



Das elektrostatische Feld

Manfred Albach, «Elektrotechnik», Kapitel 1

227-0001-00L «Netzwerke und Schaltungen 1»

Woche 1



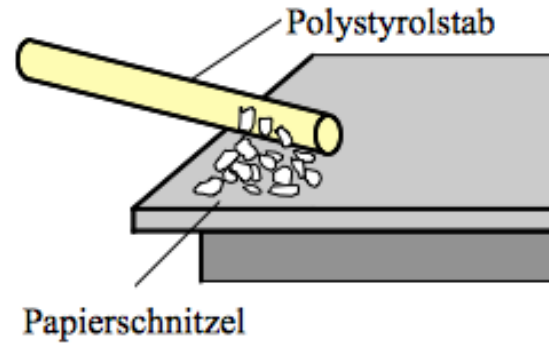
- Linien- und Flächenintegrale
- elektrostatische Kraft: Richtung und Amplitude
- Coulomb'sches Gesetz

Lernziele - Das elektrostatische Feld (1/3)

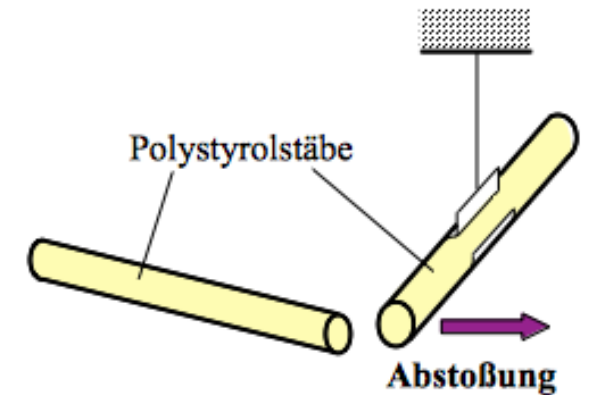
Nach dieser Woche (Lesen im Buch, Vorlesungsstunde, Übungsstunde sowie dem eigenständigen Lösen von Bonusaufgaben) werden Sie in der Lage sein:

- mithilfe des Coulomb'schen Gesetzes Kräfte auf Ladungen zu berechnen,
- den Begriff des «elektrischen Feldes» zu verstehen und zu erklären.

Grundlegende Experimente zu elektrischen Phänomenen



[<http://elektronik-kurs.net>]



Die elektrische Ladung

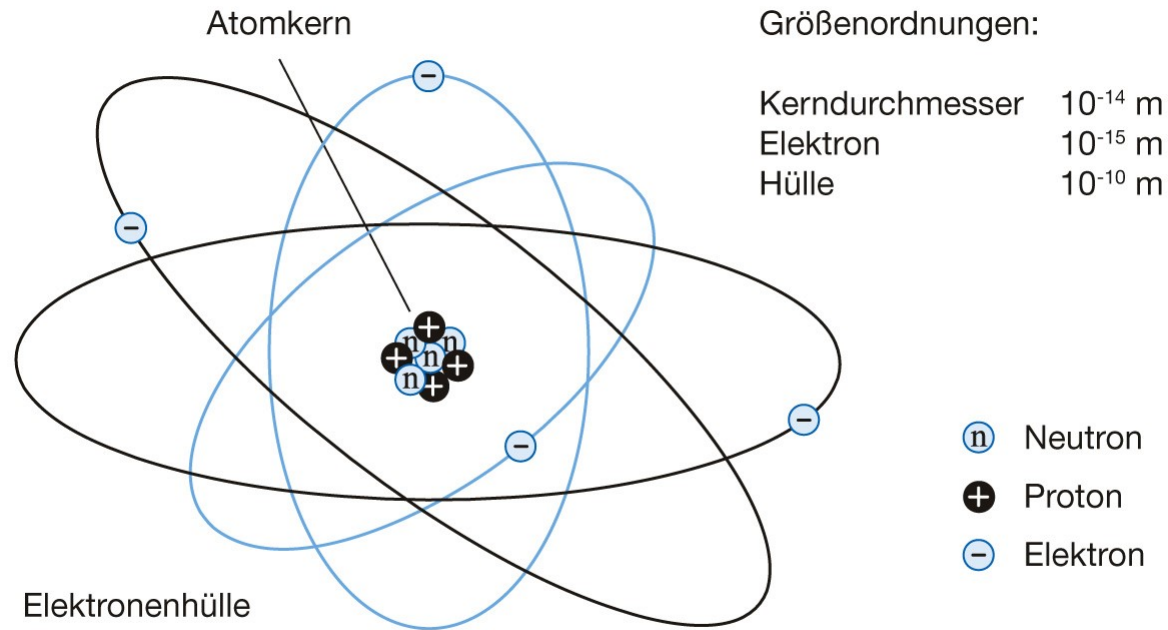
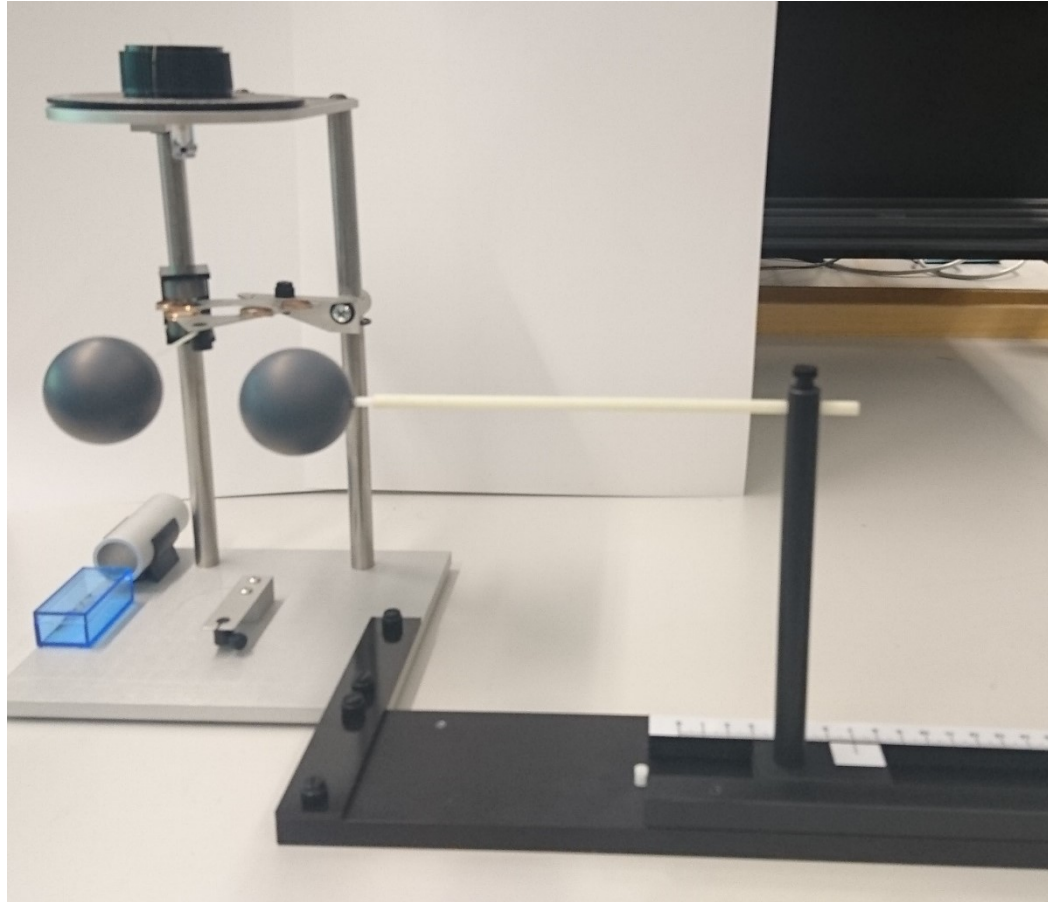


Abbildung 1.1: Bohr'sches Atommodell

$$e = 1,6021892 \cdot 10^{-19} \text{As}$$

Das Experiment mit der Coulomb'schen Drehwaage



Das Experiment gibt es auch auf dem YouTube-Kanal der ETH D-PHYS Vorlesungsexperimente. ([link](#))

Die elektrostatische Kraft

2 - elektrostatische Kraft

Mit der Coulombwaage haben wir die Kraft auf die Kugel ("Auslenkung") für einen ersten Abstand gemessen. Wenn wir den **Abstand halbieren**, was erwarten Sie für die Kraft ("intuitiv")?

- ☐ Die Kraft bleibt gleich.
- ☐ Die Kraft verdoppelt sich.
- ☐ Die Kraft halbiert sich.
- ☐ Die Kraft vervierfacht sich.
- ☐ Die Kraft viertelt sich.

1.2 Das Coulomb'sche Gesetz

$$F \sim \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \quad \rightarrow \quad F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$



[nationalmaglab.org]

Charles Augustin de Coulomb
(1736 - 1806)

1.2 Das Coulomb'sche Gesetz

$$\vec{F}_2 = \vec{e}_r \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \quad (1.2)$$

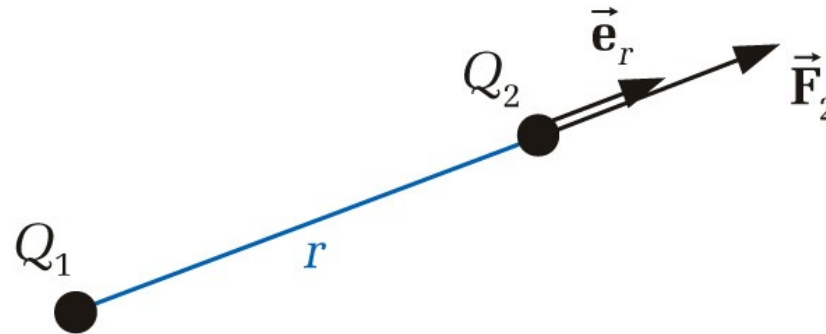


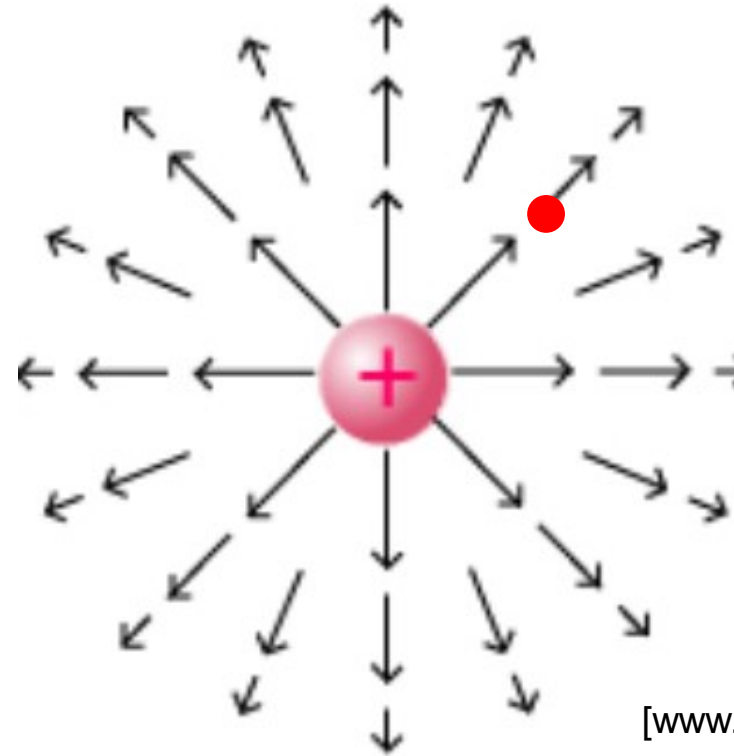
Abbildung 1.2: Zwei Punktladungen gleichen Vorzeichens

1.2 Das Coulomb'sche Gesetz – «Q₂ sei Probeladung»

$$\vec{F}_2 = \vec{e}_r \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \quad (1.2)$$

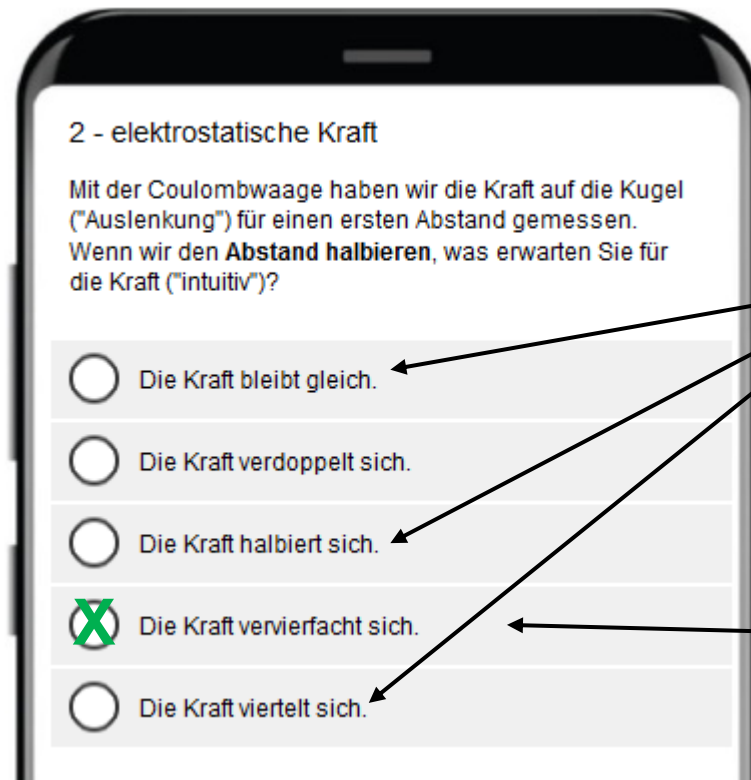
Zeigt immer radial
weg von Q₁
(«Kugelsymmetrie»)

Kraft nimmt mit Abstand
quadratisch ab.



[www.chegg.com]

Die elektrostatische Kraft



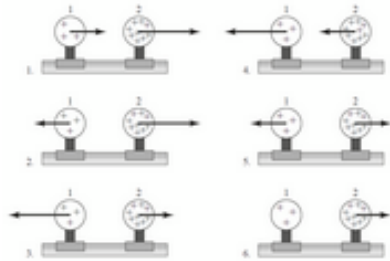
Kann «intuitiv» nicht sein

Coulomb-Gesetz $\sim 1/r^2$

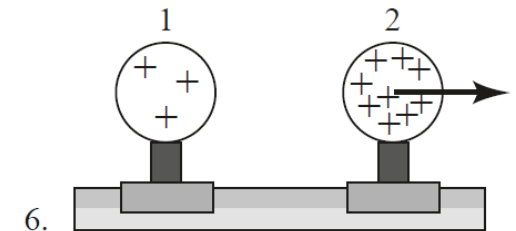
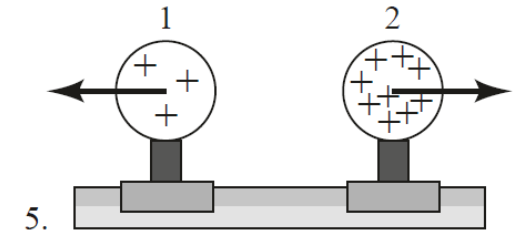
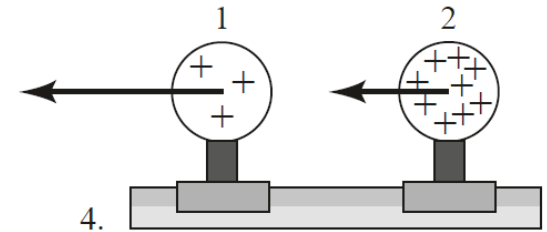
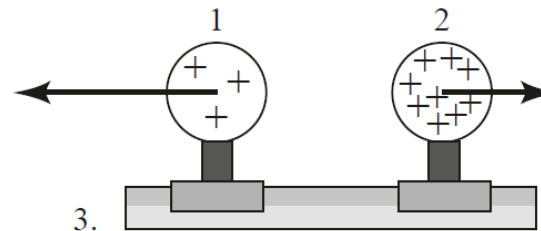
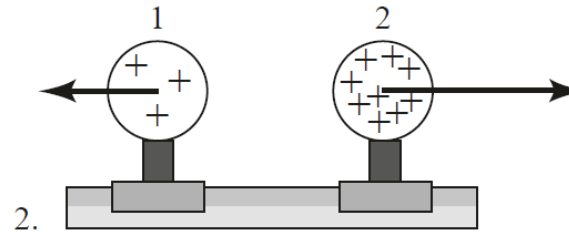
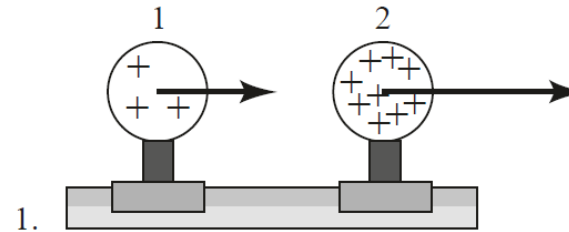


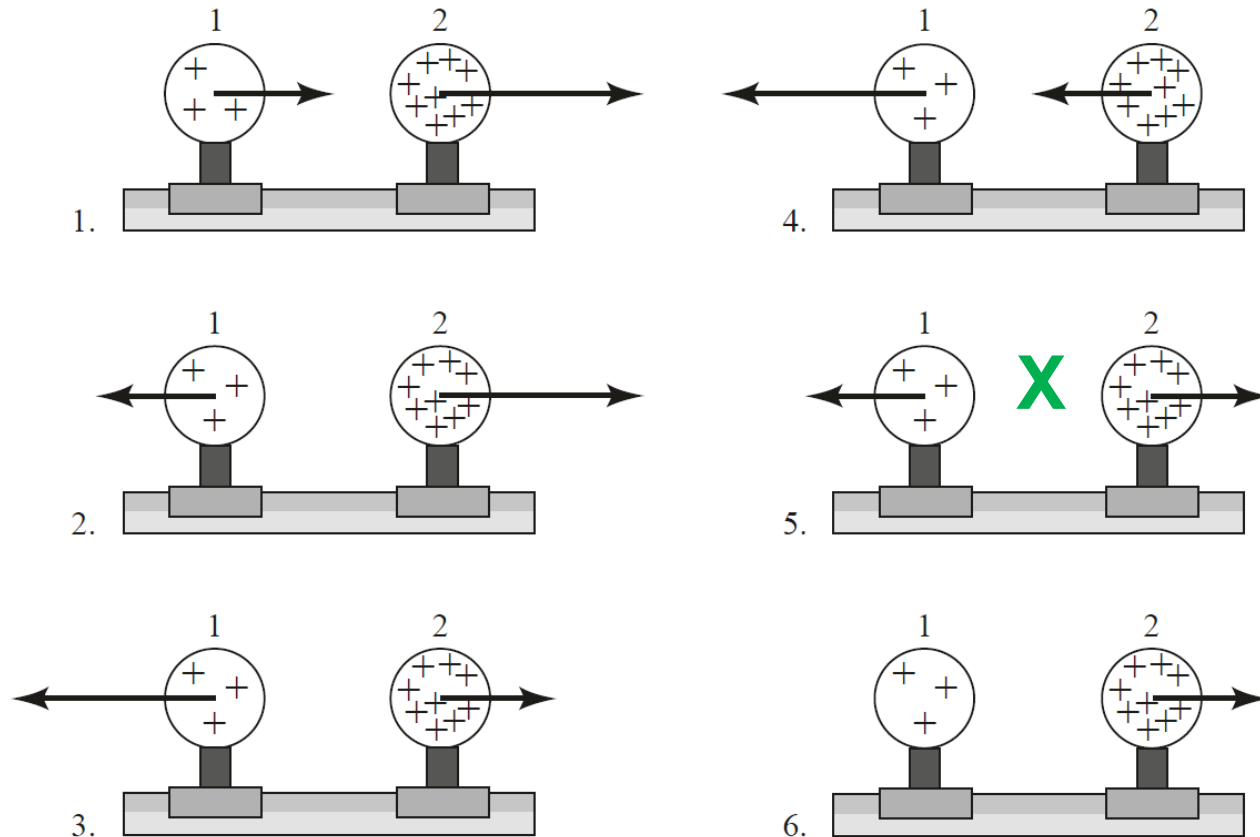
2 - Elektrostatische Kräfte

Zwei elektrisch homogen geladene Kugeln sind - elektrisch isoliert - jeweils fest mit einem reibungslosen Gleiter auf einer Luftkissenbahn verbunden. Die elektrische Ladung der Kugel 2 beträgt das Dreifache der elektrischen Ladung der Kugel 1. Welches der dargestellten Kräfte diagramme beschreibt Betrag und Richtung der elektrostatischen Kräfte zwischen den beiden Kugeln richtig?



- ☐ 1.
- ☐ 2.
- ☐ 3.
- ☐ 4.
- ☐ 5.





$$\vec{F}_2 = \vec{e}_r \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

- Gleichnamige Ladungen stoßen sich ab
Aufpassen mit Richtung Einheitsvektor \vec{e}_r
- Amplitude:
 - Abstand gleich
 - Produkt beider Ladungen gleich

1.3 Die elektrische Feldstärke

«Coulomb-Kraft» → Richtung und Stärke → vektorielle Grösse!



Frage:

Wie kann ohne direkten Kontakt und ohne stoffliches Medium eine Kraft «übertragen» werden?

Konzept:

Der eine Ladung umgebene Raum wird Träger einer physikalischen Eigenschaft: eines Feldes!

elektrische Feldstärke

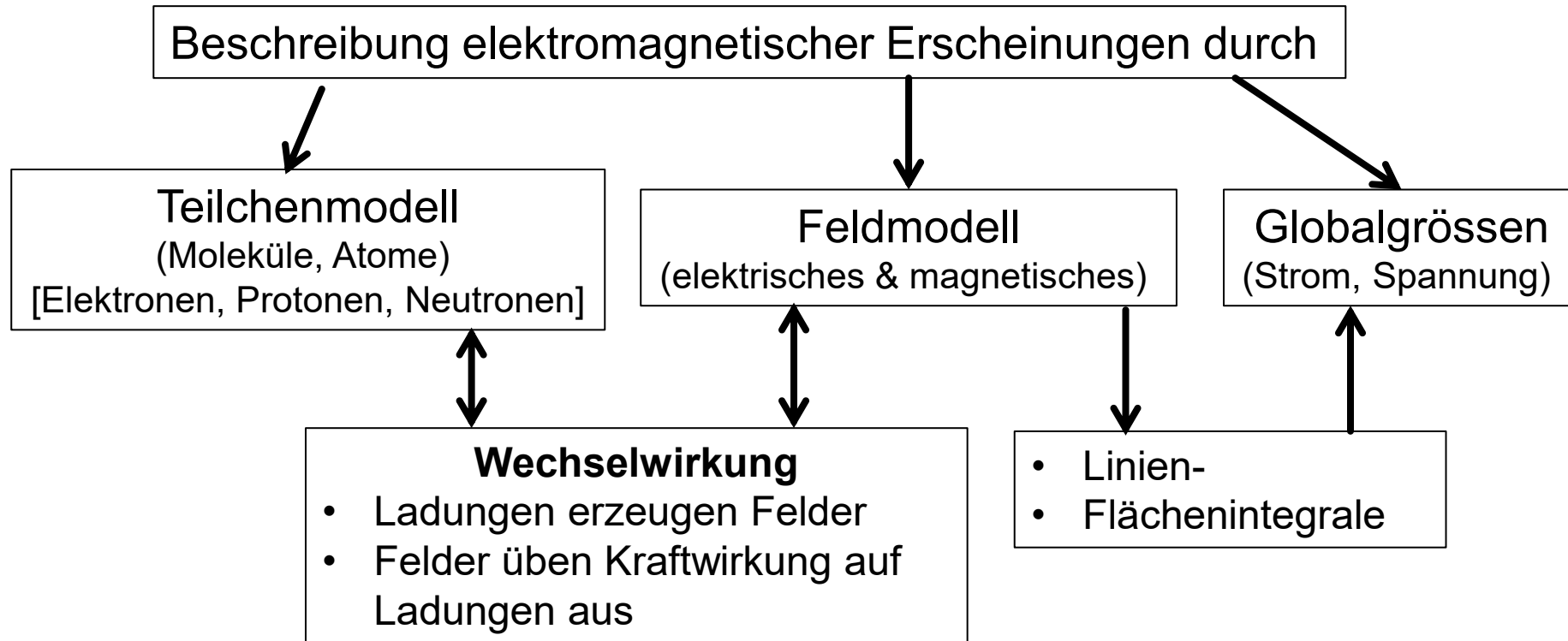
$$\vec{E}_1 = \frac{\vec{F}_2}{Q_2}$$

\vec{E} ist unabhängig von der Probeladung und wird elektrische Feldstärke genannt

$$[\vec{E}] = \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

Überblick behalten! → Vorschau

Verschiedene **Modell**vorstellungen.



[Paul, Grundlagen der Elektrotechnik 1]

Überblick Woche 1



Schlüsselkonzepte:

- Linien- und Flächenintegrale (Anhang C, Lernvideos #03 und #04 von EE4ETH)
- elektrostatische Kraft: Richtung und Stärke (Kap. 1.3)
- das Coulomb'sche Gesetz (Kap 1.2)

Lernziele:

- mithilfe des Coulomb'schen Gesetzes Kräfte auf Ladungen berechnen
 - den Begriff des "elektrischen Feldes" verstehen und erklären
-
- **Lernstoff zur Nachbereitung: Albach Kapitel 1.1 - 1.6**
 - **Mathematik Basiskurs (falls noch nicht absolviert)**

Aufgaben für Übungsstunde und zu Hause

Übungsstunde:

- Vektoren
- Integrale
- Koordinatensysteme

Zu Hause:

- Wiederholung «Vektorrechnung» und «Integralrechnung»
Brückenkurs und Lerntests, Anhang A
- Koordinatensysteme Anhang B
- Linien- und Hüllflächenintegrale Anhang C