



Einfache elektrische Netzwerke

Manfred Albach, «Elektrotechnik», Kapitel 3

227-0001-00L «Netzwerke und Schaltungen 1»

Beschreibung elektromagnetischer Erscheinungen durch

Teilchenmodell

(Moleküle, Atome)

[Elektronen, Protonen, Neutronen]

Feldmodell

(elektrisches & magnetisches)

Globalgrößen

(Strom, Spannung)

Wechselwirkung

- Ladungen erzeugen Felder
- Felder üben Kraftwirkung auf Ladungen aus

- Linien-
- Flächenintegrale

Kennzeichnende Grösse:

- Ladung (ruhend & bewegt)

Darstellung: Punktladung, Ladungsmenge

Kennzeichnende Grössen:

- Feldgrößen (Ursache, Wirkung)
- Materialabhängige Verknüpfung
- Darstellung: Feld-, Äquipotentiallinie
- Feldarten:

- elektrisches (ruhende Ladung, Quellenfeld)
- Magnetisches (bewegte Ladung, Wirbelfeld)
- Verknüpfung beider

Feldanalyse

Kennzeichnende Grössen:

- Fluss-, Differenzgrößen
- Verknüpfung über Schaltelement
- Arten und Eigenschaften:
 - elektrische und magnetische Kreise
 - Kirchhoff'sche Sätze

Netzwerkanalyse

[Paul, Grundlagen der Elektrotechnik 1]

Woche 5



- Kirchhoff'sche Gleichungen
- Parallel- und Reihenschaltung von Widerständen
- Spannungs- und Stromteiler
- Strom- oder Spannungsrichtige Widerstandsmessung

Lernziele - Einfache elektrische Netzwerke (1/2)

Nach dieser Woche (Lesen im Buch, Vorlesungsstunde, Übungsstunde sowie dem eigenständigen Lösen von Übungsaufgaben) werden Sie in der Lage sein:

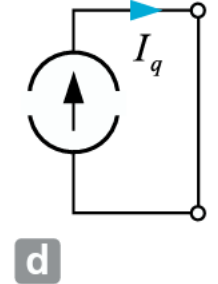
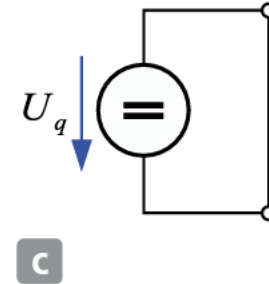
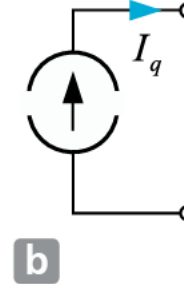
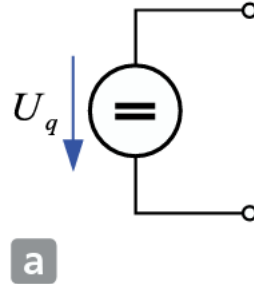
- die Kirchhoff'schen Gleichungen anzuwenden,
- komplizierte Widerstandsnetzwerke zu vereinfachen,
- prinzipielle Fehlerquellen bei Widerstandsmessungen zu berücksichtigen,

1 - Strom- und Spannungsquelle

Welche der folgenden Schaltungen a) - d) führen zu einem Widerspruch? (Mehrfachnennung möglich)



- ☐ a)
- ☐ b)
- ☐ c)
- ☐ d)



2 - Serieschaltung von Widerständen

Zwei exakt gleich grosse Widerstände sind in Reihe geschaltet. Fliesst ein elektrischer Strom durch diese Anordnung, dann ist die Stromstärke im zweiten Widerstand verglichen mit derjenigen im ersten Widerstand

- ☐ doppelt so gross.
- ☐ gleich gross.
- ☐ halb so gross.
- ☐ kleiner, aber nicht notwendigerweise halb so gross.



3.4 Die Kirchhoff'schen Gleichungen



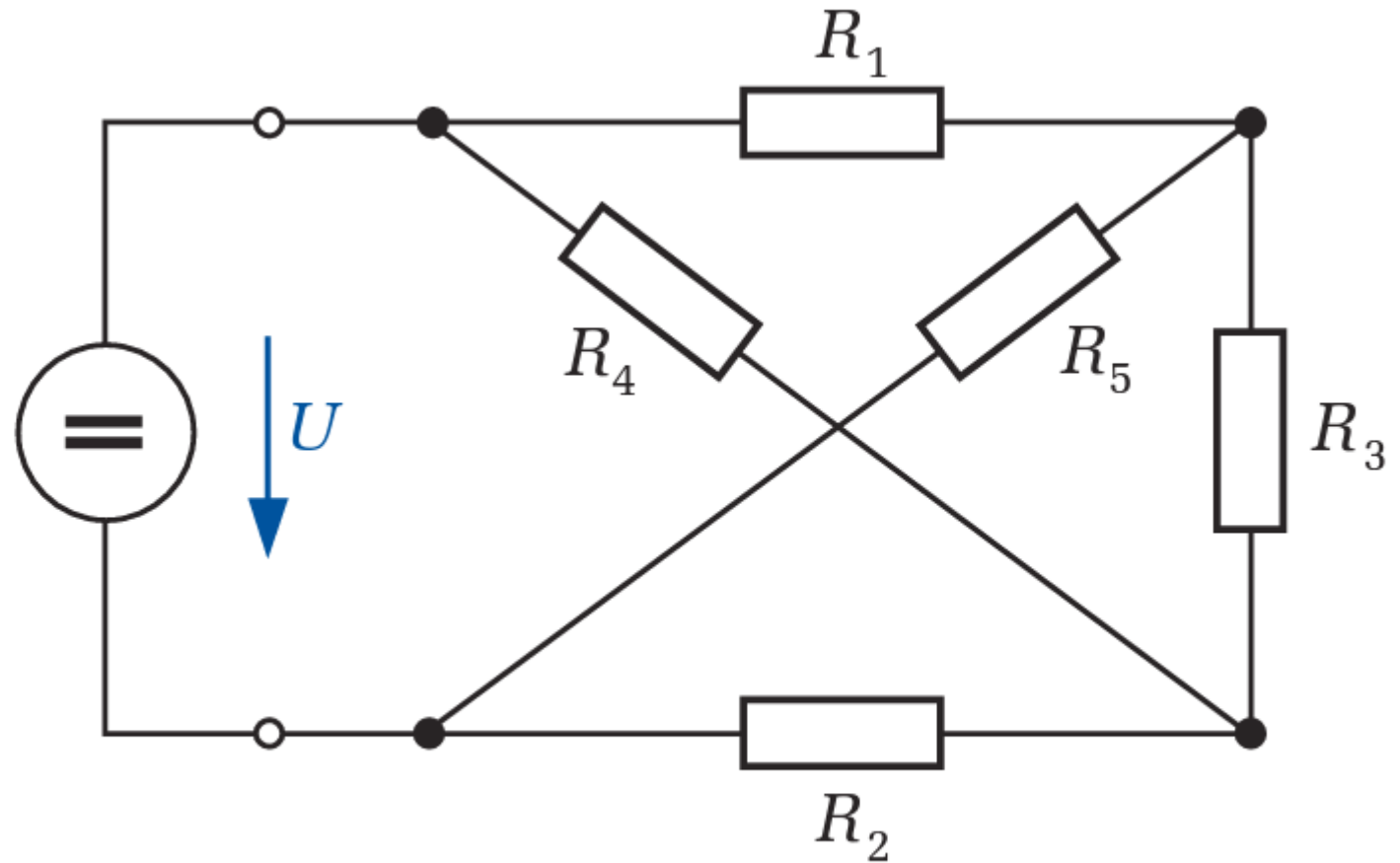


Abbildung 3.6: Einfaches Netzwerk

3.4 Die Kirchhoff'schen Gleichungen

$$\oint_A \vec{J} \cdot d\vec{A} = 0.$$

(3.5)

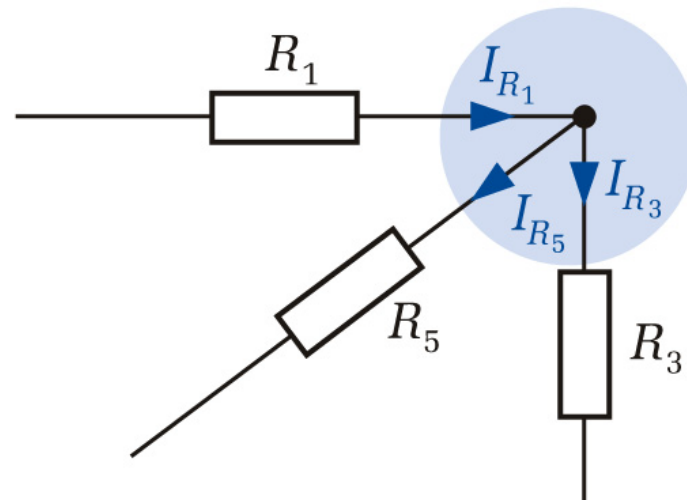
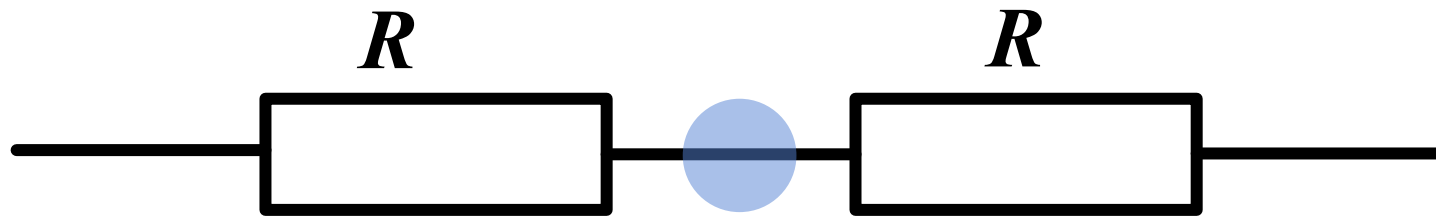


Abbildung 3.8: Knotenregel

Knotengesetz auf Clickerfrage 2 angewandt



3.4 Die Kirchhoff'schen Gleichungen

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{s} = \int_{P_1}^{P_2} \vec{E} \cdot d\vec{s} + \int_{P_2}^{P_3} \vec{E} \cdot d\vec{s} + \int_{P_3}^{P_1} \vec{E} \cdot d\vec{s} = 0 . \quad (3.2)$$

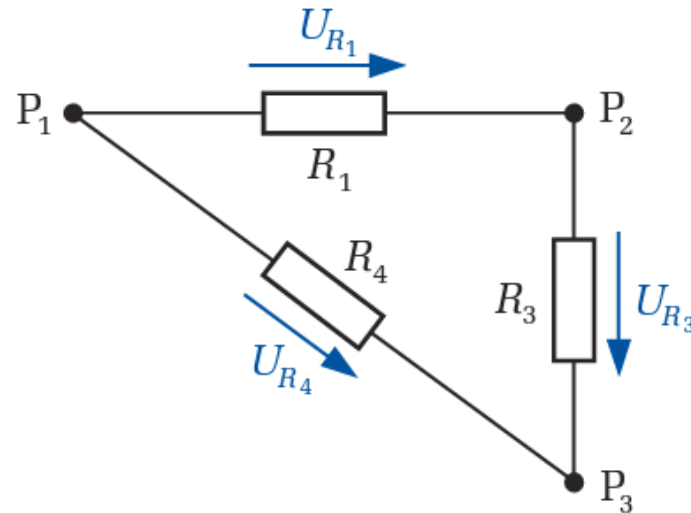
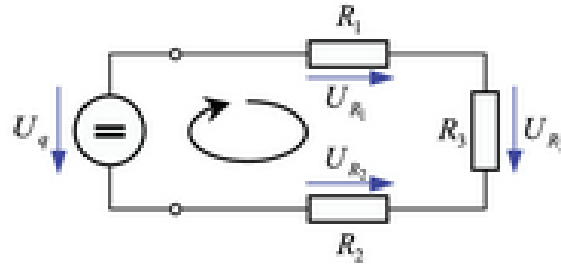


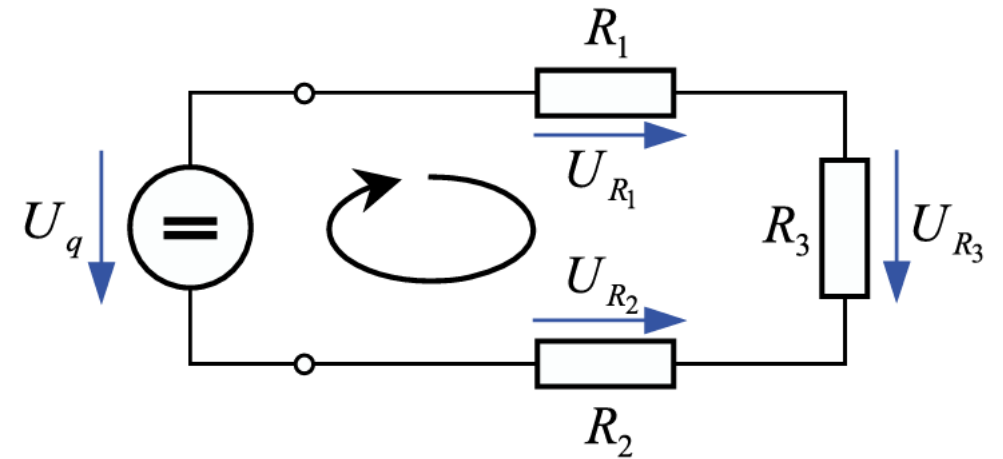
Abbildung 3.7: Maschenregel

3 - Zählpfeile und Maschenregel

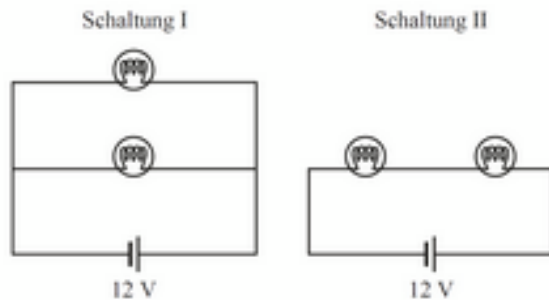
Welche der folgenden Gleichungen beschreiben das gezeigte Netzwerk korrekt? (Mehrfachnennung möglich).



- ☐ $U_q = U_{R1} + U_{R2} + U_{R3}$
- ☐ $U_q + U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} = 0$
- ☐ $U_q = U_{R1} - U_{R2} + U_{R3}$
- ☐ $U_q + U_{R1} - U_{R2} + U_{R3} = 0$
- ☐ $-U_q + U_{R1} - U_{R2} + U_{R3} = 0$



4 - Leistung in Schaltung mit Glühlampen (1)

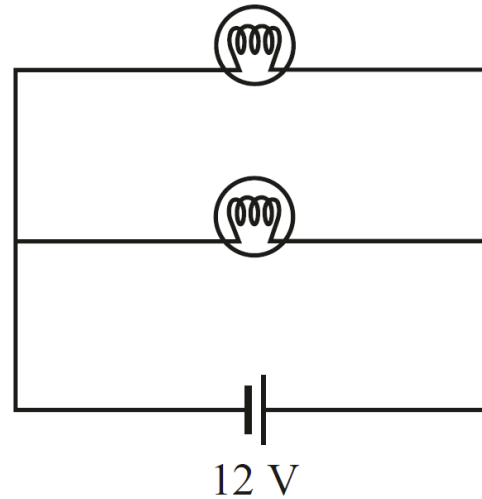


Die vier Glühlampen in der Abbildung sind alle gleich. In welcher Schaltung ist die Gesamthelligkeit der Glühlampen größer?

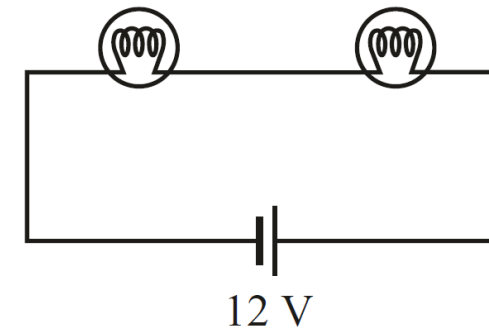
(Annahme: Die Helligkeit einer Glühlampe ist proportional zur aufgenommenen Leistung.)

- ☐ Schaltung I
- ☐ Beide Schaltungen leuchten gleich hell.
- ☐ Schaltung II

Schaltung I

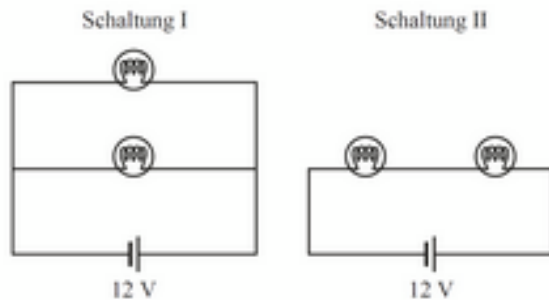


Schaltung II



aus Woche 4

4 - Leistung in Schaltung mit Glühbirnen (1)

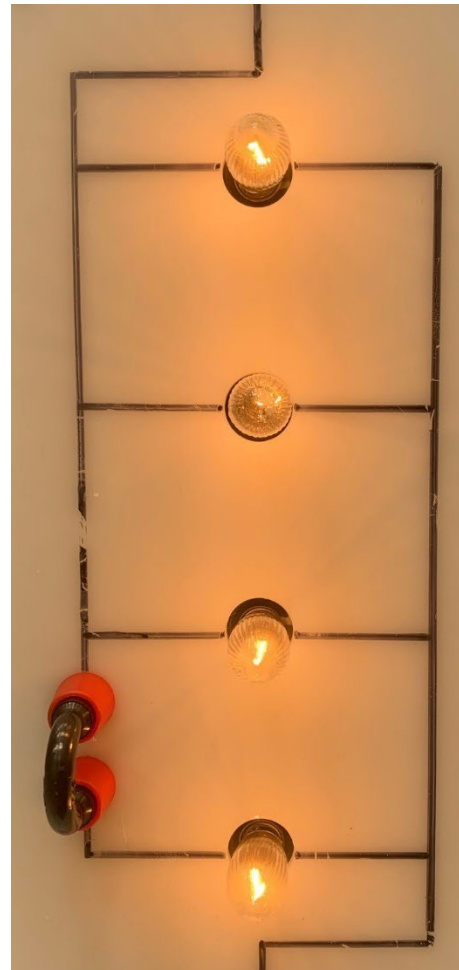


Die vier Glühbirnen in der Abbildung sind alle gleich. In welcher Schaltung ist die Gesamthelligkeit der Glühbirnen größer?

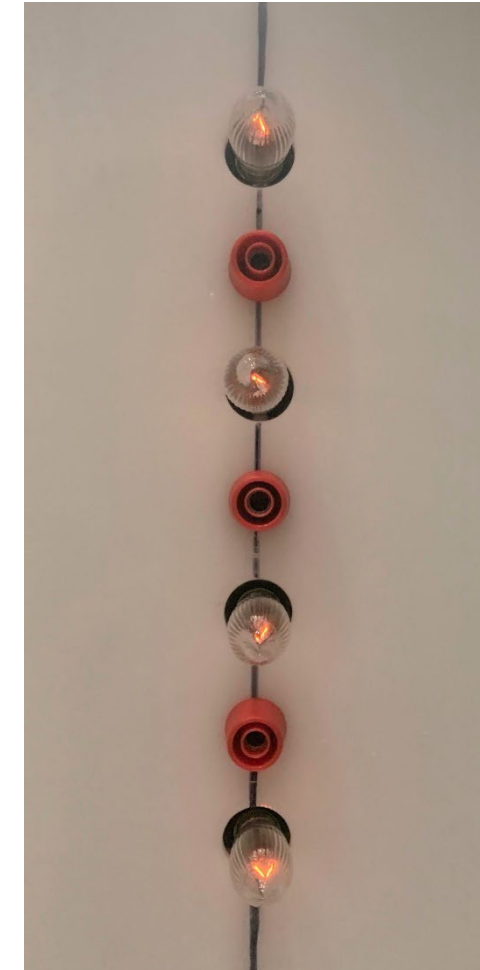
(Annahme: Die Helligkeit einer Glühbirne ist proportional zur aufgenommenen Leistung.)

- ☒ Schaltung I
- ☐ Beide Schaltungen leuchten gleich hell.
- ☐ Schaltung II

Schaltung I



Schaltung II



Sonderfälle der Parallelschaltung

allgemein: $\frac{1}{R_{ges}} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k} .$ (3.12)

2 parallele Widerstände: $R_{ges} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} .$ (3.13)

n gleiche Widerstände: $R_{ges} = \frac{R}{n}$ (3.14)

Rechnen mit Leitwerten: $G_{ges} = \sum_{k=1}^n G_k .$ (3.15)

3.5.1 Der Spannungsteiler

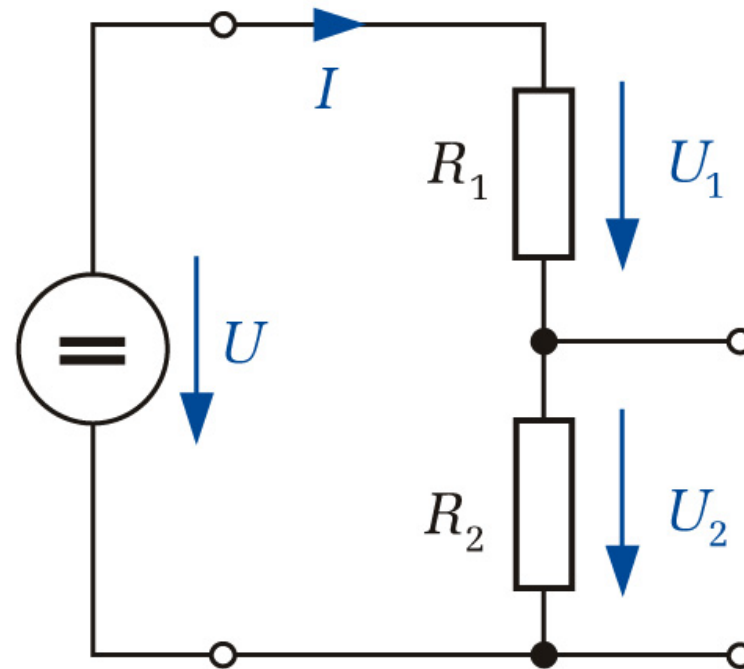
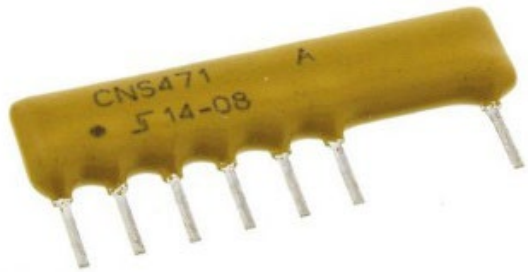
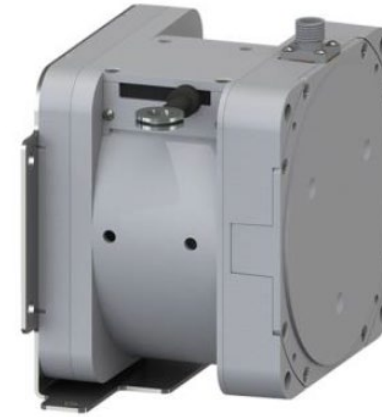
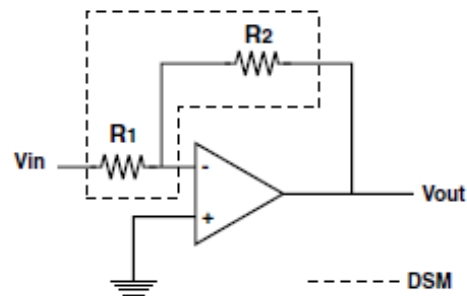
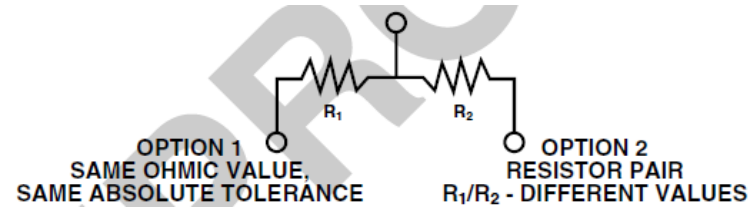
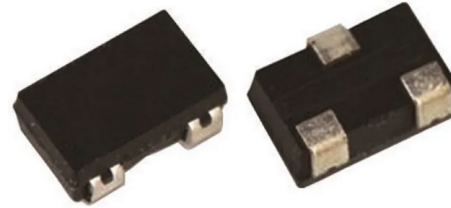
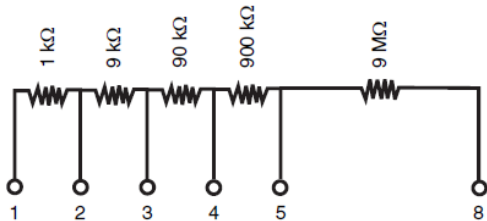


Abbildung 3.17: Schaltung zur Spannungsteilung

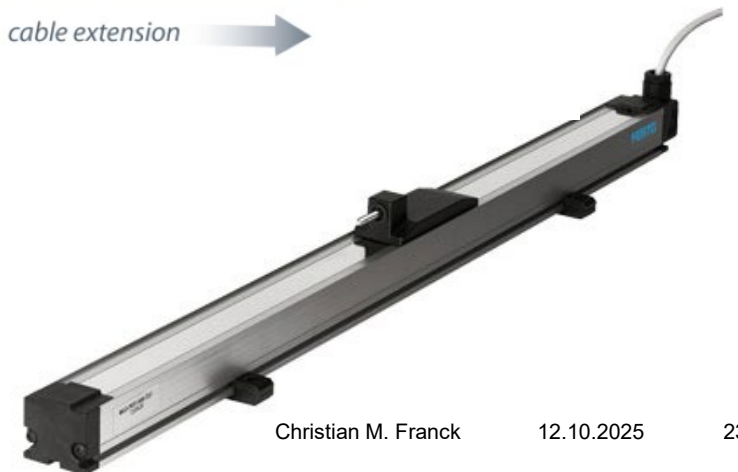
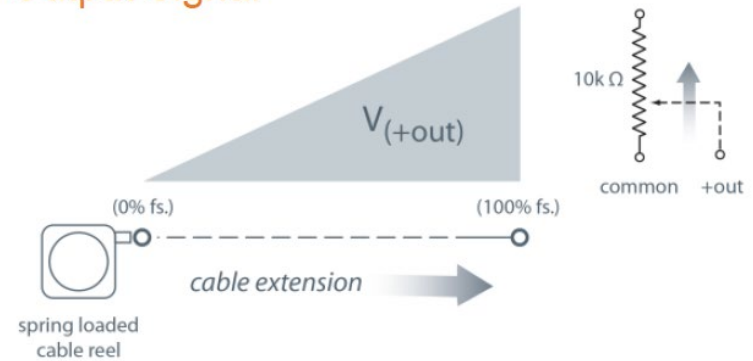
Spannungsteiler



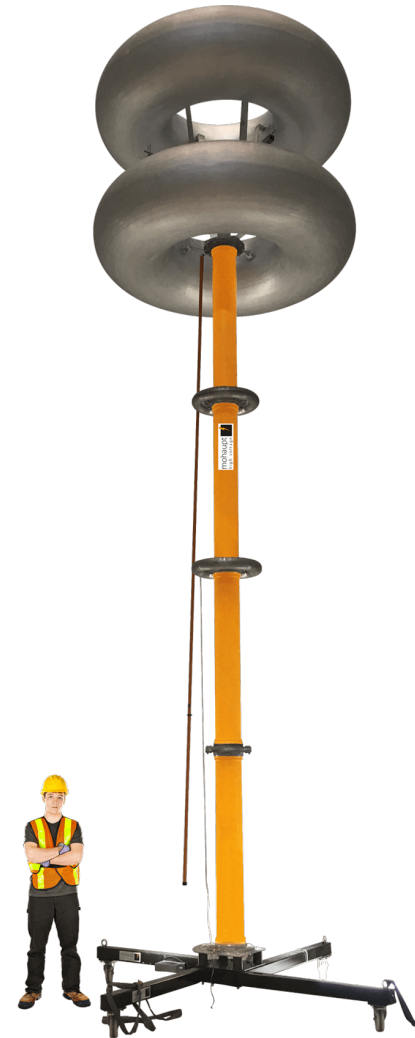
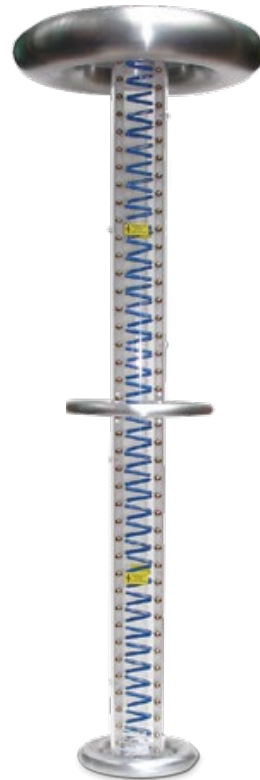
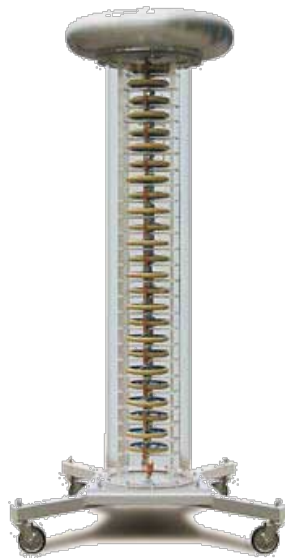
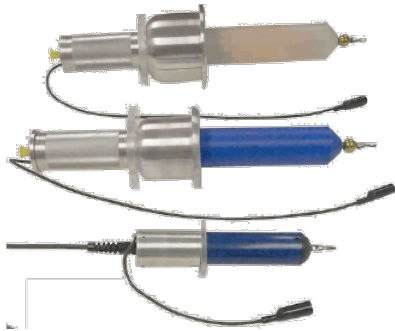
5 Decades



Output Signal



Hochspannungsteiler



Schaltungssimulation

Analoge und digitale Schaltungen können sehr umfangreich werden → Simulationsprogramme.

Analoge Schaltungssimulation:

- Spannungsquellen
- Stromquellen
- Bauelemente (Beispiel Widerstand, math. Modell: Ohm'sches Gesetz)
- Darstellung über Netzwerkgleichungen (-> nächste Woche)

Beispiele für Simulationsprogramme:

[<https://www.mikrocontroller.net/articles/Schaltungssimulation>]

Eispice, GeckoCIRCUITS, GNU Octave ocs Paket, Gnucap, Icfiter, LTspice, ngSpice, NI MultiSim / Electronics Workbench, PLECS, Pspice, qucs, SIMetrix, Simplorer, Solve Elec TCLSpice, Tina, Yenka Analogue Electronics, Simulink

Schaltungssimulation

Analoge und digitale Schaltungen können sehr umfangreich werden → Simulationsprogramme.

Analoge Schaltungssimulation:

- Spannungsquellen
- Stromquellen
- Bauelemente (Beispiel Widerstand, math. Modell: Ohm'sches Gesetz)
- Darstellung über Netzwerkgleichungen (-> nächste Woche)

Beispiele für Simulationsprogramme:

[<https://www.mikrocontroller.net/articles/Schaltungssimulation>]

Eispice, GeckoCIRCUITS, GNU Octave ocs Paket, Gnucap, Icfiter, LTspice, ngSpice,
NI MultiSim / Electronics Workbench, PLECS, Pspice, qucs, SIMetrix, Simplorer, Solve Elec
TCLSpice, Tina, Yenka Analogue Electronics, Simulink

Schaltungssimulation

Analoge und digitale Schaltungen können sehr umfangreich werden → Simulationsprogramme.

Analoge Schaltungssimulation:

- Spannungsquellen
- Stromquellen
- Bauelemente (Beispiel Widerstand, math. Modell: Ohm'sches Gesetz)
- Darstellung über Netzwerkgleichungen (-> nächste Woche)

Beispiele für Simulationsprogramme:

[<https://www.mikrocontroller.net/articles/Schaltungssimulation>]

Eispice, GeckoCIRCUITS, GNU Octave ocs Paket, Gnucap, Icfiter, LTspice, ngSpice,
NI MultiSim / Electronics Workbench, PLECS, Pspice, qucs, SIMetrix, Simplorer, Solve Elec
TCLSpice, Tina, Yenka Analogue Electronics, Simulink

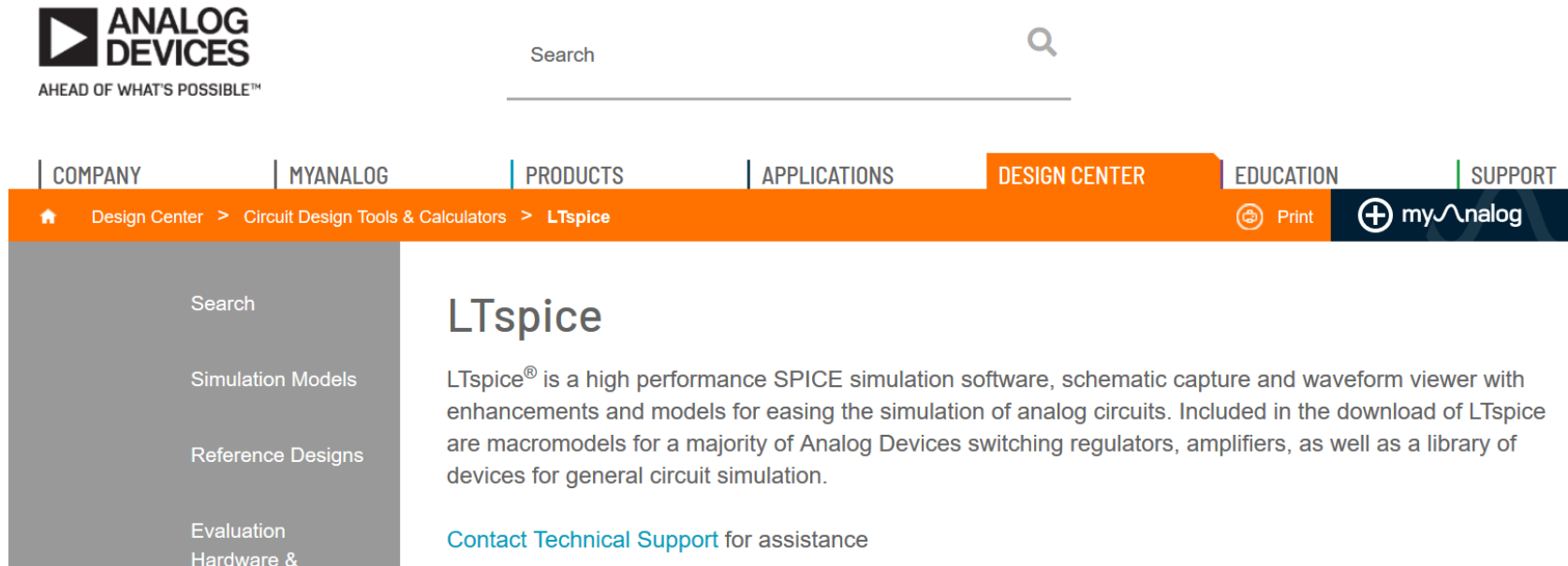
ETH Spinoff

NuS 2

NuS 1

LTSpice

- Freeware
- umfangreiche Bibliothek (an Bauteilen von Analog Devices)
- altmodisches GUI aber einfach zu nutzen



<https://www.analog.com/en/design-center/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html>

Spannungsteiler

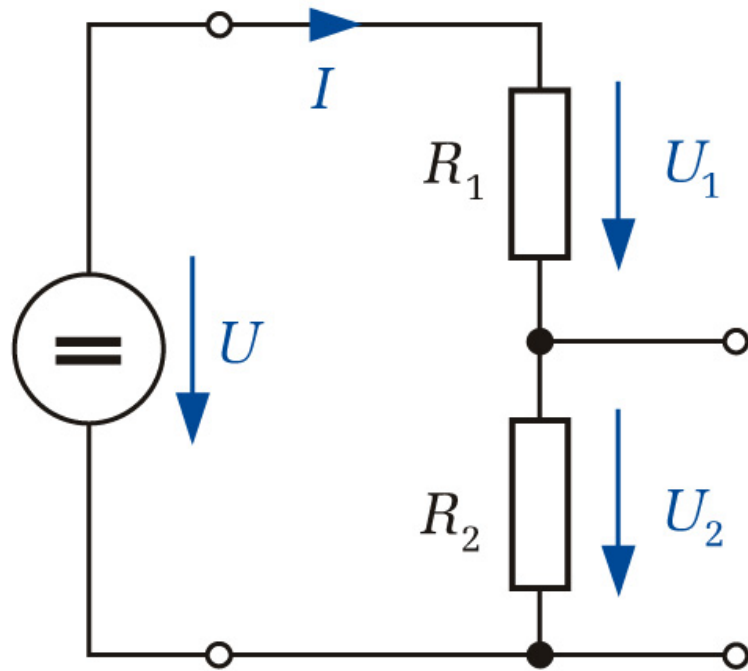
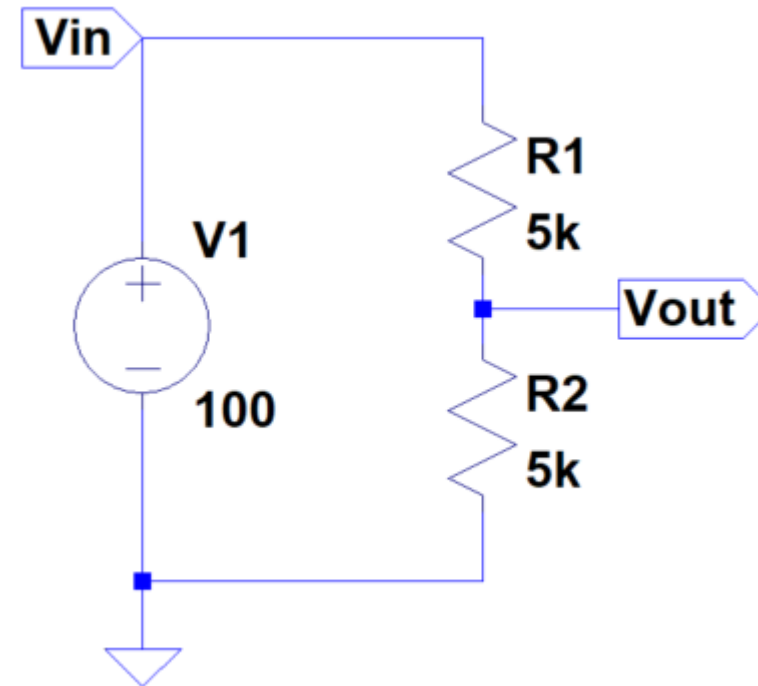
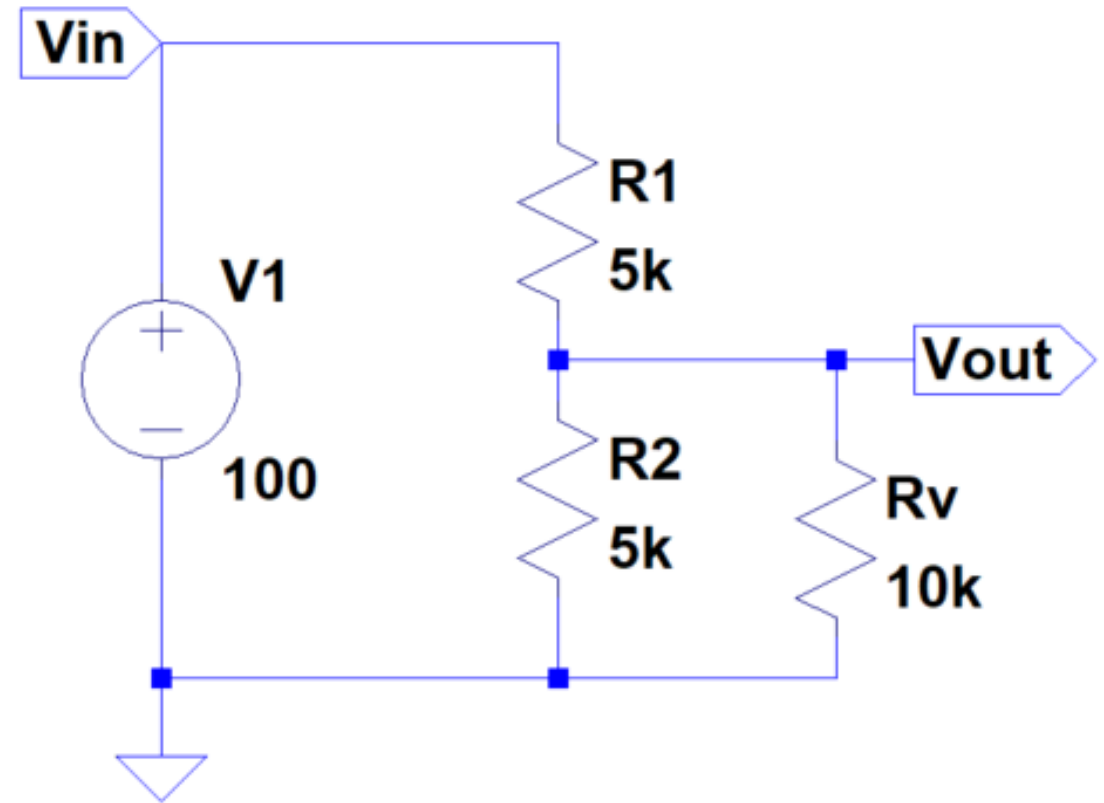
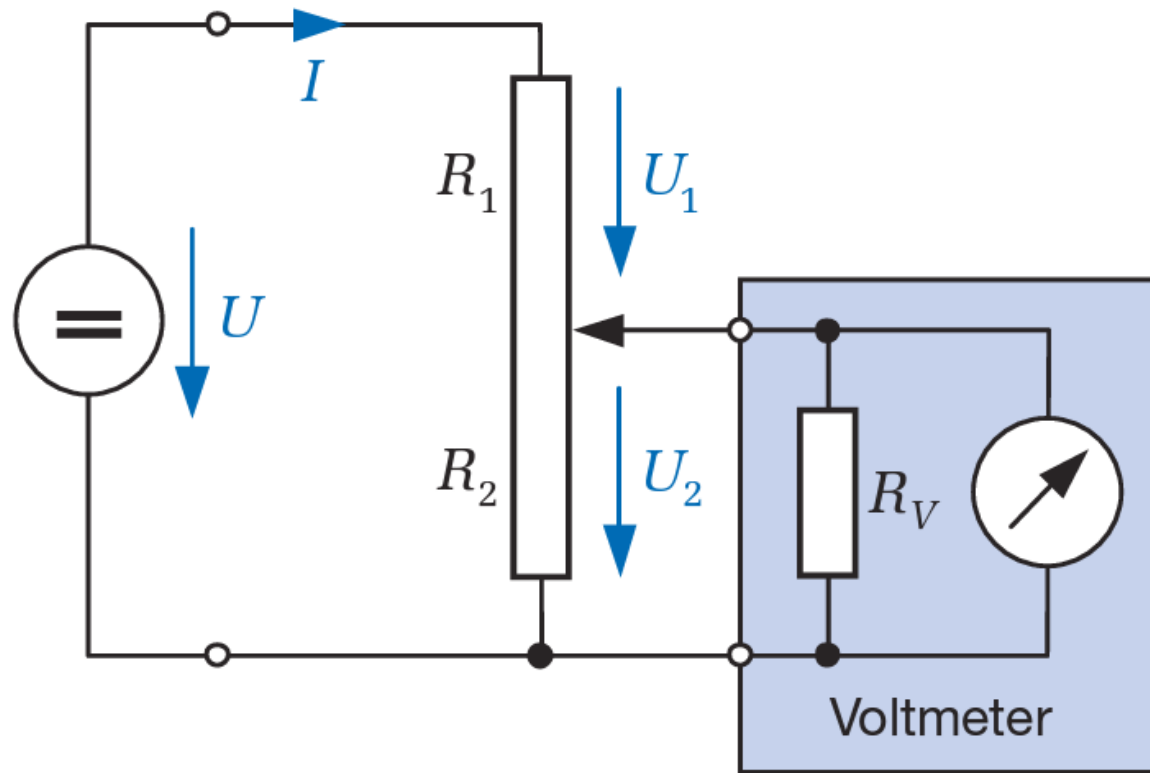


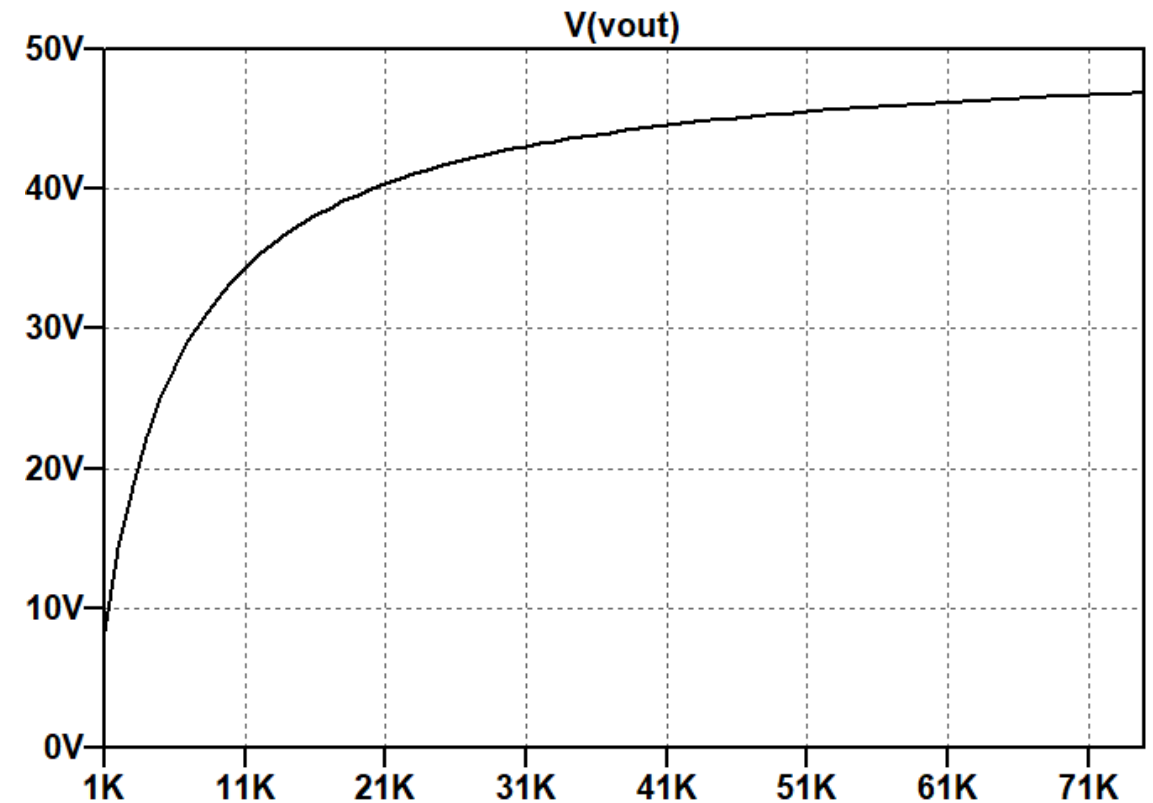
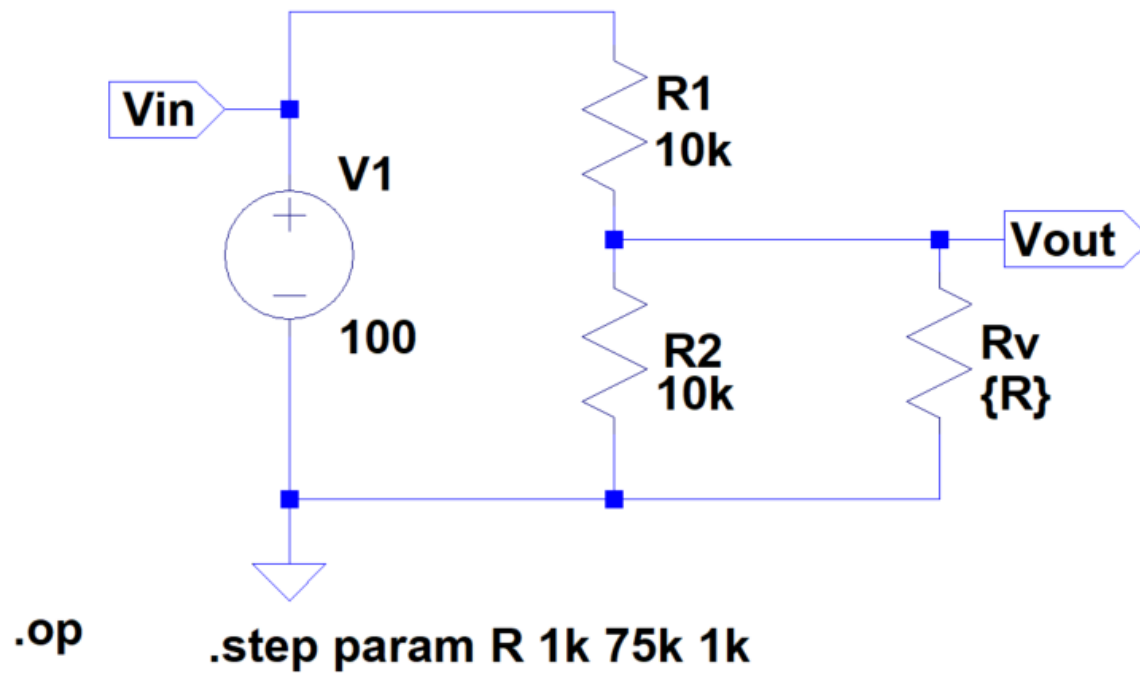
Abbildung 3.17: Schaltung zur Spannungsteilung



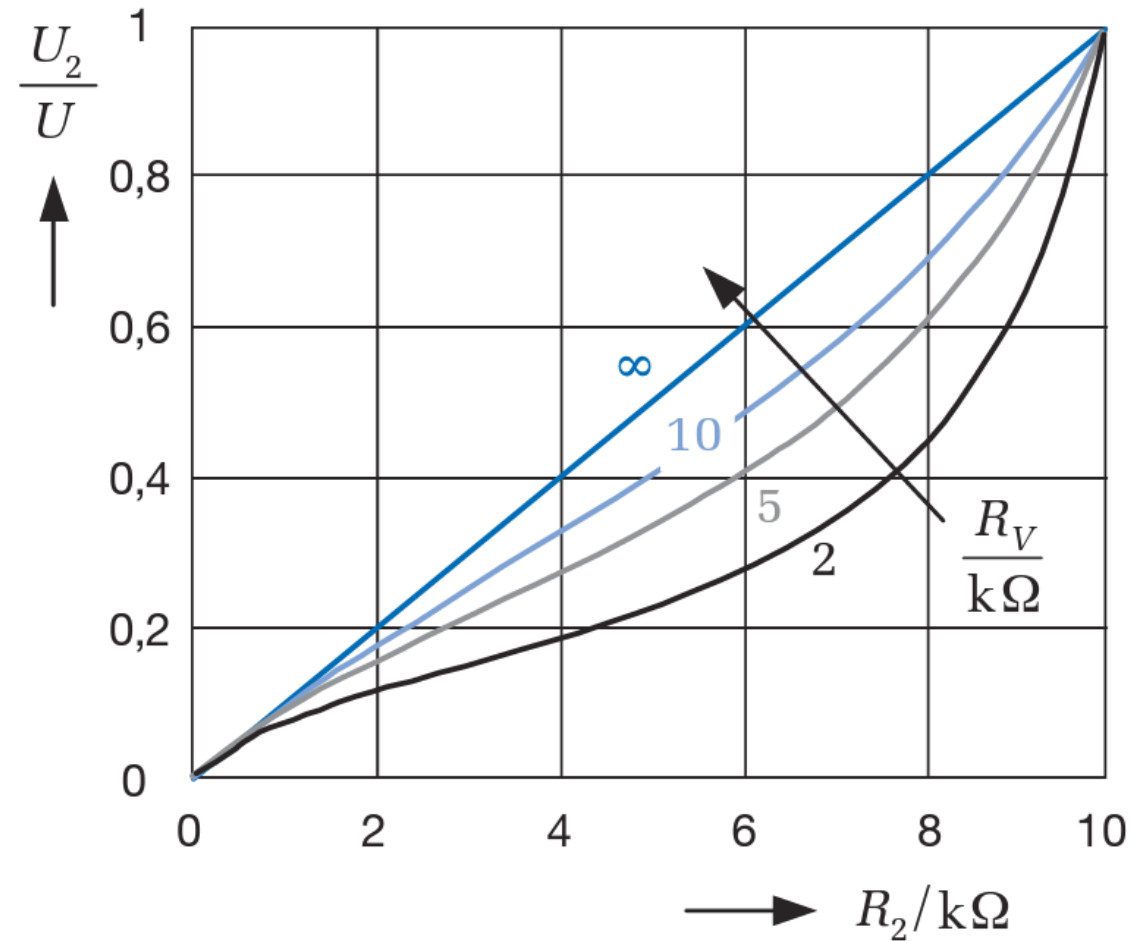
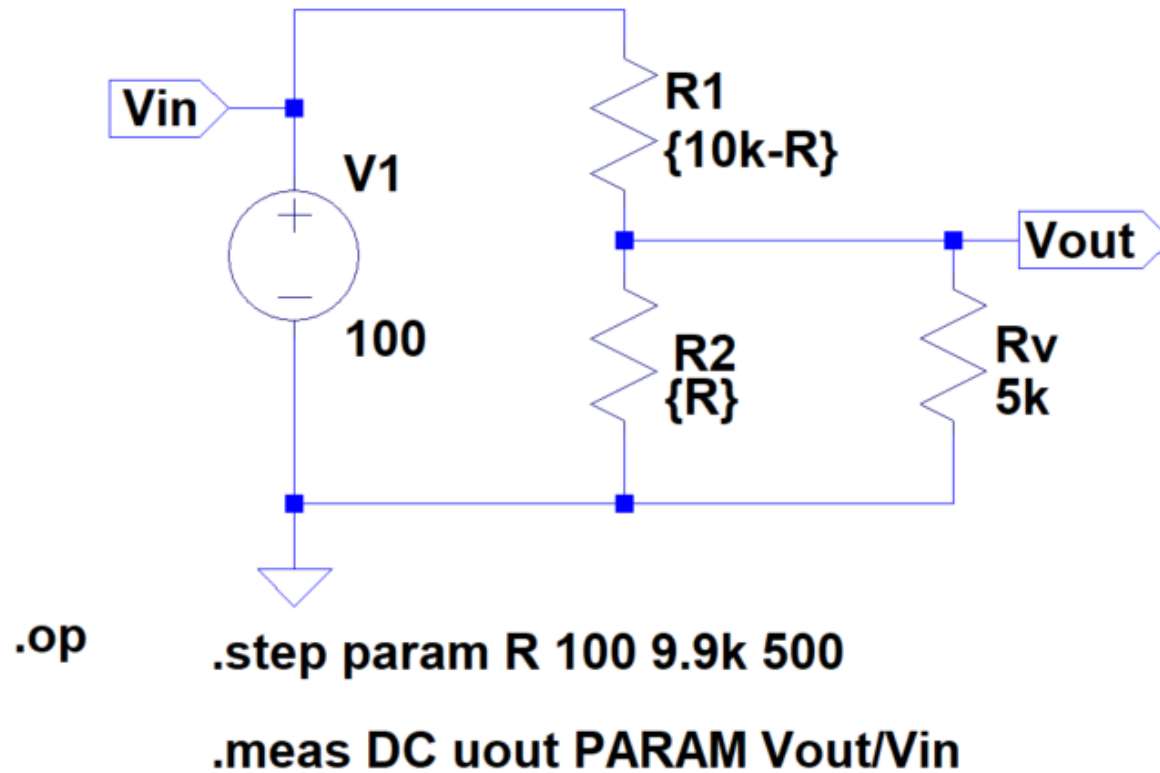
Belasteter Spannungsteiler



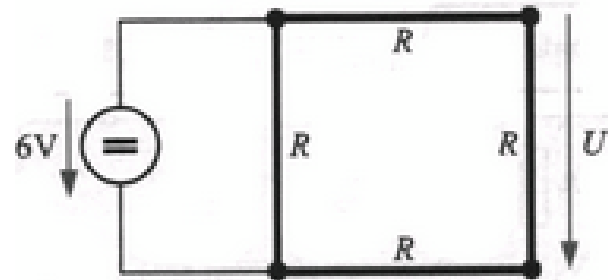
Parameter«sweeps»



Parameter«sweeps»

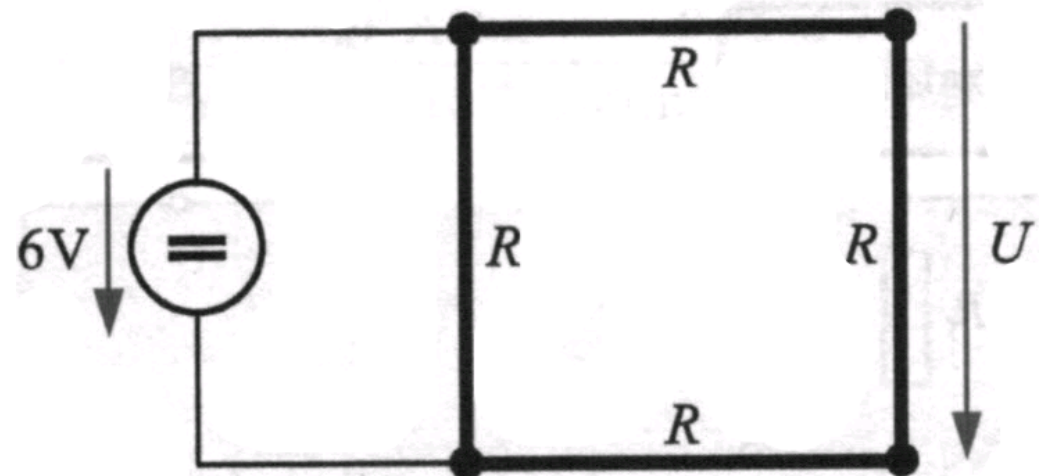


5 - Widerstandsnetzwerk

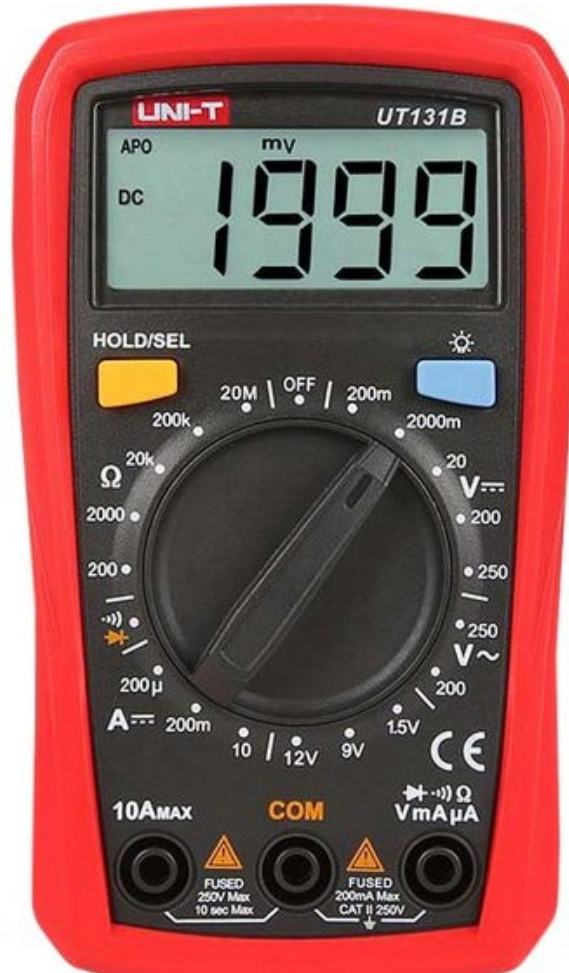


Ein Quadrat aus Widerstandsdraht, dessen ohmscher Widerstand für jede Kante $R = 0.6 \Omega$ beträgt, ist mit einer 6 V-Spannungsquelle, wie im Bild gezeigt, verbunden. Wie gross ist die Spannung U an der rechten Kante?

- ☐ 6V
- ☐ 3V
- ☐ 2V
- ☐ 1V



3.5.2 Messbereichserweiterung eines Spannungsmessgerätes



3.5.2 Messbereichserweiterung eines Spannungsmessgerätes

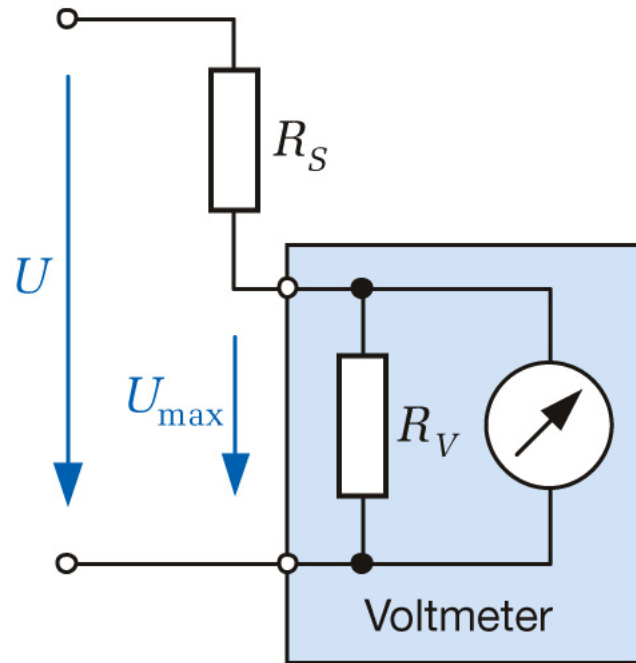


Abbildung 3.22: Voltmeter mit Vorwiderstand

$$\frac{U_{\max}}{U} = \frac{R_V}{R_S + R_V}$$

$$\rightarrow R_S = \left(\frac{U}{U_{\max}} - 1 \right) R_V$$

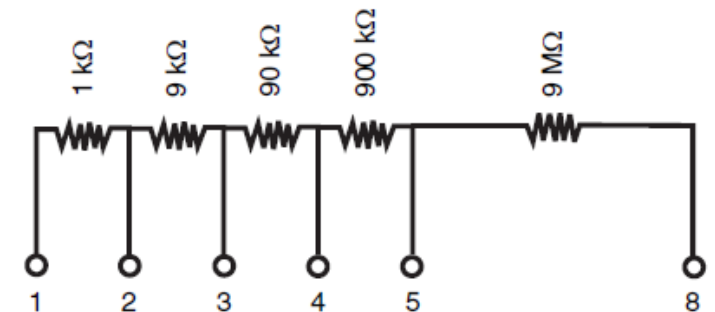
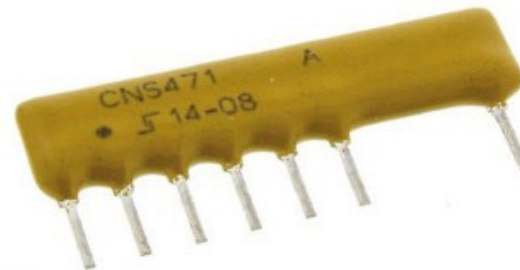
Zahlenbeispiel



Ein Voltmeter hat im Messbereich bis 200 mV einen Innenwiderstand von 1 kΩ.

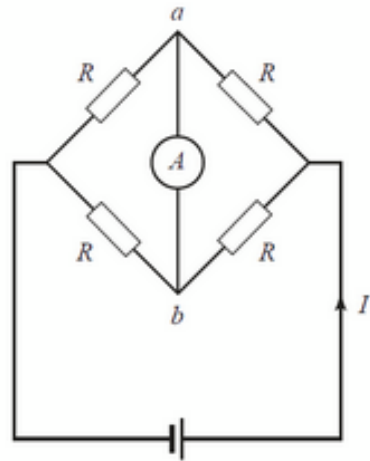
Welcher Seriewiderstand R_s ist erforderlich um im Messbereich bis 2 V, 20 V und 200V messen zu können?

5 Decades

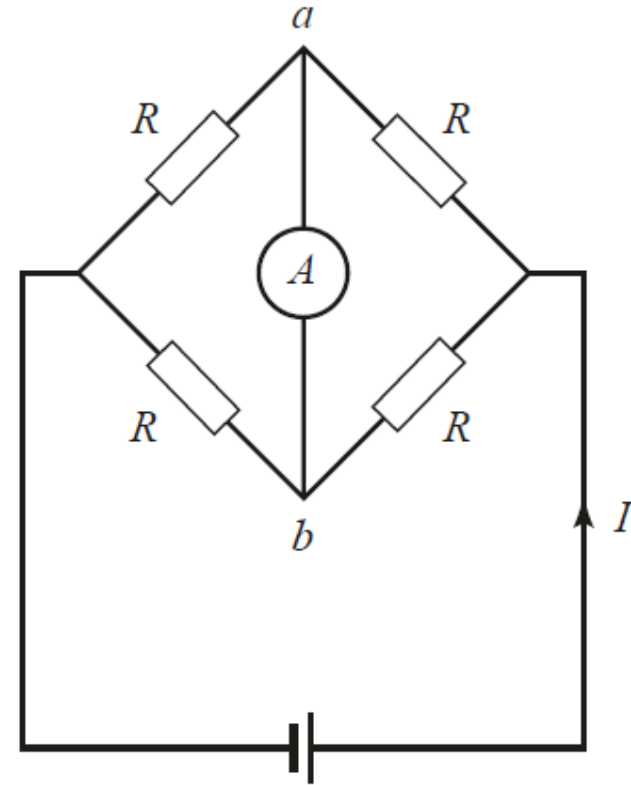


6 - Widerstandsnetzwerk II

Ein Amperemeter A wird im abgebildeten Stromkreis zwischen den beiden Punkten a und b geschaltet. Die vier Widerstände im Stromkreis sind identisch. Welche Stromstärke zeigt das Amperemeter an?

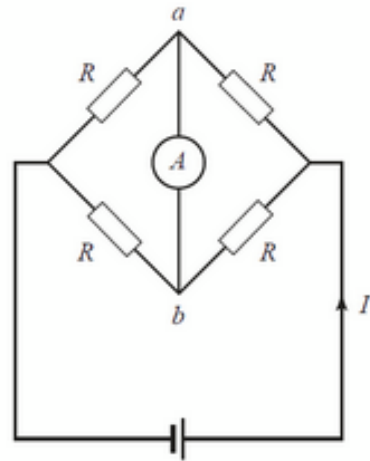
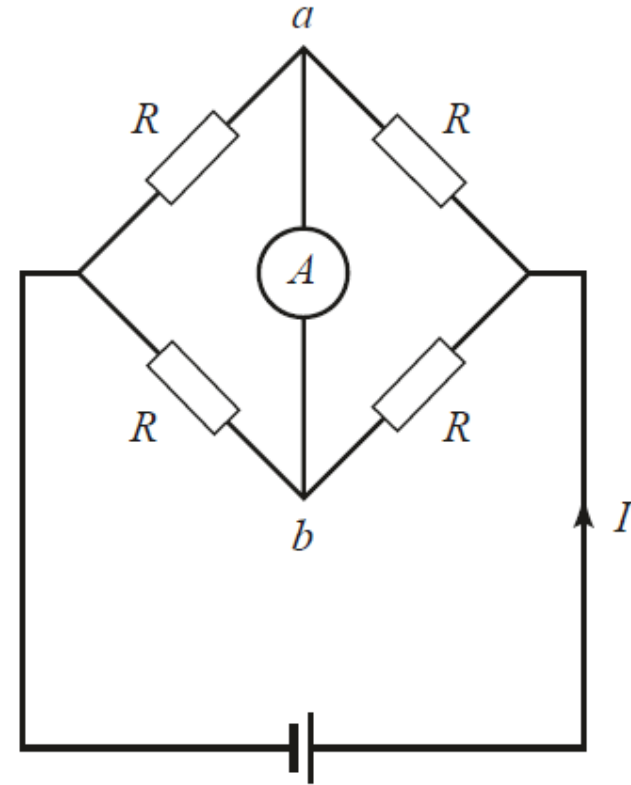


- ☐ $I/2$
- ☐ $I/4$
- ☐ Null.
- ☐ Es fehlen Informationen, um die Frage

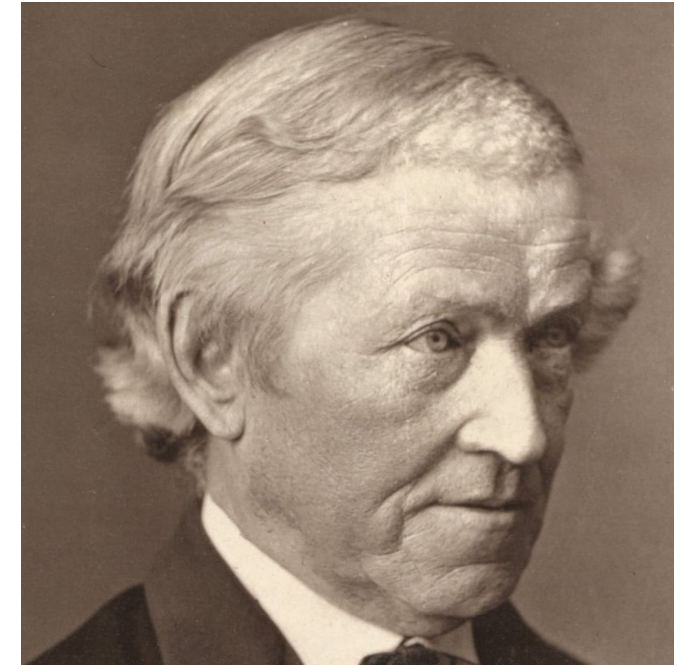
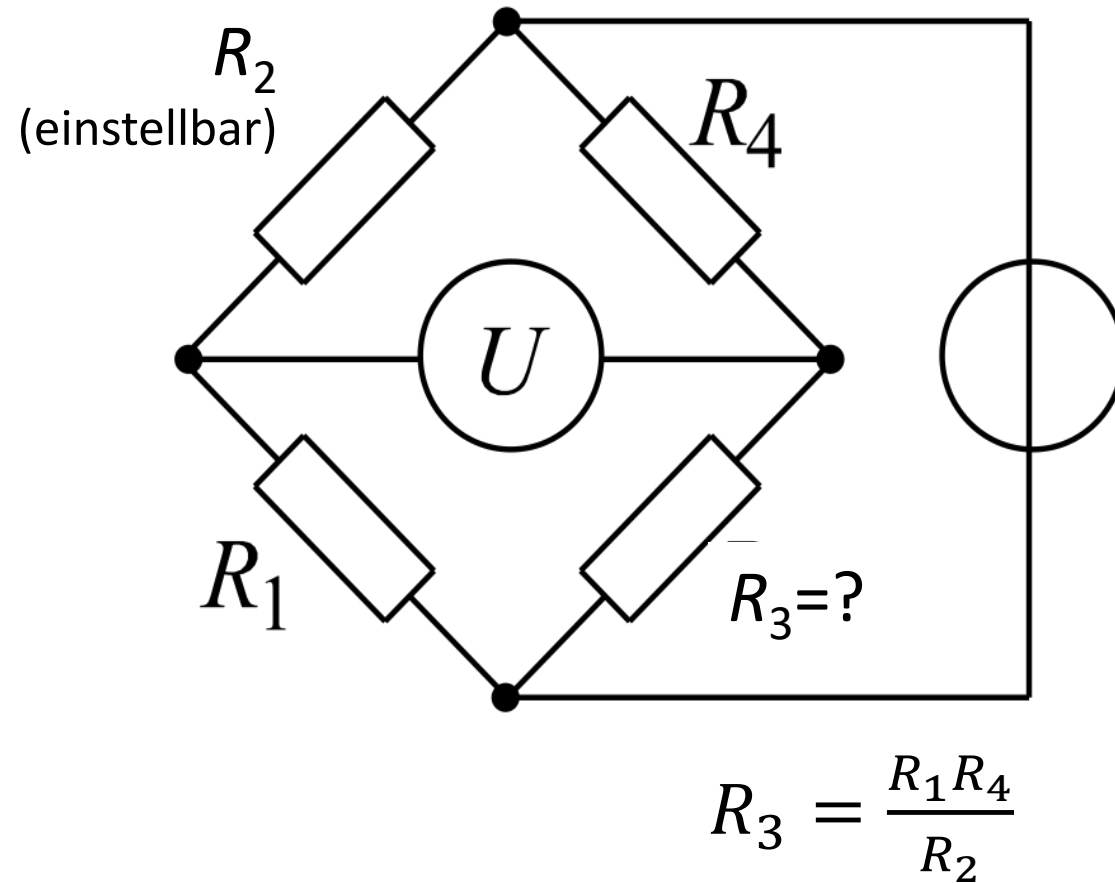


6 - Widerstandsnetzwerk II

Ein Amperemeter A wird im abgebildeten Stromkreis zwischen den beiden Punkten a und b geschaltet. Die vier Widerstände im Stromkreis sind identisch. Welche Stromstärke zeigt das Amperemeter an?

☐ $I/2$ ☐ $I/4$ ☒ Null.☐ Es fehlen Informationen, um die Frage

Wheatstone-Brücke zur Widerstandsbestimmung



[telegraph.co.uk]

Charles Wheatstone
(1802-1875)

3.5.6 Widerstandsmessung

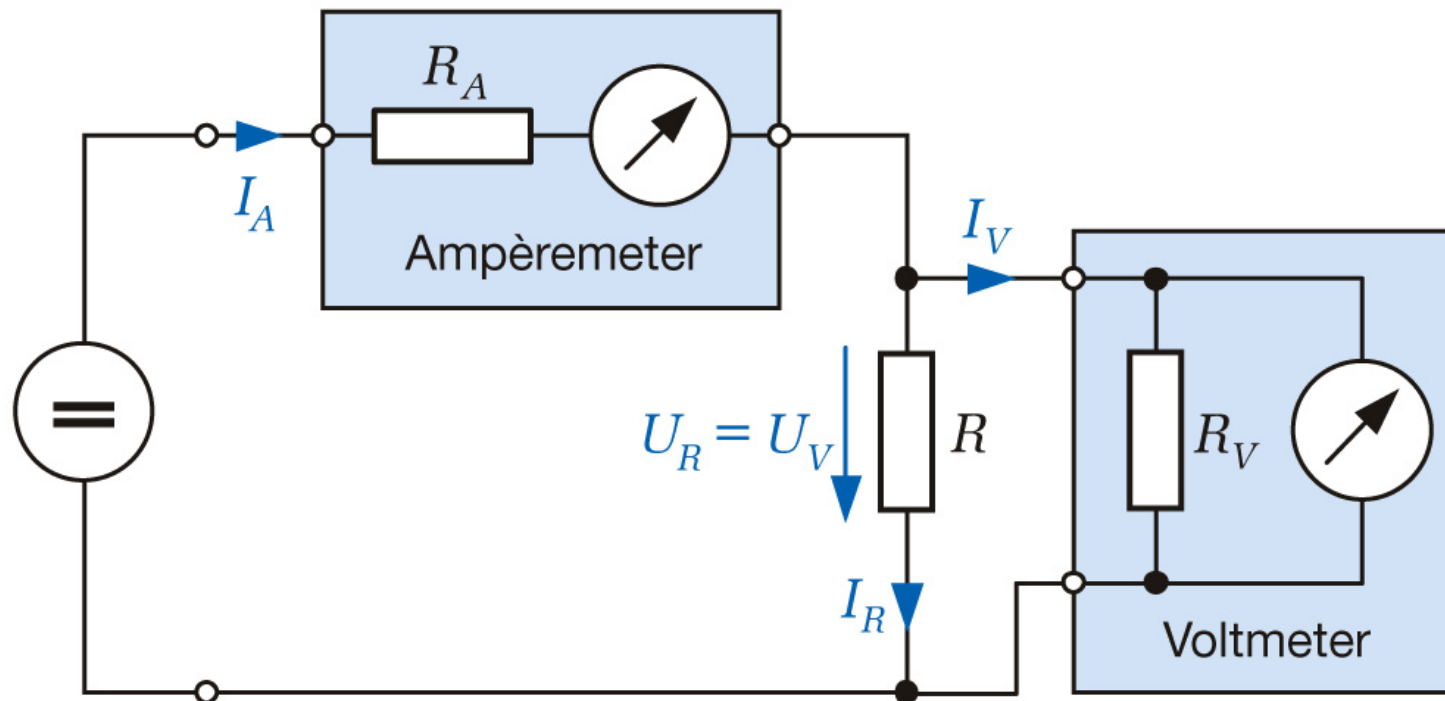


Abbildung 3.25: Korrekte Spannungsmessung



Ideales Voltmeter ($R_V \rightarrow \infty$):

$$R = \frac{U_V}{I_A}$$

3.5.6 Widerstandsmessung

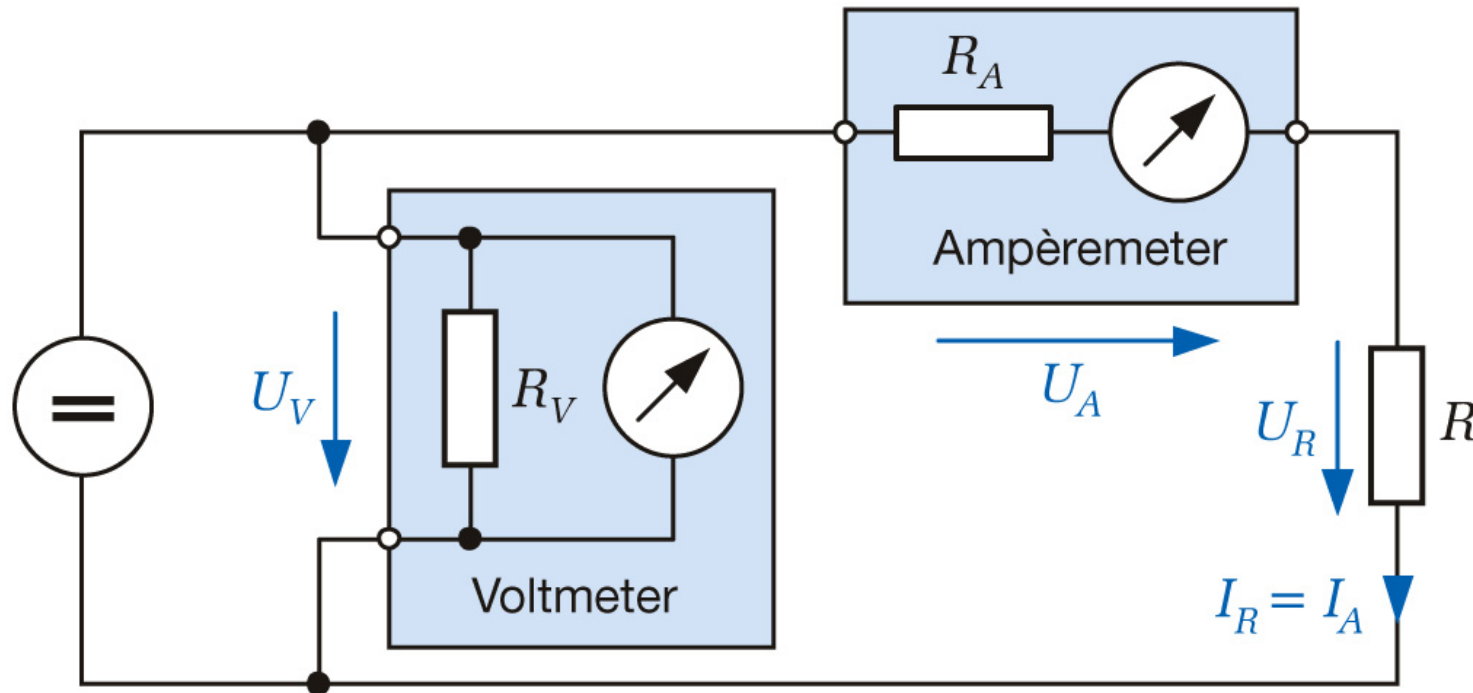
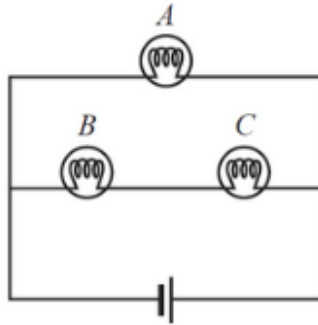


Abbildung 3.26: Korrekte Strommessung



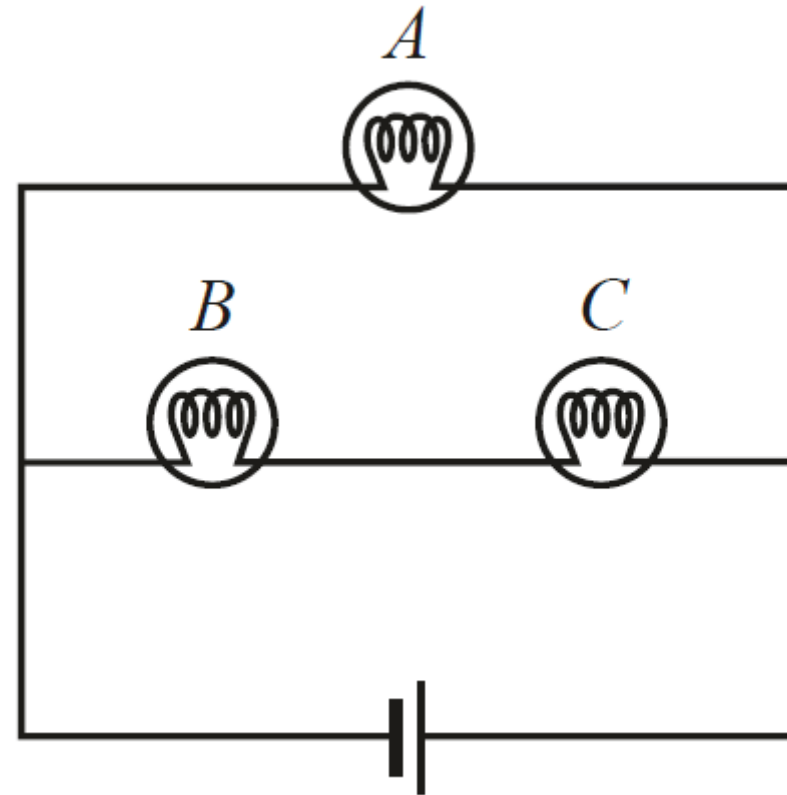
Ideales Amperemeter ($R_A \rightarrow 0$):

$$R = \frac{U_V}{I_A}$$

7 - Leistung in Netzwerk mit Glühbirnen
(2)

Die drei Glühbirnen in der gezeigten Schaltung haben sämtlich den gleichen Widerstand. Die Helligkeit der Glühbirnen ist proportional zur umgesetzten elektrischen Leistung. Die **Gesamthelligkeit** der Glühbirnen B und C ist im Vergleich zu Helligkeit der Glühbirne A

- ☐ vier mal so gross.
- ☐ doppelt so gross.
- ☐ genauso gross.
- ☐ halb so gross.
- ☐ ein viertel so gross.



Übungen der Woche

