

Fachmathematik Elektrik / Elektronik

Inhalt

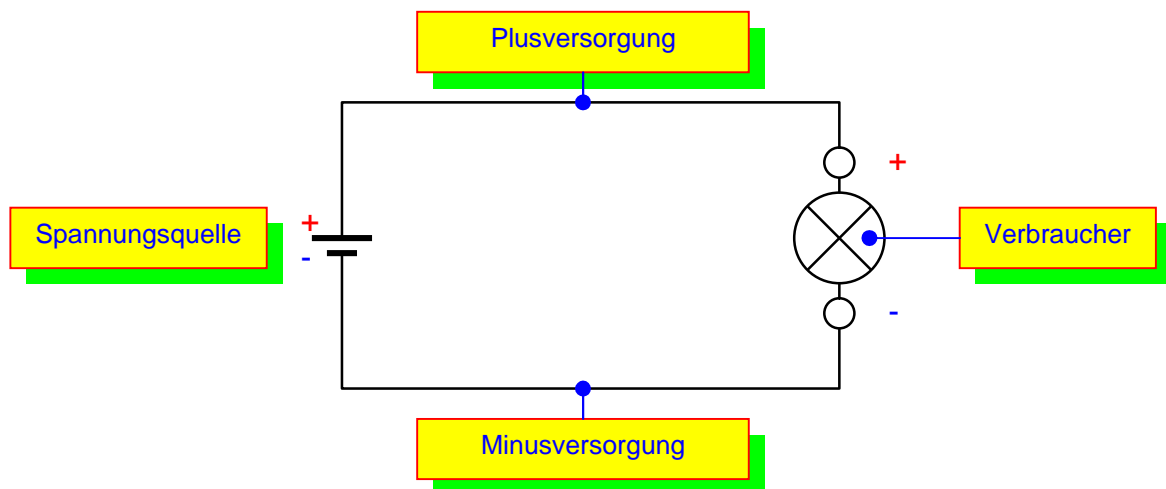
- Reihenschaltung von Widerständen

Reihenschaltung von Widerständen

Was versteht man unter der Reihenschaltung von Widerständen?

Die diversen Verbraucher, wie zum Beispiel Einspritzventile, Relais, Glühlampen, Zündspulen, Lambdasondenheizungen, Elektromotoren, Sensoren und Steuergeräte haben eins gemeinsam, sie können ohne elektrische Energie nicht ihre Leistung erbringen. Damit sie also ihre Leistung erbringen können, werden sie durch elektrische Leitungen mit Plus- und Minuspotenzial versorgt. Diese Versorgungsleitungen liegen mit dem Verbrauchern schaltungstechnisch in Reihe. Das heißt, wenn wir am Pluspol der Batterie beginnen, wird dort der Leitungsanfang der elektrischen Versorgungsleitung angeschlossen, das Leitungsende der Versorgungsleitung wiederum wird an dem zu schaltenden Verbraucher angeschlossen. Dieses stellt die Plusversorgung dar. Eine zweite Versorgungsleitung, die Minusversorgung, wird vom Verbraucher zum Minuspol der Batterie angeschlossen. Auch in diesem Fall hat die Leitung zwei Enden, einen Leitungsanfang, dieser wird am Verbraucher angeschlossen, ein Leitungsende, dieses wird am Minuspol der Batterie angeschlossen.

Abb.: 1 in Reihe geschaltete elektrische Komponenten, Plusversorgung, Verbraucher, (Glühlampe) Minusversorgung

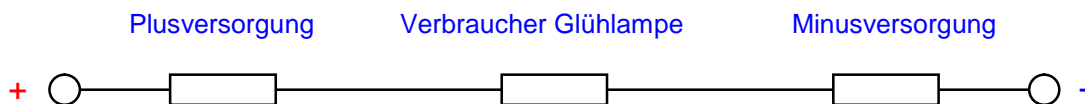


Diese in -Abb.: 1 in Reihe geschaltete elektrische Komponenten, Plusversorgung, Verbraucher, (Glühlampe) Minusversorgung- stellt vom Grundsatz erst einmal eine Reihenschaltung dar. Die Potenzialdifferenz der Spannungsquelle kann sich nur über die in Reihe geschalteten elektrischen Komponenten, Leitung, Glühlampe, Leitung ausgleichen. Wenn dieses erst einmal von Ihnen so verstanden worden ist, habe ich schon sehr viel erreicht.

Es liegt immer dann eine Reihenschaltung von Widerständen vor, wenn das Ende des ersten Widerstandes mit dem Anfang des zweiten Widerstandes und das Ende des zweiten Widerstandes mit dem Anfang des dritten Widerstandes und das Ende des dritten Widerstandes mit dem Anfang des vierten Widerstandes und so weiter, elektrisch verbunden ist.

Betrachtet man die -Abb.: 1 in Reihe geschaltete elektrische Komponenten, Plusversorgung, Verbraucher, (Glühlampe) Minusversorgung-, so empfiehlt es sich hierbei ein so genanntes Ersatzschaltbild zu zeichnen, dadurch werden die Verhältnisse der Reihenschaltung noch besser dargestellt und es wird auch dadurch übersichtlicher.

Abb.: 2 Ersatzschaltbild der -Abb.: 1 in Reihe geschaltete elektrische Komponenten, Plusversorgung, Verbraucher, (Glühlampe) Minusversorgung-



Vom Grundsatz hat sich an der Schaltung überhaupt nichts geändert, nur, sie ist jetzt übersichtlicher geworden.

Anmerkung, Tipp 1:

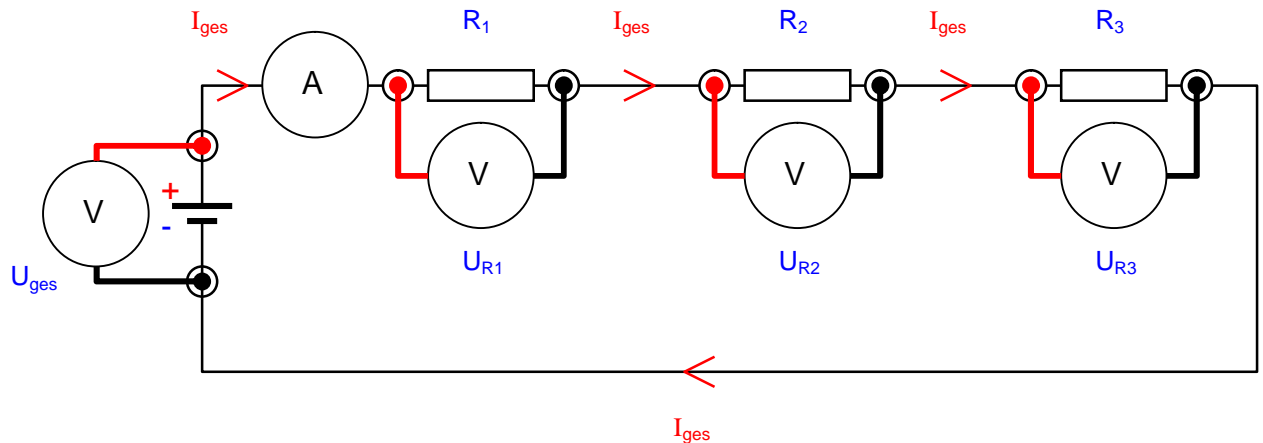
Versuchen Sie immer die Aufgabenstellung einer Reihenschaltung zuerst als so genanntes prinzipielles Ersatzschaltbild darzustellen, es vereinfacht die Berechnung und Erkennung der Aufgabenstellung ungemein.

Die Darstellung, wie sie unter der -Abb.: 2 Ersatzschaltbild der -Abb.: 1 in Reihe geschaltete elektrische Komponenten, Plusversorgung, Verbraucher, (Glühlampe) Minusversorgung- dargestellt ist, reicht dafür grundsätzlich aus.

Die Glühlampe ist in dieser Abbildung auch als Widerstand dargestellt, stellt sie doch vom Grundsatz auch einen Widerstand dar.

Grundsätzlichkeiten der Reihenschaltung von Widerständen

Abb.: 3 Schaltbild von in Reihe geschalteten Widerständen



1. Werden mehrere verschieden- oder gleichgroße Widerstände in Reihe geschaltet, so fällt an jedem Widerstand nach Größe des Widerstandes eine Spannung ab, die addiert die Gesamtspannung ergibt.

$$U_{\text{ges}} = U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} + U_{Rn} \Rightarrow [V + V + V + V] = V$$

umgestellt nach
den einzelnen Größen

$$U_{R1} = U_{\text{ges}} - U_{R2} - U_{R3} \Rightarrow [V - V - V] = V$$

$$U_{R2} = U_{\text{ges}} - U_{R1} - U_{R3} \Rightarrow [V - V - V] = V$$

$$U_{R3} = U_{\text{ges}} - U_{R1} - U_{R2} \Rightarrow [V - V - V] = V$$

U_{Rn} = alle nachfolgend geschaltete Widerstände und deren Spannungsabfälle

2. Die Stromstärke in einer Reihenschaltung ist an jedem Punkt des Stromkreises gleich groß. Das heißt, jeder Widerstand wird vom gleichen Strom durchflossen.

$$I_{\text{ges}} = I_{R1} = I_{R2} = I_{R3} = I_{Rn} \Rightarrow [A = A = A = A] = A$$

I_{Rn} = Stromfluss durch nachfolgend geschaltete Widerstände
durch nachfolgend geschaltete Widerstände ergibt sich ein neuer
Gesamtwiderstand, demzufolge auch eine neue Stromstärke, sie ist dann
wieder überall gleich groß.

3. Der Gesamtwiderstand einer Reihenschaltung setzt sich aus der Summe der Teilwiderstände zusammen.

$$R_{\text{ges}} = R_1 + R_2 + R_3 + R_n \Rightarrow [\Omega + \Omega + \Omega + \Omega] = \Omega$$

umgestellt nach
den einzelnen Größen

$$R_1 = R_{\text{ges}} - R_2 - R_3 \Rightarrow [\Omega - \Omega - \Omega] = \Omega$$

$$R_2 = R_{\text{ges}} - R_1 - R_3 \Rightarrow [\Omega - \Omega - \Omega] = \Omega$$

$$R_3 = R_{\text{ges}} - R_1 - R_2 \Rightarrow [\Omega - \Omega - \Omega] = \Omega$$

R_n = alle nachfolgend geschaltete Widerstände

Anmerkung:

Die Begriffsdefinition „so **fällt** an jedem Widerstand nach Größe des Widerstandes eine **Spannung ab**, die addiert die Gesamtspannung ergibt“, mag für Sie missverständlich wirken/klingen. Sie können aber auch diese Grundsätzlichkeit der Teilspannungen durch die Ausdrucksweise: An jedem Widerstand liegt eine Spannung an, jeder Widerstand verbraucht eine Spannung, die Spannung geht an diesem Widerstand verloren, ersetzen/wählen.

Sie können alle Begriffsdefinitionen wählen, es bleibt immer die gleiche Aussage: Durch die Addition der Teilspannungen ergibt sich die Gesamtspannung.

Anmerkung, Tipp 2:

Um Reihenschaltungen zu berechnen, versuchen Sie bitte konsequent zuerst das ohmsche Gesetz anzuwenden. Versuchen Sie bitte dieses zu beherrsigen, es hilft Ihnen ungemein.

Beispiele:

Wenn Sie zum Beispiel den Strom I_{ges} berechnen möchten, können Sie diese Gleichung anwenden:

$$I_{ges} = \frac{U_{ges}}{R_{ges}} \Rightarrow \left[\frac{V}{\Omega} \right] = A$$

oder:

$$I_{ges} = \frac{U_{R2}}{R_2} \Rightarrow \left[\frac{V}{\Omega} \right] = A$$

Sie können aber auch jeden anderen Widerstand und dessen Spannungswert zur Berechnung des Stroms auswählen.

Wenn Sie zum Beispiel die Spannung U an Widerstand R_1 berechnen möchten:

$$U_{R1} = R_1 \cdot I_{ges} \Rightarrow [\Omega \cdot A] = V$$

Wenn Sie zum Beispiel den Widerstand R_3 berechnen möchten:

$$R_3 = \frac{U_{R3}}{I_{ges}} \Rightarrow \left[\frac{V}{A} \right] = \Omega$$

Sollten Sie mit dem ohmschen Gesetz nicht mehr weiter kommen, dann erst nutzen Sie bitte die Gesetzmäßigkeiten der Reihenschaltung mit den entsprechenden Gleichungen.

Anmerkung, Besonderheit der Teilspannungen:

Die Gesamtspannung setzt sich aus der Addition der den Teilspannungen der Widerstände zusammen. Es fällt an jedem Widerstand nach Größe des Widerstandes eine Spannung ab, die addiert die Gesamtspannung ergibt.

Sind die Widerstände gleich groß, fällt auch an jedem gleich großen Widerstand die gleiche Spannung ab, da ja der Strom an jeden Punkt des Stromkreises gleich groß ist.

$$U_{R1} = R_1 \cdot I_{\text{ges}} \Rightarrow [\Omega \cdot A] = V$$

Besteht die Schaltung nur aus gleich großen in Reihe geschalteten Widerständen, kann man für die Berechnung der Teilspannung U_{Teil} nachfolgende Gleichung anwenden:

$$U_{\text{Teil}} = \frac{U_{\text{ges}}}{n} \Rightarrow \left[\frac{V}{1} \right] = V$$

umgestellt nach
den einzelnen Größen

$$n = \frac{U_{\text{ges}}}{U_{\text{Teil}}} \Rightarrow \left[\frac{V}{V} \right] = 1$$

$$U_{\text{ges}} = U_{\text{Teil}} \cdot n \Rightarrow [V \cdot 1] = V$$

n = Anzahl der in Reihe geschalteten gleich großen Widerstände

Mathematische Beispielaufgaben zur Berechnung von Reihenschaltungen:

- 1.) In einer Reihenschaltung sind 4 Widerstände mit folgenden Werten vorhanden:
 $R_1 = 25 \Omega$, $R_2 = 14,5 \Omega$, $R_3 = 70 \Omega$, $R_4 = 5,2 \Omega$. Die Gesamtspannung beträgt $14,2 \text{ V}$.
- 1.1 An welchen Teilspannungen liegen diese Widerstände?
 1.2 Welche Stromstärke stellt sich ein?
 1.3 Wie groß ist der Gesamtwiderstand?

geg = Schaltung

$$R_1 = 25 \Omega$$

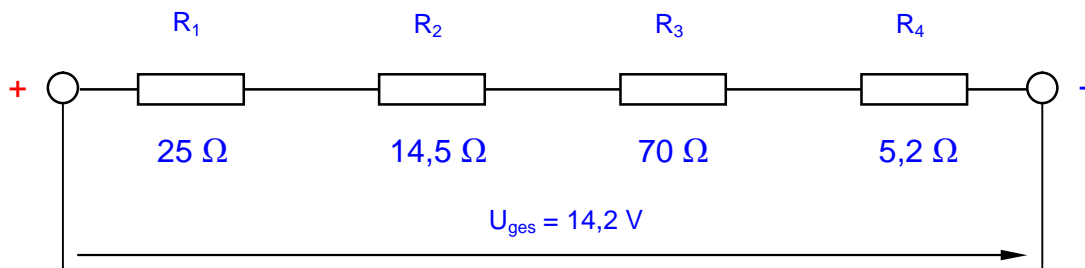
$$R_2 = 14,5 \Omega$$

$$R_3 = 70 \Omega$$

$$R_4 = 5,2 \Omega$$

$$U_{\text{ges}} = 14,2 \text{ V}$$

ges = $U_{R1}, U_{R2}, U_{R3}, U_{R4}, I_{\text{ges}}, R_{\text{ges}}$



$$R_{\text{ges}} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

$$R_{\text{ges}} = 25 + 14,5 + 70 + 5,2 \Rightarrow [\Omega + \Omega + \Omega + \Omega] = \Omega$$

$$R_{\text{ges}} = \underline{\underline{114,7 \Omega}}$$

$$I_{\text{ges}} = \frac{U_{\text{ges}}}{R_{\text{ges}}}$$

$$I_{\text{ges}} = \frac{14,2}{114,7} \Rightarrow \left[\frac{\text{V}}{\Omega} \right] = \text{A}$$

$$I_{\text{ges}} = \underline{\underline{0,12380122 \text{ A}}}$$

$$U_{R1} = R_1 \cdot I_{\text{ges}}$$

$$U_{R1} = 25 \cdot 0,12380122 \Rightarrow [\Omega \cdot \text{A}] = \text{V}$$

$$U_{R1} = \underline{\underline{3,095030514 \text{ V}}}$$

$$U_{R2} = R_2 \cdot I_{\text{ges}}$$

$$U_{R2} = 14,5 \cdot 0,12380122 \Rightarrow [\Omega \cdot \text{A}] = \text{V}$$

$$U_{R2} = \underline{\underline{1,79511769 \text{ V}}}$$

$$U_{R3} = R_3 \cdot I_{\text{ges}}$$

$$U_{R3} = 70 \cdot 0,12380122 \Rightarrow [\Omega \cdot \text{A}] = \text{V}$$

$$U_{R3} = \underline{\underline{8,6660854 \text{ V}}}$$

$$U_{R4} = R_4 \cdot I_{\text{ges}}$$

$$U_{R4} = 5,2 \cdot 0,12380122 \Rightarrow [\Omega \cdot \text{A}] = \text{V}$$

$$U_{R4} = \underline{\underline{0,643766344 \text{ V}}}$$

Erläuterungen:

R_1 = Widerstand Nr. 1

R_2 = Widerstand Nr. 2

R_3 = Widerstand Nr. 3

R_4 = Widerstand Nr. 4

U_{ges} = Gesamtspannung

R_{ges} = Gesamtwiderstand

I_{ges} = Gesamtstrom

U_{R1} = Spannungsabfall an R1

U_{R2} = Spannungsabfall an R2

U_{R3} = Spannungsabfall an R3

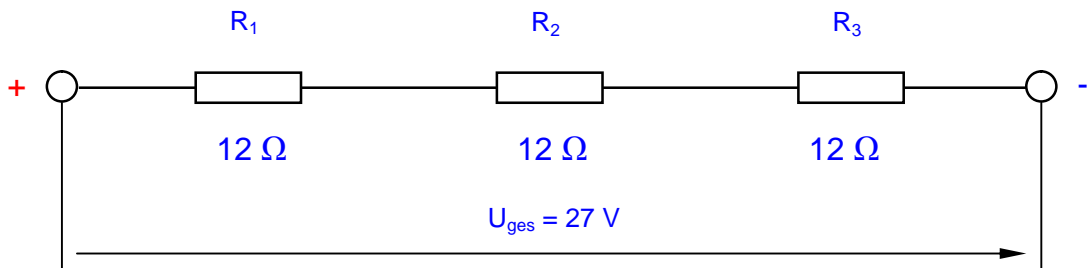
U_{R4} = Spannungsabfall an R4

Erkenntnis:

Am größten Widerstand fällt die größte Spannung ab, am kleinsten Widerstand die kleinste Spannung, siehe U_{R3} und U_{R4} .

- 2.) Drei gleich große Widerstände mit jeweils 12Ω , liegen an einer Gesamtspannung von 27 V .
- 2.1 Wie groß ist die jeweilige Teilspannung?
- 2.2 Wie groß ist der sich einstellende Stromfluss?

geg = Schaltung
 $R_1 = 12 \Omega$
 $R_2 = 12 \Omega$
 $R_3 = 12 \Omega$
 $U_{\text{ges}} = 27 \text{ V}$
ges = $U_{R1}, U_{R2}, U_{R3}, I_{\text{ges}}$



$$U_{\text{Teil}} = \frac{U_{\text{ges}}}{n}$$

$$U_{\text{Teil}} = \frac{27}{3} \Rightarrow \left[\frac{\text{V}}{1} \right] = \text{V}$$

$$U_{\text{Teil}} = \underline{\underline{9 \text{ V}}}$$

$$I_{\text{ges}} = \frac{U_{\text{R1}}}{R_1}$$

$$I_{\text{ges}} = \frac{9}{12} \Rightarrow \left[\frac{\text{V}}{\Omega} \right] = \text{A}$$

$$I_{\text{ges}} = \underline{\underline{0,75 \text{ A}}}$$

alternative Berechnung

$$R_{\text{ges}} = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_{\text{ges}} = 12 + 12 + 12 \Rightarrow [\Omega + \Omega + \Omega] = \Omega$$

$$R_{\text{ges}} = \underline{\underline{36 \Omega}}$$

$$I_{\text{ges}} = \frac{U_{\text{ges}}}{R_{\text{ges}}}$$

$$I_{\text{ges}} = \frac{27}{36} \Rightarrow \left[\frac{\text{V}}{\Omega} \right] = \text{A}$$

$$I_{\text{ges}} = \underline{\underline{0,75 \text{ A}}}$$

$$U_{\text{R1}} = R_1 \cdot I_{\text{ges}}$$

$$U_{\text{R1}} = 12 \cdot 0,75 \Rightarrow [\Omega \cdot \text{A}] = \text{V}$$

$$U_{\text{R1}} = \underline{\underline{9 \text{ V}}}$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = 12 \Omega$$

$$U_{\text{R1}} = U_{\text{R2}} = U_{\text{R3}} = 9 \text{ V}$$

Erläuterungen:

R_1 = Widerstand Nr. 1

R_2 = Widerstand Nr. 2

R_3 = Widerstand Nr. 3

U_{ges} = Gesamtspannung

R_{ges} = Gesamtwiderstand

I_{ges} = Gesamtstrom

U_{R1} = Spannungsabfall an R1

U_{R2} = Spannungsabfall an R2

U_{R3} = Spannungsabfall an R3

U_{Teil} = Teilspannung

- 3.) Vier Widerstände sind in Reihe geschaltet, der erste Widerstand besitzt $18,6 \Omega$, der zweite und dritte Widerstand sind gleich groß. Der vierte Widerstand hat $20,5 \Omega$. Am vierten Widerstand fallen $3,82 \text{ V}$ der Gesamtspannung von $14,8 \text{ V}$ ab.
- 3.1 Wie groß sind die jeweiligen anderen Teilspannungen?
 3.2 Wie groß sind der zweite und der dritte Widerstand?
 3.3 Welche Stromstärke fließt durch den ersten Widerstand?
 3.4 Wie groß ist der Gesamtwiderstand?

geg = Schaltung

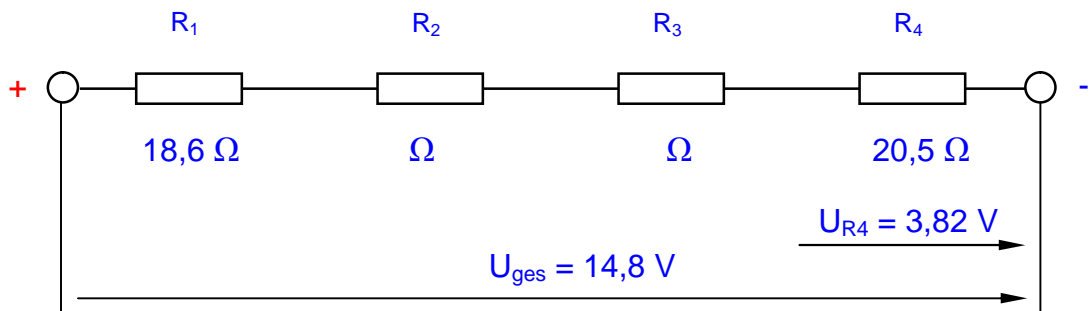
$$R_1 = 18,6 \Omega$$

$$R_4 = 20,5 \Omega$$

$$U_{\text{ges}} = 14,8 \text{ V}$$

$$U_{R_4} = 3,82 \text{ V}$$

ges = $R_2, R_3, U_{R_1}, U_{R_2}, U_{R_3}, I_{\text{ges}}$



$$I_{\text{ges}} = \frac{U_{R4}}{R_4}$$

$$I_{\text{ges}} = \frac{3,82}{20,5} \Rightarrow \left[\frac{\text{V}}{\Omega} \right] = \text{A}$$

$$I_{\text{ges}} = \underline{\underline{0,186341463 \text{ A}}}$$

$$R_{\text{ges}} = \frac{U_{\text{ges}}}{I_{\text{ges}}}$$

$$R_{\text{ges}} = \frac{14,8}{0,186341463} \Rightarrow \left[\frac{\text{V}}{\text{A}} \right] = \Omega$$

$$R_{\text{ges}} = \underline{\underline{79,42408377 \Omega}}$$

$$R_{\text{ges}} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

$$R_2 + R_3 = R_{\text{ges}} - R_1 - R_4$$

$$R_2 + R_3 = 79,42408377 - 18,6 - 20,5 \Rightarrow [\Omega - \Omega - \Omega] = \Omega$$

$$R_2 + R_3 = \underline{\underline{40,32408377 \Omega}}$$

$$R_2 = R_3 = \frac{R_2 + R_3}{2}$$

$$R_2 = R_3 = \frac{40,32408377}{2} \Rightarrow \left[\frac{\Omega}{1} \right] = \Omega$$

$$R_2 = R_3 = \underline{\underline{20,16204188 \Omega}}$$

$$U_{R1} = R_1 \cdot I_{\text{ges}}$$

$$U_{R1} = 18,6 \cdot 0,18634163 \Rightarrow [\Omega \cdot \text{A}] = \text{V}$$

$$U_{R1} = \underline{\underline{3,465954318 \text{ V}}}$$

$$U_{R2} = R_2 \cdot I_{\text{ges}}$$

$$U_{R2} = 20,16204188 \cdot 0,18634163 \Rightarrow [\Omega \cdot \text{A}] = \text{V}$$

$$U_{R2} = \underline{\underline{3,757027748 \text{ V}}}$$

$$R_2 = R_3 = 20,16204188 \Omega$$

$$U_{R2} = U_{R3} = \underline{\underline{3,757027748 \text{ V}}}$$

Erläuterungen:

R_1 = Widerstand Nr. 1

R_2 = Widerstand Nr. 2

R_3 = Widerstand Nr. 3

R_4 = Widerstand Nr. 4

U_{ges} = Gesamtspannung

R_{ges} = Gesamtwiderstand

I_{ges} = Gesamtstrom

U_{R1} = Spannungsabfall an R1

U_{R2} = Spannungsabfall an R2

U_{R3} = Spannungsabfall an R3

U_{R4} = Spannungsabfall an R4

Übungsaufgaben zur Reihenschaltung

- 1.) Durch eine unsachgemäß durchgeführte Reparatur an einer elektrischen Steckverbindung für einen Zusatzscheinwerfer, $12\text{ V} / 2,618\ \Omega$, kommt es an dem Scheinwerfer zu einer Spannungsminderung um $3,4\text{ V}$.
 - 1.1 Wie groß ist der entstandene Übergangswiderstand?
 - 1.2 Welche Stromstärke fließt durch den Übergangswiderstand?

- 2.) Vier Widerstände liegen in Reihe und haben folgende Widerstandswerte: $R_1 = 12,8\ \Omega$, $R_2 = 6,8\ \Omega$, $R_3 = 16,8\ \Omega$, $R_4 = 10,4\ \Omega$. Die Gesamtspannung der Schaltung beträgt $14,6\text{ V}$. Durch eine nicht richtig gegrimpte Verbindung hat sich ein Übergangswiderstand zu den vorhandenen Widerständen gebildet, der die Stromstärke um $11,965812\text{ mA}$ minderte.
 - 2.1 Wie groß ist der Übergangswiderstand?
 - 2.2 Welche Spannungen treten an allen Widerständen bei diesem Schadensereignis auf?
 - 2.3 Wie groß war die ursprüngliche Stromstärke?
 - 2.4 Welcher Gesamtwiderstand stellte sich durch die falsch gegrimpte Verbindung ein?

- 3.) Zu Ihnen als Kraftfahrzeugtechniker kommt ein Kunde mit einem Kraftfahrzeug Motormanagementsystem Diesel History mit einer Vorglühanlage in Reihenschaltung. Er klagt über Probleme beim Anspringen des Motors, wenn er überhaupt anspringt. Ihre erste Vermutung bestätigte sich durch eine Strommessung. Die Vorglühstromstärke erbrachte 0 A. Die Vorglühanlage funktioniert überhaupt nicht.
- 3.1 Welches Schadensereignis kann an dieser Anlage vorhanden sein?
Durch eine Widerstandsmessung aus einer vorherigen Reparatur an einem gleichem Motormanagementsystem blieb der Widerstand einer Glühkerze mit $33,333 \text{ m}\Omega$ in Erinnerung. Die Vorglühstromstärke bei diesem intakten Fahrzeug wurde bei einer Klemmenspannung an der Batterie von $13,8 \text{ V}$ mit dem erwarteten Stromwert gemessen.
Die Daten der beiden Fahrzeuge sind identisch, somit ist auch die gemessene Klemmenspannung an der Glühkerze bei beiden Fahrzeugen identisch, $U_{\text{KK}} = 1,2 \text{ V}$. Es handelt sich um einen 4 – Zylinder – Motor. Zu den 4 Glühkerzen sind bei diesem Vorglühsystem ein Vorwiderstand und ein Glühüberwacher in Reihe geschaltet. Am Vorwiderstand fallen beim Vorglühen 6 V ab.
- 3.2 Welche Stromstärke haben Sie bei dem intakten Fahrzeug gemessen?
- 3.3 Wie groß sind der Vorwiderstand und der Glühüberwacher?
- 3.4 An der unten dargestellten Glühkerze -Abb.: 4 Glühkerze einer Vorglühanlage in Reihenschaltung- soll die Klemmenspannung gemessen werden, schließen Sie das Multimeter entsprechend an.
- 3.5 Erstellen Sie eine prinzipielle Schaltung dieser Vorglühanlage mit den genormten Schaltzeichen.

Anmerkung, Tipp 3:

Schaltzeichen für eine Glühkerze, schauen Sie auf meine Seite <http://www.Horst-Weinkauf.de/Fachtechnologie/Schaltzeichen>

Abb.: 4 Glühkerze einer Vorglühanlage in Reihenschaltung

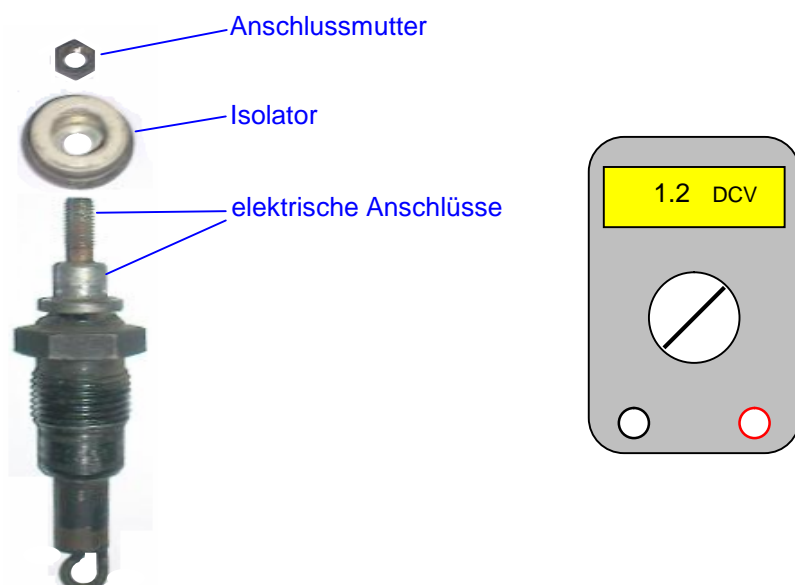


Foto: Horst Weinkauf

Lösungen Reihenschaltung:

1.1 = $R_{\ddot{u}}$	= 1,035023256 Ω	Übergangswiderstand
1.2 = I_{ges}	= 3,284950344 A	Gesamtstrom
2.1 = $R_{\ddot{u}}$	= 1,866666667 Ω	Übergangswiderstand
2.2 = $U_{R1\text{neu}}$	= 3,84 V	Spannungsabfall an R1 neu
2.2 = $U_{R2\text{neu}}$	= 2,04 V	Spannungsabfall an R2 neu
2.2 = $U_{R3\text{neu}}$	= 5,04 V	Spannungsabfall an R3 neu
2.2 = $U_{R4\text{neu}}$	= 3,12 V	Spannungsabfall an R4 neu
2.2 = $U_{R_{\ddot{u}}}$	= 0,56 V	Spannungsabfall am Übergangswiderstand
2.3 = I_{gesalt}	= 0,311965812 A	Gesamtstromstärke alt
2.4 = R_{gesneu}	= 48,66666667 Ω	Gesamtwiderstand alt
3.1 =	überlegen Sie und mailen Sie mir Ihre Lösung zu	
3.2 = I_{ges}	= 36,00036 A	Vorglühstrom
3.3 = R_V	= 0,166665 Ω	Vorwiderstand
3.3 = $R_{\text{Glüh}}$	= 0,0833325 Ω	Widerstand Glühüberwacher
3.4 =	schließen Sie das Multimeter an und mailen mir Ihre Lösung	
3.5 =	zeichnen Sie die Schaltung und mailen Sie sie mir dann zu	

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