

Im letzten Kapitel haben wir gelernt, elektrische Felder durch Bilder darzustellen. Um zu quantifizieren, wie stark ein Feld ist, führen wir die physikalische Größe **Feldstärke** ein. Wir nutzen hierzu eine Überlegung (Gedankenexperiment), Gründe für dieses Vorgehen später.

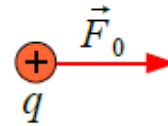
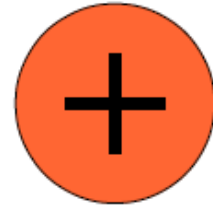
**Folgere die Kraft auf die zwei Ladungen zusammen im zweiten Beispiel und verallgemeinere Deine Folgerung. Welche typische mathematische Eigenschaft ergibt sich daraus für die Größen  $q$  und  $F$ ?**

Wir nutzen diese Folgerung für eine Definition unserer Zielgröße **Feldstärke**.

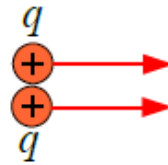
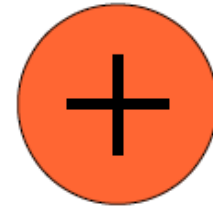
**Vorsicht: Der Großbuchstabe  $E$  bietet Verwechslungsgefahr mit der Größe "Energie".**

## 1.2 Feldstärke

### Gedankenversuch zur Kraft auf Probeladungen



In die Nähe einer großen Ladung, die um sich herum ein Feld erzeugt, bringen wir zum Testen des Feldes eine kleine Probeladung  $q$  und messen an ihr eine elektrostatische Kraft  $F_0$ .



Nun bringen wir eine zweite, identische Probeladung  $q$  in den gleichen Abstand zur feldgebenden Ladung und binden die beiden zusammen (sie würden sich sonst abstoßen). Die gesamte Kraft auf das Bündel beträgt dann

### Verallgemeinerung:

#### Definition:

Wir verwenden den konstanten **Quotienten aus der Ladung  $q$  und der Kraft  $F$** , die auf diese Ladung  $q$  wirkt, als Maß für die **elektrische Feldstärke  $E$** . Diese hat dieselbe **Richtung**, in die  $F$  wirkt.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

**Einheit:**  $1 \frac{N}{C} = 1 \frac{V}{m}$

Bemerkung: Diese Definition funktioniert im inhomogenen Feld ebenso wie im homogenen Feld.

*In der Definition sind zwei verschiedene Einheiten für die Feldstärke angegeben, man kann sie ineinander umrechnen.*

**Einheitenumrechnung in obiger Definition:**

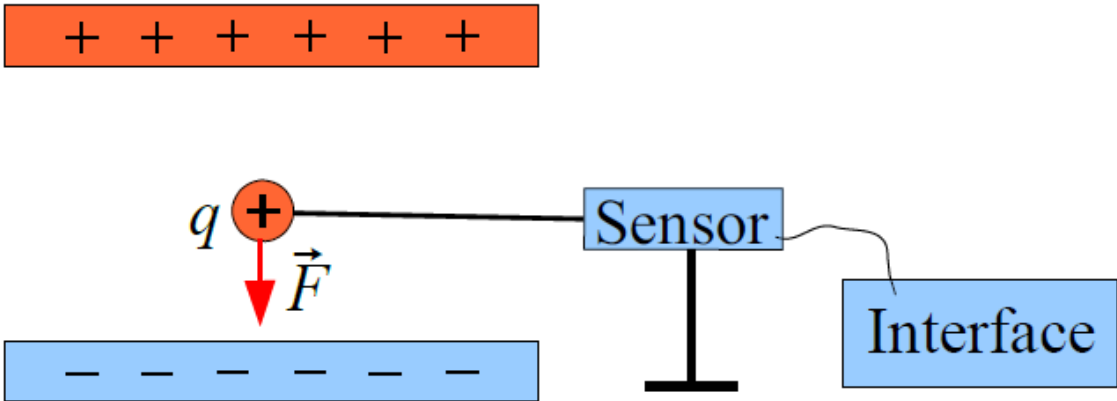
$$1 \frac{N}{C} = 1 \frac{\frac{J}{m}}{As} = 1 \frac{\frac{Ws}{m}}{As} = 1 \frac{\frac{VA s}{m}}{As} = 1 \frac{V}{m}$$

**Training: Berechnung der elektrostatischen Kraft**

*Ein typischer Wert für die Feldstärke in unserem Plattenkondensator ist 2000 V/cm. Auf kleine Kugeln können wir etwa 25 nC aufbringen. Berechne daraus die Kraft auf eine Kugel im Kondensator.*

*Dieses Experiment ist ein semiquantitatives Pendant zum Messexperiment im Buch. Wir messen hier die Ladung nicht explizit, sondern halbieren die Ladung im Verlauf der Messreihe mehrfach. Dies erreichen wir dadurch, dass wir die Probekugel im Kondensator mit einer gleich großen, neutralen Kugel berühren, so dass sich die Ladung auf beide Kugeln verteilt.*

**Experiment: geladene Kugel im Feld eines Plattenkondensators**



Ladung	q	0,5 q	0,25 q
Kraft in mN			

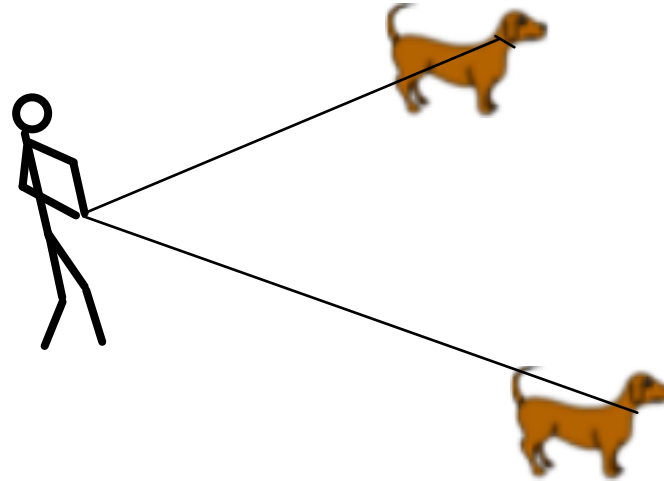
Das Superpositionsprinzip ist ein allgemeines Prinzip in der Physik, das Du schon mehrfach kennengelernt hast. Bei der Interferenz überlagern sich z.B. zwei Wellen, Wellenberge addieren sich, Berge und Täler löschen sich aus. Auch die Addition von Kräften war ein Beispiel für Superposition. Der obere Hund zieht mit 20 N, der untere mit 30 N, konstruiere die Gesamtkraft.

Hier kam die geometrische Addition von Pfeilen zur Anwendung, die wir auch bei Feldstärken nutzen werden. Die Ladungen  $Q_1$  und  $Q_2$  erzeugen jeweils Felder, die sich überlagern. Die Feldstärken an den gezeichneten Punkten betragen:

$E_{P1} = 30 \text{ V/m}$ ,  $E_{P2} = 6 \text{ V/m}$ ,  
 $E_{S1} = 8 \text{ V/m}$ ,  $E_{S2} = 13 \text{ V/m}$ ,  
 $E_{T1} = 4 \text{ V/m}$ ,  $E_{T2} = 28 \text{ V/m}$ .  
 Konstruiere jeweils die Gesamtfeldstärke.

## Das Superpositionsprinzip

Die ..... gleichartiger physikalischer Größen, die sich dabei nicht ..... , heißt **Superposition**.



Superposition

von Feldstärken bei zwei Punktladungen



*Mit dieser Formel lässt sich ganz leicht die Feldstärke in einem Plattenkondensator ermitteln, wir werden sie später noch herleiten.*

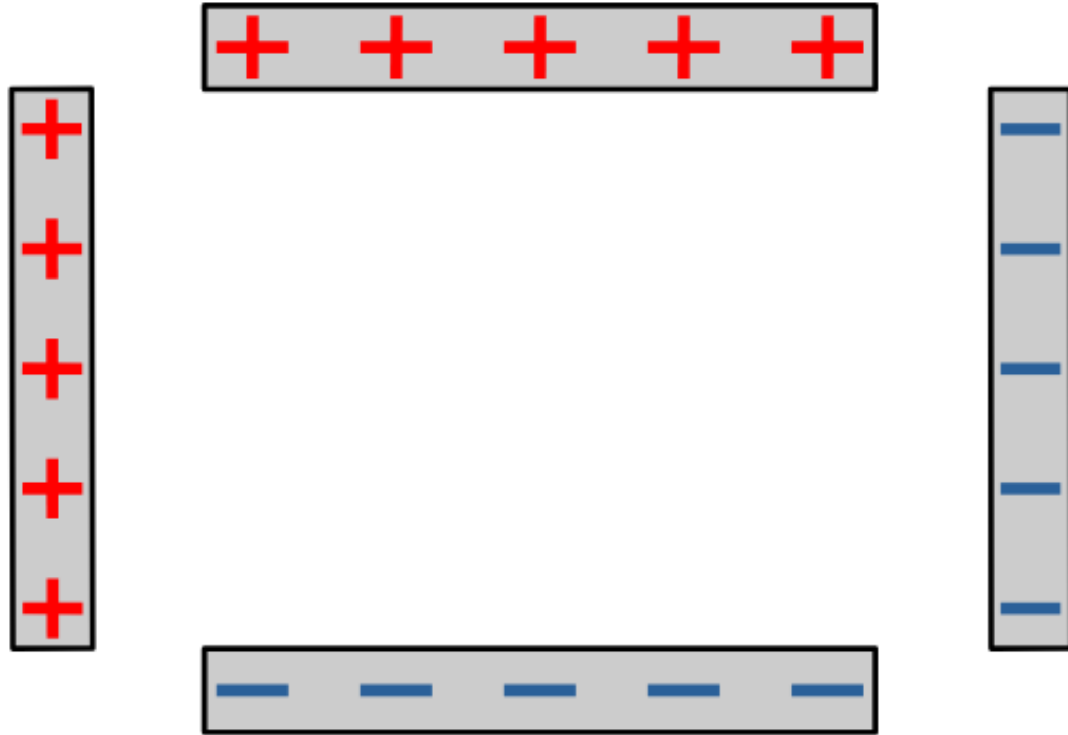
### Formel: Feldstärke im homogenen Feld des Plattenkondensators

$$E = \frac{U}{d}$$

mit U = Spannung und d = Plattenabstand

*In diesem Beispiel überlagern sich die Felder von zwei Plattenkondensatoren, die um 90° verdreht angeordnet sind, so dass sich ihre Felder kreuzen. An beiden Kondensatoren ist eine Spannung von 2000 V angelegt. Die senkrecht stehenden Platten haben einen Abstand von 8,0 cm, die waagrecht liegenden Platten von 5,0 cm. Berechne die einzelnen Feldstärken, stelle sie mit jeweils einem Pfeil dar und bestimme die Gesamtfeldstärke. Begründe, dass das Gesamtfeld homogen ist und zeichne ein Feldlinienbild.*

### Training: Superposition bei gekreuzten homogenen Feldern



### Selbst-Check:

- **Feldstärke, Definition und Herleitung**
- **Experiment**
- **Superposition von Feldern (geometr.)**

### Übungsmöglichkeiten:

Aufgaben hierzu gibt's auf Leifiphysik unter **Teilgebiet Elektrizitätslehre - Ladungen und elektrisches Feld - Überlagerung elektrischer Felder Aufgaben**. Gut passt "**Feldüberlagerung**". Mit dem **Quiz** kannst Du auch das vorige Kapitel wiederholen. Auch **Buchkapitel 1.2 und 1.3 jeweils Aufg. 1** passen sehr gut.