

# 1 Längeneinheiten

Stell Dir vor, Du und Deine Freunde sind auf einer einsamen Insel gestrandet. Ihr wollt Euch eine Unterkunft bauen oder vielleicht sogar ein Floß oder Boot um von der Insel zu entkommen. Dazu teilt Ihr Euch auf. Manche bauen, während andere das passende Holz zuschneiden. Aber wie kann die eine Gruppe der anderen Gruppe klar machen, wie lang die Baumstämme sein müssen, die sie zuschneiden sollen? Ein Lineal, ein Maßband oder einen Falgliedermaßstab (Zollstock) habt Ihr nicht auf die Insel retten können.

Um eine **Größe** anzugeben brauchen wir eine Vergleichsgröße, die sogenannte **Einheit**. Früher wurden als Längeneinheiten oft Körpermaße verwendet. Die gebräuchlichsten findest Du in der folgenden Tabelle.

**A 1.1.** Ermittle Werte für gebräuchliche Einheiten aus Deiner Körpergröße.

- Bestimme die Länge der folgenden Maße deines Körpers und trage sie in die Tabelle ein.
- Überlege ein Verfahren, wie Du Deine durchschnittliche Schrittlänge bestimmen kannst.

Einheit	Beschreibung	Deine Messung
Fingerbreite	Breite des Zeigefingers	
Zoll	Daumenbreite	
Hand(breit)	Breite der Hand	
Fuß	Fußlänge	
kleine Spanne	Abstand zwischen gespreizter Daumen- und Mittelfingerspitze	
große Spanne	Abstand zwischen gespreizter Daumen- und kleiner Fingerspitze	
Elle	Abstand zwischen Ellbogen und Mittelfingerspitze	
Schritt	Normale Schrittlänge	
Doppelschritt	Doppelte Schrittlänge	
Klafter	Abstand zwischen den Mittelfingerspitzen bei ausgestreckten Armen	
	Abstand zwischen Füßen und Scheitel	
	Abstand zwischen Füßen und den nach oben gestreckten Mittelfingerspitzen	

## 1.1 Das Meter

1793 legte der französische Nationalkonvent als Längeneinheit das Meter fest, dass sich auf die Größe der Erde bezog. Sie definierten, dass ein Meter der 10 Millionsten Teil der Strecke vom Pol zum Äquator, die durch Paris geht, ist. Um den Umgang mit der Einheit zu erleichtern, wurde ein Prototyp – das Urmeter – angefertigt, der im Laufe der Jahre verbessert wurde. Seit 1872 wurde das Meter auch die offizielle Längeneinheit im Deutschen Reich.

Da ein solcher Prototyp vergänglich ist, hat man 1983 das Meter über die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum festgelegt. So legt das Licht in einer Sekunde die Strecke von 299 792 458 m zurück.

## 2 Zeit

Unsere Zeiteinheit basiert auf dem Sonntag. Dieser wurde in 24 Stunden unterteilt. Die Stunde (von althochdeutsch *stunta*) wird mit dem Einheitensymbol *h* (lat. *hora*) abgekürzt. Die Stunde wird in 60 Minuten geteilt. Die Minute stammt vom lateinischen *pars minuta* (verminderter Teil) und wird mit *min* abgekürzt. Die Minute wiederum wird in 60 Sekunden unterteilt. Die Sekunde (lat. *pars minuta secunda*, "zweiter verminderter Teil") wird mit dem Buchstaben *s* abgekürzt und ist die Grundeinheit der Zeit im SI-System.

Ein Tag hat 24 Stunden. Dies sind \_\_\_\_\_ Minuten oder \_\_\_\_\_ Sekunden.

Eine Stunde hat 60 Minuten. Dies sind \_\_\_\_\_ Sekunden.

Innerhalb eines Tages dreht sich für einen Beobachter auf der Erde die Sonnenposition dabei um 360 Grad. Auch in der Nacht, aber das kann man nicht beobachten. Der Schatten eines Stabes dreht sich auch innerhalb von 24 Stunden um 360 Grad und kann als Uhr verwendet werden.

Der Schatten eines Stabes bewegt sich innerhalb einer Stunde um \_\_\_\_\_ Grad und innerhalb einer Minute um \_\_\_\_\_ Grad.

Zur Zeitmessung kann man auch ein Pendel einsetzen.

**Definition 2.1.** Die Position, an der das Pendel sich befindet, wenn es senkrecht nach unten zeigt, bezeichnet man als **Ruhelage**. Bewegt sich das Pendel nicht, dann befindet es sich in der Ruhelage. Den größten Abstand des Pendels bei einer Schwingung nennt man **Amplitude**.

### V 2.1. Zeitmessung mit einem Fadenpendel.

**Material:** Stativhalter, Stativstange, Stativhaken, Faden, Massestück, Stoppuhr, Maßstab

#### Aufbau, Durchführung, Beobachtung und Auswertung

1. Befestige die Stativstange mit dem Stativhalter am Tisch und bringe oben an der Stativstange den Haken an.
2. Befestige das Massestück mit dem Faden am Haken, so dass der Abstand  $l$  zwischen der Mitte des Massestücks und dem Haken 20 cm beträgt.
3. Lenke das Pendel nun **leicht** aus und messe die Zeit  $t$ , die das Pendel für den Weg von der Ruhelage zur Amplitude und zurück zur Ruhelage braucht. Da die Zeit sehr kurz ist, ist es sinnvoll die Zeit von 10 solcher Schwingungsdurchgänge zu messen und die gestoppte Zeit durch 10 zu teilen. Trage den Wert in die Tabelle unten ein.
4. Verlängere den Abstand zwischen Haken und Massestück in Schritten von 20 cm auf eine Länge von 120 cm und messe jeweils die Zeit zwischen zwei Ruhelagen. Trage die gemessenen Werte in die Tabelle unten ein.
5. Bestimme durch geschicktes Probieren den Abstand  $l$  zwischen Haken und Mitte des Massestücks, bei dem die Zeit zwischen zwei Ruhelagen genau eine Sekunde beträgt.

Länge [cm]	20	40	60	80	100	120
Zeit [s]						

### 3 Energieumsatz des Menschen

Ein Mensch braucht Energie zum Leben. Er braucht die Energie, damit die Grundfunktionen des Körpers funktionieren und unsere Körpertemperatur auf einen konstanten Wert gehalten wird. Wenn der Mensch dazu noch arbeitet, braucht er noch mehr Energie.

Die Energie in der Nahrung ermöglicht es einem Menschen zu arbeiten.

**Wieviel Energie benötigt ein Mensch?** Selbst wenn sich ein Mensch nicht bewegt, braucht er Energie. Das Herz schlägt z.B., das Gehirn denkt, Muskeln bewegen sich trotz Stillstand und der Verdauungsapparat verdaut die Nahrung. Diesen Energiebedarf bezeichnet man als Grundumsatz.

Um eine solche Energie angeben zu können, benötigt man eine Einheit. Für die Länge verwenden wir das Meter, für die Zeit die Sekunde und für die Masse das Kilogramm. Für die Einheit verwenden wir das Joule, das wir mit dem Buchstaben J abkürzen. Die Einheit Joule ist sehr klein, daher wird sie gerne mit einem Größenbuchstaben versehen. Für den Energieumsatz des Menschen bietet sich die Einheit Kilojoule (kJ) an. Ein Kilojoule sind 1000 Joule. Die Vorsilbe kennst Du schon vom Kilometer. Ein Kilometer sind 1000 Meter.

Der Grundumsatz hängt dabei von der Körpermasse ab, denn Muskeln brauchen selbst im Leerlauf Energie. Eine normalgewichtige Frau hat einen Grundumsatz von 3,8 Kilojoule pro Kilogramm pro Stunde (kJ/(kg h)).

Was bedeutet das für Julia? Julia wiegt 65 kg. Du rechnest jetzt also  $3,8 \times 65 = 247$ . Sie hat also einen Grundumsatz von 247 Kilojoule pro Stunde (kJ/h). Und welchen Grundumsatz hat sie am Tag? Du rechnest  $247 \times 24 = 5928$ . Sie hat also am Tag einen Grundumsatz von 5928 Kilojoule (kJ).

$$\text{Energieumsatz pro Stunde: } 3,8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg h}} \times 65 \text{ kg} = 247 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$$

$$\text{Energieumsatz für einen Tag: } 247 \frac{\text{kJ}}{\text{h}} \times 24 \text{ h} = 5928 \text{ kJ}$$

**A 3.1.** Berechne, wieviel Energie Julia umgesetzt hat, wenn sie 8 Stunden geschlafen hat.

Ein normalgewichtiger Mann hat einen etwas höheren Grundumsatz von 4,2 kJ/(kg h).

**A 3.2.** Jan wiegt 80 kg. Berechne seinen Grundenergieumsatz pro Stunde und am Tag.

$$\text{Energieumsatz pro Stunde: } \frac{\text{kJ}}{\text{kg h}} \times \text{ kg} = \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$$

$$\text{Energieumsatz am Tag: } \frac{\text{kJ}}{\text{h}} \times \text{ h} = \text{ kJ}$$

Wenn Jan und Julia jetzt arbeiten, dann vergrößert sich ihr Energieumsatz um einen Faktor. Julia hat einen Grundumsatz von 247 kJ/h. Wenn Sie Hausaufgaben macht, dann muss man den Grundumsatz mit dem Faktor 1,5 multiplizieren. Du rechnest also  $1,5 \times 247 = 370,5$ . Sie hat also beim Machen der Hausaufgaben einen Energieumsatz von 370,5 kJ/h.

**A 3.3.** Berechne für Jan und Julia die in der folgenden Tabelle fehlenden Energieumsätze.

Tätigkeit	Faktor zum Grundumsatz	Julia Energieumsatz (kJ/h)	Jan Energieumsatz (kJ/h)
Chillen, Lesen, Fernsehen	1,0	247	336
Hausaufgaben (im Sitzen)	1,5	370,5	
Leichtes Aufräumen	2,5		
Hektisches Aufräumen	3,5		
Fangen spielen	5,0		

## 4 Energie in der Nahrung: Physiologischer Brennwert

Der Mensch bezieht die benötigte Energie aus der Nahrung. Dabei enthält eine Tafel Schokolade von 100 g mehr Nahrungsenergie als z.B. 100 g Weintrauben. Damit man die verschiedenen Lebensmittel miteinander vergleichen kann, bezieht man die Energie immer auf die gleiche Masse. Wenn man die Energie pro Masse angibt, dann bezeichnet man diesen Quotienten als Energiedichte. Diese für den Menschen nutzbare Energiedichte bezeichnet man als **physiologischen Brennwert**. Es gibt auch einen physikalischen Brennwert. Dieser gibt an, wieviel Energie pro Masse bei der Verbrennung eines Stoffes frei wird. Der physiologische Brennwert ist normalerweise kleiner als der physikalische Brennwert bei vollständiger Verbrennung.

Durch die Lebensmittel-Informationsverordnung (LMIV) ist seit 13. Dezember 2014 in der EU ist die Einheit für den physiologischen Brennwert Kilojoule(kJ) pro 100 g.

**“Aber die Erwachsenen reden immer von Kalorien.”** Früher gab es eine andere Einheit für die Energie. Diese Einheit ist die Kalorie (cal). Auch hier hat man die Zahlenvorsilbe Kilo für 1000 verwendet und die Energie in Kilokalorien (kcal) angegeben. Und weil sich Erwachsene so schlecht umgewöhnen können – manche Leute rechnen noch immer von Euro in DM um – schreibt man immer noch den Brennwert zusätzlich in der veralteten Einheit Kilokalorien auf die Verpackungen von Lebensmitteln.

So könnte z.B. auf einer Verpackung stehen: “Energie: 210 kJ / 100 g (50 kcal / 100 g)”

**A 4.1.** Recherchiere den physiologischen Brennwert der folgenden Lebensmittel.

Lebensmittel	Produktname	Brennwert [kJ/100g]	Tagesbedarf [g]
Schokolade			
Nudeln (ungekocht)			
Reis (ungekocht)			
Brot			
Knäckebrot			
Zucker			
Butter			
Käse			
Cola (mit Zucker)			
Fruchtsaft			

Für einen durchschnittlichen Westeuropäer mit Bürotätigkeit nimmt man einen Tagesumsatz von 8 400 kJ an. Dies wird als Referenzmenge (RM) bezeichnet. Um zu berechnen, wieviel Masse  $m$  von einem Lebensmittel der Referenzmenge entspricht, rechnet man die Referenzmenge durch den Brennwert und multipliziert mit 100.

**Beispiel** Erdnüsse mit Schokolade haben einen Brennwert von 2 125 kJ/100 g. Dann rechnest Du

$$m = \frac{8\,400\text{ kJ}}{2\,125\text{ kJ}} \cdot 100\text{ g} \approx 395\text{ g}$$

Du brauchst als 395 g um den Tagesbedarf eines Menschen zu decken. Übrigens gibt es diese Erdnüsse in 400 g-Beuteln. Einen Beutel am Abend wegnaschen und Du hast den Tagesbedarf schon gedeckt.

**A 4.2.** Berechne für die Lebensmittel in der Tabelle die Menge, die den Tagesbedarf an Energie deckt.

## 5 Energieformen

<b>Bewegungsenergie</b>		<b>Chemische Energie</b>	
	wird z.B. in Nahrung, Treibstoff oder Holz gespeichert. Eine Rakete wandelt sie in Höhenenergie um.		kommt meistens im Zusammenhang mit Spannenergie vor. Sie zeigt sich durch eine höhere Temperatur.
<b>Elektrische Energie</b>		<b>Höhenenergie</b>	
	wird von jeder Lichtquelle ausgesendet.		ist eine Kombination aus Thermischer Energie und Spannenergie. Sie zeigt sich durch eine höhere Temperatur und/oder durch einen höheren Druck aus.
<b>Innere Energie</b>		<b>Kernenergie</b>	
	setzt man durch die Spaltung von Atomkernen frei. In Kernkraftwerken kann sie in elektrische Energie umgewandelt werden.		steckt in einem schussbereiten Bogen, einer gedehnten oder gestauchten Feder und in einem gestreckten Gummiband.
<b>Lichtenergie</b>		<b>Spannenergie</b>	
	hängt von der Geschwindigkeit und Masse eines Objektes ab.		wird z.B. in Windkraftanlagen hergestellt. Auch Batterien und Akkus liefern die Energie, die durch den elektrischen Strom übertragen wird.
<b>Termische Energie</b>		<b>Aufgabe</b>	
	wurde schon vor langer Zeit eingesetzt um Mühlen zu betreiben. Ein Gegenstand besitzt diese Energie, wenn er sich auf ein höheren Position befindet als die Ausgangslage.	Upops, hier ist wohl was schiefgelaufen. Die Texte passen gar nicht zu der Energieform und den Bildern. Schneide Überschriften, Bilder und Texte aus und klebe sie richtig zusammen.	

## 6 Energieflussdiagramme

**Energieformen** Energie kann in verschiedenen Formen vorkommen. Dies sind z.B. Bewegungsenergie, Chemische Energie, Elektrische Energie, Höhenenergie, Innere Energie, Kernenergie, Lichtenergie, Spannenergie und Thermische Energie.

**Energiewandler** Die Energie wird durch Energiewandler von einer Form in eine andere Form umgewandelt. Energiewandler können z.B. Autos, Bälle, Benzinmotoren, Bögen, die Erde, Elektromotoren, Generatoren, Kerzen, LEDs, Solarzellen, Pumpen und sogar Menschen sein.

**Energieträger** In vielen Fällen benötigt die Energie einen Energieträger um zu einem Wandler zu gelangen. Elektrische Energie wird durch elektrischen Strom transportiert. Bewegungsenergie wird z.B. durch ein fahrendes Auto oder einen fliegenden Ball transportiert. Licht dagegen ist sein eigener Energieträger.

**Energiespeicher** Energie kann gespeichert werden. Dazu dienen Energiespeicher. Z.B. können Benzin und Nahrung chemische Energie speichern. Ein Kondensator im Fahrradrücklicht speichert elektrische Energie.

Manchmal kann man zwischen Energiewandlern, Energieträgern und Energiespeichern genau unterscheiden, in manchen Fällen verschwimmen aber die Grenzen und ein Objekt kann z.B. Energiespeicher und Wandler in einem sein. Z.B. speichert eine Kerze chemische Energie. Sie wandelt diese aber, wenn sie angezündet wird in Thermische Energie und Lichtenergie um.

**A 6.1.** Schneide aus den Abbildungen 6.1 und 6.2 die Elemente aus.

- Erstelle für jeden Energiewandler ein sinnvolles Diagramm (Form - Wandler - Form) und nenne ein passendes Beispiel.
- Erstelle nun für jede Energieform ein sinnvolles Diagramm (Wandler - Form - Wandler) und nenne ein passendes Beispiel.
- Manche Wandler wandeln z.B. Bewegungsenergie in Elektrische Energie und andere Wandler formen Elektrische Energie in Bewegungsenergie um. Finde passende Paare an Wandlern, die genau das Gegenteil vom anderen machen, und erstelle die Energiediagramme dazu.

**A 6.2.** Schneide Dir aus Abbildung 6.3 die leeren Energiewandlerelemente aus.

- Notiere drei weitere Energiewandler und erstelle die Energieflussdiagramme.
- Fotografiere drei Energiewandler einmal ohne und einmal zusammen mit einem passenden Energieflussdiagramm.
- Finde drei Energiewandler, die eine Energieform in die gleiche Energieform umwandeln, und erstelle die passenden Energieflussdiagramme.

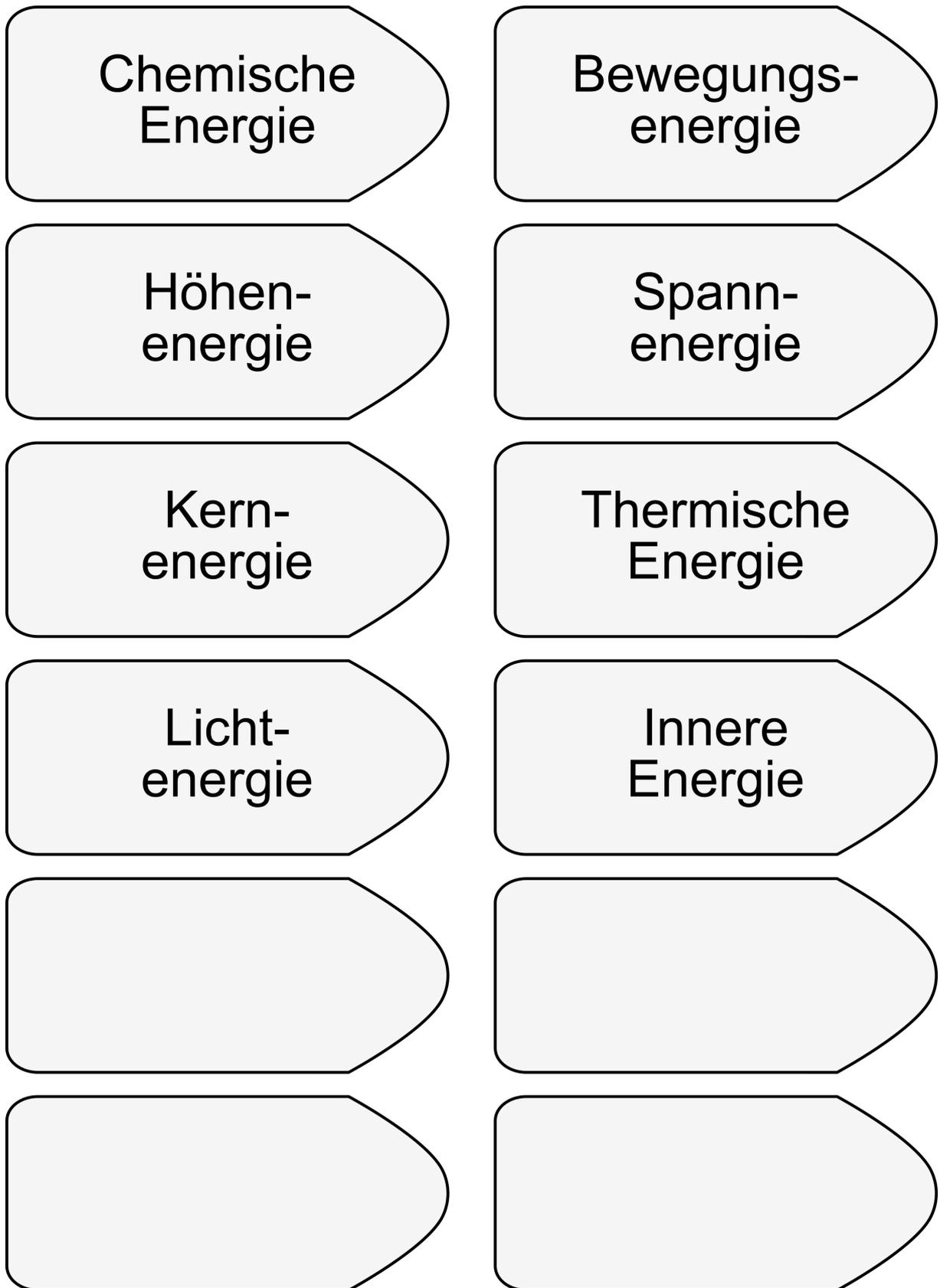


Abbildung 6.1: Energieelemente

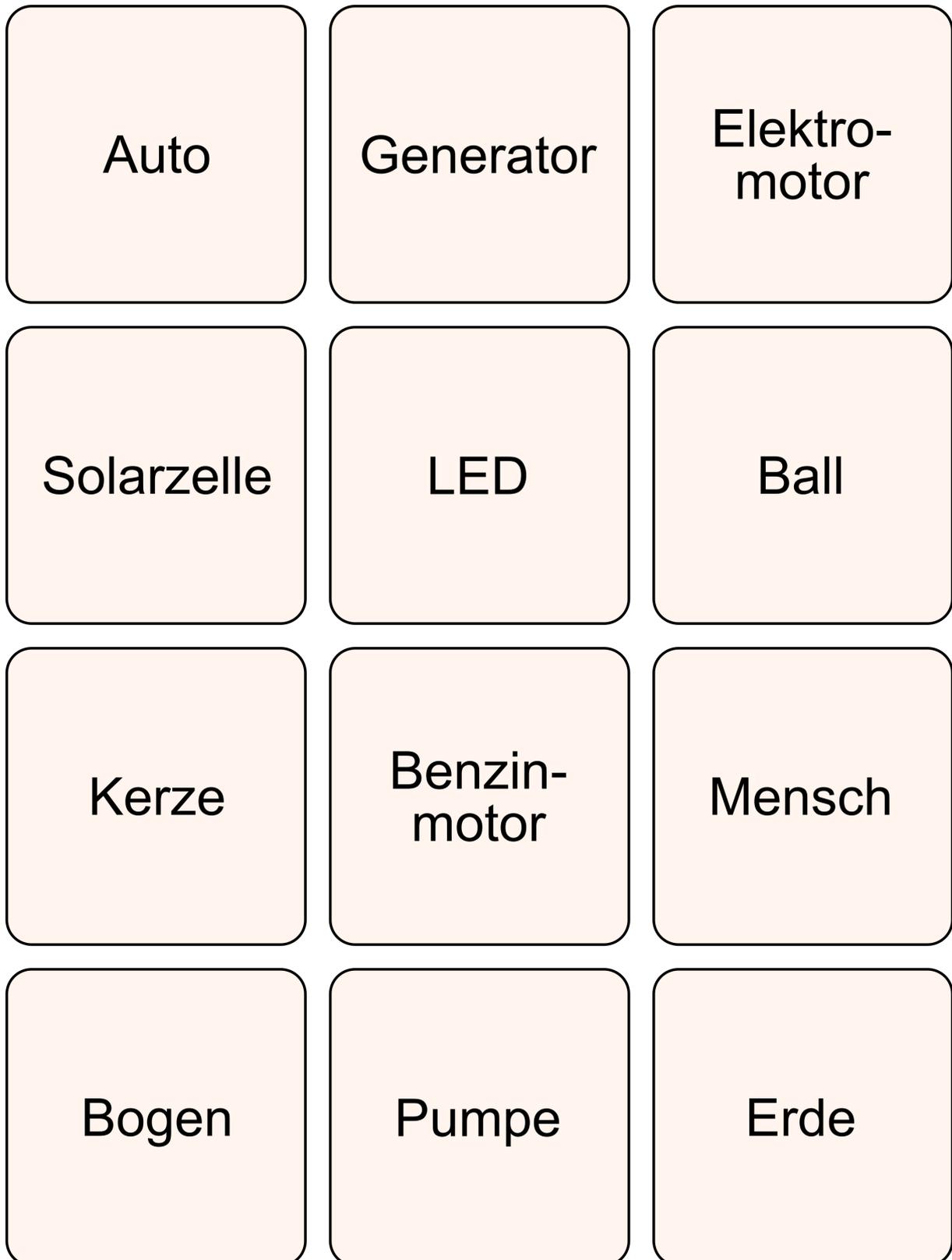


Abbildung 6.2: Wandlerelemente

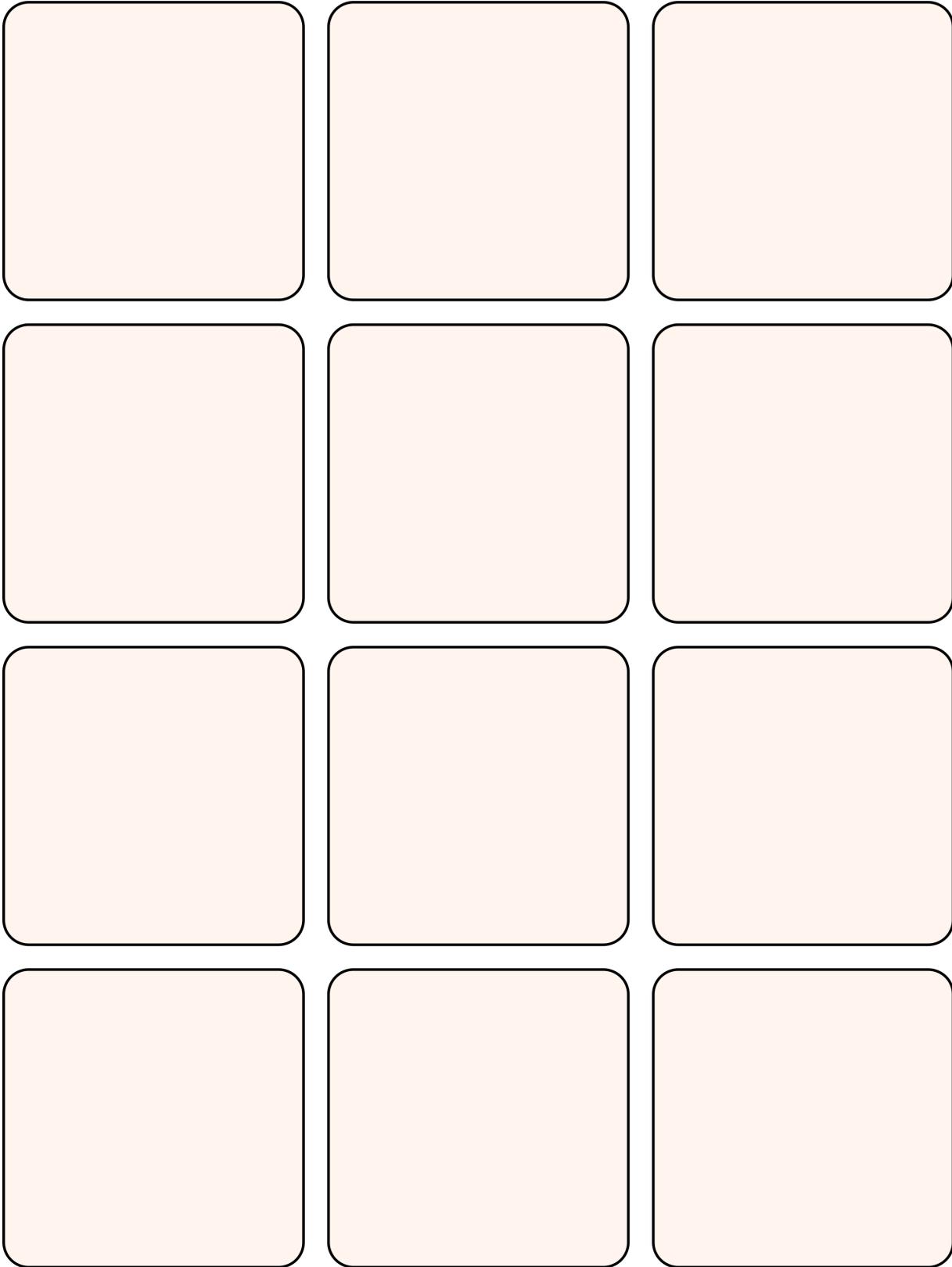


Abbildung 6.3: Blankowandlerelemente

## 7 Boot mit Wasserantrieb

### Bau

#### Du brauchst:

- 1 kleine Dose (z.B. Joghurtbecher, Filmdose, Überraschungseidose)
- 1 Trinkhalm mit Knick
- 1 Platte Styropor (10 cm × 5 cm)
- Klebstoff

#### Was Du machst:

1. Schneide das Styroporstück in Bootsform zu-
- recht.
2. Bohre in die Dose und das Styroporstück ein Loch passend für den Trinkhalm.
3. Kürze den Trinkhalm so, so dass er knapp in die Dose hineinragt.
4. Klebe nun die Dose auf das Styroporstück und stecke den Trinkhalm durch Dose und Styroporstück. Dichte die Ränder des Strohhalmes mit Klebstoff ab.
5. Das untere Ende des Trinkhalms muss zum Heck des Bootes zeigen.

### Betrieb des Bootes

Setze das Boot aufs Wasser. Fülle mit einer kleinen Kanne oder Becher die Dose bis zum Rand. Das Boot sollte sich nun in Bewegung setzen.

**Aufgabe** Erstelle ein Diagramm für die Energieumwandlung, die beim Betrieb des Bootes passiert.

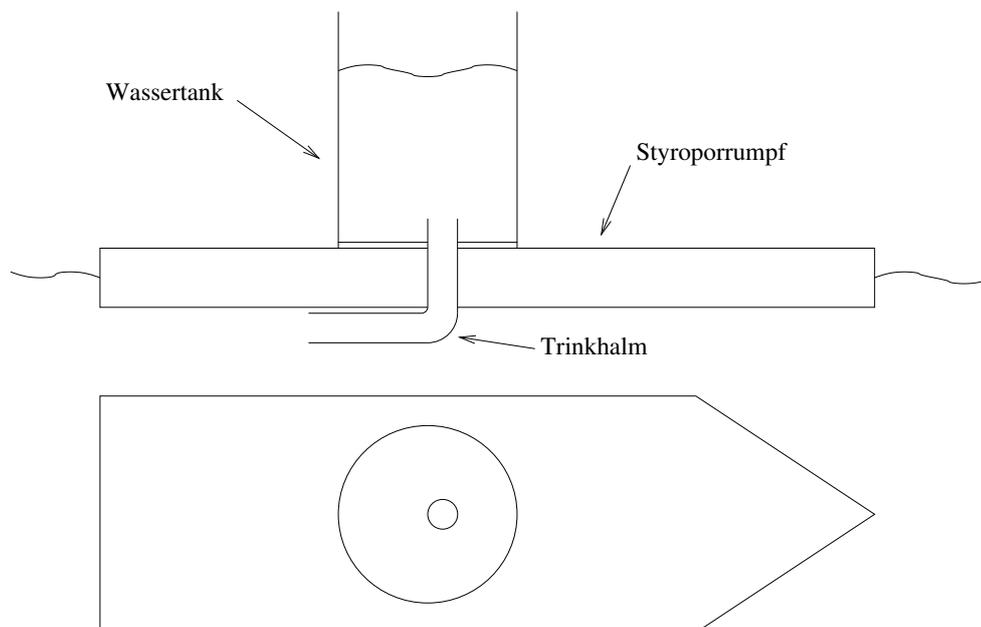


Abbildung 7.1: Skizze für ein Boot mit Wasserantrieb

## 8 Hubarbeit

Erwin, Kalle, Paul und Willi arbeiten auf der Baustelle eines vierstöckigen Hauses. Dabei müssen sie oft schwere Dinge in verschiedene Stockwerke bringen. Bei diesem Vorgang wandeln sie die **chemische Energie** in der Nahrung durch **Hubarbeit** in **Höhenenergie** um.

**A 8.1.** Erwin arbeitet im 1. Stock, Kalle im 2. Stock, Paul im 3. Stock und Willi im 4. Stock. Mit einem Seil ziehen sie jeweils einen Sack Zement hoch. Dabei verrichten sie Hubarbeit.

Trage die folgenden Worte an der richtigen Stelle in den Sätzen ein:

(*Erwin - Kalle - Paul - Willi - halb - ein Drittel - doppelt - dreimal - viermal*)

- Kalle muss \_\_\_\_\_ so viel arbeiten wie Erwin.
- Paul muss \_\_\_\_\_ so viel arbeiten wie Erwin.
- Willi muss \_\_\_\_\_ so viel arbeiten wie Erwin.
- Kalle muss \_\_\_\_\_ so viel arbeiten wie Willi.
- Erwin muss \_\_\_\_\_ so viel arbeiten wie Paul.
- Willi muss \_\_\_\_\_ so viel arbeiten wie Kalle.
- Paul muss gleich viel arbeiten wie \_\_\_\_\_ und \_\_\_\_\_ zusammen.
- Erwin und \_\_\_\_\_ zusammen müssen gleich viel arbeiten wie Kalle und \_\_\_\_\_ zusammen.

Ergänze die Sätze passend zu den obigen Aussagen:

Verdoppelt sich die \_\_\_\_\_, dann verdoppelt sich auch die Hubarbeit.

Halbiert sich die \_\_\_\_\_, dann halbiert sich auch die Hubarbeit.

**Die Hubarbeit ist proportional zur \_\_\_\_\_.**

**A 8.2.** Erwin, Kalle, Paul und Willi sollen Pakete mit Fliesen vom Erdgeschoss in den 2. Stock heben. Erwin und Paul heben jeweils zwei Pakete gleichzeitig, der starke Kalle vier Pakete und der faule Willi nur ein Paket.

Trage die folgenden Worte an der richtigen Stelle in den Sätzen ein:

(*halb so - halb so - gleich - gleich - doppelt so - doppelt so - viermal so - viermal so*)

- Erwin arbeitet \_\_\_\_\_ viel wie Willi.
- Paul arbeitet \_\_\_\_\_ viel wie Kalle.
- Kalle arbeitet \_\_\_\_\_ viel wie Willi.
- Erwin und Paul zusammen arbeiten \_\_\_\_\_ viel wie Kalle.
- Willi muss \_\_\_\_\_ häufig heben um die gleiche Arbeit wie Kalle zu verrichten.
- Erwin arbeitet \_\_\_\_\_ viel wie Paul.
- Willi arbeitet \_\_\_\_\_ viel wie Paul.
- Erwin muss \_\_\_\_\_ oft heben wie Kalle um die gleiche Arbeit zu verrichten.

Ergänze die Sätze passend zu den obigen Aussagen:

Verdoppelt sich die \_\_\_\_\_, dann verdoppelt sich auch die Hubarbeit.

Halbiert sich die \_\_\_\_\_, dann halbiert sich auch die Hubarbeit.

**Die Hubarbeit ist proportional zur \_\_\_\_\_.**

**A 8.3.** Wenn eine Größe zu zwei unabhängigen Größen proportional ist, dann ist die Größe auch proportional zum Produkt der beiden anderen Größen.

**Die Hubarbeit ist proportional zum Produkt aus \_\_\_\_\_ und \_\_\_\_\_.**

## 9 Hubarbeit berechnen

Die Hubarbeit berechnet sich aus dem Produkt von Gewicht und Höhe. Dabei multipliziert man die Beträge von Gewicht und Höhe. Aber welche Einheit bekommt nun die Größe der Hubarbeit? Die Einheit der Arbeit ist das Produkt aus der Einheit des Gewichts und der Einheit der Höhe.

So können wir sagen, dass, wenn ein Sack Zement eine Etage hochgezogen wird, eine Arbeit von einer Zementsack-Etage verrichtet wurde.

**A 9.1.** Drei Säcke Zement werden drei Etagen hochgezogen. Berechne die verrichtete Arbeit und gebe sie mit einer sinnvollen Einheit an.

Ein Sack Zement wiegt ein Zentner. Eine Etage ist drei Meter hoch. Dann könnte man auch sagen:

Wenn ein Zentner eine Etage hoch gehoben wird, dann wurde eine Arbeit von einer Zentner-Etage oder von 3 Zentner-Metern verrichtet.

**A 9.2.** 10 Säcke Zement werden fünf Etagen hochgezogen. Gebe die verrichtete Hubarbeit in Zentner-Etagen und in Zentner-Metern an.

Ein Zentner ist gleich 50 Kilogramm. Wenn wir das berücksichtigen gibt es schon wieder eine neue Möglichkeit für eine Einheit der Arbeit.

Einen Zentner Zement eine Etage hoch zu heben erfordert eine Hubarbeit von 1 Zentner-Etage bzw. 3 Zentner-Metern oder auch 150 Kilogramm-Metern.

**A 9.3.** 7 Säcke Zement werden vier Etagen hochgezogen. Gebe die verrichtete Hubarbeit in Zentner-Etagen, Zentner-Metern und in Kilogramm-Metern an.

Die heutige Einheit der Energie und der Arbeit ist das Joule. Dabei entsprechen 10 Joule ungefähr einem Kilogramm-Meter.

**A 9.4.** 20 Säcke Zement werden sechs Etagen hochgezogen. Gebe die verrichtete Hubarbeit in Zentner-Etagen, Zentner-Metern, Kilogramm-Metern und in Joule an.

**A 9.5.** Ein Container ( $m = 700 \text{ kg}$ ) wird auf eine 40 Meter hohe Staumauer gehoben. Gebe die verrichtete Hubarbeit Kilogramm-Metern und in Joule an.

## 10 Energie berechnen

Die Grundeinheit für die Energie ist das **Joule (1 J)**.

Kilojoule	1 kJ =	1 000 J
Megajoule	1 MJ =	1 000 000 J
Gigajoule	1 GJ =	1 000 000 000 J

Eine Möglichkeit um ein Joule zu beschreiben ist die Hubarbeit bzw. Höhenenergie.

*Beispiel 1.* Colin hebt aus der Einkaufstasche ein Tetrapak Milch auf den Tisch. Physikalisch hebt er eine Masse von 1 kg auf eine Höhe von 1 m. Damit hat er eine Hubarbeit von ca. 10 Joule geleistet. Der Tetrapak Milch besitzt nun eine Höhenenergie von 10 Joule.

Die Hubarbeit bzw. Höhenenergie ist das Produkt aus Masse in Kilogramm mal der Höhe in Metern multipliziert mit 10.

$$\text{Höhenenergie} = 10 \cdot \text{Masse} \cdot \text{Höhe}$$

**A 10.1.** Der Wasserturm Hannover ist ein denkmalgeschützter ehemaliger Wasserturm, der bei seiner Fertigstellung 1911 als der größte Wasserturm Europas galt. Er konnte in seinem Tank 4100 Tonnen Wasser speichern in einer durchschnittlichen Höhe von 38 Metern.

- Gebe das Fassungsvermögen des Tanks in Kilogramm an.
- Berechne die Höhenenergie, die im hochgepumpten Wasser bei vollem Tank enthalten ist.
- Bei halbvollem Tank sind 2050 Tonnen Wasser bei einer durchschnittlichen Höhe von 30 Metern im Tank. Berechne die Höhenenergie.

Im Zusammenhang mit dem elektrischen Strom wird auch die **Kilowattstunde (kWh)** als Einheit verwendet.

Kilowattstunde	1 kWh =	1 000 Wh
Megawattstunde	1 MWh =	1 000 000 Wh
Gigawattstunde	1 GWh =	1 000 000 000 Wh

**A 10.2.** Chiara möchte gerne wissen, wieviel Joule (J) einer Wattstunde (Wh) entspricht. Auf einer Webseite hat sie die folgende Information gefunden: Eine Alkali-Mangan-Mignonzelle (AA) enthält eine elektrische Energie von ca. 2,7 Wh bzw. 9,72 kJ. Verwende den Dreisatz um die folgenden Aufgaben zu lösen.

- Berechne wieviel Joule einer Wattstunde entspricht.
- Berechne wieviele Wattstunden einem Joule entspricht.
- Berechne wieviel MegaJoule einer Kilowattstunde entspricht.
- Berechne wieviele Kilowattstunden einem Megajoule entspricht.
- Eine Zink-Kohle-Zelle enthält nur eine elektrische Energie von ca. 1,8 Wh. Berechne die Energie in Joule.

Die Energieeinheit 1 kWh entspricht einer Energie von \_\_\_\_\_ MJ.

Die Energieeinheit 1 MJ entspricht einer Energie von ca. \_\_\_\_\_ kWh.

**A 10.3.** Bademeister Bastian hat ausgerechnet, dass er um das 180 000 Liter große Nichtschwimmerbecken von 16°C auf 22°C zu bringen, eine Energie von 4320 MJ benötigt.

- Berechne die Energiemenge, die er benötigt um das 600 000 Liter große Schwimmerbecken von 16°C auf 22°C zu bringen.
- Berechne die Energiemenge, die nötig ist, um das Nichtschwimmerbecken um 1°C aufzuheizen.
- Berechne, wieviel Energie er benötigt, wenn er das Nichtschwimmerbecken nur auf 20°C aufheizen will.
- Berechne, wieviel Energie man benötigt um 1000 Liter und 1 Liter Wasser um 1°C zu erhitzen.

Um einen Liter Wasser um 1 °C zu erhitzen, benötigt man eine Energie von ca. \_\_\_\_\_.

## 11 Ladungen

In der Antike rieben griechische Naturphilosophen Bernstein (griechisch:  $\bar{\epsilon}$ lektron) und hielten ihn an Seidenstückchen.

**Versuch 1.** Reibe einen Füllhalter, Kugelschreiber oder Filzstift mit Kunststoffhülle an Deinem Pullover. Halte ihn dann über kleine Schnippsel aus Löschpapier. Wiederhole den Versuch mit einem Nagel. Notiere Deine Beobachtung.

**Versuch 2.** Partnerarbeit

Material: Luftballon, Schnur

Durchführung: Blase einen Luftballon auf und befestige eine ca. 1 m lange Schnur an dem Ballon. Führe die Versuche aus und notiere Deine Beobachtungen.

- Reibe den Ballon über das Haar Deines Partners. Ziehe langsam den Ballon vom Haar weg.
- Reibe vor jedem weiteren Versuch den aufgeblasenen Ballon an einem trockenen Pullover.
- Halte den Ballon an die Wand.
- Halte den Ballon an der Schnur und bringe ihn in die Nähe der Wand.
- Halte den Ballon an den Pullover.
- Halte den Ballon an der Schnur und bringe ihn in die Nähe des Pullovers.
- Arbeite mit einem anderen Team zusammen. Haltet beide Ballons an der Schnur und bringt sie langsam zusammen.

### Glimmlampe

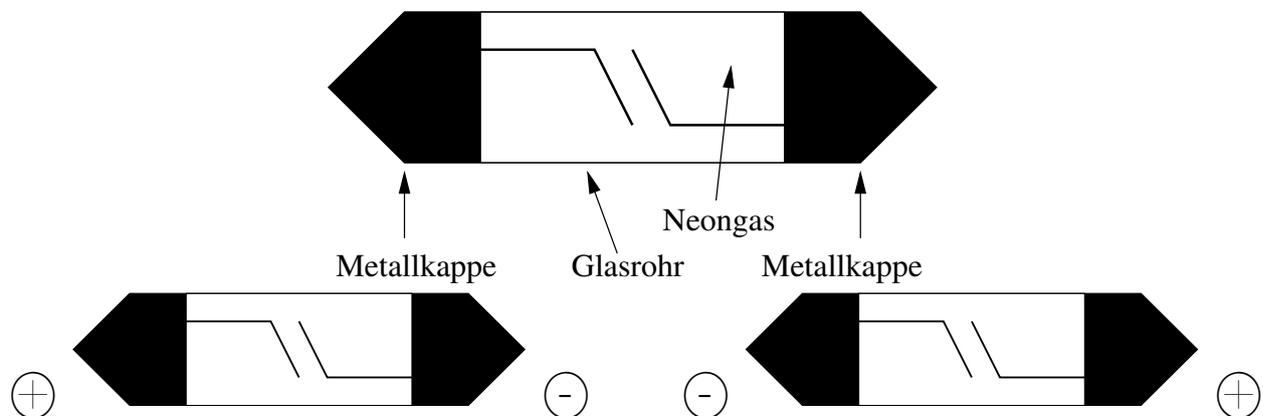


Abbildung 11.1: Eine Glimmlampe zeigt die Ladungen an. Zeichne bei den beiden unteren Glimmlampen ein, welche Elektrode leuchtet.

Es gibt zwei Arten von Ladungen: \_\_\_\_\_ und \_\_\_\_\_.

Die Glimmlampe leuchtet immer auf der Seite mit einem \_\_\_\_\_ Ladungsüberschuss.

**Versuch 3.** Zwei Streifen aus Alufolie werden beweglich und elektrisch isoliert aufgehängt. Dann werden die Streifen an einer Elektrizitätsquelle mal an unterschiedliche und mal an gleiche Pole angeschlossen. Notiere Deine Beobachtung.

Gleichnamige Ladungen \_\_\_\_\_.

Ungleichnamige Ladungen \_\_\_\_\_.

## 12 Wie man Ladungen zeigt: Das Elektroskop

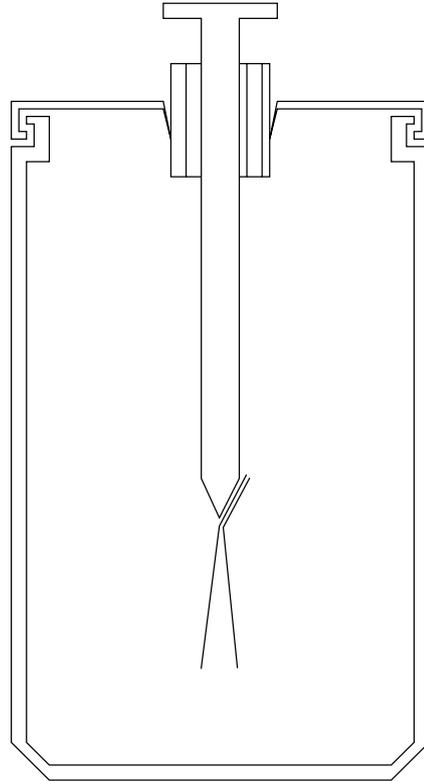
### 12.1 Bau

#### Material:

- 1 großer Nagel
- 1 Marmeladenglas
- dünne Pappe
- Klebeband
- Alufolie

#### Was Du machst:

1. Umwickle den Nagel in der Mitte mit etwas Pappe und Klebeband.
2. Bohre in den Deckel des Marmeladenglas ein Loch, so dass der Nagel mit der Pappe genau hinein passt.
3. Stecke den Nagel mit der Spitze nach unten in das Loch und klebe ihn fest.
4. Aus der Alufolie schneidest Du einen dünnen Streifen (5 mm x 100 mm). Falte ihn in Querrichtung und klebe den Streifen an die Spitze des Nagels. Dabei muss die Alufolie direkt auf dem Nagel aufliegen.
5. Verschließe nun das Marmeladenglas mit dem Deckel.



### 12.2 Versuche

Führ die folgenden Versuche durch und notiere Deine Beobachtungen.

1. Streue Papierschnipsel auf einen Tisch. Lege einen Dokumentenhülle auf die Papierschnipsel und reibe sie kräftig mit einem Tuch. Hebe dann die Dokumentenfolie an!
2. Fülle eine leere CD-Hülle mit Styroporkügelchen und reibe die obere Fläche kräftig mit einem Tuch!
3. Reibe mit einem Wolltuch den durchsichtigen Deckel eines Schnellhefters und öffne den Schnellhefter langsam.
4. Reibe zwei Luftballone mit einem Wollpullover! Beobachte, ob sich die geladene Ballone anziehen!
5. Streue Salz und Pfeffer auf ein Teller und vermische beide gut. Reibe einen Luftballon und halte die geriebene Seite knapp über die Mischung.
6. Schneide Dir aus einem Müllbeutel einen schmalen Streifen zurecht. Falte ihn in der Mitte zusammen und ziehe beide Hälften durch ein Wolltuch.
7. Reibe Glasstäbe, Hartgummistäbe, Geodreiecke, Overheadfolien usw. kräftig mit einem Wolltuch und überprüfe die Funktionsweise Deines Elektroskopes, indem Du die geladenen Gegenstände an Dein Elektroskop hältst!

### 13 Was fließt im Stromkreis?

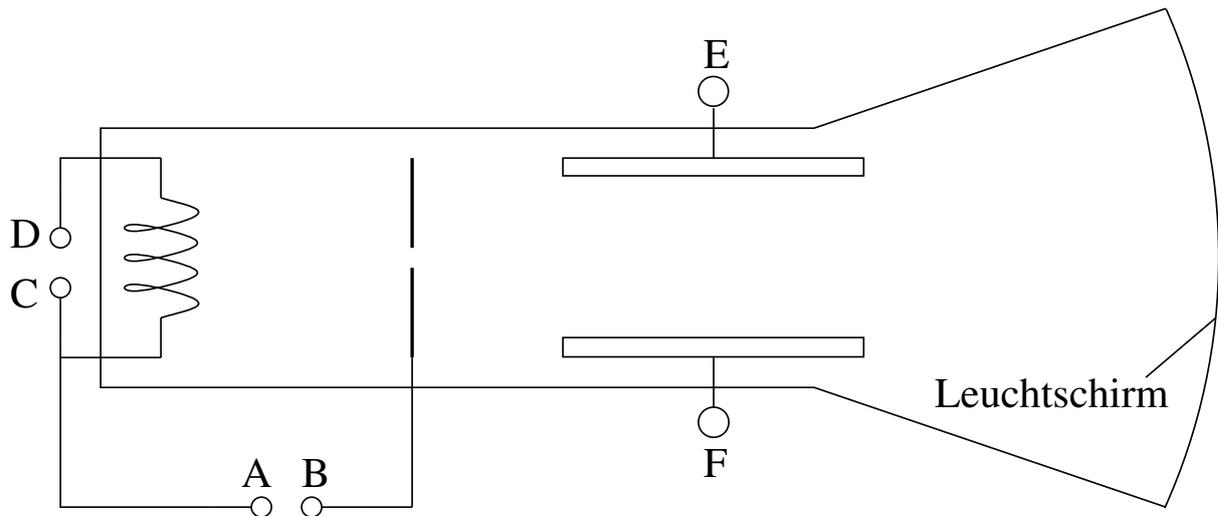


Abbildung 13.1: Braunsche Röhre (schematisch)

An einer Braunschen Röhre können an den Punkten A und B, C und D sowie E und F Spannungen angelegt werden. Bei geeigneter Einstellung ist auf dem Leuchtschirm ein heller Punkt zu sehen.

#### Beobachtung

A B	C D	E F	Beobachtung
+ -	Aus	Aus	
- +	Aus	Aus	
Aus	An	Aus	
+ -	An	Aus	
- +	An	Aus	
- +	An	+ -	
- +	An	- +	

#### Deutung

Um Ladungen aus einem Leiter herauszulösen benötigt man \_\_\_\_\_ in Form von \_\_\_\_\_.  
Diesen Effekt nennt man den \_\_\_\_\_.

In einem elektrischen Strom fließen \_\_\_\_\_ Ladungen. Diese Ladungen sind an Teilchen gebunden, die man \_\_\_\_\_ nennt.

Die technische Stromrichtung läuft von \_\_\_\_\_ zu \_\_\_\_\_. Die wirkliche Stromrichtung, die auch als physikalische Stromrichtung bezeichnet wird, läuft dagegen von \_\_\_\_\_ zu \_\_\_\_\_.

# 14 Wassermodell

Wasser ist eine gute Veranschaulichung für elektrische Stromkreise.

**A 14.1. Ergänze** die Lücken im Text sinnvoll mit den Worten aus der Wortliste.

( *energieärmeren, energiereicheren, Energiespeicher, Höhe, höher, Ladungen, Menge, negativ, negativeren, positiv, positiveren* )

Abbildung 14.1 zeigt drei mit Wasser gefüllte Säulen. Diese Tanks sind \_\_\_\_\_. Die Energiemenge hängt dabei von der \_\_\_\_\_ des Wassers und der \_\_\_\_\_ des Wasserspiegels ab. Je \_\_\_\_\_ der Wasserspiegel ist, desto größer ist die enthaltene Energie.

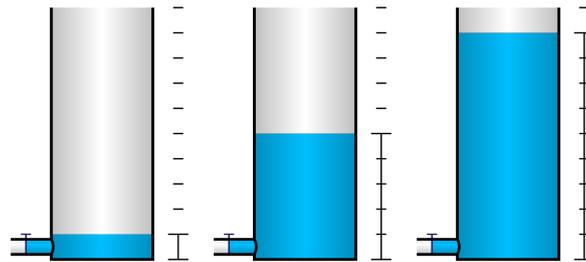


Abbildung 14.1: Mit Wasser gefüllte Tanks

Auf den elektrischen Strom übertragen steht das Wasser für die \_\_\_\_\_.

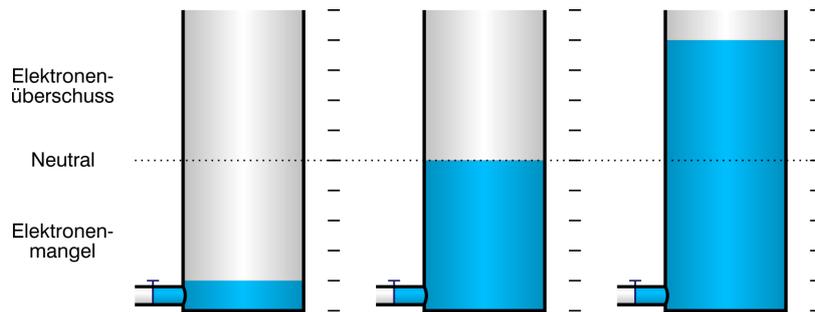


Abbildung 14.2: Übertragung des Wassermodells auf den elektrischen Strom.

Ein Körper mit Elektronenüberschuss ist \_\_\_\_\_ und mit Elektronenmangel \_\_\_\_\_ geladen.

Energie fließt vom \_\_\_\_\_ Zustand zum \_\_\_\_\_ Zustand.

Ladungen fließen vom \_\_\_\_\_ Pol zum \_\_\_\_\_ Pol.

**A 14.2. Zeichne** in Abbildung 14.3 die Fließrichtung des Wasserstroms bzw. Ladungsstroms ein.

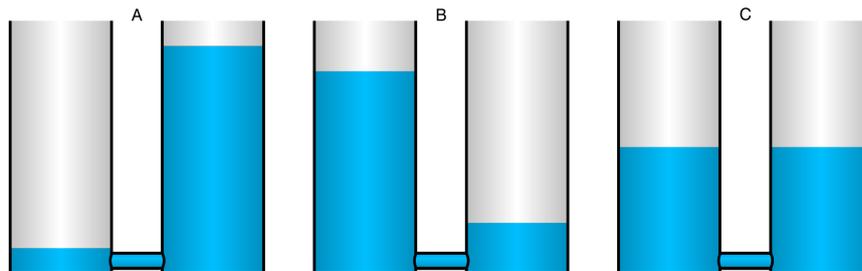
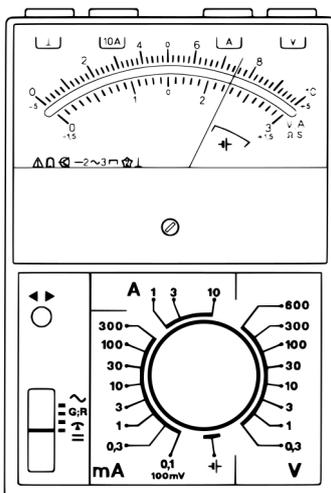
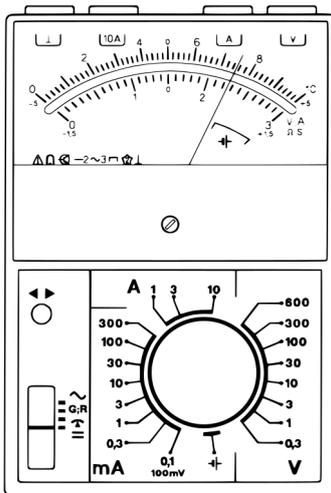


Abbildung 14.3: Modell für zwei geladene Platten, die elektrisch leitend miteinander verbunden sind.



## 16 Spannung messen: Voltmeter und Multimeter



### Analoges Multimeter

Bei einem analogen Multimeter zeigt ein Zeiger den gemessenen Wert an. Die gewünschte Art der Messung (Spannung oder Stromstärke) und den maximalen Messbereich stellt man mit dem Wahlschalter in der Mitte ein.

Je nach dem eingestellten Messbereich benutzt man die obere Skala (bis 10) oder die untere Skala (bis 30).

**A 16.1.** Phiona hat in einem Haus in einer Schublade ein paar Mignon-Zellen gefunden. Sie ist sich nicht sicher, ob die die Zellen neu sind oder bereits gebraucht wurden.

Nominal haben Mignon-Zellen eine Spannung von 1,5 Volt. Frische Mignon-Zellen haben eine etwas höhere Spannung. Je weniger Energie in den Zellen ist, desto geringer ist auch die Spannung. Eine Spannung von 1,4 Volt deutet auf eine Zelle mit wenig Energie hin.

In der örtlichen Schule hat Phiona ein Zeigermultimeter (Analoges Multimeter) gefunden. Mit diesem Multimeter will sie die Spannung der Mignon-Zellen messen.

- Die Grafik links oben zeigt ein Analogmultimeter und eine Mignon-Zelle. **Zeichne** in der Grafik die Kabel ein, mit der Multimeter und Zelle für eine Spannungsmessung verbunden werden.
- Zeichne** den Wahlschalter des Multimeters in der richtigen Position ein, um die Spannung der Zelle messen zu können.
- Neben den Mignon-Zellen hat Phiona auch noch eine 9-Volt-Blockbatterie (E-Block) gefunden. Die Abbildung links unten zeigt das Multimeter mit der Batterie. **Zeichne** in der Grafik die Kabel ein, mit der Multimeter und Batterie für eine Spannungsmessung verbunden werden.
- Zeichne** den Wahlschalter des Multimeters in der richtigen Position ein, um die Spannung der Batterie messen zu können.

### 16.1 Multimeter ablesen


## 17 Stromstärke und Ladung

Als Strom bezeichnet man das Fließen gleicher Objekte in die gleiche Richtung. Beim elektrischen Strom fließen negative Ladungen (Elektronen) vom Minus-Pol zum Plus-Pol einer Stromquelle. Die Maßeinheit der elektrischen Stromstärke  $I$  ist das Ampere (1 A). Um den Strom  $I$  zu bestimmen, teilen wir die geflossene Ladung  $Q$  durch den Zeitraum  $t$ , in dem sie geflossen ist. Wir können auch sagen:

$$\text{Stromstärke ist Ladung durch Zeit} \quad \text{Stromstärke} = \frac{\text{Ladung}}{\text{Zeit}} \quad I = \frac{Q}{t}$$

Ein Strom von 1 A ist schon sehr stark. Daher ist es viel geläufiger die kleinere Einheit 1 mA (Milliampere) zu verwenden. Es gilt, dass  $1 \text{ A} = 1000 \text{ mA}$  ist.

Eine einfache rote Leuchtdiode benötigt im Betrieb eine Stromstärke von 20 mA. In einer Stunde ist dann durch sie eine Ladung von

$$Q = I \cdot t = 20 \text{ mA} \cdot 1 \text{ h} = 20 \text{ mAh}$$

geflossen. In fünf Stunden dementsprechend

$$Q = I \cdot t = 20 \text{ mA} \cdot 5 \text{ h} = 100 \text{ mAh}.$$

Auf Akkus findet man oft die Angabe der maximalen Ladungsmenge, die in den Akku passt.

Ein Handyakku hat eine Ladung von 4000 mAh. Im Handbuch steht, dass der Akku in zwei Stunden geladen ist. Mit welcher Stromstärke wird der Akku geladen?

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{4000 \text{ mAh}}{2 \text{ h}} = \frac{4000 \text{ mA} \cancel{\text{h}}}{2 \cancel{\text{h}}} = 2000 \text{ mA} = 2 \text{ A}$$

Das Handy braucht also ein Ladegerät, das eine Stromstärke von 2 A zur Verfügung stellt. Ein normaler USB-Anschluss, wie er z.B. am Rechner vorhanden ist, liefert maximal 500 mA.

Ein Akku für Solarlampen hat typischerweise eine maximale Ladung von 600 mAh. Eine LED, die 100 mA Stromstärke benötigt, kann damit

$$t = \frac{\text{Ladung}}{\text{Stromstärke}} = \frac{Q}{I} = \frac{600 \text{ mAh}}{100 \text{ mA}} = \frac{600 \cancel{\text{mAh}}}{100 \cancel{\text{mA}}} = 6 \text{ h}$$

betrieben werden.

**A 17.1.** Robin hat sein Handyladegerät vergessen. Nun ist der Akku seines Handys ( $Q = 4000 \text{ mAh}$ ) leer. Er lädt nun sein Handy am USB-Anschluss seines Rechners ( $I = 500 \text{ mA}$ ) auf. Berechne, wie lange das Handy laden muss, bis der Akku voll ist.

**A 17.2.** Eine Solarlampe mit Akku ( $Q = 600 \text{ mAh}$ ) braucht 10 Stunden um vollständig geladen zu werden. Berechne, welche Stromstärke die Solarzellen liefern.

**A 17.3.** Ein LED mit  $I = 100 \text{ mA}$  hat 20 Stunden an einer kleinen Powerbank geleuchtet. Berechne, welche Ladung die Powerbank hat.



Abbildung 17.1: André Marie Ampère (1775 – 1836)

Quelle: Wikipedia

## 18 Galvanische Zelle

Im Jahr 1780 entdeckte der italienische Arzt **Luigi Galvani**, dass ein frisches Froschbein, das in Kontakt mit Kupfer und Eisen kam, immer wieder zuckte. Galvani konnte diese Beobachtung nicht erklären. Heute weiß man, dass Galvani die Auswirkung von elektrischem Strom auf Nervenzellen beobachtet hatte. Noch heute spricht man daher von **galvanischen Elementen**, zu denen unsere heute benutzten Batteriezellen gehören.

### V 18.1. Wie man ein galvanisches Element selbst baut.

Das galvanische Element liefert elektrische Energie auf der Basis einer chemischen Reaktion. Galvani hat für seinen Versuch die Metalle Eisen und Kupfer verwendet, sowie Froschschenkel. Wir nehmen für den Versuch Zink und Kupfer und anstatt der Froschschenkel eine Kartoffel.

#### Material

- Stück Kupferleitung
- verzinkten Nagel oder Krampen
- Kartoffel
- rote LED
- Multimeter

#### Bau

1. Stecke den verzinkten Gegenstand und die Kupferleitung in die Kartoffel.
2. Eine rote LED benötigt mindestens eine Spannung von 1,7 Volt zum Leuchten. Halte die LED mit dem kürzeren Bein an den verzinkten Gegenstand und mit dem langen Bein an die Kupferleitung. Notiere Deine Beobachtung. Was kannst Du über die Spannung der Batterie sagen?

3. Messe nun mit dem Multimeter (Einstellung 3 Volt) die Spannung des galvanischen Elements. Der Pluspol des Multimeters muss am Kupfer anliegen und der Minuspol am verzinkten Gegenstand.

4. Messe nun mit dem Multimeter die maximale Stromstärke der Galvanischen Zelle. Beginne mit dem unempfindlichsten Messbereich für die Stromstärke (3 Ampere). Wieder liegt der Pluspol des Multimeters am Kupfer und der Minuspol am Zink an. Achte darauf, dass Du eventuell den Anschluss des Pluspols am Multimeter ändern musst. Sehr wahrscheinlich wirst Du keine Anzeige haben. Darum ändere den Messbereich des Multimeters bis Du eine deutliche Anzeige hast.

Eine galvanische Zelle besteht aus zwei Metallen zwischen denen sich ein Elektrolyt befindet. Das Elektrolyt reagiert mit den beiden Metallen so, dass bei einem Metall einen Elektronenüberschuss und bei dem anderen Metall ein Elektronenmangel entsteht.

Um ein gutes Elektrolyt zu finden, kannst Du folgenden Versuch durchführen.

**V 18.2.** Baue galvanische Zellen mit Kupfer- und Zink-Elektroden und verschiedenen Elektrolyten auf. Messe dabei immer Spannung  $U$  und Stromstärke  $I$ . Erstelle dazu folgende Tabelle im Hefter. Trage die Ergebnisse in die Tabelle ein und bestimme das beste Elektrolyt. Mögliche Elektrolyte wären z.B. Kartoffel, Apfel, Salzwasser, Wasser, Zitrone, Zitronensaft, Essig, Cola, ...

Elektrolyt	Spannung $U$ [V]	Stromst. $I$ [mA]
Kartoffel		
Zitrone		
...		

**V 18.3.** Messe für verschiedene Kombinationen von Metallen jeweils die Spannung und die maximale Stromstärke. Benutze dazu das im Versuch 18.2 ermittelte Elektrolyt. Erstelle dazu folgende Tabelle im Hefter. Mögliche Elektrodenmaterialien wäre z.B. Kupfer, Zink, Eisen, Aluminium, oder Graphit. Notiere auch weitere Beobachtungen, die Du bei den Messungen machst.

Metall	Metall	$U$ [V]	$I$ [mA]
Kupfer	Zink		
Kupfer	Eisen		
Eisen	Aluminium		
...	...		

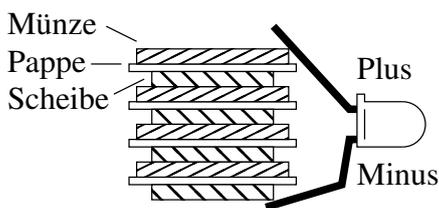
## 19 Batterie: Voltasche Säule

Um 1800 entwickelte der Forscher Alessandro Volta die erste Batterie, die sogenannte **Voltasche Säule**. Eine Voltasche Säule besteht aus vielen galvanischen Elementen, die übereinandergestapelt sind.

**V 19.1.** Eine Voltasche Säule im Miniformat ist schnell gebaut.

### Material

- 5x 2-Cent-Stücke (oder 5-Cent)
- 5x verzinkte Unterlegscheiben (z.B.  $4,3 \times 20 \times 1,2$  mm)
- etwas Pappe
- Zitronensaft
- 1x LED



### Bau

1. Schneide aus der Pappe fünf runde Pappkreise in der Größe der Münzen aus und tränke sie mit dem Zitronensaft.
2. Schichte nun abwechselnd eine Münze, eine Papp-scheibe und eine Zinkscheibe auf.
3. Drücke die Beine der LED etwas auseinander. Das kürzere Bein ist der Minuspol. Presse nun den Hau-fen mit Daumen und Zeigefinger zusammen. Halte das Bein der LED mit dem Minuspol an die äußers-te Unterlegscheibe und das andere Bein (Pluspol der LED) an die äußerste Münze. Die Lampe sollte nun leuchten.

### 19.1 Spannungen und Stromstärken bei Reihenschaltungen messen

**V 19.2.** Anhand unserer einfachen Batterie wollen wir Spannungen und Stromstärken messen.

1. Baue eine einfache Batterie aus einer Schicht Kupfer, getränkter Pappe und Zink auf. Bestimme mit dem Voltmeter den Plus- und den Minuspol sowie Spannung  $U$  und maximale Stromstärke  $I$ .
2. Erweitere die Batterie um eine weitere Schicht und messe erneut Spannung und Stromstärke.
3. Wiederhole diesen Vorgang, bis Du 5 Schichten hast.
4. Zeichne ein  $U(N)$ -Diagramm und ein  $I(N)$ -Diagramm

Anzahl Zellen $N$	1	2	3	4	5
Spannung $U$ [V]					
Stromstärke $I$ [mA]					

**V 19.3.** Wiederhole den vorherigen Versuch. Anstelle der verzinkten Unterlegscheiben verwendest Du Alufolie. Welchen Unterschied zwischen den beiden Metallkombinationen kannst Du feststellen?

In diesen Versuchen wurden die galvanischen Zellen in Reihe geschaltet. Was passiert wohl, wenn Du die galvanischen Zellen parallel schalten würdest?

**V 19.4.** Entwickle eine Versuchsanordnung, wie Du die Eigenschaften einer Parallelschaltung von galvanischen Zellen untersuchen kannst. Führe den Versuch dann durch.

## 20 Reihen- und Parallelschaltung von Zellen

Zink-Kohle-Zellen oder Alkali-Mangan-Zellen haben eine Spannung von 1,5 Volt. Die häufigsten Bauformen sind Micro (AAA), Mignon (AA), Baby (C) und Mono (D). Bei Alkali-Mangan-Zellen ist die maximale Stromstärke höher als bei Zink-Kohle-Zellen. Oft benötigt man aber höhere Spannungen oder höhere Stromstärken. In diesem Fall ist es möglich die Zellen in Reihe oder parallel zu schalten.

### 20.1 Reihenschaltung

Bei einer Reihenschaltung addieren sich die \_\_\_\_\_ und die \_\_\_\_\_ bleibt gleich.

**A 20.1.** In einer Taschenlampe werden vier Mignon-Zellen in Reihe geschaltet. Berechne für welche Spannung die Lampe ausgelegt sein muss.

**A 20.2.** Eine Flachbatterie besteht aus mehreren Zellen und besitzt eine Spannung von 4,5 Volt. Bestimme die Anzahl der Zellen in der Flachbatterie.

**A 20.3.** In einen mobilen Etikettendrucker müssen 8 Zellen eingelegt werden. Berechne die Spannung des mobilen Etikettendruckers.

**A 20.4.** Eine 9-Volt-Blockbatterie besteht aus in Reihe geschalteten Zellen. Berechne die Anzahl der Zellen.

### 20.2 Parallelschaltung

Bei einer Parallelschaltung addieren sich die \_\_\_\_\_ und die \_\_\_\_\_ bleibt gleich.

Die Ladung eine Zink-Kohle-Zelle beträgt typischerweise 1 200 mAh. Das bedeutet, dass die Zelle eine Ladung enthält, die einem Strom von 1 200 mA entspricht, der eine Stunde lang fließt. Eine Alkali-Mangan-Zelle hat typischerweise eine Ladung von 2 000 mAh. Dies entspricht einem Strom von 2 000 mA, der eine Stunde lang fließt.

**A 20.5.** Im Stromkreis fließt ein Strom von 600 mA. Berechne, wie lange eine Zink-Kohle-Zelle diesen Strom liefern könnte.

**A 20.6.** Zwei Alkali-Mangan-Zellen werden parallel geschaltet. Bestimme die Ladung, die nun zur Verfügung steht.

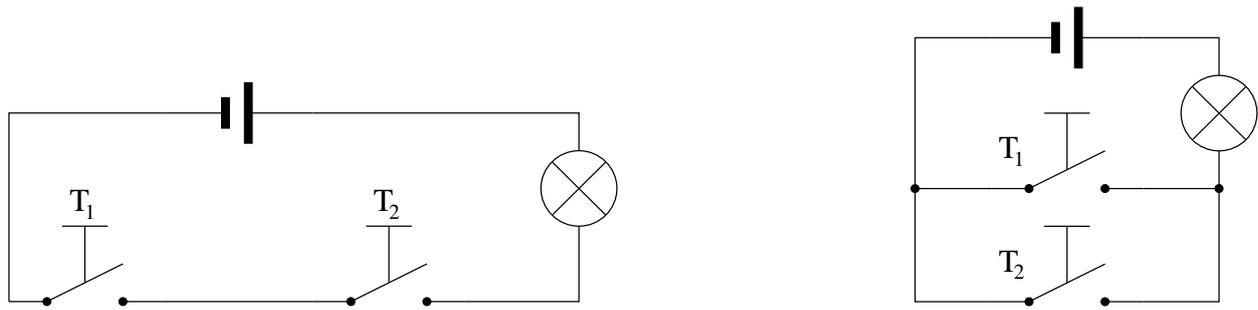


Abbildung 21.1: Zwei Taster in Reihe und parallel geschaltet.

## 21 Schaltpläne und Schaltzeichen

Der Aufbau von elektronischen Schaltungen wird durch Schaltpläne dokumentiert. Schaltpläne geben dabei nicht die tatsächliche Lage der Bauteile und Leitungen wieder, sondern das Prinzip der Schaltung. Für die bessere Lesbarkeit der Schaltpläne werden alle Leitungen senkrecht oder waagrecht gezeichnet. Die Leitungen werden an die Schaltzeichen immer an gegenüberliegenden Punkten eingezeichnet.

Beispiele für Schaltpläne findest Du in den Abbildungen 21.1 und 21.2 auf dieser Seite.

Beide Schaltungen in Abbildung 21.1 bestehen aus einer Gleichspannungsquelle, zwei Tastern und einer Lampe.

In der linken Schaltung sind die beiden Taster in Reihe geschaltet. Diese Schaltungsart nennt man Reihenschaltung. Da Taster 1 **und** Taster 2 geschlossen sein müssen, damit die Lampe leuchtet, nennt man die Reihenschaltung auch **UND**-Schaltung.

In der rechten Schaltung sind die beiden Taster parallel geschaltet. Diese Schaltungsart nennt man Parallelschaltung. Da die Lampe leuchtet, wenn Taster 1 **oder** Taster 2 **oder** Taster 1 und 2 geschlossen sind, nennt man sie auch **ODER**-Schaltung.

**A 21.1.** Untersuche die Schaltung in Abbildung 21.2 darauf, ob die Lampe brennt oder nicht. Benutze dazu die folgende Tabelle. Ein geschlossener Taster wird durch eine **1** angezeigt und ein offener Taster durch eine **0**.

$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	Lampe
0	0	0	1	
0	0	1	0	
0	0	1	1	
0	1	0	0	
0	1	0	1	
0	1	1	0	
0	1	1	1	
1	0	0	0	
1	0	0	1	
1	0	1	0	
1	0	1	1	
1	1	0	0	
1	1	0	1	
1	1	1	0	
1	1	1	1	

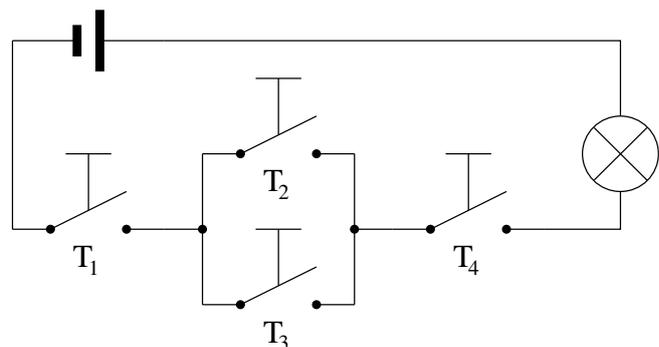


Abbildung 21.2: Wann brennt die Lampe?

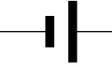
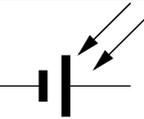
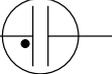
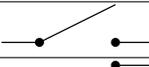
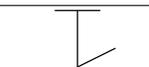
	Spannungsquelle (Wechselspannung, Gleichspannung)
	Gleichstromquelle (Batterie, Akku, Gleichstromnetzgerät)
	Solarzelle
	Lampe
	Glimmlampe (Punkt zeigt zum Minus-Pol)
	Motor
	Allgemeines Messgerät, Multimeter
	Strommessgerät, Amperemeter
	Spannungsmessgerät, Voltmeter
	Schalter
	Schalter (Ein - Aus - Ein)
	Wechselschalter, Umschalter
	Taster Schließer
	Taster Öffner
	Widerstand
	Regelbarer Widerstand
	Potentionmeter, Regelwiderstand mit Abgriff
	Sicherung

Tabelle 21.1: Liste der elektronischen Schaltzeichen

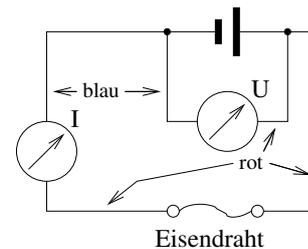
## 22 Wirkungen des elektrischen Stroms

Du benötigst: 1x Netzteil ( $U_{\max} = 15\text{ V}$ ,  $I_{\max} = 2\text{ A}$ ), 3x Laborkabel rot, 2x Laborkabel blau, 2x Multimeter, 1x Spule (500 Windungen), 1x Kompass, 1x Becherglas, 2x Anschlussklemme, 2x Nägel als Elektroden, 1x Eisendraht (0,2 mm, 5 cm) 1x Löffel, Alufolie, Salz

### Wirkung

1. Schalte das Netzgerät aus, stelle den Spannungsregler des Netzgeräts auf Null und den Stromregler auf maximalen Stromfluß.
2. Baue die Schaltung wie im nebenstehenden Schaltplan auf. Befestige mit den Abgreifklemmen jeweils ein Ende des dünnen Drahtes an die Klamme. Messe die Länge des Drahtes zwischen den Abgreifklemmen.
3. Schalte das Netzgerät ein und erhöhe langsam die Spannung bis entweder die Spannung 15 Volt oder der Strom

2 Ampere erreicht hat. Notiere Spannung, Stromstärke und das Verhalten des Drahtes in regelmäßigen Abständen.

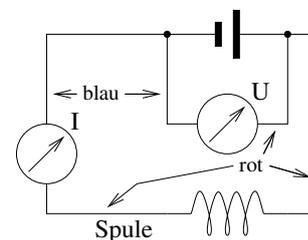


### Wirkung

1. Schalte das Netzgerät aus, stelle den Spannungsregler des Netzgeräts auf Null und den Stromregler auf maximalen Stromfluß.
2. Entferne den Draht und die Abgreifklemmen. Schließe nun die Spule an die freien Enden an. Positioniere Spule und Kompass so, dass die Kompassmitte 5 cm vor der Öffnung der Spule liegt und die Magnetnadel senkrecht zur Spule steht.
3. Schalte das Netzgerät ein und erhöhe langsam die Spannung bis entweder die Spannung 15 Volt, der Strom 2 Ampere erreicht hat oder die Kompassnadel ihre maximale Auslenkung erreicht hat. Notiere Spannung,

Stromstärke und das Verhalten der Kompassnadel in regelmäßigen Abständen.

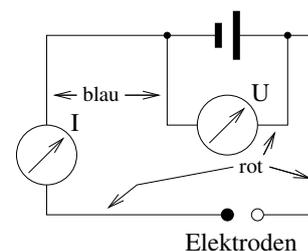
4. Wiederhole den Versuch für die Abstände 10 cm und 15 cm.



### Wirkung

1. Schalte das Netzgerät aus, stelle den Spannungsregler des Netzgeräts auf Null und den Stromregler auf maximalen Stromfluß.
2. Entferne die Spule und befestige wieder an den Enden der Kabel die Abgreifklemmen. Klemme die Nägel als Elektroden mit den Abgreifklemmen fest. Fülle ein Becherglas mit 300 ml Wasser und stelle die Elektroden ins Wasser. Sie sollten dabei den größtmöglichen Abstand voneinander haben.
3. Schalte das Netzgerät ein und erhöhe langsam die Spannung bis entweder die Spannung 15 Volt oder der Strom 2 Ampere erreicht hat. Notiere Spannung, Stromstärke und Deine Beobachtungen der Elektroden in regelmäßigen Abständen.

4. Wiederhole den Versuch, wenn 1 Teelöffel Salz und 5 Teelöffel Salz im Wasser gelöst wurden.
5. Ersetze die Nägel durch zwei Streifen Alufolie (ca. 2 cm breit). Stelle das Netzgerät auf 10 Volt ein. Lasse den Versuch eine Zeitlang laufen und beobachte, was mit dem Wasser und der Alufolie passiert.



**Chemische Wirkung**

Ein elektrischer Strom ist umso stärker,  
Elektrische Ströme sind gleich,  
Ein elektrischer Strom hat die doppelte  
Größe von einem anderen Strom,

**Magnetische Wirkung**

Ein elektrischer Strom ist umso stärker,  
Elektrische Ströme sind gleich,  
Ein elektrischer Strom hat die doppelte  
Größe von einem anderen Strom,

**Thermische Wirkung**

Ein elektrischer Strom ist umso stärker,  
Elektrische Ströme sind gleich,  
Ein elektrischer Strom hat die doppelte  
Größe von einem anderen Strom,

je stärker die Wärmeentwicklung bei einem bestimmten Draht ist.

wenn die Wärmewirkung bei identischen Drähten gleich ist.

wenn doppelt so viel Gas in gleichen Elektrolyten entsteht.

je stärker die magnetische Wirkung einer Spule ist.

je mehr Gas in einem Elektrolyten pro Zeiteinheit entsteht.

wenn pro Zeiteinheit gleich viel Gas in identischen Elektrolyten entsteht.

wenn eine entsprechend größere Wärmewirkung in einem identischen Draht erfolgt.

wenn bei gleicher Anordnung die magnetische Wirkung sich verdoppelt.

wenn identische Spulen die gleiche magnetische Wirkung haben.

## 23 Lösungen

test

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Längeneinheiten</b>	<b>1</b>
1.1	Das Meter . . . . .	1
<b>2</b>	<b>Zeit</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Energieumsatz des Menschen</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Energie in der Nahrung: Physiologischer Brennwert</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>Energieformen</b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>Energieflussdiagramme</b>	<b>6</b>
<b>7</b>	<b>Boot mit Wasserantrieb</b>	<b>10</b>
<b>8</b>	<b>Hubarbeit</b>	<b>11</b>
<b>9</b>	<b>Hubarbeit berechnen</b>	<b>12</b>
<b>10</b>	<b>Energie berechnen</b>	<b>13</b>
<b>11</b>	<b>Ladungen</b>	<b>14</b>
<b>12</b>	<b>Wie man Ladungen zeigt: Das Elektroskop</b>	<b>15</b>
12.1	Bau . . . . .	15
12.2	Versuche . . . . .	15
<b>13</b>	<b>Was fließt im Stromkreis?</b>	<b>16</b>
<b>14</b>	<b>Wassermodell</b>	<b>17</b>
<b>15</b>	<b>Spannung</b>	<b>18</b>
<b>16</b>	<b>Spannung messen: Voltmeter und Multimeter</b>	<b>19</b>
16.1	Multimeter ablesen . . . . .	20
<b>17</b>	<b>Stromstärke und Ladung</b>	<b>21</b>
<b>18</b>	<b>Galvanische Zelle</b>	<b>22</b>
<b>19</b>	<b>Batterie: Voltasche Säule</b>	<b>23</b>
19.1	Spannungen und Stromstärken bei Reihenschaltungen messen . . . . .	23
<b>20</b>	<b>Reihen- und Parallelschaltung von Zellen</b>	<b>24</b>
20.1	Reihenschaltung . . . . .	24
20.2	Parallelschaltung . . . . .	24
<b>21</b>	<b>Schaltpläne und Schaltzeichen</b>	<b>25</b>
<b>22</b>	<b>Wirkungen des elektrischen Stroms</b>	<b>27</b>

**23 Lösungen**

**29**