



Übung 2

Netzwerke und Schaltungen 1

Zu den Übungen

- Schreibt kurz hin, wieso ihr eine Aufgabe nicht lösen konntet
- Sobald ihr Zahlenwerte einsetzt, müsst ihr die Einheiten hinschreiben
- Passt auf beim Konvertieren von Einheiten. Zum Bsp. $cm^3 \rightarrow m^3$ etc.
- Schreibt Zwischenschritte auf

Nachbesprechung

1.3 Integralrechnung

- a) Ein Kraft-Feld sei gegeben durch $\vec{F}(x, y, z) = x\vec{e}_x + y\vec{e}_y + (xz - y)\vec{e}_z$. Berechne die geleistete Arbeit W an einem Partikel das sich von Punkt $A(0/0/0)$ auf einer geraden Linie zu $B(1/2/4)$ bewegt.

- c) Welche Arbeit muss aufgewendet werden, um die Punktladung Q_2 an den Ort $x = 0$, $y = a$ zu bringen, wenn $Q_1 = Q_3 = 0$ gilt?

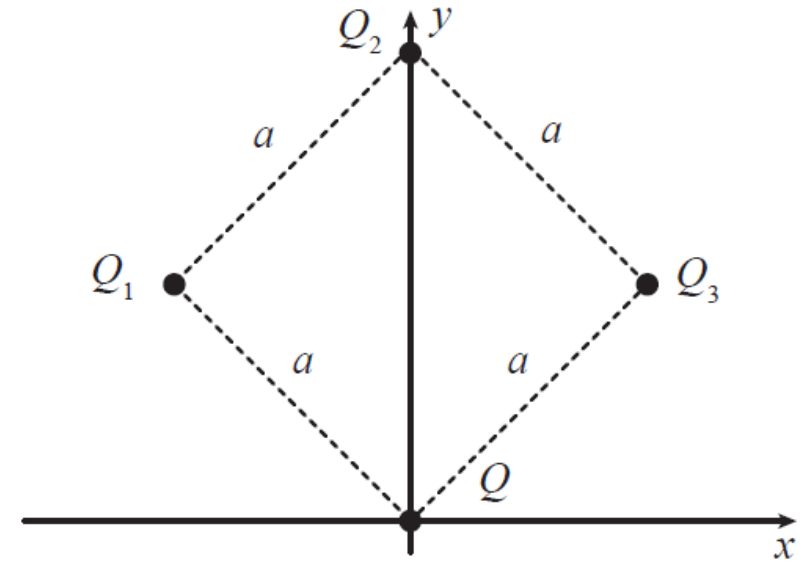


Figure 1.1: Punkladungsanordnung.

1.6 Feld und Potential in Nähe von Ringladung

Ein Ring mit dem Radius r und vernachlässigbar kleinem Querschnitt trägt nach **Fig. 1.3** die (gleichmässig am Umfang verteilte) Ladung Q . Ein Punkt P hat von diesem Ring den Abstand a .

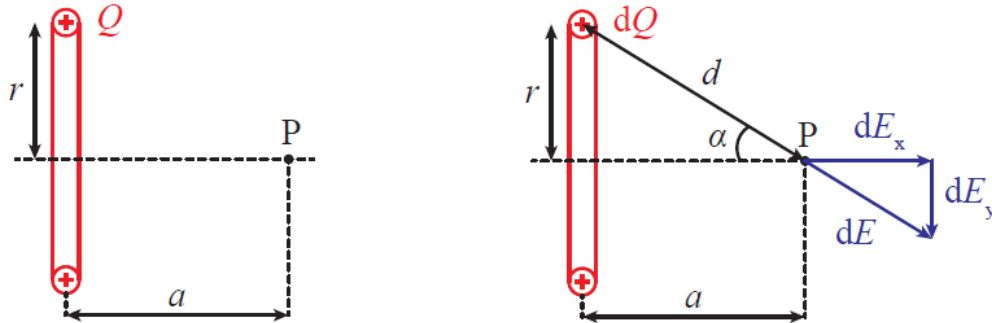
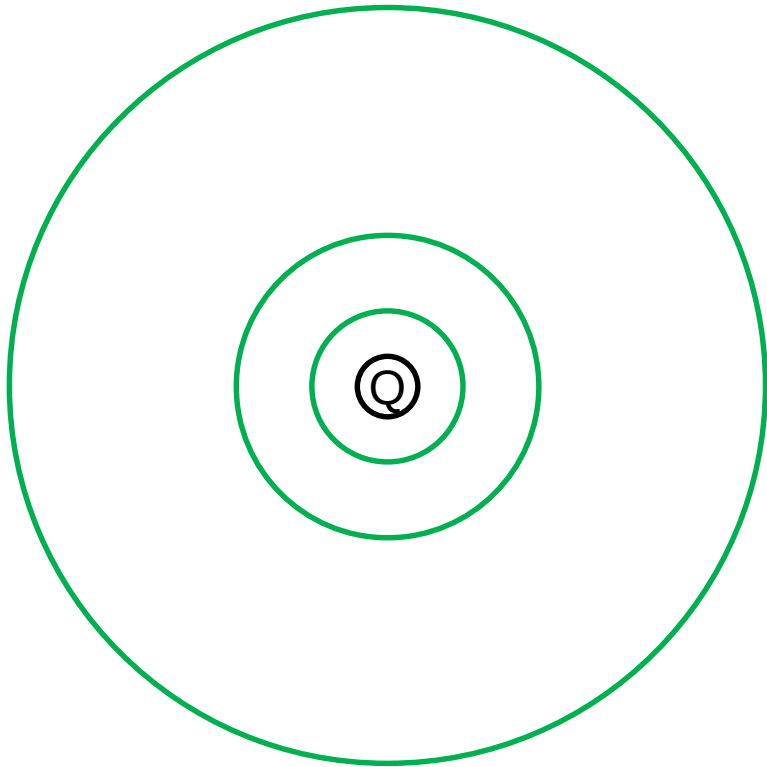


Figure 1.3: Zur Berechnung der elektrischen Feldstärke und des elektrischen Potentials in der Nähe eines geladenen Ringes.

a) Welche elektrische Feldstärke E herrscht im Punkt P ?

Theorie

Potential einer Punktladung



$$\vec{E}(r, \theta, \phi) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cdot \vec{e}_r$$

$$\begin{aligned} \varphi_\infty(\vec{p} = (r, \theta, \phi)) &= - \int_{(\infty, 0, 0)}^{(r, \theta, \phi)} \vec{E} \cdot d\vec{s} = - \int_\infty^r \vec{E} \cdot d\vec{r} \\ &= - \int_\infty^r \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cdot dr = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{r} \end{aligned}$$

Ladungsdichten

Wie viel Ladung befindet sich pro:

- Länge

$$\lambda(x) = \frac{dQ}{dl} \rightarrow Q = \int_l \lambda(x) \cdot dx \quad \underset{\lambda \text{ konstant}}{\equiv} \quad \lambda \cdot l$$

- Fläche

$$\sigma(x, y) = \frac{dQ}{dxdy} \rightarrow Q = \iint_A \sigma(x, y) \cdot dxdy \quad \underset{\sigma \text{ konstant}}{\equiv} \quad \sigma \cdot A$$

- Volumen

$$\rho(x, y, z) = \frac{dQ}{dxdydz} \rightarrow Q = \iiint_V \rho(x, y, z) \cdot dxdydz \quad \underset{\rho \text{ konstant}}{\equiv} \quad \rho \cdot V$$

Ladungsdichten

Wie viel Ladung befindet sich pro:

- Länge

$$\lambda(x) = \frac{dQ}{dl} \rightarrow Q = \int_l \lambda(x) \cdot dx \quad \underset{\lambda \text{ konstant}}{\equiv} \quad \lambda \cdot l$$

- Fläche

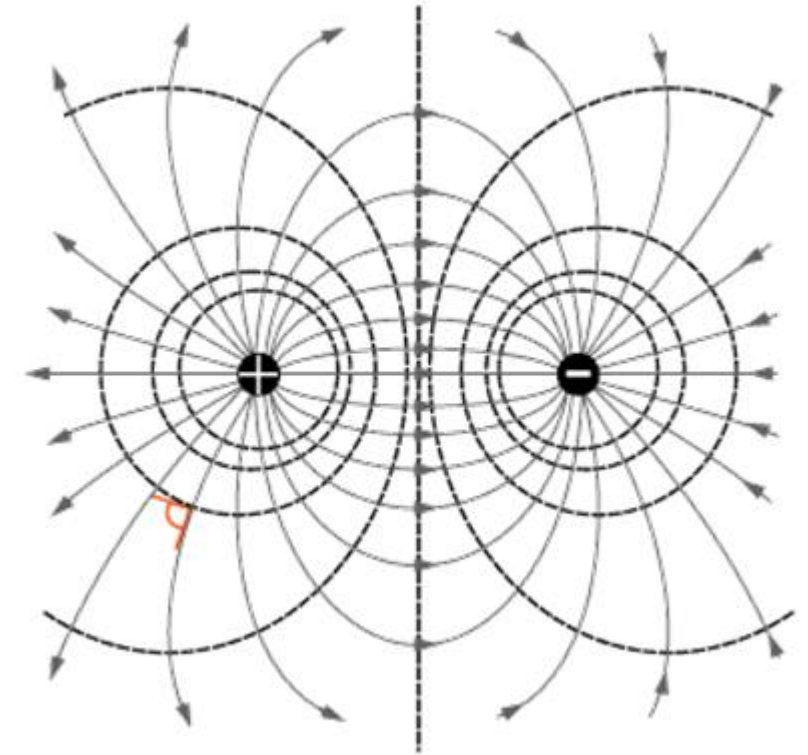
$$\sigma(x, y) = \frac{dQ}{dxdy} \rightarrow Q = \iint_A \sigma(x, y) \cdot dxdy \quad \underset{\sigma \text{ konstant}}{\equiv} \quad \sigma \cdot A$$

- Volumen

$$\rho(x, y, z) = \frac{dQ}{dxdydz} \rightarrow Q = \iiint_V \rho(x, y, z) \cdot dxdydz \quad \underset{\rho \text{ konstant}}{\equiv} \quad \rho \cdot V$$

Feldlinien

- Geben an, wohin sich eine Ladung im Feld bewegen würde
- Gehen von + zu -
- Schneiden sich nie
- «Versuchen den gegenseitigen Abstand zu Maximieren»
- Stehen senkrecht auf Äquipotentialflächen



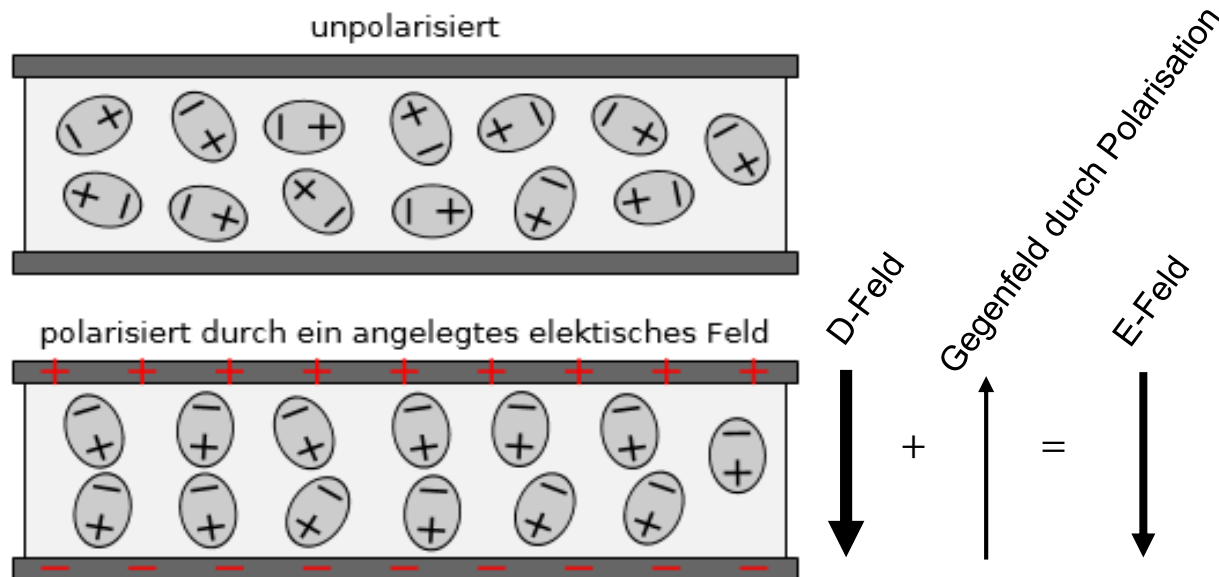
Spannung

Potentialunterschied von Punkt B gegenüber Punkt A

$$U_{AB} = \varphi(A) - \varphi(B) := \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

Ist unabhängig vom gewählten Weg

Elektrisches Feld und die elektrische Flussdichte



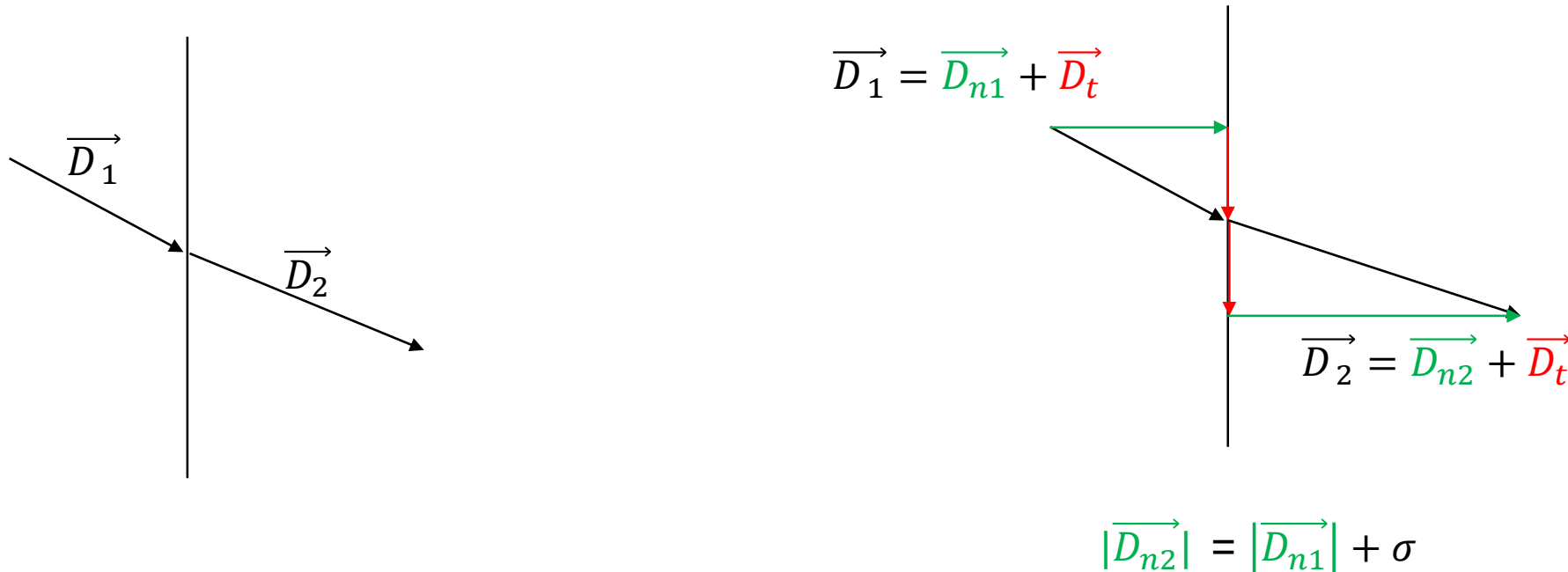
- Durch die Plattenladungen und die von ihnen erzeugte elektrische Flussdichte wird das Material **polarisiert**
- Dadurch bildet sich ein **schwaches Feld in entgegengesetzte Richtung** auf
- Dieses Gegenfeld überlagert sich mit dem D-Feld, weshalb das resultierende Feld, das elektrische Feld, **abgeschwächt** wird!

$$\vec{E} = \vec{D} \cdot \frac{1}{\epsilon_0 \epsilon_r}$$

Gauss'sches Gesetz

$$Q = \oiint_A \vec{D} \cdot d\vec{A} \quad \stackrel{\substack{\equiv \\ D \text{ konstant und} \\ \text{senkrecht zu } A}}{=} |D| \cdot |A|$$

Verhalten von Feldgrössen bei Randflächen



Fliesst ein Elektrisches Flussdichte durch eine geladene Fläche,
so verändert sich nur die Länge der Normalkomponente um die Flächenladungsdichte

Feldberechnung

Im zylindrischen Koordinatensystem (ρ, ϕ, z) ist der gesamte Bereich $(\rho \leq a)$ und $(-\infty < z < \infty)$ mit einer Raumladung der Dichte ρ_0 gefüllt.

1. Wie Gross ist die Gesamtladung Q in einem Abschnitt der Länge l ?
2. Welchen Wert nimmt die elektrische Flussdichte $\vec{D}$ in einem beliebigen Punkt des Raumes an?

Feldberechnung #2

In den Ebenen $y_1 = \text{const}$ und $y_2 = \text{const}$ befinden sich homogene Flächenladungsverteilungen $\pm\sigma$, die zur Vereinfachung in x und z Richtung als unendlich ausgedehnt angenommen werden sollen.

Berechnen Sie die elektrische Flussdichte und die elektrische Feldstärke

Eine metallische Kugel mit Radius a trägt die Gesamtladung Q . Der Kugelmittelpunkt befindet sich im Ursprung des Kugelkoordinatensystems. Eine ungeladene metallische Hohlkugel mit Innenradius $b > a$ und Außenradius $c > b$ ist konzentrisch um die erste Kugel angeordnet.

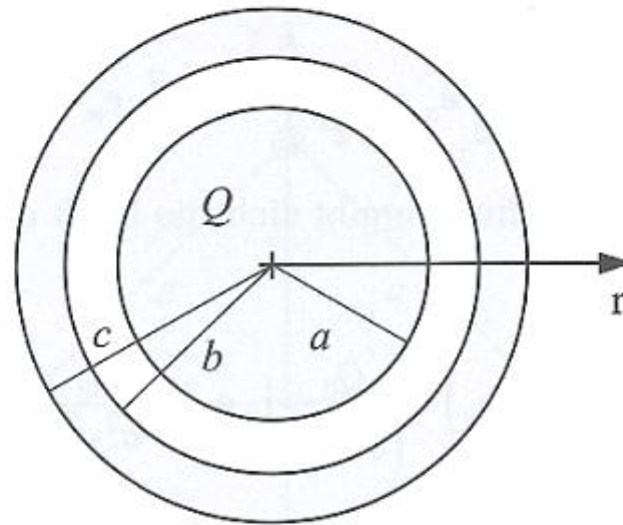


Abbildung 1: Leitende geladene Kugel mit umgebender leitender Hohlkugel

1. Geben Sie die elektrische Feldstärke E im gesamten Raum $0 \leq r < \infty$ an.
2. Welche Ladungsverteilung stellt sich ein, wenn die beiden Kugeln leitend miteinander verbunden werden?
3. Wie ändert sich der Verlauf der elektrischen Feldstärke in diesem Fall?
4. Geben Sie für die beiden Fälle das Potential $\varphi_e(r)$ an. Als Bezugswert kann $\varphi_e(\infty) = 0$ angenommen werden.