

Übungsgruppenleiter: Markus Belau, Richard Rau, Jörg Roller,  
Wolfgang Scheffer, Moritz Schlötter, Lukas Siedentop

**Übungen zu Experimentalphysik II**  
**für Studierende der Biologie und der Sportwissenschaft**  
**Blatt 04**

**Aufgabe 1: Gradient (leichter als man denkt)**

Ihnen ist eine Funktion  $f(r) = \frac{1}{r}$  gegeben.

- a) Berechnen Sie den Gradienten dieser Funktion! Hinweis: Der Gradient ist definiert als  $\text{grad} = \vec{\nabla} = \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z}\right)$  und  $r$  ist der absolute Betrag des Ortsvektors  $\vec{r}$  ( $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ ), d.h. Sie müssen die einzelnen Komponenten partiell differenzieren.
- b) Das Coulombpotential ist gegeben durch  $V_C = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$ . Wendet man nun den Gradienten auf dieses Potential an, so erhalten Sie ein Ihnen aus der Vorlesung bekanntes Gesetz. Was ergibt sich, wenn Sie ein Potential ableiten?
- c) Neben dem Gradienten gibt es noch weitere Differentialoperatoren wie die Divergenz. Erkundigen Sie sich wie diese mathematisch definiert ist und besprechen Sie gemeinsam in der Übung deren Bedeutung in der Elektrostatik (Diskussion in der Übungsgruppe, keine schriftliche Bearbeitung).<sup>1</sup>

**Aufgabe 2: Widerstand**

Der Anlasser eines Bootsmotors wird mit 12V betrieben, und zieht 24A Strom.

- a) Welchen Widerstand kann man dem Anlasser zuordnen?
- b) Wie viel Strom fließt, wenn man den Anlasser versehentlich an das 24V Verbrauchernetz des Bootes anschließt?
- c) Warum haben die Stromzuleitungen zu einem Anlasser immer einen so großen Querschnitt?

**Aufgabe 3: Weidezaun / Ohmsches Gesetz**

Eine Kuh beißt aus Versehen in einen elektrischen Weidezaun mit einer Spannung von 4 kV. Durch die Kuh fließt insgesamt ein Strom von 0,5 mA.

- a) Berechnen Sie den Ohmschen Widerstand des Tieres!
- b) Wie groß ist die elektrische Leistung?
- c) Wie kann man sich erklären, dass ein Stromschlag aus dem Hausnetz mit 230 V tödlich sein kann, ein Schlag vom Weidezaun mit 4 kV aber nicht?

---

<sup>1</sup>Ein weiterer Differentialoperator ist die Rotation, welche erst in der *Elektrodynamik* und bei Magnetfeldern an Bedeutung gewinnt und deswegen hier nicht genauer beachtet werden soll.

#### Aufgabe 4: Birnensalat

Das Fernlicht im Scheinwerfer eines Autos, das am Bordnetz (12 Volt) angeschlossen ist, habe eine Leistung von 60 Watt pro Glühbirne (beide Birnen sind parallel geschaltet). Zeichnen Sie in den Teilaufgaben a)-c) jeweils das zugehörige (Ersatz-) Schaltbild!

- a) Wie groß ist der Strom durch eine Glühbirne und welchen Widerstand hat sie? Wie groß ist der Gesamtwiderstand der Schaltung und die gesamte umgesetzte Leistung in beiden Glühbirnen zusammen?
- b) Nun soll der Innenwiderstand der Autobatterie berücksichtigt werden, welcher  $0,05 \Omega$  beträgt. Wie groß ist nun der Strom durch eine Glühbirne und die umgesetzte Leistung in dieser Glühbirne?
- c) Eine der Glühbirnen brennt durch. Begründen Sie, ob die verbleibende Glühbirne heller oder dunkler leuchtet!

#### Aufgabe 5: Zitteraal / Reihen- und Parallelschaltung

Um das Phänomen der organischen Elektrizität zu untersuchen, ließ Humboldt in einem Wassertümpel in den Llanos von Venezuela Zitteraale fangen. Auf Anraten der Indianer sollten die Fische mit Pferden und Maultieren ermattet werden. „Ich erinnere mich nicht, je durch die Entladung einer Leidner Flasche eine so furchtbare Erschütterung erlitten zu haben wie die, als ich unvorsichtigerweise beide Füße auf einen Gymnotus setzte, der eben aus dem Wasser gezogen worden war. Ich empfand den ganzen Tag heftigen Schmerz in den Knien und fast in allen Gelenken.“ Alexander von Humboldt. So geht Wissenschaft!

Das elektrische Organ des Zitteraals besteht aus „Zellen“, die jeweils eine Spannung von  $0,15\text{V}$  liefern und einen Widerstand von  $0,25 \text{ Ohm}$  haben. Von diesen „Zellen“ sind rund 5000 hintereinander zu einem „Strang“ geschaltet. Es gibt rund 140 dieser „Stränge“ parallel nebeneinander.

- a) Zeichnen Sie ausschnittsweise eine Schaltskizze des Aals!
- b) Wie groß ist die Spannung zwischen den Enden eines einzelnen Strangs?
- c) Wie groß ist die gesamte Spannung zwischen den Enden der 140 parallelen Stränge,  $V_{Aal}$ ?
- d) Wie groß ist der Widerstand eines Strangs?
- e) Wie groß ist der Gesamtwiderstand der 140 parallelen Stränge ( $R_{Aal}$ )?
- f) Berechnen Sie den Strom, der durch das umgebende Wasser aussen vom Kopf zum Schwanz des Aals fließt, wenn der Gesamtwiderstand des stromdurchflossenen Wassers  $R_{Wasser} = 800\Omega$  beträgt (dies entspricht dem spezifischen Widerstand  $\rho$  integriert über das durchflossene Volumen)! Zeichnen Sie dazu eine vereinfachte Skizze des Stromkreises mit drei Komponenten, die Sie oben berechnet haben: - eine einzige Spannungsquelle mit Spannung  $V_{Aal}$  (alle Stränge zusammengefasst) - dem Gesamtwiderstand der Stränge  $R_{Aal}$  - dem Wasserwiderstand  $R_{Wasser}$ .