

Aufgabe 1: (25 Punkte)

Gegeben sei die Schaltung aus Abbildung 1.1 mit den Widerständen $R_1 = 1\text{ k}\Omega$, $R_2 = 2\text{ k}\Omega$ und $R_3 = 1\text{ k}\Omega$, der Stromquelle I_1 und der Spannungsquelle U_1 . Der Kondensator besitzt eine Kapazität von $C_1 = 5\text{ }\mu\text{F}$.

Für $t < 0$ gelte : $U_1 = 0\text{ V}$, $I_1 = 0\text{ mA}$ und $U_{C_1} = 0\text{ V}$.

Für $t \geq 0$ gelte : $U_1 = 15\text{ V}$ und $I_1 = 5\text{ mA}$.

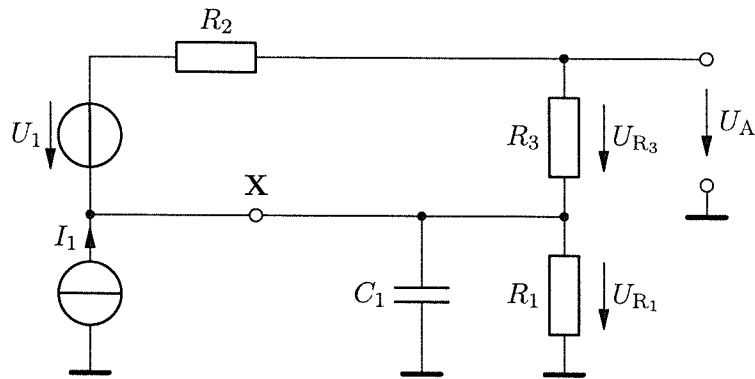


Abbildung 1.1: Netzwerk

- 5 a) Bestimmen Sie $U_{R_3}(t)$ und zeichnen Sie den Spannungsverlauf für $-10\text{ ms} \leq t \leq 35\text{ ms}$ in das Diagramm 1 a) aus Abbildung 1.2. Wählen Sie für die senkrechte Achse eine geeignete Skalierung.
- 5 b) Bestimmen Sie $U_{R_1}(t)$ und zeichnen Sie den Spannungsverlauf für $-10\text{ ms} \leq t \leq 35\text{ ms}$ in das Diagramm 1 b) aus Abbildung 1.2. Wählen Sie für die senkrechte Achse eine geeignete Skalierung.
- 5 c) Bestimmen Sie $U_A(t)$ und zeichnen Sie den Spannungsverlauf für $-10\text{ ms} \leq t \leq 35\text{ ms}$ in das Diagramm 1 c) aus Abbildung 1.2. Wählen Sie für die senkrechte Achse eine geeignete Skalierung.

An Punkt **X** wird jetzt die Verbindung zwischen der Stromquelle und dem Kondensator C_1 unterbrochen.

- 5 d) Bestimmen Sie für diesen Fall $U_{R_1}(t)$ und zeichnen Sie den Spannungsverlauf für $-10\text{ ms} \leq t \leq 35\text{ ms}$ in das Diagramm 1 d) aus Abbildung 1.2. Wählen Sie für die senkrechte Achse eine geeignete Skalierung.
- 5 e) Bestimmen Sie für diesen Fall $U_A(t)$ und zeichnen Sie den Spannungsverlauf für $-10\text{ ms} \leq t \leq 35\text{ ms}$ in das Diagramm 1 e) aus Abbildung 1.2. Wählen Sie für die senkrechte Achse eine geeignete Skalierung.

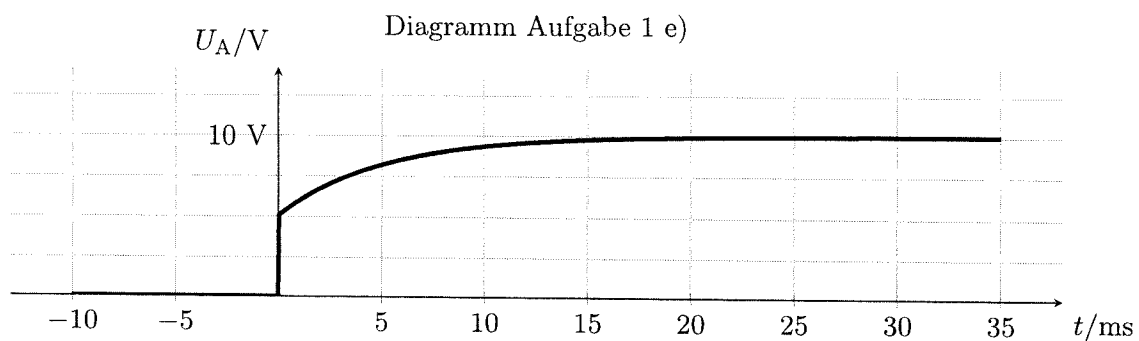
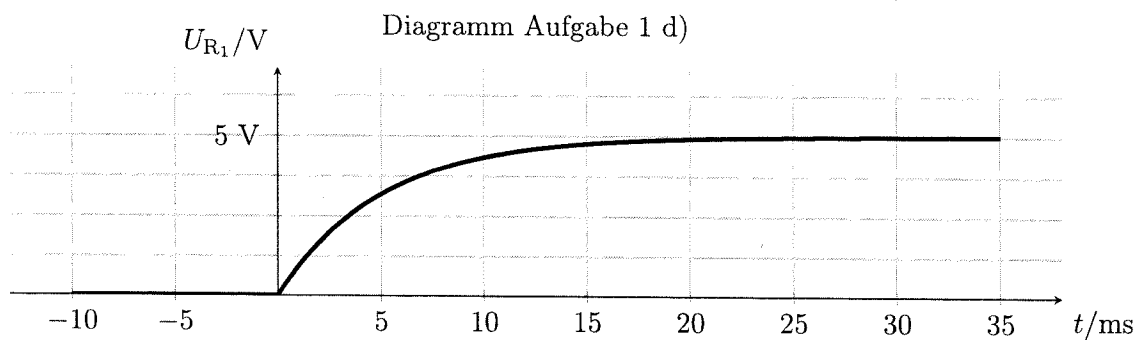
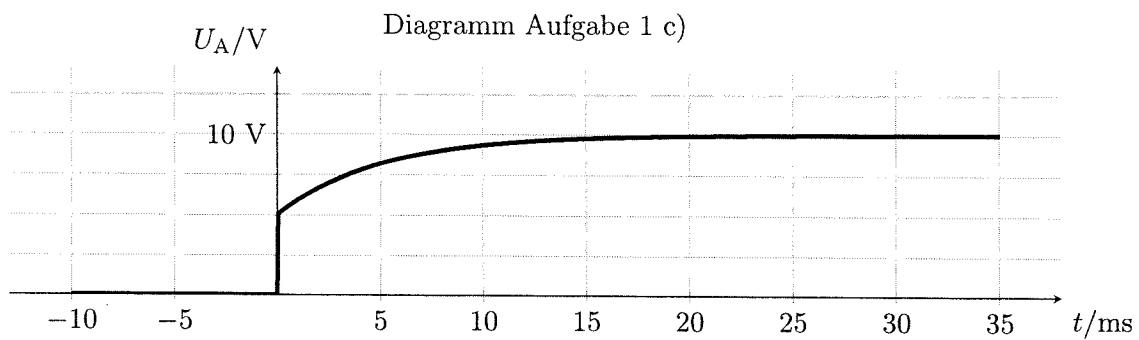
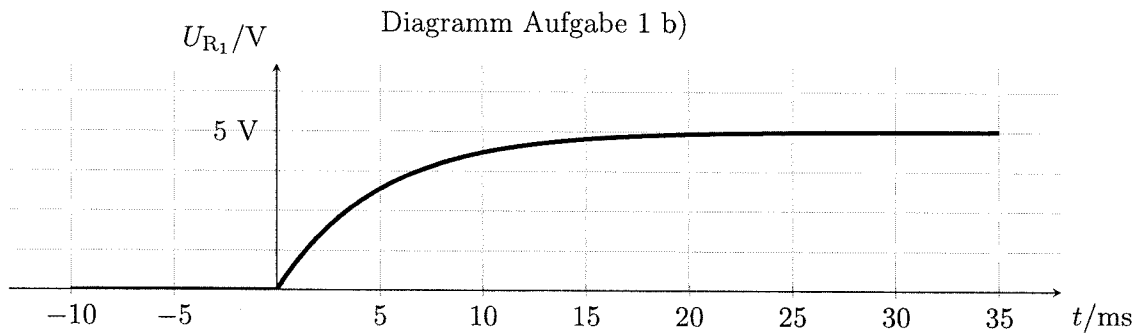
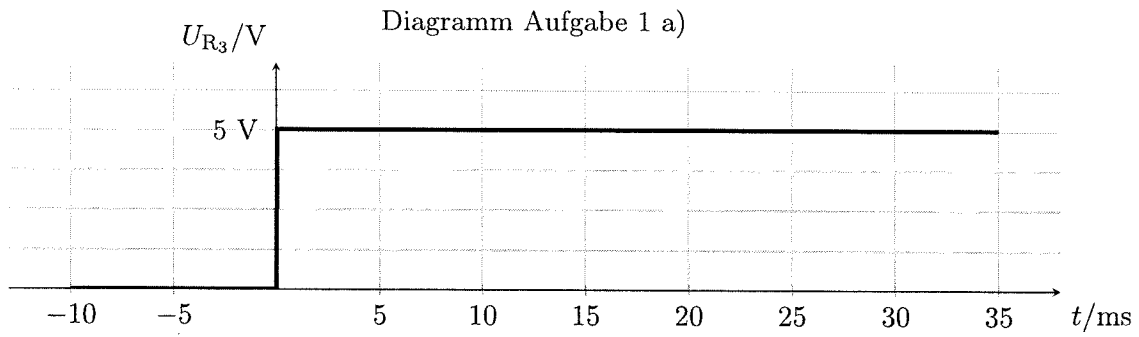


Abbildung 1.2: Diagramme

Aufgabe: 1

für a) - e): für $t < 0$ gilt alle Spannungen
und Ströme: $U_i = 0$ & $I_i = 0$

für $t \geq 0$:

$$a) \quad U_{R3}(t) = U_1 \frac{R_3}{R_2 + R_3} = 15V \frac{1k\Omega}{1k\Omega + 2k\Omega} = 5V$$

$$b) \quad U_{R1}(t) = I_1 \cdot R_1 (1 - e^{-t/R_1 C_1}) = 5V (1 - e^{-t/5ms})$$

$$c) \quad U_A(t) = U_{R3}(t) + U_{R1}(t) = 5V + 5V (1 - e^{-t/5ms})$$

$$d) \quad U_{R1}(t) = I_1 \cdot R_1 (1 - e^{-t/R_1 C_1}) = 5V (1 - e^{-t/5ms})$$

$$e) \quad U_A(t) = I_1 \cdot R_3 + U_{R1}(t) = 5V + 5V (1 - e^{-t/5ms})$$

Aufgabe 2: (20 Punkte)

Gegeben sei das Netzwerk aus Abbildung 2.1 mit $R_1 = 10\text{ k}\Omega$, $R_2 = R_4 = R_5 = 2\text{ k}\Omega$, $R_3 = 3\text{ k}\Omega$, $U_1 = 6\text{ V}$, $I_1 = 3\text{ mA}$ und $I_2 = 30\text{ mA}$.

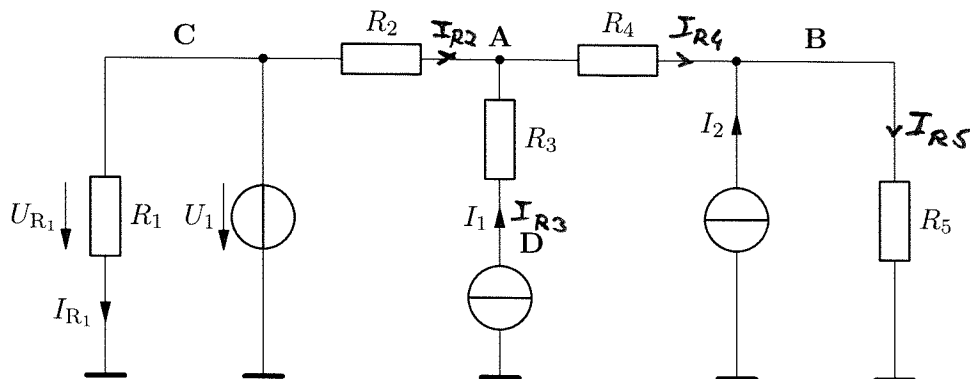
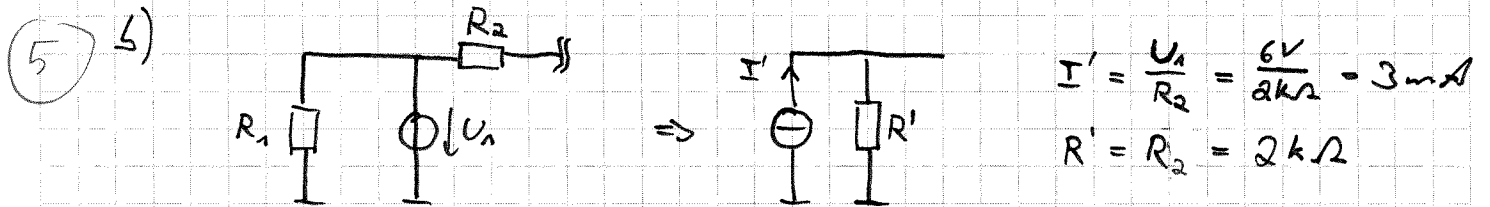


Abbildung 2.1: Netzwerk

- 3 a) Bestimmen Sie die Spannung U_{R_1} und den Strom I_{R_1} .
- 5 b) Wandeln Sie die Schaltung bestehend aus R_1 , R_2 und U_1 in eine geeignete Ersatzstromquelle um.
- 6 c) Bestimmen Sie die Potentiale an den Punkten **A** und **B** mit Hilfe des Knotenpotentialverfahrens.
Hinweis: Nehmen Sie zunächst weitere sinnvolle Vereinfachungen an der Schaltung vor.
- 5 d) * (5 Zusatzpunkte) Überprüfen Sie Ihr Ergebnis mit Hilfe des Superpositionsprinzips.
- 6 e) Bestimmen Sie die Potentiale an den Punkten **C** und **D** aus Abbildung 2.1 sowie die Ströme durch die Widerstände R_2 , R_3 , R_4 und R_5 .

Aufgabe: 2

② a) $U_{R1} = U_1 \Rightarrow I_{R1} = \frac{U_1}{R_1} = \frac{6V}{10k\Omega} = 600\mu A$
 $U_{R1} = 6V$



⑥ c)

$$\begin{pmatrix} I' + I_1 \\ I_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} G' + G_4 & -G_4 \\ -G_4 & G_4 + G_5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \phi_A \\ \phi_B \end{pmatrix}$$

R_3 wird vernachlässigt, da in Reihe zu I_1 .

$$\begin{pmatrix} 6mA \\ 30mA \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1mS & -0,5mS \\ -0,5mS & 1mS \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \phi_A \\ \phi_B \end{pmatrix}$$

$2 \cdot I + I:$ $42mA = 1,5mS \cdot \phi_A$
 $\Rightarrow \phi_A = \frac{42mA}{1,5mS} = \frac{84}{3} V = 28V$

$I + 2 \cdot I:$ $66mA = 1,5mS \cdot \phi_B$
 $\Rightarrow \phi_B = \frac{66mA}{1,5mS} = \frac{22mA}{0,5mS} = 44V$

⑤ d)

$\phi_A:$

- ↓ $U_1:$ $\phi_{A,1} = U_1 \frac{R_4 + R_5}{R_2 + R_4 + R_5} = 4V$
- ↓ $I_1:$ $\phi_{A,2} = I_1 \cdot (R_2 \parallel (R_4 + R_5)) = 4V$
- ↓ $I_2:$ $\phi_{A,3} = I_2 \cdot \frac{R_5}{R_2 + R_4 + R_5} \cdot R_2 = 20V$

$$\phi_A = 4V + 4V + 20V = 28V$$

$\phi_B:$

- ↓ $U_1:$ $\phi_{B,1} = U_1 \frac{R_5}{R_2 + R_4 + R_5} = 2V$
- ↓ $I_1:$ $\phi_{B,2} = I_1 \frac{R_2}{R_2 + R_4 + R_5} \cdot R_5 = 2V$
- ↓ $I_2:$ $\phi_{B,3} = I_2 \cdot (R_5 \parallel (R_2 + R_4)) = 40V$

$$\phi_B = 2V + 2V + 40V = 44V$$

Aufgabe: 2

(6) e)

$$\phi_C = U_A = 6V //$$

$$\begin{aligned}\phi_D &= \phi_A + I_1 \cdot R_3 = 28V + 3k\Omega \cdot 3mA = 28V + 9V \\ &= 37V //\end{aligned}$$

$$I_{R2} = \frac{\phi_C - \phi_A}{R_2} = \frac{6V - 28V}{2k\Omega} = -11mA //$$

$$I_{R3} = I_1 = 3mA //$$

$$I_{R4} = \frac{\phi_A - \phi_D}{R_4} = \frac{28V - 37V}{2k\Omega} = -4.5mA //$$

$$I_{R5} = \frac{\phi_D}{R_5} = 22mA //$$

Aufgabe 3: (25 Punkte)

Gegeben sei das Netzwerk aus Abbildung 3.1.

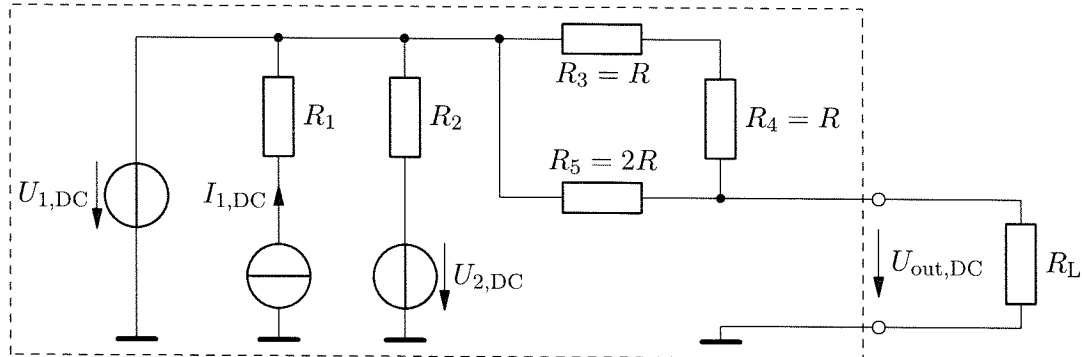


Abbildung 3.1: Netzwerk

- 5 a) Bestimmen Sie die Spannung $U_{out,DC} = f(U_{1,DC}, I_{1,DC}, U_{2,DC}, R, R_1, R_2, R_L)$ in allgemeiner Form.
- 5 b) Wandeln Sie die Schaltung in dem gestrichelten Kasten in eine geeignete Ersatzschaltung um, so dass sich für $U_{out,DC}$ ein äquivalentes Verhalten ergibt.

Nun gelte: $U_{1,DC} = 10\text{ V}$, $U_{2,DC} = 15\text{ V}$, $I_{1,DC} = 1\text{ A}$, $R_1 = R_2 = 10\ \Omega$ und $R = R_L = 1\ \Omega$.

- 5 c) Bestimmen Sie die umgesetzten Leistungen in den Widerständen R_1 bis R_5 sowie R_L .

Der thermische Widerstand des Widerstands R_L sei $R_{th} = 5\text{ K W}^{-1}$, die Umgebungstemperatur betrage $\vartheta_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$.

- 4 d) Bestimmen Sie für $t \rightarrow \infty$ die Temperatur des Widerstands R_L .

Die Schaltung wird nun mit einem idealen Transformator erweitert und die Gleichspannungsquelle $U_{1,DC}$ durch eine Wechselspannungsquelle ersetzt, für welche $U_{1,AC,eff} = 10 \cdot U_{1,DC}$ gelte, siehe Abbildung 3.2.

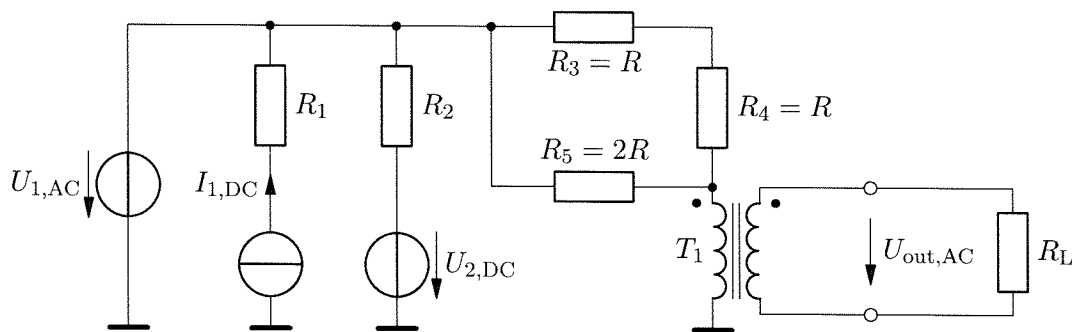


Abbildung 3.2: Netzwerk

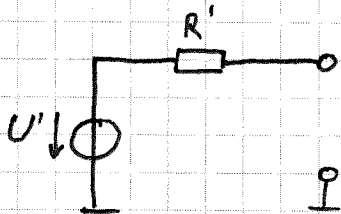
- 6 e) Dimensionieren Sie den Übertragungsfaktor des Transformators, so dass der Effektivwert der Ausgangsspannung der vorherigen Ausgangsspannung entspricht, also $U_{out,AC,eff} = U_{out,DC}$.
- 5 f) * (5 Zusatzpunkte) Welchen Einfluss haben die Gleichstromquelle $I_{1,DC}$ und die Gleichspannungsquelle $U_{2,DC}$ auf das Verhalten des Transformators? Begründen Sie Ihre Antwort.

Aufgabe: 3

$$5 \quad a) \quad U_{out,DC} = f(I_{1,DC}, U_{2,DC}, R_1, R_2)$$

$$U_{out,DC} = U_{1,DC} \frac{R_L}{R_L + (2R \parallel (R+R))} = U_{1,DC} \frac{R_L}{R_L + R}$$

5 b)



$$U' = U_{1,DC}$$

$$R' = 2R \parallel (R+R) = R$$

5 c)

$$P_{R1} = I_{1,DC}^2 \cdot R_1 = 1A^2 \cdot 10\Omega = 10W //$$

$$P_{R2} = \frac{(U_{1,DC} - U_{2,DC})^2}{R_2} = \frac{25V^2}{10\Omega} = 2,5W //$$

$$U_{out} = 10V \frac{1\Omega}{2\Omega} = 5V$$

$$U_{R5} = U_1 - U_{out} = 5V$$

$$U_{R3} = U_{R4} = \frac{1}{2} U_{R5} = 2,5V$$

$$P_{R3} = P_{R4} = \frac{6,25V^2}{1\Omega} = 6,25W //$$

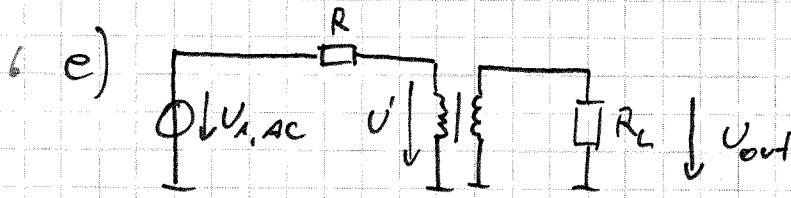
$$P_{R5} = \frac{25V^2}{2\Omega} = 12,5W //$$

$$P_{RL} = \frac{25V^2}{1\Omega} = 25W //$$

4 d)

$$\begin{aligned} \vartheta_{RL} &= \vartheta_A + P_{RL} \cdot R_{th} = 25^\circ C + 25W \cdot 5 \frac{K}{W} \\ &= 150^\circ C // \end{aligned}$$

Aufgabe: 3



$$U' = U_1 \cdot \frac{R_L \cdot \ddot{u}^2}{R + R_L \cdot \ddot{u}^2}, \quad U' = U_{out} \cdot \ddot{u}, \quad \underline{U_{out} = 5V}$$

$$5V \cdot \ddot{u} = 100V \frac{1\Omega \cdot \ddot{u}^2}{1\Omega + 1\Omega \cdot \ddot{u}^2} = 100V \frac{\ddot{u}^2}{1 + \ddot{u}^2}$$

$$5V = 100V \frac{\ddot{u}}{1 + \ddot{u}^2}$$

$$1 + \ddot{u}^2 = 20 \ddot{u}$$

$$1 - 20\ddot{u} + \ddot{u}^2 = 0$$

$$\ddot{u}_1 = 10 + \sqrt{100 - 1} \approx 10 + 10 = 20$$

$$\ddot{u}_2 = 10 - \sqrt{100 - 1} \text{ (sehr klein)}$$

Es gibt 2 Lösungen. Die sinnvollere Lösung

ist $\ddot{u} = 20$. Bei der zweiten Lösung geht

$P_R \rightarrow (100V)^2 / 1\Omega = 10kW$. Bei der ersten

Lösung ist $P_R \approx \left(\frac{5V}{100V}\right)^2 \cdot 1\Omega = \cancel{250000} 62,5mW$.

f) I_1 & U_2 beeinflussen den Transformator nicht, da ~~die~~ deren ~~die~~ Ströme durch U_1 kurzgeschlossen werden und nicht durch den Transformator fließen können.

Aufgabe 4: (30 Punkte)

Gegeben ist das Netzwerk aus Abbildung 4.1. Es gelte: $C_1 = 1 \mu\text{F}$, $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 100 \Omega$, $U_{\text{in}} = 10 \text{ V}$.

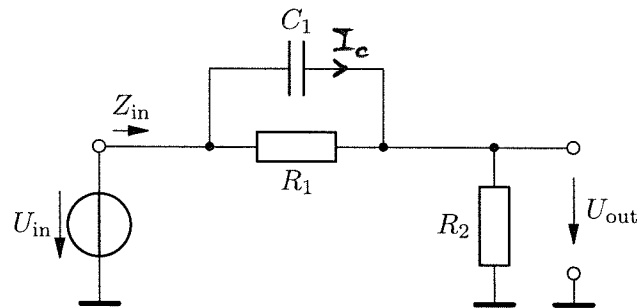


Abbildung 4.1: Netzwerk

- Bestimmen Sie $H(j\omega) = \frac{U_{\text{out}}(j\omega)}{U_{\text{in}}(j\omega)}$ in allgemeiner Form.
- Zeichnen Sie den Amplituden- und Phasengang der Übertragungsfunktion $H(j\omega)$ in das Bodediagramm aus Abbildung 4.2.
- Bestimmen Sie den Strom durch den Kondensator $I_{C_1}(j\omega)$ in allgemeiner Form.

Nun gelte: $\omega = 500 \text{ s}^{-1}$ und $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$.

- Zeichnen Sie die Ortskurve der Eingangsimpedanz Z_{in} für $1 \text{ k}\Omega \leq R_1 \leq \infty$ in das Diagramm aus Abbildung 4.3.

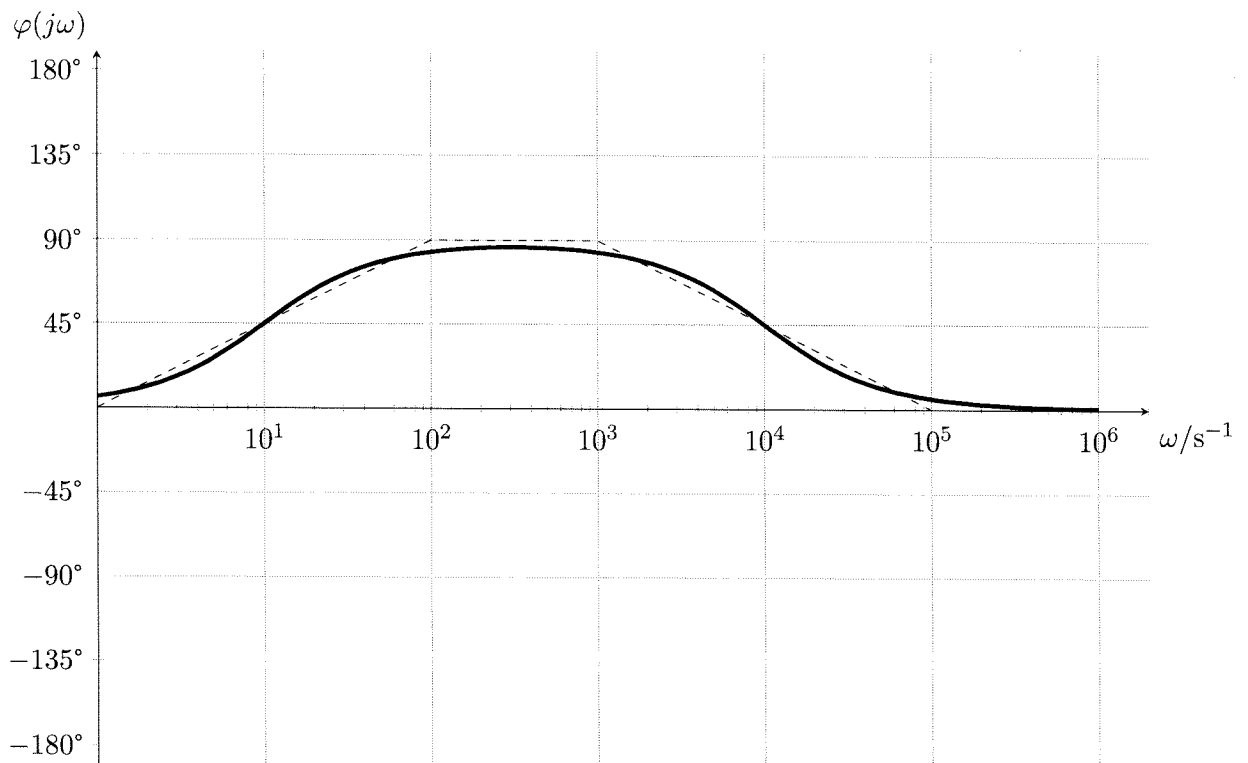
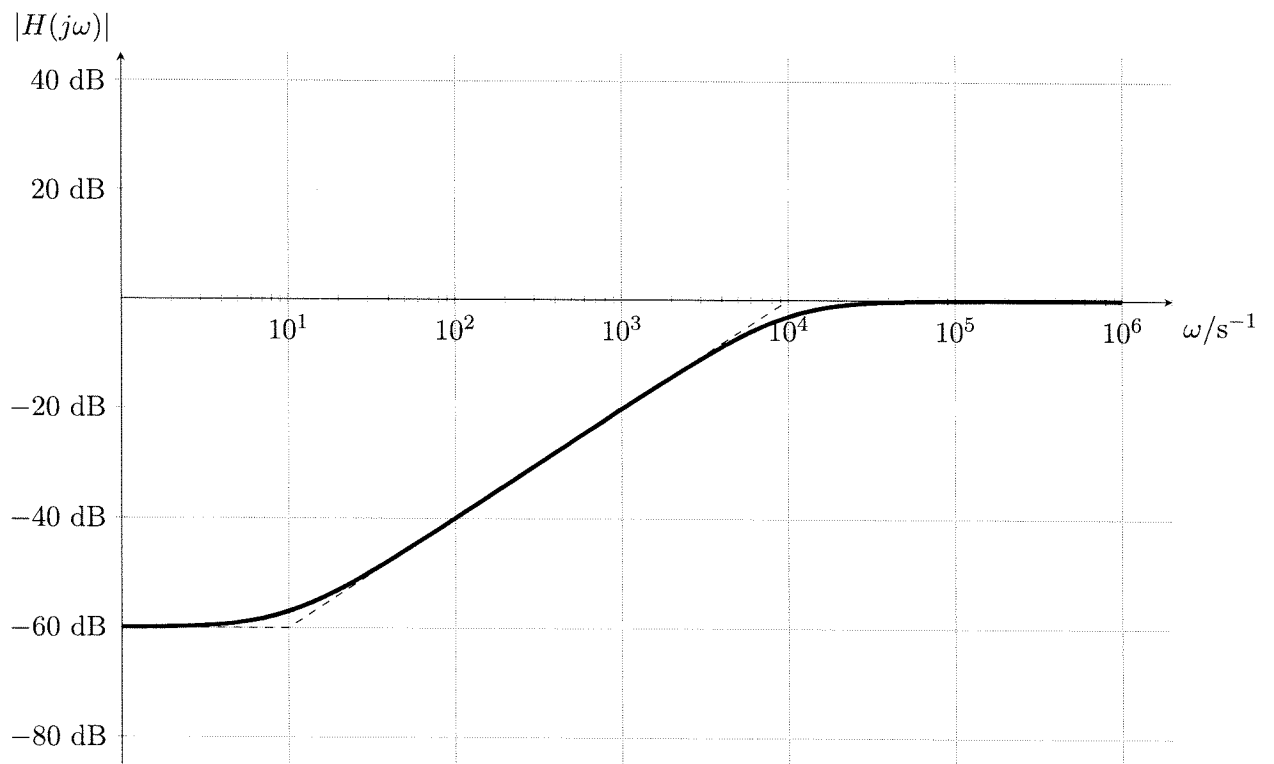


Abbildung 4.2: Bodediagramm

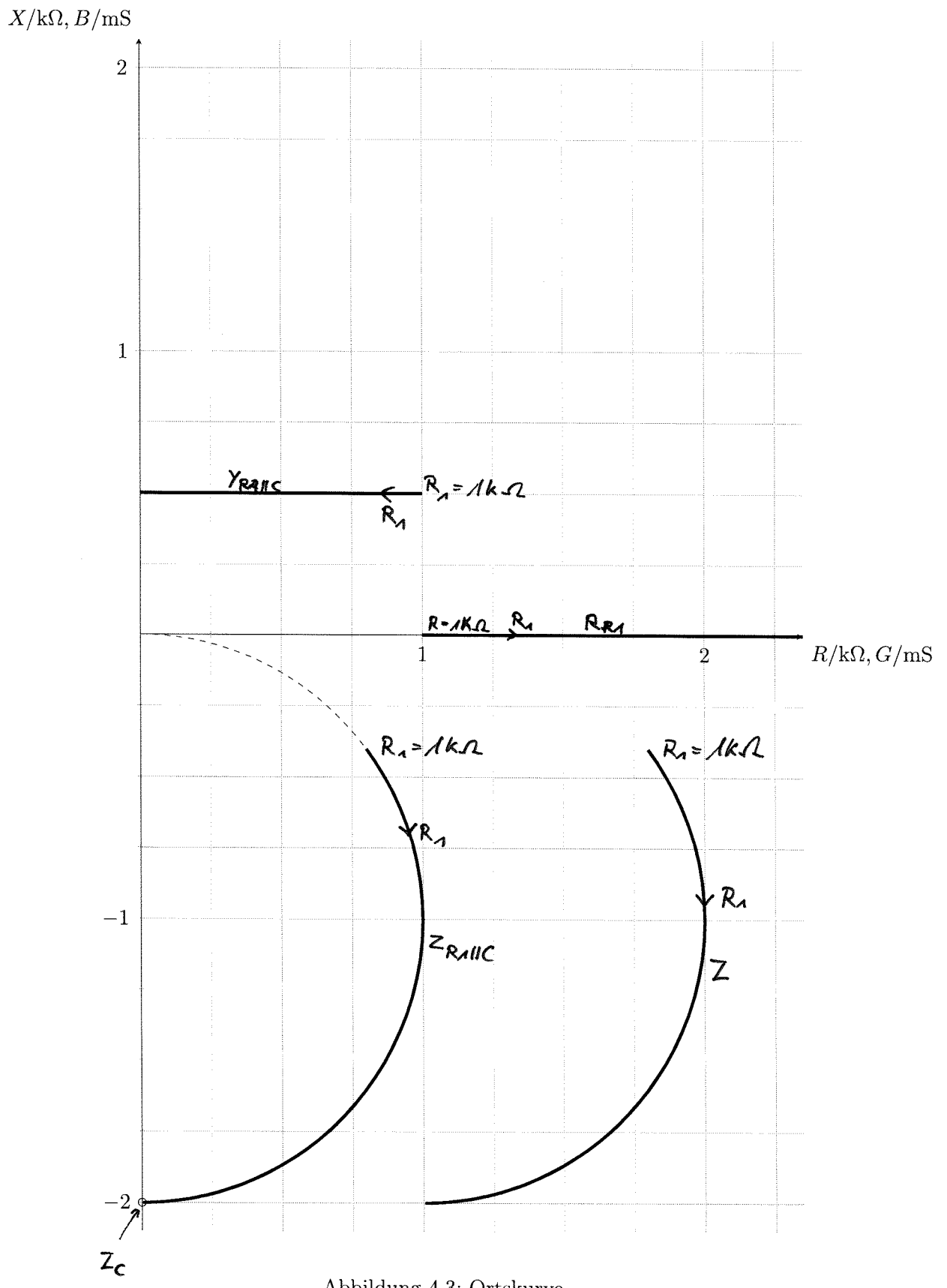
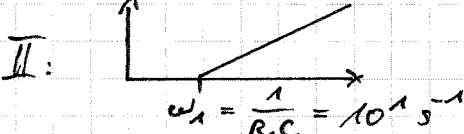



Abbildung 4.3: Ortskurve

Aufgabe: 4

$$\begin{aligned}
 a) \quad H(j\omega) &= \frac{R_2}{R_2 + \frac{R_1 + j\omega C}{R_1 + \frac{1}{j\omega C}}} = \frac{R_2 (R_1 + \frac{1}{j\omega C})}{R_2 (R_1 + \frac{1}{j\omega C}) + R_1 \frac{1}{j\omega C}} \\
 &= \frac{R_1 R_2 + R_2 \frac{1}{j\omega C}}{R_1 R_2 + R_2 \frac{1}{j\omega C} + R_1 \frac{1}{j\omega C}} = \frac{j\omega R_1 R_2 C + R_2}{j\omega R_1 R_2 C + R_2 + R_1} \\
 &= \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot (j\omega R_1 C + 1) \cdot \frac{1}{j\omega (R_1 \parallel R_2) C + 1} \\
 &\quad \text{I} \qquad \qquad \text{II} \qquad \qquad \text{III}
 \end{aligned}$$

b) I: konstant -60 dB ($\approx 20 \text{ dB} \cdot (\lg 0,001)$)

II:  $\omega_1 = \frac{1}{R_1 C} = 10^4 \text{ s}^{-1}$

III:  $\omega_2 = \frac{1}{(R_1 \parallel R_2) C} = \frac{1}{R_2 C} = 10^4 \text{ s}^{-1}$

$$\begin{aligned}
 c) \quad U_C &= U_{in} - U_{in} \cdot H(j\omega) \\
 &= U_{in} - U_{in} \frac{j\omega R_1 R_2 C + R_2}{j\omega R_1 R_2 C + R_1 + R_2} \\
 &= U_{in} \frac{R_1}{j\omega R_1 R_2 C + R_1 + R_2} \\
 I_C &= \frac{U_C}{Z_C} = U_C \cdot j\omega C \\
 &= U_{in} \frac{j\omega R_1 C}{j\omega R_1 R_2 C + R_1 + R_2}
 \end{aligned}$$