



Technische Universität Berlin

Forschungsschwerpunkt
Technologien der Mikroperipherik

Grundlagen der Elektrotechnik

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. **Herbert Reichl**

WS 07/08

**Klausur „Grundlagen der Elektrotechnik“
Teil 2: Rechenaufgaben**

4. März 2008

Name, Vorname :

Matrikelnummer :

Voraussetzung für die Teilnahme ist die bestandene Hausaufgabe im WiSe 2007/08. Dieses gilt nicht für Wiederholungsprüfungen.

Aufgabe	1	2	3	4	5	Σ
Punkte	10	14	16	11	9	60
erreicht						

Die Bearbeitungszeit für den Teil 2 beträgt 90 Minuten!
Die Klausur besteht aus 14 Seiten! Alle Unterlagen sind gestattet!

Es darf kein eigenes Papier verwendet werden. Ergänzungen auf den Rückseiten der Aufgabenblätter unter Angabe der Aufgabennummer!.
Zusätzliche Seiten erhalten Sie notfalls von der Klausuraufsicht.

Die Rechenwege müssen erkennbar sein! Bitte leserlich schreiben!
Lösungen müssen klar gekennzeichnet werden. Lösung der Aufgaben mit blauer oder schwarzer Schriftfarbe mit einem dokumentenechten Stift (Kugelschreiber oder Füller).

Hinweise zur Bearbeitung der Aufgaben.

Konstanten

Formeln

$$\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm}$$

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

$$\int \cos^2(x) dx = \frac{x}{2} + \frac{\sin(2 \cdot x)}{4} + C;$$

$$\int \frac{dx}{x^2} = -\frac{1}{x} + C; \quad \int \frac{dx}{\sqrt{1+x^2}^3} = \frac{x}{\sqrt{1+x^2}} + C$$

C ist die Integrationskonstante.

1. Aufgabe**(/ 10 Punkte)**

Gegeben sind drei Punktladungen Q_1 , Q_2 und Q_3 , die im Abstand a bzw. b auf einer Linie gemäß Abbildung 1 angeordnet sind.

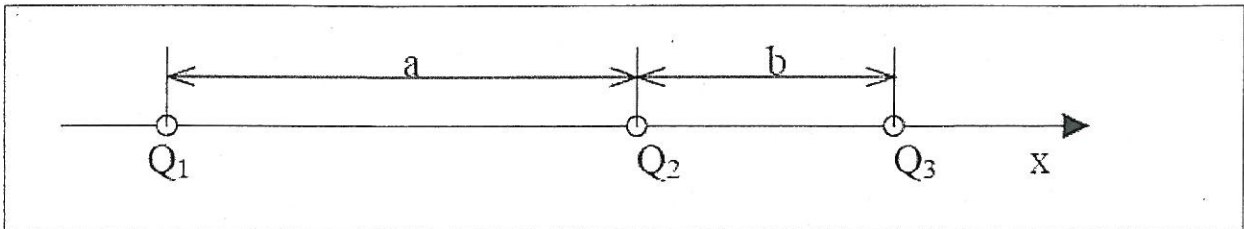


Abbildung 1

1.a.

(/ 3 Punkte)

Berechnen Sie die Gesamtkraft $\vec{F}_{1,ges}$, die auf die Ladung Q_1 wirkt.

1.b.

(/ 2 Punkte)

Berechnen Sie die Gesamtkraft $\vec{F}_{2,ges}$, die auf die Ladung Q_2 wirkt.

1.c.

(/ 2 Punkte)

Berechnen Sie die Gesamtkraft $\vec{F}_{3,ges}$, die auf die Ladung Q_3 wirkt.

1.d.

(/ 3 Punkte)

In welchem Verhältnis müssen die Ladungen zueinander stehen, damit die elektrischen Kräfte an allen drei Ladungen Null sind?

2. Aufgabe

(/ 14 Punkte)

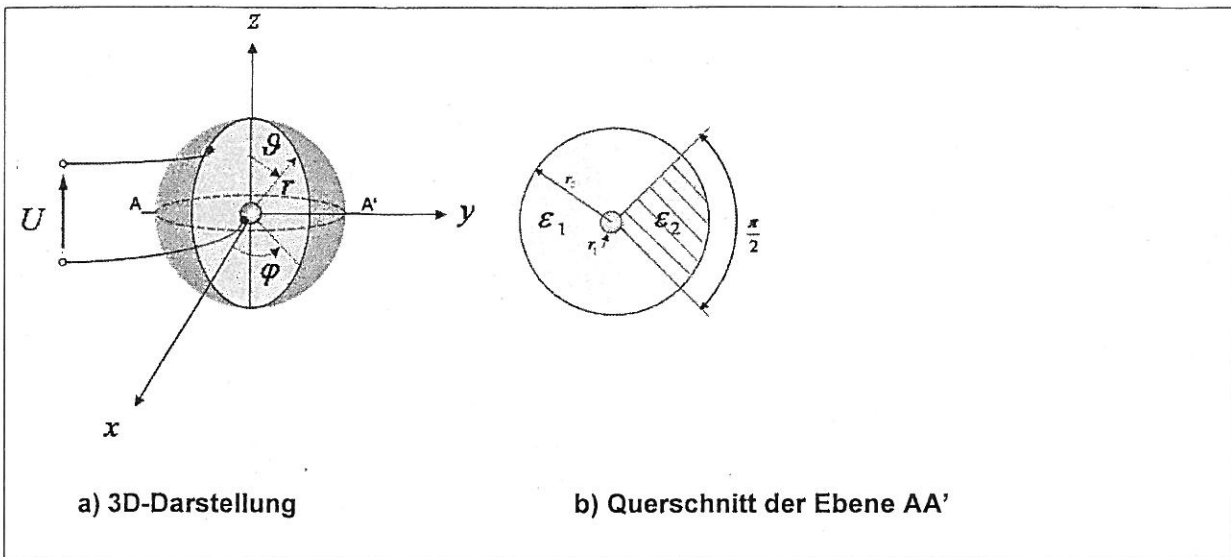


Abbildung 2

Zwischen zwei ideal leitenden und konzentrisch angeordneten kugelförmigen Elektroden mit den Radien r_1 und r_2 befinden sich zwei verschiedene Dielektrika (Abb. 2). Dabei füllt das Dielektrikum mit der Dielektrizitätskonstante $\epsilon_2 = \epsilon_0 \epsilon_{r2}$ ein Viertel des Volumens aus (Abb.2.b). Die Anordnung trägt die Ladung Q .

Gegeben:

$$r_1 = 2\text{cm}, \quad r_2 = 6\text{cm}, \quad Q = 10^{-9} \text{As}, \quad \epsilon_{r1} = 2, \quad \epsilon_{r2} = 4, \quad \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$$

2.a.

(/ 2 Punkte)

Zeichnen sie das kapazitive Ersatzschaltbild der Anordnung.

2.b.

(/ 3 Punkte)

Geben Sie in Abhängigkeit von den Beträgen der elektrischen Verschiebungsdichten

$D_1 = |\vec{D}_1|$ und $D_2 = |\vec{D}_2|$ in den Dielektrika ist eine Gleichung für Q an.

2.c.

(/ 2 Punkte)

Geben Sie die elektrische Feldstärke \vec{E} ist in Abhängigkeit von Q und r an.

2.d.

(/ 4 Punkte)

Geben Sie **allgemein** und **zahlenmäßig** die zwischen den Kugelelektroden liegende Spannung U an.

2.e.

(/ 2 Punkte)

Geben Sie **allgemein** die Gesamtkapazität C_{ges} der Anordnung an.

2.f.

(/ 1 Punkt)

Berechnen Sie die Gesamtkapazität C_{ges} ist **zahlenmäßig**.

3. Aufgabe

(/ 16 Punkte)

Die Abbildung 3 zeigt eine durch den Gleichstrom I durchflossene zylinderförmige Leiteranordnung mit der Länge l und dem Radius r_0 .

Die obere Hälfte und untere Hälfte haben unterschiedliche Leitfähigkeiten.

Es gilt:

$$\kappa = \begin{cases} \kappa(\varphi) = \kappa_0 \cdot \cos^2(\varphi) & 0 \leq \varphi \leq \pi \text{ (obere Hälfte)} \\ \kappa_0 & \pi \leq \varphi \leq 2\pi \text{ (untere Hälfte)} \end{cases}$$

dabei ist κ_0 eine konstante Leitfähigkeit.

Gegeben: $\kappa_0 = \frac{4}{3 \cdot \pi} \cdot 10^5 \text{ S/cm}$; $r_0 = 1 \text{ cm}$; $l = 100 \cdot r_0$

Hinweis: Randeffekte sind zu vernachlässigen!

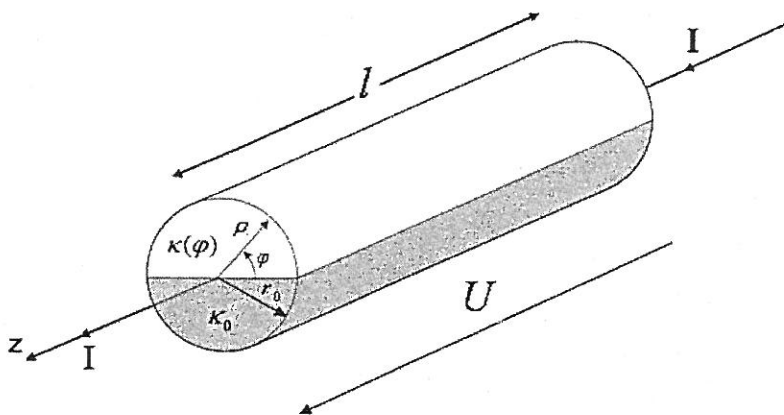


Abbildung 3

Die Widerstände der oberen bzw. unteren Hälfte der Leiteranordnung werden mit R_o bzw. R_u gekennzeichnet.

3.a.

(/ 2 Punkte)

Geben Sie das Widerstand-Ersatzschaltbild der Anordnung an.

3.b.

(/ 2 Punkte)

Berechnen Sie **allgemein** den Widerstand R_u (Widerstand der unteren Hälfte).

3.c.

(/ 5 Punkte)

Berechnen Sie **allgemein** die Spannung U in Abhängigkeit der Stromdichte J_o in der oberen Hälfte der Leiteranordnung.

3.d.

(/ 2 Punkte)

Berechnen Sie **allgemein** den durch die obere Hälfte fließenden Teilstrom I_o in Abhängigkeit von der Spannung U .

3.e.

(/ 2 Punkte)

Berechnen Sie **allgemein** den Widerstand R_o der oberen Hälfte der Leiteranordnung.

3.f.

(/ 3 Punkte)

Berechnen Sie **allgemein** und **zahlenmäßig** den Gesamtwiderstand R_{ges} der Leiteranordnung.

4. Aufgabe

(/ 11 Punkte)

Ein Linienleiter der Länge l befindet sich an der Stelle $x = a$ parallel zur Y-Achse gemäß Abbildung 4. In seiner Umgebung herrscht ein von der Zylinderkoordinate ρ

abhängiges Magnetfeld der Flussdichte $\vec{B} = \frac{k}{\rho^2} \vec{e}_\rho$, mit k als Konstante und $\rho > 0$.

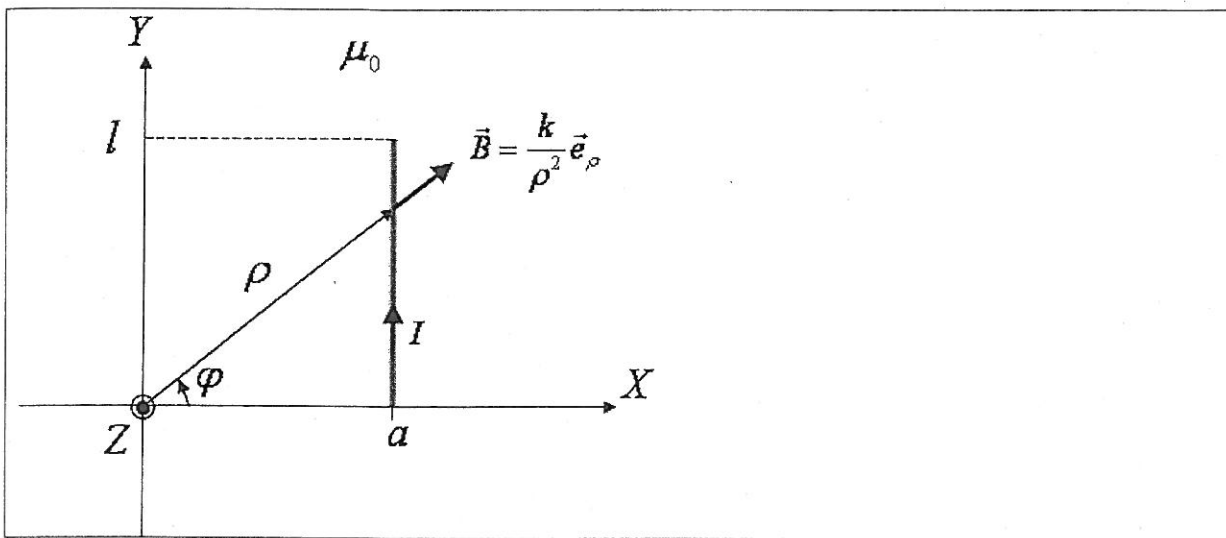


Abbildung 4

4.a.

(/ 9 Punkte)

Berechnen Sie **allgemein** die magnetische Kraft $\vec{F}_{m,L}$, die auf den Leiter ausgeübt wird.

4.b.

(/ 2 Punkte)

Berechnen Sie **zahlenmäßig** die Kraft $\vec{F}_{m,L}$ für folgende Zahlenwerte:

$$a = \frac{\sqrt{8}}{3} \text{ cm} ; I = 1 \text{ mA} ; k = 3 \cdot 10^{-7} \text{ Vs} ; l = a\sqrt{8}$$

5. Aufgabe

(/ 9 Punkte)

Die Abbildungen 5a) und 5b) zeigen die Seitenansicht bzw. die Draufsicht einer rechteckigen Leiterschleife mit den Seitenlängen a und b , die sich mit der konstanten Geschwindigkeit $\vec{v} = v \cdot \vec{e}_x$ unter dem Winkel α in ein von der x -Koordinate abhängiges Magnetfeld bewegt, dessen Flussdichte den folgenden Funktionsverlauf aufweist:

$$\vec{B}(x) = \begin{cases} \vec{0} & , \text{für } x < 0 \\ k \cdot x \vec{e}_y & , \text{für } x \geq 0 \end{cases} \quad : k \text{ positive Konstante}$$

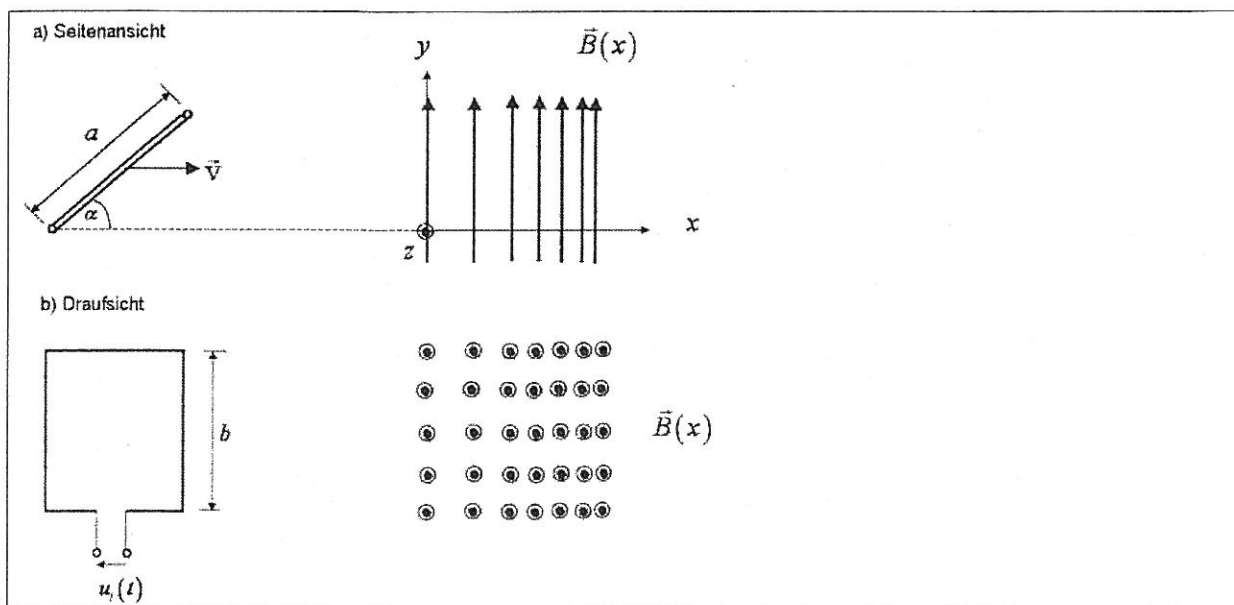


Abbildung 5

Zur Zeit $t = 0$ tritt die Leiterschleife bei $x = 0$ mit der vorderen Seite, die die Länge b hat, in das Magnetfeld ein.

5.a.

(/ 3 Punkt)

Der Fluss $\Phi(x)$ durch die Leiterschleife ist für folgende Wegabschnitte **allgemein** zu berechnen:

- Von $x = 0$ bis zum vollen Eintauchen der Leiterschleife in das Magnetfeld.
- Für die weitere Bewegung der Leiterschleife, nachdem sie voll in das Magnetfeld eingetaucht ist.

5.b.

(/ 3 Punkte)

Der zeitliche Verlauf der in der Leiterschleife induzierten Spannung $u_i(t)$ ist für die in Teilaufgabe 5.a) angegebenen Wegabschnitte allgemein zu ermitteln. Begründen Sie dabei kurz Ihre Wahl des Vorzeichens.

5.c.

(/ 3 Punkte)

Für folgende Werte ist $u_i(t)$ zu berechnen und von $t = 0$ bis $t = 0,3\text{s}$ zu skizzieren:

$$k = 1 \frac{\text{T}}{\text{m}}, \quad v = \sqrt{2} \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad a = 0,1\text{m}, \quad b = 0,4\text{m}, \quad \alpha = 45^\circ$$

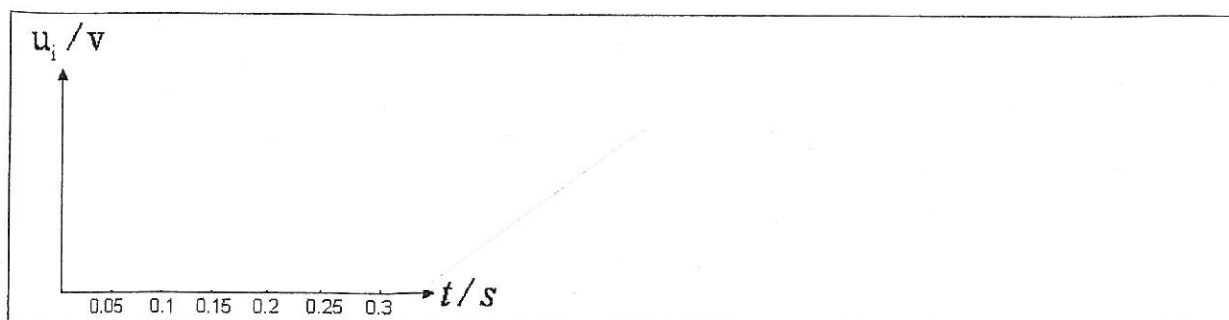


Abbildung 5 c)