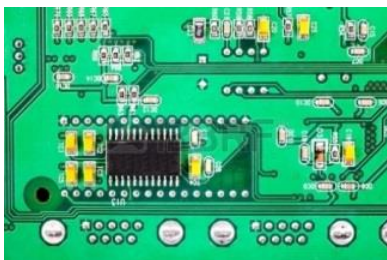


Lösungsblätter

zu den Übungsaufgaben

„Einführung in die Elektrotechnik 1“



Inhalt:

Aufgabe	Themengebiet
Aufgabe 1	Ohmsches Gesetz
Aufgabe 2	Ohmsches Gesetz, Widerstandsberechnung, Temperaturabhängigkeit
Aufgabe 3	Ohmsches Gesetz, Spannungsquelle, Stromquelle
Aufgabe 4	Kirchhoffsche Regeln
Aufgabe 5	Netzwerkumformung, Ersatzwiderstände
Aufgabe 6	Netzwerkumformung, Ersatzwiderstände
Aufgabe 7	Ersatzspannungsquelle
Aufgabe 8	Überlagerungssatz
Aufgabe 9	Überlagerungssatz
Aufgabe 10	Sinusförmige Wechselspannung, Liniendiagramm, Zeitfunktion
Aufgabe 11	Zeigerdarstellung von sinusförmigen Wechselgrößen
Aufgabe 12	Zeigerdiagramm
Aufgabe 13	Zeigerdiagramm
Aufgabe 14	Zeigerdiagramm
Aufgabe 15	Komplexe Wechselstromrechnung
Aufgabe 16	Komplexe Wechselstromrechnung
Aufgabe 17	Komplexe Wechselstromrechnung
Aufgabe 18	Komplexe Wechselstromrechnung, Blindstromkompensation
Aufgabe 19	Komplexe Wechselstromrechnung, Schwingkreis
Aufgabe 20	Komplexe Wechselstromrechnung, Brückenschaltung
Aufgabe 21	Ausgleichsvorgänge (Einschwingvorgänge), Kondensator
Aufgabe 22	Ausgleichsvorgänge (Einschwingvorgänge), Spule

Ergänzende Aufgaben (zur Prüfungsvorbereitung)

Aufgabe 23	Gleichstrom, Netzwerkanalyse, Einschwingvorgang
Aufgabe 24	Zeigerdiagramm, Komplexe Wechselstromrechnung
Aufgabe 25	Gleichstromnetzwerk
Aufgabe 26	Zeigerdiagramm, Komplexe Wechselstromrechnung
Aufgabe 27	Gleichstromnetzwerk
Aufgabe 28	Zeigerdiagramm, Komplexe Wechselstromrechnung

Aufgabe 1 Ohmsches Gesetz

a) Wie groß ist der Strom I durch den Verbraucher?

Maschenregel:

Ohmsches Gesetz:

b) Welche Spannung U_v liegt am Verbraucher an?

c) Wie groß ist der Spannungsabfall entlang der Leitung?

Spannungsabfall an der Leitung = Differenz zwischen der Spannung U der Quelle und der Spannung U_v am Verbraucher, d.h. entspricht der Summe der Teilspannungen, die an den Leitungswiderständen abfallen!

d) Welche Leistung wird im Verbraucher in Wärme umgesetzt?

Allgemein gilt für die Leistung bei R :

Einheiten:

e) Wie groß ist der Wirkungsgrad der Heizanlage?

Wirkungsgrad allgemeine Definition: $\eta = \frac{P_{\text{Nutz}}}{P_{\text{Aufgewendet}}}$

Aufgabe 2 Ohmsches Gesetz, Widerstandsberechnung

a) Bestimmen Sie den Widerstand $R_{\text{Draht},20}$ des Drahtwiderstandes bei Zimmertemperatur.

Allgemein gilt:
$$R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$$

b) Wie groß ist der Widerstand $R_{\text{Draht},80}$, wenn die Temperatur auf 80°C steigt?

Es gilt:
$$R(\vartheta) = \rho(\vartheta) \cdot \frac{\ell}{A} = R(\vartheta = \vartheta_{\text{bezug}}) \cdot \left[1 + \alpha(\vartheta = \vartheta_{\text{bezug}}) \cdot (\vartheta - \vartheta_{\text{bezug}}) \right]$$

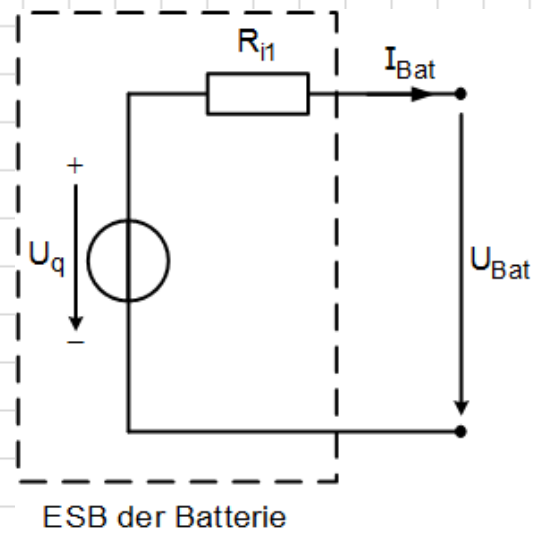
c) Wie groß wird der Widerstand $R_{\text{Draht},0}$, wenn der Drahtwiderstand auf 0°C abgekühlt wird?

Aufgabe 3 Ohmsches Gesetz, Spannungsquelle, Stromquelle

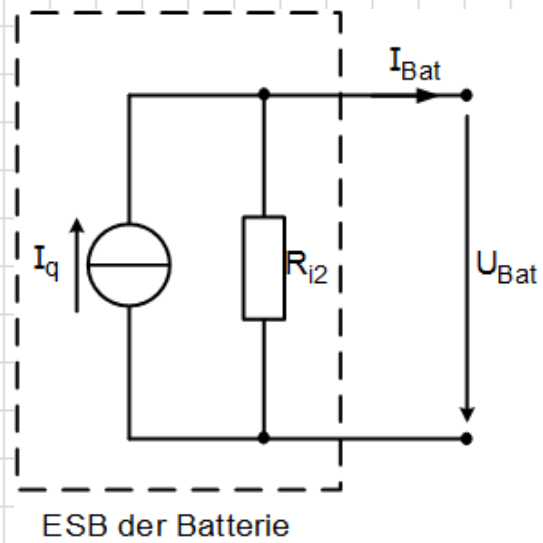
a) Ermitteln Sie die Parameter Quellenspannung U_q und Innenwiderstand R_i .

Batterie = Reale Spannungsquelle = Ideale Spannungsquelle mit Widerstand (Innenwiderstand)
in Reihe

b) Ersatzschaltbild für Ersatzstromquellendarstellung, Quellstrom I_q und Innenwiderstand R_i .



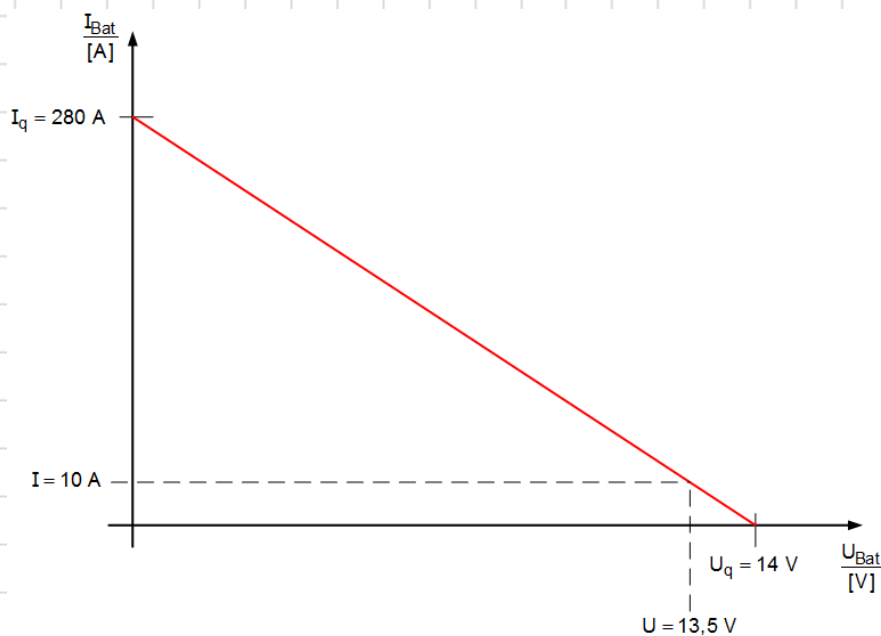
Ersatzspannungsquelle = reale
Spannungsquelle = ideale Spannungsquelle mit
Innenwiderstand in Reihe



Ersatzstromquelle = reale Stromquelle = ideale
Stromquelle mit Innenwiderstand parallel

Bestimmung von I_q und R_{i2} aus U_q und R_{i1} :

Strom-Spannungs-Kennlinie der Batterie aus den Messwerten gezeichnet:

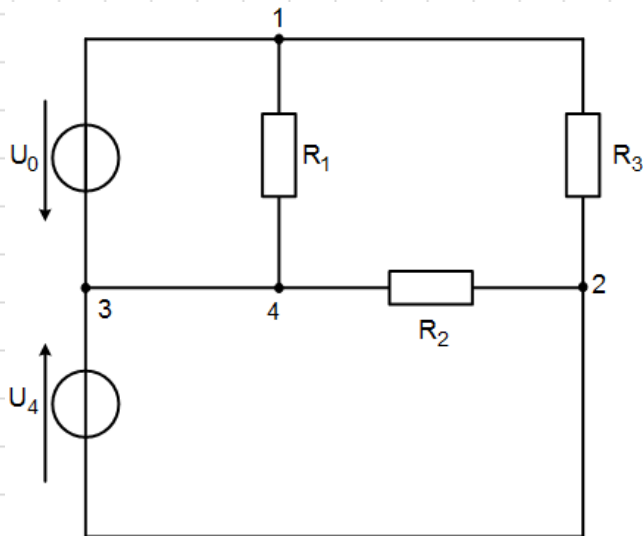


Merke: Für die **ideale Spannungsquelle** ist der **Kurzschluss** unzulässig.

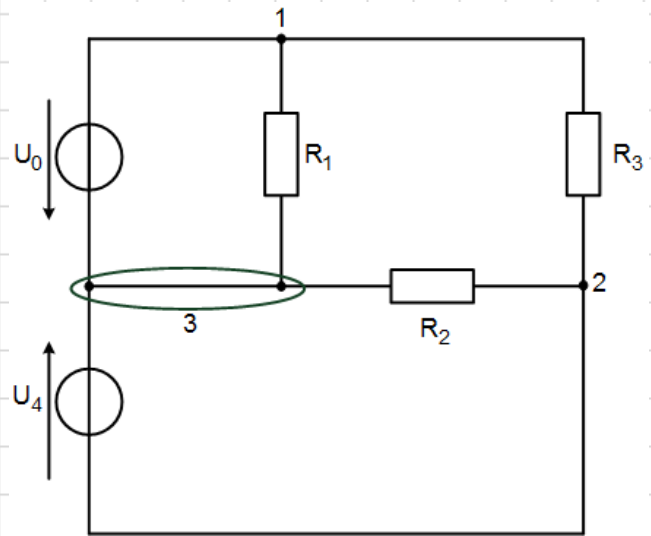
Für die **ideale Stromquelle** ist der **Leerlauf** unzulässig.

Aufgabe 4 Unmittelbare Anwendung der Kirchhoffschen Regeln

a) Wie viele Knoten k und Zweige z enthält das Netzwerk?



Variante 1:

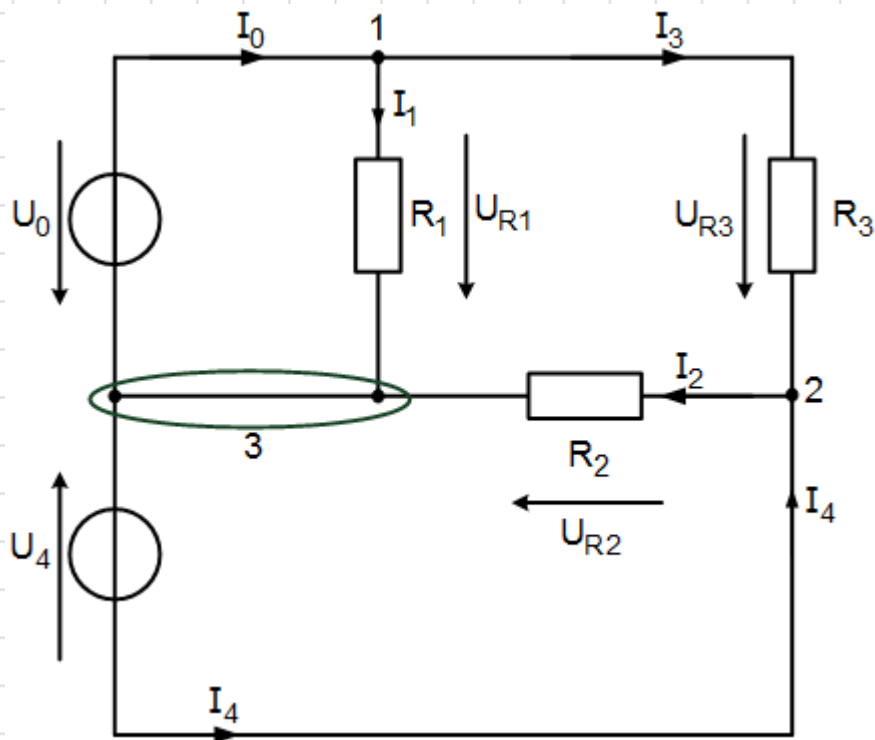


Variante 2: Die Verbindung mit null Ohm kann als ein einziger Knoten aufgefasst werden.

b) Anzahl Knoten- und Maschengleichungen zur Bestimmung aller Zweigströme?

Im Folgenden wird die Variante 2 genommen, da man weniger Unbekannte hat und somit ein kleineres Gleichungssystem lösen muss.

- c) Knoten markieren, Zählpfeile und Benennungen für die unbekannten Zweigströme eintragen. Erforderliche Maschen festlegen. Zum Beispiel:



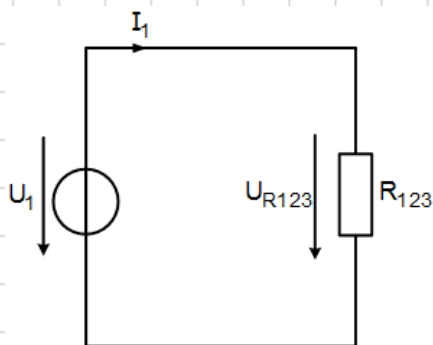
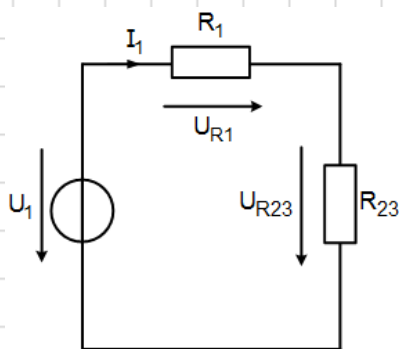
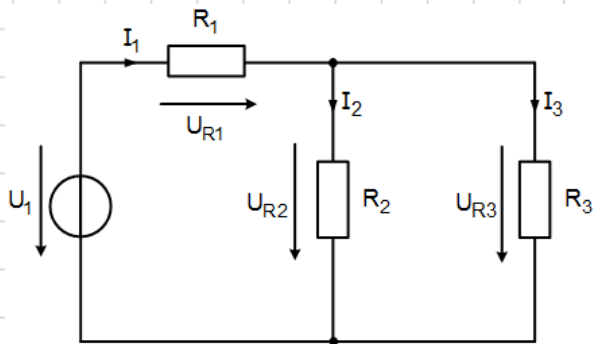
- d) Stellen Sie die unabhängigen Knoten- und Maschengleichungen auf.

e) Berechnen Sie die unbekannten Zweigströme.

f) Wie groß sind die Spannungen an den Widerständen?

Aufgabe 5 Netzwerkumformung, Ersatzwiderstände

a) Bestimmen Sie den Strom I_1 .



b) Welche Spannung fällt an R_1 ab und wie groß sind die Teilspannungen an R_2 und R_3 ?

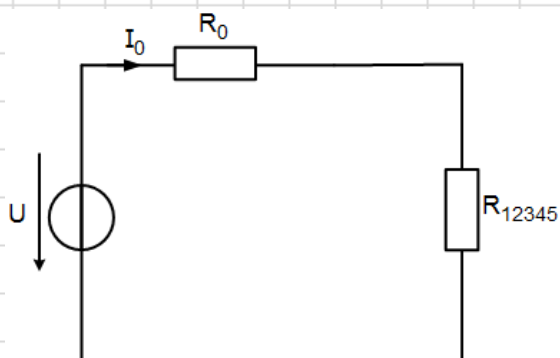
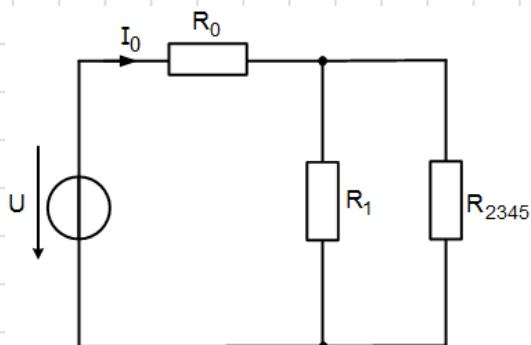
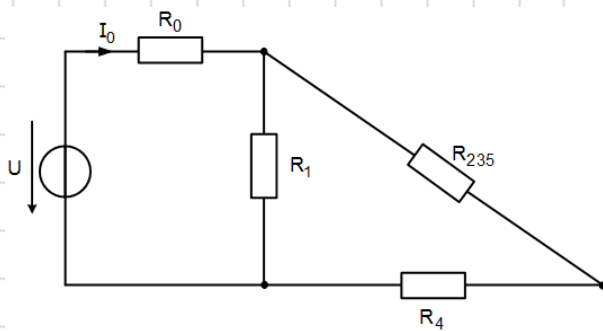
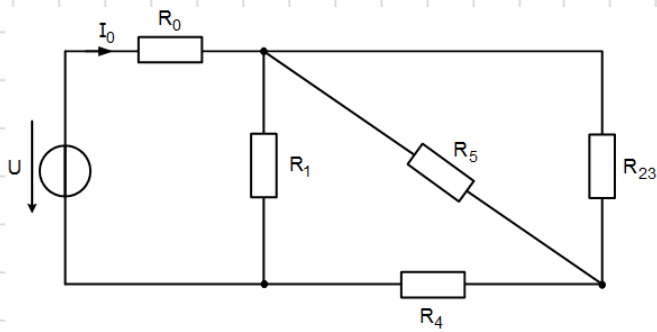
c) Ströme I_2 und I_3 . Wie verhalten sie sich zu den entsprechenden Widerständen?

d) Wie verhält sich der Teilstrom I_2 zum Gesamtstrom I_1 ?

e) Wie verhält sich der Teilstrom I_3 zum Gesamtstrom I_1 ?

Aufgabe 6 Netzwerkumformung, Ersatzwiderstände

a) Wie groß ist der Strom I_0 ?



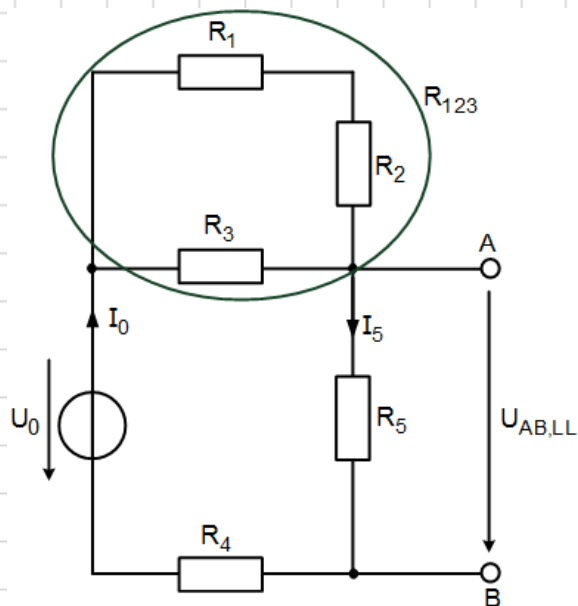
b) Welche Leistung nimmt die Schaltung auf?

Aufgabe 7 Ersatzspannungsquelle

a) Berechnen Sie die Spannung U_q der Ersatzspannungsquelle.

Ziel-Ersatzschaltbild bezüglich der Klemmen A-B:

Leerlaufspannung aus Originalnetzwerk:

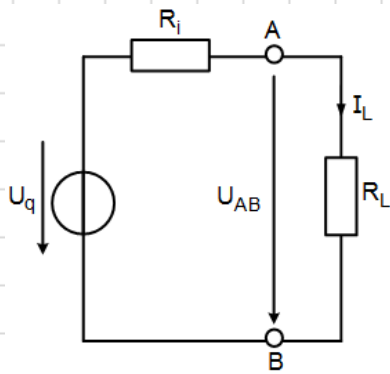


b) Innenwiderstand R_i auf zwei verschiedene Möglichkeiten berechnen.

Variante 1: Ersatzwiderstand bezüglich der Klammern A-B

Variante 2: Mittels Kurzschlussstrom I_{KS} bei Kurzschluss der Klammern A-B

c) Wie groß ist der Strom I_L durch die Last R_L ?



Aufgabe 8 Überlagerungssatz

a) Berechnen Sie die von den Spannungsquellen gelieferten Teilströme.

b) Wie groß sind die in der Schaltung eingetragenen Ströme I_1 , I_2 und I_3 ?

c) Wie lassen sich die Ströme I_1 , I_2 und I_3 ohne den Überlagerungssatz berechnen?

Hier einfache Schaltung: Ideale Spannungsquelle U_2 parallel zu R_2

Aufgabe 9 Überlagerungssatz

a) Berechnen Sie die von der Spannungsquelle gelieferten Stromanteile.

Nur U_1 wirksam $\rightarrow I_q$ wird durch Leerlauf ersetzt

b) Berechnen Sie die von der Stromquelle gelieferten Stromanteile.

Nur I_q wirksam $\rightarrow U_1$ wird durch Kurzschluss ersetzt

c) Wie groß sind die Ströme I_1 , I_2 und I_3 ?

Aufgabe 10 Sinusförmige Wechselspannung, Liniendiagramm, Zeitfunktion

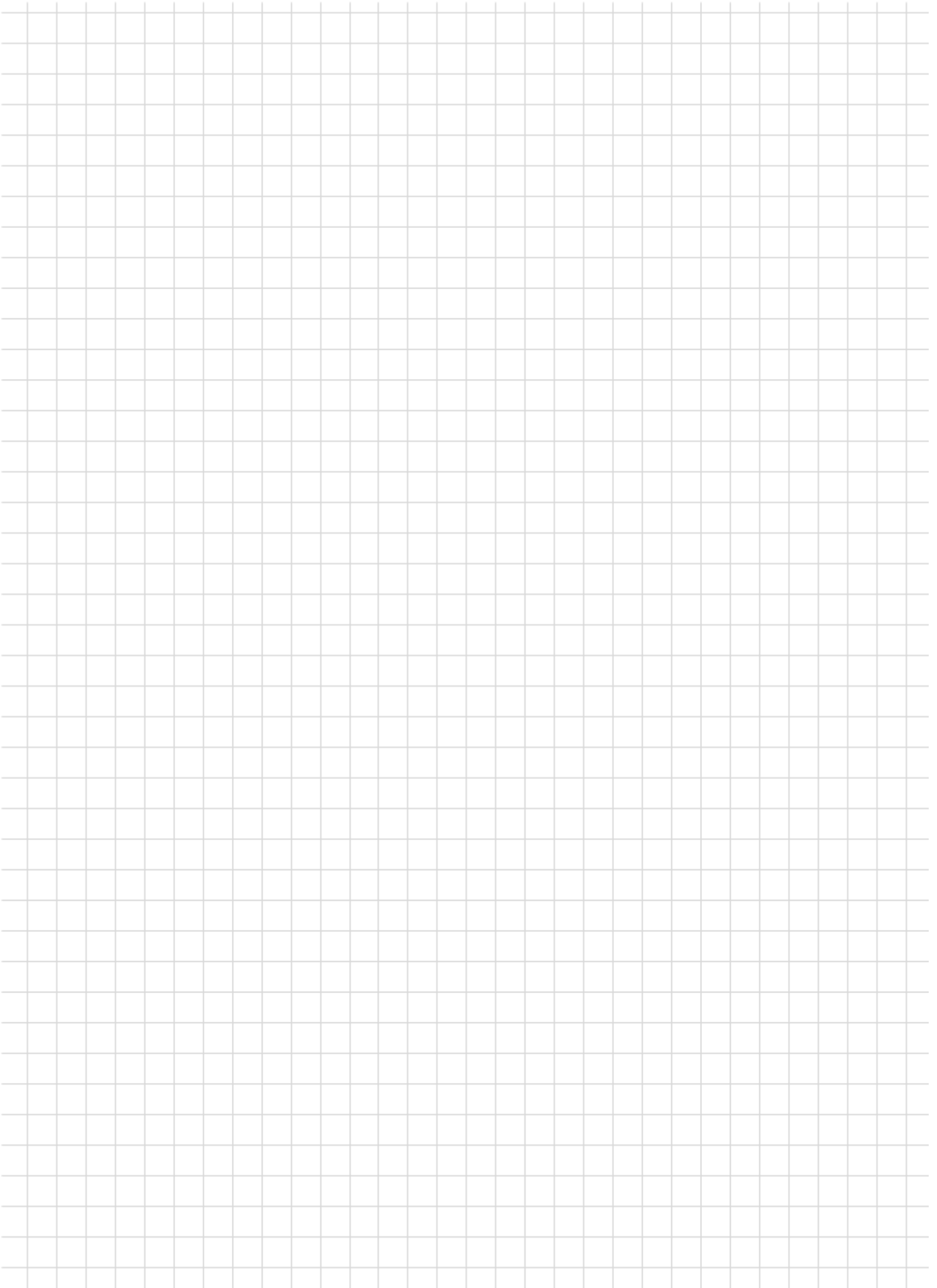
a) $u_1(t)$ in der Form $u_1(t) = \hat{u}_1 \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{t}{T_1}\right)$ und f_1 und ω_1

b) $u_2(t)$ in der Form $u_2(t) = \hat{u}_2 \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{t}{T_2}\right)$ und f_2 und ω_2 .

Wodurch unterscheidet sich $u_2(t)$ von $u_1(t)$?

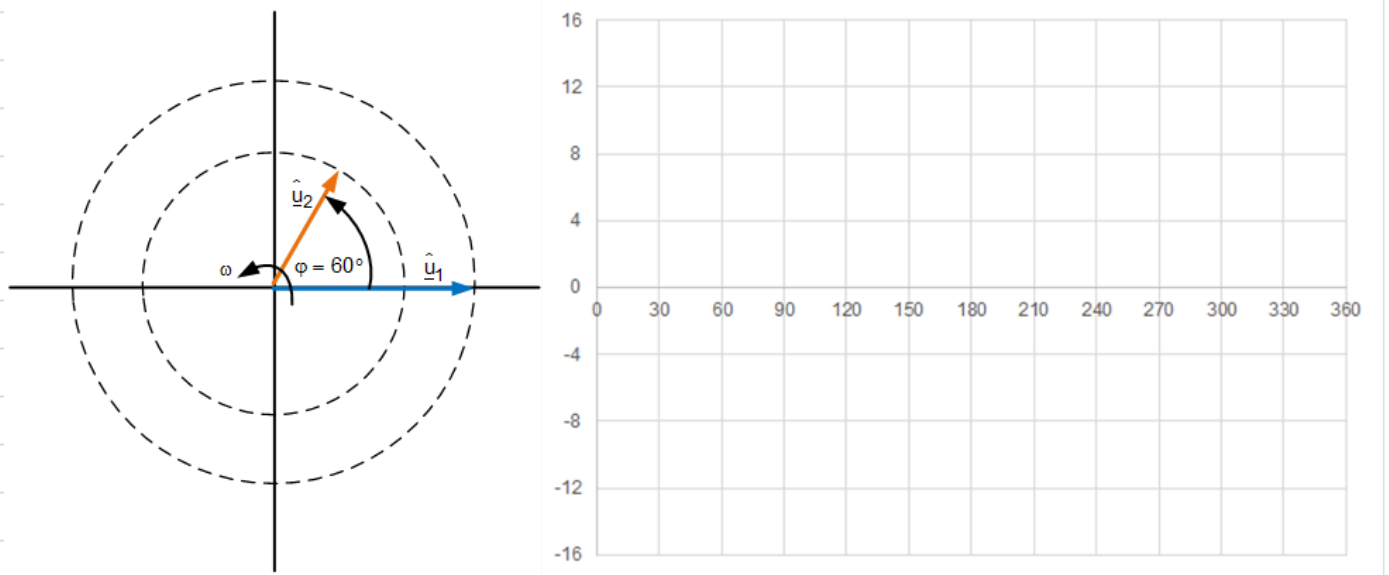
c) $u_3(t)$ in der Form $u_3(t) = \hat{u}_3 \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{t}{T_3} + \tau_0\right)$ und f_3 und ω_3 .

Wodurch unterscheidet sich $u_3(t)$ von $u_2(t)$?



Aufgabe 11 Zeigerdarstellung von sinusförmigen Wechselgrößen

a) $u_1(t)$ und $u_2(t)$ als rotierende Amplitudenzeiger $\hat{u}_1$ und $\hat{u}_2$. Liniendarstellung Zeitfunktionen.



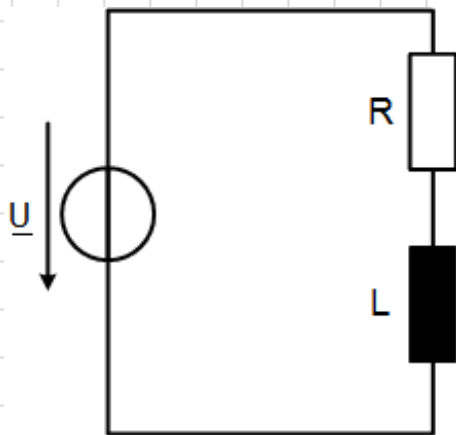
b) Amplitude $\hat{u}$ und den Phasenwinkel φ der Summenspannung $u(t) = u_1(t) + u_2(t)$.

Abgelesen:

c) Zeitfunktion für $u(t)$. Effektivwert U der sinusförmigen Summenspannung $u(t)$?

Aufgabe 12 Zeigerdiagramm

- a) Ersatzschaltbild (ESB) mit Zählpfeilen und Bezeichner versehen.



- b) Bestimmen Sie den Blindwiderstand X_L der Induktivität L .
- c) Betrag Z und der Winkel φ_Z der Gesamtimpedanz $\underline{Z}$ der R-L-Reihenschaltung?

d) Strom, Effektivwert, Scheitelwert und Frequenz des Stromes?

e) Wie groß sind die Teilspannungen an R und L?

f) Maßstäbliches Zeigerdiagramm.

Maßstäbe:

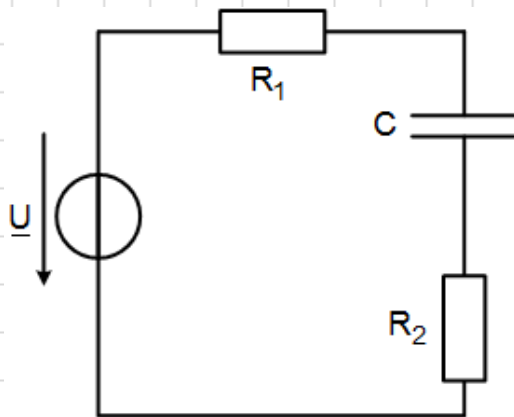
Spannungsmaßstab:

Strommaßstab:

g) Phasenwinkel $\varphi = \varphi_U - \varphi_I$ zwischen Strom und Spannung?

Aufgabe 13 Zeigerdiagramm

- a) ESB mit Zählpfeilen und Bezeichner für Ströme und Spannungen versehen.



- b) Bestimmen Sie den Blindwiderstand X_C der Kapazität C .

- c) Betrag Z und Winkel φ_Z der Gesamtimpedanz $\underline{Z}$ der Reihenschaltung?

d) Strom, Effektivwert, Scheitelwert und Frequenz?

e) Wie groß sind die Teilspannungen an R_1 , R_2 und C (Effektivwerte und Scheitelwerte)?

f) Maßstäbliches Zeigerdiagramm.

Strommaßstab:

Spannungsmaßstab:

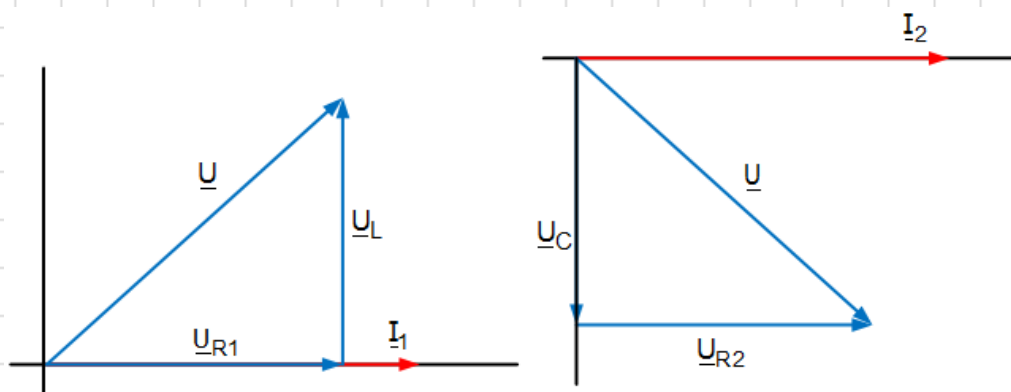
g) Phasenwinkel $\varphi = \varphi_U - \varphi_i$ zwischen Strom und Spannung?

Aufgabe 14 Zeigerdiagramm

a) Bestimmen Sie die Blindwiderstände X_L und X_C .

b) Bestimmen Sie die Beträge I_1 und I_2 der Ströme $\underline{I}_1$ und $\underline{I}_2$.

Zuerst qualitative Zeigerdiagramme:



c) Bestimmen Sie die Beträge sämtlicher Teilspannungen.

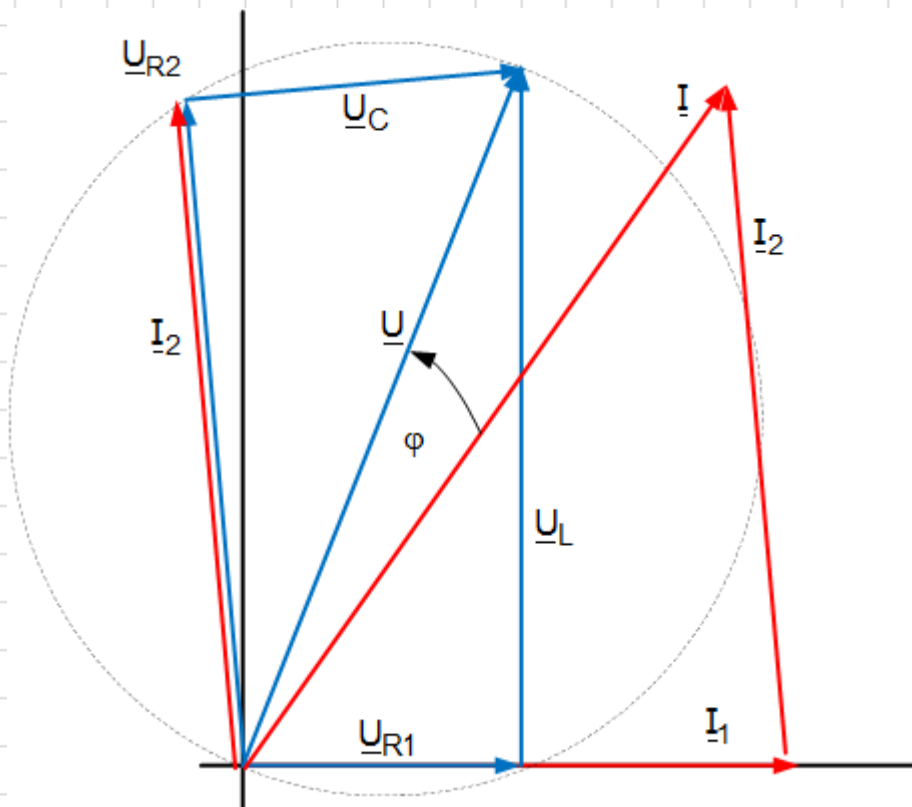
Effektivwert entspricht Betrag.

d) Maßstäbliches Zeigerdiagramm.

Strommaßstab:

Spannungsmaßstab:

Zeigerdiagramm:



Vorgehen bei der Konstruktion des Zeigerdiagrammes:

- 1.
- 2.
- 3.

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.

e) Betrag I des Stromes $\underline{I}$, Phasenverschiebungswinkel φ zwischen Strom $\underline{I}$ und Spannung $\underline{U}$.

f) Berechnen Sie die Schein-, Blind- und Wirkleistung.

Aufgabe 15 Komplexe Wechselstromrechnung

a) Effektivwert I des Stromes $\underline{I}$ und um Phasenverschiebungswinkel?

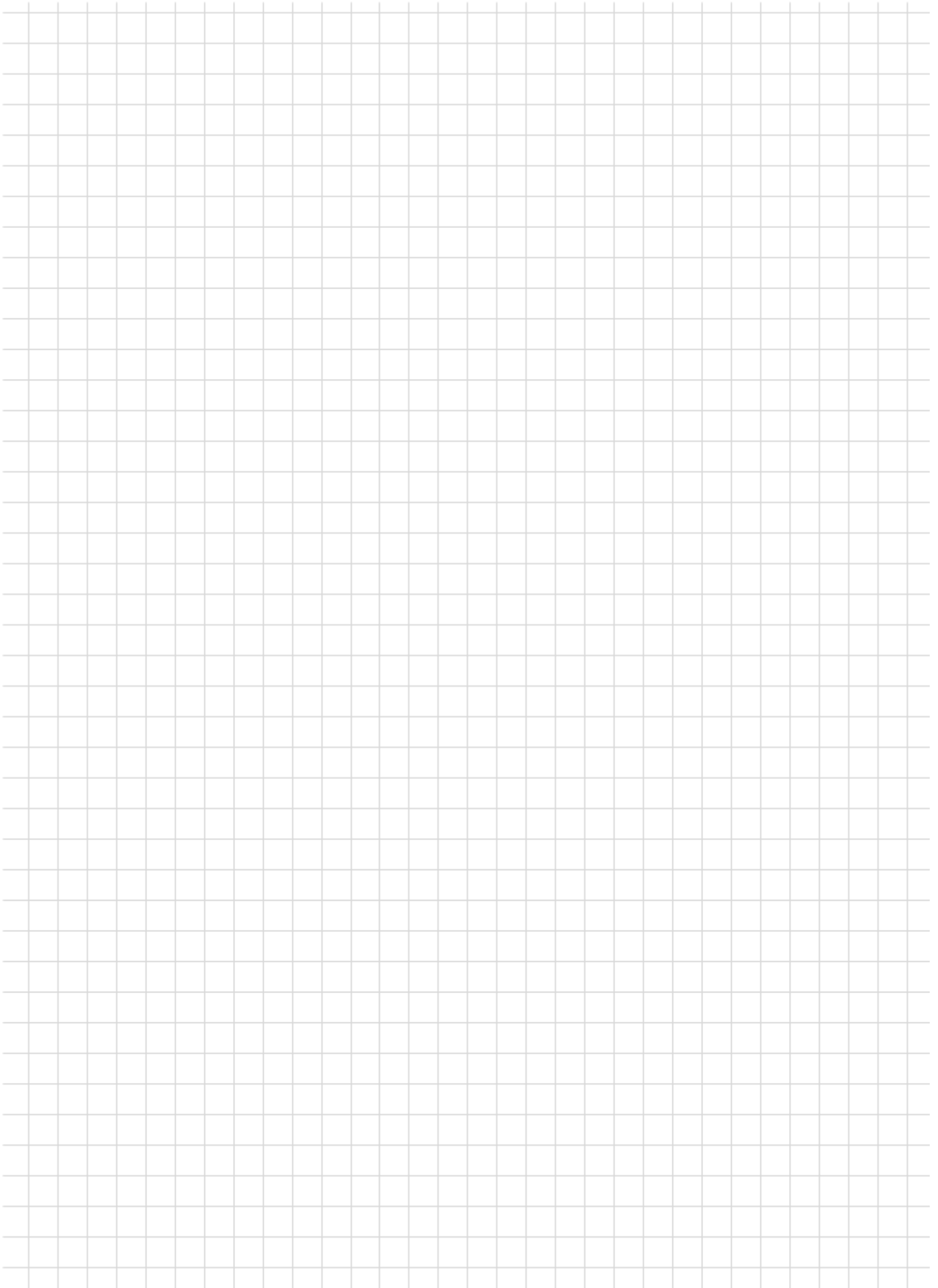
b) Wie groß sind die Teilspannungen $\underline{U}_R$ und $\underline{U}_L$ nach Betrag und Phase?

c) Komplexe Scheinleistung $\underline{S}$, Wirkleistung P und Blindleistung Q .

Aufgabe 16 Komplexe Wechselstromrechnung

a) Berechnen Sie die Ströme $\underline{I}$, $\underline{I}_L$, $\underline{I}_C$ und die Versorgungsspannung $\underline{U}$?

b) Komplexe Scheinleistung $\underline{S}$, Wirkleistung P , Blindleistung Q , Leistungsfaktor $\lambda = \cos(\varphi)$.



Aufgabe 17 Komplexe Wechselstromrechnung

a) Bestimmen Sie die komplexen Widerstände $\underline{Z}_1$ und $\underline{Z}_2$ der beiden Zweige.

b) Bestimmen Sie die komplexen Ströme $\underline{I}_1$ und $\underline{I}_2$.

c) Bestimmen Sie die Beträge und Phasenlagen sämtlicher Teilspannungen.

d) Zeichnen Sie ein qualitatives Zeigerdiagramm.

→ Siehe bei Aufgabe 14

e) Phasenverschiebungswinkel φ zwischen dem Gesamtstrom $\underline{I}$ und der Spannung $\underline{U}$.

f) Berechnen Sie die komplexe Scheinleistung $\underline{S}$, die Wirkleistung P und die Blindleistung Q ?

Aufgabe 18 Komplexe Wechselstromrechnung, Blindstromkompensation

Der Schalter S sei zunächst offen!

a) Wie groß ist der Strom $\underline{I}_2$ und der Leistungsfaktor $\cos(\varphi)$ der Schaltung?

b) Komplexe Scheinleistung $\underline{S}$, die Wirkleistung P und die Blindleistung Q ?

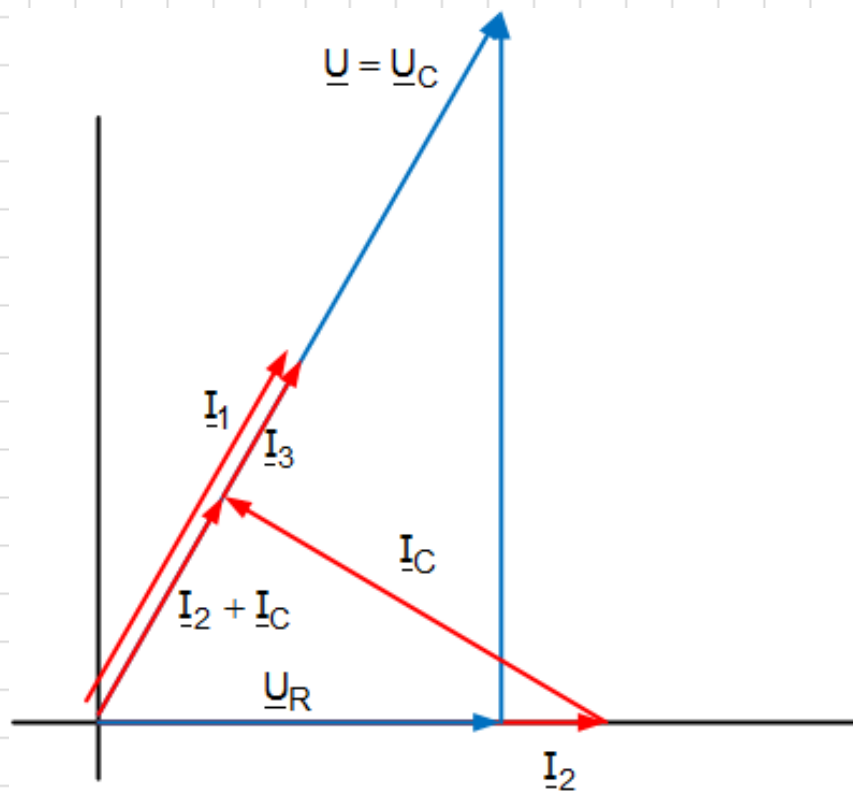
Nun werde der Schalter S geschlossen!

c) Wahl der Kapazität C für vollständige Blindstromkompensation?

d) Berechnen Sie für diesen Fall den Kondensatorstrom $\underline{I}_C$ sowie den Netzstrom $\underline{I}_1$.

Alternativer Ansatz für die Berechnung von C zur Kompensation:

e) Qualitatives Zeigerdiagramm für den Fall der vollständigen Blindleistungskompensation.



Aufgabe 19 Komplexe Wechselstromrechnung, Schwingkreis

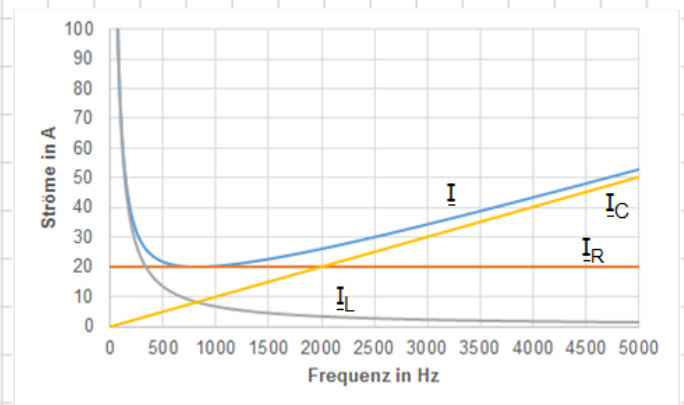
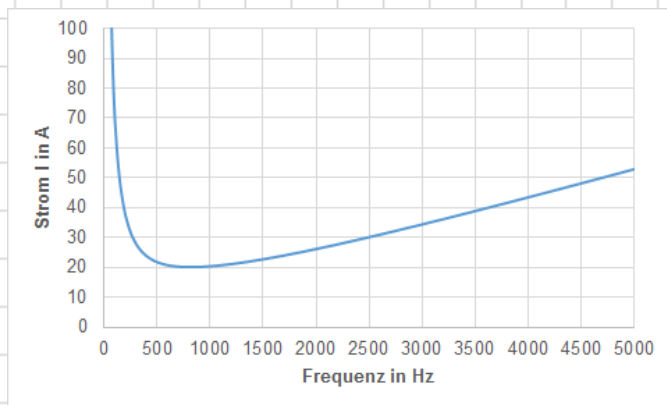
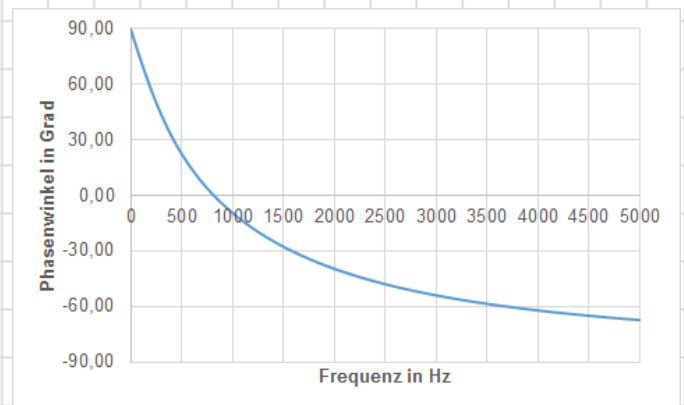
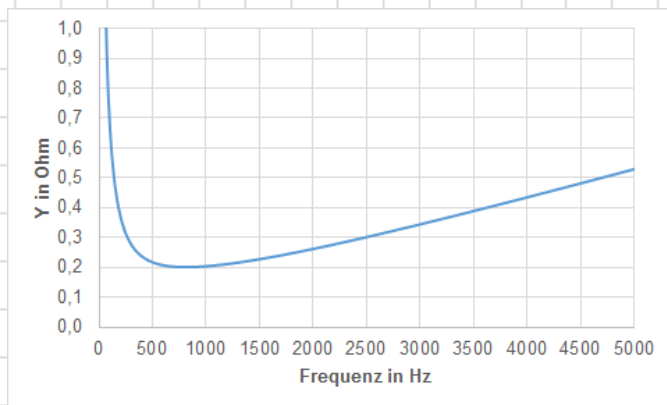
a) Ermitteln Sie die Resonanzfrequenz f_0 .

b) Berechnen Sie die Ströme $\underline{I}_R$, $\underline{I}_C$, $\underline{I}_L$, $\underline{I}_2$ und $\underline{I}_1$ bei $f = f_0$.

- c) Betrag des Eingangsleitwertes und Phasenwinkel als Funktionen der Frequenz f bzw. der Kreisfrequenz ω .

Zusatz:

ω	0 Hz	ω_0	∞
Y			
φ			



Im Folgenden werde die Schaltung mit der Frequenz $f_1 = 1$ kHz betrieben.

d) Berechnen Sie die Ströme $\underline{I}_2$ und $\underline{I}_R$.

e) Bestimmen Sie den Strom $\underline{I}_1$.

f) Komplexe Scheinleistung $\underline{S}$. Wie wirkt die Schaltung bei der Frequenz f_1 ?

Aufgabe 20 Komplexe Wechselstromrechnung, Brückenschaltung

Zunächst wird die Schaltung im Bild 20.1 betrachtet.

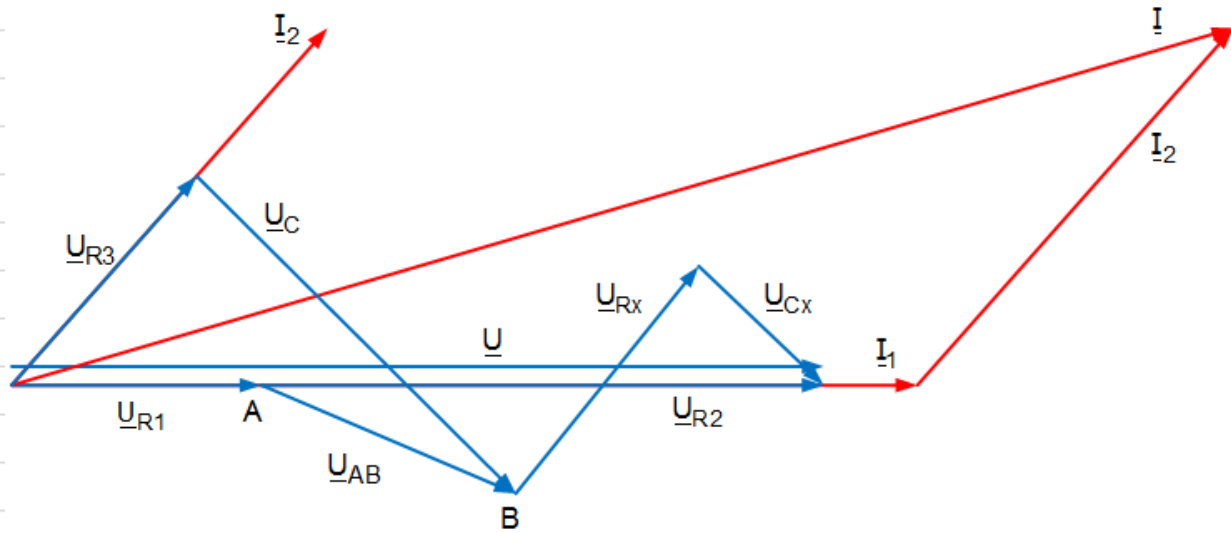
a) Ströme, Spannungen, Abgleichbedingung

Zweigströme I_1 und I_2 , Spannungen $\underline{U}_2$, $\underline{U}_4$ und $\underline{U}_{AB}$ Abhängigkeit von $\underline{U}$, $\underline{Z}_1$, $\underline{Z}_2$, $\underline{Z}_3$ und $\underline{Z}_4$.
Abgleichbedingung?

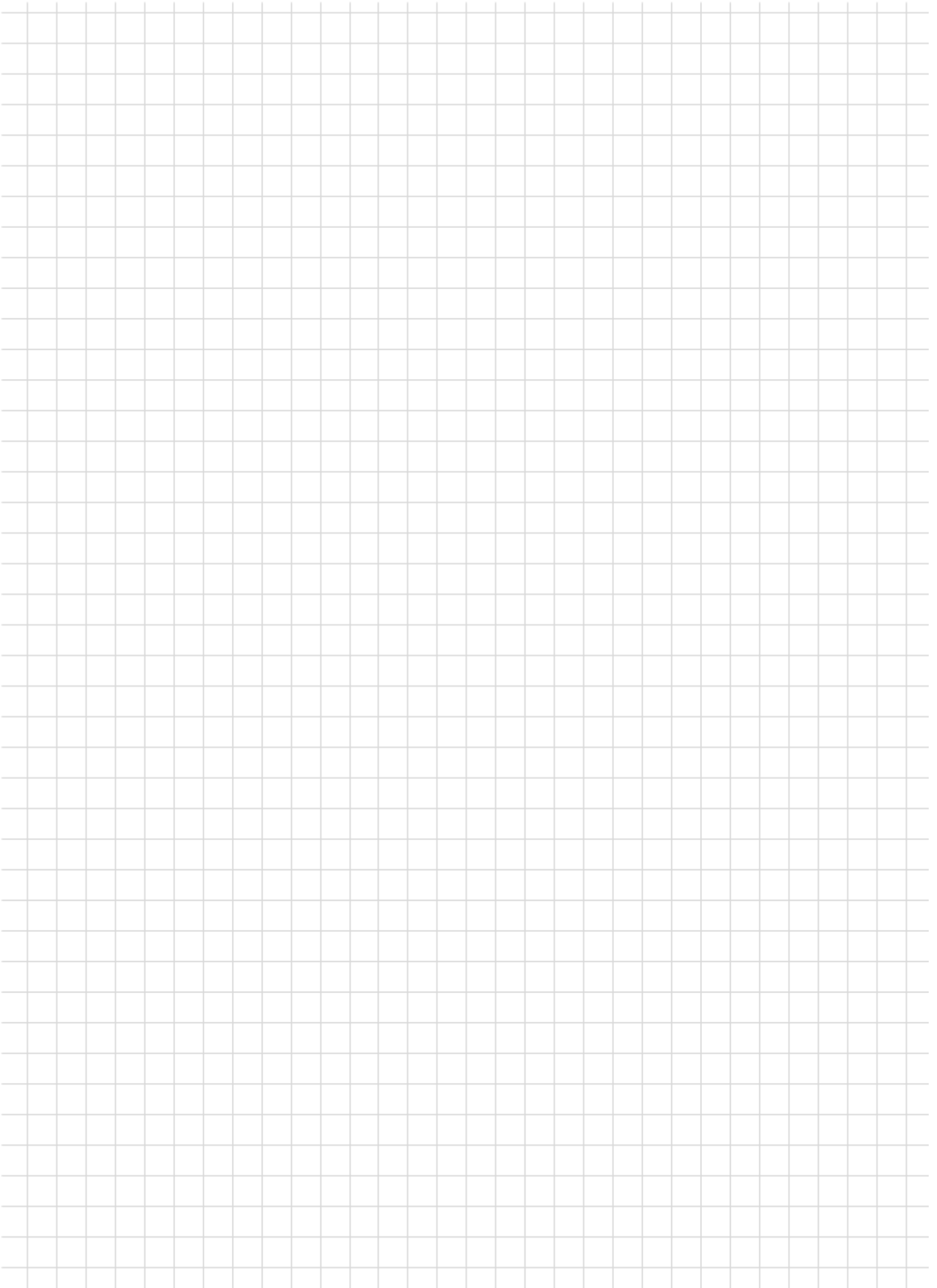
Im Folgenden wird die Schaltung im Bild 20.2 betrachtet.

b) Zeigerdiagramm

Qualitatives Zeigerdiagramm für den Fall der nicht abgeglichenen Brücke.



- c) Bestimmung der Ersatzschaltbildgrößen des unbekannten Kondensators (R_x und C_x)**
 Beziehungen, mit welchen R_x und C_x berechnet werden können. Wie groß sind R_x und C_x , wenn die Brücke bei $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$ und $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$ abgeglichen ist?



d) Spannung $\underline{U}_{AB}$ im Brückenweig

Zeigen Sie, dass die Brücke bei diesen Einstellungen von R_1 und R_3 nicht abgeglichen ist.

Aufgabe 21 Ausgleichsvorgänge (Einschwingvorgänge), Kondensator**1. Einschwingvorgang, der abläuft, wenn der Schalter S geschlossen wird**

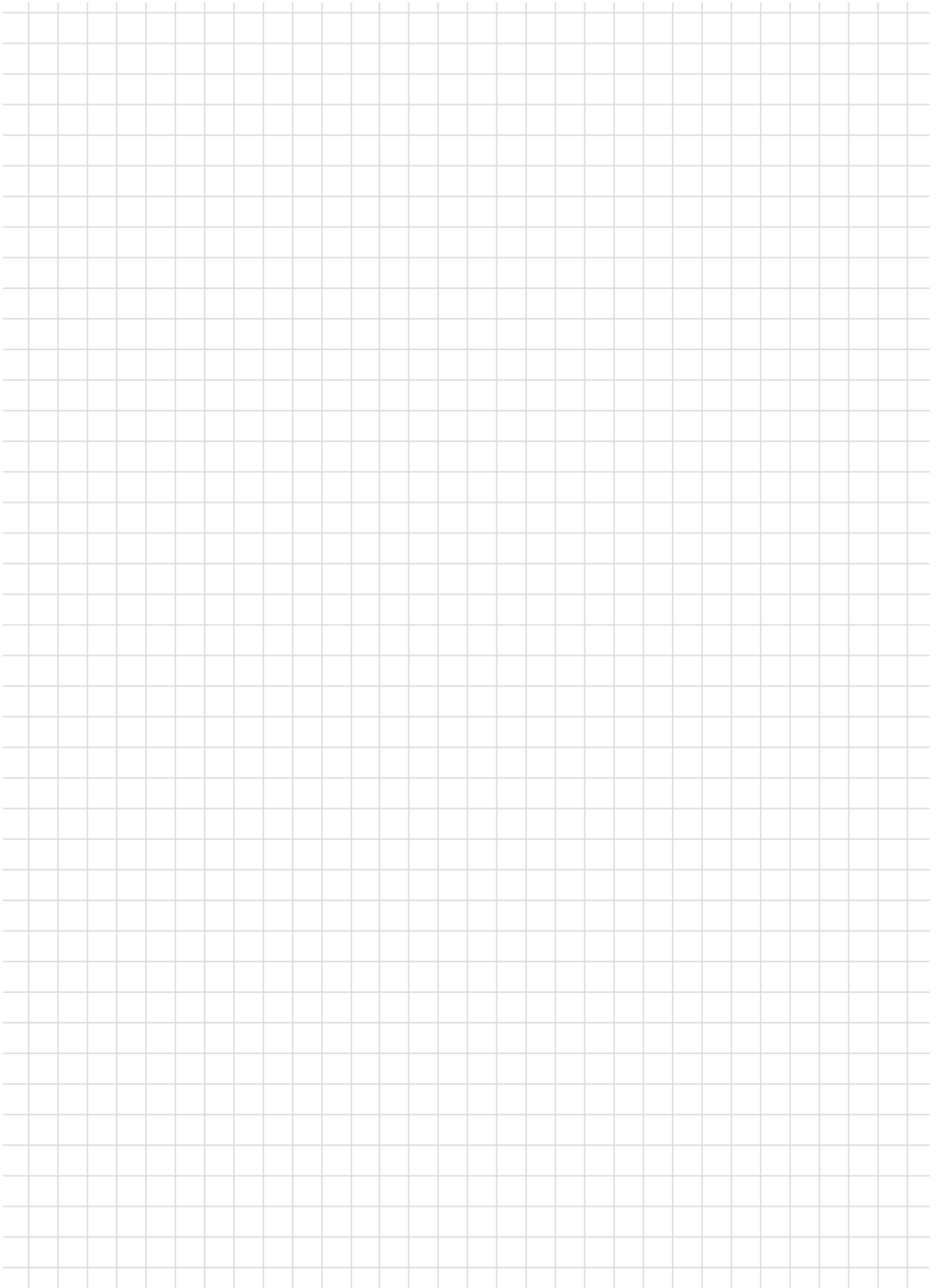
Zum Zeitpunkt $t = 0$ s wird der Schalter S geschlossen.

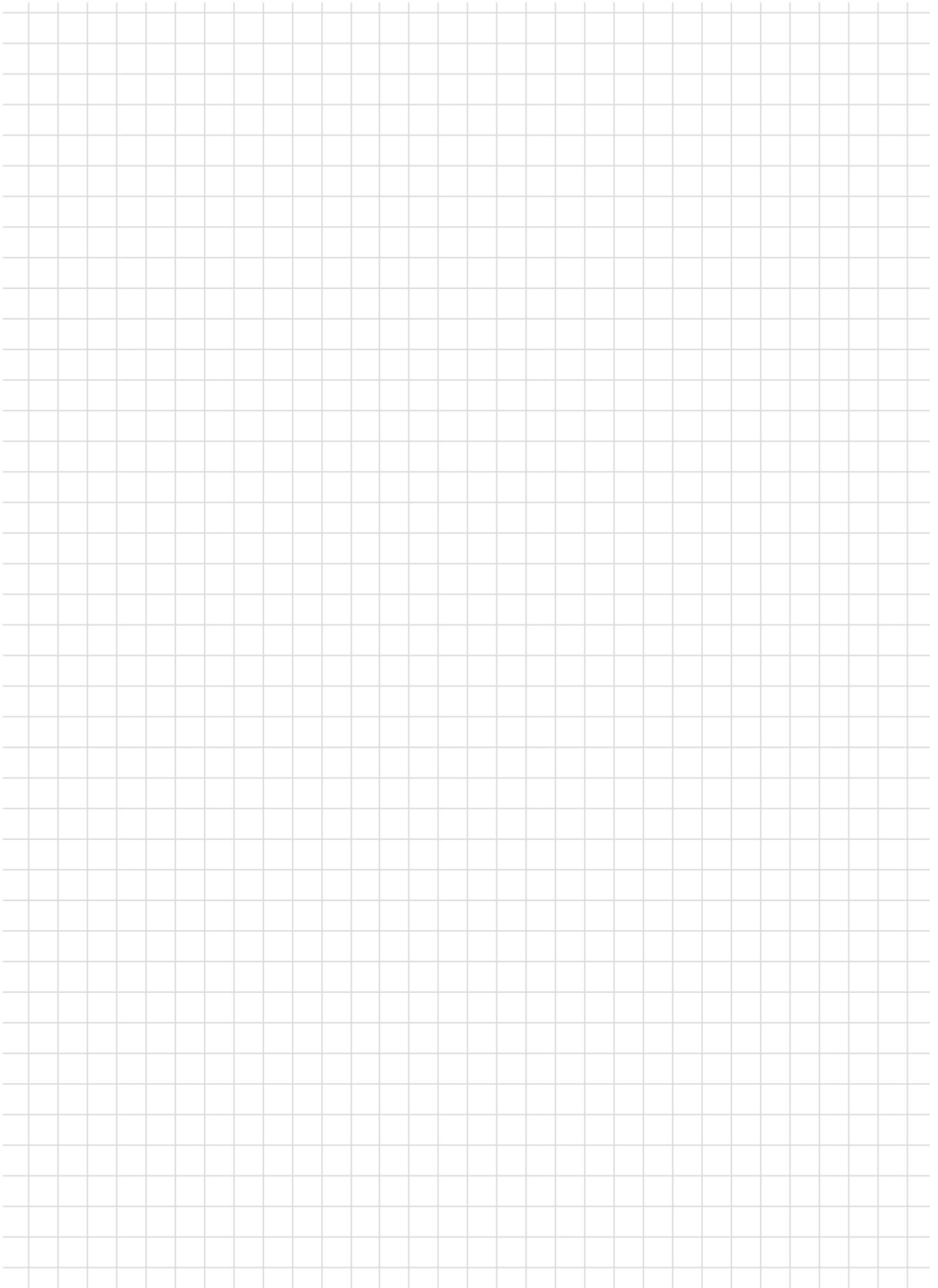
a) Welche Größe im System ist energiekennzeichnend und kann / darf daher nicht springen?

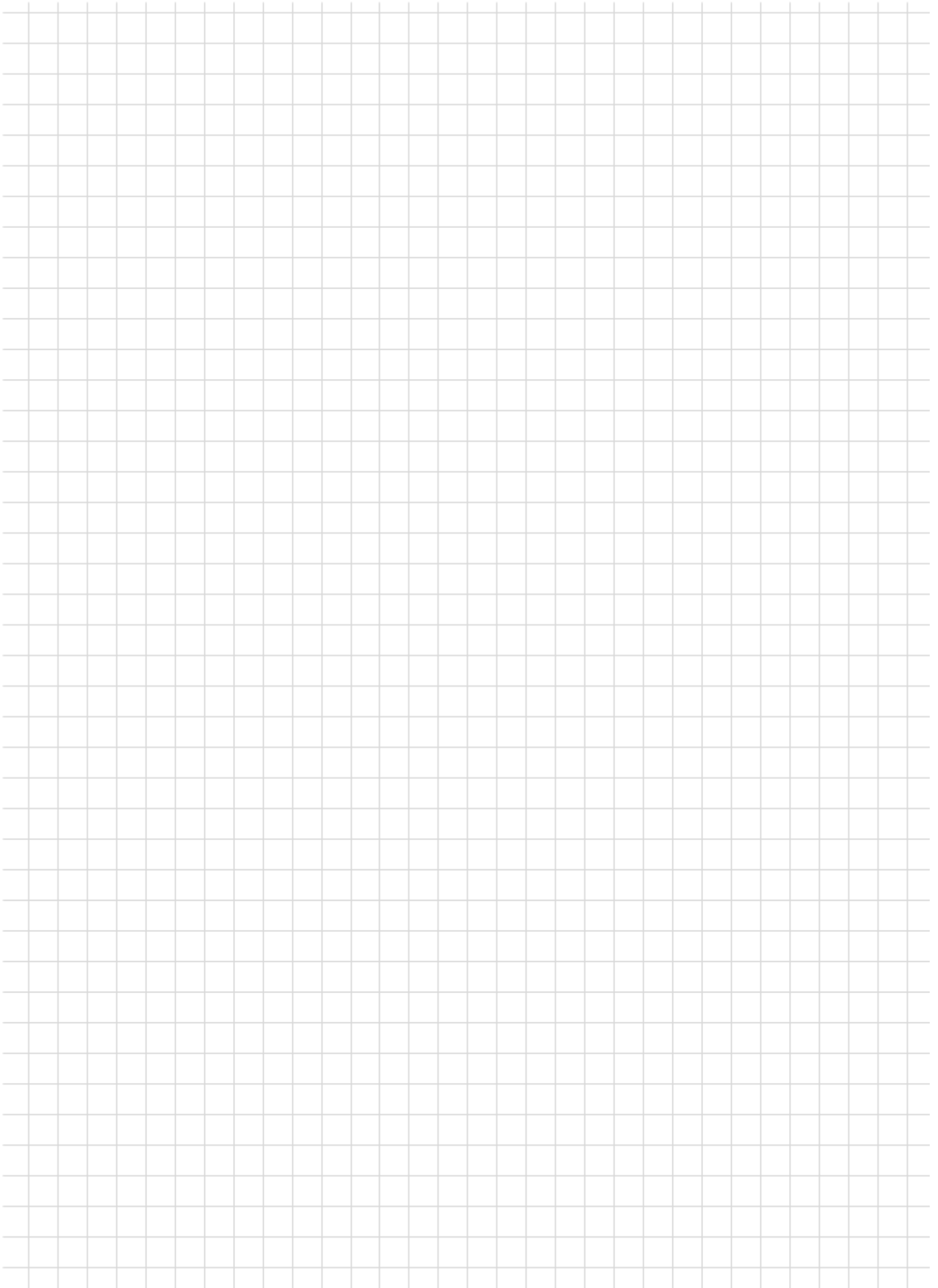
b) Geben Sie die Grundgesetze für die Bauelemente R_1 , R_2 und C im Zeitbereich an.

c) Geben Sie die für den Einschwingvorgang geltende Differentialgleichung (DGL) für $u_c(t)$ an.

d) Zeitfunktion der Spannung $u_c(t)$ sowie die Zeitfunktionen für die Ströme $i_1(t)$ und $i_2(t)$.

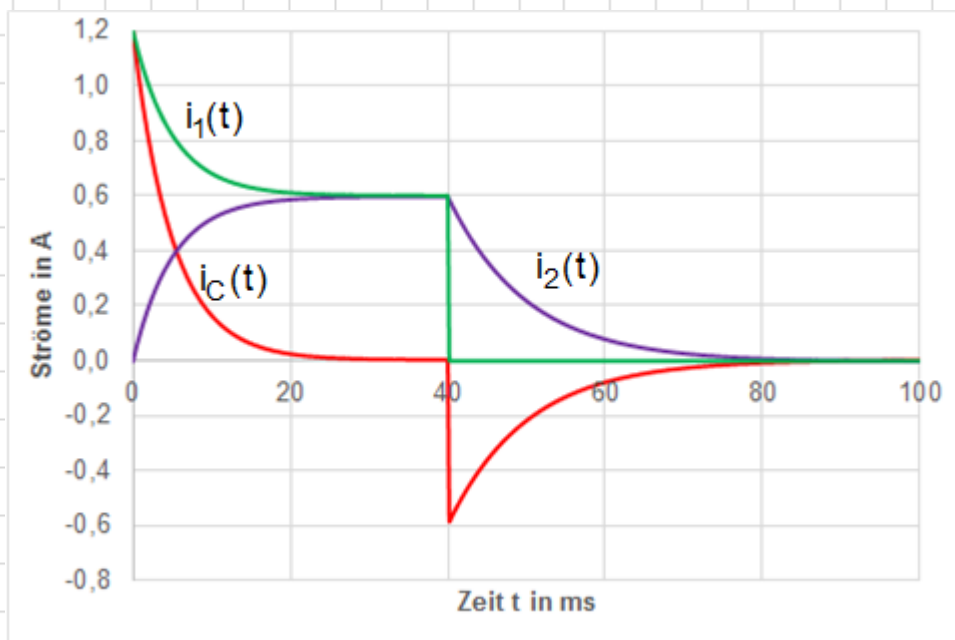
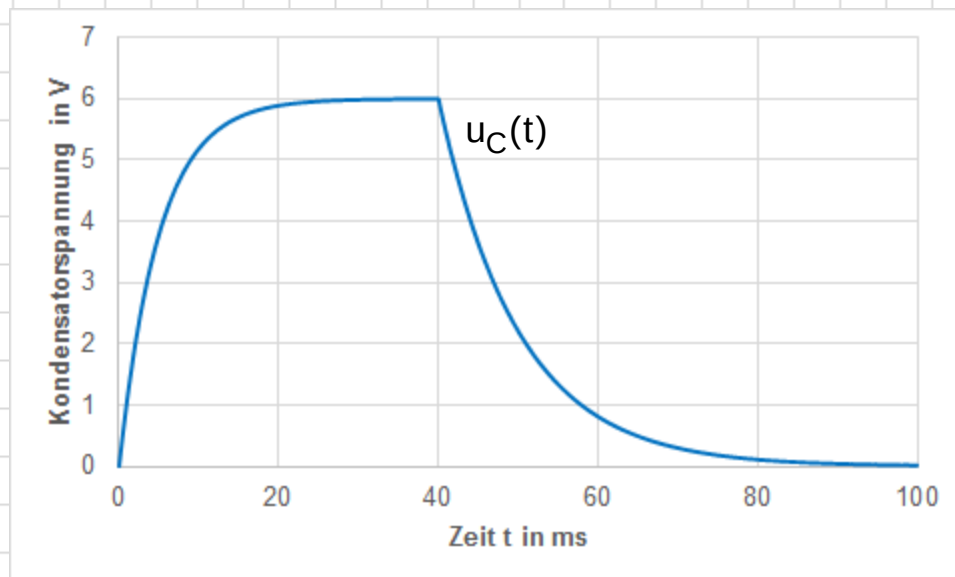






e) Endwert $u_c(t)$ für $t \rightarrow \infty$? Nach welcher Zeit t_1 werden 99,9% des Endwertes erreicht?

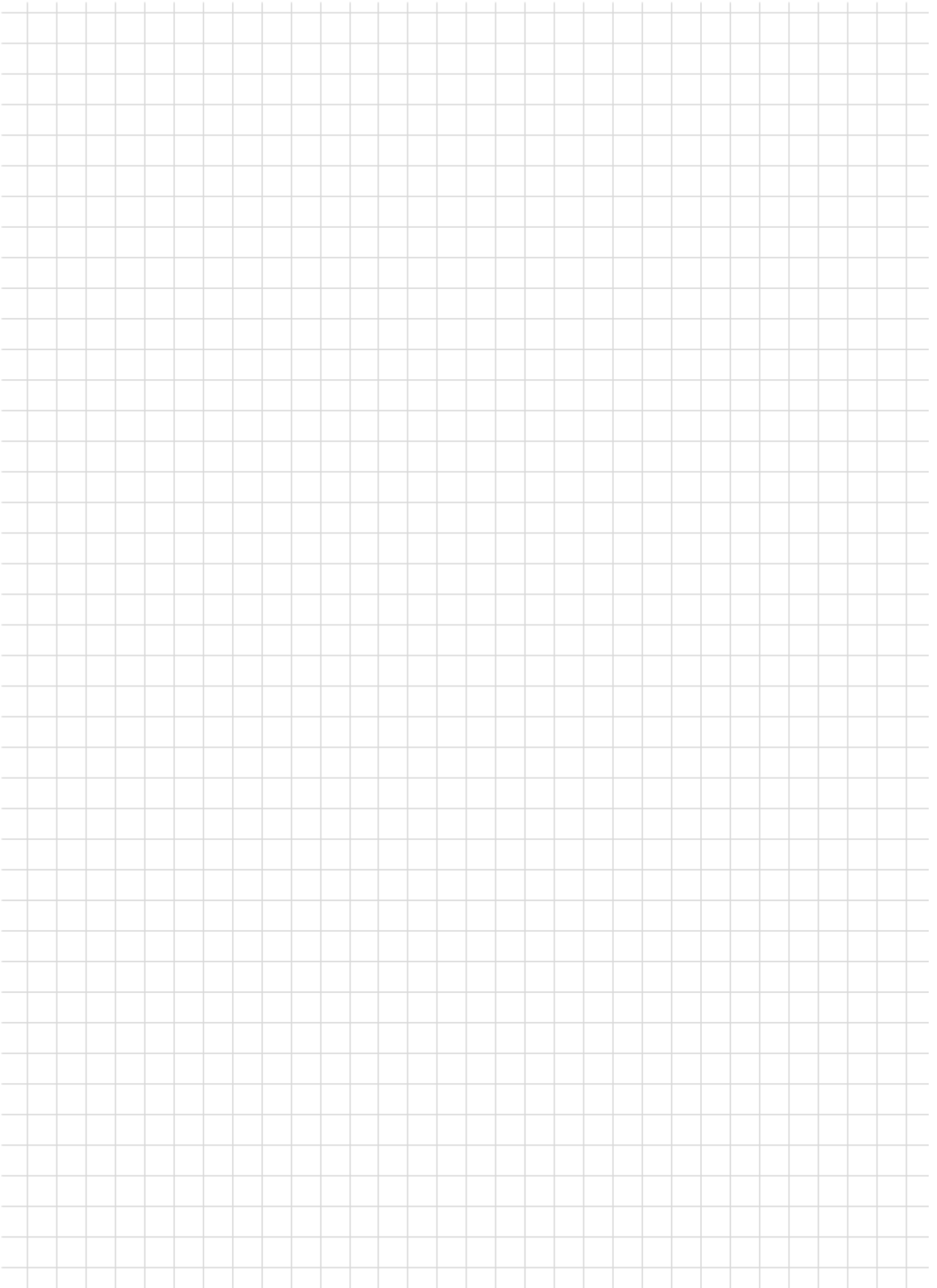
f) Zeichnen Sie die zeitlichen Verläufe von $u_C(t)$, $i_1(t)$ und $i_2(t)$ im Bereich $0 \leq t \leq 100$ ms .



2. Einschwingvorgang, der abläuft, wenn der Schalter S wieder geöffnet wird

Nun wird zum Zeitpunkt $t_2 = 100 \text{ ms}$ der Schalter S wieder geöffnet.

- a) Relevante Bauelemente für den Ausschaltvorgang?
- b) Spannung am Kondensator unmittelbar vor und nach dem Öffnen des Schalters
- c) Geben Sie die für den Ausschaltvorgang geltende DGL für $u_c(t)$ an.
- d) Zeitfunktion der Spannung $u_c(t)$ und die Zeitfunktion des Strom $i_2(t)$.
Ergänzen des Schaubildes für die zeitlichen Verläufe für $100 \text{ ms} \leq t \leq 1 \text{ s}$.



Aufgabe 22 Ausgleichsvorgänge (Einschwingvorgänge), Spule

a) Ersatzschaltbild der Ersatzspannungsquelle, U_q und R_i .

- b)** Linker Schaltungsteil durch die Ersatzspannungsquelle ersetzen und Zählpfeile für den Strom und die Spannungen eintragen.

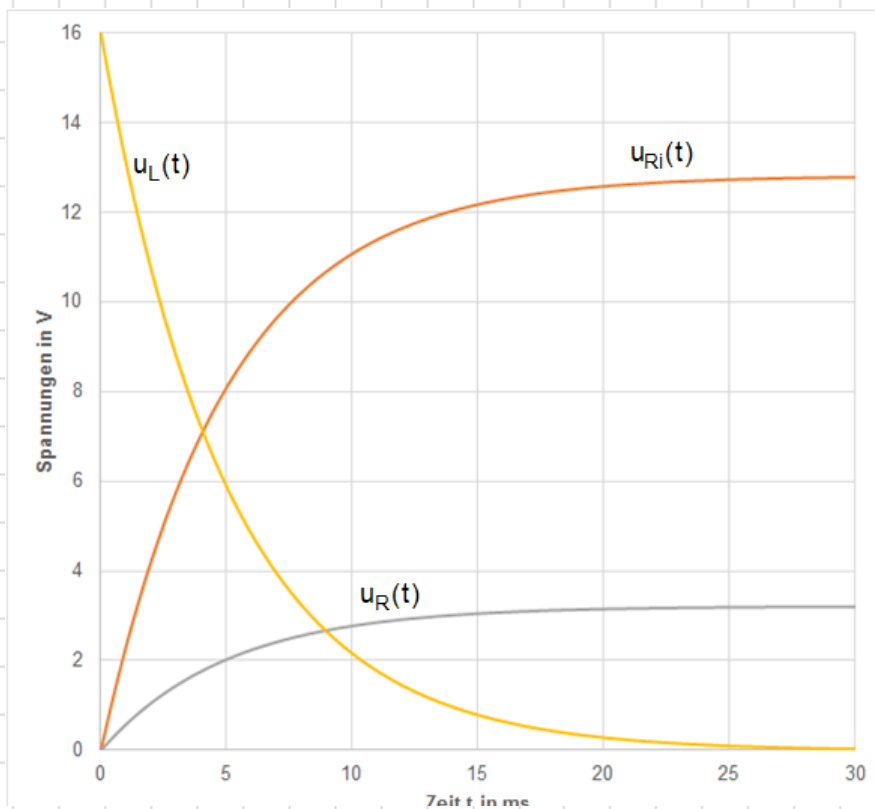
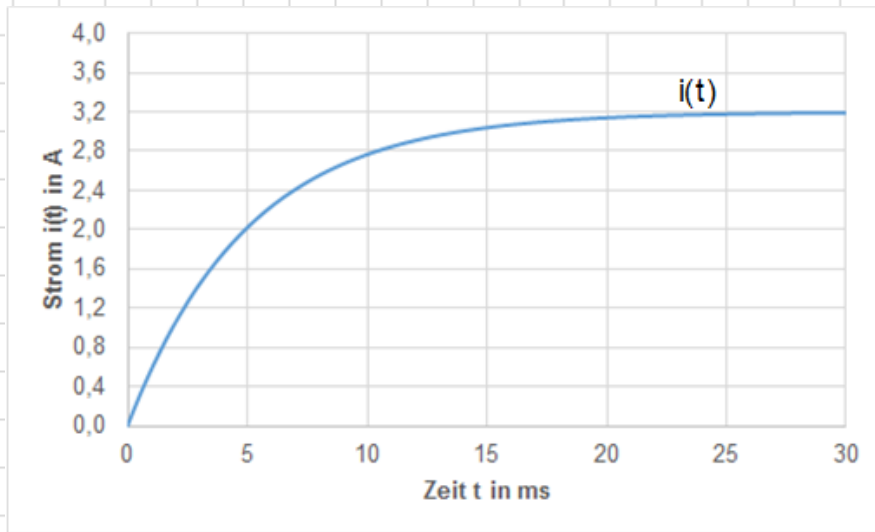
- c)** Welche Größe im System ist energie kennzeichnend und kann / darf daher nicht springen?

- d)** Grundgleichungen für R_i , R und L angeben, Maschengleichung aufstellen, DGL für $i(t)$.

e) Lösen Sie die DGL und geben Sie die Zeitfunktion von $i(t)$ an.

f) Geben Sie die Zeitfunktionen der Spannungen $u_{Ri}(t)$, $u_R(t)$ und $u_L(t)$ an.

g) Stellen Sie sowohl $i(t)$ als auch $u_{Ri}(t)$, $u_R(t)$ und $u_L(t)$ für $0 \leq t \leq 25 \text{ ms}$ grafisch dar.



Für die Aufgaben 23 bis 28 zur Selbstbearbeitung verwenden Sie bitte eigene Blätter.