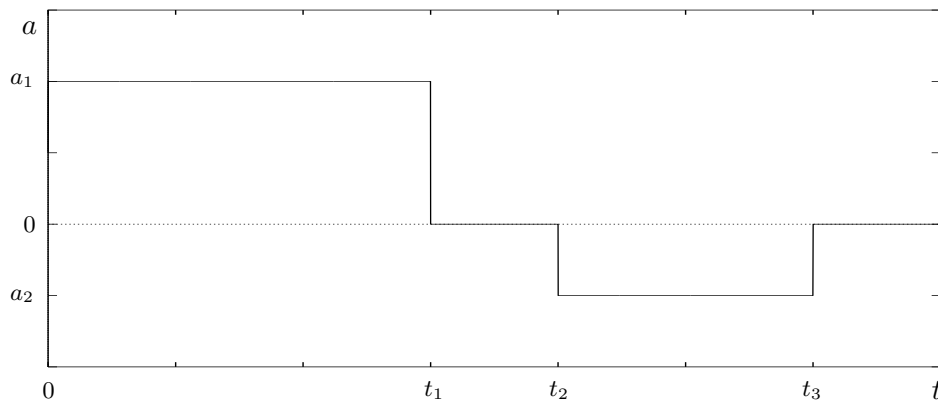


## Übungsaufgaben

### 1. Kinematik der geradlinigen Bewegung

- 1.1 Man berechne die Zeit, die das Licht für den Weg von der rund 150 Millionen Kilometer entfernten Sonne bis zur Erde benötigt!
- 1.2 Im ersten Drittel seines Weges fährt ein Pkw mit der Geschwindigkeit  $v_1 = 40 \text{ km/h}$ , danach mit  $v_2 = 100 \text{ km/h}$ . Bestimmen Sie die Durchschnittsgeschwindigkeit!
- 1.3 Skizzieren Sie für die eindimensionale Bewegung eines Massenpunktes zu dem vorgegebenen  $a-t$ -Diagramm die zugehörigen  $v-t$ - und  $x-t$ -Diagramme! Zum Zeitpunkt  $t = 0$  befindet sich der Körper am Ort  $x_0 = 0$  und besitzt eine Anfangsgeschwindigkeit  $v_0 = -2 \text{ m/s}$ . Geben Sie die Ort-Zeit- und die Geschwindigkeit-Zeit-Funktion für die ersten 7 Sekunden an!

Zahlenbeispiel:  $a_1 = 2 \text{ m/s}^2$ ;  $a_2 = -1,0 \text{ m/s}^2$ ;  $t_1 = 3 \text{ s}$ ;  $t_2 = 4 \text{ s}$ ;  $t_3 = 6 \text{ s}$



- 1.4 Ein Pkw nähert sich dem Ortseingangsschild einer Gemeinde mit  $80 \text{ km/h}$ . Der Personenwagen erreicht eine maximale Bremsbeschleunigung von  $-7,8 \text{ m/s}^2$ . In welcher Entfernung vor dem Schild muss der Fahrer spätestens zu bremsen beginnen, um die vorgeschriebene Geschwindigkeit von  $50 \text{ km/h}$  am Ortseingang einzuhalten?
- 1.5 Die Startbahn für Flugzeuge auf einem Flugzeugträger sei  $278 \text{ m}$  lang. Das Flugzeug hebt mit der Geschwindigkeit  $495 \text{ km/h}$  ab. Wie lange dauert der Startvorgang und wie groß ist die als konstant angenommene Beschleunigung?
- 1.6 Mit einem Federwurfgerät wird eine kleine Stahlkugel senkrecht nach oben geschossen. Sie steigt von der Mündung bis zu einem  $2,0 \text{ m}$  darüber liegenden Gipfelpunkt. Berechnen Sie die Steigzeit und die Geschwindigkeit, mit der die Kugel gestartet wurde!
- 1.7 Die Beschleunigung einer eindimensionalen Bewegung eines Massenpunktes entlang der  $x$ -Achse sei gegeben als:  $\ddot{x}(t) = a(t) = -A\omega^2 \sin \omega t$  ( $A, \omega$  - const.).  
 Bestimmen Sie  $v(t)$  und  $x(t)$  für die Anfangsbedingung:  $\dot{x}(t = 0) = A\omega$ ,  $x(t = 0) = 0$ .

## 2. Vektoren und Bewegung im Raum

2.1 Ein Flugzeug soll in Richtung Nordost fliegen. Die Geschwindigkeit des Flugzeugs relativ zur Luft beträgt  $v_1 = 600 \text{ km/h}$ . Der Wind weht aus westlicher Richtung mit  $v_2 = 20 \text{ m/s}$ . Mit welcher Geschwindigkeit  $v$  relativ zur Erde fliegt das Flugzeug?

Unter welchem Winkel zum Meridian (also dem Längengrad) muss der Kurs gehalten werden, wenn das Flugzeug unter sonst gleichen Bedingungen nach Norden fliegen soll?

2.2 Zwei Kugeln A und B werden zur gleichen Zeit aus einer Höhe von 1,5 m freigegeben. Während A aus dem Zustand der Ruhe startet, wurde B eine waagrecht gerichtete Anfangsgeschwindigkeit von 2.0 m/s erteilt. Ermitteln Sie Auftreffort und Flugzeit der beiden Kugeln und zeichnen Sie maßstäblich die Bahnen!

2.3 Ein Ball soll von einem Startpunkt so in eine 6,0 m entfernte und 1,5 m über dem Startpunkt gelegene Öffnung geworfen werden, dass er dort waagrecht ankommt. Wie groß müssen Abwurfgeschwindigkeit und Abwurfwinkel gewählt werden?

2.4 a) Untersuchen Sie, ob die folgenden drei Vektoren im Raum linear abhängig oder linear unabhängig sind!

$$\vec{a} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 2 \end{pmatrix} \quad \vec{b} = \begin{pmatrix} 2 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix} \quad \vec{c} = \begin{pmatrix} -1 \\ -4 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Anmerkung:

Hier wird eine vereinfachte Komponentendarstellung im kartesischen Koordinatensystem verwendet

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \equiv x\vec{e}_x + y\vec{e}_y + z\vec{e}_z$$

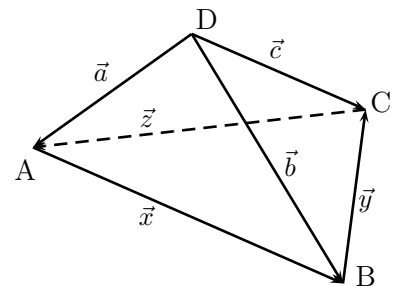
b) Von zwei Vektoren  $\vec{a}$  und  $\vec{b}$  ist  $\vec{a}^2 = 9$ ,  $\vec{b}^2 = 16$  und  $\vec{a} \cdot \vec{b} = -6$  bekannt. Berechnen Sie den Winkel  $\alpha$ , den die Vektoren  $\vec{a}$  und  $\vec{b}$  einschließen!

c) Zeigen Sie, dass im Allgemeinen  $(\vec{a} \cdot \vec{b})^2 \leq \vec{a}^2 \cdot \vec{b}^2$  gilt (Schwarzsche Ungleichung)!

d) In einem Tetraeder ABCD sind  $\overrightarrow{DA}$ ,  $\overrightarrow{DB}$  und  $\overrightarrow{DC}$  Repräsentanten der Vektoren  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$  und  $\vec{c}$ . Die Vektoren  $\vec{x}$ ,  $\vec{y}$  und  $\vec{z}$  werden durch  $\overrightarrow{AB}$ ,  $\overrightarrow{BC}$  und  $\overrightarrow{CA}$  repräsentiert. Man zeige, dass

$$\vec{a} \cdot \vec{y} + \vec{b} \cdot \vec{z} + \vec{c} \cdot \vec{x} = 0$$

gilt!



e) Berechnen Sie die Vektorprodukte der beiden Vektoren  $\vec{a}$  und  $\vec{b}$  sowie der Vektoren  $\vec{a}$  und  $\vec{c}$ !

$$\vec{a} = -3\vec{e}_x - 2\vec{e}_y + 1\vec{e}_z$$

$$\vec{b} = 1\vec{e}_x + 2\vec{e}_y + 3\vec{e}_z$$

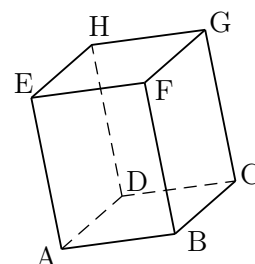
$$\vec{c} = 6\vec{e}_x + 4\vec{e}_y - 2\vec{e}_z$$

f) Berechnen Sie das Volumen für das nebestehende Parallelepiped ABCDEFGH, für das gegeben ist:

$$\overrightarrow{AB} = 1\vec{e}_x + 1\vec{e}_z$$

$$\overrightarrow{AD} = -1\vec{e}_x + 1\vec{e}_y + 2\vec{e}_z$$

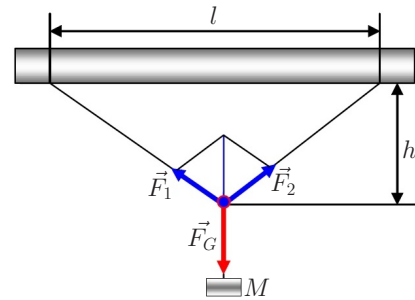
$$\overrightarrow{AE} = -1\vec{e}_y + 4\vec{e}_z$$



### 3. Dynamik der geradlinigen Bewegung

- 3.1 Am Ende eines in einer Wand verankerten, waagerechten Trägers hängt eine Lampe mit der Gewichtskraft 80 N. Im Winkel von  $30^\circ$  zur Waagerechten ist am Ende des Trägers eine Stütze befestigt und ebenfalls in der senkrechten Wand verankert. Ermitteln Sie die Kräfte in Träger und Stütze:
- zeichnerisch und
  - rechnerisch! (Gewicht von Träger und Stütze werde nicht berücksichtigt.)
- 3.2 Bei einem Crash-Test stößt ein Pkw mit der Geschwindigkeit 50 km/h gegen eine Mauer. Durch Deformation der Knautschzone um 40 cm kommt der Wagen zum Stillstand. Mit welcher Kraft müssen Sicherheitsgurte eine Puppe mit der Masse 70 kg halten, wenn eine konstante Bremsbeschleunigung angenommen werden kann?
- 3.3 Welche Kraft  $F = F(x)$  wirkt auf die Punktmasse aus Aufgabe 1.7?
- 3.4 Am Seil eines Turmdrehkranes hängt eine Betonplatte der Masse 2,5 t. Wie groß ist jeweils die Kraft im Seil, wenn die Platte
- mit der konstanten Beschleunigung  $1,2 \text{ m/s}^2$  angehoben,
  - mit einer konstanten Geschwindigkeit gehoben wird und
  - in Ruhe hängt?

- 3.5 Eine Masse  $M$  hängt in der Mitte eines Seiles und zieht an diesem Seil mit einer Gewichtskraft  $\vec{F}_G$  von  $|\vec{F}_G| = 300 \text{ N}$ .
- Berechnen Sie die horizontalen und vertikalen Komponenten der Zugkräfte  $\vec{F}_1$  und  $\vec{F}_2$  sowie deren Beträge für  $l = 6 \text{ m}$  und  $h = 2 \text{ m}$ .
  - Berechnen Sie die Zugkräfte  $\vec{F}_1$  und  $\vec{F}_2$  für den Fall, dass sich durch Verlängerung des Seiles  $h$  auf 4 m verdoppelt.

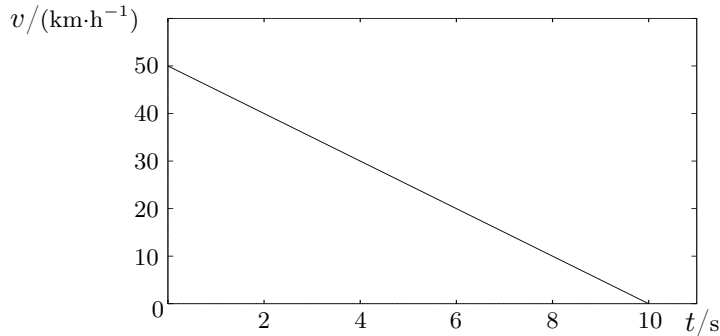


### 4. Kreisbewegung

- 4.1 Die Erde bewegt sich mit dem Abstand einer astronomischen Einheit ( $1 \text{ au} = 1,49 \cdot 10^{11} \text{ m}$ ) nahezu auf einer Kreisbahn um die Sonne. Wie groß ist dabei die Bahngeschwindigkeit?
- 4.2 a) Vielleicht kennen Sie ja noch die alten Vinylschallplatten. Auf diesen (wie auch auf heutigen Tonträgern) können Töne im Frequenzbereich von 20 – 20000 Hz ( $1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$ ) gespeichert werden. Welche Länge (in  $\mu\text{m}$ ) nimmt eine 20000-Hz-Schwingung auf einer LP (Langspielplatte) am äusseren Rand ( $R_a = 15 \text{ cm}$ ) bzw. am inneren Rand ( $R_i = 5 \text{ cm}$ ) ein (Drehzahl:  $33\frac{1}{3}$  Umdrehungen pro Minute)?
- b) Berechnen Sie die Anzahl der Spuren und deren Dichte (Zahl der Spuren pro mm in radialer Richtung) auf einer CD ( $R_i = 2,36 \text{ cm}$ ,  $R_a = 5,66 \text{ cm}$ , Spieldauer  $T = 74 \text{ min}$ , konstante Bahngeschwindigkeit von  $v = 1,2 \text{ m/s}$  – so genanntes CLV)! Welcher radiale Abstand zwischen den Spuren ergibt sich daraus?
- 4.3 Ein Pkw soll eine nicht überhöhte Straßenkurve (Kurvenradius 30 m) mit der Geschwindigkeit 45 km/h durchfahren. Geht das bei trockener Fahrbahn (Haftreibungszahl 0,65) und auch bei nasser Fahrbahn (Haftreibungszahl 0,40) aus physikalischer Sicht gut?
- 4.4 Um die Schienen bei einer Kurvenfahrt eines Zuges nicht durch Seitenkräfte zu belasten, ist die äußere Schiene gegenüber der inneren überhöht. Damit hat das Gleis einen bestimmten Neigungswinkel gegenüber der Horizontalen. Geben Sie die Bedingung dafür an, dass die Schienen bei der Kurvenfahrt nicht durch Seitenkräfte belastet werden! (Der Schwerpunkt des Zuges bewegt sich bei der Kurvenfahrt auf einem Kreisbogen mit dem Radius  $R$ .)

## 5. Arbeit, Energie, Leistung

- 5.1 Bei einem Bremsvorgang wird die kinetische Energie eines Fahrzeugs auf die Hälfte verringert. Wie ändert sich dabei die Geschwindigkeit?
- 5.2 Ein Kraftfahrzeug mit einer Masse von 1 t wird entsprechend dem Diagramm gebremst. Ermitteln Sie die Bremsbeschleunigung  $a$ , den Bremsweg und die Arbeit, die dabei verrichtet werden muss!



- 5.3 Ein Fadenpendel wird aus seiner vertikalen Gleichgewichtslage um den Winkel  $\alpha$  ausgelenkt und danach losgelassen. Berechnen Sie mit dem Energieerhaltungssatz die Geschwindigkeit des Pendelkörpers beim Durchgang durch die Gleichgewichtslage!
- 5.4 Ein Körper mit der Masse 60 g fällt auf eine senkrecht stehende, entspannte Schraubenfeder aus einer Höhe von 0,5 m über dem oberen Ende der Feder. Die Federkonstante beträgt 750 N/m. (Die Masse der Feder bleibe im folgenden unberücksichtigt.)
- Um welche Länge wird die Feder zusammengedrückt und welche Arbeit wird an der Feder verrichtet? (Man nehme an, dass bei dem Vorgang *keine* Umwandlung in thermische Energie erfolgt.)
  - Welche Startgeschwindigkeit hatte der Körper, wenn die Feder um 3,2 cm zusammengedrückt wird (sonst gleiche Bedingungen) ?
- 5.5 Wenn ein Mensch ( $m = 70$  kg) den Energiegehalt von Schokolade vollständig in Höhe umsetzen könnte, wieviele 100 g-Tafeln Schokolade (spezifischer Energiegehalt der Schokolade:  $e_S = 22$  kJ/g, also 22 kJ pro 1 g Schokolade) müsste er essen, um auf den Mount Everest ( $h \approx 8800$  m) klettern zu können?

## 6. Mechanische Schwingungen

- 6.1 a) Stellen Sie für einen Federschwinger (Masse  $m$ , Federkonstante  $k$ ) die NEWTON'sche Bewegungsgleichung auf ( $m$  bewege sich entlang der  $x$ -Achse).
- b) Zeigen Sie, dass die Orts-Zeit-Funktion der Schwingung lautet:  
 $x(t) = A \cos(\omega t - \alpha)$ . Welchen Bedingungen müssen  $\omega$ ,  $A$  und  $\alpha$  genügen?
- c) Bestimmen Sie  $A$  und  $\alpha$  für den Fall, dass die Masse maximal um  $x_{max}$  ausgelenkt ist und bei  $t = 0$  losgelassen wird.
- d) Wie c); aber: bei  $t = 0$  wird die Masse aus der Ruhelage ( $x = 0$ ) mit der Geschwindigkeit  $v_0$  angestoßen.
- 6.2 Eine Drehmaschine, die eine Masse von 2000 kg hat, biegt das Fundament, das auf zwei Trägern ruht, um 0,5 mm durch. Berechnen Sie die Eigenfrequenz und die Direktionsgröße (Federkonstante) der gesamten Anordnung! Nehmen Sie dabei an, dass das Fundament eine wirksame Masse von 1500 kg besitzt!

- 6.3 Beim Bogenschießen wird die Sehne um maximal 30 cm gespannt. Der Pfeil hat eine Masse von 50 g. Mit welcher Geschwindigkeit verlässt er den Bogen, wenn für das Auslenken der Sehne um 1 cm eine Kraft von 3 N erforderlich ist? (Es wird die Gültigkeit des linearen Kraftgesetzes angenommen. Der Einfluss der Massen von Sehne und Bogen wird vernachlässigt.)
- 6.4 Die Federn eines Autos besitzen eine Eigenfrequenz von 1,2 Hz. Die Fahrbahn hat in einem Abstand von 15 m tiefe Querfugen. Bei welcher Geschwindigkeit werden die "Stoßdämpfer" besonders beansprucht?

## 7. Elektrisches und magnetisches Feld

- 7.1 Leiten Sie die Einheit für  $\epsilon_0$  aus dem COULOMB'schen Gesetz her!
- 7.2 In welchem Verhältnis stehen die Gravitationskraft zwischen zwei Protonen und ihre elektrostatische Abstoßungskraft?
- 7.3 Ein Probekörper trägt die Ladung von  $10^{-10}$  C. In einem elektrischen Feld erfährt er die Kraft von  $2 \cdot 10^{-3}$  N. Wie groß ist die elektrische Feldstärke? Geben Sie die Feldstärke in der Einheit V/m an!
- 7.4 Ein Wasserkocher der Leistung 1000 W wird an 230 V betrieben.
- Welcher Strom fließt und wie groß ist der Widerstand des Wasserkochers?
  - Wie lange dauert es, 1 Liter Wasser von  $20^\circ\text{C}$  auf  $100^\circ\text{C}$  zu erhitzen?  
(spezifische Wärmekapazität von Wasser:  $c \approx 4,18$  J/K·g, Dichte: 1 kg/l)
- 7.5 Es soll die Größe  $R$  eines unbekanntes OHM'schen Widerstandes bestimmt werden. Dazu stehen zur Verfügung: eine Batterie (Urspannung  $U_0$  und Innenwiderstand  $R_i$  sind *unbekannt*), ein AMPEREMETER (Innenwiderstand vernachlässigbar), ein geeichter, bekannter Widerstand  $R_0$  sowie Verbindungskabel. Wie muss man vorgehen?
- 7.6 In einer Luftspule mit 1000 Windungen, einer Länge von 8 cm und einem Widerstand von  $12 \Omega$  soll ein magnetisches Feld von  $1,26 \cdot 10^{-2}$  T erzeugt werden. Welche Spannung muss angelegt werden?
- 7.7 Ein Proton und ein Elektron dringen mit gleicher Geschwindigkeit senkrecht zu den Feldlinien in ein homogenes Magnetfeld ein. In welchem Verhältnis stehen die Radien ihrer Bahnkurven?  
*Hinweis:* Überlegen Sie sich zunächst, dass sich die Ladungen auf einem Kreis bewegen.
- 7.8 Wie groß muss die zeitliche Änderung des magnetischen Feldes sein, wenn an einer Spule von  $100 \text{ cm}^2$  Querschnittsfläche und 1000 Windungen eine Spannung von 10 V auftreten soll?

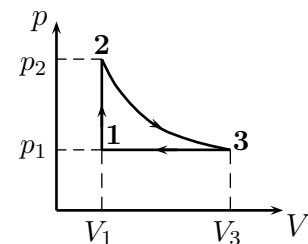
## 8. Thermodynamik (1)

- 8.1 Welches Volumen nehmen unter Normalbedingungen ein:
- 24 g Wasserstoff, b) 24 g Sauerstoff, c) 24 g Stickstoff?
- 8.2 Berechnen Sie mit Hilfe der AVOGADRO-Konstanten das Volumen eines Wassermoleküls. Vergleichen Sie dieses Volumen mit dem Raum, der für ein Sauerstoffmolekül unter Normbedingungen zur Verfügung steht.

- 8.3 In einem Gefäß befindet sich 1 mol Luft unter Normalbedingungen. Durch eine Vakuumpumpe wird der Druck auf  $1/10$  des Normaldrucks verringert. Wie viele Gasmoleküle sind dann noch in  $1 \text{ cm}^3$  Luft enthalten?
- 8.4 Bei welcher Temperatur nimmt ein ideales Gas unter konstantem Druck das doppelte Volumen ein, wenn es eine Anfangstemperatur von  $15^\circ\text{C}$  hatte?
- 8.5 Eine Stahlflasche für Sauerstoff mit einem Volumen von  $40 \text{ l}$  wird bei  $5^\circ\text{C}$  bis zu einem Druck von  $10 \text{ MPa}$  gefüllt.
- Welche Masse hat die eingeschlossene Sauerstoffmenge?
  - Wieviele Liter Sauerstoff können unter einem Druck von  $150 \text{ kPa}$  bei  $20^\circ\text{C}$  entnommen werden? (Beachten Sie, dass ein Restdruck in der Stahlflasche verbleibt.)
- 8.6  $1 \text{ dm}^3$  Gas befindet sich bei einer Anfangstemperatur von  $T = 1000 \text{ K}$  unter einem Druck von  $800 \text{ kPa}$ . Es dehnt sich isotherm bis auf ein Volumen  $V_2 = 8 \text{ dm}^3$  aus.
- Zeichnen Sie die dazugehörige Isotherme in einem  $p$ - $V$ -Diagramm!
  - Berechnen Sie die Arbeit!

## 9. Thermodynamik (2) - Kreisprozesse

- 9.1 Das nebenstehende  $p$ - $V$ -Diagramm zeigt den in einer erfundenen Wärmekraftmaschine ablaufenden Kreisprozeß. Die Maschine arbeitet mit  $0,1 \text{ mol}$  eines idealen einatomigen Gases. Die Zustandsänderung von Zustand **2** nach Zustand **3** verlaufe isotherm bei einer Temperatur von  $T_2 = 1200 \text{ K}$ .



- Das Volumenverhältnis sei  $V_3/V_1 = 4$ . Berechnen Sie  $T_1$ !
  - Zeichnen Sie ein  $V$ - $T$ -Diagramm und ein  $p$ - $T$ -Diagramm.
  - Berechnen Sie die Volumenarbeit für den Übergang von Zustand **2** nach Zustand **3**.
- 9.2 Der CARNOT'sche Kreisprozess besteht aus den folgenden Schritten:
- isotherme Expansion bei  $T = T_h$  von  $V_1$  auf  $V_2$
  - adiabatische Expansion von  $V_2$  auf  $V_3$
  - isotherme Kompression bei  $T = T_n$  von  $V_3$  auf  $V_4$
  - adiabatische Kompression von  $V_4$  auf  $V_1$

Zeigen Sie, dass für diesen Kreisprozess zwischen den Wärmebädern  $T_h > T_n$  der Wirkungsgrad  $\eta_C = \frac{T_h - T_n}{T_h}$  beträgt.

- 9.3 Eine Kältemaschine (umgekehrt laufender CARNOT-Prozess) soll eine Kühlraumtemperatur von  $T_N = 5^\circ\text{C}$  bei einer Außentemperatur von  $35^\circ\text{C}$  erzeugen. Welche Leistungszahl (das ist das Verhältnis der bei  $T_n$  aufgenommenen Wärmemenge zur aufgewandten Arbeit) muss die Maschine haben?
- 9.4 Welche Bereiche der Umgebung eines Wohnhauses können als Wärmereservoir II für eine Wärmepumpe dienen? Welche Temperaturen haben diese Bereiche und welche Leistungszahlen (d.h. bei  $T_h$  abgegebene Wärmemenge dividiert durch aufgewandte Arbeit) ergeben sich, wenn die (idealen) Wärmepumpen jeweils zum Erzeugen von Brauchwasser mit einer Temperatur von  $45^\circ\text{C}$  dienen sollen?