

---

# Tutorium SS 19

---

Jan Herdieckerhoff und Mirjam Bourgett

**April 2019**

## E-Mailadressen

- [mirjam.bourgett@tu-dortmund.de](mailto:mirjam.bourgett@tu-dortmund.de)
- [jan.herdieckerhoff@tu-dortmund.de](mailto:jan.herdieckerhoff@tu-dortmund.de)

## Lurzfragen

- Nenne 5 Eigenschaften von Feldlinien und ihr Bedeutung.
- Wie sieht das Feld außen aus? Gibt es ein Feld außen?

## Lurzfragen

- Nenne 5 Eigenschaften von Feldlinien und ihr Bedeutung.
- Wie sieht der Feldlinienverlauf bei einer metallischen Hohlkugel mit Radius  $R$  aus in der sich eine Ladung  $Q$  bei  $R/2$  befindet?
- Wie sieht das Feld außen aus? Gibt es ein Feld außen?

## Lurzfragen

- Nenne 5 Eigenschaften von Feldlinien und ihr Bedeutung.
- Wie sieht der Feldlinienverlauf bei einer metallischen Hohlkugel mit Radius R aus in der sich eine Ladung Q bei R/2 befindet?
- Wie sieht das Feld außen aus? Gibt es ein Feld außen?
- Was ist DIE Aussage vom Gaußschen Gesetz für Magnetfelder also:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$$

## Lurzfragen

- Nenne 5 Eigenschaften von Feldlinien und ihr Bedeutung.
- Wie sieht der Feldlinienverlauf bei einer metallischen Hohlkugel mit Radius R aus in der sich eine Ladung Q bei R/2 befindet?
- Wie sieht das Feld außen aus? Gibt es ein Feld außen?
- Was ist DIE Aussage vom Gaußschen Gesetz für Magnetfelder also:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$$

- Was könnte man als analoges Gesetz zum Coulombgesetz der Elektrostatik in der Magnetostatik nennen?

## Kurzfragen

- Erkläre für deine Eltern tauglich die Größen Gradient, Divergenz und Rotation.

## Kurzfragen

- Erkläre für deine Eltern tauglich die Größen Gradient, Divergenz und Rotation.
- Was sagt das Faradaysche Induktionsgesetz aus?



## Kurzfragen

- Erkläre für deine Eltern tauglich die Größen Gradient, Divergenz und Rotation.
- Was sagt das Faradaysche Induktionsgesetz aus?
- Wie kann sich der magnetische Fluss ändern?

## Kurzfragen

- Erkläre für deine Eltern tauglich die Größen Gradient, Divergenz und Rotation.
- Was sagt das Faradaysche Induktionsgesetz aus?
- Wie kann sich der magnetische Fluss ändern?
- Was ist die Ursache für den Verschiebungsstrom?

## Aufgabe 1 - Divergenz, Rotation und Gradient

Gegeben sei der allgemeine Ortsvektor  $\vec{r}$  mit  $r := |\vec{r}|$  und  $r > 0$ . Berechnen Sie:

(a)  $\vec{\nabla}(x^2 + xz - z^2 + 3xyz)$

(b)  $\vec{\nabla} \cdot [20xz - 2x^2 + 8x, 2e^z - 1 + y(\sin^2(xyz) + \{e^{xyz} + i^3 \sin(xyz)\}^2), \ln(y^7) + 46xz + 33z + 11z^2]^\top$

(c)  $\vec{\nabla} \times (2y - 4, 4z, x^2 + y^2 + z^2)^\top$

(d)  $\vec{\nabla} r$

(e)  $\vec{\nabla} \times \vec{r}$

(f)  $\vec{\nabla} \cdot \vec{r}$

(g)  $\vec{\nabla} \frac{1}{r}$

(h)  $\vec{\nabla} \cdot (\frac{1}{r^2} \vec{e}_r)$

## Aufgabe 2 - Durchschlagfeldstärke von Luft

Bei der Durchschlagfeldstärke von ca.  $3 \cdot 10^6 \text{ V/m}$  werden freie Elektronen in der Luft so stark beschleunigt, dass sie umgebende Moleküle ionisieren. Die Luft wird dadurch leitfähig.

- (a) Wie viel Ladung kann auf einer Kugel mit einem Durchmesser von 20 cm maximal gesammelt werden, bevor an ihrer Oberfläche die Durchschlagfeldstärke erreicht wird?
- (b) Stellen Sie sich einen Gewitterblitz als gerade, beliebig dünne Linie mit konstanter linearer Ladungsdichte (Ladung pro Länge) vor. In welchem Radius würde er die Luft ionisieren, wenn seine Ladungsdichte  $\lambda = 1 \cdot 10^{-3} \text{ C/m}$  betragen würde?

### Aufgabe 3 - Elektrische Ladung der Erde

Nahe der Erdoberfläche kann ein elektrisches Feld nachgewiesen werden. Es ist vertikal nach unten gerichtet und beträgt im Mittel  $150 \text{ N/C}$  (mit starken zeitlichen und örtlichen Schwankungen).

- (a) Berechnen Sie mithilfe des Gaußschen Gesetzes die durchschnittliche Flächenladungsdichte an der Erdoberfläche, wenn man die Erde als leitende Kugel auffasst.
- (b) Wie groß wäre demnach die Gesamtladung der Erde (mittlerer Erdradius  $r_E = 6371 \text{ km}$ )?
- (c) Zwei Kugeln der Masse  $100 \text{ g}$  werden aus einer Höhe von  $2 \text{ m}$  fallengelassen. Eine ist elektrisch neutral, die andere trägt eine Ladung von  $+100 \mu\text{C}$ . Welche Kugel fällt schneller und um wie viel unterscheidet sich die Fallzeit? Vernachlässigen Sie den Luftwiderstand.

## Aufgabe 4 - Gewitterwolke

Eine Gewitterwolke mit  $17 \text{ km}^2$  Gesamtfläche schwebt in 900 m Höhe über der Erdoberfläche. Die Wolke bildet zusammen mit der Erdoberfläche einen Plattenkondensator.

- (a) Berechnen Sie die Kapazität dieses Plattenkondensators (die begrenzende Fläche auf der Erde sei gleich der Wolkenfläche).
- (b) Wie groß kann die Ladung der Gewitterwolke werden, bis sich der Kondensator über einen Blitz entlädt? Die Durchschlagsfeldstärke von Luft beträgt  $3 \cdot 10^6 \text{ V/m}$ .
- (c) Der Kondensator wird, wenn er die kritische Spannung erreicht, durch einen Blitz vollständig entladen. Welcher mittlere Strom in Ampere ( $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$ ) fließt zur Erde, wenn der Blitz 1 ms dauert?