

### 2.1.3 Die elektrische Spannung

Ursache für den Transport der elektrischen Ladungen ist die elektrische Spannung  $U$ . Die notwendige Arbeit  $W$  zur Trennung der Ladung  $Q$  bestimmt die Spannung  $U$ .

Die **elektrische Spannung**  $U$  zwischen zwei Punkten in einem Raum ist gleich der Arbeit ( $\mathbf{F} \cdot \mathbf{l}$ ) pro Einheitsladung, die zum Verschieben der Ladung zwischen diesen Punkten notwendig ist.

$$U = \frac{F \cdot l}{Q} \quad U = \frac{W}{Q} \quad (2.4)$$

$$[U] = \frac{\frac{Nm}{C}}{1} = \frac{\frac{VA \cdot sm}{As}}{1} = \frac{VA \cdot sm}{As} = V \quad (2.5)$$

Die Einheit der elektrischen Spannung trägt die Bezeichnung **Volt** (Symbol: V).

In elektronischen Schaltungen und in Simulationsprogrammen verwendet man den Begriff des **elektrischen Potentials**  $\varphi$ . Man wählt einen Bezugspunkt in der Schaltung, der **Masse** genannt wird, und per Definition das **Potenzial**  $\varphi = 0 \text{ V}$  erhält. Jeder Knotenpunkt der Schaltung trägt dann gegenüber diesem Bezugspunkt eine Spannung, die als Potenzial bezeichnet wird.

*Masse = Ground*

Die **Spannung** ist in elektronischen Schaltungen **daher die Differenz zweier Knotenpotenziale**:

$$U_{12} = \Delta \varphi = \varphi_1 - \varphi_2 \quad (2.6)$$

Die von einer Spannungsquelle gelieferte Spannung  $U$  wird in Schaltplänen durch einen Richtungspfeil angegeben. Er zeigt meist vom **Pluspol** (+) zum **Minuspole** (-). Diese Richtung wird als **Richtungssinn der Spannung** bezeichnet. Der Strom  $I$  fließt außerhalb der Spannungsquelle in der Regel vom Pluspol zum Minuspol (technische Stromrichtung).

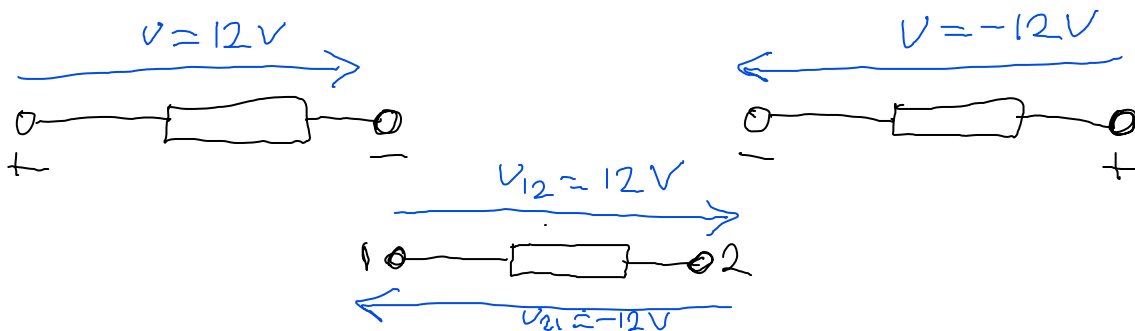


Abbildung 2.6: Pfeile und Vorzeichen für Strom und Spannung

### Arten der Spannungserzeugung

Spannung kann unterschiedlich erzeugt werden:

- Bei der Induktion werden durch magnetische Energie elektrische Ladungen getrennt.
- Im galvanischen Element trennt eine chemische Reaktion elektrische Ladungen.
- Im Thermoelement trennt die Wärme elektrische Ladungen.
- In der Solarzelle (Fotoelement) trennt die Strahlungsenergie des Lichtes elektrische Ladungen.
- Bei manchen Kristallen, z.B. Quarz, können durch Druck elektrische Ladungen getrennt werden.

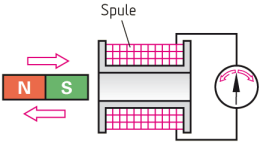
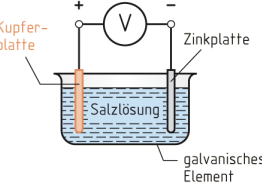
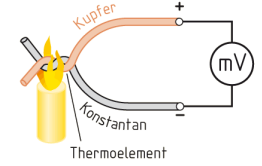
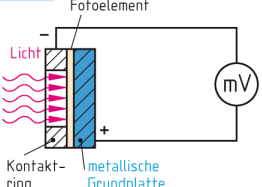
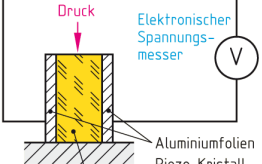
Tabelle: Arten der Spannungserzeugung	
Erzeugen der Spannung durch	Verwendung
<b>Induktion</b> 	<b>Generatoren:</b> Fahrraddynamos, Kfz-Lichtmaschinen, Kraftwerks- generatoren, dynamische Mikrofone
<b>chemische Wirkung</b> 	<b>Elektrochemische Spannungserzeuger:</b> Batterien, Mono- zellen (galvanische Elemente), Akkumulatoren
<b>Wärme</b> 	<b>Thermoelemente:</b> Verwendung zur Temperaturmessung und Temperatur- Fern-Messung, z.B. an schwer zugänglichen Stellen
<b>Licht</b> 	<b>Fotoelemente:</b> Verwendung als Stromquellen, z. B. für Satelliten, Taschenrechner, Uhren
<b>Kristallverformung</b> 	<b>Piezokristalle:</b> Verwendung in Kristall-Tonabneh- mern, z. B. Kristall- mikrofonen, Drucksensoren, Gaszündern



Tabelle 7: Arten der Spannungserzeugung

Beispiele für Schaltzeichen von Spannungsquellen:



Abbildung 2.7: Schaltzeichen von Spannungsquellen: a) Spannungsquelle allgemein, b) Symbol für Batterie oder Akku

**Aufgaben**

1. In einem elektrischen Feld wird die Ladung  $Q = 0,25 \text{ mC}$  durch die Kraft  $F = 10 \text{ mN}$  um  $s = 50 \text{ mm}$  von P1 nach P2 verschoben. Berechnen Sie
  - (a) die Arbeit (0,5 mNm)
  - (b) die Spannung zwischen P1 und P2. (2 V)
2. Eine Ladung von  $20 \mu\text{C}$  wird mit der Kraft  $6 \text{ mN}$  über eine Strecke von  $30 \text{ mm}$  transportiert. Berechnen Sie
  - (a) die Arbeit und (0,18 mJ)
  - (b) die Spannung. (9 V)
3. Bei der Erzeugung einer Spannung wird zum Verschieben der Ladung  $Q = 20 \mu\text{C}$  eine Arbeit von  $W = 0,4 \text{ mJ}$  aufgewendet. Berechnen Sie die entstehende Spannung. (20 V)
4. Eine Ladung von  $0,1 \text{ mC}$  wird mit der Kraft  $120 \text{ mN}$  bewegt. Die Arbeit beträgt  $3 \text{ mNm}$ . Berechnen Sie
  - (a) die Verschiebestrecke (Weg) und (25 mm)
  - (b) die Spannung. (30 V)
5. Welche Arbeit ist erforderlich, um einen Akkumulator  $1,2 \text{ V}$  mit  $2200 \text{ mAh}$  zu laden? (9504 Ws)

## Aufgaben

**Physikalische Größen, das internationale Einheitensystem. Rechnen mit Größen, die elektrische Ladung, der elektrische Strom.**

1. Aus welchen Teilen besteht ein einfacher Stromkreis? Skizzieren Sie!
2. Unter welcher Bedingung fließt in einem elektrischen Stromkreis ein Strom?
3. Welche der folgenden Verbraucher nützen die in der Tabelle angegebenen Stromwirkungen aus? Ordnen Sie zu.

Relais, Lötkolben, Leuchtstofflampe, Weidezaungerät, Tauchsieder, Akkumulator (beim Laden), Glimmlampe, Strombäder zur Heilbehandlung, galvanisches Bad, elektrischer Schmelzofen, Elektromagnet.

Stromwirkungen elektrischer Betriebsmittel				
Wärmewirkung	Lichtwirkung	Magnetische Wirkung	Chemische Wirkung	Physiologische Wirkung

4. Welche Ionenarten bzw. Atome entstehen bei folgenden Verhältnissen?

Atom- und Ionenarten	
Protonenzahl > Elektronenzahl	
Protonenzahl = Elektronenzahl	
Protonenzahl < Elektronenzahl	

5. Warum leiten Metalle, z.B. Kupfer, den elektrischen Strom besonders gut?
6. Was geschieht im Inneren eines metallischen Leiters, wenn in ihm ein elektrischer Strom fließt?
7. Wie ist die elektrische Stromstärke festgelegt (in Worten)?
8. Wovon hängt die Flussgeschwindigkeit der Elektronen ab?
9. Rechnen Sie die Stromwerte um:

1 kA = _____ A	1 mA = _____ A	0,005 kA = _____ A
1 mA = _____ $\mu$ A	600 A = _____ kA	0,36 A = _____ mA
250 mA = _____ A	3 A = _____ mA	20 mA = _____ A
0,5 A = _____ mA	2 mA = _____ A	100 kA = _____ A

10. Geben Sie die Einheit der elektrischen Ladung mit Hilfe der Einheitengleichung an.
11. Geben Sie die Einheit der Stromstärke mit Hilfe der Einheitengleichung an.
12. Richtig oder falsch?

- (a) Das Doppelte von  $10^7$  ist  $10^{14}$ .
- (b) Die Hälfte von  $10^{-4}$  ist  $10^{-2}$ .
- (c) Ein Zehntel von  $10^{-2}$  ist  $10^{-4}$ .

13. Rechnen Sie um

- (a) 1 km/h in m/s
- (b) 1 kg/m<sup>3</sup> in g/cm<sup>3</sup>
- (c) 1 N/mm<sup>2</sup> in N/m<sup>2</sup>
- (d) 1 mg/mm<sup>3</sup> in kg/m<sup>3</sup>
- (e) 1 l/s in m<sup>3</sup>/h