

1 Die Serienschaltung von Widerständen

Wollen wir mehrere Verbraucher an dieselbe Spannungsquelle anschließen, dann haben wir dazu verschiedene Möglichkeiten. Wir können die Verbraucher in Serie, parallel oder gemischt zusammenschalten. Mit diesen drei Schaltungsarten wollen wir uns im folgenden Kapitel ausführlich beschäftigen und ihre Eigenschaften experimentell und mathematisch erfassen. Beginnen wir nun gleich mit der einfachsten Schaltungsart, der Serienschaltung.

1.1 Strom- und Spannungsverhältnisse

Zwei Dinge kennzeichnen eine Serienschaltung. Ordnen wir die Verbraucher so an, dass der Strom sie der Reihe nach durchfließt, dann sprechen wir von einer Serienschaltung oder Reihenschaltung (Abb. 1.1). Von einer solchen Schaltung sagt man auch: „Die Verbraucher sind hintereinander geschaltet.“

Da uns bei unseren Überlegungen nicht die Art der Verbraucher, sondern ihre Zusammenschaltung interessiert, können wir die einzelnen Verbraucher durch ihre Ersatzwiderstände ersetzen, die wir hier mit R_1 , R_2 und R_3 bezeichnet haben.

Zwei Dinge kennzeichnen eine Serienschaltung. Erstens:

In einer Serienschaltung fließt durch jeden Verbraucher der gleiche Strom: $I_g = I_1 = I_2 = I_3$

Das ist leicht einzusehen. Der elektrische Strom ist hier ja wie Sie wissen – eine Bewegung von Elektronen. Wäre nun der Strom in R_1 größer als in R_2 , dann würden sich die Elektronen an der Verbindungsstelle zwischen R_1 und R_2 ansammeln, die nachfolgenden Elektronen abstoßen und dadurch den Strom in kurzer Zeit zum Erliegen bringen. Der Strom in der Serienschaltung erzeugt nun an den Ersatzwiderständen R_1 , R_2 , R_3 usw. die Spannungsabfälle U_1 , U_2 , U_3 usw. Und nun kommen wir zum zweiten Merkmal der Serienschaltung, das Sie gleich anschließend experimentell nachprüfen werden:

In einer Serienschaltung ist die Gesamtspannung gleich der Summe der Einzelspannungen.

Wir können diese Regel auch als Formel schreiben. Dazu bezeichnen wir die Gesamtspannung mit U_g , die Einzelspannungen mit U_1 , U_2 , U_3 usw.

Gesamtspannung der Serienschaltung

$$U_g = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$$

U_g = Gesamtspannung der Serienschaltung

$U_1, U_2, U_3 \dots$ = Einzelspannungen der Serienschaltung
in gleichen Einheiten

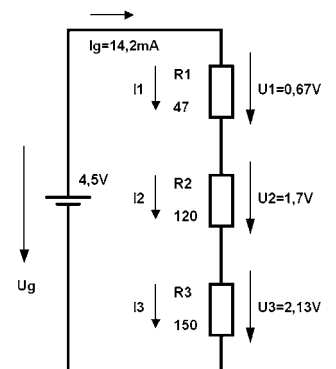


Abb. 1.1
Serienschaltung von drei Verbrauchern, die durch ihre Ersatzwiderstände ersetzt sind

Formel 2.1

Zum besseren Verständnis, wie sich Spannungen in Serienschaltung verhalten, ziehen wir den bereits bekannten Vergleich Spannung und Höhenunterschied (Wasser) heran. Entsprechend nehmen wir nun einen kleinen Wasserfall an, bei dem das Wasser über eine Stufe von 0,67 m, dann über eine von 1,7 m und schließlich über eine von 2,13 m hinunterfließt. Der gesamte Höhenunterschied beträgt also $0,67\text{ m} + 1,7\text{ m} + 2,13\text{ m} = 4,5\text{ m}$. Soll die heruntergeflossene Wassermenge diese Reise wiederholen, dann muss sie wiederum 4,5 m hochgepumpt werden.

Diesen Vergleich können wir nun auf unsere Schaltung übertragen (Abb. 1.1). Die Spannung „fällt“ an R_1 um 0,67 V, an R_2 um 1,7 V und an R_3 um 2,13 V, insgesamt also um 4,5 V ab. Man spricht deshalb auch von einem Spannungsabfall. Der Spannungsabfall U_1 an R_1 beträgt demnach 0,67 V, der Spannungsabfall U_2 an R_2 entsprechend 1,7 V usw. Die Stromquelle stellt dabei die „Ladungspumpe“ dar, die dieses ganze „Spannungsgefälle“ in Gang hält. Dazu ist eine Batteriespannung von gleichfalls 4,5 V erforderlich. Die Gesamtspannung ist natürlich immer gleich groß wie die Batteriespannung.

1.2 Der Gesamtwiderstand der Serienschaltung

Im Lehrbrief 1 haben Sie das Ohm'sche Gesetz kennen gelernt, nach dem gilt, dass der Strom gleich dem Quotienten aus Spannung durch Widerstand ist:

$$I = \frac{U}{R}$$

Nachdem in der Reihenschaltung nach Abb. 1.1 der Strom durch alle Verbraucher gleich groß ist und die Batteriespannung über alle drei Verbraucher abfällt, muss der Strom gleich der angelegten Spannung U_g geteilt durch den Gesamtwiderstand R_g sein. Damit ergibt sich als Regel für den Gesamtwiderstand:

Der Gesamtwiderstand einer Serienschaltung ist gleich der Summe der Einzelwiderstände:

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

$$R_{ges} = \text{Gesamtspannung der Serienschaltung}$$

$$R_1, R_2, R_3 \dots = \text{Einzelwiderstand einer Serienschaltung}$$

Formel 2.2

Kehren wir noch einmal zur Schaltung in Abb. 1.1 zurück. Dort beträgt der Gesamtwiderstand

$$R_{ges} = R_1 + R_2 + R_3 = 47\ \Omega + 120\ \Omega + 150\ \Omega = 317\ \Omega$$

Den Strom erhalten wir, indem wir die Gesamtspannung U_{ges} durch den Gesamtwiderstand R_{ges} dividieren:

$$I_{ges} = \frac{U_{ges}}{R_{ges}} = \frac{4,5\text{ V}}{317\ \Omega} = 14,2\text{ mA}$$

Die Einzelspannungen U_1 , U_2 und U_3 können Sie nun ebenfalls nach dem Ohm'schen Gesetz berechnen:

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= R_1 \cdot I_{\text{ges}} = 47 \, \Omega \cdot 14,2 \, \text{mA} = 0,67 \, \text{V} \\ U_2 &= R_2 \cdot I_{\text{ges}} = 120 \, \Omega \cdot 14,2 \, \text{mA} = 1,7 \, \text{V} \\ U_3 &= R_3 \cdot I_{\text{ges}} = 150 \, \Omega \cdot 14,2 \, \text{mA} = 2,13 \, \text{V} \end{aligned} \right\} U_g = 4,5 \, \text{V}$$

Diese Zusammenhänge von Strom, Spannungen und Widerständen in einer Serienschaltung sollen Sie jetzt in dem folgendem Experiment E 1 nachvollziehen.

1.3 Experiment E 1: Serienschaltung von Widerständen

Experimentierziel

In diesem Experiment lernen Sie den Einfluss von Widerständen, die in Reihe geschaltet sind, auf die Spannungen, den Strom und den Gesamtwiderstand der Schaltung kennen.



Stückliste

- Steckplatine
- 9-V Batterie mit Klipp
- Vielfach-Messgerät
- Messleitungssatz
- Messspitzen lang
- 2 Widerstände 1,0 k Ω (braun-schwarz-rot-gold)
- 1 Widerstand 2,2 k Ω (rot-rot-rot-gold)
- 1 Widerstand 4,7 k Ω (gelb-violett-rot-gold)
- Biegehilfe
- Seitenschneider

Vorbereitungen

Die Kontakte des Steckbretts haben einen Abstand von 2,54 mm. Dieses Maß ist ein genormtes Maß für Platinen zur Aufnahme von Schaltungen. Es wird *Rastermaß (RM)* genannt. Viele Bauelemente haben zwei Leitungsanschlüsse, die erst noch auf dieses Maß gebracht werden müssen. Wenn Sie einen Widerstand in die Hand nehmen, ist auf jeder Seite ein ca. 3 cm langer Anschlussdraht. Die Biegehilfe (Abb. 1.2) erleichtert Ihnen das Biegen dieser Anschlussleitungen auf das richtige Maß. Sie erlaubt das Biegen der Anschlüsse auf das 4- bis 8-fache des Rastermaßes.

Für die meisten Anwendungen biegen Sie Widerstände im RM 6. Auf der Biegehilfe sind je RM-Abschnitt Nuten eingefräst, die auch noch unterschiedlichen Abstand haben. Dieser Abstand erlaubt es uns, das Bauelement (hier: Widerstand) so einzulegen, dass die gebogenen Anschlussleitungen den gleichen Abstand vom Bauelement haben (Abb. 1.2).

Nach dem Einlegen werden die Anschlussleitungen senkrecht nach unten gebogen, wobei das Bauelement mit dem Daumen in der Biegehilfe gehalten wird. Die abgeboenen Anschlussleitungen stehen jetzt um 90° nach unten weg.

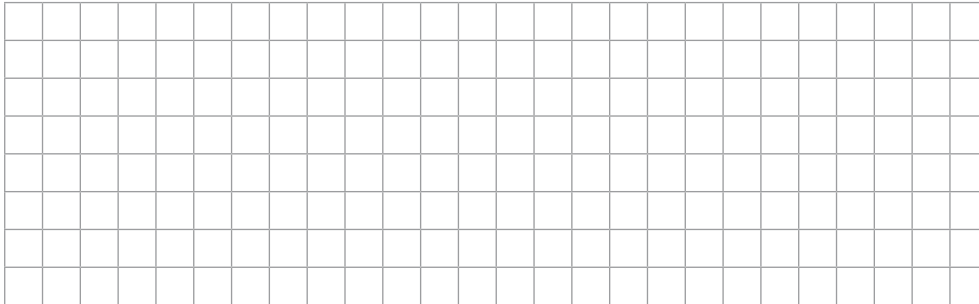


Abb. 1.2
Biegehilfe mit eingelegtem Widerstand im RM 6



Abb. 1.3
Widerstand mit abgeboenen Anschlussleitungen

Gesamtstrom:



Spannungen U_{R1} und U_{R2} :

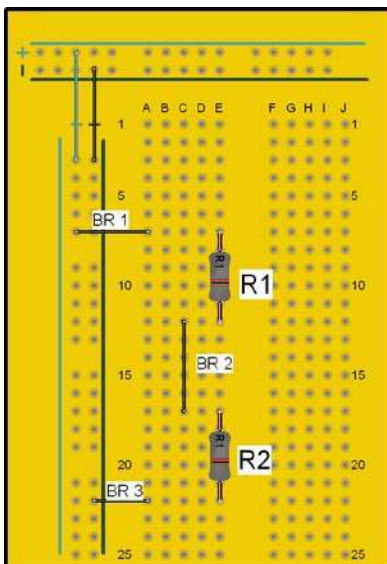
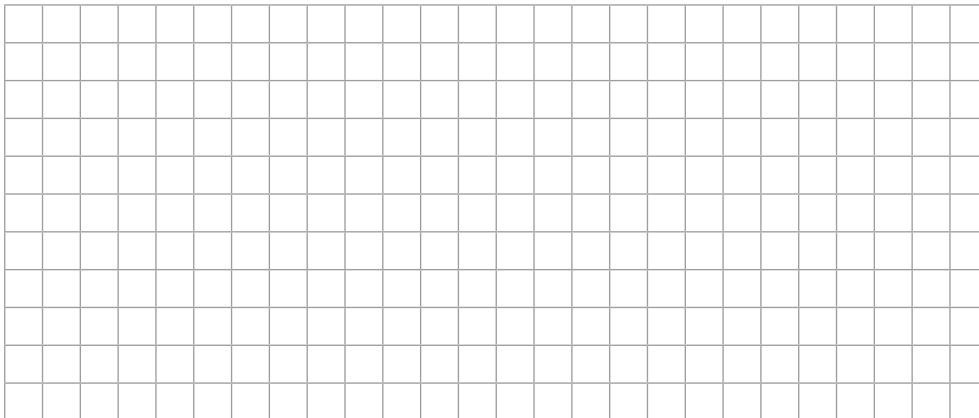


Abb. 1.5
Serienschaltung zweier gleich großer Widerstände: möglicher Aufbau der Schaltung auf der Steckplatine (siehe auch Abb. 1.6)

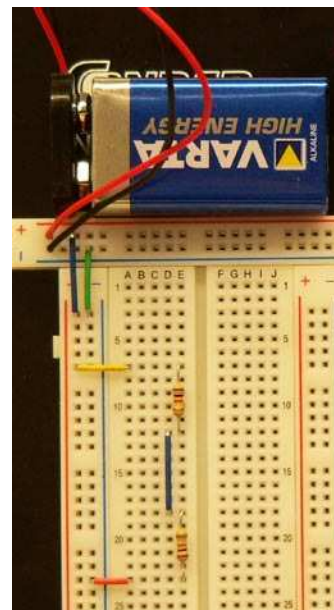


Abb. 1.6
Steckplatine: Serienschaltung zweier gleich großer Widerstände