

Arbeitsunterlagen zu FOS Elektrotechnik Themenfeld 12.6

Elektrisches und magnetisches Feld

Thomas Maul

Brühlwiesenschule, Hofheim

V 0.1.0 - im Aufbau
Stand: 9. Dezember 2025



Für eigene Teile gilt:

Ladungen, Kräfte
○○○

Energieerhaltung
○○

Ladungen
○○

Schaltung von Kondensatoren
○○

Vektoren
○○○○○○○

E-Feld
○○

Überlagerung E
○○○

Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

Teil

Ladungen, Kräfte
○○○

Energieerhaltung
○○

Ladungen
○○

Schaltung von Kondensatoren
○○

Vektoren
○○○○○○○

E-Feld
○○

Überlagerung E
○○○

Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

Teil

Ladungen, Kräfte
ooo

Energieerhaltung
oo

Ladungen
oo

Schaltung von Kondensatoren
oo

Vektoren
oooooooo

E-Feld
oo

Überlagerung E
ooo

Pflicht-Themen, die noch offen sind
o

Inhalt

Überlagerung von elektrischen Feldern
Pflicht-Themen, die noch offen sind

Elektronen und Atome

- Die Materie besteht aus Atomen.
- Kern: Protonen und Neutronen, Hülle: Elektronen
- Bei Leitern: Elektronen ‚mobil‘, bei Nichtleitern fest(er)
- Reibung von 2 Nichtleitern (Stoff und Glasstab) \Rightarrow Ladungstrennung

Katze mit Styroporflocken



Abbildung: Katze mit Styroporflocken

1

¹Quelle: Von Original image: Sean McGrath from Saint John, NB, Canada Derived image: Black Rainbow 999 - Diese Datei ist ein Ausschnitt aus einer anderen Datei, CC BY 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=60287175>

Anziehung und Abstoßung von Ladungen

- gleichnamige Ladungen stoßen sich ab.
- ungleichnamige Ladungen ziehen sich an.
- bei Elektrostatik gibt es keine Bewegung, nur Kräfte

Inhalt

Ladungen, Kräfte

Energieerhaltung und Einheit

Abmaße von Ladungen

Schaltung von Kondensatoren

Spannung am Kondensator

Vektoren

Elektrische Feldstärke

Überlagerung von elektrischen Feldern

Pflicht-Themen, die noch offen sind

Energieerhaltung und Einheit

- Energieerhaltung
- Elektrische Ladung Coulomb (C) gemessen
- $1C = 1As.$
- Elementarladung $e = 1,602 * 10^{-19} C$
- Kräfte zwischen Ladungen
- Anziehung (+ > < -) und
Abstoßung (+ < > +), (- < > -)

Inhalt

Ladungen, Kräfte

Energieerhaltung und Einheit

Abmaße von Ladungen

Schaltung von Kondensatoren

Spannung am Kondensator

Vektoren

Elektrische Feldstärke

Überlagerung von elektrischen Feldern

Pflicht-Themen, die noch offen sind

Abmaße von Ladungen

Punktladung unendlich klein

Linienladung dünne Linie, z.B. Draht

Flächenladung gleichmäßig auf der Fläche

Raumladung gleichmäßig im Raum

Reihenschaltung höhere Spannung, selbe Kapazität

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots \quad (1)$$



Abbildung: Zwei Kondensatoren in Reihenschaltung

Parallelschaltung Erhöhung der Kapazität (Σ)

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots \quad (2)$$

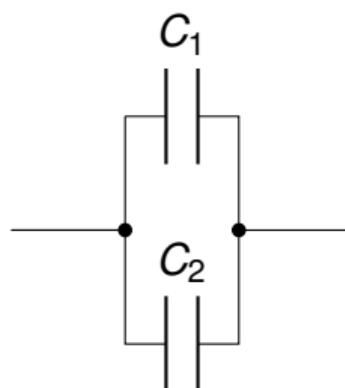


Abbildung: Zwei Kondensatoren in Parallelschaltung

Inhalt

Ladungen, Kräfte

Energieerhaltung und Einheit

Abmaße von Ladungen

Schaltung von Kondensatoren

Spannung am Kondensator

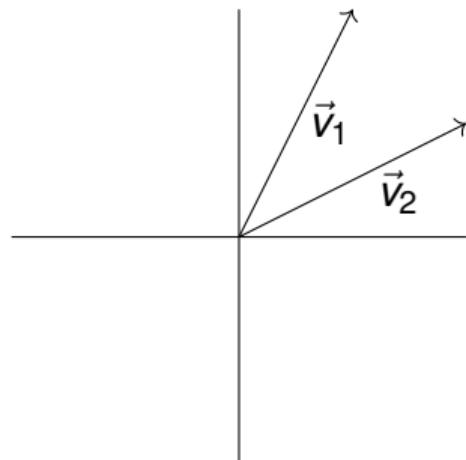
Vektoren

Elektrische Feldstärke

Überlagerung von elektrischen Feldern

Pflicht-Themen, die noch offen sind

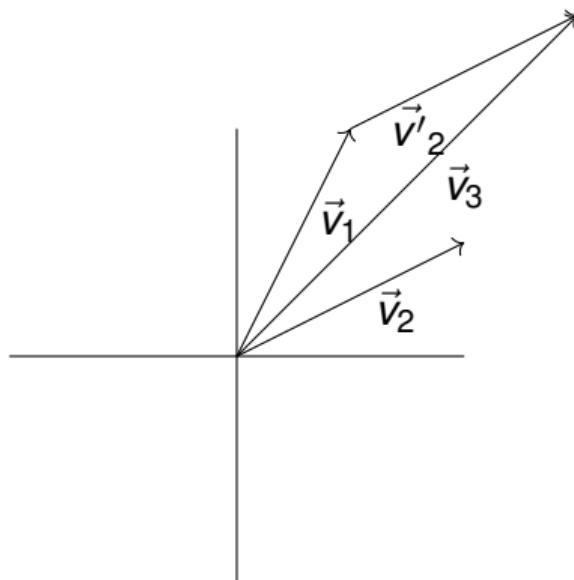
Vektoren



$$\vec{v}_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} \text{ und } \vec{v}_2 = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Abbildung: Zwei Vektoren in zweidimensionalen Raum

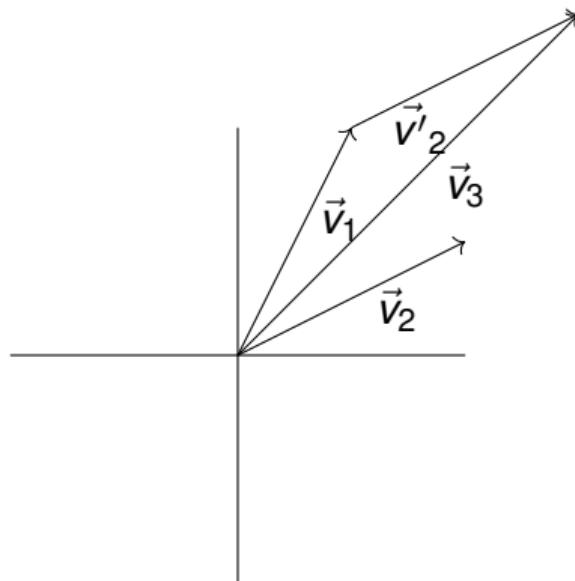
Addition von Vektoren



$$\vec{v}_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}, \vec{v}_2 = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \end{pmatrix}, \vec{v}'_2 = \vec{v}_2 \text{ und } \vec{v}_3 = \begin{pmatrix} 3 \\ 3 \end{pmatrix}$$

Abbildung: Zwei Vektoren in zweidimensionalen Raum

Länge / Betrag eines Vektors



$$\vec{v}_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}, \vec{v}_2 = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \end{pmatrix}, |\vec{v}_1| = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$
$$|\vec{v}_1| = \sqrt{(1-0)^2 + (2-0)^2} = \sqrt{5}$$

Abbildung: Zwei Vektoren in zweidimensionalen Raum

Kraft als Vektor, Spannung

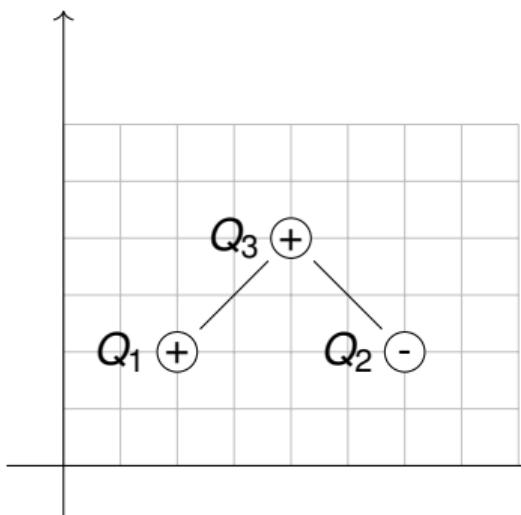
- Kraft $\hat{=}$ Vektor
- Richtung, Betrag
- Addition ($\vec{v}_3 = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$), jeweils x, y, z-Komponente
- Spannung $\hat{=}$ Potential zwischen 2 Punkten
 - ... auch im Raum (E-Feld)

Kraft auf Ladung

- Abhängig von Ladung Q und Abstand zur Ladung
- $\vec{F} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon} \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$
- $\vec{F} = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot r^2} \vec{e}^2$
 \vec{e} = Einheitsvektor (Länge = 1, für Richtung relevant)

Kraft auf eine Ladung

Aufgaben



Gegeben seien drei Ladungen Q_1 , Q_2 und Q_3 . Alle Ladungen sind ideal punktförmig und haben den Wert $10\mu C$.

Die Ladungen befinden sich an folgenden Punkten:

$Q_1 = \begin{pmatrix} 0 \\ 2 \end{pmatrix}$, $Q_2 = \begin{pmatrix} 2 \\ 2 \end{pmatrix}$, $Q_3 = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \end{pmatrix}$. Das Koordinatensystem ist im m skaliert (eine Einheit = 1 m). $\varepsilon = \varepsilon_0 = 8,86 - 10^{-12} \frac{As}{Vm}$ Berechnen Sie die resultierende Kraft auf Q_3 , die von Q_1 und Q_2 ausgeht.

Elektrische Feldstärke

- Abhängig von Ladung Q und Abstand zur Ladung
- $\vec{F} = \frac{Q_2}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot r^2} Q_1$ Kraft von Q_2 auf Q_1 .
- $\vec{F} = \vec{E} \cdot Q_1$
- $\vec{E} = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \varepsilon}$

Elektrische Feldstärke

Aufgaben

Berechnen Sie die Kraft F_{12} von Q_2 auf Q_1 .

1. $Q_1 = Q_2 = 10 \mu C$. Der Abstand sei 1,2 m.
2. $Q_1 = 5 \mu C, Q_2 = 10 \mu C$ Abstand = 1 m
3. $Q_1 = 5 \mu C, Q_2 = 10 \mu C$ Abstand = 1,5 m

$$\vec{F} = \frac{Q_2}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot r^2} Q_1$$

Überlagerung von elektrischen Feldern

- E-Felder beeinflussen sich.
- Vektorielle Addition am Punkt.
- $V_{res} = V_1 + V_2$
- $V_{res} = \begin{pmatrix} 10 \\ 15 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 5 \\ 7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 15 \\ 22 \end{pmatrix}$
- $\vec{E} = \frac{Q}{4\cdot\pi\cdot r^2\cdot\varepsilon} \cdot \vec{e}^2$
- $|\vec{v}| = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$

Überlagerung von elektrischen Feldern

Aufgaben

Berechnen Sie das resultierende Feld am Schnittpunkt.

1. $\vec{v}_1 = \begin{pmatrix} 12 \\ 12 \end{pmatrix}, \vec{v}_2 = \begin{pmatrix} -9 \\ 6 \end{pmatrix}, Q_1 = 10\mu C, Q_2 = 20\mu C, \varepsilon = \varepsilon_0$ Q_1 befindet sich an $\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$, Q_2 an $\begin{pmatrix} 10 \\ 0 \end{pmatrix}$

Aufgaben E-feld-überlagerung

1. Berechne das elektrische Feld an folgenden Punkten P_n .
2. Zeichne zusätzlich die Feldlinien quantitativ, Feld von Q1, Feld von Q2 und resultierendes Feld.

$$Q_1 = 3\mu C, \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} Q_2 = -10\mu C, \begin{pmatrix} 2m \\ n \end{pmatrix}$$

$$P_1 = \begin{pmatrix} 1m \\ 0m \end{pmatrix} P_2 = \begin{pmatrix} 2m \\ 0m \end{pmatrix} P_3 = \begin{pmatrix} 0.5m \\ 0.5m \end{pmatrix} P_4 = \begin{pmatrix} 0.5m \\ 0m \end{pmatrix} P_5 = \begin{pmatrix} 1m \\ 2m \end{pmatrix}$$

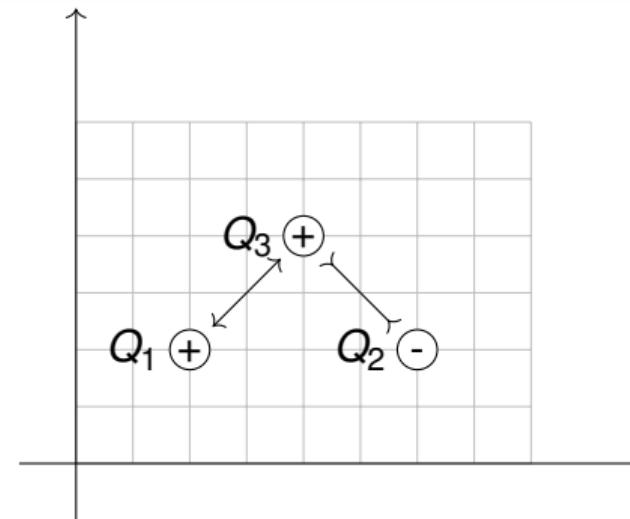
Pflicht-Themen, die noch offen sind

Folgende Themen sind gemäß Prüfungserlass für die Prüfung 2026 Pflicht, aber noch nicht ausgearbeitet.

- Kondensator
 - Auf- und Entladung
- Induktion
 - Magnetischer Fluss (Phi)
 - Flussdichte (B)
- Spule
 - Ein- und Ausschaltvorgang

Die Themen folgen demnächst hier.

Zu Folie 20



$$F_{31} = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot r^2}$$

$$F_{31} = \frac{10 \mu C^2}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \sqrt{2} m^2}$$

$$F_{31} = \frac{10 \mu A s^2}{4 \cdot \pi \cdot 8,86 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm} \cdot \sqrt{2} m^2}$$

$|F_{31}| = 0,45 N$. Da Q_1 , Q_2 und Q_3 gleich groß sind und der Abstand ebenfalls



gleich ist, ist $F_{32} = 0,45N$ $|F_{31}| = 0,45N$. Da Q_1 , Q_2 und Q_3 gleich groß sind und der Abstand ebenfalls gleich ist, ist $F_{32} = 0,45N$



Literatur und Quellen

Wikibooks <https://de.wikibooks.org/wiki/Elektrostatik>

Marinescu, Marlene Elektrische und magnetische Felder, Eine praxisorientierte Einführung; A 3 (2012); Springer

Tutorial zu Simulation (Spice)

<https://ngspice.sourceforge.io/ngspice-eeschema.html> (abgerufen: 03.11.25)

und <https://www.kicad.org/>