

## Elektrizitätslehre

- 1 Elektrostatik
- 2 der elektrische Strom
- 3 *Einschub: Passive Bauelemente und Netzwerke*
- 4 Magnetostatik
- 5 Elektromagnetische Felder
- 6 Elektromagnetische Wellen

## Optik (ab 21.05.2019)

-> Prof. Jan Benedikt

### Literatur Elektrizitätslehre (z.B.):

W. Demtröder, [Experimentalphysik 2](#), Springer, Heidelberg

L. Bergmann, C. Schäfer: Lehrbuch der Experimentalphysik,  
[Band 2: Elektromagnetismus](#), De Gruyter

D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, S.W. Koch, Halliday:  
[Physik, Bachelor Edition](#), Wiley VCH

P.A. Tipler, G. Mosca, J. Wagner: [Physik](#), Springer Berlin  
Heidelberg

Begriff der **elektrischen Ladung**

**Coulombsches Kraftgesetz**

Begriff des **elektrischen Feldes**

## Elektrizitätslehre

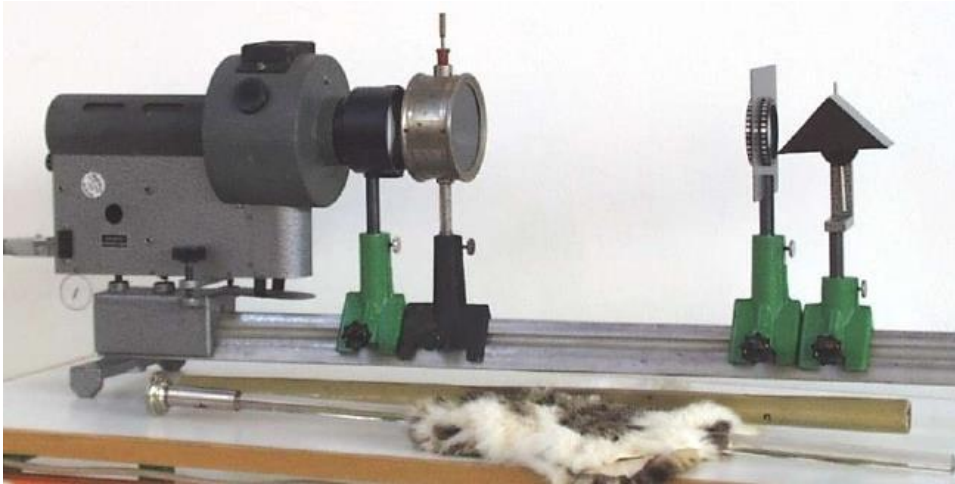
Physik **elektrischer** und **magnetischer** Phänomene

Elektrizität und Magnetismus basieren auf **einer**  
fundamentalen Wechselwirkung

**elektromagnetische** Wechselwirkung

geschlossene mathematische Beschreibung im Rahmen  
der **4 Maxwellgleichungen**

## 1.1 Elektrische Ladungen



*Demonstration: Ladungsnachweis  
mit Blättchenelektroskop*

- positive und negative Ladung
- Ladungserhaltung
- Einheit der Ladung  $Q$ :
- Quantisierung der Ladung:

$$[Q] = 1 \text{ Coulomb} = 1 \text{ C} = 1 \text{ As}$$

$$1e = 1.602177 \cdot 10^{-19} \text{ C (Elementarladung)}$$

*(Versuch von Millikan, 1910)*

### 1.1 Elektrische Ladungen

#### **Definition der Einheit Coulomb**

Ein Coulomb ist die Ladungsmenge, die durch den Querschnitt eines Drahtes, in dem ein elektrischer Strom der Stärke 1 Ampere fließt, innerhalb einer Sekunde fließt.

## 1.2 Kraftwirkung zwischen Ladungen

### Coulombsches Kraftgesetz

$$\vec{F}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{|\vec{r}|^2} \cdot \hat{r}$$

Dielektrizitätskonstante des Vakuums  $\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} A^2 s^4 kg^{-1} m^{-3}$

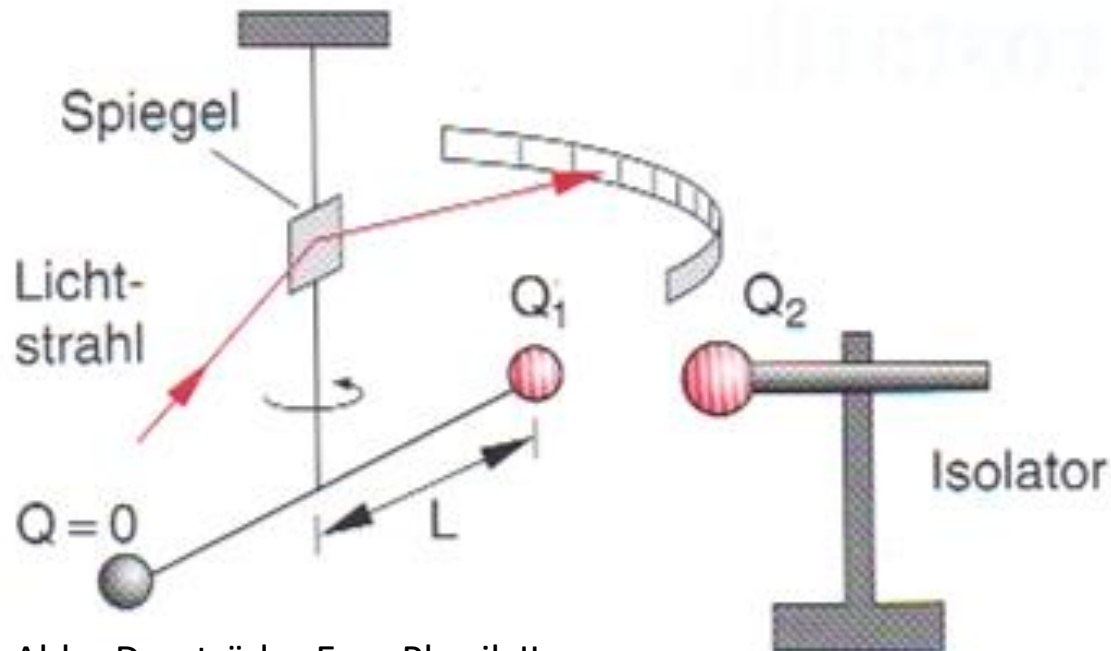


Abb.: Demtröder Exp.-Physik II

*Demonstration:  
Coulombwaage*

## 1.3 Elektrisches Feld und Potential

Elektrische Feldstärke  $\vec{E}(\vec{r})$  der Ladung  $Q$

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{\vec{F}(\vec{r})}{q} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{|\vec{r}|^2} \cdot \hat{r}$$

Einheit von  $\vec{E}$ :  $[\vec{E}] = 1 \text{ N/As} = 1 \text{ V/m}$

Elektrische Felder von Ladungsverteilung

*diskrete Ladungsverteilung:* 
$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \sum_i \frac{q_i}{|\vec{r}_i|^2} \cdot \hat{r}_i$$

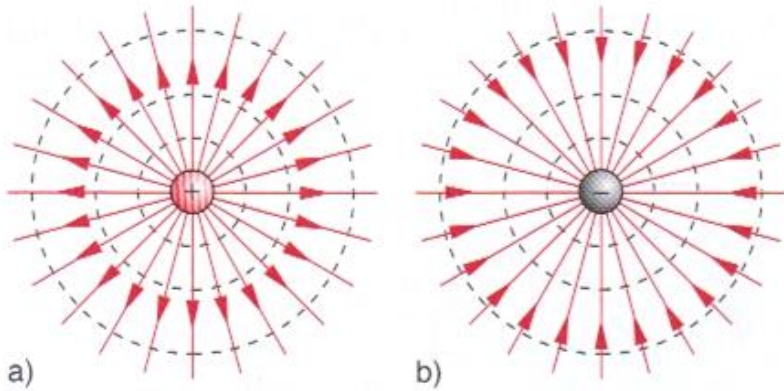
*kontinuierliche Ladungsverteilung:*

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \int \frac{1}{|\vec{R}-\vec{r}|^2} \cdot \frac{\vec{R}-\vec{r}}{|\vec{R}-\vec{r}|} \cdot \rho(\vec{r}) dV$$

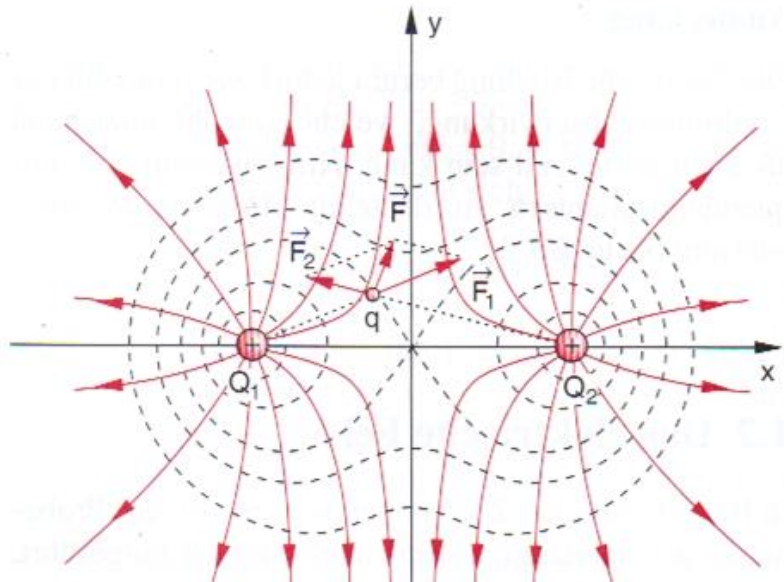


# 1. Elektrostatik

## Elektrische Feldlinien einzelne Punktladungen



## Überlagerung zweier Punktladungen



*Demonstration: elektrische Feldlinien mit van de Graaf Generator*

### **Folien zur Vorlesung als pdf-download**

<http://www.ieap.uni-kiel.de/lehre/vorlesungen/phy-ii/>

user: ruebennase

pswd: Zkn&!8

### **Übungsblätter als pdf-download unter:**

<http://www.ieap.uni-kiel.de/lehre/uebungen/phy-ii/>

user: ruebennase

pswd: Zkn&!8

# Wiederholung vom 08.04.2019

- Elektrische Ladungen
- Coulombsches Kraftgesetz
- Elektrische Feldstärke
- Superpositionsprinzip: Felder diskrete und kontinuierlicher Ladungsverteilungen
- Elektrische Feldlinien

# Themen heute

Beispiele:

- Kraftwirkung auf **elektrischen Dipol** im homogenen elektrischen Feld
- Elektrisches Feld einer homogenen Linienladung
- Elektrisches Feld innerhalb und außerhalb eines geladenen Plattenkondensators

Begriff des **elektrischen Flusses**

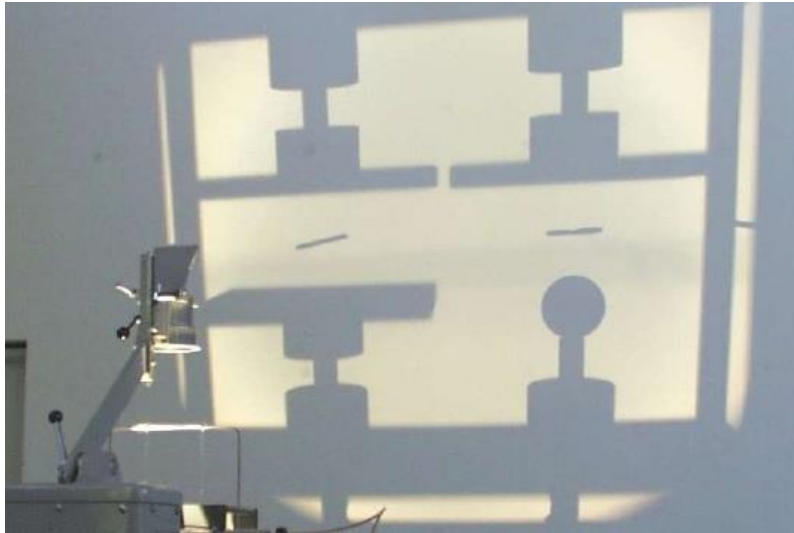
**Gaußscher Satz**

### Beispiele: elektrisches Feld und Ladungsverteilung

i) elektrischer Dipol im homogenen elektrischen Feld

⇒ elektrisches Dipolmoment:  $\vec{p} = q \cdot \vec{d}$

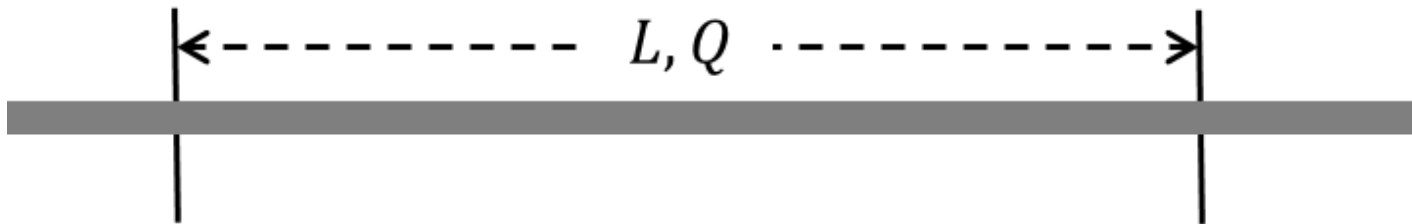
⇒ wirkendes Drehmoment:  $\vec{D} = \vec{p} \times \vec{E}$



*Demonstration:  
elektrischer Dipol im  
homogenen und  
inhomogenen  
elektrischen Feld*

## 1. Elektrostatik

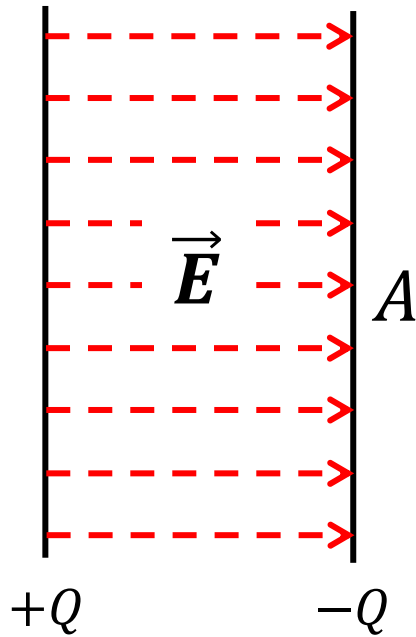
ii) elektrisches Feld einer homogenen Linienladung



$$\vec{E} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{\lambda}{r} \cdot \hat{r}$$

$\lambda = Q/L$  ...Linienladungsdichte

## iii) Elektrisches Feld eines Plattenkondensator



$$|\vec{E}| = \frac{1}{\epsilon_0} \sigma \text{ (im Inneren)}$$

$$\sigma = \frac{Q}{A} \dots \text{Flächenladungsdichte}$$



*Demonstration: elektrische Feldlinien im Plattenkondensator*

# Elektrischer Fluss und Gaußscher Satz

Definition elektrischer Fluss  $\phi_{el}$ :  $\phi_{el} = \int \vec{E} d\vec{F}$

## Gaußscher Satz

$$\oint \vec{E} d\vec{F} = \frac{1}{\epsilon_0} \int \rho(\vec{r}) dV$$

$$\Rightarrow \text{1. Maxwell-Gleichung} \quad \text{div} \vec{E} = \frac{1}{\epsilon_0} \rho(\vec{r})$$

Coulombgesetz, Gaußscher Satz und 1. Maxwell-Gleichung sind äquivalente mathematische Formulierungen