

# Übungsblatt ED 4

## E2/E2p Elektrodynamik, Prof. Braun, SoSe 2020

### Magnetfelder, Lorentzkraft, Vektorpotential, Induktionsgesetz, Transformator

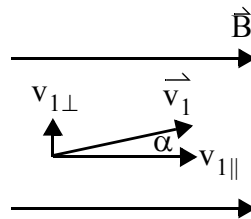
#### Mündliche Aufwärmfragen: Haben Sie gut aufgepaßt?

Was ist das Biot-Savart'sche Gesetz? Definition des magnetischen Dipolmoments? Drehmoment eines magnetischen Dipols im Magnetfeld? Definition des Vektorpotentials? Geben Sie eine Formulierung des Induktionsgesetzes. Warum ziehen sich gleichgerichtete Ringströme an? Warum stoßen sie sich zusätzlich ab, wenn einer der Ringströme erhöht wird? Wie funktioniert ein Transformator?

#### Aufgaben zum Vorrechnen

##### 1. (mittel) Geladenes Teilchen im Magnetfeld

Ein Elektron startet von einem Punkt in einem homogenen Magnetfeld der Flussdichte  $\vec{B}$  mit einer Geschwindigkeit  $v_1 \ll c$ . Sein Geschwindigkeitsvektor und die Feldlinienrichtung schließen dabei den Winkel  $\alpha$  ein.



- Beschreiben Sie qualitativ und quantitativ die Bahn des Elektrons im Magnetfeld.
- Ein zweites Elektron mit einer Geschwindigkeit  $v_2$  ( $v_{2\perp} = 2v_{1\perp}$ ,  $v_{2\parallel} = v_{1\parallel}$ ) startet vom selben Ausgangspunkt wie das erste Elektron unter einem neuen Winkel  $\beta$  dieses homogene Magnetfeld. Nach welcher Zeit und welcher Strecke treffen die beiden Elektronen wieder zusammen?

##### 2. Hall-Effekt und Magnetohydrodynamischer Generator (mittel)

Mit einem sogenannten Magnetohydrodynamischen Generator (MHDG) kann man direkt Strom aus dem gerichteten Plasma einer Verbrennung gewinnen (z.B. [http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetohydrodynamic\\_generator](http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetohydrodynamic_generator)). Das Funktionsprinzip ist weitgehend analog zum Hall-Effekt und basiert auf der Lorentzkraft, welche frei bewegliche Ladungsträger im bewegten Plasmastrom durch ein äußeres Magnetfeld erfahren. Faraday hat sich 1832 überlegt, ob man damit nicht direkt elektrische Energie aus einem Fluß (z.B. Rhein, Donau) gewinnen könnte. Dazu seien zwei Elektroden im Abstand von 300m an gegenüberliegenden Ufern angebracht. Der Fluß habe eine homogene Flußgeschwindigkeit von 18km/h. Die senkrechte Erdmagnetfeldkomponente beträgt in Europa etwa  $10^{-5}\text{T}$ .

- Welche Spannung wird man unter diesen Voraussetzungen an den Elektroden maximal messen (Innenwiderstand vernachlässigt)?
- Worin liegt der Unterschied der Spannungsgeneration zwischen dem Hall-Effekt und dem MHDG?

### 3. Ampère aus Biot-Savart (mittel)

Wenden Sie das Biot-Savart'sche Gesetz für einen geraden, ausgedehnten Leiter an. Aus dem Durchflutungsgesetz folgt für das Magnetfeld im Abstand  $r_0$  vom Leiter:

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi r_0} I \quad (1)$$

(a) Wenn Sie ganz naiv das Biot-Savart Gesetz

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I d\vec{l} \times \hat{r}}{4\pi r^3} \quad (2)$$

ansetzen, könnten Sie haarscharf schließen, daß allerdings  $B = (\mu_0 I)/(4\pi r_0^2)$ . Welche 3 Dinge (oder mehr?) würden Sie dabei falsch machen?

(b) Integrieren Sie ordentlich über die Drahtlänge  $\vec{dl}$  indem Sie die Geometrie des Kreuzproduktes berücksichtigen. Sie sollten dann (1) aus (2) herleiten können.