

Einführung in die Theoretische Physik II Elektrodynamik

Robi Banerjee
Hamburger Sternwarte
banerjee@hs.uni-hamburg.de

Allgemeine Informationen

Hamburger Sternwarte Bergedorf

Kontakt

- e-Mail: banerjee@hs.uni-hamburg.de
- phone: 8404

Allgemeine Informationen

- VL 2x wöchentlich: Di 15:45 - 16:45 + Do. 10:45 - 12:00
- wöchentliche Übungen: Do. 18:00 - 20:15
 - Raum:?
- Bonuspunkte mit Zwischenklausur
- Klausur: Do 13. Oktober, 10 - 13 Uhr
Do 28. Juli, 10 - 13 Uhr

Allgemeine Informationen

Literaturhinweise

- Folien via STINE und Web-Seite:

<http://www.hs.uni-hamburg.de/DE/Ins/Per/Banerjee>

- Skript: *Prof. Peter Schleper*

Theorie/Mathe:

- Griffiths
Elektrodynamik
- S. Großmann
Mathematischer Einführungskurs für die Physik
- Klaus Weltner
Mathematik für Physiker 1 & 2
- John D. Jackson
Klassische Elektrodynamik
- ...

Geplante Themen

- Vektoranalysis
 - partielle Ableitungen
 - grad, div, rot
- Krummlinige Koordinatensysteme
- Elektrostatik
 - Ladungsverteilung
 - Satz von Gauß
 - E-Felder
 - Coulomb Kraft
- Magnetostatik
 - Biot-Savart
 - Ampere Gesetz
 - Satz von Stokes
 - Lorentz Kraft
- Spezielle Relativitätstheorie
 - Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, RAUMZEIT
 - Lorentz Transformation
- Elektrodynamik
 - Maxwell-Gleichungen
 - EM-Wellen

Einheiten

- Maxwell-Gleichungen: **SI**-Einheiten

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{1}{\epsilon_0} \rho \quad \text{Gauß}$$

$$\nabla \times \mathbf{B} - \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} = \mu_0 \mathbf{j} \quad \text{Ampère-Maxwell}$$

$$\nabla \times \mathbf{E} + \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = 0 \quad \text{Faraday}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad \text{Quellfreiheit}$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{A}^2} \quad \text{Permeabilität}$$

$$\epsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 c^2} = \frac{10^7}{4\pi c^2} \frac{\text{C}^2}{\text{N s}^2} \quad \text{Dielektrizitätskonstante}$$

$$\approx 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N m}^2}$$

$$c \approx 2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

Lichtgeschwindigkeit

Einheiten

- E-Dynamik: **SI**-Einheiten

$$[\mathbf{E}] = \frac{\text{N}}{\text{C}} = \frac{\text{V}}{\text{m}} \quad \text{Elektrisches Feld}$$

$$[\mathbf{B}] = \frac{\text{N}}{\text{A m}} \equiv \text{T} \quad \text{Magnetfeld, magnetische Flussdichte}$$

$$[\rho] = \frac{\text{C}}{\text{m}^3} \quad \text{Ladungsdichte}$$

$$[\mathbf{j}] = \frac{\text{C}}{\text{m}^3} \frac{\text{m}}{\text{s}} = \frac{\text{C}}{\text{m}^2 \text{s}} = \frac{\text{A}}{\text{m}^2} \quad \text{Stromdichte}$$

abgeleitete Einheiten:

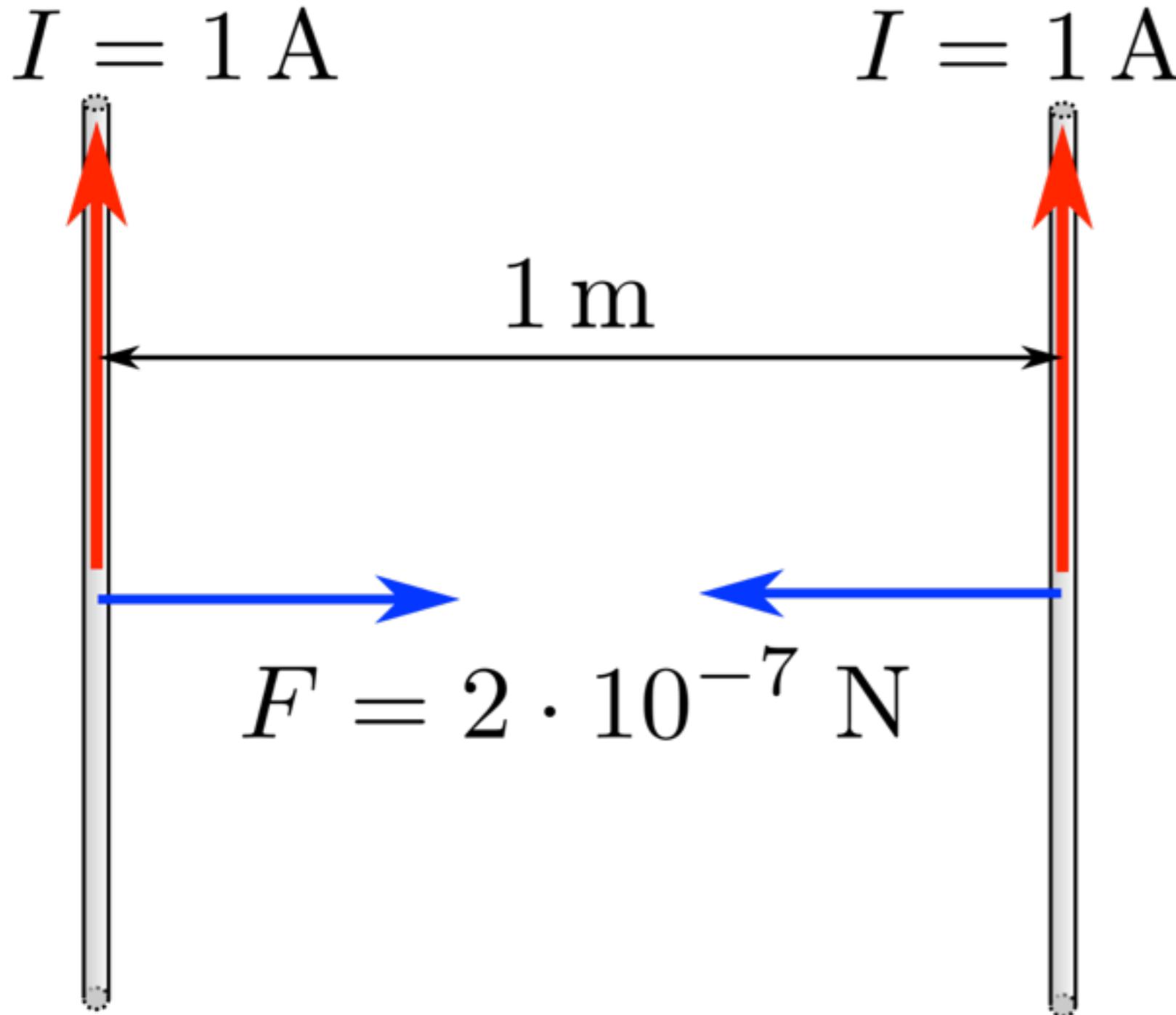
$$1 \text{ C} = 1 \text{ As}$$

$$1 \text{ V} = 1 \text{ W/A} = 1 \text{ Nm/As} = 1 \text{ Nm/C}$$

Elementarladung/Ladung eines Elektrons:

$$e \approx 1.6022 \times 10^{-19} \text{ C} \quad (e^- = -e)$$

Einheiten



Das **Ampere** ist die Stärke eines konstanten elektrischen Stroms, der, durch zwei parallele, geradlinige, unendlich lange und im Vakuum im Abstand von 1 Meter voneinander angeordnete Leiter von vernachlässigbar kleinem, kreisförmigen Querschnitt fließend, zwischen diesen **Leitern je 1 Meter Leiterlänge die Kraft 2×10^{-7} Newton hervorrufen** würde.

(PTB das SI, 2007)

Einheiten

- **Gauß-cgs**-Einheiten: *natürliches Einheitensystem*

$$\begin{aligned}\nabla \cdot \mathbf{E} &= 4\pi \rho \\ \nabla \times \mathbf{B} - \frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} &= \frac{4\pi}{c} \mathbf{j} \\ \nabla \times \mathbf{E} + \frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} &= 0 \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0\end{aligned}$$

$$c \approx 2.998 \times 10^{10} \text{ cm s}^{-1}$$

Einheiten

- **Gauß-cgs**-Einheiten: *natürliches Einheitensystem*

$$[\mathbf{E}] = [\mathbf{B}] \quad \mathbf{E} \text{ und } \mathbf{B} \text{ haben gleiche Einheiten}$$

$$[\mathbf{B}] = \text{G} = \text{Gauß}$$

$$[\mathbf{B}^2] = \frac{\text{erg}}{\text{cm}^3} = \text{Energiedichte}$$

$$[\rho] = \frac{\text{G}}{\text{cm}} = \frac{\text{esu}}{\text{cm}^3}$$

$$[\mathbf{j}] = \frac{\text{G}}{\text{s}} = \frac{\text{esu}}{\text{cm}^2 \text{s}}$$

Einheiten

- **Gauß-cgs**-Einheiten: *natürliches Einheitensystem*

- Basiseinheiten: **cm – g – s**

mit $1 \text{ G} = 10^{-4} \text{ T}$

- abgeleitete Einheiten:

$$1 \text{ erg} = 1 \text{ g} \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}}\right)^2 = 10^{-7} \text{ kg} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 10^{-7} \text{ J} \quad \text{Energie}$$

$$1 \text{ dyn} = 1 \text{ g} \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} = 10^{-5} \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 10^{-5} \text{ N} \quad \text{Kraft}$$

$$1 \text{ esu} = 1 \sqrt{\text{dyn cm}} = 1 \left(\text{g} \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}\right)^{1/2} = 10 \left(\frac{c}{\text{cm s}^{-1}}\right)^{-1} \text{ C} \approx 3.336 \times 10^{-10} \text{ C} \quad \text{Ladung}$$

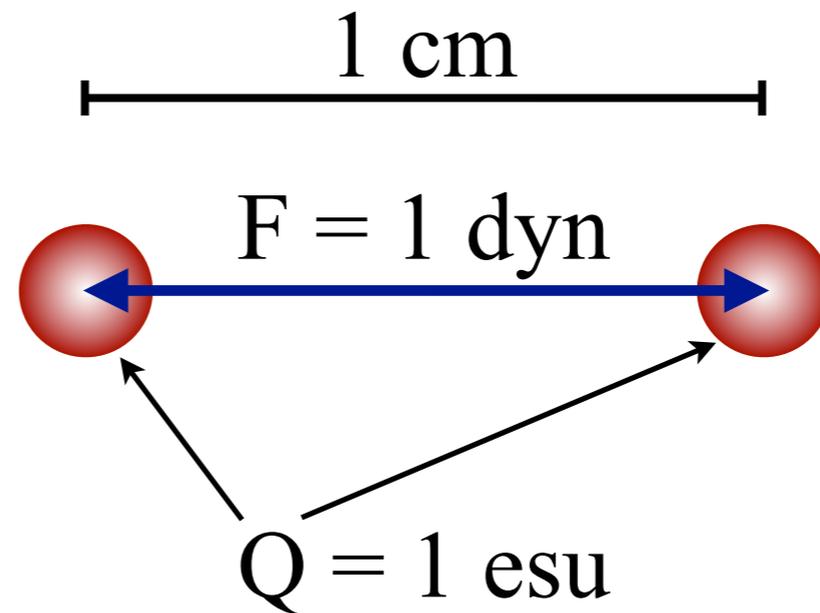
$$1 \text{ statA} = 1 \text{ esu/s} \approx 3.336 \times 10^{-10} \text{ A} \quad \text{Strom}$$

$$1 \text{ statV} = 1 \text{ dyn cm esu}^{-1} \approx 300 \text{ V} \quad \text{Potential}$$

- $1 \text{ esu} = 1 \text{ Fr (Franklin)} = 1 \text{ statC (Statcoulomb)}$
- Elementarladung: $e \approx 4.803 \times 10^{-10} \text{ esu}$

Einheiten

- **Gauß-cgs**-Einheiten: *natürliches Einheitensystem*
- 1 esu = 1 Fr (Franklin) = 1 statC (Statcoulomb)
- Definition via Kraft:



$$\begin{aligned} F &= \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \\ &= \left(\frac{Q}{1 \text{ esu}} \right)^2 \left(\frac{r}{1 \text{ cm}} \right)^2 \text{ esu}^2 \text{ cm}^{-1} \equiv 1 \text{ dyn} \end{aligned}$$

Die Einheit Franklin ist so definiert, dass gilt: Für zwei Körper im Abstand 1 cm, die beide die Ladung 1 Franklin tragen, beträgt die Abstoßungskraft 1 dyn.