist abhängig:

1. von der Leiterlänge	$l$ [m]	$R_l \sim l$	$R_l$ ist proportional der Leiterlänge
2. von der Leiterfläche	$A$ [mm <sup>2</sup> ]	$R_l \sim 1/A$	$R_l$ ist umgekehrt proportional der Leiterfläche
3. vom spezifischen Widerstand	$\rho$ [ $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ]	$R_l \sim \rho$	$R_l$ ist proportional dem spezifischen Widerstand

Der Widerstand eines Leiters wird umso größer, je länger seine Länge und je höher sein spezifischer Widerstand ist und je kleiner seine Leiterfläche ist.

Oder auch:

Der Widerstand eines Leiters wird umso kleiner, je kürzer seine Länge und je niedriger sein spezifischer Widerstand ist und je größer seine Leiterfläche ist.

~ Proportionalitätszeichen, proportional = verhältnismäßig, in gleichem Verhältnis stehend, entsprechend.

**Erläuterung:**

- Sobald der Leiter länger wird, erhöht sich sein Widerstand.
- Sobald der Leiter kürzer wird, verringert sich sein Widerstand.
- Sobald die Leiterfläche kleiner wird, erhöht sich sein Widerstand.
- Sobald die Leiterfläche größer wird, verringert sich sein Widerstand.
- Sobald der spezifische Widerstand größer wird, erhöht sich sein Widerstand.
- Sobald der spezifische Widerstand kleiner wird, verringert sich sein Widerstand.

Diese drei Anhängigkeiten **Leiterlänge  $l$** , **Leiterfläche  $A$** , und **spezifischer Widerstand  $\rho$** , ergeben die mathematische Gleichung für die Berechnung des **Leiterwiderstandes  $R_l$**  :

$$R_l = \frac{\rho \cdot l}{A} \Rightarrow \left[ \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}}{\text{m} \cdot \text{mm}^2} \right] = \Omega$$

umgestellt nach  
den einzelnen Größen

$$A = \frac{\rho \cdot l}{R_l} \Rightarrow \left[ \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}}{\text{m} \cdot \Omega} \right] = \text{mm}^2$$

$$l = \frac{A \cdot R_l}{\rho} \Rightarrow \left[ \frac{\text{mm}^2 \cdot \Omega \cdot \text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \right] = \text{m}$$

Die einzelnen Größen sind mit folgenden Einheiten behaftet:

Größe		Benennung	Einheit
$R_l$	=	Leiterwiderstand	$[\Omega]$
$l$	=	Leiterlänge	$[\text{m}]$
$A$	=	Leiterfläche	$[\text{mm}^2]$
$\rho$	=	spezifischer Widerstand	$[\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}]$

Eine alternative Berechnung des Widerstandes eines elektrischen Leiters, kann auch unter Berücksichtigung der **elektrischen Leitfähigkeit  $\kappa$**  durchgeführt werden.

Hierbei bleiben die beiden anderen Anhängigkeiten **Leiterfläche  $A$**  und **Leiterlänge  $l$** , zur mathematische Berechnung des **Widerstandes eines Leiters  $R_l$** , bestehen:

$$R_l = \frac{l}{A \cdot \kappa} \Rightarrow \left[ \frac{\cancel{m} \cdot \Omega \cdot \cancel{mm^2}}{\cancel{mm^2} \cdot \cancel{m}} \right] = \Omega$$

umgestellt nach  
den einzelnen Größen

$$A = \frac{l}{R_l \cdot \kappa} \Rightarrow \left[ \frac{\cancel{m} \cdot \Omega \cdot mm^2}{\Omega \cdot \cancel{m}} \right] = mm^2$$

$$l = A \cdot R_l \cdot \kappa \Rightarrow \left[ \frac{\cancel{mm^2} \cdot \Omega \cdot m}{\Omega \cdot \cancel{mm^2}} \right] = m$$

Die einzelnen Größen sind mit folgenden Einheiten behaftet:

Größe		Benennung	Einheit
$R_l$	=	Leiterwiderstand	$[\Omega]$
$l$	=	Leiterlänge	$[m]$
$A$	=	Leiterfläche	$[mm^2]$
$\kappa$	=	elektrische Leitfähigkeit	$[m/\Omega \cdot mm^2]$

**Anmerkung:**

Diese zweite Möglichkeit, den Leiterwiderstand über die elektrische Leitfähigkeit zu berechnen besteht zwar, ich persönlich benutze diese Möglichkeit aber so gut wie überhaupt nicht, muss ich mir doch dann zwei Gleichungen merken.

Sollte also eine Aufgabenstellung mit Angabe der elektrischen Leitfähigkeit gegeben sein, so tippe ich einfach in den Taschenrechner die elektrische Leitfähigkeit ein, dann drücke ich die Kehrwerttaste und schon habe ich jetzt den spezifischen Widerstand auf dem Display. So kann ich dann mit der „ersten Gleichung“ über den spezifischen Widerstand, den Widerstand des Leiters, oder auch die beiden anderen Größen berechnen.

**Anmerkung, Tipp 2:**

Sollte kein Wert über den verwendeten Werkstoff in der Aufgabenstellung gegeben sein, gehen Sie bitte immer von Kupfer mit einem spezifischen Widerstand

von Kupfer  $\rho_{Cu} = 0,0178 \Omega \cdot mm^2/m$  aus.

Achten Sie bei Ihren Berechnungen auf die Leiterlänge, hier im Speziellen auf die Gesamtleiterlänge. Schauen Sie sich also die Aufgabenstellungen genau an.

Mathematische Beispielaufgaben für die Berechnung des Leiterwiderstandes:

1. Eine elektrische Anschlussleitung für einen Heckscheibenwischermotor hat eine Fläche von  $1,5 \text{ mm}^2$  und eine Länge  $6,25 \text{ m}$ . Der verwendete Werkstoff ist wie üblich im Kraftfahrzeug, Kupfer mit einem spezifischen Widerstand von  $0,0178 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ . Wie groß ist der Widerstand der Anschlussleitung?

geg =  $l = 6,25 \text{ m}$   
 $A_{\text{An}} = 1,5 \text{ mm}^2$   
 $\rho_{\text{Cu}} = 0,0178 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$   
 ges =  $R_l$

Erläuterungen:

$A_{\text{An}}$  = Fläche der Anschlussleitung

$R_l$  = Leiterwiderstand

$\rho_{\text{Cu}}$  = spezifischer Widerstand Kupfer

$l$  = Leiterlänge

$$R_l = \frac{\rho \cdot l}{A_{\text{An}}}$$

$$R_l = \frac{0,0178 \cdot 6,25}{1,5} \Rightarrow \left[ \frac{\Omega \cdot \cancel{\text{mm}^2} \cdot \cancel{\text{m}}}{\cancel{\text{m}} \cdot \cancel{\text{mm}^2}} \right] = \Omega$$

$$R_l = \underline{\underline{0,074166666 \text{ } \Omega}}$$

2. Der Widerstand der positiven Verbindungsleitung zwischen Generator und Batterie aus Kupfer, beträgt  $0,005221333 \Omega$ . Die verlegte Leiterlänge ergab  $1,76 \text{ m}$ . Wie groß ist die Fläche der verlegten Verbindungsleitung?

geg =  $l = 1,76 \text{ m}$   
 $R_l = 0,005221333 \Omega$   
 $\rho_{\text{Cu}} = 0,0178 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$   
 ges =  $A_{\text{Ver}}$

Erläuterungen:

$A_{\text{Ver}}$  = Fläche der Verbindungsleitung

$R_l$  = Leiterwiderstand

$\rho_{\text{Cu}}$  = spezifischer Widerstand Kupfer

$l$  = Leiterlänge

$$R_l = \frac{\rho \cdot l}{A_{\text{Ver}}}$$

$$A_{\text{Ver}} = \frac{\rho \cdot l}{R_l}$$

$$A_{\text{Ver}} = \frac{0,0178 \cdot 1,76}{0,005221333} \Rightarrow \left[ \frac{\cancel{\text{mm}^2} \cdot \cancel{\text{m}} \cdot \text{m}}{\cancel{\text{m}} \cdot \cancel{\Omega}} \right] = \text{mm}^2$$

$$A_{\text{Ver}} = \underline{\underline{6,00 \text{ mm}^2}}$$

3. Die elektrische Anschlussleitung vom Sicherungsausgang des Abblendlichtes zum Hauptscheinwerfer links Klemme 56b hat eine Fläche von  $0,75 \text{ mm}^2$ , der Widerstand dieser Anschlussleitung ist mit  $0,115106666 \text{ } \Omega$  gemessen worden. Welche Leiterlänge besitzt die Anschlussleitung bei diesem Widerstand?

$$\begin{aligned} \text{geg} &= A_{\text{An}} = 0,75 \text{ mm}^2 \\ &R_l = 0,115106666 \text{ } \Omega \\ &\rho_{\text{Cu}} = 0,0178 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m} \\ \text{ges} &= l \end{aligned}$$

Erläuterungen:

$A_{\text{An}}$  = Fläche der Anschlussleitung

$R_l$  = Leiterwiderstand

$\rho_{\text{Cu}}$  = spezifischer Widerstand Kupfer

$l$  = Leiterlänge

$$R_l = \frac{\rho \cdot l}{A_{\text{An}}}$$

$$l = \frac{R_l \cdot A_{\text{An}}}{\rho}$$

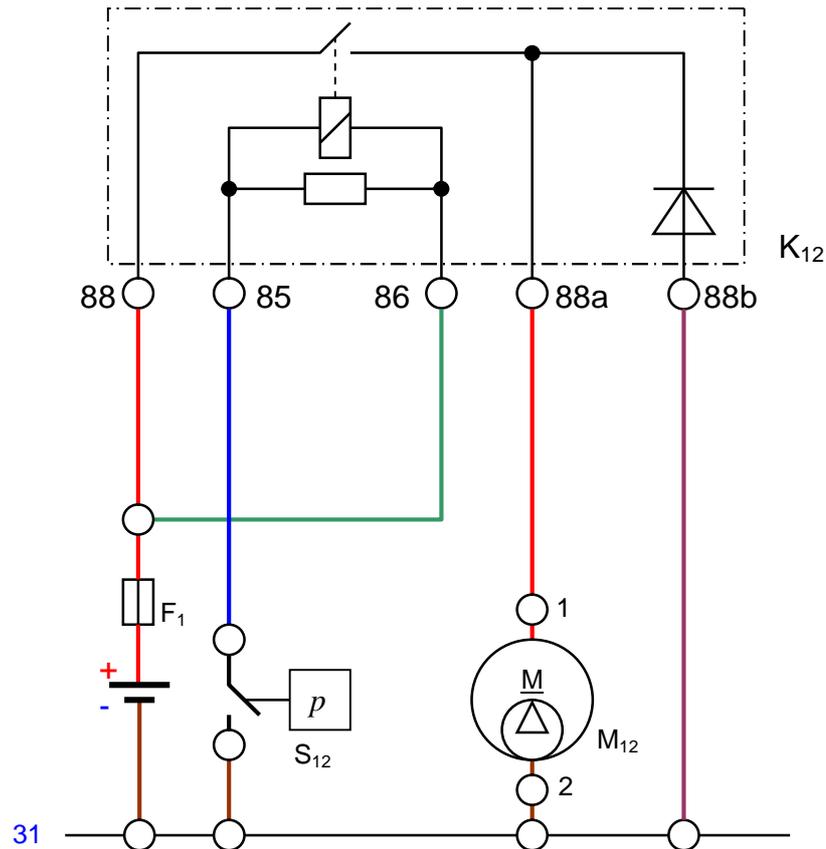
$$l = \frac{0,115106666 \cdot 0,75}{0,0178} \Rightarrow \left[ \frac{\cancel{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot \text{m}}{\cancel{\Omega \cdot \text{mm}^2}} \right] = \text{m}$$

$$l = \underline{\underline{4,849999972 \text{ m}}}$$

Übungsaufgaben zum Leiterwiderstand

1. Relaischaltung

Abb.: 2 Relaischaltung für einen Hydraulikpumpenmotor eines ABS – Systems



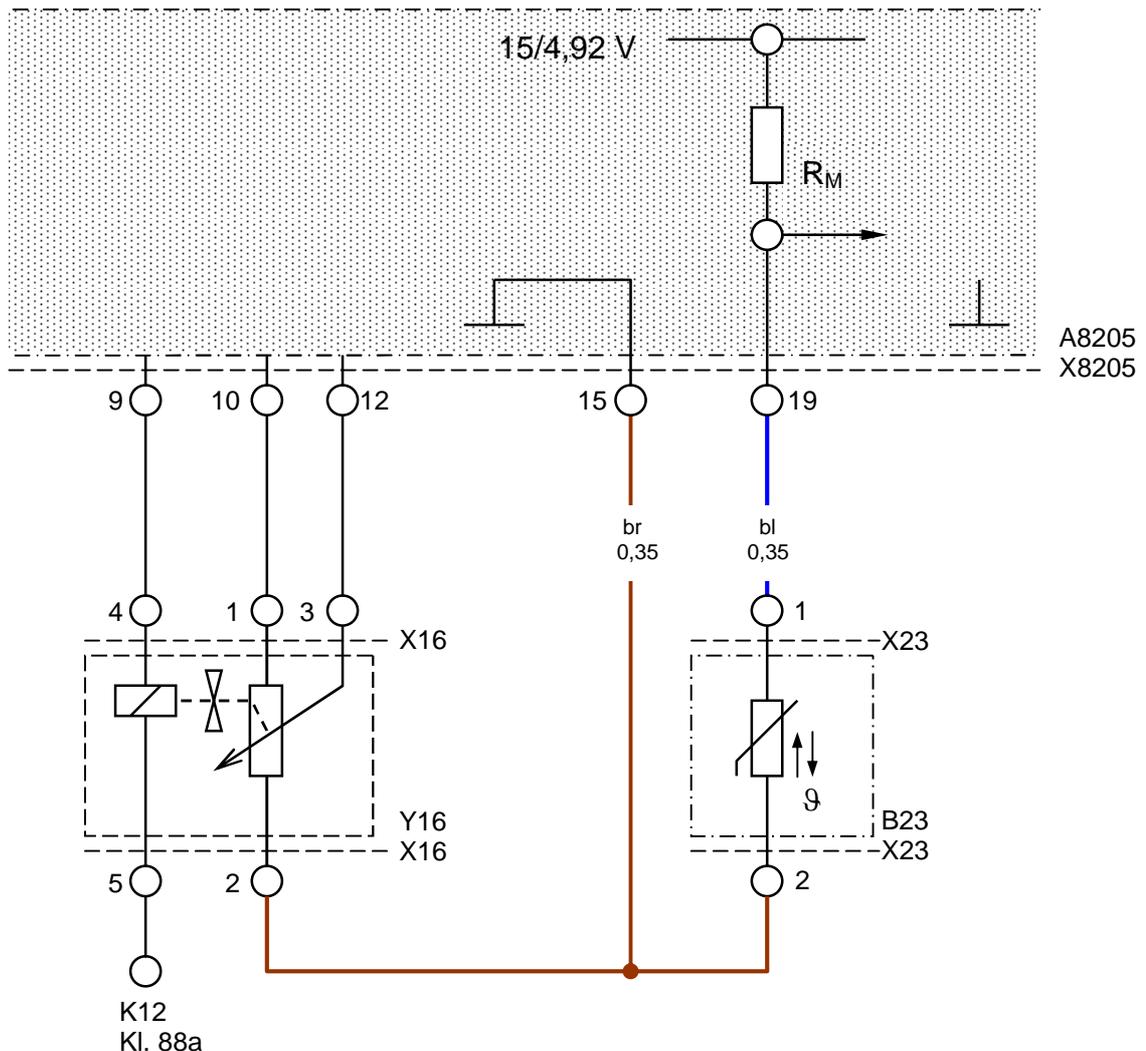
Der Widerstand der Verbindungsleitung Klemme 88b vom Relais  $K_{12}$  für den Hydraulikpumpenmotor  $M_{12}$  nach Klemme 31 ist mit  $192,24 \text{ m}\Omega$  gemessen worden. Die Leiterlänge konnte nach Ausbau der Leitung mit  $3,78 \text{ m}$  noch nachgewiesen werden. Anmerkung: Die Verbindungsleitung musste durch ein Schadensereignis bedingt, erneuert werden, eine Reparatur dieser Leitung durch eine Quetschverbindung oder etwas ähnlichem, ist vom Hersteller aus Sicherheitsgründen nicht erlaubt.

- 1.1 Welche Leiterfläche wählen Sie aus Ihrem Leitungssortiment, an elektrischen Kupferleitungen, aus?
- 1.2 Zusatzfrage: Welche Bewandnis hat die im Relais eingebaute Diode an der Klemme 88b?

Tipp: Zur Lösung der Zusatzfrage 1.2, schauen Sie auf meine Seite [http://www.Horst-Weinkauf.de/Fachtechnologie Elektrik/Elektronik Kraftfahrzeugtechnik/ Freilaufdiode, Löschdiode, Freilaufwiderstand, Verpolungsschutzdiode](http://www.Horst-Weinkauf.de/Fachtechnologie%20Elektrik/Elektronik%20Kraftfahrzeugtechnik/Freilaufdiode,%20Löschdiode,%20Freilaufwiderstand,%20Verpolungsschutzdiode)

2. Leiterlänge der positiven- und negativen Spannungsversorgung eines Temperaturfühlers

Abb.: 3 prinzipielle Innenschaltung eines Motortemperaturfühlers



Der Temperaturfühler B23 wird über den PIN 1 an X23 mit positivem Potenzial versorgt. Die Plus- und die Minusversorgung hat der Hersteller in gleicher Länge ausgeführt. Da die beiden Widerstände  $R_M$  und  $R_{B23}$  sehr hochohmig sind, können die Versorgungsleitungen von der Fläche her gesehen, sehr klein gehalten werden. Das heißt, der Sensorsignalstrom liegt im  $\mu A$  – Bereich. Durch eine von mir durchgeführte Widerstandsmessung der beiden Leitungen, ist ein Widerstand von  $0,093577142 \Omega$  gemessen worden.

2.1 Welche Leiterlänge hat die minusseitige Spannungsversorgungsleitung des Temperaturfühlers?

2.2 Nennen Sie die Messvoraussetzung für die von mir durchgeführte Widerstandsmessung.

Tipp: Zur Lösung der Aufgabenstellung 2.2, schauen Sie auf meine Seite

[http://www.Horst-Weinkauf.de/Fachmathematik Elektrik/Elektronik Kraftfahrzeugtechnik/ Grundgrößen Strom, Spannung, Widerstand](http://www.Horst-Weinkauf.de/Fachmathematik%20Elektrik/Elektronik%20Kraftfahrzeugtechnik/Grundgrößen%20Strom,%20Spannung,%20Widerstand)

3. Ein Messwiderstand ergab bei einer Versuchsmessung einen Widerstand von  $0,3562256543 \text{ k}$ , die Leiterlänge ist durch eine Messung mit  $12000 \text{ mm}$  verifiziert worden. Mit einem Messschieber ist ein Durchmesser des Leiters des Messwiderstandes von  $0,145 \text{ mm}$  gemessen worden. Welcher Werkstoff ist hierbei als Messwiderstand verwendet worden?

**Anmerkung, Feststellung:**

Durch Ihre erworbene Kompetenz, fragen Sie sich vielleicht nach dem Einfluss der Temperatur auf das Widerstandsverhalten von leitenden Stoffen und natürlich jedwede Art von Widerständen, durch die ein Strom fließt. Diese Frage ist sehr berechtigt und zeugt auch davon, dass Sie sich um dieses Thema Gedanken machen. Dieses finde ich ausgesprochen gut.

Sobald ein Strom durch ein elektrisches Bauteil fließt, erwärmt sich dieses Bauteil und sofern es dabei um einen metallischen Leiter handelt, wird er hochohmiger.

In der allgemeinen Betrachtungsweise, hier der Leiterwiderstand, lässt man dieses zunächst unberücksichtigt.

**Sie merken sich aber bitte:**

Sobald ein Strom durch einen metallischen Leiter fließt, erwärmt er sich, dadurch wird er hochohmiger.

Lösungen Übungsaufgaben zum Leiterwiderstand:

1. =  $A_{\text{Ver}} = 0,35 \text{ mm}^2$  Fläche der Verbindungsleitung
- 2.1 =  $l_{\text{Ver}} = 0,92 \text{ m}$  Leiterlänge Minusversorgung
3. =  $\rho = 0,49 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$  spezifischer Widerstand des verwendeten Werkstoffes  
Siehe -Abb.: 1 Tabelle 1 spezifische Widerstände und  
Leitfähigkeiten von verschiedenen elektrisch leitenden  
Stoffen-

Lösen Sie die Aufgabenstellungen und nehmen Sie, wenn Bedarf vorhanden ist, Kontakt über die Netzadresse/Kontakt mit mir auf.  
<http://www.Horst-Weinkauf.de>

Guten Erfolg bei der Lösung der Aufgabenstellungen wünscht der Autor

Horst Weinkauf