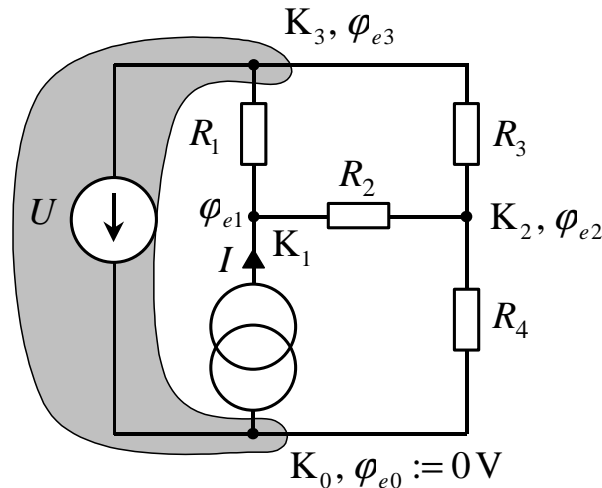


**Lösungsvorschlag zur Klausur in  
Grundlagen der Elektrotechnik für Maschinenbauer  
9. März 2005**

**Aufgabe 1:**

(12 Punkte)

**Bild L1:** Widerstandsnetzwerk mit Strom- und Spannungsquelle.

- a) Das Netzwerk besitzt vier Knoten ( $k = 4$ ,  $K_0$  bis  $K_3$ ). Der Bezugsknoten  $K_0$  liegt auf dem Potential  $\varphi_{e0} := 0\text{V}$ .
- b) Die Knoten  $K_0$  und  $K_3$  werden in einer Hülle zusammengefasst (vergl. Bild L1). Aufgrund der Spannungsquelle gilt  $\varphi_{e3} = \varphi_{e0} + U = U$ .
- c) Es verbleiben nur noch die zwei unabhängigen Knotenpotentiale  $\varphi_{e1}$  und  $\varphi_{e2}$ .
- d) Das Gleichungssystem besteht aus den Knotengleichungen für die aus dem Knoten  $K_1$

$$-I + \frac{\varphi_{e1} - U}{R_1} + \frac{\varphi_{e1} - \varphi_{e2}}{R_2} = 0 \quad (\text{L1.1})$$

und dem Knoten  $K_2$  herausfließenden Ströme

$$\frac{\varphi_{e2} - U}{R_3} + \frac{\varphi_{e2} - \varphi_{e1}}{R_2} + \frac{\varphi_{e2} - 0\text{V}}{R_4} = 0. \quad (\text{L1.2})$$

- e) Für  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$  vereinfachen sich die Gleichungen (L1.1) und (L1.2) zu

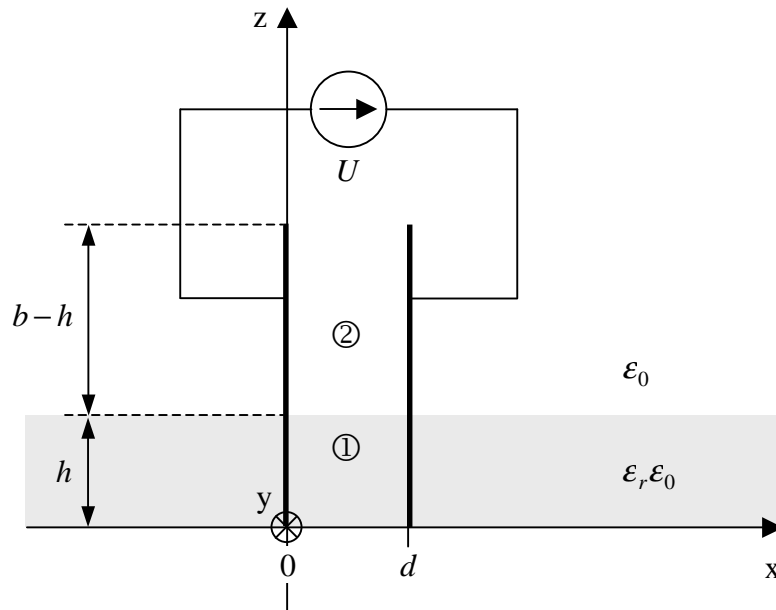
$$2\varphi_{e1} - \varphi_{e2} = U + RI \quad \text{und}$$

$$-\varphi_{e1} + 3\varphi_{e2} = U.$$

Die Lösung ist  $\varphi_{e1} = \frac{4}{5}U + \frac{3}{5}RI$  und  $\varphi_{e2} = \frac{3}{5}U + \frac{1}{5}RI$ .

**Aufgabe 2:**

(12 Punkte)

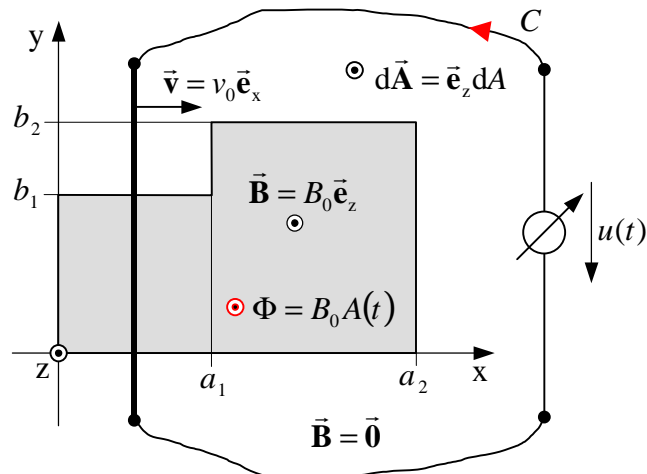


**Bild L2:** Plattenkondensator in Flüssigkeit.

- a) Die Platten im Bereich ① bilden einen Kondensator mit der Kapazität  $C_1 = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{a h}{d}$ , die Platten im Bereich ② einen Kondensator mit der Kapazität  $C_2 = \epsilon_0 \frac{a(b-h)}{d}$ .
- b) Die Ladungen sind  $Q_1 = C_1 U = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{a h}{d} U$  und  $Q_2 = C_2 U = \epsilon_0 \frac{a(b-h)}{d} U$ .
- c) Im Kondensator  $C_1$  ist die Energie  $W_1 = \frac{1}{2} C_1 U^2 = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{a h}{2d} U^2$  gespeichert, im Kondensator  $C_2$  die Energie  $W_2 = \frac{1}{2} C_2 U^2 = \epsilon_0 \frac{a(b-h)}{2d} U^2$ .
- d) Die Energien sind gleich ( $W_1 = W_2$ ) für  $\epsilon_r h = b - h$ .  
Dies entspricht einer Füllstandshöhe  $h = \frac{b}{1 + \epsilon_r}$ .

**Aufgabe 3:**

(16 Punkte)



**Bild L3:** Bewegter Leiterstab

Für die Anordnung gemäß Bild L3 gilt  $u(t) = + \frac{d\Phi}{dt}$ .

Zum Zeitpunkt  $t_1 = \frac{a_1}{a_2} T$  passiert der Metallstab den Ort  $x = a_1$ .

Die umschlossene Fläche wird durch die Bewegung des Stabes verkleinert

$$A(t) = \begin{cases} (a_1 - v_0 t) b_1 + (a_2 - a_1) b_2 & \text{für } 0 \leq t < t_1, \\ (a_2 - v_0 t) b_2 & \text{für } t_1 < t \leq T. \end{cases}$$

Die zeitliche Änderung des magnetischen Flusses ist vor und nach dem Zeitpunkt  $t_1$  konstant

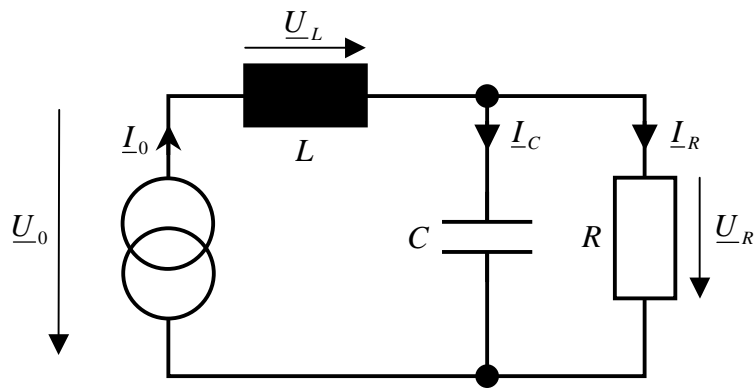
$$\frac{d\Phi}{dt} = B_0 \frac{dA}{dt} = \begin{cases} -B_0 b_1 v_0 & \text{für } 0 \leq t < t_1, \\ -B_0 b_2 v_0 & \text{für } t_1 < t \leq T. \end{cases}$$

Die induzierte Spannung ist dann

$$u(t) = \begin{cases} -B_0 b_1 v_0 & \text{für } 0 \leq t < t_1, \\ -B_0 b_2 v_0 & \text{für } t_1 < t \leq T. \end{cases}$$

**Aufgabe 4:**

(14 Punkte)



**Bild L4 a:** R-L-C-Netzwerk

- a) Es gilt
- an der Induktivität  $\underline{U}_L = j\omega L \underline{I}_0$ ,
  - an der Kapazität  $\underline{I}_C = j\omega C \underline{U}_R$  und
  - am ohmschen Widerstand  $\underline{U}_R = R \underline{I}_R$ .

- b) Der Kondensator  $C$  und der Widerstand  $R$  bilden einen Stromteiler:

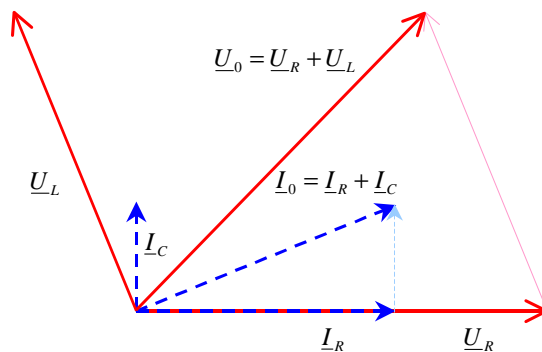
$$\underline{I}_R = \frac{\frac{1}{R}}{j\omega C + \frac{1}{R}} \underline{I}_0 = \frac{1}{j\omega CR + 1} \underline{I}_0$$

Die Spannung an Kondensator und Widerstand ist dann  $\underline{U}_R = \frac{R}{j\omega CR + 1} \underline{I}_0$ .

- c)  $\lim_{f \rightarrow 0} |\underline{U}_R| = R |\underline{I}_0|$

$$\lim_{f \rightarrow \infty} |\underline{U}_R| = R |\underline{I}_0| \lim_{f \rightarrow \infty} \frac{1}{\sqrt{1 + R^2 C^2 4\pi^2 f^2}} = 0$$

- d)



**Bild L4 b:** Zeigerdiagramm.

## Aufgabe 5

(16 Punkte)

a) Wir nutzen die Anfangs-Endwertmethode:

Startwert:  $i_L(0) = 0$       Endwert:  $i_{L\infty 1} = \frac{I}{2}$       Zeitkonstante:  $\tau = \frac{L}{2R}$

$$i_L(t) = i_{L\infty 1} + [i_L(0) - i_{L\infty 1}] e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{I}{2} \left( 1 - e^{-\frac{2R}{L}t} \right) \quad \text{für } t > 0$$

b) 
$$u_A(t) = R(I - i_L(t)) = \frac{RI}{2} \left( 1 + e^{-\frac{2R}{L}t} \right) \quad \text{für } t > 0$$

c) Es gilt nun:

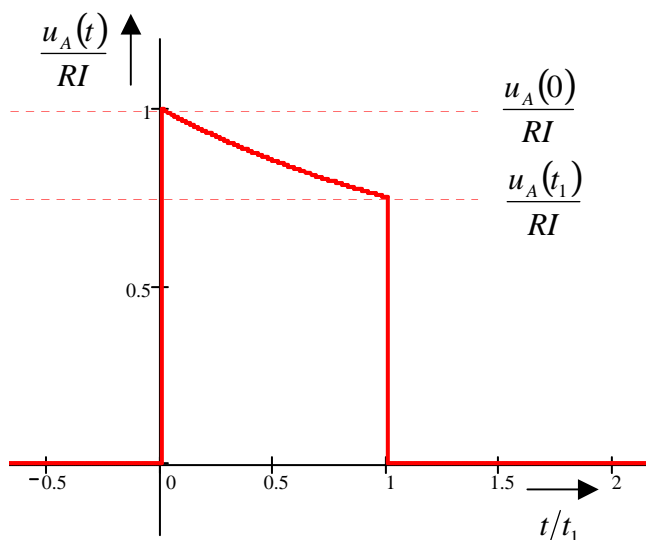
Startwert:  $i_L(t_1) = \frac{I}{4}$       Endwert:  $i_{L\infty 2} = 0$       Zeitkonstante:  $\tau = \frac{L}{R}$

$$i_L(t) = \frac{I}{4} e^{-\frac{R}{L}(t-t_1)} \quad \text{für } t > t_1$$

$$u_A(t) = 0 \quad \text{für } t > t_1$$

d) 
$$W = \frac{1}{2} L [i_L(t_1)]^2 = \frac{1}{32} LI^2$$

e)

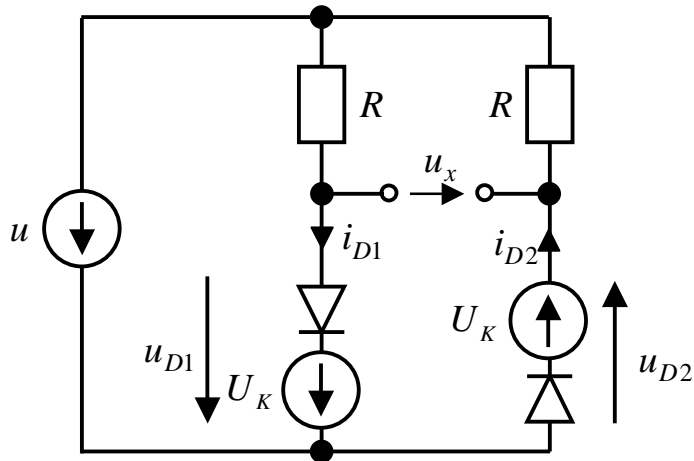


**Aufgabe 6:**

(14 Punkte)

a)  $u_x = u_{D1} + u_{D2}$ .

b)

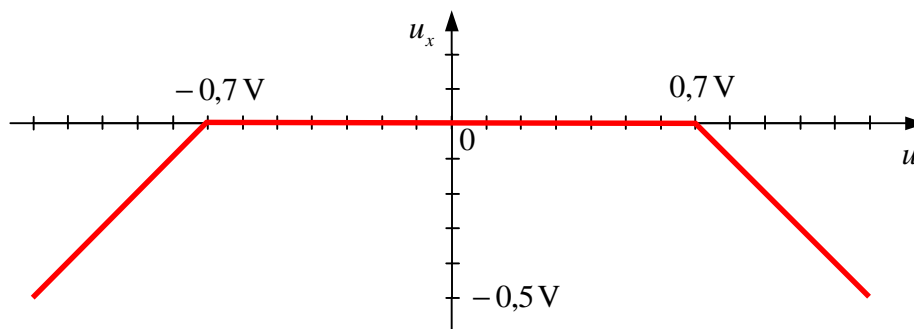


**Bild L6 a:** Widerstandsnetzwerk mit Dioden-Ersatzschaltbildern

c) 
$$u_{D1} = \begin{cases} u_K & \text{für } u > u_K \\ u & \text{für } u \leq u_K \end{cases}$$

d) 
$$u_{D2} = \begin{cases} -u & \text{für } u > -u_K \\ u_K & \text{für } u \leq -u_K \end{cases}$$

e)



**Bild L6 b:** Spannungsdiagramm.

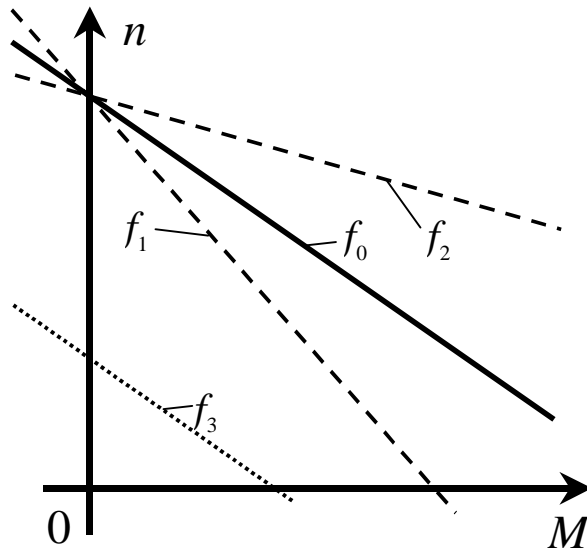
**Frage 1**

- a)  Die Maschine läuft zuverlässig an.
- b)  Auf den Anker wirkt ein gleichmäßiges Drehmoment.
- c)  Das Drehmoment wirkt in Richtung der Ankerrotation.
- d)  Der Anker bleibt auch bei hohem Drehmoment nicht stehen.

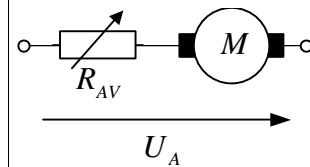
Was bewirkt der Kommutator eines Gleichstrommotors?

**Frage 2**

- a)   $f_1$
- b)   $f_2$
- c)   $f_3$



Zur Aufzeichnung der Drehzahl-/Drehmomentkennlinie  $f_0$  (Abb. links) eines fremderregten Gleichstrommotors mit Anker-Vorwiderstand  $R_{AV}$



wurde  $U_A = U_{AN}$  und  $R_{AV} = R_{AV0} \neq 0$  eingestellt.

Wählen Sie die Kennlinie  $f_1, f_2$  oder  $f_3$  aus, die sich für  $U_A = U_{AN}$  und  $R_{AV} = R_{AV2} < R_{AV0}$  einstellt.

### Frage 3

a)   $V = \frac{R_1 + R_2}{R_1}$

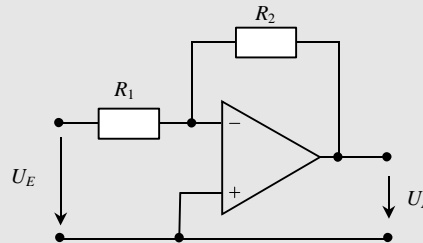
b)   $V = -\frac{R_1 + R_2}{R_1}$

c)   $V = \frac{R_2}{R_1}$

d)   $V = -\frac{R_2}{R_1}$

e)   $V \rightarrow \infty$

Kreuzen Sie die Spannungsverstärkung  $V = \frac{U_A}{U_E}$  der rückgekoppelten Operationsverstärkerschaltung an:



### Frage 4

a)  Mitkopplung

b)  Entkopplung

c)  Gegenkopplung

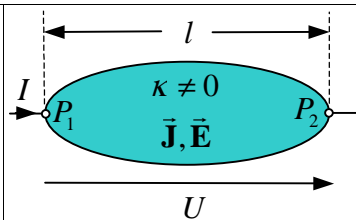
Geben Sie die Art der Rückkopplung in der Operationsverstärkerschaltung zur Frage 3 an.

### Frage 5

a)   $U = El$

b)   $U = -\int_{P_1}^{P_2} \frac{\vec{J}}{\kappa} \cdot d\vec{s}$

c)   $U = \int_{P_1}^{P_2} \frac{\vec{J}}{\kappa} \cdot d\vec{s}$

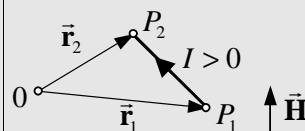


In einem Leiter der Länge  $l$  seien elektrische Feldstärke  $\vec{E}$  und Stromdichte  $\vec{J}$  bereits bestimmt worden. Bestimmen Sie die Spannung  $U$  zwischen den Punkten  $P_1$  und  $P_2$ .

### Frage 6

a)  ...  $(\vec{r}_2 - \vec{r}_1) \times \vec{H} = \vec{0}$ .

b)  ...  $(\vec{r}_2 - \vec{r}_1) \cdot \vec{H} = 0$



Die Kraft  $\vec{F}$  auf eine stromdurchflossene Leiterstrecke zwischen den Punkten  $P_1$  und  $P_2$  im externen Magnetfeld  $\vec{H} \neq \vec{0}$  verschwindet, wenn...