

# Kapitel 14 - Statische elektrische Felder

Johannes Bilk  
me@talachem.de

May 7, 2016

## Contents

<b>14 Statische Elektrische Felder</b>	<b>2</b>
14.1 Elektrische Ladungen	2
14.1.1 Reibungselektrizität	2
14.1.2 Ladung ist eine skalare Gre	2
14.1.3 Quarks	4
14.1.4 Entdeckung und Bestimmung der Elementarladung	4
14.2 Kräfte zwischen Ladungen und das Coulomb-Gesetz	4
14.3 Potenzielle Energie einer Ladungsverteilung	4
14.4 Erzeugung el. Felder durch Ladungen	5
14.4.1 Feld einer Punktladung:	5

## 14 Statische Elektrische Felder

### 14.1 Elektrische Ladungen

→ Ab dem 17. Jahrhundert: Ursache für "elektrische Phänomene"; "neuartiger Stoff", elektrische Ladung

#### 14.1.1 Reibungselektrizität

- Zwei Arten von "elektrischen Zuständen" sind erzeugbar:
  - Gleichartige Zustände  $\implies$  Abstoung
  - Ungleichartige Zustände  $\implies$  Anziehung
- Charles Du Fay (1730): positiv/negativ elektrische Ladung
- Benjamin Franklin (1750): ber-/Unterschuss an "elektrischen Fluiden"
- Lichtenberg (1778): Zuordnung der Polarität

Hargummi stab: reiben mit Pelz, Wolle: -  
Glas, Plexiglas: reiben mit Seide: +

Reibezeug: entgegengesetzte Polarität  $\implies$  Ladungstrennung, nicht etwa Ladungserzeugung.

Grundsätzliches Messprinzip: Elektroskop:

- Elektrometer  $\rightarrow$  quantitative Messung
- "Löffeln"; d.h. portionsweise bertragung von Ladungen ist möglich
- Elektropendel:  $\implies$  periodisches Umladen eines "Kugelpendel"

#### 14.1.2 Ladung ist eine skalare Größe

Einheit 1C = 1 Coulomb, SI

- Zu jedem geladenen Elementarteilchen gibt es ein Elementarteilchen mit entgegengesetzter Ladung ( $\rightarrow$  Ladungssymmetrie)
- Die Gesamtladung eines abgeschlossenen Systems bleibt erhalten ( $\rightarrow$  Ladungserhaltung)
- Beispiel: Produktion eines  $e^+e^-$ -Paares;  $E_\gamma \geq 1,02 \text{ MeV}$

Nachweis: Blasenkammer im Magnetfeld:

Umkehrung: "Zerstrahlung" von Positronen;  $E = m \cdot c^2$

- Ladungsträger haben stets eine Masse
- Ladung kann nicht (im Gegensatz zur Masse) in Energie umgewandelt werden, bleibt auch bei Zerfallsprozessen erhalten.
- Quantisierung der Ladung: Alle in der Natur vorkommenden Ladungen sind ganzzahlige Vielfache der Elementarladung:  $e_0 := 1,602 \cdot 10^{-19} \text{C}$ ;  $1 \text{C} = 1 \text{AS}$

### Beispiele von Ladungen

- Neutral:  $\gamma, \nu, n$
- einfach geladen:  $e^-, e^+, p, \bar{p}$
- zweifach geladen:  $He_2(2^+, Z : 2)$

### 14.1.3 Quarks

**Seit 60er Jahre** Nukleonen bestehen aus Quarks, diese haben "drittelzahlige Ladungen"

Up-Quarks:  $u : +\frac{2}{3}e_0$

Down-Quarks:  $d : -\frac{1}{3}e_0$

Proton:  $2u + d : 1 \cdot e_0$

Neutron:  $u + 2d : 0 \cdot e_0$

Quarks treten immer in 2er- oder 3er- Kombinationen auf.

### 14.1.4 Entdeckung und Bestimmung der Elementarladung

Robert Andrews Millikan(1868-1953): Itrpfchenversuch (→ Anfängerpraktikum)

## 14.2 Kräfte zwischen Ladungen und das Coulomb-Gesetz

Charles-Augustin de Coulomb (1736-1806)

1785: Messung der Kraft zwischen zwei Ladungen als Funktion des Abstands mit Hilfe einer Torsionswaage

$$\vec{F}_{12} = f \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r_{12}^2} \cdot \frac{\vec{r}_{12}}{|\vec{r}_{12}|} = f \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r_{12}^2} \cdot \hat{r}_{12}$$

F ist definiert durch die Definition der Ladungseinheit:

Internationales Messsystem (SI):  $f = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

$$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \frac{(As)^2}{Nm^2}$$

ist Dielektrizitätskonste des Vakuums oder elektrische Feldkonstante

$Q_1 \cdot Q_2 > 0$  : Abstoung

$Q_1 \cdot Q_2 < 0$  : Anziehung

## 14.3 Potenzielle Energie einer Ladungsverteilung

...

## 14.4 Erzeugung el. Felder durch Ladungen

### 14.4.1 Feld einer Punktladung:

$$\begin{aligned}\vec{F} &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{|\vec{r}_{12}|^2} \cdot r\hat{12} \\ &= q_1 \cdot \underbrace{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_2}{|\vec{r}_{12}|^2}}_{\text{Feld von } q_2} \cdot r\hat{12} \\ &= q_1 \vec{E}(\vec{r})\end{aligned}$$