

Teil I

Themenfeld 12.1 - Gleichstromnetzanalyse

Inhalt

Zweipoltheorie (Pflicht)

Spannungsteiler

Überlagerungsverfahren nach Helmholtz
(Pflicht)

Dreieck <-> Stern-Umwandlung (Pflicht)

Knoten- und Maschengleichungen
(Pflicht)

Pflicht-Themen, die noch offen sind

Lösungen

Übungen zu Zweipole I

Übungen zu Zweipole II

Schaltung 2 - nur Quelle 1 aktiv

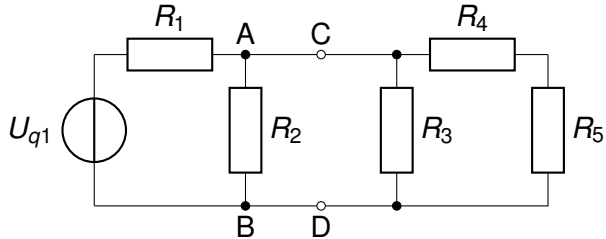
Schaltung 2 - nur Quelle 2 aktiv

Schaltung 3 - nur Quelle 1 aktiv

Simulation mit KiCAD und Spice

Zweipole

In der Schaltung unten sollen die Widerstände R_3 bis R_5 als ein virtuelles Bauteil dargestellt werden.



Werte für Berechnung

$$R_1 = 10\Omega$$

$$R_2 = 20\Omega$$

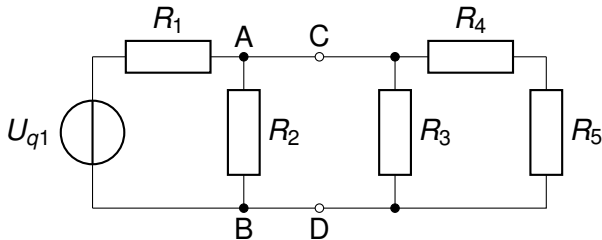
$$R_3 = 30\Omega$$

$$R_4 = 40\Omega$$

$$R_5 = 50\Omega$$

$$U_{q1} = 5V,$$

$$U_{q2} = 12V$$



Berechnung des Ersatzwiderstands

$$R_{45} = R_4 + R_5 \quad (1)$$

$$R_{45} = 40\Omega + 50\Omega \quad (2)$$

$$R_{45} = 90\Omega \quad (3)$$

$$\frac{1}{R_{3||45}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_{45}} \quad (4)$$

$$\frac{1}{R_{3||45}} = \frac{1}{30\Omega} + \frac{1}{90\Omega} \quad (5)$$

$$R_{3||45} = 22,5\Omega \quad (6)$$

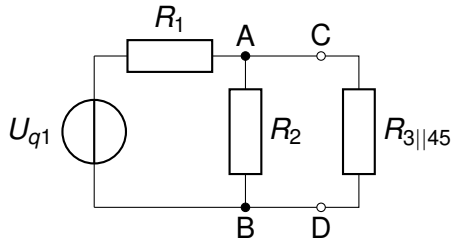


Abbildung: Berechnung des Ersatzwiderstands

Übungen zu Zweipole I

Berechnen Sie jeweils den Ersatzwiderstand zwischen den Klemmen C und D zur Schaltung unten.

a $R_1 = R_2 = 220\Omega$ $R_3 = R_5 = 230\Omega$ $R_4 = 470\Omega$

b $R_1 = R_2 = R_3 = R_5 = 230\Omega$ $R_4 = 560\Omega$

c $R_1 = R_2 = R_4 = R_5 = 150\Omega$ $R_3 = 120\Omega$

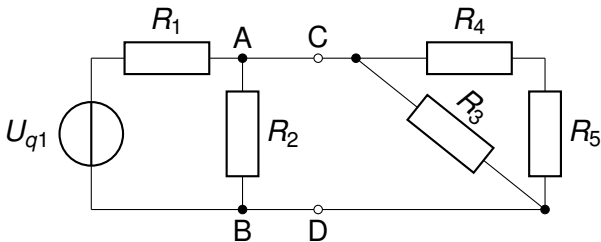


Abbildung: Schaltung zu Übung Ersatzzweipol - Teil 1

Übungen zu Zweipole II

Berechnen Sie jeweils den Ersatzwiderstand zwischen den Klemmen C und D zur Schaltung unten.

a $R_1 = R_2 = 220\Omega$ $R_3 = R_5 = 230\Omega$ $R_4 = 470\Omega$

b $R_1 = R_2 = R_3 = 150\Omega$ $R_5 = 230\Omega$ $R_4 = 560\Omega$

c $R_1 = R_2 = R_4 = R_5 = 150\Omega$ $R_3 = 120\Omega$

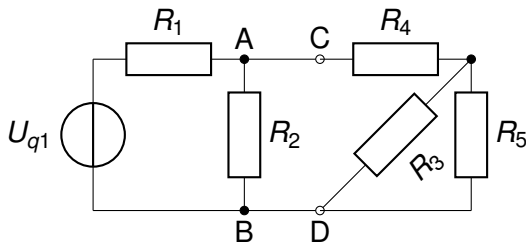
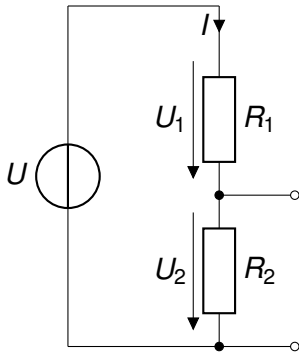


Abbildung: Schaltung zu Übung Ersatzzweipol - Teil 2

Spannungsteiler



$$U = U_1 + U_2 \quad (7)$$

$$I = \frac{U}{R_{ges}} = \frac{U}{R_1 + R_2} \quad (8)$$

$$I = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} \quad (9)$$

$$U_2 = I * R_2 \quad (10)$$

$$U_2 = \frac{U}{R_{ges}} * R_2 \quad (11)$$

$$U_2 = \frac{U}{R_1 + R_2} * R_2 \quad (12)$$

$$\frac{U_2}{U} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (13)$$

Übungsaufgaben zu Spannungsteiler

U [V]	$R_1 [\Omega]$	$R_2 [\Omega]$	I_{R1}	I_{R2}
5	220	330		
12	220	470		
12	220		12 mA	
12	470			10,4 mA
	560	120	22 mA	
	470	1,5k	3,3 mA	

Inhalt

Zweipoltheorie (Pflicht)

Spannungsteiler

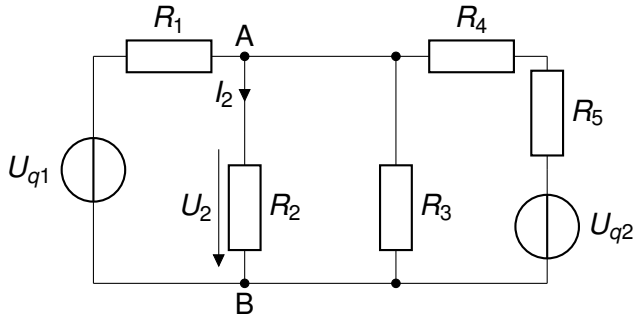
Überlagerungsverfahren nach Helmholtz (Pflicht)
Aufgaben zu Überlagerung

Dreieck <-> Stern-Umwandlung (Pflicht)

Knoten- und Maschengleichungen (Pflicht)

Pflicht-Themen, die noch offen sind

Zwei Spannungsquellen U1 und U2



$$R_1 = 10\Omega, R_2 = 20\Omega$$

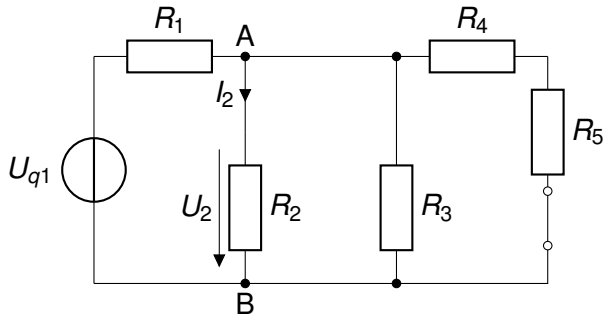
$$R_3 = 30\Omega, R_4 = 40\Omega$$

$$R_5 = 50\Omega$$

$$U_{q1} = 5\text{ V}, U_{q2} = 12\text{ V}$$

Abbildung: Überlagerung, Schaltung 1, Zwei Quellen aktiv

Zwei Spannungsquellen U1 und U2



$$R_1 = 10\Omega, R_2 = 20\Omega$$

$$R_3 = 30\Omega, R_4 = 40\Omega$$

$$R_5 = 50\Omega$$

$$U_{q1} = 5\text{ V}, U_{q2} = 12\text{ V}$$

Abbildung: Nur Quelle eins aktiv

Berechnung Ersatzwiderstand I

$$U_{2'} = I_2 * R_2 || R_3 || R_4 + R_5 \quad (14)$$

$$U_{2'} = I_2 * \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4 + R_5}} \quad (15)$$

I_2 ist nicht bekannt.

Berechnung Ersatzwiderstand II

$$U_{q1} = U_1 + U_2 \quad (16)$$

$$U_2 = U_{q1} * \frac{R_2 || R3 || R45}{R_1 + R_2 || R3 || R45} \quad (17)$$

Einsetzen I

$$U_{2'} = U_{q1} * \frac{R_2 || R_3 || R_4 || R_5}{R_1 + R_2 || R_3 || R_4 || R_5} \quad (18)$$

$$U_{2'} = U_{q1} * \frac{\frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4 + R_5}}}{R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4 + R_5}}} \quad (19)$$

$$(20)$$

Einsetzen II

$$U_{2'} = U_{q1} * \frac{R_2 || R_3 || R_4 || R_5}{R_1 + R_2 || R_3 || R_4 || R_5}$$

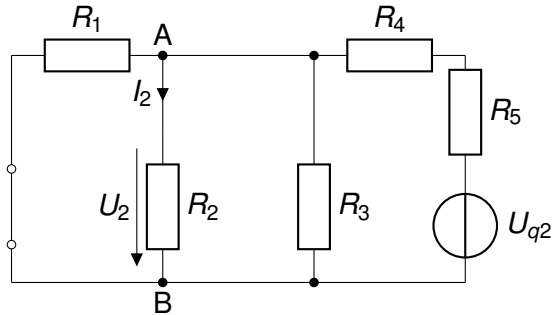
$$U_{2'} = U_{q1} * \frac{\frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4 + R_5}}}{R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4 + R_5}}}$$

$$U_{2'} = 5V * \frac{10,59\Omega}{10\Omega + 10,59\Omega} \quad (21)$$

$$U_{2'} = 5V * 0,514 \quad (22)$$

$$U_{2'} = 2,57V \quad (23)$$

Zwei Spannungsquellen U1 und U2



$$R_1 = 10\Omega, R_2 = 20\Omega$$

$$R_3 = 30\Omega, R_4 = 40\Omega$$

$$R_5 = 50\Omega$$

$$U_{q1} = 5\text{ V}, U_{q2} = 12\text{ V}$$

Abbildung: Nur Quelle zwei aktiv

Quelle 2, Einsetzen I

$$U_{2''} = U_{q2} * \frac{\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}}{R_4 + R_5 + \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}} \quad (24)$$

(25)

Quelle 2, Einsetzen II

$$U_{2''} = U_{q2} * \frac{\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}}{R_4 + R_5 + \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}} \quad (26)$$

$$U_{2''} = 12 \text{ V} * \frac{\frac{1}{\frac{1}{10\Omega} + \frac{1}{20\Omega} + \frac{1}{30\Omega}}}{40\Omega + 50\Omega + \frac{1}{\frac{1}{10\Omega} + \frac{1}{20\Omega} + \frac{1}{30\Omega}}} \quad (27)$$

$$U_{2''} = 12 \text{ V} * 0,057 \quad (28)$$

$$U_{2''} = 0,685 \text{ V} \quad (29)$$

Addition

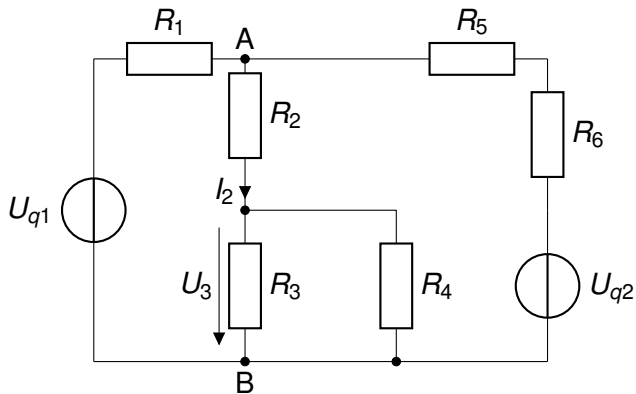
Zum Abschluss werden die beiden Teilspannungen addiert.

$$U_2 = U_{2'} + U_{2''} \quad (30)$$

$$U_2 = 2,57V + 0,685V \quad (31)$$

$$U_2 = 3,26V \quad (32)$$

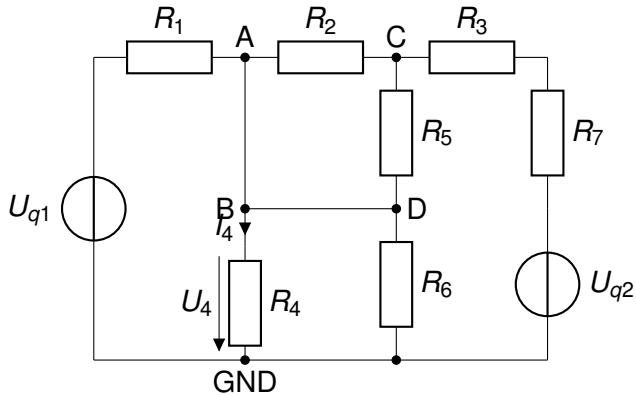
Schaltung 2



$$\begin{aligned} R_1 &= 100\Omega, & R_2 &= 220\Omega \\ R_3 &= 270\Omega, & R_4 &= 470\Omega \\ R_5 &= 560\Omega, & R_6 &= 180\Omega \\ U_{q1} &= 12\text{ V}, & U_{q2} &= 15\text{ V} \end{aligned}$$

Abbildung: Überlagerung, Schaltung 2

Schaltung 3



$$\begin{aligned} R_1 &= 100\Omega, & R_2 &= 220\Omega \\ R_3 &= 270\Omega, & R_4 &= 470\Omega \\ R_5 &= 470\Omega, & R_6 &= 560\Omega \\ R_7 &= 120\Omega \\ U_{q1} &= 12\text{ V}, & U_{q2} &= 15\text{ V} \end{aligned}$$

Abbildung: Überlagerung, Schaltung 3

Inhalt

Zweipoltheorie (Pflicht)

Spannungsteiler

Überlagerungsverfahren nach Helmholtz (Pflicht)

Dreieck <-> Stern-Umwandlung (Pflicht)

Knoten- und Maschengleichungen (Pflicht)

Pflicht-Themen, die noch offen sind

Lösungen

Messbrücke

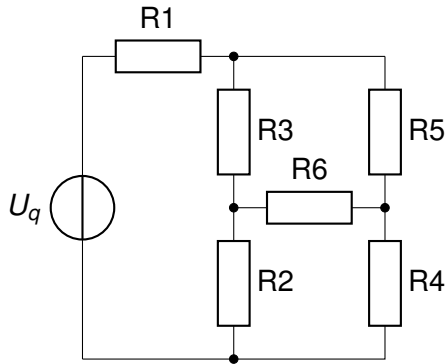


Abbildung: Messbrücke

Messbrücke

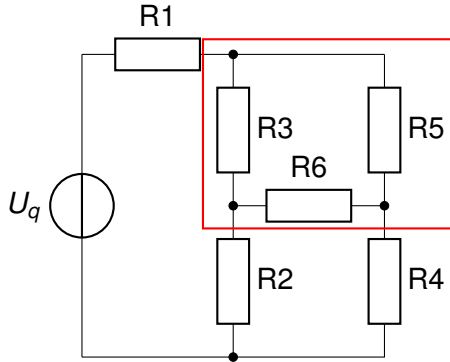
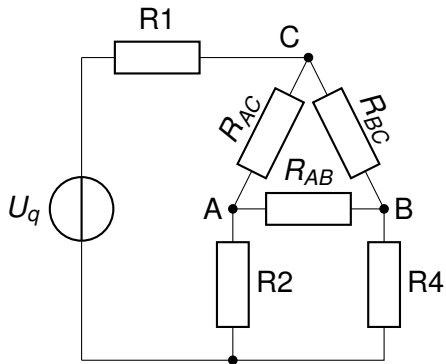


Abbildung: Messbrücke

Messbrücke - Stern-Dreieck



$$R_{AC} = R_3$$

$$R_{AB} = R_6$$

$$R_{BC} = R_5$$

Abbildung: Messbrücke

Umwandlung Dreieck → Stern

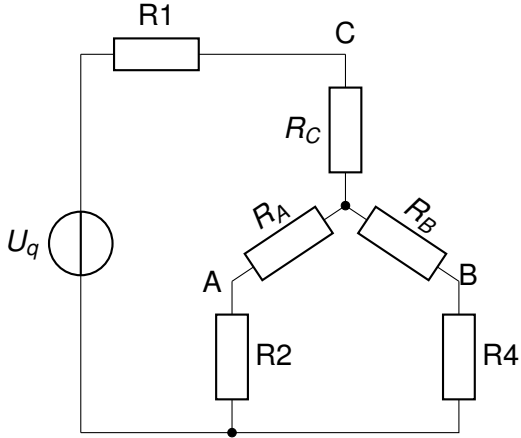


Abbildung: Messbrücke

Umwandlung Dreieck → Stern

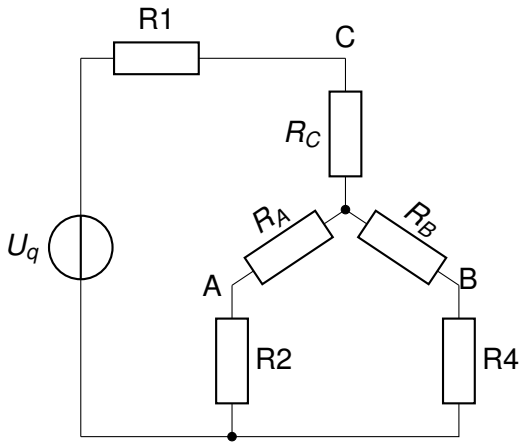


Abbildung: Messbrücke

$$R_A = \frac{R_{AC} R_{AB}}{R_{AC} + R_{AB} + R_{BC}}$$

$$R_B = \frac{R_{AB} R_{BC}}{R_{AC} + R_{AB} + R_{BC}}$$

$$R_C = \frac{R_{AC} R_{BC}}{R_{AC} + R_{AB} + R_{BC}}$$

Umwandlung - Stern \rightarrow Dreieck

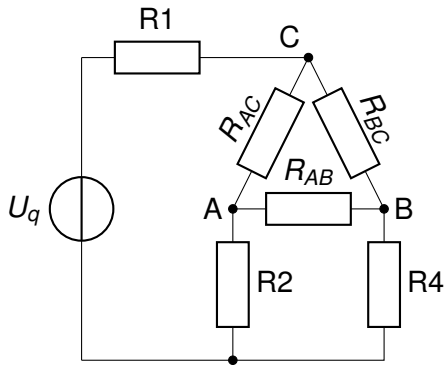


Abbildung: Messbrücke

Umwandlung - Stern \rightarrow Dreieck

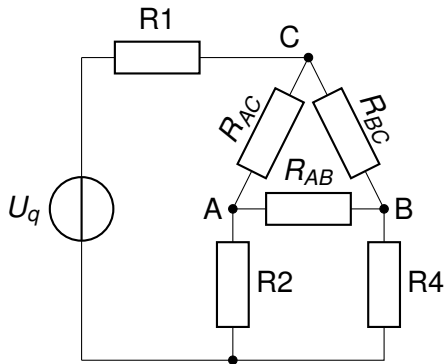


Abbildung: Messbrücke

$$R_{AB} = \frac{R_A R_B}{R_C} + R_A + R_B$$

$$R_{AC} = \frac{R_A R_C}{R_B} + R_A + R_C$$

$$R_{BC} = \frac{R_B R_C}{R_A} + R_B + R_C$$

Aufgabe: Messbrücke

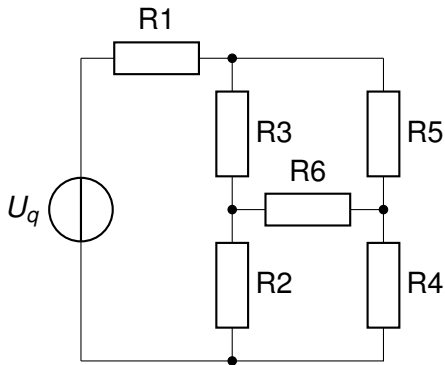


Abbildung: Messbrücke

$$R_1 = 220\Omega$$

$$R_2 = 470\Omega$$

$$R_3 = 330\Omega$$

$$R_4 = 330\Omega$$

$$R_5 = 560\Omega$$

$$R_6 = 390\Omega$$

$$U_q = 5\text{ V}$$

$$R_4 = R_{\text{Mess}}$$

gesucht: Strom und Spannung an R_6 , R_4 und R_5

Lösung zu Messbrücke

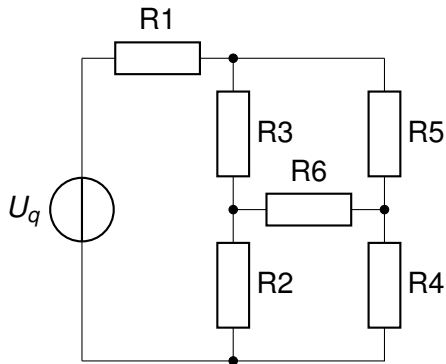


Abbildung: Messbrücke

$$R_1 = 220\Omega$$

$$R_2 = 470\Omega$$

$$R_3 = 330\Omega$$

$$R_4 = 330\Omega$$

$$R_5 = 560\Omega$$

$$R_6 = 390\Omega$$

$$U_q = 5\text{ V}$$

$$I_4 = 4,2\text{ mA}, \quad I_5 = 3,3\text{ mA}, \quad I_6 = 890\text{ }\mu\text{A}$$

$$U_4 = 1,4\text{ V}, \quad U_5 = 3,6\text{ V}, \quad U_6 = 0,35\text{ V}$$

Inhalt

Zweipoltheorie (Pflicht)

Spannungsteiler

Überlagerungsverfahren nach Helmholtz (Pflicht)

Dreieck \leftrightarrow Stern-Umwandlung (Pflicht)

Knoten- und Maschengleichungen (Pflicht)

Pflicht-Themen, die noch offen sind

Lösungen

Schaltung - Maschen

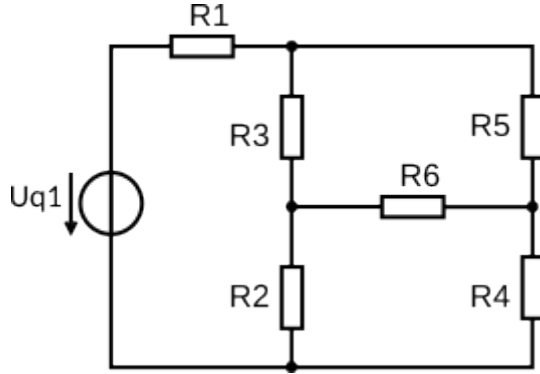


Abbildung: Messbrücke

Schaltung - Maschen

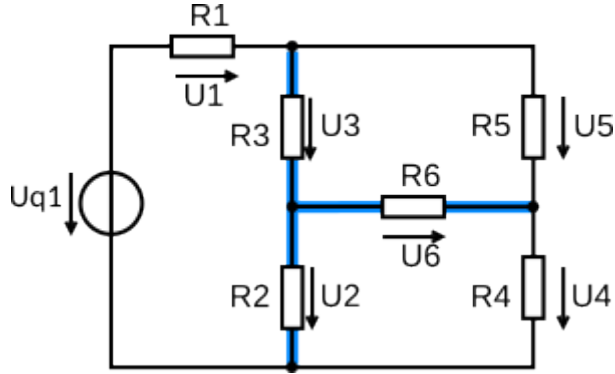


Abbildung: Messbrücke mit vollständigem Baum

Schaltung - Maschen

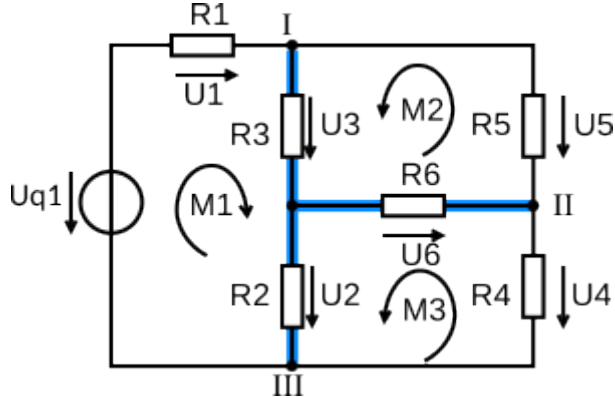


Abbildung: Messbrücke mit vollständigem Baum und Maschen

Gleichungen für Maschen und Knoten

$$M1 : -Uq1 + U1 + U3 + U2 = 0 \quad (33)$$

$$M2 : U3 + U6 - U5 = 0 \quad (34)$$

$$M3 : U2 - U6 - U4 = 0 \quad (35)$$

$$(36)$$

Knotengleichungen:

$$I: I1 - I3 - I5 = 0 \quad (37)$$

$$II: I3 - I2 - I6 = 0 \quad (38)$$

$$III: I2 + I4 - I1 = 0 \quad (39)$$

Berechnung der Ströme

$$-U_{q1} + I_1 * R_1 + I_3 * R_3 + I_2 * R_2 = 0 \quad (40)$$

$$I_3 * R_3 + I_6 * R_6 - I_5 * R_5 = 0 \quad (41)$$

$$I_2 * R_2 - I_6 * R_6 - I_4 * R_4 = 0 \quad (42)$$

LGS aufstellen

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ R1 & R2 & R3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & R3 & 0 & R5 & R6 \\ 0 & R2 & 0 & R4 & 0 & R6 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} I1 \\ I2 \\ I3 \\ I4 \\ I5 \\ I6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ Uq1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Gekürzte Darstellung der Matrix

$$\left(\begin{array}{cccccc|c} 1 & 0 & -1 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ R1 & R2 & R3 & 0 & 0 & 0 & Uq1 \\ 0 & R2 & 0 & R4 & 0 & R6 & 0 \\ 0 & 0 & R3 & 0 & R5 & R6 & 0 \end{array} \right)$$

Stufenform - Beispiel

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 0 & 3 & 2 \\ 0 & 0 & 3 \end{pmatrix}$$

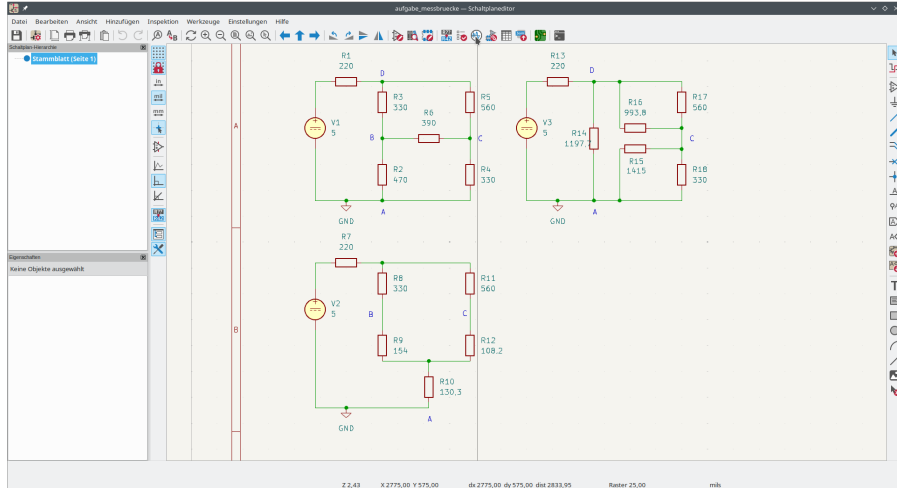
Pflicht-Themen, die noch offen sind

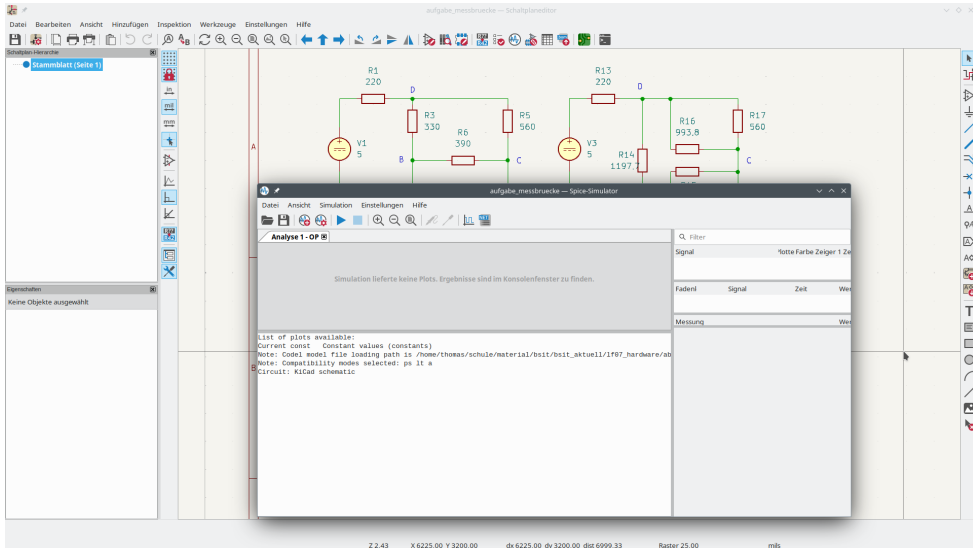
Folgende Themen sind gemäß Prüfungserlass für die Prüfung 2026 Pflicht, aber noch nicht ausgearbeitet.

- Kreisstromverfahren
- Knotenspannungsverfahren

Die Themen folgen demnächst hier.

Schaltung zeichnen





Simulation starten

The screenshot displays a circuit simulation environment. The main window shows a circuit diagram with two voltage sources, $V1$ and $V3$, and several resistors: $R1$ (220), $R3$ (330), $R5$ (560), $R6$ (390), $R13$ (220), $R14$ (1197.7), $R15$ (993.8), and $R17$ (560). The circuit is connected to a common ground. The simulation window, titled "aufgabe_messbruecke — Spice-Simulator", is open, showing the "Analyse 1-OP" tab. The "Starte Simulation (R)" button is highlighted. The simulation results section indicates that no plots were generated, and the results should be found in the console window. The console window displays the following text:

```
List of plots available:  
Current const    Constant values (constants)  
Note: Codel model file loading path is /home/thomas/schule/material/bsit/bsit_aktuell/1f97_hardware/ab  
Note: Compatibility modes selected: ps it a  
Circuit: KiCad schematic
```

The status bar at the bottom shows the coordinates: Z 2,43 X 3600,00 Y 1675,00 dx 3600,00 dy 1675,00 dist 3970,60 Raster 25,00 mls.

Simulation - Auswahl Modus

The screenshot displays a circuit simulation software interface. The main window shows a circuit diagram with two identical stages. Each stage consists of a 5V DC voltage source (V1, V3), a 220Ω resistor (R1, R13), a 330Ω resistor (R3, R16), a 390Ω resistor (R6, R14), and a 560Ω resistor (R5, R17). The circuit is connected to ground at points A, B, and C. Simulation results are shown as numerical values on the components: V1 and V3 are 5.00V, R1 and R13 are 1.74V, R3 and R16 are -50mA, R6 and R14 are 1.39V, R5 and R17 are -33mA, and R13 is 1197.7.

A dialog box titled "Neuer Simulationsreiter" is open, showing the "Analyse-Typ" dropdown set to "OP - DC-Arbeitspunkt". The "SPICE-Befehl" dropdown is set to "Plot-Einstellungen". The "Kompatibilitätsmodus" dropdown is set to "PSpice und LTSpice". The "Abbrechen" and "OK" buttons are visible at the bottom of the dialog.

The background window shows a list of simulation results for the circuit, including node voltages and component currents:

Node	Voltage
P(r2):	6.448
P(r3):	6.967
P(v1):	-39.8
V(net_-r2-pad2_):	1.748
P(r6):	319.1
V(net_-r1-pad1_):	5V
P(r1):	13.81
V(net_-r4-pad2_):	1.392
P(r5):	6.284
V(net_-r1-pad2_):	3.256
P(r17):	6.285
P(v3):	-39.8
V(net_-r13-pad1_):	5V
P(r13):	13.81
P(r18):	5.877
P(r15):	1.378
P(r14):	8.855
V(net_-r13-pad2_):	3.256
P(r16):	3.498
V(net_-r15-pad1_):	1.392