
1.1.3 Elektrisches Feld: Kräfte zwischen geladenen Körpern, Feldlinien, elektrische Feldstärke; Ladungen als Quellen und Senken des stationären elektrischen Feldes

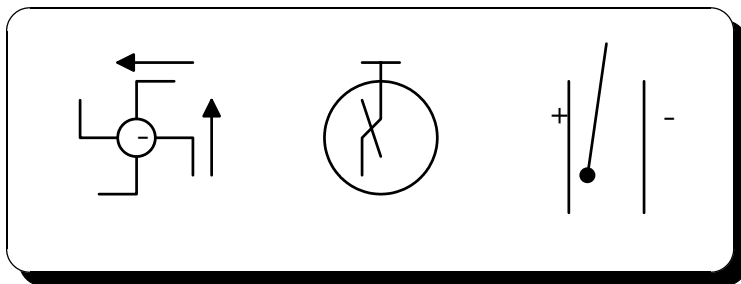
Grunderscheinungen

Elektrisch geladene Körper üben, wie die Erfahrung zeigt, auf andere geladene Körper Kräfte aus, ohne dass eine sichtbare Verbindung zwischen den geladenen Körpern besteht. Ladungen wirken sogar durch den leeren Raum hindurch aufeinander ein.

Die Kraftwirkungen von Ladungen zeigen einige einfache Versuche:

Versuch 1: Wird das drehbar gelagerte "Sonnenrad" negativ aufgeladen, so fängt es an, sich in der skizzierten Richtung zu drehen. Grund dafür ist eine Spitzenentladung, die nach dem Rückstoßprinzip die Drehung verursacht.
Versuch 2: Die Wirkungsweise des Elektroskops beruht auf den abstoßenden Kräften gleichnamiger Ladungen.

Versuch 3: Eine Stanniolkugel hängt leicht beweglich zwischen den Platten eines geladenen Plattenkondensators. Beim Auftreffen auf eine Platte wird die Kugel ebenso geladen wie die berührte Platte und von dieser dann abgestoßen; von der anderen Platte wird die Kugel angezogen.



Zusammenfassung: Geladene Körper versetzen den Raum um sich in einen besonderen Zustand, der sich in Kraftwirkungen auf andere geladene Körper äußert. Im einzelnen gelten folgende

Definitionen: Unter einem elektrischen Feld versteht man den Raum in der Umgebung von elektrischen Ladungen. In ihm erfahren Ladungen Kräfte. Die Bahnen von Probekörpern zwischen Ladungen heißen Feldlinien. Die Tangenten an die Feldlinien geben die Kraftrichtungen in jedem Punkt des Feldes an.

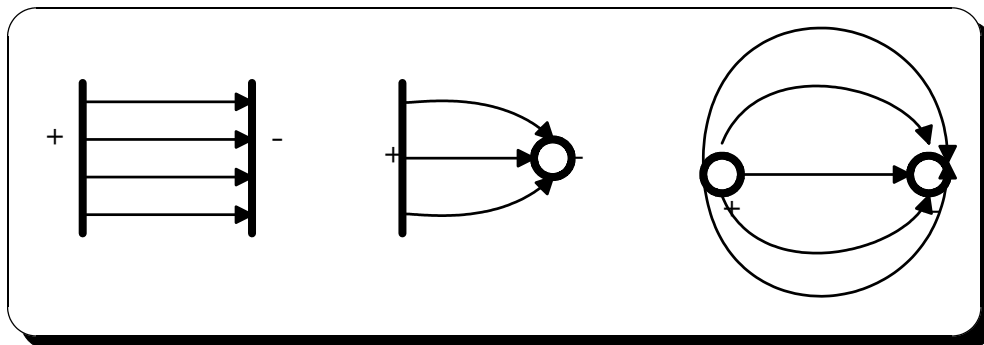
Anmerkungen:

Bei der Gleichsetzung von Feldlinien und Bahnen von Probekörpern setzt man Vernachlässigbarkeit der Gravitation und Trägheitslosigkeit der Probeladungen voraus.

1. Das Feld um die Probeladungen beeinflusst das zu untersuchende Feld nicht, solange die Probeladung vergleichsweise klein ist.
2. Das elektrische Feld ist ein Vektorfeld; die Pfeile an den Feldlinien geben die Richtungen der Kräfte auf positive Probeladungen an. Elektrische Feldlinien beginnen an positiven und enden auf negativen Ladungen bzw. positive Ladungen sind Quellen, negative sind Senken des elektrischen Feldes.
3. Feldlinien treffen auf Leitern stets senkrecht auf. Sie schneiden sich nicht und beginnen oder enden nie frei im Raum.
4. Je dichter Feldlinien in einem Gebiet verlaufen, desto stärker ist dort die Kraftrichtung.

Feldformen

Versuch: Auf Glasplatten mit angeklebten Elektroden werden Kunststofffasern gestreut. Werden die Elektroden an eine Hochspannungsquelle angeschlossen, so richten sich elektrische Dipole durch Influenzwirkung in Feldrichtung aus und zeigen den Feldlinienverlauf. Dabei können für einfache Ladungskonfigurationen folgende charakteristischen Feldformen beobachtet werden:



Anmerkungen:

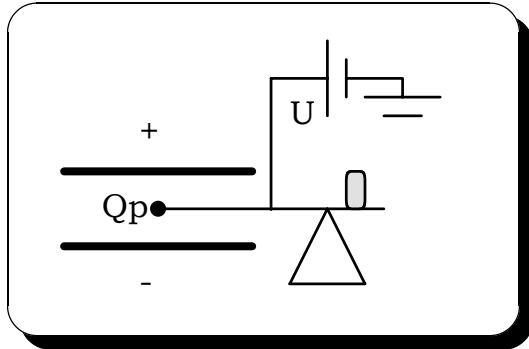
1. Zwischen den Platten eines Plattenkondensators verlaufen die Feldlinien parallel und in konstanten Abständen voneinander; das Feld heißt homogen.
2. Das von einer positiven Punktladung strahlenförmig ausgehende Feld heißt radiales Feld.

Die elektrische Feldstärke E

Zur Gewinnung einer Größe, die zur auch quantitativen Beschreibung eines elektrischen Feldes geeignet ist, wird die Kraft auf eine Probeladung untersucht:

Versuch: Zwischen die horizontalen Platten des Experimentierkondensators wird ein geladenes Ladungsplättchen eingebracht, das an der Kompensationswaage befestigt ist. Mit dieser kann die Kraft auf das Plättchen in Abhängigkeit von seiner Ladung Q_p ($Q_p \sim U$) gemessen werden.

Prinzipskizze:



Ergebnis: Die Kraft F ist (bei konstantem Feld) proportional zur Probeladung Q_p , d. h. es gilt

$$F = C \cdot Q_p$$

mit einem vom Feld bestimmten Proportionalitätsfaktor C .

Das elektrische Feld kann durch die Kraftwirkung auf eine Probeladung durchaus beschrieben werden; in obiger Gleichung taucht allerdings die Probeladung Q_p explizit auf, mit der das Feld untersucht worden ist. Dagegen hängt die Größe $\frac{F}{Q_p}$ nicht von der Probeladung ab, sondern nur noch von den felderzeugenden Ladungen und der Geometrie der Anordnung. Damit liegt folgende Definition nahe:

Definition: Unter der elektrischen Feldstärke \vec{E} versteht man den von der Probeladung Q_p unabhängigen Vektor

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q_p}.$$

In einem homogenen Feld ist die Feldstärke nach Betrag und Richtung konstant.

Für die Einheit der Feldstärke E gilt:

$$[E] = 1 \frac{N}{C} = 1 \frac{VAs}{Cm} = 1 \frac{VAS}{Asm} = 1 \frac{V}{m}.$$

Anmerkungen: Die Richtung von E zeigt nach Definition immer in Richtung der Feldlinien, also in die Richtung der Kraft, die eine positive Probeladung erfährt. Ein Feld hat eine Feldstärke auch dann, wenn sich in ihm keine Probeladung befindet.

Befindet sich eine Probeladung im Feld mehrerer Ladungen, so lässt sich die resultierende Feldstärke leicht durch Überlagerung der Einzelfelder ermitteln. Für die resultierende Kraft F_{ges} gilt:

$$\vec{F}_{ges} = Q_p \cdot \vec{E}_1 + \dots + Q_p \cdot \vec{E}_n = Q_p \cdot \vec{E}_{ges}.$$

Elektrische Felder addieren sich also vektoriell.

