

# Physik Methoden

## Übungsaufgaben zu Kapitel 9 „Erhaltungsgrößen und Bilanzen“

Christian Hettich, Bernd Jödicke, Jürgen Sum

11. APRIL 2024

In diesem Dokument finden Sie Aufgaben zum [Kapitel 9 „Erhaltungsgrößen und Bilanzen“](#) aus unserem Buch [Physik Methoden](#). Wenn Sie die PDF-Datei des Buchs ins gleiche Verzeichnis wie diese Datei hier legen und Sie die PDF-Datei des Buchs in „Physik-Methoden-2023.pdf“ umbenennen, können Sie mit den grünen Links in den meisten PDF-Programmen direkt an die passende Stelle im Buch springen.

### Inhaltsverzeichnis

<b>1 Aufgaben</b>	<b>1</b>
1.a Strom, Stromstärke und Stromdichte . . . . .	1
1.b Erhaltungsgrößen . . . . .	2
<b>2 Hinweise</b>	<b>3</b>
2.a Strom, Stromstärke und Stromdichte . . . . .	3
2.b Erhaltungsgrößen . . . . .	4
<b>3 Lösungen</b>	<b>5</b>
3.a Strom, Stromstärke und Stromdichte . . . . .	5
3.b Erhaltungsgrößen . . . . .	6

## 1 Aufgaben

### 1.a Strom, Stromstärke und Stromdichte

#### A<sup>1</sup> Aufgabe: Stromknoten

zu [Abschnitt 9.3.e](#):

In einer elektrischen Schaltskizze finden Sie folgende Angaben.

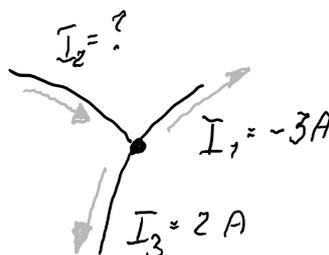


Abbildung 1: Stromstärken an einem Knoten

Sie sollen die Stromstärke  $I_2$  berechnen. Verwenden Sie dazu die Schreibweise, in der die Richtungen der Ströme im Index steht  $I_{Q(AB)}$

[Zum Hinweis](#)

## A<sup>2</sup> Aufgabe: Donau Strom

Skizzieren Sie in etwa den Verlauf der Donau, von der Quelle bis zur Mündung. Schreiben Sie an ca. 10 unterschiedlichen Stellen die Wasserstromstärke an den Wasserlauf.

Internetrecherche nötig, aber bitte nicht zu viel Aufwand betreiben.

[Zum Hinweis](#)

## A<sup>3</sup> Aufgabe: Stromdichte Kabel Elektroherd

Welche Sicherung benötigt ein Kabel für einen Elektroherd, mit einer Querschnittsfläche von  $2,5 \text{ mm}^2$ ?

[Zum Hinweis](#)

## A<sup>4</sup> Aufgabe: Natürliche Stromrichtung

Notieren Sie 6 Beispiele für die Aussage aus [Definition 9.4.6](#).

[Zum Hinweis](#)

### 1.b Erhaltungsgrößen

## A<sup>5</sup> Aufgabe: Mengenartige Größe Mensch

Zu [Unterkapitel 9.5](#):

Schreiben Sie einen Steckbrief für die Größe „Mensch“.

[Zum Hinweis](#)

## A<sup>6</sup> Aufgabe: Mengenartige Größe Ladung

Zu [Unterkapitel 9.5](#):

Schreiben Sie einen Streckbrief für die Größe „elektrische Ladung“.

Versuchen Sie dies, ohne das [Unterkapitel 10.3](#) schon vorab zu lesen. Die Werkzeuge aus [Kapitel 9](#) „[Erhaltungsgrößen und Bilanzen](#)“ sollten zur Lösung genügen.

[Zum Hinweis](#)

## 2 Hinweise

### 2.a Strom, Stromstärke und Stromdichte

#### H<sup>1</sup> Hinweis zu Aufgabe 1 „Stromknoten“

Ergänzen Sie die Stromstärkeskizze mit der Angabe der Systembezeichnungen. Notieren Sie die Stromstärken mit dem Index. Nutzen Sie danach die Bilanzgleichung (Wissen 9.3.6).

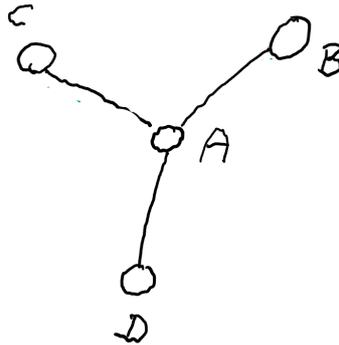


Abbildung 2: Systembezeichnungen zu Abbildung 1

Zur Lösung

#### H<sup>2</sup> Hinweis zu Aufgabe 2 „Donau Strom“

Suchen Sie einen Lexikoneintrag zur Donau. Dort stehen die Zuflüsse der wichtigsten Nebenflüsse. Für den Verlauf eine Linie verwenden (Abschnitt 9.3.h), bei Stromstärke an Beispiel 9.3.iii orientieren.

Zur Lösung

#### H<sup>3</sup> Hinweis zu Aufgabe 3 „Stromdichte Kabel Elektroherd“

Beachten Sie das Beispiel in Abschnitt 9.3.i.

Zur Lösung

#### H<sup>4</sup> Hinweis zu Aufgabe 4 „Natürliche Stromrichtung“

Abschnitt 9.4.d „Stromrichtung einer freien Strömung“ nochmals lesen.

Zur Lösung

## 2.b Erhaltungsgrößen

### H<sup>5</sup> Hinweis zu Aufgabe 5 „Mengenartige Größe Mensch“

Orientieren Sie sich am Mustersteckbrief und der dortigen Nummerierung (Rezept 9.5.1), sowie dem Beispiel 9.5.i

1. Definition 9.2.3
2. Abschnitt 2.2.a
3. Abschnitt 9.3.b
4. Einfach entsprechende Größen in Wissen 9.3.6 einsetzen
5. eher unüblich.

[Zur Lösung](#)

### H<sup>6</sup> Hinweis zu Aufgabe 6 „Mengenartige Größe Ladung“

Orientieren Sie sich am Mustersteckbrief und der dortigen Nummerierung (Rezept 9.5.1), sowie dem Beispiel 9.5.i

1. Evtl. in Büchern nachlesen.
2. Abschnitt 2.4.a und Tabelle A.2.
3. -
4. Einfach entsprechende Größen in Wissen 9.3.6 einsetzen.
5. Mit Rezept 9.4.4 intensive Größe  $\xi_Q$  suchen.
6. Ergibt sich aus den vorhergehenden Teillösungen.

[Zur Lösung](#)

### 3 Lösungen

#### 3.a Strom, Stromstärke und Stromdichte

##### L<sup>1</sup> Lösung zu Aufgabe 1 „Stromknoten“

Zuerst Skizze vervollständigen:

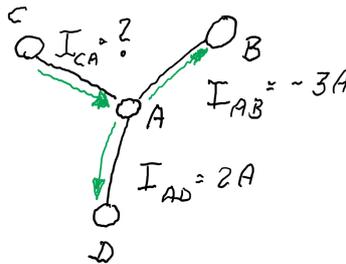


Abbildung 3: Ströme in Knoten, Systemskizze

$$\begin{aligned} \frac{dQ_A}{dt} &= 0 \quad \text{da ein Knoten} \\ 0 &= \sum_{i=B}^N I_{Q(iA)} \\ &= I_{Q(BA)} + I_{Q(CA)} + I_{Q(DA)} \\ &= -I_{Q(AB)} + I_{Q(CA)} - I_{Q(AD)} \\ \Rightarrow I_{Q(CA)} &= I_{Q(AB)} + I_{Q(AD)} \\ &= (-3 \text{ A}) + (2 \text{ A}) \\ &= -1 \text{ A} \end{aligned}$$

##### L<sup>2</sup> Lösung zu Aufgabe 2 „Donau Strom“

Die Zuflüsse der wichtigsten Nebenflüsse aufaddieren. So entsteht ein ungefährender Wert für die Zunahme des Volumenstroms. Andere Nebenflüssen und Verdunstung bleiben hier unberücksichtigt.

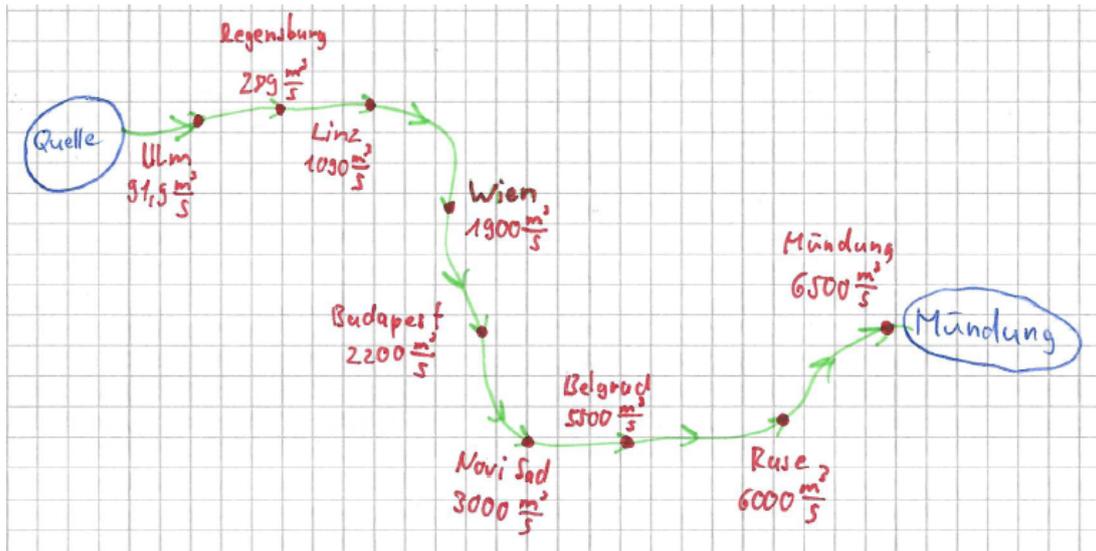


Abbildung 4: Donau-Strom, Stromlinie (grün) und Volumen-Stromstärke (blau)

### L<sup>3</sup> Lösung zu Aufgabe 3 „Stromdichte Kabel Elektroherd“

Die zulässige Stromdichte  $j_Q$  für ein Kupferkabel im Haus wurde berechnet zu  $j_Q \approx 10^7 \frac{A}{m^2}$ . Damit ergibt sich die gewünschte Stromstärke zu

$$I_{Q,max} = 10^7 \frac{A}{m^2} \cdot 2,5 \text{ mm}^2 = 25 \text{ A.}$$

### L<sup>4</sup> Lösung zu Aufgabe 4 „Natürliche Stromrichtung“

Einige mögliche Beispiele:

- Elektrischer Ladungs-Strom fließt von Plus nach Minus.
- Seifenkiste rollt den Hügel hinunter.
- Luft fließt von Hochdruckgebieten in Tiefdruckgebiete.
- Wasser strömt vom Stausee zur Wasserturbine.
- Erde rutscht den Berg hinunter.
- ...

### 3.b Erhaltungsgrößen

## L<sup>5</sup> Lösung zu Aufgabe 5 „Mengenartige Größe Mensch“

1. Die Anzahl Menschen  $M$  ist eine Erhaltungsgröße, wenn man Geburten und Todesfälle nicht berücksichtigen muss.
2. Die Dimension ist Teilchenzahl  $\mathbf{N}$ , die Einheit kann man frei wählen, z.B. „Mensch“.
3. Die Stromstärke  $I_{M(AB)}$  gibt an, wie viele Menschen von A nach B in einer gewissen Zeit gehen. Damit lassen sich Fußgängerströme in Städten oder bei Sportgroßveranstaltungen beschreiben.
4. Die Bilanzgleichung lautet:

$$\frac{dM_A}{dt} = \sum_{i=B}^N I_{M(iA)}.$$

Die Änderung der Anzahl Menschen in einem Zug (System A) ist das, was über alle Türen (Zähler  $i$ ) zu- und abfließt.

5. Menschen werden eher nicht als Energietransport angesehen. Wenn man es doch wollte, dann hätte die dazu gehörige intensive Größe  $\xi_M$  die Einheit J/Mensch. Andere Lebewesen, wie Gnuherden, bilden dagegen tatsächlich Energie- und Nahrungsströme beispielsweise für Krokodile oder Löwen.

## L<sup>6</sup> Lösung zu Aufgabe 6 „Mengenartige Größe Ladung“

1. Die elektrische Ladung  $Q$  ist eine perfekte Erhaltungsgröße. Es gibt keine Ausnahme.
2. Die Dimension ist  $\mathbf{IT}$ , die Einheit C, Coulomb (siehe [Tabelle A.2](#)).
3. Die Stromstärke  $I_{Q(AB)}$  gibt an, wieviel Ladung pro Zeiteinheit fließt. Es ist genau die Stromstärke  $I$ , wie sie in der Elektrizitätslehre verwendet wird.
4. Die Bilanzgleichung lautet:

$$\frac{dQ_A}{dt} = \sum_{i=B}^N I_{Q(iA)}.$$

Sie spielt eine ganz zentrale Rolle in der Elektrizitätslehre. Damit lässt sich das Verhalten eines Kondensators beschreiben. Aber auch die Kirchhoff Knotenregel, als Sonderfall (siehe [Beispiel 9.3.v](#))

5. Energie kann elektrisch übertragen werden. Die Dimension der dazu gehörige intensive Größe  $\xi_Q$  findet man über:

$$\dim \xi_Q = \dim \frac{E}{Q} = \frac{\mathbf{ML}^2\mathbf{T}^{-2}}{\mathbf{IT}} = \mathbf{ML}^2\mathbf{IT}^{-3}.$$

Das elektrische Potenzial  $\varphi$  passt hier genau.

6. Die Energieform elektrische Energie lautet daher:

$$dE = \varphi dQ.$$

Jetzt können Sie gleich das [Unterkapitel 10.3](#) lesen. Dort ist nämlich genau diese Antwort beschrieben.