

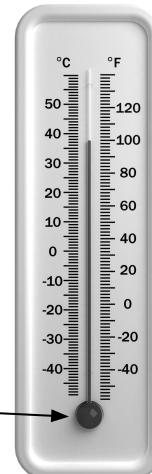
### 3.1 Temperatur und ihre Messung (Anlagenmechaniker/-in)

#### Was machen eigentlich Anlagenmechaniker/-innen?

Anlagenmechaniker/-innen arbeiten in der Industrie und fertigen Bauteile, die sie zu Baugruppen, verschiedenen Apparaten, Rohrleitungssystemen und Anlagen montieren. Bestehende Anlagen halten sie instand, erweitern sie nach vorgegebenen Plänen oder bauen sie um. Die Fertigung der einzelnen Bauteile erfolgt mit verschiedenen Werkzeugmaschinen. Damit die Bearbeitung der Werkstoffe gelingt, kennen sie deren Eigenschaften.



1. Andrea lernt in ihrer Ausbildung, dass zur Funktionskontrolle industrieller Anlagen an bestimmten Stellen die Arbeitstemperatur gemessen wird. In der Berufsschule lernt sie die Hintergründe dazu.
  - a) Erkläre, welcher Zusammenhang zwischen der Bewegung der Atome und Moleküle eines Stoffes und seiner Temperatur besteht.
  - b) Kreuze die fünf Arten von Temperaturmessgeräten an, die in der Anlagentechnik verwendet werden.
    - Feststoffthermometer
    - Flüssigkeitsthermometer
    - Bimetall-Thermometer
    - elektrisches Widerstandsthermometer
    - elektrostatisches Thermometer
    - Pyrometer
    - thermoelektrisches Thermometer
    - Pykrometer
2. Phil lernt in der Berufsschule die Funktionsweisen der folgenden Thermometer. Beschreibe sie.
  - a) Flüssigkeitsthermometer
  - b) Bimetall-Thermometer
  - c) Elektrisches Widerstandsthermometer
3. Im Alltag spricht man häufig davon, dass etwas warm ist. Im Physikunterricht der Berufsschule hat Phil den Unterschied zwischen Wärme und Temperatur gelernt.
  - a) Erläutere den Unterschied zwischen den Begriffen „Wärme“ und „Temperatur“.
  - b) Im Urlaub nahmen Phil und seine Freundin die Wassertemperatur unterschiedlich wahr, obwohl im Radio die Temperatur des Meeres mit  $23^{\circ}\text{C}$  angegeben wurde.



## 3.2 Thermische Längenausdehnung (Metallbauer/-in)

### Was machen eigentlich Metallbauer/-innen?

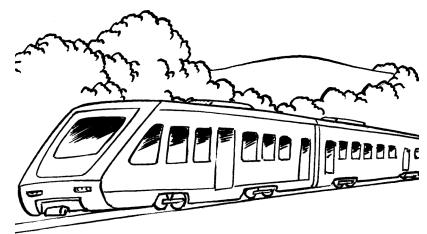
Metallbauer/-innen fertigen verschiedenste Metallkonstruktionen an. Hierfür schneiden sie Metalle zu und bringen sie in die gewünschte Form. Einzelne Bauteile verbinden sie durch Schweißen, Nieten oder Schrauben. Beim Zusammenbau von Metallkonstruktionen installieren sie auch hydraulische, pneumatische und elektrische Anlagen, beispielsweise Hub- und Ladevorrichtungen für Lieferfahrzeuge.



1. Tobias bekommt im ersten Ausbildungsjahr den Auftrag, Metallrohre nach vorgegebenen Maßen zuzuschneiden. Sie sollen in ein sehr teures Spezialgerät eingebaut werden. Er wird am gleichen Tag nicht fertig und verschlampt den Zettel mit den Maßangaben. Am nächsten Tag misst er daher die Rohre des Vortages aus und nutzt diese Länge für die restlichen Rohre.

Beurteile und begründe, wie du als Chef auf dieses Verhalten reagieren würdest.

2. Andreas hilft bei der Montage von Zugverbänden. Dabei werden diese auf Spannung gebracht. Er soll den nötigen Abstand einschätzen. Weil Andreas sichergehen möchte, berechnet er ihn. In seinem Fall ist der Zugstab 45 cm lang und wird um 35 K erwärmt. Der Längenausdehnungskoeffizient von (hochlegiertem) Stahl beträgt  $\alpha = 0,000\,016 \frac{1}{K}$ .



Berechne sein Ergebnis (in Millimeter) und beurteile es.

3. Nina arbeitet für die Stadt und soll bei einer Straßenbahn einen stählernen Reifen (Innendurchmesser = 0,645 m) auf ein Rad ziehen.
  - a) Sie hat die wichtigen Größen notiert. Berechne den nötigen Temperaturunterschied:
    - Innendurchmesser des Rads:  $r_i = 0,65 \text{ m}$
    - Umgebungstemperatur:  $T_o = 20^\circ\text{C}$
    - Längenausdehnungskoeffizient von (hochlegiertem) Stahl:  $\alpha = 0,000\,016 \frac{1}{K}$
  - b) Berechne, welche Temperatur sie für diese Tätigkeit erzeugen muss.



## 6.9 Komplexe Schaltungen (Elektroniker/-in)

### Was machen eigentlich Elektroniker/-innen?

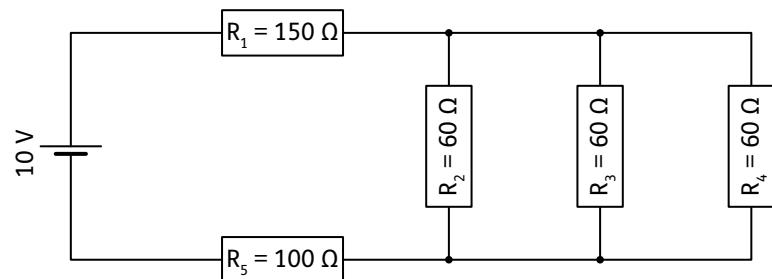
Elektroniker/-innen planen, installieren und warten elektrische Anlagen für Gebäude, die industrielle Produktion oder im Bereich der Informations- und Telekommunikationstechnik. Im Bereich der Gebäude sind dies beispielsweise die elektrischen Anlagen zur Energieversorgung. Um automatisierte, sensorgesteuerte elektrische Anlagen handelt es sich überwiegend im Bereich der Industrie.



- Patrick notiert in seinem Ausbildungsbericht die Grundlagen der Reihen- und Parallelschaltung.

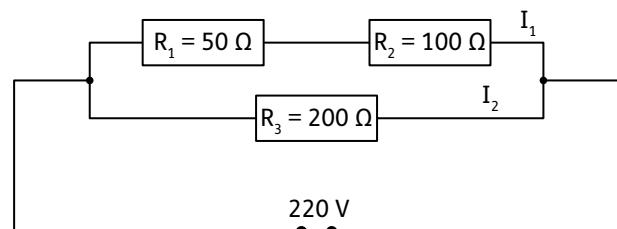
Notiere mit Formeln, wie man in beiden Schaltungsarten jeweils die elektrische Stromstärke, die elektrische Spannung und den elektrischen Widerstand berechnet.

- In der Berufsschule sollen in der folgenden Schaltung fünf Widerstände durch einen Ersatzwiderstand ausgetauscht werden. Berechne diesen Ersatzwiderstand.



- Patrick prüft das Datenblatt einer Anlage. Er hat dafür die Werte der Schaltskizze rechts. Berechne die gesuchten Werte.

- a) Gesamtwiderstand
- b) Teilströme  $I_1$  und  $I_2$
- c) Leistungen  $P_1$ ,  $P_2$  und  $P_3$  an den einzelnen Widerständen
- d) Gesamtleistung

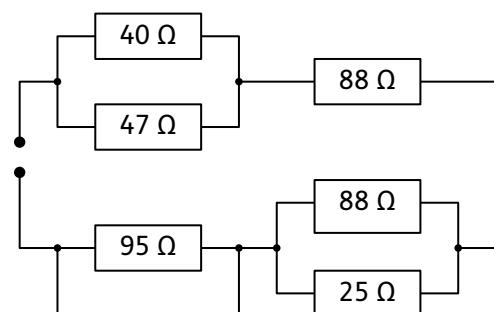


Tipps: Kombiniere die Formeln für die Berechnung der elektrischen Leistung mit der des elektrischen Widerstands.

- Ein Praktikant soll das Datenblatt einer anderen Anlage prüfen. Patrick hilft ihm dabei.

Berechne den Gesamtwiderstand der Schaltung.

Tipp: Der elektrische Strom nimmt, hat er die Wahl, immer den Weg des geringsten Widerstandes.



## 6.10 Elektrische Arbeit und Leistung bei Handarbeit (Tischler/-in)

### Was machen eigentlich Tischler/-innen?

Tischler/-innen arbeiten mit Holz und Holzwerkstoffen. Sie stellen Möbel, Türen und Fenster her und nehmen Innenausbauten vor. Die Fertigung der Produkte erfolgt mithilfe von Holzwerkzeugen und Maschinen. Sie benötigen physikalisches Wissen, um die Funktionsweise der wichtigsten Maschinen und deren sachgemäße Verwendung zu verstehen.



1. Als Gesellin betreut Sophie einen Praktikanten.  
Erkläre, was unter der elektrischen Leistung eines Elektromotors verstanden wird.
2. Sophie soll als Tischlerin eine bereits benutzte elektrische Heizplatte anschließen, damit sie mit dieser arbeiten kann. Auf dem Typenschild der Heizplatte ist nur noch die Leistung von 1800 W lesbar. Die zugelassene Netzspannung kann sie nicht mehr erkennen, misst aber einen elektrischen Widerstand von  $30\ \Omega$ .  
Berechne, für welche Netzspannung die Heizplatte zugelassen ist.
3. Auch das Typenschild des Lötkolbens ist nicht mehr komplett lesbar. Er hat eine Leistung von 50 W und dabei eine Stromstärke von 0,227 A.  
Berechne, an welche Netzspannung Sophie ihn anschließen kann.
4. Sophie bereitet den Arbeitsplatz für ihren Praktikanten vor. Sie muss berechnen, ob er mit der Säge arbeiten darf. Der Drehmotor der Säge wird mit einem Drehstrom von 350 V betrieben. Die Säge hat eine Leistungsabgabe von 8,5 kW. Sophie kann auch hier das Typenschild nur teilweise lesen: Leistungsfaktor  $\cos \varphi = 0,87$  und Wirkungsgrad  $\eta = 86\%$ .  
Berechne die elektrische Stromstärke.
5. Sophie möchte mit der elektrischen Furnierpresse Holzelemente für Möbel veredeln. Die Furnierpresse entnimmt dem Netz 12,5 kW bei einer Heizzeit von 5,5 h pro Betriebsschicht. Sie prüft die Abrechnung des Energieunternehmens. Berechne die elektrische Arbeit.
6. An kalten Tagen wird die Werkstatt in der Übergangszeit mit einem elektrisch betriebenen Heizofen geheizt. Er hat eine Anschlussleistung von 45 kW und ist an 5 Tagen jeweils 9 Stunden in Betrieb. Der Energielieferant berechnet pro Kilowattstunde 0,15 €.  
Berechne die Energiekosten.



## Lösungen

### 3.1 Temperatur und ihre Messung (Anlagenmechaniker/-in)

S. 18

1. a) Je größer die Bewegung der Atome und Moleküle eines Stoffes, desto höher ist seine Temperatur.

b) Korrekte Messgeräte:

- Flüssigkeitsthermometer
- Bimetall-Thermometer
- elektrisches Widerstandsthermometer
- Pyrometer
- thermoelektrisches Thermometer

2. a) Flüssigkeitsthermometer: In einem Glasrörchen befindet sich eine Flüssigkeit (z. B. Alkohol). Bei Temperaturveränderung ändert sich das Volumen der Flüssigkeit. Die Temperatur kann an einer Skala abgelesen werden.

b) Bimetall-Thermometer: Hier sind zwei Metallstreifen mit unterschiedlicher Längenausdehnung aufeinander gewalzt. Temperaturveränderungen bewirken eine Krümmung bzw. Verdrehung des Bimetalls, die auf einen Zeiger übertragen wird.

c) Elektrisches Widerstandsthermometer: Bei einer Temperaturveränderung verändert sich der elektrische Widerstand und damit auch die elektrische Stromstärke. Die Temperatur kann an einer Skala abgelesen werden.

3. a) Wärme ist eine Energieform.

Temperatur ist der Wärmezustand eines Stoffes.

b) Die Temperatur (z. B. einer Wassermenge) ist mit einem Thermometer genau und objektiv bestimmbar; hier 23 °C. Das Temperaturempfinden ist jedoch bei jedem Menschen unterschiedlich. Ein Faktor ist dabei der individuelle Temperaturunterschied. Eine Person, die bei 30 °C ein Sonnenbad genommen hat, wird einen größeren Unterschied spüren, als ihre Begleitung, die in dieser Zeit in einem klimatisierten Gebäude war.

### 3.2 Thermische Längenausdehnung (Metallbauer/-in)

S. 19

1. Sein Chef kritisiert dieses Verhalten. Dieses Vorgehen funktioniert nur dann, wenn Tobias am Vortrag genau gearbeitet hat und am nächsten Tag die gleichen Temperaturen herrschen. Sobald es einen Temperaturunterschied gibt und je nach Lagerort, können sich die Maße erheblich unterscheiden, denn Metalle dehnen sich bei Temperaturerhöhung aus. Gerade bei teuren Maschinen und Materialien ist dies nicht vertretbar.

2. Berechnung der Längenausdehnung  $\Delta l$ :  $\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta T = 0,000\,016 \frac{1}{K} \cdot 45 \text{ cm} \cdot 35 \text{ K} = 0,025\,2 \text{ cm} = 0,252 \text{ mm}$   
Der einzelne Zugstab dehnt sich um 0,252 mm aus.

Das ist nicht viel. Wenn jedoch alle Zugstäbe des Zugverbandes addiert werden, muss das bei der Länge des Zugverbandes mit berücksichtigt werden.

3. a) Berechnung des Temperaturunterschiedes  $\Delta T$ :  $\Delta T = \frac{\Delta l}{\alpha \cdot l_0} = \frac{0,005 \text{ m}}{0,000\,016 \frac{1}{K} \cdot 0,645 \text{ m}} = 484,5 \text{ K}$   
Sie benötigt einen Temperaturunterschied von 484,5 K.

b) Berechnung der Arbeitstemperatur:  $T_1 = T_0 + \Delta T = 20 \text{ }^{\circ}\text{C} + 484,5 \text{ K} = 504,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$   
Da die Ausgangstemperatur 20 °C beträgt, muss sie mit 504,5 °C arbeiten.

### 3.3 Wärmeübertragung und Wärmedämmung (Isolierfacharbeiter/-in)

S. 20

1. Formen der Wärmeübertragung:

- Wärmeleitung (z. B. Kesselwand, Hauswand)
- Wärmemittführung (z. B. Heizungswasser, Raumluft)
- Wärmestrahlung (z. B. Sonne, Plattenheizkörper)

## Lösungen

b) Berechnung:  $R_G = R_1 + R_2 + R_3 \rightarrow R_G = 150 \Omega + 48 \Omega + 186 \Omega = 384 \Omega$

Der Widerstand zwischen den Punkten 1 und 2 beträgt  $384 \Omega$ .

4. Berechnung:  $R = \frac{U}{I} = \frac{230 \text{ V}}{3,5 \text{ A}} = 65,7 \Omega$

$$W = U \cdot I \cdot t = 230 \text{ V} \cdot 3,5 \text{ A} \cdot 7,5 \text{ h} = 6037,5 \text{ Wh} = 6,038 \text{ kWh}$$

$$\text{Kosten: } K = 6,038 \text{ kWh} \cdot 0,13 \text{ €} = 0,78 \text{ €}$$

Der Betrieb des Ölbades kostet täglich 0,78 €.

## 6.9 Komplexe Schaltungen (Elektroniker/-in)

S. 52

1. Reihenschaltung:  $I_{\text{ges}} = I_1 = I_2 = \dots; U_{\text{ges}} = U_1 + U_2 + \dots; R_{\text{ges}} = R_1 + R_2 + \dots$

Parallelschaltung:  $U_{\text{ges}} = U_1 = U_2 = \dots; I_{\text{ges}} = I_1 + I_2 + \dots; \frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$

2. Berechnung:  $R_P \rightarrow \frac{1}{R_P} = \frac{1}{60 \Omega} + \frac{1}{60 \Omega} + \frac{1}{60 \Omega} = \frac{3}{60 \Omega} = \frac{1}{20 \Omega} \rightarrow R_P = 20 \Omega$

$$R_{\text{ges}} = R_1 + R_5 + R_P = 150 \Omega + 100 \Omega + 20 \Omega = 270 \Omega$$

Der Ersatzwiderstand beträgt  $270 \Omega$ .

3. a) Berechnung:  $R_a = R_1 + R_2 = 50 \Omega + 100 \Omega = 150 \Omega$

$$R_{\text{ges}} = \frac{R_a \cdot R_3}{R_a + R_3} = \frac{150 \Omega \cdot 200 \Omega}{150 \Omega + 200 \Omega} = 85,71 \Omega$$

Der Gesamtwiderstand beträgt  $85,7 \Omega$ .

b) Berechnung:  $I_1 = \frac{U}{R_a} = \frac{220 \text{ V}}{150 \Omega} = 1,47 \text{ A}$

$$I_2 = \frac{U}{R_3} = \frac{220 \text{ V}}{200 \Omega} = 1,1 \text{ A}$$

Die Teilströme betragen  $1,47 \text{ A}$  und  $1,1 \text{ A}$ .

c) Berechnung:  $P = U \cdot I$  und  $U = R \cdot I \rightarrow P = R \cdot I^2$

$$P_1 = R_1 \cdot I_1^2 = 50 \Omega \cdot (1,47 \text{ A})^2 = 108,04 \text{ W}$$

$$P_2 = R_2 \cdot I_1^2 = 100 \Omega \cdot (1,47 \text{ A})^2 = 216,09 \text{ W}$$

$$P_3 = R_3 \cdot I_2^2 = 200 \Omega \cdot (1,1 \text{ A})^2 = 242 \text{ W}$$

Die Teilleistungen betragen  $108,04 \text{ W}$ ,  $216,09 \text{ W}$  und  $242 \text{ W}$ .

d) Berechnung:  $P = U \cdot I$  und  $U = R \cdot I \rightarrow P = \frac{U^2}{R}$

$$P_{\text{ges}} = \frac{U^2}{R_{\text{ges}}} = \frac{(220 \text{ V})^2}{85,7 \Omega} = 564,8 \text{ W}$$

Die Gesamtleistung beträgt  $564,8 \text{ W}$ .

4. Berechnung:  $R_{\text{Ges}} = \frac{40 \Omega \cdot 47 \Omega}{40 \Omega + 47 \Omega} + 88 \Omega + \frac{88 \Omega \cdot 25 \Omega}{88 \Omega + 25 \Omega} = 21,61 \Omega + 88 \Omega + 19,47 \Omega = 129,08 \Omega$

Der Gesamtwiderstand der Schaltung beträgt  $129,08 \Omega$ .

## 6.10 Elektrische Arbeit und Leistung bei Handarbeit (Tischler/-in)

S. 53

1. Die elektrische Leistung ist eine physikalische Größe, die anzeigt, wie viel elektrische Energie der Motor in einer bestimmten Zeitspanne umsetzt.

2. Berechnung:  $P = U \cdot I$  und  $U = R \cdot I \rightarrow P = \frac{U^2}{R}$

$$P = \frac{U^2}{R} \rightarrow U = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{1800 \text{ W} \cdot 30 \Omega} = 232,4 \text{ V} \approx 230 \text{ V}$$

Die Heizplatte ist für eine Netzspannung von  $230 \text{ V}$  zugelassen.

## Lösungen

3. Berechnung:  $P = U \cdot I \rightarrow U = \frac{P}{I} = \frac{50 \text{ W}}{0,227 \text{ A}} = 220,26 \text{ V}$

Sie darf den Lötkolben mit einer Netzspannung von 220 V betreiben.

4. Berechnung:  $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \rightarrow I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{8500 \text{ W}}{350 \text{ V} \cdot 0,87} = 27,9 \text{ A}$   
 $I_{\text{ges}} = 27,9 \text{ A} \cdot 0,86 \approx 24,0 \text{ A}$

Die Stromstärke beträgt 24 A und ist damit für Schüler zugelassen.

5. Berechnung:  $W = P \cdot t = 12,5 \text{ kW} \cdot 5,5 \text{ h} = 68,75 \text{ kWh}$

Die Presse benötigt eine Energie von 68,75 kWh.

6. Berechnung: Kosten =  $P \cdot t \cdot \text{Tarif} = 45 \text{ kW} \cdot 5 \cdot 9 \text{ h} \cdot 0,15 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 303,75 \text{ €}$   
Diese Energiekosten betragen 303,75 €.

### 6.11 Elektrische Arbeit und Leistung in der Industrie (Verfahrenstechniker/-in für Kunststoff- und Kautschuktechnik)

S. 54

1. Für die Berechnung der Leistung müssen die Spannung, die Stromstärke und die Betriebsdauer des Geräts bekannt sein.

2. Berechnung:  $P = U \cdot I = 230 \text{ V} \cdot 2,5 \text{ A} = 575 \text{ W}$   
Sein Computer hat eine Leistung von 575 W.

3. a) Berechnung:  $W = P \cdot t = 15 \cdot 80 \text{ W} \cdot 9 \text{ h} \cdot 365 = 3942000 \text{ Wh} = 3942 \text{ kWh}$   
Die Lampen benötigen über ein Jahr hinweg 3942 kWh.

b) Berechnung: Kosten =  $3942 \text{ kWh} \cdot 0,27 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 1064,34 \text{ €}$   
Die Lampen verursachen Kosten von 1064,34 €.

c) Berechnung:  $W = P \cdot t = 15 \cdot 13 \text{ W} \cdot 9 \text{ h} \cdot 365 = 640575 \text{ Wh} = 640,58 \text{ kWh}$   
Kosten:  $640,58 \text{ kWh} \cdot 0,27 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 172,96 \text{ €}$   
Ersparnis:  $1064,34 \text{ €} - 172,96 \text{ €} = 891,38 \text{ €}$

Die Firma würde 891,38 € sparen.

4. Berechnung:  $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = 230 \text{ V} \cdot 12 \text{ A} \cdot 0,75 = 2070 \text{ Wh} = 2,07 \text{ kW}$   
Kosten:  $P \cdot t \cdot \text{Preis} = 2,07 \text{ kW} \cdot 17 \text{ h} \cdot 0,19 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 6,69 \text{ €}$

Der Betrieb der Hydraulikpumpe kostet täglich 6,69 €.

5. Berechnung:  $P = U \cdot I \rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{6,2 \text{ W}}{24 \text{ V}} = 0,26 \text{ A}$   
Die Stromstärke beträgt 0,26 A.

6. Berechnung:  $P_2 = P_1 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 = 750 \text{ W} \cdot 0,85 \cdot 0,8 = 510 \text{ W} = 0,51 \text{ kW}$   
Die Ölpumpe hat eine Abgabenleistung von 0,51 kW.

### 6.12 Elektromotor (Gießereimechaniker/-in)

S. 55

#### 1. a)/b) Bestandteile eines Elektromotors und ihre Aufgaben:

Rotor: Das Wort kommt aus dem Lateinischen und bedeutet „kreisen“. Er wird auch Läufer oder Anker genannt und ist der bewegliche Teil des Motors. Der Rotor bewegt sich zwischen den beiden Polen des Stators. Er wird von einer Welle gehalten, die drehbar gelagert ist. Um den Rotor herum ist eine Spule mit mehreren Windungen gewickelt, die von einem elektrischen Strom durchflossen wird. Die Stromversorgung erfolgt über die Bürsten, welche am Rotor angebracht sind.