

Institut für Regelungstechnik

TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

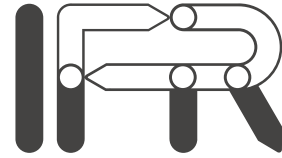
Prof. Dr.-Ing. M. Maurer

Prof. Dr.-Ing. W. Schumacher

Hans-Sommer-Str. 66

38106 Braunschweig

Tel. (0531) 391-3836



Klausuraufgaben

Grundlagen der Elektrotechnik - **3h**

19.03.2013

Name: _____		Vorname: _____		
Matr.-Nr.: _____		Studiengang: _____		
E-Mail (optional): _____				
1:	2:	3:	4:	5:
ID: _____ Summe: _____ Note: _____				

Alle Lösungen müssen **nachvollziehbar** bzw. **begründet** sein.

Für **jede Aufgabe** ein **neues Blatt** verwenden.

Keine Rückseiten beschreiben.

Keine Blei- oder Rotstifte verwenden.

Lösungen auf Aufgabenblättern werden nicht gewertet.

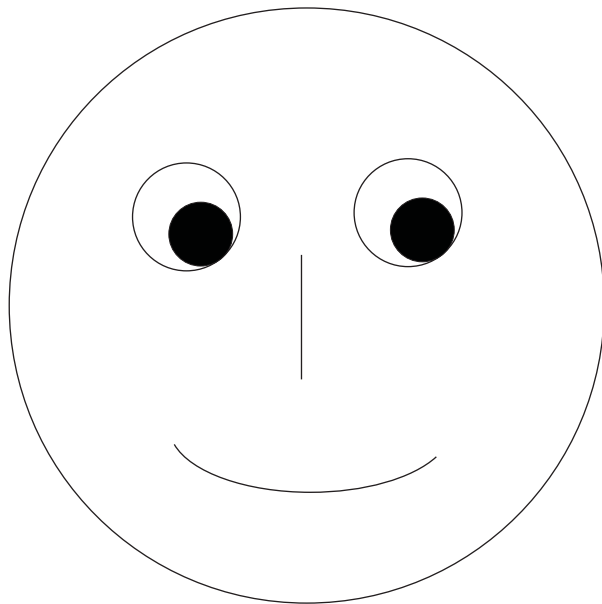
Zugelassene Hilfsmittel:

- Geodreieck
- Zirkel

Einverständniserklärung

Ich erkläre mich einverstanden, dass meine Note mit Matrikelnummer im Institut für Regelungstechnik ausgehängt wird.

Datum, Unterschrift



... Nein, die Rückseiten sollen wirklich nicht beschrieben werden...

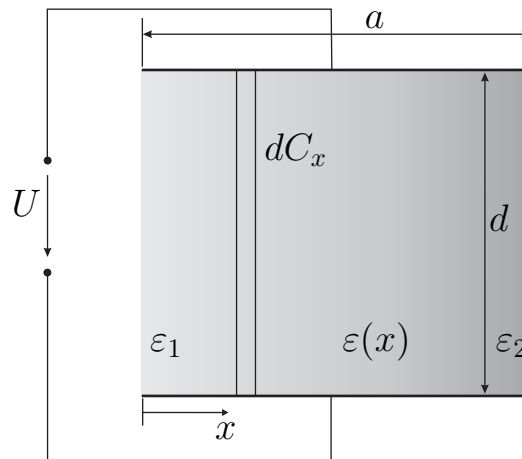
Ja, für jede Aufgabe ein neues Blatt...

... Nein, ... nein, auch nicht. Weder Bleistift noch Rotstift verwenden.

Viel Erfolg!

1 Elektrisches Feld

Punkte: 20



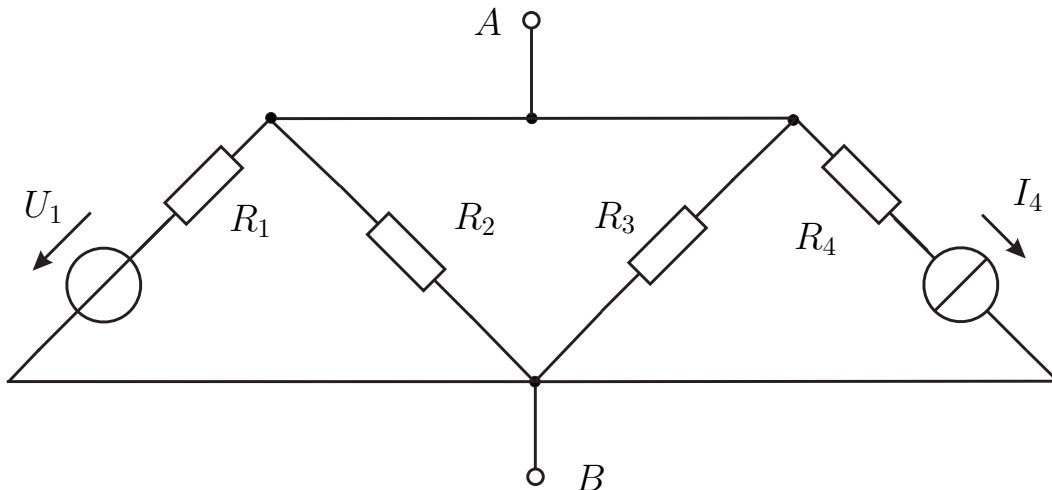
Gegeben sei ein Plattenkondensator mit folgenden Dimensionen: Abstand zwischen den Platten d , Länge einer Platte a und Breite b . Die absolute Permittivität des Dielektrikums nimmt Werte zwischen ε_1 an einem Ende und ε_2 an dem anderen an und weist einen linearen Verlauf in Abhängigkeit des Weges auf. Die Spannung U zwischen den Platten ist bekannt.

- Bestimmen Sie den Verlauf der absoluten Permittivität ε in Abhängigkeit der Wegkoordinate x . Skizzieren Sie den Verlauf inklusive der Grenzen für $\varepsilon_2 > \varepsilon_1$. (3 Punkte)
- Bestimmen Sie die Kapazität C_b des Kondensators. Betrachten Sie hierfür ein infinitesimal schmalen Teil des Kondensators dC_x und integrieren Sie über die komplette Länge a . Falls Sie Punkt a) nicht gelöst haben, rechnen Sie mit einem allgemeinen Wert für die Permittivität ($\varepsilon = mx + n$). (5 Punkte)
- Bestimmen Sie die Oberflächenladungsdichte σ auf den Kondensatorplatten. (3 Punkte) **Anmerkung Markus Steimle zu c): Hier ist die mittlere Oberflächenladungsdichte gefragt**
- Bestimmen Sie den Betrag der elektrischen Flussdichte $|\vec{D}|$ in Abhängigkeit der Wegkoordinate x . (2 Punkte)

- e) Wie lässt sich die variable elektrische Permittivität des gegebenen Kondensators durch eine endliche Anzahl einfacher Kondensatoren modellieren (Parallel- oder Reihenschaltung)? Geben Sie die Formel zur Berechnung der entsprechenden Ersatzkapazität an. (2 Punkte)
- f) Wodurch ist ein **homogenes** Vektorfeld gekennzeichnet? Ist das elektrische Feld in der gegebenen Anordnung homogen? (3 Punkte)
- g) Welche Komponenten (der elektrischen Feldstärke und der elektrischen Flussdichte) sind beim Übergang zwischen zwei Dielektrika stetig? (2 Punkte)

2 Gleichstromnetzwerk

Punkte: 10



Das gegebene Netzwerk besteht aus einer idealen Gleichspannungsquelle U_1 , einer idealen Gleichstromquelle I_4 , sowie 4 Widerständen R_1 bis R_4 . Die Klemmen A und B sind unbeschaltet (Leerlauf).

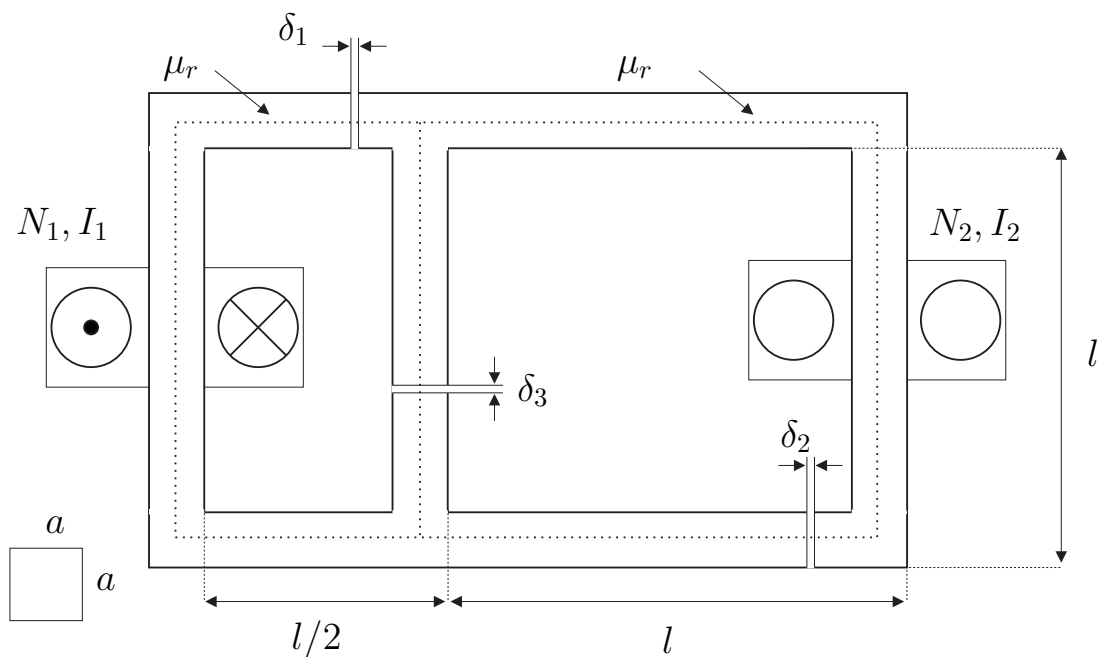
- a) Bestimmen Sie mit Hilfe des Superpositionsverfahrens den Strom durch den Widerstand R_1 . (5 Punkte)

Hinweis: Nutzen Sie wenn möglich den Strom- oder Spannungsteiler.

- b) Formen Sie die Stromquelle in eine Ersatzspannungsquelle um und bestimmen Sie erneut den Strom durch den Widerstand R_1 . (5 Punkte)

3 Magnetischer Kreis

Punkte: 20



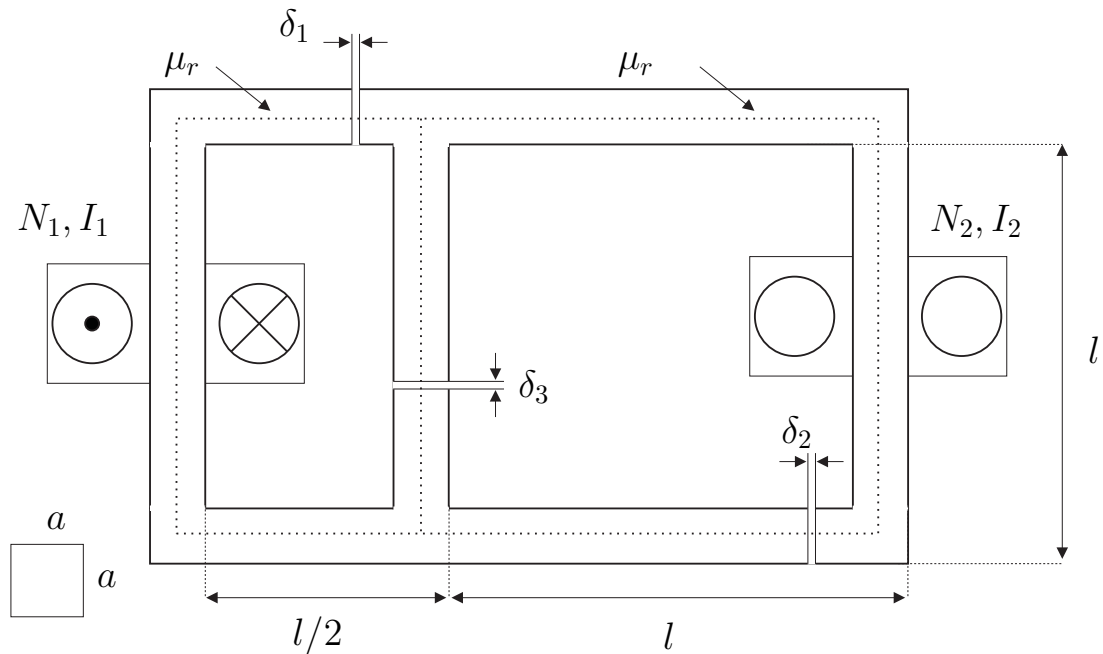
Der Eisenkern des magnetischen Kreises hat die konstante Permeabilität μ_r und eine quadratische Querschnittsfläche mit der Länge a . In die Spule N_1 fließt der Gleichstrom I_1 in der vorgegebenen Richtung, die Richtung des Stromes I_2 in der Spule N_2 ist nicht bekannt. An den Luftspalten tritt keine Streuung auf.

- a) Zeichnen Sie das vollständige Ersatzschaltbild des magnetischen Kreises und geben Sie die Gleichungen für alle Komponenten an. Verwenden Sie zur Berechnung die mittlere Feldlinienlänge (gepunktete Mittellinie). (9 Punkte)

Es gelte von hier an zur Vereinfachung $l/2 \gg \delta_1, \delta_2, \delta_3$.

- b) Vereinfachen Sie die Gleichungen aus a) unter obiger Annahme und geben Sie die magnetischen Widerstände in den Eisenanteilen als Vielfache von R_{fe} an. R_{fe} beschreibe dabei allgemein den Widerstand des Eisenkerns auf der Länge l . (2 Punkte)

⇒



Die in Luftspalt δ_3 wirkende Kraft soll zu Null gemacht werden.

- c) Stellen Sie in einer Skizze des Schenkels mit der Wicklung N_2 die erforderliche Richtung des Stromes I_2 durch die Spule N_2 sowie die Richtung des Flusses Φ_2 durch den Schenkel dar. (1 Punkt)

- d) Gegeben sind:

$$\Theta_2 = 3\Theta_1, \delta_2 = 4\delta_1, \mu_r = 600, l = 100 \text{ mm}$$

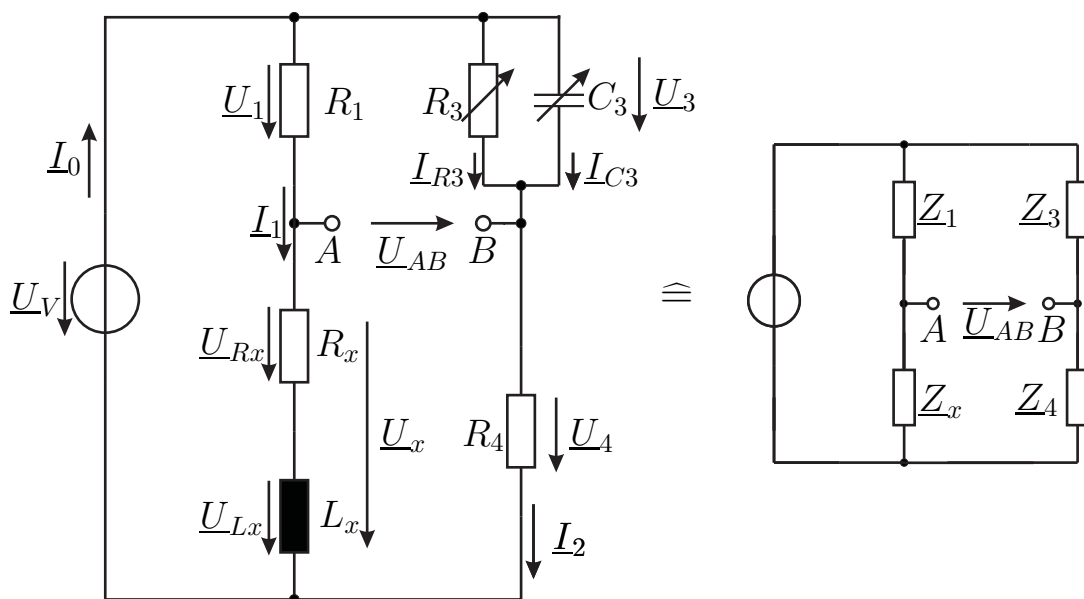
Berechnen Sie die Luftspaltbreiten δ_1 und δ_2 für den Fall, dass die Kraft im Luftspalt δ_3 gleich Null ist. (8 Punkte)

Hinweis: Θ_i - Durchflutung der Spule i

4 Komplexe Wechselstromrechnung

Punkte: 30

Sie sind Angestellter der Maurer Messtechnik AG und arbeiten an einem Gerät zur Messung realer Induktivitäten (ohmscher Widerstand R_x sowie Induktivität L_x). Im Gerät wird die in der Zeichnung dargestellte Maxwell'sche Induktivitätsmessbrücke eingesetzt, die mit der Wechselspannung \underline{U}_V gespeist wird. Mit Hilfe der einstellbaren Größen R_3 und C_3 lässt sich die Messbrücke abgleichen, d.h. die Brückenspannung \underline{U}_{AB} wird zu 0V eingestellt.



- a) Welche beiden Eigenschaften müssen die Spannungsverläufe an den Klemmen A und B gemeinsam haben, so dass die Klemmenspannung $\underline{U}_{AB} = 0V$ ist? (2 Punkte).

Die Bestimmung der unbekannten Größen L_x und R_x soll automatisch mit einem Mikrorechner erfolgen. Für den Fall $\underline{U}_{AB} = 0V$ können in Abhängigkeit der eingestellten Werte von R_3 und C_3 die unbekannten Größen R_x und L_x bestimmt werden.

- b) Stellen Sie dazu allgemein die Formeln zur Bestimmung von L_x und R_x in Abhängigkeit von R_3 und C_3 auf. (3 Punkte)

Hinweise: $L_x = f(C_3)$ und $R_x = f(R_3)$. Die Kombination zweier komplexer Spannungsteiler ist ein möglicher Ansatz.

⇒

Für die Kalibrierung des Messgerätes mit einer Referenzinduktivität wird das Messgerät in der folgenden Konfiguration betrieben:

$$R_1 = R_x = R_3 = R_4 = 1k\Omega, L_x = 0,1H, C_3 = 0,2\mu F, f = \frac{10}{2\pi}kHz, \underline{U}_V = 10Ve^{j\cdot 0^\circ}$$

Zur Bestätigung einer korrekten Kalibrierung soll das Wechselstromverhalten der Schaltung bestimmt werden.

Hinweise für Aufgabenteile c) bis f): Geben Sie die Größen in komplexer Schreibweise an! In dieser Konfiguration ist $\underline{U}_{AB} \neq 0V$!

- c) Berechnen Sie hierzu zunächst die komplexen Impedanzen \underline{Z}_x und \underline{Z}_3 . (2 Punkte)
- d) In einem nächsten Schritt sind die Ströme \underline{I}_1 und \underline{I}_2 zu berechnen. Geben Sie zudem den Strom \underline{I}_0 an. (3 Punkte)
- e) Bestimmen Sie nun auf Basis der in den Aufgabenteilen c) und d) berechneten Größen die Spannungen \underline{U}_1 , \underline{U}_{Lx} , \underline{U}_{Rx} und \underline{U}_x sowie \underline{U}_3 , \underline{U}_4 und \underline{U}_{AB} . (7 Punkte)
- f) Bestimmen Sie zudem noch die Ströme \underline{I}_{R3} und \underline{I}_{C3} . (2 Punkte)

Für die Diskussion mit Kollegen soll das Wechselstromverhalten visualisiert werden.

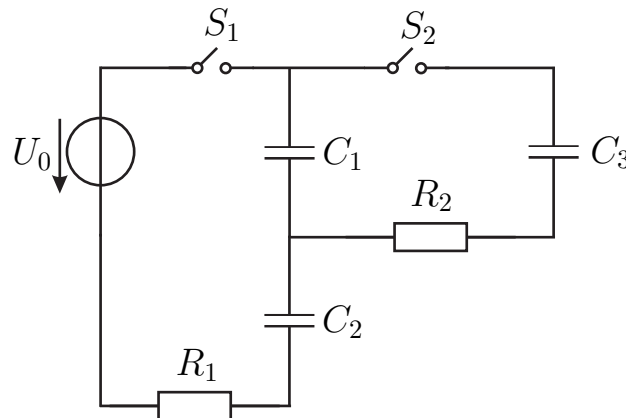
Hinweis für Aufgabenteile g) bis i): Verwenden Sie die folgenden Werte:

$$\begin{array}{ll} \underline{I}_1 &= 8mA - j4mA & \underline{I}_2 &= 15mA + j5mA \\ \underline{I}_0 &= 23mA + j1mA & \underline{U}_1 &= 8V - j4V \\ \underline{U}_{Rx} &= 8V - j4V & \underline{U}_{Lx} &= 4V + j8V \\ \underline{U}_x &= 12V + j4V & \underline{U}_3 &= 5V - j5V \\ \underline{U}_4 &= 15V + j5V & \underline{U}_{AB} &= -3V - j1V \\ \underline{I}_{R3} &= 5mA - j5mA & \underline{I}_{C3} &= 10mA + j10mA \\ \underline{U}_V &= 20V \end{array}$$

- g) Visualisieren Sie das Wechselstromverhalten der Schaltung in Form zweier Zeigerdiagramme (jeweils eins für Ströme und Spannungen), die sämtliche angeführten Größen enthält. Verwenden Sie jeweils \underline{U}_V als Bezugszeiger. Maßstab: $1cm \hat{=} 2V \hat{=} 2mA$ (6 Punkte)
- h) Bestimmen Sie mit Hilfe des Zeigerdiagramms die Beträge der von \underline{U}_B und \underline{I}_0 . (1 Punkt)
- i) Argumentieren Sie anhand des Zeigerdiagramms kurz, ob die Gesamtschaltung aus Sicht der speisenden Quelle \underline{U}_V induktives oder kapazitives Verhalten zeigt. (1 Punkt)

Das Messgerät soll auch als Insellösung für den Einsatz in abgelegenen Gegenden mit Batteriebetrieb angeboten werden. Um eine möglichst lange Batterielebensdauer zu erzielen, wird der Betrag der Versorgungsspannung \underline{U}_V um 50% reduziert.

- j) Welche Auswirkung hat diese Änderung auf die Phasenlage zwischen \underline{U}_V und \underline{I}_0 ? Begründen Sie kurz! (1 Punkt)
- k) Um wie viel Prozent reduzieren sich in diesem Fall die Scheinleistung S , die Wirkleistung P und die Blindleistung Q ? (2 Punkte)

5 Kondensatornetzwerk**Punkte: 20**

Vor dem Anschluss der Spannungsquelle seien in dem abgebildeten Kondensatornetzwerk alle Kondensatoren ungeladen. Des Weiteren seien die beiden Schalter S_1 und S_2 geöffnet.

Gegeben: $U_0 = 210 \text{ V}$, $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $C_1 = 2 \mu\text{F}$ und $C_2 = 4 \mu\text{F}$.

Der Schalter S_1 wird geschlossen. Der Schalter S_2 bleibt geöffnet.

- a) Zeichnen Sie zunächst das sich ergebende Netzwerk. Geben Sie den zeitlichen Verlauf des Stromes $i_{R_1}(t)$ durch den Widerstand R_1 an. (4 Punkte)

Hinweis: Das Lösen der Differentialgleichung ist nicht nötig.

- b) Beschreiben Sie die wichtigsten Merkmale der zeitlichen Verläufe der Ladestromes und der Kondensatorspannungen. Wie lange dauert der Ladevorgang theoretisch? Ab wann gilt der Ladevorgang in der Praxis als beendet? (4 Punkte)

Nachfolgende Betrachtungen gelten nach dem Abschluss der Ladevorgänge.

- c) Berechnen Sie die Spannung U_{C_1} am Kondensator C_1 . (2 Punkte)

Der Schalter S_1 bleibt geschlossen. Der Schalter S_2 wird nun ebenfalls geschlossen und die Beendigung der Ladevorgänge wird abgewartet.

- d) Zeichnen Sie das sich ergebende Netzwerk unter Vernachlässigung der Widerstände. Am Kondensator C_1 wird nun die Spannung $U_{C_1}^* = 30\text{ V}$ gemessen. Berechnen Sie die Kapazität C_3 . (5 Punkte)
- e) Bestimmen sie die Energiedifferenz $\Delta W = W^* - W$ der Gesamtenergie nach und vor dem Schließen des Schalters S_2 in Abhängigkeit der Spannung U_0 und der Kapazitäten C_1 , C_2 und C_3 . Ermitteln Sie das Vorzeichen der Energiedifferenz aus der Differenz der Kapazitäten nach und vor dem Schließen des Schalters S_2 und erläutern Sie kurz die Energiedifferenz. (5 Punkte)