



Grundlagen der Elektrotechnik B

24.09.2013

Name:				Matrikel-Nr.:			
Studiengang:				<input type="checkbox"/> Fachprüfung <input type="checkbox"/> Leistungsnachweis			
Aufgabe:	1 (13 Pkt.)	2 (13 Pkt.)	3 (13 Pkt.)	4 (13 Pkt.)	5 (15 Pkt.)	Σ (67 Pkt.)	Note

Bearbeitungszeit: 120 Minuten

Zugelassene Hilfsmittel:

- eine selbsterstellte, handgeschriebene Formelsammlung (1 Blatt DIN A4, beidseitig beschrieben, keine Kopien oder Ausdrücke)
- ein nichtprogrammierbarer Taschenrechner ohne grafikfähiges Display
- Zeichenmaterialien (Zirkel, Geodreieck, Lineal, Stifte...)

Bitte Studenausweis und Lichtbildausweis (Personalausweis oder Reisepass) bereitlegen!

Bitte beschriften Sie jeden Klausurbogen mit Ihrem Namen und Ihrer Matrikelnummer. Benutzen Sie für jede Aufgabe einen neuen Klausurbogen. Bitte verwenden Sie keine Bleistifte und keine roten Stifte.

Alle Lösungswege sind nachvollziehbar zu dokumentieren und zu kommentieren! Die Angabe einer Endlösung ohne erkennbaren Lösungsweg wird nicht gewertet.

Viel Erfolg!

Aufgabe 1: Übertragungsfunktion, komplexe Wechselstromrechnung

(13 Punkte)

Gegeben seien folgende elektrische Netzwerke:

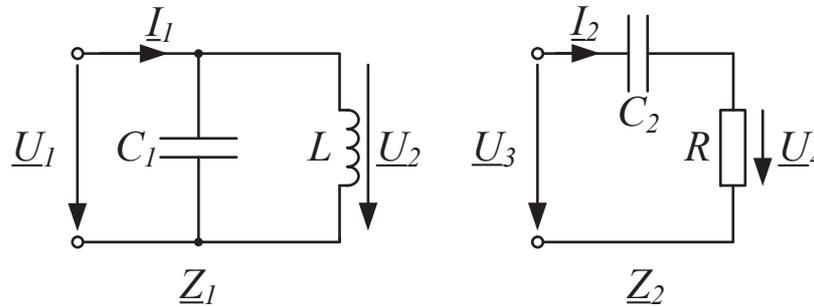


Abbildung 1.1: Komplexe Widerstandsnetzwerke

Weiterhin haben die darin aufgeführten Bauelemente folgende Werte:

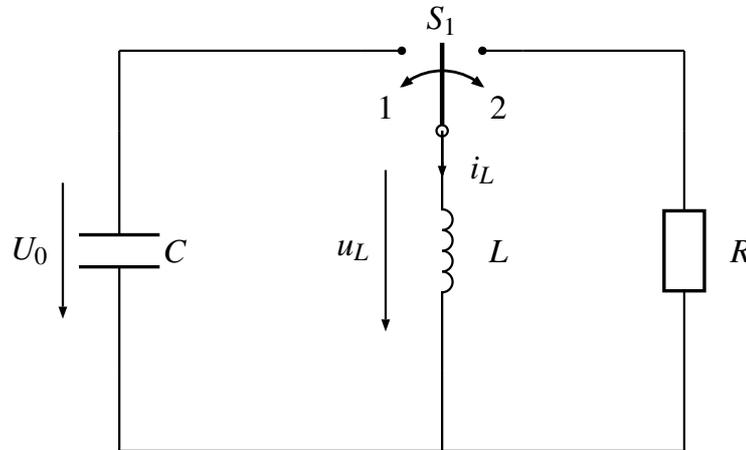
$$C_1 = 1 \text{ nF} \quad C_2 = 5 \text{ mF} \quad L = 1 \text{ mH} \quad R = 250 \text{ m}\Omega$$

1. Ermitteln Sie allgemein die komplexen Widerstände \underline{Z}_1 und \underline{Z}_2 in Abhängigkeit der Bauteilparameter. Berechnen Sie ferner für die gegebenen Bauteilwerte die Kennkreisfrequenz ω_0 und den Kennwiderstand Z_0 für das Netzwerk \underline{Z}_1 als auch die Zeitkonstante τ des Netzwerks \underline{Z}_2 .
2. Zeichnen Sie maßstäblich das komplexe Zeigerdiagramm von \underline{Z}_1 und \underline{Z}_2 für eine Frequenz von $f = 50 \text{ Hz}$. Ermitteln Sie graphisch Betrag und Phase der Reihenschaltung $\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2$. (Maßstab: $0,1\Omega \triangleq 1\text{cm}$)
3. Die beiden Netzwerke werden nun parallel geschaltet ($\underline{U}_2 = \underline{U}_3$). Stellen Sie die komplexe Übertragungsfunktion $\underline{H}(j\omega) = \frac{\underline{U}_4}{\underline{U}_1}$ allgemein in Abhängigkeit der Bauteilparameter auf.
4. Untersuchen Sie das Verhalten von $\underline{H}(j\omega)$ für $\omega \gg 1/\tau$ und $\omega \ll 1/\tau$. Ermitteln Sie hierzu die Geradennäherung für beide Frequenzbereiche und skizzieren Sie diese jeweils getrennt nach Betrag und Phase in logarithmischer Darstellung.
5. Das weiterhin parallel geschaltete Gesamtnetzwerk werde nun an eine Spannungsquelle $\underline{U}_1 = 50 \text{ V} e^{j\phi_0 t}$ mit $\phi_0 = 0^\circ$ und der Frequenz $\omega = \omega_0$ angeschlossen. Erläutern Sie allgemein (ohne Rechnung), ob und warum das Netzwerk in diesem Fall kapazitives oder induktives Verhalten aufzeigt.

Aufgabe 2: Ausgleichsvorgang, Schwingkreis
(13 Punkte)

Gegeben ist die unten dargestellte Schaltung:

Die Schaltung befindet sich im eingeschwungenen Zustand und es wird angenommen, dass der



Strom durch die Induktivität i_L Null sei. Dabei ist eine Ladung Q in der Kapazität C gespeichert. Der Schalter S_1 wird zum Zeitpunkt $t = 0$ in Stellung 1 gebracht.

Zur Analyse der Schaltung sind folgende Parameterwerte gegeben:

$$Q = 225 \text{ mC} \quad C = 500 \text{ } \mu\text{F} \quad L = 50 \text{ mH} \quad R = \frac{20}{\pi} \text{ } \Omega$$

1. Berechnen Sie die folgenden Größen (mit Begründung):

- Ladespannung der Kapazität U_0 ,
- Anfangswert der Spannung an der Induktivität $u_L(t = 0^+)$,
- Anfangswert des Stromes in der Induktivität $i_L(t = 0^+)$.

2. Bestimmen Sie den zeitlichen Verlauf der Spannung $u_L(t)$ und des Stromes $i_L(t)$ und berechnen Sie dabei die Kennkreisfrequenz ω_0 und den Kennwiderstand Z_0 .

3. Berechnen Sie den zeitlichen Mittelwert \bar{u}_L und den Effektivwert U_L der Spannung an der Induktivität für den Zeitraum $0 \leq t \leq t_1$ mit $t_1 = \frac{3}{4}T$ und $T = \frac{2\pi}{\omega_0}$.

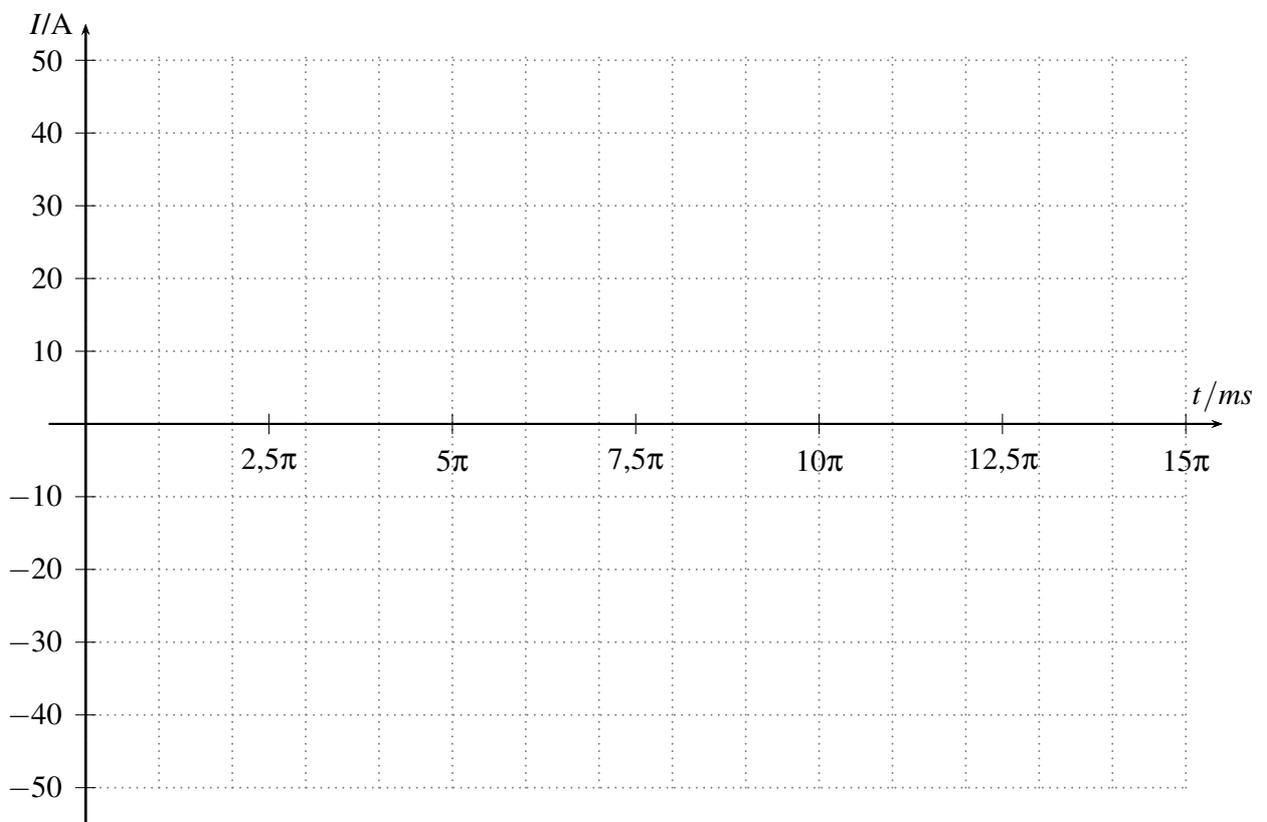
Hinweis: Machen Sie sich kleine Spannungsverlaufsskizzen zur Verdeutlichung.

Zum Zeitpunkt $t = t_1$ wird der Schalter S_1 in die Stellung 2 umgelegt.

4. Berechnen Sie den Strom $i_L(t = t_1)$ sowie die Zeitkonstante τ des Netzwerkes bestehend aus dem Widerstand R und der Induktivität L . Bestimmen Sie anschließend den zeitlichen Verlauf $i_L(t > t_1)$.

Hinweis: Nutzen Sie die Variable $t^* = t - t_1$ zur Vereinfachung der Berechnung.

5. Skizzieren Sie maßstäblich den Verlauf des Stromes $i_L(t)$ für den Zeitraum von $0 \leq t \leq 2 \cdot t_1$ auf der folgenden Seite. Kennzeichnen Sie dabei die Kennkreisfrequenz ω_0 und die Zeitkonstante τ .



Aufgabe 3: Gleichstromsteller

(13 Punkte)

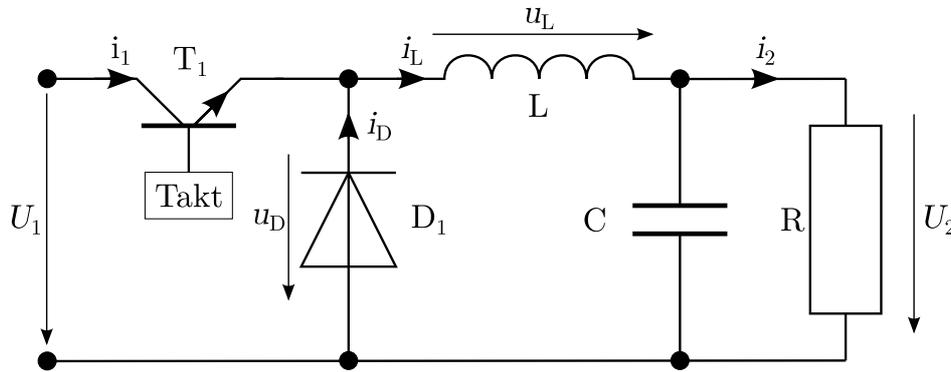


Abbildung 3.1: Gleichstromsteller

Mit Hilfe des abgebildeten Gleichstromstellers (Abbildung 3.1) wird aus einer Eingangsspannung $U_1 = 50\text{V}$ eine einstellbare Ausgangsspannung U_2 erzeugt. Der Transistor T_1 und die Diode D_1 seien ideal. Die Taktfrequenz betrage $f_s = 20\text{kHz}$. Es werde stationärer und nichtlückender Betrieb vorausgesetzt. Für die nachfolgenden Betrachtungen werde C_2 als so groß angenommen, dass $u_2(t) \approx U_2 = \text{konst.}$ gilt. Der Lastwiderstand sei $R = 5\Omega$.

1. Um welchen Typ des Gleichstromstellers handelt es sich?
2. Welchen Spannungsbereich kann U_2 annehmen?
3. Skizzieren Sie in Abbildung 3.2 für das Tastverhältnis $D = 0,5$ qualitativ den Verlauf von $u_L(t)$, $i_L(t)$, $i_1(t)$ und $i_C(t)$. Es gelte $i_L(t = 0) = I_{L,min}$.
4. Leiten Sie her, bei welchem Wert des Tastverhältnisses D der Spitze-Spitze-Wert der Stromschwankung Δi_L maximal wird.
5. Berechnen Sie die Induktivität L , wenn $\Delta i_{L,max} = 0,4\text{A}$ gelten soll.
6. Berechnen Sie den Effektivwert I_C des Kondensatorstroms $i_C(t)$ beim Tastverhältnis aus Aufgabenteil 4 und der Induktivität aus Aufgabenteil 5.

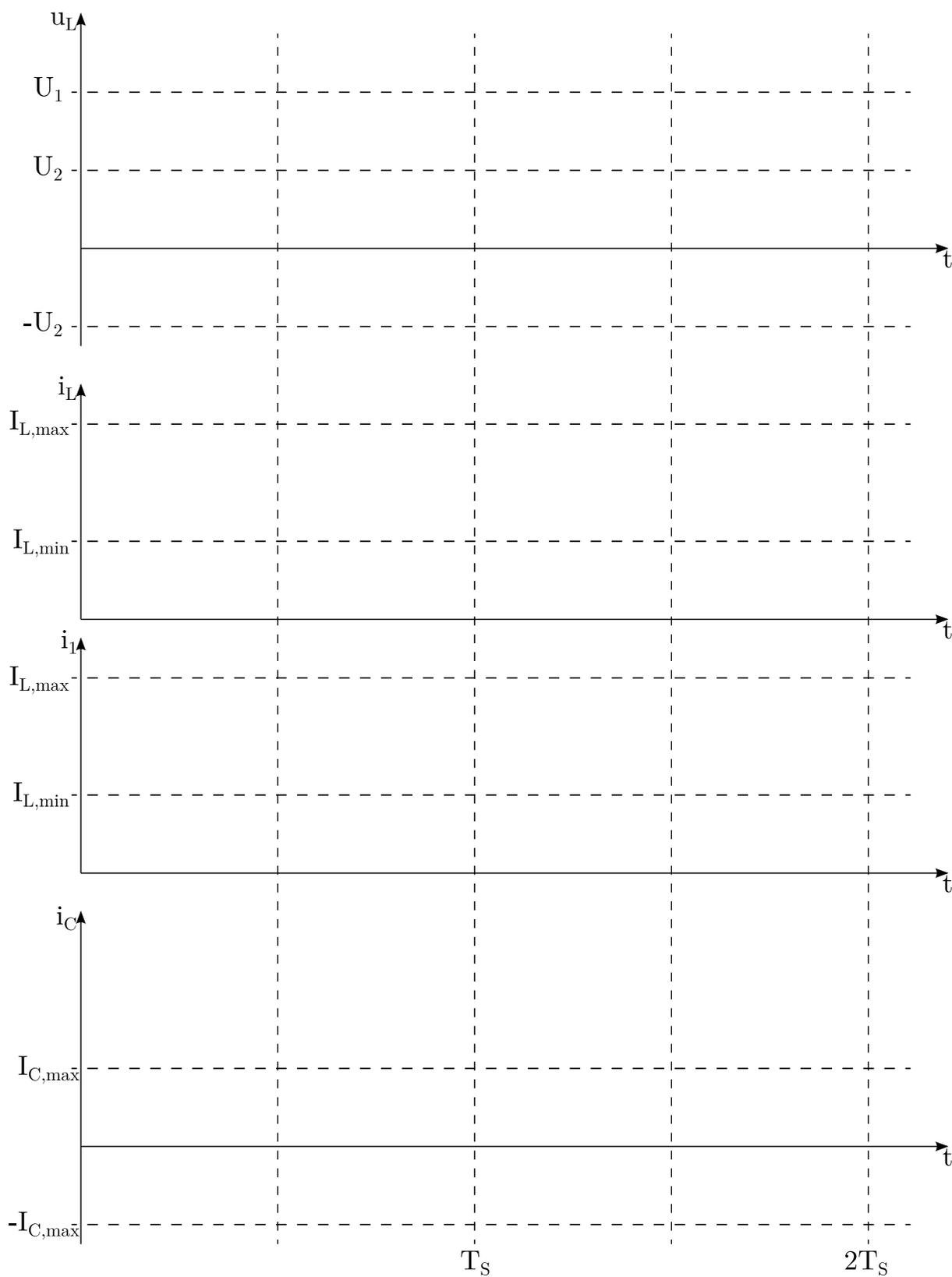


Abbildung 3.2: Verlauf von $u_L(t)$, $i_L(t)$, $i_1(t)$ und $i_C(t)$

Aufgabe 4: Magnetischer Kreis

(13 Punkte)

Gegeben sei der in Abbildung 4.1 dargestellte magnetische Kreis. Der Querschnitt A kann in der gesamten Anordnung als konstant angenommen werden. Weiterhin kann die Streuung des magnetischen Flusses vernachlässigt werden. Die Sekundärwicklung N_2 wird nicht belastet.

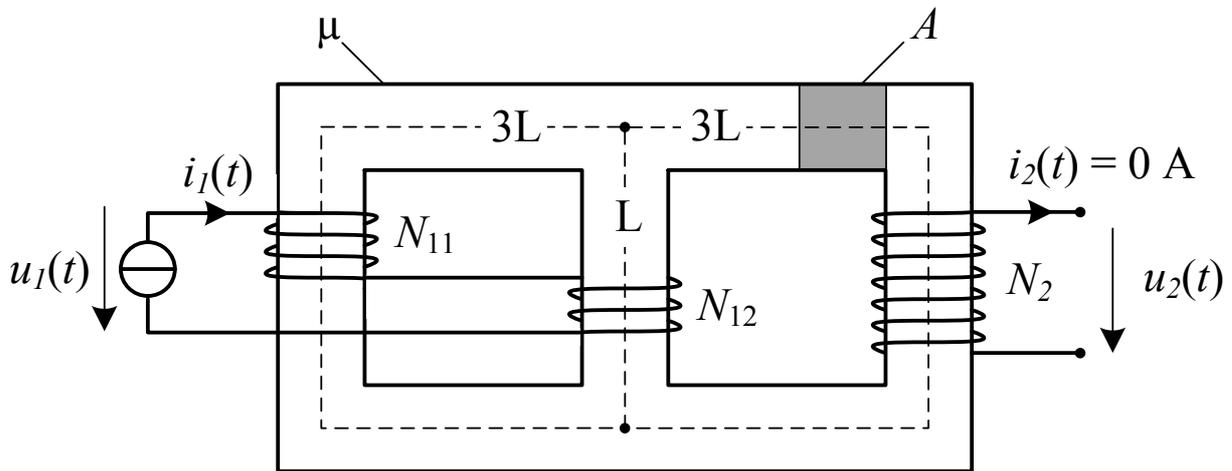


Abbildung 4.1: Magnetischer Kreis

Der Eingangsstrom sei gegeben durch folgenden Verlauf.

$$i_1(t) = I_0 \sin(\omega t) \tag{4.1}$$

Bestimmen Sie alle Ausdrücke allgemein, ohne Zahlenwerte.

1. Zeichnen Sie das Reluktanzmodell des magnetischen Kreises und bestimmen Sie die magnetischen Widerstände.
2. Bestimmen Sie den magnetischen Fluss, der durch die Wicklung N_2 fließt.
3. Bestimmen Sie die Spannung $u_2(t)$.
4. Bei welchem Verhältnis $\frac{N_{11}}{N_{12}}$ hat die Spannung $u_2(t)$ den geringsten Scheitelwert \hat{u}_2 ?
5. Bestimmen Sie den Spannungsverlauf $u_1(t)$ an der Stromquelle.

Aufgabe 5: Gleichstrommaschine**(15 Punkte)**

In dieser Aufgabe soll ein fremderregter Gleichstrommotor untersucht werden. Bitte gehen Sie bei allen Aufgabenteilen vom eingeschwungenen Zustand aus. Folgende Parameter seien vorab über den Motor bekannt:

$$L_E = 5 \text{ mH} \quad N_E = 50$$

1. Skizzieren Sie das Ersatzschaltbild des fremderregten Gleichstrommotors.
2. Zunächst sei der Motor blockiert ($\omega = 0$). Eine Messung ergibt folgende Werte:

$$U_A = 3\text{V} \quad I_A = 10\text{A} \quad I_E = 1,5\text{A} \quad T = 0,018\text{Nm}$$

Beachten Sie für diesen Aufgabenteil außerdem den Bürstenspannungsabfall U_B , welcher jeweils 1 V beträgt. Bestimmen Sie den Ankerwiderstand R_A und die Maschinenkonstante c_M . Hinweis: $\Psi'_E = c_M \phi_E$

3. Im Folgenden kann sich der Motor drehen und eine mechanische Last wird angeschlossen. Der Spannungsabfall an den Bürsten kann von nun an vernachlässigt werden. Eine Messung ergibt folgende Werte:

$$U_A = 12\text{V} \quad I_A = 8\text{A} \quad U_E = 20\text{V} \quad I_E = 1,5\text{A}$$

Berechnen Sie das Drehmoment und die Drehzahl in diesem Arbeitspunkt.

4. Berechnen Sie den Gesamtwirkungsgrad des Motors für diesen Arbeitspunkt.
5. Bei welchem Ankerstrom ergibt sich der maximale Wirkungsgrad, wenn der Erregerstrom und die Drehzahl konstant bleiben sollen. Leiten Sie den Zusammenhang allgemein her und geben Sie den Ankerstrom für den betrachteten Fall an. Beachten Sie, dass sich für diesen Ankerstrom entsprechend eine Ankerspannung und ein Drehmoment einstellt.