

# PRÜFUNGSVORBEREITUNG PHYSIK: MECHANIK, WÄRMELEHRE

*Alle Grundlagen aus den vorhergehenden Prüfungen werden vorausgesetzt (Theoriefragen, physikalische Grössen, Fähigkeiten). Das heisst: **Gut repetieren!***

Theoriefragen: Diese Begriffe müssen Sie auswendig in ein bis zwei Sätzen erklären können.

- a) Genaue Definition der Arbeit
- b) Leistung
- c) Energie
- d) Formulieren Sie den Energieerhaltungssatz
- e) Wirkungsgrad
- f) Teilchenmodell
- g) Nennen Sie die drei Aggregatzustände
- h) Wie erklärt man die Aggregatzustände im Teilchenmodell?
- i) Druck
- j) Prinzip von Pascal
- k) Temperatur
- l) Welcher Zusammenhang besteht zwischen Temperatur und Teilchenbewegung?
- m) Celsius- und Kelvinskala und deren Fixpunkte
- n) Absoluter Nullpunkt
- o) Erklären Sie im Teilchenmodell:
  - Warum dehnen sich die meisten Körper beim Erwärmen aus?
  - Lassen sich Gase zusammenpressen? Warum/Warum nicht?
  - Lassen sich Flüssigkeiten zusammenpressen? Warum/Warum nicht?
- k) Was ist der Unterschied zwischen Brownscher Bewegung und Teilchenbewegung?
- l) Anomalie des Wassers (zwei Aspekte, vergleichen mit «normalem» Stoff)
- m) Nennen Sie die Eigenschaften eines idealen Gases.
- n) Unter welchen Bedingungen lässt sich ein reales Gas mit dem Modell des idealen Gases gut beschreiben?
- o) Innere Energie
- p) Wärme
- q) Welcher Zusammenhang besteht zwischen innerer Energie und Temperatur?
- r) Wie erhöht man die Innere Energie eines Körpers? (Zwei Möglichkeiten)
- s) Spezifische Wärmekapazität

Formeln: An der Prüfung erhalten Sie ein Formelblatt. Auf dem Formelblatt finden Sie alle Formeln, die Sie brauchen, sowie Tabellenwerte und ein paar wichtige Formeln aus der Mathematik. Das Formelblatt können Sie auf [ga.perihel.ch](http://ga.perihel.ch) anschauen und herunterladen.

Fähigkeiten: Diese Fähigkeiten müssen Sie beherrschen.

- ☛ Die Welt aus verschiedenen Bezugssystemen betrachten
- ☛ Winkel vom Gradmass ins Bogenmass umrechnen und umgekehrt
- ☛ Formeln umformen
- ☛ Gleichungen für physikalische Situationen aufstellen und lösen
- ☛ Zahlenwerte mit Einheiten einsetzen und richtig ausrechnen
- ☛ Resultate auf die richtige Anzahl Ziffern runden
- ☛ Diagramme zeichnen und interpretieren
- ☛ Aufgaben mit vektoriellen Grössen zeichnerisch und rechnerisch lösen
- ☛ Alle Kräfte, die an einem Körper angreifen, in einem Kräfteplan aufzeichnen
- ☛ Die Einheit bar in Pascal umrechnen und umgekehrt

Physikalische Grössen: Für diese physikalischen Grössen müssen Sie Symbol und Einheit kennen.

	Symbol	Einheit		Symbol	Einheit
Arbeit			Leistung		
Energie			Wirkungsgrad		
Kraft			Fläche		
Druck			Dichte		
Temperatur in der Kelvin-Skala			Temperatur in der Celsius-Skala		
Längenausdehnungszahl			Volumenausdehnungszahl		
innere Energie			Wärme		
(spezifische Wärmekapazität)			Volumen		

Übungsaufgaben: Bei allen Aufgaben muss der Lösungsweg klar ersichtlich sein (d.h. die Formel, mit der gerechnet wurde, gehört auch dazu).  
Resultate müssen unterstrichen sein (Einheiten nicht vergessen!).

### **Alle Arbeitsblätter, Aufgabenblätter A4– A9, Praktikum P2, P3**

#### **Internet**

[www.leifiphysik.de](http://www.leifiphysik.de)

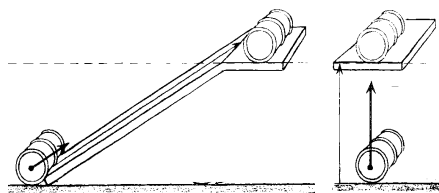
wählen Sie unter «Inhalte nach Teilgebieten der Physik» → Mechanik  
→ Arbeit, Energie und Leistung: «Grundwissen» → Wirkungsgrad  
wählen Sie unter «Inhalte nach Teilgebieten der Physik» → Wärmelehre  
→ Ausdehnung bei Erwärmung  
→ Temperatur und Teilchenmodell  
→ Allgemeines Gasgesetz  
→ Innere Energie und Wärmekapazität

#### **Weitere Aufgaben**

- Clumsinella tritt Ihnen beim Tanzen mit einem ihrer hohen Bleistiftabsätze mit vollem Gewicht ( $F_G = 0.619500 \text{ kN}$ ) auf den Fuss. Au! Der Druck beträgt 200.20 bar!
  - Wie viele signifikante Ziffern besitzen die beiden Zahlenwerte? Wie viele Ziffern sollte das Resultat besitzen?
  - Rechnen Sie aus, wie gross die Fläche von Clumsinellas Absatz ist (in  $\text{m}^2$  und in  $\text{mm}^2$ ) und runden Sie das Resultat auf die richtige Anzahl signifikanter Ziffern.
  - Notieren Sie das Resultat mit einer Zehnerpotenz in der üblichen Form.
- Es soll ein Würfel ( $V = 100 \text{ cm}^3$ ) hergestellt werden, der zu 40 % des Volumens aus Silber besteht und zu 60 % des Volumens aus Gold.  
Wie gross ist die Dichte dieses Würfels?

3. Ein 40.0 kg schweres Bierfass wird an einer schiefen Ebene mit dem Neigungswinkel  $30^\circ$  hochgerollt. Die Länge der schiefen Ebene beträgt 4.8 m und die Reibung wird nicht berücksichtigt.

- Wie gross ist die Kraft, die es braucht, um das Fass hochzurollen?
- Wie gross ist die Arbeit, die an dem Fass verrichtet wird?
- Wie gross ist die Arbeit, wenn das Fass mit einer Hebebühne senkrecht nach oben auf dieselbe Endhöhe gehoben wird?
- Was fällt auf?



4. Leonid hat im Praktikum einen Wagen der Masse  $(541 \pm 1)$  g eine schiefe Ebene der Länge  $(83.5 \pm 0.1)$  cm hochgezogen. Dazu brauchte er eine Kraft von  $(0.61 \pm 0.02)$  N. Die Höhendifferenz betrug  $(9.20 \pm 0.05)$  cm; für die Fallbeschleunigung im Schulzimmer nehmen wir den Wert  $(9.806 \pm 0.005) \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

Berechnen Sie die verrichtete Arbeit auf zwei Arten:

- Die Hubarbeit, die verrichtet wird, wenn der Wagen senkrecht nach oben gehoben wird
- Die Zugarbeit, die verrichtet wird, wenn der Wagen schräg entlang der Schiene nach oben gezogen wird.

Geben Sie Ihre Resultate korrekt mit (absoluter) Fehlerschranke an. Vergleichen Sie diese und interpretieren Sie (unter anderem unter Berücksichtigung der Fehlerschranke).

5. Warum sich Konfigläser so schwer öffnen lassen: Beim Einmachen wird die Konfitüre kochend in die Gläser gefüllt. Es bildet sich Wasserdampf, der die Luft im Glas verdrängt. Beim Abkühlen wird der Wasserdampf wieder zu Wasser und zwischen Einmachgut und Deckel entsteht ein fast luftleerer Raum.

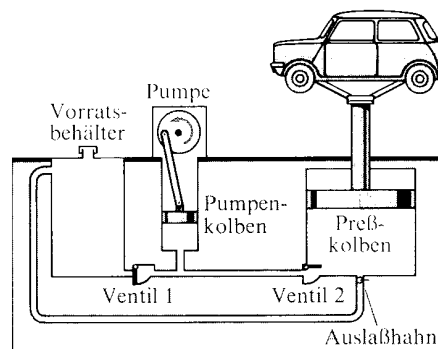


Der Druck in einem Glas mit Omas bester Stachelbeerkonfi beträgt 20.0 mbar, der Aussendruck 980.0 mbar.

Wie gross ist die Kraft auf den Deckel (Fläche:  $57.0 \text{ cm}^2$ )?

6. Mit einer hydraulischen Presse soll ein Auto der Gewichtskraft  $F_2 = 1.06 \text{ kN}$  um  $s_2 = 2.0 \text{ m}$  angehoben werden. Die Fläche des kleinen Kolbens für die Pumpe beträgt  $A_1 = 5.00 \text{ cm}^2$ , die des grossen Kolbens für die Hebebühne  $A_2 = 400.0 \text{ cm}^2$ .

- Wie gross ist der Druck in der Flüssigkeit in bar?
- Berechnen Sie die notwendige Kraft am Pumpenkolben.
- Wie gross ist die Arbeit, die verrichtet wird?
- Um welche Strecke muss der Pumpenkolben insgesamt bewegt werden?



7. Auf einer Baustelle zieht ein Kran eine 438 kg schwere Last 17 m hoch. Der Elektromotor hat einen Wirkungsgrad von 75%.

Wie viel elektrische Energie braucht es, um die Last zu heben?

8. Der Wirkungsgrad eines Wasserkraftwerkes beträgt 92 %. Wenn man ihn um 2 % verbessert, so steigt die Nutzleistung um 3.50 MW.

Wie gross ist die (ursprüngliche) Nutzleistung?

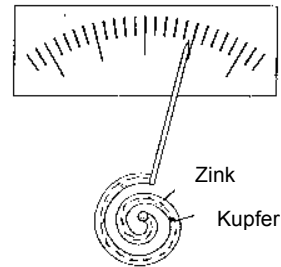
9. Wie gross ist die Temperaturdifferenz zwischen 3.0 K und  $30^\circ \text{ C}$ ?

10. Sie besteigen Ihre persönliche Raumkapsel und fliegen zu einem anderen Stern. Ihre Antenne ist beim Abflug ( $\vartheta = 31.0^\circ \text{ C}$ ) 5.00 m lang. Als Sie sich im Weltraum befinden ( $T = 4.00 \text{ K}$ ), blicken Sie zum Fenster hinaus und entdecken, dass sie 3.57 cm kürzer ist!

- Aus welchem Material besteht die Antenne?
- Bei der Landung ist die Antenne 5.07 m lang. Wie heiss (in  $^\circ \text{ C}$ ) ist es auf diesem Stern?

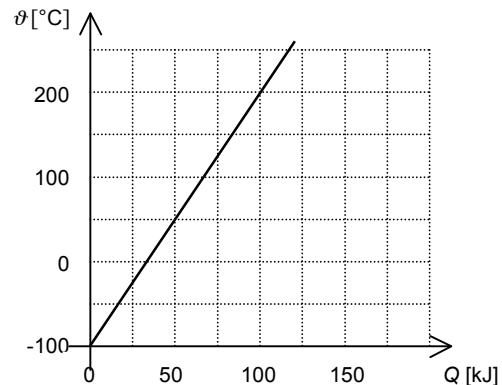
11. Am Morgen ( $\vartheta = 12.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) füllen Sie ein  $5.00\text{ }\ell$ -Fass randvoll mit Wasser. Am Nachmittag steigt die Temperatur auf  $22.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; das Fass überläuft.
- Wie viel Wasser ist ausgelaufen?
  - Am nächsten Morgen ( $\vartheta = 3.00\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) füllen Sie das gleiche  $5.00\text{ }\ell$ -Fass wieder randvoll, diesmal mit einer anderen Flüssigkeit. Am Nachmittag ( $\vartheta = 23.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) laufen  $110.0\text{ ml}$  aus. Um welche Flüssigkeit handelt es sich?  
PS: Für diese Rechnung machen wir die unrealistische Annahme, dass das Fass selber sich nicht ausdehnt.

12. Hier sehen Sie ein Bimetallthermometer. Der Zeiger ist an einem aufgerollten Bimetallstreifen befestigt.
- Erklären Sie in ein bis zwei Sätzen, wie das Thermometer funktioniert.
  - Wo ist heiss, wo kalt auf der Skala? (direkt in die Skizze einzeichnen)



13. Die Luft in einem  $5.00\text{ m}$  langen,  $4.00\text{ m}$  breiten und  $2.70\text{ m}$  hohen Raum ( $p = 960\text{ mbar}$ ) wird von  $15.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  auf  $25.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  erwärmt.
- Wieviel  $\text{m}^3$  Luft entweichen dabei durch die Tür- und Fensterritzen?
  - Um wieviel würde sich der Druck erhöhen, wenn die Luft nicht entweichen könnte?
  - Bei welcher Temperatur hätte die gleiche Luftmenge das Volumen  $20.0\text{ m}^3$  und den Druck  $1.50\text{ bar}$ ?

14. Ein Stoff ( $m = 800\text{ g}$ ) wird erwärmt. Hier sehen Sie ein Diagramm für den Zusammenhang zwischen Temperatur und zugeführter Wärme.
- Wie viel Wärme muss man zuführen, um den Stoff von  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$  auf  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$  zu erwärmen?
  - Wie viel Wärme muss man zuführen, um den Stoff von  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  auf  $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$  zu erwärmen?
  - Um wie viel steigt die Temperatur des Körpers, wenn man ihm  $100\text{ kJ}$  Wärme zuführt?
  - Wie gross ist die Wärmekapazität des Stoffs?
  - Zeichnen Sie im Diagramm einen anderen Stoff ( $m = 800\text{ g}$ ,  $c = 1'250\text{ }\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$ ) ein.



15. Ein Kupferlöffel ( $m = 20.0\text{ g}$ ) und ein Aluminiumlöffel ( $m = 20.0\text{ g}$ ) werden mit einem Tuch je 100mal gerieben.
- Beschreiben Sie im Teilchenmodell, was dabei mit den Teilchen in den Löffeln geschieht.
  - Welcher Löffel erwärmt sich stärker? Begründen Sie Ihre Antwort.
  - Wie viel Energie muss man zuführen, um jeden der Löffel um  $2.00\text{ K}$  zu erwärmen?
16. In einer Badewanne befinden sich  $222\text{ }\ell$  Wasser mit der Temperatur  $65.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Das Wasser soll mit kaltem Wasser ( $\vartheta = 14.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) auf  $37.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  gekühlt werden. Wie viele Liter kaltes Wasser muss man dazugießen?
17. Ein unbekannter Stoff ( $m = 546\text{ g}$ ,  $\vartheta = 60.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) wird in  $300.0\text{ g}$  Wasser mit der Temperatur  $25.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  getaucht. Nach einer Weile misst man die Endtemperatur  $\vartheta = 30.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Wie gross ist die Wärmekapazität des unbekannten Stoffes?
18. Ein heisser Eisennagel ( $m = 4.0\text{ g}$ ) wird in  $100.0\text{ g}$  Wasser mit der Anfangstemperatur  $18.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  getaucht. Dadurch erwärmt sich das Wasser auf  $22.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Wie heiss war der Nagel?
19. Wie gross ist die Dichte von Silber bei  $120.00\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? (Dichte in der Tabelle: bei  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

# Lösungen:

1. a)  $F_G: 6$   $p: 5$  Resultat: 5

$$b) A = \frac{F_G}{p} = \frac{619.500 \text{ N}}{200.20 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} = 0.0000309440599 \text{ m}^2 = \underline{\underline{0.000030944 \text{ m}^2}} = \underline{\underline{30.944 \text{ mm}^2}}$$

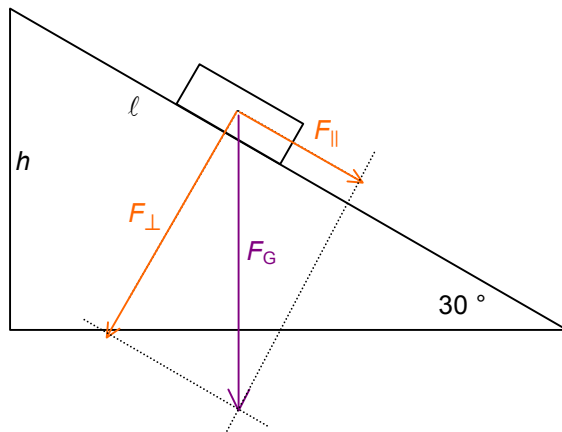
$$c) \underline{\underline{3.0944 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2}} = \underline{\underline{3.0944 \cdot 10^1 \text{ mm}^2}}$$

$$2. m_{\text{Silber}} = \rho_{\text{Silber}} \cdot V_{\text{Silber}} = 10.5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 40 \text{ cm}^3 = \underline{\underline{420 \text{ g}}}$$

$$m_{\text{Gold}} = \rho_{\text{Gold}} \cdot V_{\text{Gold}} = 19.3 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 60 \text{ cm}^3 = \underline{\underline{1'158 \text{ g}}}$$

$$m_{\text{gesamt}} = m_{\text{Silber}} + m_{\text{Gold}} = \underline{\underline{1'578 \text{ g}}} \quad \rho_{\text{gesamt}} = \frac{m_{\text{gesamt}}}{V_{\text{gesamt}}} = \frac{1'578 \text{ g}}{100 \text{ cm}^3} = \underline{\underline{15.8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}}$$

3. a)  $F_G = m \cdot g = 40.0 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \underline{\underline{392 \text{ N}}}$  wird dargestellt mit einem Pfeil der Länge 3.9 cm



$$\sin \alpha = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypotenuse}} = \frac{F_{\parallel}}{F_G}$$

$$F_{\parallel} = \sin \alpha \cdot F_G = \sin(30^\circ) \cdot 392 \text{ N} = \underline{\underline{196 \text{ N}}}$$

$$\cos \alpha = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypotenuse}} = \frac{F_{\perp}}{F_G}$$

$$F_{\perp} = \cos \alpha \cdot F_G = \cos(30^\circ) \cdot 392 \text{ N} = \underline{\underline{340 \text{ N}}}$$

Kraft zum Hochrollen:  $F_{\parallel} = \underline{\underline{196 \text{ N}}}$

b) Arbeit zum Hochrollen:  $W = F_{\parallel} \cdot s = 196 \text{ N} \cdot 4.8 \text{ m} = \underline{\underline{942 \text{ J}}}$

c) Bestimmung der Höhe: Massstabsgetreu zeichnen, oder ausrechnen:

$$h = \sin \alpha \cdot \ell = \sin(30^\circ) \cdot 4.8 \text{ m} = 2.4 \text{ m}$$

$$W = m \cdot g \cdot h = 40 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2.4 \text{ m} = \underline{\underline{942 \text{ J}}}$$

d) Die Arbeit ist in beiden Fällen gleich gross!

$$4. W_{\text{Hub}} = m \cdot g \cdot h = 0.541 \text{ kg} \cdot 9.806 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0.0920 \text{ m} = 0.488064232 \text{ J}$$

$$W_{\text{Hub(max)}} = m_{\text{max}} \cdot g_{\text{max}} \cdot h_{\text{max}} = 0.542 \text{ kg} \cdot 9.811 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0.0925 \text{ m} = 0.491874485 \text{ J}$$

$$\Delta W_{\text{Hub}} = W_{\text{Hub(max)}} - W_{\text{Hub}} = 0.491874485 \text{ J} - 0.488064232 \text{ J} = 0.003810253 \text{ J} = 0.004 \text{ J}$$

$$W_{\text{Hub}} = \underline{\underline{(0.488 \pm 0.004) \text{ J}}}$$

$$W_{\text{Zug}} = F \cdot s = 0.61 \text{ N} \cdot 0.835 \text{ m} = 0.50935 \text{ J}$$

$$W_{\text{Zug(max)}} = F_{\text{max}} \cdot s_{\text{max}} = 0.63 \text{ N} \cdot 0.836 \text{ m} = 0.52668 \text{ J}$$

$$\Delta W_{\text{Zug}} = W_{\text{Zug(max)}} - W_{\text{Zug}} = 0.52668 \text{ J} - 0.50935 \text{ J} = 0.01733 \text{ J} = 0.02 \text{ J}$$

$$W_{\text{Zug}} = \underline{\underline{(0.51 \pm 0.02) \text{ J}}}$$

Vergleich:  $W_{\text{Zug}}$  ist grösser, wegen der Reibung. Aber im Rahmen der Fehlerschranken sind die beiden Werte gleich gross: Der grösstmögliche Wert für  $W_{\text{Hub}}$  ist 0.492 J und der kleinstmögliche Wert für  $W_{\text{Zug}}$  ist 0.49 J. Die beiden Werte sollten gleich gross sein (siehe 3.)

$$5. p = (980.0 - 20.0) \text{ mbar} = 960.0 \text{ mbar} = 0.960 \text{ bar} = 0.960 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 96'000 \text{ Pa}$$

$$F = p \cdot A = 96'000 \text{ Pa} \cdot 57.0 \cdot (10^{-2} \text{ m})^2 = 96'000 \text{ Pa} \cdot 57.0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = \underline{\underline{547 \text{ N}}}$$

$$6. a) p = \frac{F_2}{A_2} = \frac{1'060 \text{ N}}{40.0 \cdot (10^{-2} \text{ m})^2} = \frac{1'060 \text{ N}}{40.0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 265'000 \text{ Pa} = \underline{\underline{2.65 \text{ bar}}}$$

$$b) F_1 = p \cdot A_1 = 265'000 \text{ Pa} \cdot 5.0 \cdot (10^{-2} \text{ m})^2 = 265'000 \text{ Pa} \cdot 5.0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = \underline{\underline{132.5 \text{ N}}}$$

$$c) W = F_2 \cdot s_2 = 1'060 \text{ N} \cdot 2.0 \text{ m} = \underline{\underline{2'120 \text{ J}}}$$

$$d) s_1 = \frac{W}{F_1} = \frac{F_2 \cdot s_2}{F_1} = \frac{1'060 \text{ N} \cdot 2.0 \text{ m}}{132.5 \text{ N}} = \underline{\underline{16.0 \text{ m}}}$$

7. Hier ist die aufgenommene Energie die elektrische Energie und die Nutzenergie die Lageenergie der Last:

$$E_{\text{Lage}} = m \cdot g \cdot h = 438 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 17 \text{ m} = 73'045 \text{ J} = 73.0 \text{ kJ}$$

$$E_{\text{auf}} = \frac{E_{\text{nutz}}}{\eta} = \frac{73.0 \text{ kJ}}{0.75} = \underline{\underline{97.4 \text{ kJ}}}$$

8.  $P_{\text{nutz}} = P_{\text{auf}} \cdot 0.92$   $P_{\text{auf}} = \frac{P_{\text{nutz}}}{0.92}$

$$P_{\text{nutz}} + 3.50 \text{ MW} = P_{\text{auf}} \cdot 0.94 = \frac{P_{\text{nutz}}}{0.92} \cdot 0.94 = P_{\text{nutz}} \cdot \frac{0.94}{0.92}$$

$$3.50 \text{ MW} = P_{\text{nutz}} \cdot \left( \frac{0.94}{0.92} - 1 \right) \quad P_{\text{nutz}} = \frac{3.5 \text{ MW}}{\frac{0.94}{0.92} - 1} = \underline{\underline{161 \text{ MW}}}$$

9.  $303 \text{ K} - 3.0 \text{ K} = 300 \text{ K}$

10. a)  $\alpha = \frac{\Delta \ell}{\ell_0 \cdot \Delta T} = \frac{3.57 \text{ cm}}{500 \text{ cm} \cdot (304 \text{ K} - 4.00 \text{ K})} = 2.38 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{K}} = 23.8 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}}$  Aluminium

b)  $\Delta T = \frac{\Delta \ell}{\ell_0 \cdot \alpha} = \frac{7.00 \text{ cm}}{500 \text{ cm} \cdot 2.38 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{K}}} = 588 \text{ K}$   $\vartheta_{\text{Stern}} = \vartheta_{\text{Erde}} + \Delta T = 31.0^\circ \text{C} + 588 \text{ K} = \underline{\underline{619^\circ \text{C}}}$

11. a)  $\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta T = 0.207 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{K}} \cdot 5.00 \ell \cdot 10.0 \text{ K} = 0.0104 \ell = \underline{\underline{10.4 \text{ m}\ell}}$

b)  $\gamma = \frac{\Delta V}{\ell_0 \cdot \Delta T} = \frac{110.0 \text{ m}\ell}{5'000 \text{ m}\ell \cdot 20.0 \text{ K}} = 1.10 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{K}}$  Alkohol (Ethanol)

12. a) Zwei miteinander verbundene Metallstreifen, die zu einer Spirale aufgerollt sind: Beim Erwärmen dehnt sich einer stärker aus als der andere  $\rightarrow$  der Zeiger wird gedreht: die Temperatur kann auf der Skala abgelesen werden!

b) links: kalt; rechts: heiss

13. a)  $V_2 = \frac{T_2 \cdot V_1}{T_1} = \frac{298 \text{ K} \cdot (5.00 \text{ m} \cdot 4.00 \text{ m} \cdot 2.70 \text{ m})}{288 \text{ K}} = 55.9 \text{ m}^3$

$$54 \text{ m}^3 - 55.9 \text{ m}^3 = \underline{\underline{1.9 \text{ m}^3}} \text{ entweichen}$$

b)  $p_2 = \frac{T_2 \cdot p_1}{T_1} = \frac{298 \text{ K} \cdot 960 \text{ mbar}}{288 \text{ K}} = 993 \text{ mbar}$

$$\text{der Druck steigt um } 993 \text{ mbar} - 960 \text{ mbar} = \underline{\underline{33.3 \text{ mbar}}}$$

c)  $T_2 = \frac{p_2 \cdot V_2 \cdot T_1}{p_1 \cdot V_1} = \frac{1.50 \text{ bar} \cdot 20.0 \text{ m}^3 \cdot 288 \text{ K}}{0.960 \text{ bar} \cdot 54 \text{ m}^3} = 167 \text{ K} = \underline{\underline{-106^\circ \text{C}}}$

14. a)  $50.0 \text{ kJ}$

b)  $75.0 \text{ kJ}$

c)  $300 \text{ K}$

d) z.B. mit den Werten aus c):  $c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} = \frac{100'000 \text{ J}}{0.800 \text{ kg} \cdot 300 \text{ K}} = \underline{\underline{417 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}}}$

e) Wenn  $Q = 100 \text{ kJ}$  zugeführt wird, steigt die Tem-

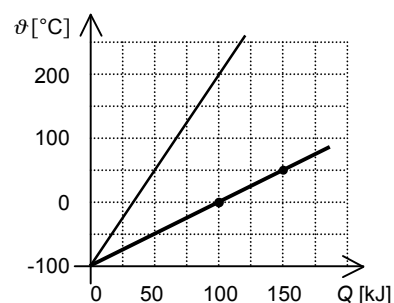
$$\text{peratur um } \Delta T = \frac{Q}{m \cdot c} = \frac{100'000 \text{ J}}{0.800 \text{ kg} \cdot 1'250 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}} = 100 \text{ K},$$

das heisst von  $-100^\circ \text{C}$  auf  $0$ .

Wenn  $Q = 150 \text{ kJ}$  zugeführt wird, steigt die Tempe-

$$\text{ratur um } \Delta T = \frac{Q}{m \cdot c} = \frac{150'000 \text{ J}}{0.800 \text{ kg} \cdot 1'250 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}} = 150 \text{ K},$$

das heisst von  $-100^\circ \text{C}$  auf  $50^\circ \text{C}$ .



15. a) Durchs Reiben werden die Teilchen in eine stärkere Zitterbewegung versetzt, die Temperatur wird erhöht.  
 b) Kupfer;  $W = \Delta U = c \cdot m \cdot \Delta T$  ist bei beiden gleich. Beim Stoff mit dem kleinerem  $c$  wird  $\Delta T$  grösser.

c) Kupfer:  $\Delta U = c \cdot m \cdot \Delta T = 0.383 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 0.0200 \text{ kg} \cdot 2.0 \text{ K} = \underline{15.3 \text{ J}}$

Aluminium:  $\Delta U = c \cdot m \cdot \Delta T = 0.896 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 0.0200 \text{ kg} \cdot 2.0 \text{ K} = \underline{35.8 \text{ J}}$

16. Das warme Wasser gibt die Wärme

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T = 4'182 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 222 \text{ kg} \cdot (65.0^\circ \text{C} - 37.0^\circ \text{C}) = 25'995 \text{ kJ ans kalte Wasser ab.}$$

Es braucht  $m = \frac{\Delta U}{c \cdot \Delta T} = \frac{25'995'312 \text{ J}}{4'182 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (37^\circ \text{C} - 14^\circ \text{C})} = 270 \text{ kg}$ , das sind 270 ℓ kaltes Wasser.

17. Die innere Energie des Wassers nimmt um

$$\Delta U_{\text{Wasser}} = c_{\text{Wasser}} \cdot m_{\text{Wasser}} \cdot \Delta T_{\text{Wasser}} = 4'182 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 0.300 \text{ kg} \cdot (30.0^\circ \text{C} - 25.0^\circ \text{C}) = 6'273 \text{ J}$$

zu.

Die dazu benötigte Wärme wurde vom unbekannten Stoff abgegeben:

$$Q_{\text{unbStoff}} = \Delta U_{\text{Wasser}} = 6'273 \text{ J.}$$

Die innere Energie des unbekannten Stoffs nimmt um den gleichen Betrag ab:

$$Q_{\text{unbStoff}} = \Delta U_{\text{unbStoff}} = c_{\text{unbStoff}} \cdot m_{\text{unbStoff}} \cdot \Delta T_{\text{unbStoff}}$$

$$\Rightarrow c_{\text{unbStoff}} = \frac{\Delta U_{\text{unbStoff}}}{m_{\text{unbStoff}} \cdot \Delta T_{\text{unbStoff}}} = \frac{6'273 \text{ J}}{0.546 \text{ kg} \cdot (60^\circ \text{C} - 30^\circ \text{C})} = \underline{383 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}} \text{ (Kupfer)}$$

18. Die innere Energie des Wassers nimmt um

$$\Delta U_{\text{Wasser}} = c_{\text{Wasser}} \cdot m_{\text{Wasser}} \cdot \Delta T_{\text{Wasser}} = 4'182 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 0.100 \text{ kg} \cdot (22.0^\circ \text{C} - 18.0^\circ \text{C}) = 1'673 \text{ J}$$

zu.

Die dazu benötigte Wärme wurde vom Eisennagel abgegeben:

$$Q_{\text{Nagel}} = \Delta U_{\text{Wasser}} = 1'673 \text{ J.}$$

Die innere Energie des Eisennagels nimmt um den gleichen Betrag ab:

$$Q_{\text{Nagel}} = \Delta U_{\text{Nagel}} = c_{\text{Eisen}} \cdot m_{\text{Nagel}} \cdot \Delta T_{\text{Nagel}}$$

$$\Rightarrow \Delta T_{\text{Nagel}} = \frac{Q_{\text{Nagel}}}{m_{\text{Nagel}} \cdot c_{\text{Eisen}}} = \frac{1'673 \text{ J}}{0.0040 \text{ kg} \cdot 0.45 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}} = 929 \text{ K}$$

$$\Rightarrow \Delta T_{\text{Nagel}} = \vartheta_{\text{Anfang}} - \vartheta_{\text{End}} \Rightarrow \vartheta_{\text{Anfang}} = \Delta T_{\text{Nagel}} + \vartheta_{\text{End}} = 929 \text{ K} + 22^\circ \text{C} = \underline{951^\circ \text{C}}$$

19.  $\rho = \frac{m}{V} = \frac{10'510 \text{ kg}}{1.000 \text{ m}^3}$  bei  $20^\circ \text{C}$ .

$$\text{Die Kantenlänge des Würfels bei } 120.00^\circ \text{C beträgt } \ell = \ell_0 + \Delta \ell = \ell_0 + \alpha \cdot \ell_0 \cdot \Delta T$$

$$= \ell_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) = 1.000 \text{ m} \cdot (1 + 17.9 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}} \cdot 100 \text{ K}) = 1.0018 \text{ m}$$

$$\text{Das Volumen des Würfels bei } 120^\circ \text{C beträgt } V = \ell^3 = (1.0018 \text{ m})^3 = 1.0054 \text{ m}^3.$$

$$\text{Die Dichte bei } 120^\circ \text{C beträgt } \rho = \frac{m}{V} = \frac{10'510 \text{ kg}}{1.0054 \text{ m}^3} = \underline{10'454 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$