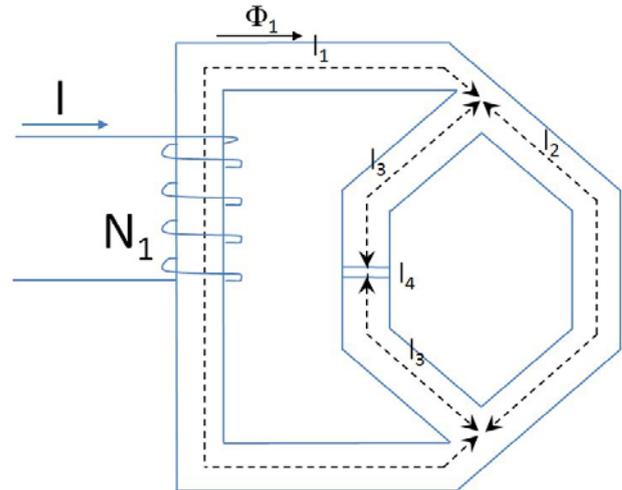


Hochschule München FK 03	Diplomvorprüfung WS 2011/12 Fach: Grundlagen der Elektrotechnik, Dauer: 90 Minuten	G. Buch, M. Krug, T. Küpper, R. Müller, F. Palme, W. Rehm, A. Reusch
Zugelassene Hilfsmittel: Taschenrechner, zwei Blatt DIN A4 eigene Aufzeichnungen	Matr.-Nr.:	Name, Vorname:
	Hörsaal:	Unterschrift:

A	1	2	3	4	Σ	N
P						

Aufgabe 1 (ca. 15 Punkte)

Nebstehendes Werkstück ist durchgehend aus ferromagnetischen Material und hat einen konstanten Querschnitt von $A = 85\text{mm}^2$. Die Längen betragen: $l_1 = 700\text{mm}$, $l_2 = 400\text{mm}$, $l_3 = 199\text{mm}$, $l_4 = 2\text{mm}$. Die Spule hat eine Windungszahl $N_1 = 20$ und wird von einem Strom von $I = 2\text{A}$ durchflossen. Aufgrund des verwendeten ferromagnetischen Materials kann bei dieser Stromstärke eine lineare Permeabilitätszahl von $\mu_r = 600$ angenommen werden.



$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs/Am}$$

Hinweis: für die Aufgabenteile 1.1. bis 1.2. gilt, dass alle Teile aus ferromagnetischem Material sind (auch Teilstück 4!).

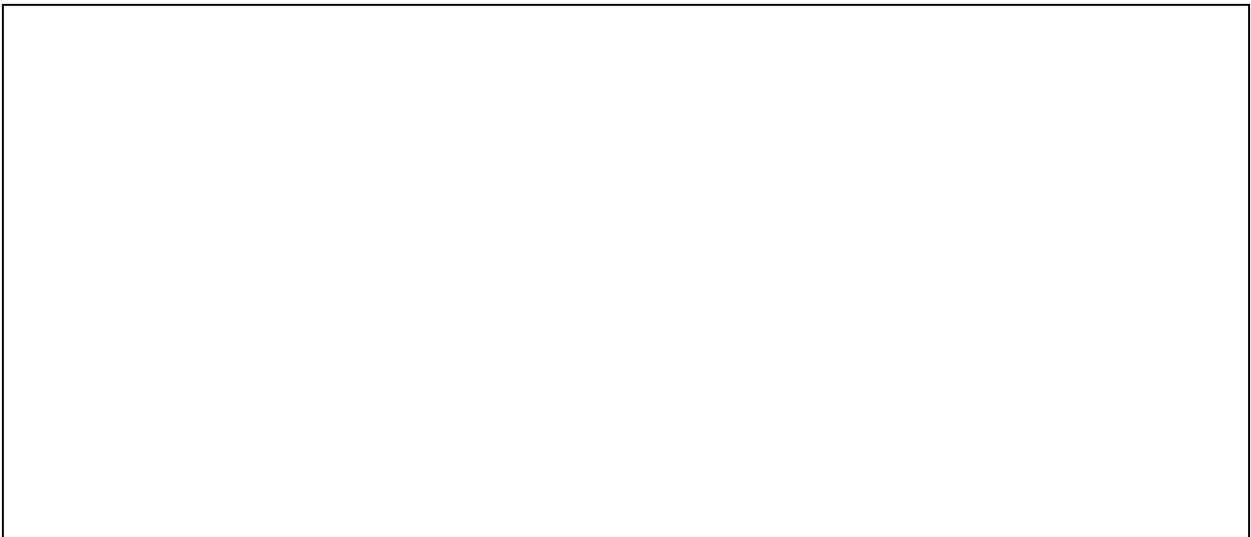
1.1. Zeichnen Sie das elektrische Ersatzschaltbild des magnetischen Kreises der angegebenen Form. Berechnen Sie die eingezeichneten magnetischen Widerstände.

1.2. Berechnen Sie den magnetischen Fluss Φ_1 der durch l_1 fließt.

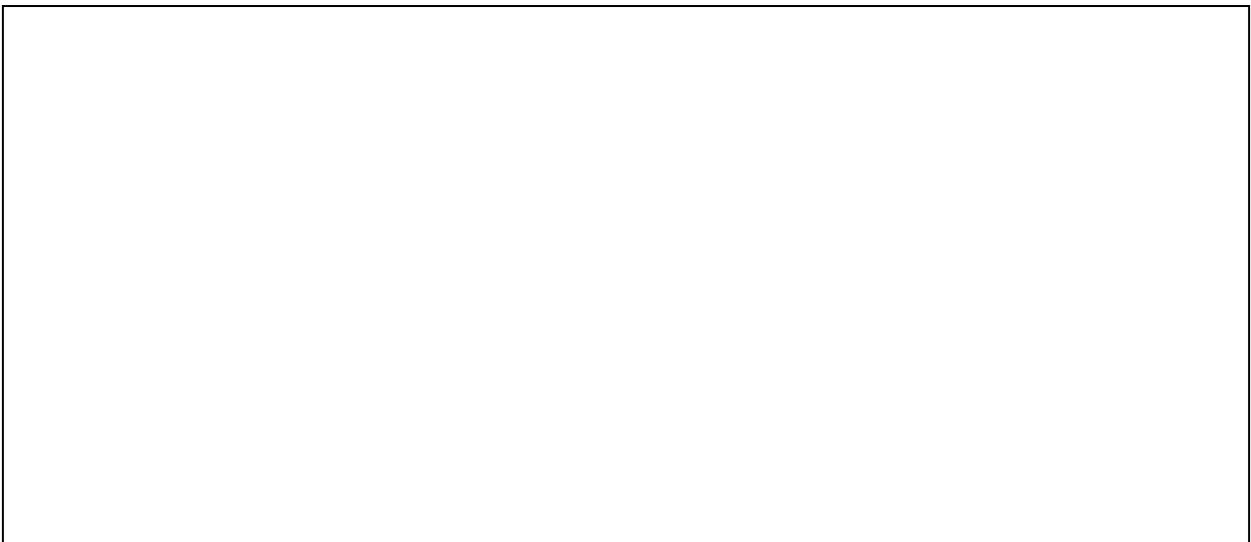


Nun wird aus der obigen Form im Abschnitt l_4 das ferromagnetische Material entfernt.

1.3. Berechnen Sie den magnetischen Fluss Φ_1' der durch l_1 fließt.

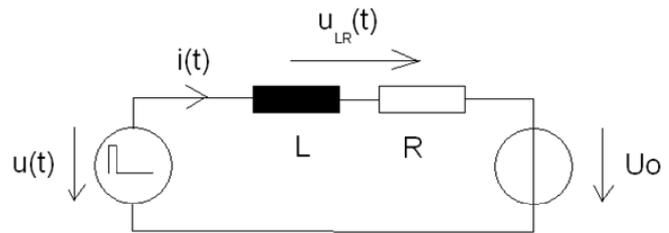


1.4. Berechnen Sie die magnetische Flussdichte B in dem Bereich des Abschnitt l_4 .



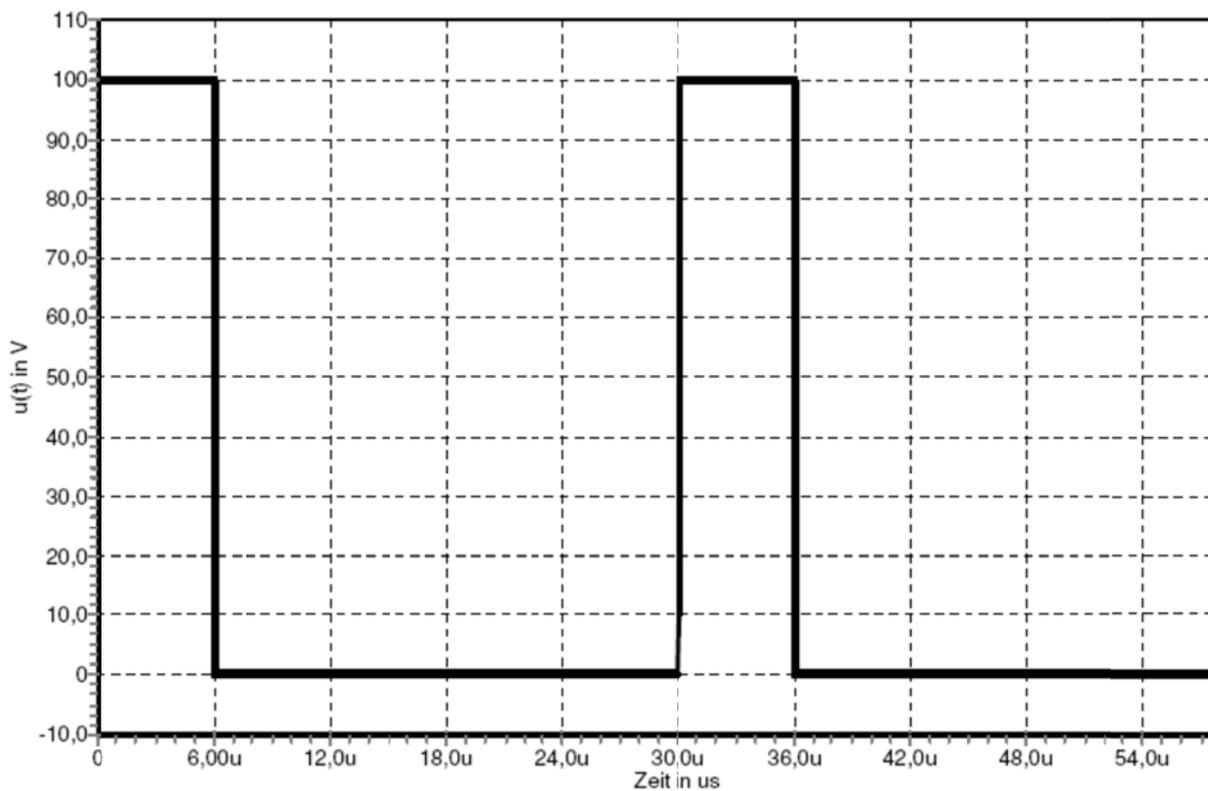
Aufgabe 2: Gleichstrom-Motorsteller (ca. 16 Punkte)

Mit der gezeichneten Schaltung kann ein Gleichstrommotor verlustarm in der Drehzahl verändert werden. Eine Gleichspannungsquelle wird mit hoher Frequenz (hier 33 kHz) ein- und ausgeschaltet (Pulsweitenmodulation, PWM) und dadurch der mittlere Strom für einen bestimmten Lastpunkt eingestellt.



Der DC-Motor ist vereinfacht durch seine Ankerinduktivität L , durch den Wicklungswiderstand R und durch die induzierte Ankerspannung U_0 beschrieben:

$L = 0,1\text{mH}$, $R = 1\Omega$, $U_0 = 10\text{ V}$, $u(t)$ hat den folgenden Verlauf:



2.1 Berechnen Sie die Spannung $u_{LR}(t)$ an L und R allgemein als Funktion von $u(t)$ und U_0 . Zeichnen Sie $u_{LR}(t)$ mit Zahlenwerten in das obere Diagramm mit ein. Mit dieser Spannung $u_{LR}(t)$ wird nun das L-R-Glied beaufschlagt!

2.2 Berechnen Sie den Stromverlauf $i(t)$ für $0 \leq t \leq 6 \mu\text{s}$ in allgemeiner Form. Dabei gilt: $i(0) = 0\text{A}$.

2.3 Für $6 \mu\text{s} \leq t \leq 30 \mu\text{s}$ ergibt die Lösung der DGL für den Stromverlauf:

$$i(t) = \frac{u_{LR}(t)}{R} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) + i(6\mu\text{s}) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Zeichnen Sie den gesamten Stromverlauf $i(t)$ für $0 \mu\text{s} \leq t \leq 30 \mu\text{s}$ qualitativ ohne Zahlenwerte in das obige Diagramm ein.

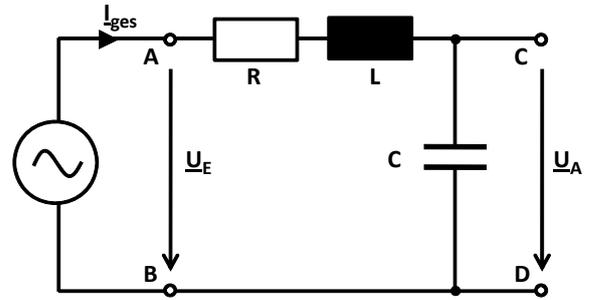
2.4 Welche Zahlenwerte erreicht der Strom in der Anordnung zu den Zeitpunkten $t = 6 \mu\text{s}$ und $t = 30 \mu\text{s}$?

2.5 Wie verändert sich der Stromverlauf $i(t)$ qualitativ, wenn die Einschaltzeit der Spannungsquelle vergrößert wird?

2.6 Wie verändert sich der Stromverlauf $i(t)$ bei unveränderter Einschaltzeit qualitativ, wenn sich U_0 aufgrund einer stärkeren Belastung des Motors und damit einer geringeren Drehzahl verringert?

Aufgabe 3 (ca. 15 Punkte)

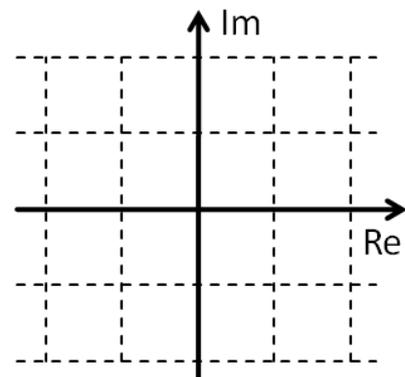
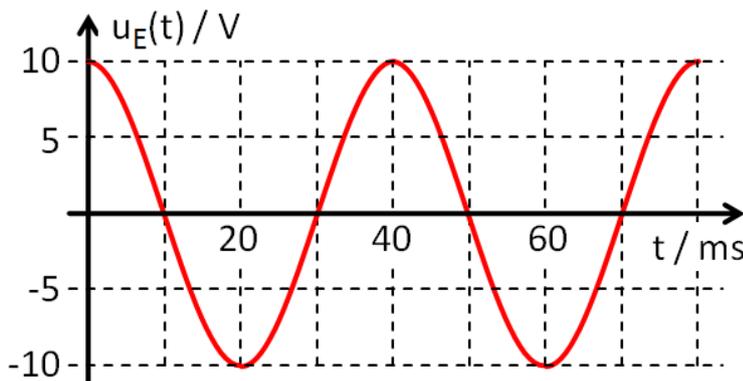
An die abgebildete Schaltung ist zwischen den Anschlüssen A und B eine Wechselspannungsquelle \underline{U}_E angeschlossen. Es soll die Spannung \underline{U}_A untersucht werden, die sich zwischen den Anschlüssen C und D einstellt.



3.1 Ermitteln Sie zunächst eine allgemeine Formel zur Berechnung des Gesamtstroms I_{ges} in Abhängigkeit von \underline{U}_E , der Kreisfrequenz ω und den Werten L, R und C.

3.2 Ermitteln Sie eine allgemeine Formel zur Berechnung der Ausgangsspannung \underline{U}_A in Abhängigkeit von \underline{U}_E , der Kreisfrequenz ω und den Werten L, R und C.

3.3 In der folgenden Abbildung ist der Verlauf von $u_E(t)$ dargestellt. Berechnen Sie den komplexen Effektivwertzeiger \underline{U}_E zu diesem Spannungsverlauf. Zeichnen Sie \underline{U}_E in die vorbereitete komplexe Zahlenebene (Maßstab: 1 Kästchen entspricht 5 Volt). **Ersatzwert: $\underline{U}_E = 10V \cdot e^{j45^\circ}$**



Ab Unterpunkt 3.4 haben die Bauelemente folgende Werte:

$$\mathbf{R = 50\Omega, L = 10mH, C = 10\mu F}$$

(Hinweis: rechts von den Klemmen C-D ist kein weiteres Bauteil angeschlossen)

3.4 Welche Ausgangsspannung \underline{U}_A ergibt sich bei der Eingangsspannung \underline{U}_E aus Unterpunkt 3.3?

3.5 Es wird eine andere Eingangsspannung \underline{U}_E' an die Anschlüsse A und B angeschlossen. Sie besitzt denselben Effektivwert wie die Spannung \underline{U}_E aus Unterpunkt 3.3, allerdings ist die Frequenz um den Faktor 100 größer. Welche Ausgangsspannung \underline{U}_A ergibt sich nun?

3.6 Die oben dargestellte Schaltung wird „Tiefpass“ genannt. Begründen Sie anhand der Ergebnisse aus den Unterpunkten 3.4 und 3.5, warum diese Bezeichnung sinnvoll ist.

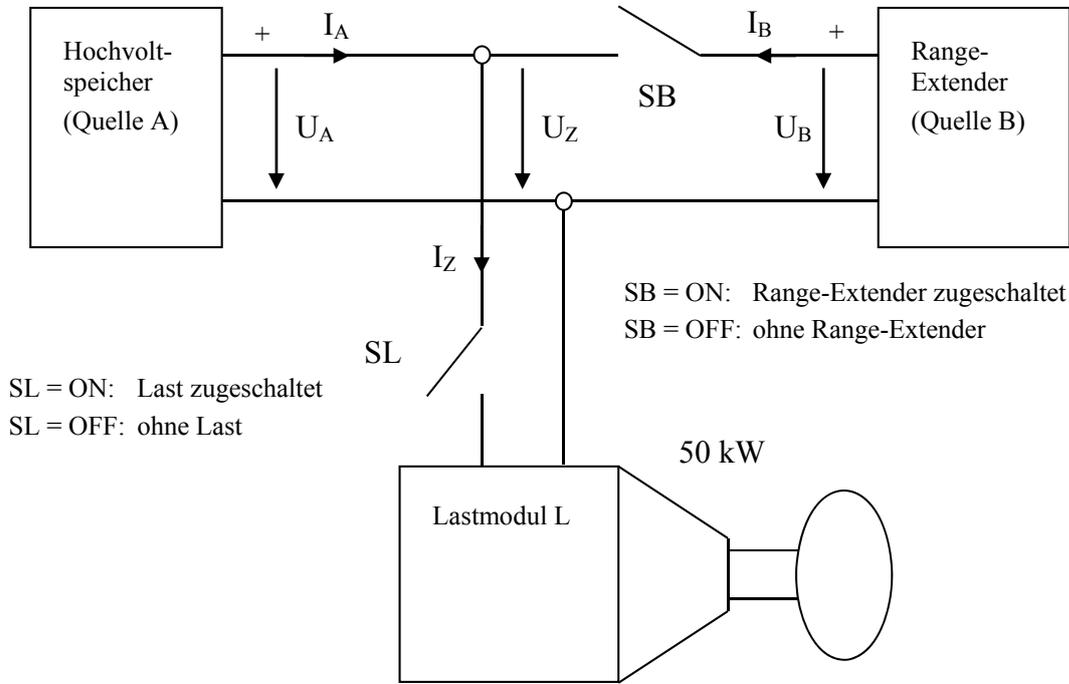
3.7 Erläutern Sie kurz in Stichworten, warum der Strom I_{ges} sowohl für sehr kleine als auch für sehr große Frequenzen gegen null geht (keine Berechnung erforderlich!).

3.8 Berechnen Sie die Frequenz f , bei der der Strom I_{ges} maximal wird. Welche Blindleistung Q_0 wird in diesem Fall von der gesamten Schaltung aufgenommen?

Aufgabe 4 (ca. 23 Punkte)

Das Energiekonzept eines Elektroautos einer Münchner Autofirma ist wie folgt:

Innerorts wird der Elektromotor über das Lastmodul L aus einem Hochvoltspeicher (HVS: Spannungsquelle A) betrieben. Zur Erhöhung der Reichweite kann ein optimierter Verbrennungsmotor mit Generator (Range-Extender: Spannungsquelle B) zugeschaltet werden. Die gesamte Energie wird aus einer Spannung im Zwischenkreis U_Z entnommen.



Der Hochvoltspeicher (Quelle A) hat folgende Kenngrößen:
 Leerlaufspannung $U_{0A} = 407 \text{ V}$, Innenwiderstand $R_{iA} = 0,2 \Omega$

Hinweis: Alle Teilaufgaben 1 bis 3 können unabhängig gelöst werden.

Teilaufgabe 1: Hochvoltspeicher

Der Hochvoltspeicher besteht aus gleichen Li-Ionen-Akkumulatorzellen der Leerlaufspannung $U_0 = 3,7 \text{ V}$ und Ladung („Kapazität“) pro Zelle von $Q_0 = 3 \text{ Ah}$ (*Hinweis: Eine Batterie mit einer Kapazität von 3 Ah ist in der Lage, einen Strom von 3 A eine Stunde lang zu liefern*). Diese Zellen sollen so in Reihen- und Parallelschaltung kombiniert werden, dass der Hochvoltspeicher die Leerlaufspannung $U_{0A} = 407 \text{ V}$ und Gesamtladung $Q_A = 24 \text{ Ah}$ besitzt.

4.1 Geben Sie Anzahl der benötigten Zellen und deren Zusammenschaltung an.

- 4.2 Jede Zelle hat mit Kontaktierung einen Innenwiderstand R_{i0} . Berechnen Sie den erforderlichen Innenwiderstand R_{i0} der Zellen, damit der Hochvoltspeicher den gewünschten Innenwiderstand $R_{iA} = 0,2 \Omega$ aufweist. Zeichnen Sie die Quelle A als Ersatzspannungsquelle.

Teilaufgabe 2: Fahrbetrieb ohne Range-Extender

Das Lastmodul wird durch eine ohmsche Last R beschrieben und entnimmt im eingeschalteten Zustand eine Nennleistung $P_L = 50 \text{ kW}$ bei einer Spannung von $U_Z = 400 \text{ V}$. Der **Range-Extender ist in Teilaufgabe 2 abgeschaltet** (SB offen).

- 4.3 Berechnen Sie den Widerstand R des Lastmoduls. (Ersatzwert: $R = 2,5 \Omega$)

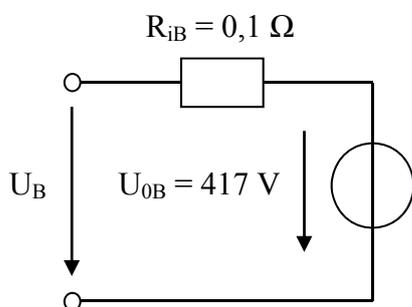
- 4.4 Welche Spannung U_Z ergibt sich im Zwischenkreis, wenn die Last R durch Schließen des Schalters SL an die Zwischenkreisspannung dieser Quelle A gelegt wird?

- 4.5 Welche Verlustleistung P_A entsteht dabei im Hochvoltspeicher (Quelle A)?

4.6 Wie lang könnte das Elektrofahrzeug bei Nennbetrieb ($P_L = 50 \text{ kW}$, $U_Z = 400 \text{ V}$) idealerweise allein mit Hilfe des vollgeladenen Hochvoltspeichers (Ladung $Q_A = 24 \text{ Ah}$) fahren?

Teilaufgabe 3: Zuschalten des Range-Extenders

Nun wird der Schalter SB geschlossen und somit der **Range-Extender (Quelle B)** zugeschaltet. Dieser kann durch folgendes Ersatzschaltbild beschrieben werden:



4.7 Ladebetrieb (SL offen: ohne Lastmodul)

Berechnen Sie die Spannung im Zwischenkreis U_Z und den Ladestrom I_A , wenn der Range-Extender (Quelle B) **ohne Last R** zugeschaltet wird.

4.8 Fahrbetrieb mit Range-Extender (SL geschlossen: Lastmodul eingeschaltet)

- a) Zeichnen Sie das Gesamtschaltbild der Anordnung **mit Last R** (hierbei jeweils das ESB der Quellen A und B verwenden) mit allen auftretenden Spannungen und Strömen.
- b) Berechnen Sie für diese Anordnung die sich jetzt ergebende Spannung im Zwischenkreis U_Z sowie die Ströme I_A , I_B und I_Z für einen Widerstand des Lastmoduls $R = 2,5 \Omega$.

--- Viel Erfolg!!! ---