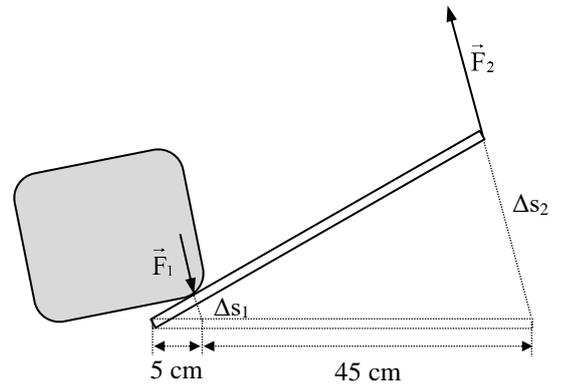


## 1.5. Aufgaben zur Energieerhaltung

### Aufgabe 1: Hebel

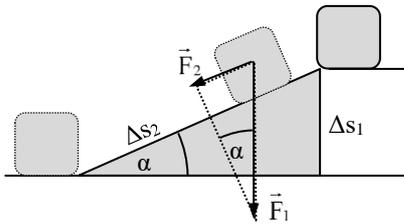
Eine Last mit  $F_1 = 1 \text{ kN}$  wird mit dem rechts abgebildeten Hebel um  $\Delta s_1 = 2 \text{ cm}$  angehoben.

- Mit welcher Kraft  $F_2$  und um welche Strecke  $\Delta s_2$  muss das andere Ende des Hebels bewegt werden?
- Berechne die an der Last verrichtete Arbeit  $W_1$  sowie die von der Hand geleistete Arbeit  $W_2$  und vergleiche.



### Aufgabe 2: Schiefe Ebene

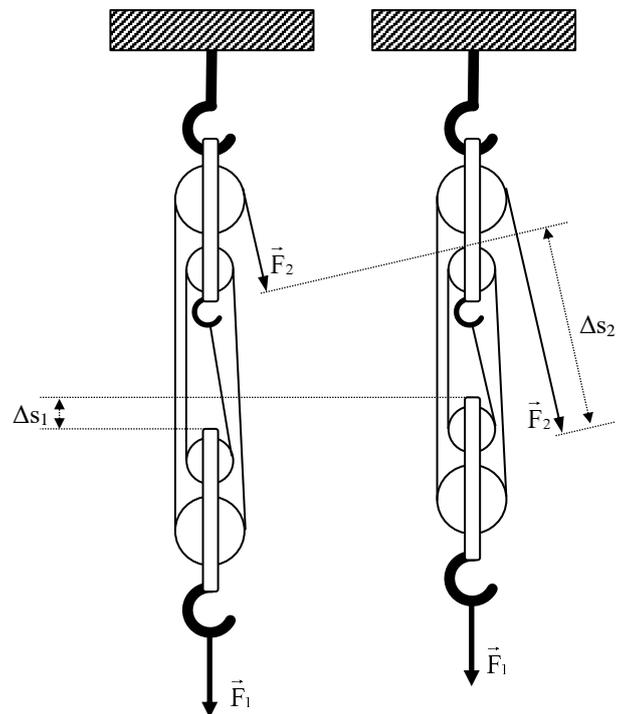
Eine 100 kg schwere Last soll in ein  $\Delta s_1 = 3 \text{ m}$  höheres Stockwerk transportiert werden. (siehe unten) Berechne die Arbeit  $W_1$ , die verrichtet wird, wenn man die Last gegen die Gewichtskraft  $F_1$  senkrecht emporzieht und die Arbeit  $W_2$ , wenn man die Last auf einer reibungsfreien schiefen Ebene mit  $10^\circ$  Steigung gegen die Hangabtriebskraft  $F_2$  um die Länge  $\Delta s_2$  der schiefen Ebene hochzieht



### Aufgabe 3: Flaschenzug

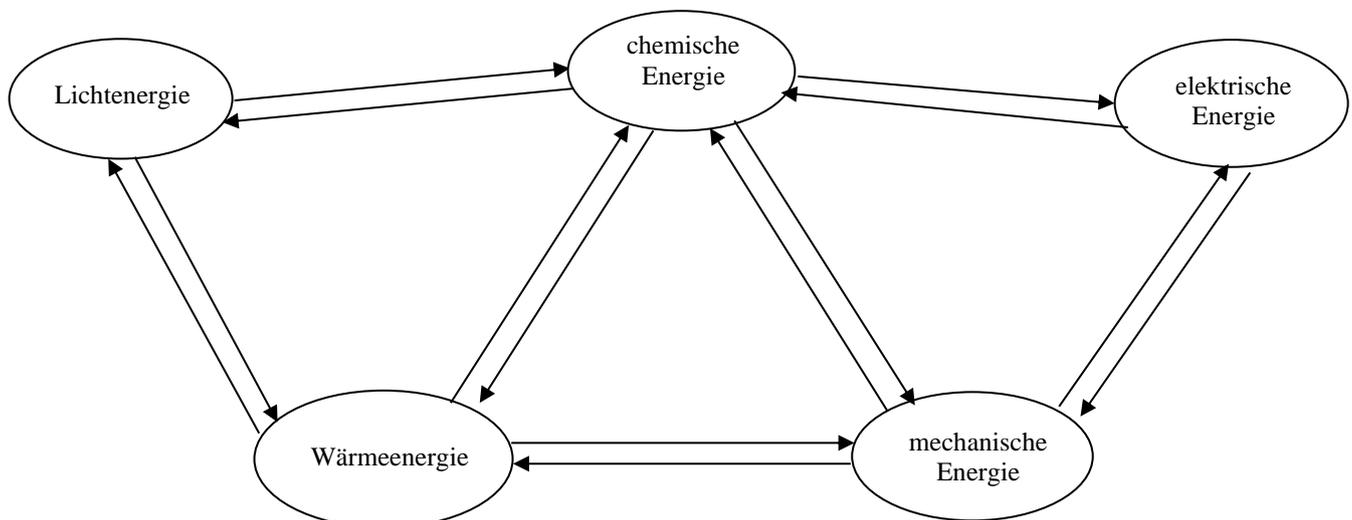
Ein 200 kg schweres Gewicht soll an dem rechts abgebildeten Flaschenzug mit zwei losen und zwei festen Rollen um  $\Delta s_1 = 10 \text{ cm}$  angehoben werden.

- Berechne die Lastkraft  $F_1$ .
- Berechne die Seilkraft  $F_2$ , wenn die Last über die frei beweglichen Rollen gleichmäßig auf die vier tragenden Seilabschnitte verteilt wird.
- Warum zählt das Zugseil ganz rechts nicht als tragender Seilabschnitt?
- Um welche Strecke  $\Delta s_2$  muss am Zugseil ganz rechts nach unten gezogen werden, damit sich jeder der vier tragenden Abschnitte um  $\Delta s_1 = 10 \text{ cm}$  verkürzt?
- Berechne die Arbeit  $W_1$ , die an der Last gegen die Lastkraft  $F_1$  verrichtet wird und vergleiche mit der Arbeit  $W_2$ , die am Zugseil gegen die Seilkraft  $F_2$  geleistet wird.



### Aufgabe 4: Energieformen

Beschrifte die Pfeile mit den folgenden Begriffen: *Sonnenbad, Sonnenbrand, Akku entladen, Akku aufladen, Photosynthese der Pflanzen, Sahne schlagen, Teig kneten, Dynamo, Elektromotor, Feuer (zwei Mal), glühender Nagel, Verbrennungsmotor, Dampfmaschine, Eisengewinnung im Hochofen, Reibung*



### Aufgabe 5: Leistung

- Josef verbraucht beim Treppensteigen alle vier Sekunden ein Kilojoule. Wie groß ist seine Leistung?
- Ein Haushalt bezieht in der Mittagszeit eine halbe Stunde lang eine Leistung von 500 Watt aus dem Stromnetz. Welche Energie wurde in dieser Zeit dem Netz entnommen?
- Der Akkumulator eines Elektroautos entleert sich während der zwanzigminütigen Fahrt zur Arbeit um 30 MJ. Welche Leistung haben die Motoren des Autos während der Fahrt durchschnittlich abgegeben?
- Wieviel Wärmeenergie gibt eine 2-kW-Elektroheizung in einer Stunde an den Raum ab?

### Aufgabe 6: Einheiten für Energie und Leistung

Rechne um:

- |                    |                   |                     |                                   |
|--------------------|-------------------|---------------------|-----------------------------------|
| a) 50 PS = ___ kW  | b) 80 kW = ___ PS | c) 80 kcal = ___ kJ | d) 100 kJ = ___ kcal              |
| e) 70 kWh = ___ MJ | f) 5 MJ = ___ kWh | g) 30 Ws = ___ J    | h) 10 N·m·s <sup>-1</sup> = ___ J |

### Aufgabe 7: Potentielle Energie

- Wieviel potentielle Energie verliert ein 30 kg schwerer Junge beim Sprung vom Fünfmeterturn? Wohin geht diese Energie?
- Wieviel potentielle Energie benötigt man, um einen 50 kg schweren Zementsack 3 m hoch ein Stockwerk höher zu schleppen?
- Wieviel Höhenmeter kann ein 80 kg schwerer Mann (theoretisch) mit dem Energiegehalt einer Tafel Schokolade (800 kJ) überwinden? Warum schafft er praktisch nur einen Bruchteil davon? Wohin geht der Rest der Energie?

### Aufgabe 8: Kinetische Energie

- Welche kinetische Energie hat ein 1 t schweres Auto bei 36 km/h?
- Wie schnell ist ein 30 kg schwerer Junge mit einer kinetischen Energie von 150 J?
- Wie schnell wird ein 30 kg schwerer Junge beim Sprung von einem Zehnmeterturn? Verwende die Aufgabe 7a).
- Wie schnell wird ein 3000 kg schwerer Elefant beim Sprung vom Zehnmeterturn? Warum würde er sich beim Aufprall trotzdem viel stärker verletzen als der Junge?
- Welche kinetische Energie hat ein 50 000 t schwerer Frachter bei 36 km/h ( $\approx 17$  Knoten)? Wie groß ist die kinetische Energie eines 500 kg schweren Treibbootes bei der gleichen Geschwindigkeit? Wie wirkt sich das auf die Bremswege im Hafen aus?

### Aufgabe 9: Federenergie

- Welche Energie benötigt man zum Spannen einer Feder mit  $D = 20$  N/cm um  $s = 3$  cm?
- Wie stark wird eine Stoßfeder mit  $D = 50$  kN/cm zusammengedrückt, wenn durch eine Bodenwelle eine Energie von 250 J übertragen wird?
- Welche kinetische Energie gewinnt ein 500 g schwerer Pfeil, der mit einem um 80 cm gespannten Bogen mit  $D = 3$  N/cm abgeschossen wurde?
- Wie schnell wird der Pfeil aus c)?
- Wie hoch kann man den Pfeil aus c) schießen? Hinweis: Auf dem höchsten Punkt steht der Pfeil in der Luft und hat keine kinetische Energie mehr. Welche Art von Energie hat er dann?

### Aufgabe 10: Energieerhaltung

Wie hoch fliegt ein Stein, der mit 12 m/s senkrecht nach oben geworfen wurde?

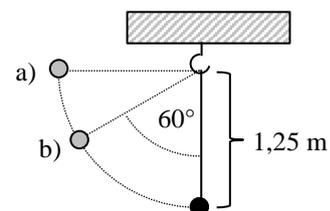
### Aufgabe 11: Energieerhaltung

Eine Federpistole enthält eine Schraubenfeder mit  $D = 10$  N/cm, die beim Spannen um 4 cm zusammengedrückt wird. Wie schnell und wie hoch kann ein 20 g schweres Geschoss damit senkrecht nach oben geschossen werden?

### Aufgabe 12: Energieerhaltung

Wie schnell wird die rechts abgebildete Kugel am untersten Punkt ihrer Bahn, wenn sie

- aus der Position a)
- aus der Position b) losgelassen wurde?

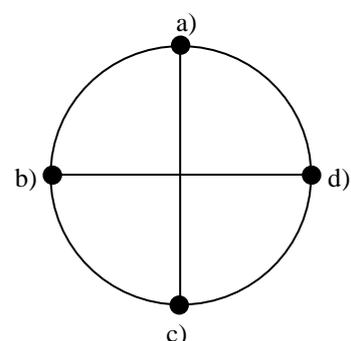


### Aufgabe 13: Energieerhaltung

Auf welche Geschwindigkeit muss ein 80 km/h schnelles Auto beschleunigen, wenn es seine kinetische Energie verdoppeln will?

### Aufgabe 14: Energieerhaltung

Eine 100 g schwere Kugel wird an einem 80 cm langen Faden auf einem senkrechten Kreis geschleudert, so dass der Faden am obersten Punkt gerade nicht mehr gespannt wird. Wie schnell ist die Kugel an den vier Punkten a), b), c) und d)?



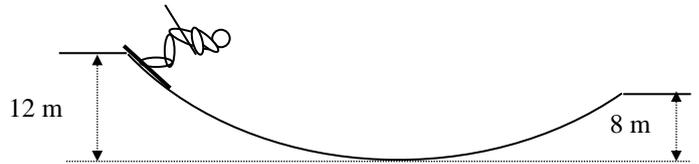
### Aufgabe 15: Energieerhaltung

- Welche Arbeit muss mindestens an einem 200 kg schweren Maschinenteil verrichtet werden, welches auf einer 10 m langen Rampe eine 1 m höher liegende Ladefläche erreichen soll?
- Wie groß ist die tatsächlich verrichtete Arbeit, wenn der Transport durch eine Reibungskraft von 150 N behindert wird?

### Aufgabe 16: Energieerhaltung

Ein 80 kg schwerer Skifahrer lässt sich aus dem Stand durch eine 50 m lange Mulde gleiten und erreicht ohne eigene Anstrengung das andere Ende, so dass er dort stehen bleibt.

- Wie viel Energie hat der Skifahrer bei der Fahrt durch die Mulde an den Schnee abgegeben?
- Wie groß war die durchschnittliche Reibungskraft zwischen Schnee und Skiern?
- Wie groß ist der Reibungskoeffizient  $\mu$ , wenn man vereinfachend davon ausgeht, dass die Gravitationskraft senkrecht zur Gleitfläche wirkt?



### Aufgabe 17: Energieerhaltung

- Ein Junge zieht einen Schlitten einen 100 m langen und  $10^\circ$  steilen schneebedeckten Hang hinauf. Junge und Schlitten wiegen zusammen 50 kg und auf den unbelasteten Schlitten wirkt eine Reibungskraft von 10 N gegen die Bewegungsrichtung. Welche Arbeit muss der Junge dafür verrichten?
- Oben setzt sich der Junge auf den Schlitten und fährt wieder runter, wobei nun auf den belasteten Schlitten eine Reibungskraft von 80 N wirkt. Mit welcher Geschwindigkeit erreicht der Junge den Fuß des Hanges?

### Aufgabe 18: Energieerhaltung

Ein Zug fährt mit 72 km/h und einem Rollreibungskoeffizient von  $\mu = 0,005$  eine  $3^\circ$  steile Strecke hinauf, als sich der letzte Wagen löst und nun ohne Antrieb weiterrollt. Wie weit rollt der Wagen, bis er zum Stehen kommt?

### Aufgabe 19: Energieformen

- Das Schluchseewerk gewinnt Energie aus dem 900 m hoch gelegenen und  $5 \text{ km}^2$  großen Schluchsee. Mit den Seegemeinden ist vertraglich festgelegt, dass der See um höchstens 2 m abgesenkt werden darf, weil sonst das Landschaftsbild und damit der Tourismus zu stark beeinträchtigt wird. Wieviel Tonnen Süßwasser mit der Dichte  $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$  stehen dem Schluchseewerk damit zur Verfügung?
- Die zweite Staustufe ist der 750 m hohe Schwarzasee, dann geht es in den 550 m hohen Schlüchtsee und schließlich in den 350 m hoch gelegenen Rhein. Wieviel Energie kann bei maximaler Entleerung des Schluchsees direkt in den Rhein gewonnen werden?
- Durch die beiden Fallrohre fließen pro Sekunde jeweils 50 Kubikmeter Wasser in den Schwarzasee. Wie viele Stunden und Minuten dauert die Absenkung des Wasserspiegels um 2 m und welche Leistung wird dabei abgegeben?
- Das Wasser strömt mit 72 km/h aus den beiden Rohren in den Schwarzasee. Wie schnell wäre es, wenn es die 150 Höhenmeter in freiem Fall durchs Vakuum zurückgelegt hätte?
- Durch die Flüssigkeitsreibung an den Rohrwänden wird das Wasser in den Rohren auch bei unendlicher Fallhöhe niemals schneller als ca. 90 km/h. Bei dieser Geschwindigkeit ist die Reibungskraft genau so groß wie die Erdanziehungskraft und das Wasser wird nicht mehr schneller. Mit welcher Kraft zieht das Wasser an den letzten 10 Metern eines 2 m dicken Rohres?
- Warum hat das Schluchseewerk viel Geld für zwei zusätzlich Stauseen einschließlich Kraftwerksanlagen ausgegeben statt das Wasser direkt die 550 Höhenmeter hinunter in den Rhein laufen zu lassen?
- Der Schluchsee wird auf natürlichem Wege durch Bäche aus dem Feldberggebiet wieder aufgefüllt. Woher kommt die Energie, die das Wasser aus dem Rhein bzw. dem Meer wieder auf den Feldberg hebt?
- Der Schluchsee dient auch als Pumpspeicher. Nachts wird mit billigem Atomstrom des benachbarten Kernkraftwerkes Leibstadt Wasser aus dem Rhein hochgepumpt. Tagsüber wird das Wasser wieder abgelassen und produziert teuren „Ökostrom“ für deutsche Kunden wie z.B. die Deutsche Bahn. Warum ist der Atomstrom nachts so billig, dass sich dieses Geschäft trotz der gewaltigen Investitionskosten und der Energieverluste beim Aufpumpen lohnt?

## 1.5. Lösungen zu den Aufgaben zur Energieerhaltung

### Aufgabe 1: Hebel

- a) Nach dem Hebelgesetz bzw. Drehmomentgleichgewicht bezogen auf das linke Ende des Hebels gilt  $5 \text{ cm} \cdot F_1 - 50 \text{ cm} \cdot F_2 = 0 \Rightarrow F_2 = 100 \text{ N}$

Nach dem Strahlensatz bzw. zentrischer Streckung mit Zentrum im linken Ende des Hebels gilt

$$\frac{\Delta s_2}{\Delta s_1} = \frac{50 \text{ cm}}{5 \text{ cm}} \Rightarrow \Delta s_2 = 20 \text{ cm}$$

- b)  $W_1 = F_1 \cdot \Delta s_1 = 20 \text{ J}$  und  $W_2 = F_2 \cdot \Delta s_2 = 20 \text{ J}$ : Die geleistete Arbeit  $W_2$  ist gleich der verrichteten Arbeit  $W_1$ .

### Aufgabe 2: Schiefe Ebene

Aus den beiden getönten rechtwinkligen Dreiecken liest man ab:

$$\sin(\alpha) = \frac{\Delta s_1}{\Delta s_2} \Rightarrow \text{Weglänge } \Delta s_2 = \frac{\Delta s_1}{\sin(\alpha)}$$

$$\sin(\alpha) = \frac{F_2}{F_1} \Rightarrow \text{Hangabtriebskraft } F_2 = F_1 \cdot \sin(\alpha)$$

$$W_1 = F_1 \cdot \Delta s_1 \text{ und } W_2 = F_2 \cdot \Delta s_2 = F_1 \cdot \sin(\alpha) \cdot \frac{\Delta s_1}{\sin(\alpha)} = W_1.$$

Mit  $F_1 = m \cdot g = 1 \text{ kN}$  und  $\Delta s_1 = 3 \text{ m}$  ist  $W_1 = W_2 = 3 \text{ kJ}$ .

### Aufgabe 3: Flaschenzug

- a) Lastkraft  $F_1 = m \cdot g = 2 \text{ kN}$

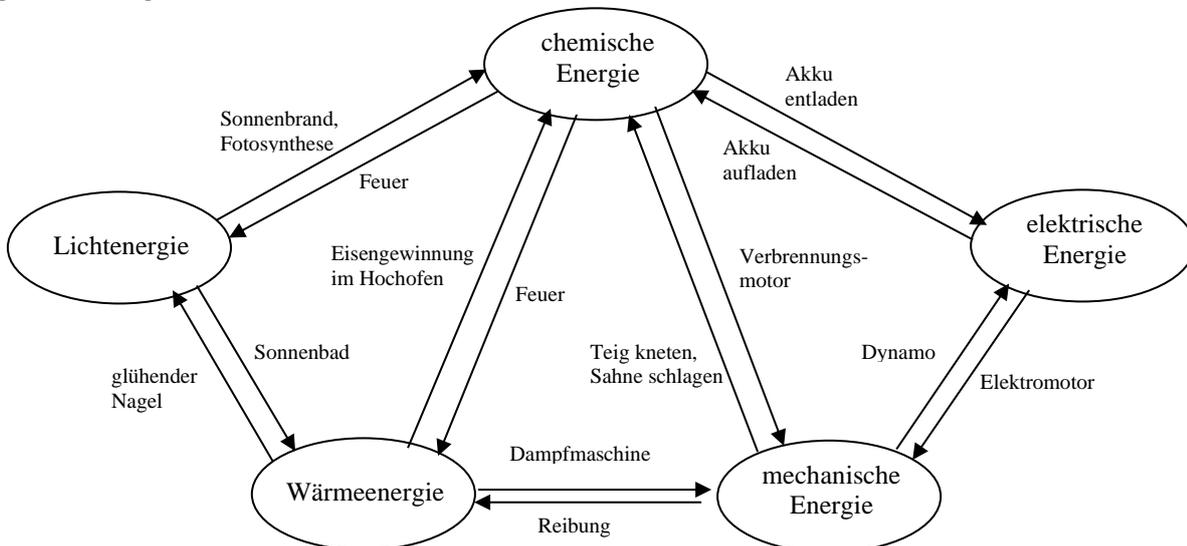
- b) Seilkraft  $F_2 = \frac{F_1}{4} = 500 \text{ N}$

- c) Am ganz rechten Seilabschnitt hängt keine Last

- d) Da alle vier Seilabschnitte zum selben Seil gehören, muss dieses insgesamt um  $\Delta s_2 = 4 \cdot \Delta s_1 = 40 \text{ cm}$  verkürzt werden.

- e)  $W_1 = F_1 \cdot \Delta s_1 = 200 \text{ J}$  und  $W_2 = F_2 \cdot \Delta s_2 = \frac{F_1}{4} \cdot 4 \Delta s_1 = W_1 = 200 \text{ J}$ .

### Aufgabe 4: Energieformen



### Aufgabe 5: Leistung

a)  $P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = 250 \text{ W}$

b)  $\Delta W = P \cdot \Delta t = 900 \text{ kJ}$

c)  $P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = 25 \text{ kW}$

d)  $\Delta W = P \cdot \Delta t = 7,2 \text{ MJ}$

### Aufgabe 6: Einheiten für Energie und Leistung

a)  $50 \text{ PS} = 37,5 \text{ kW}$   
e)  $70 \text{ kWh} = 252 \text{ MJ}$

b)  $80 \text{ kW} \approx 106,7 \text{ PS}$   
f)  $5 \text{ MJ} \approx 1,39 \text{ kWh}$

c)  $80 \text{ kcal} \approx 336,8 \text{ kJ}$   
g)  $30 \text{ Ws} = 30 \text{ J}$

d)  $100 \text{ kJ} = 23,8 \text{ kcal}$   
h)  $10 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} = 10 \text{ J}$

### Aufgabe 7: Potentielle Energie

- a) Die potentielle Energie  $E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h = 1,5 \text{ kJ}$  wird zunächst in Bewegungsenergie und beim Aufprall in Verformungs- bzw. Wärmeenergie umgewandelt.
- b) Man benötigt (theoretisch, siehe c)) wieder  $E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h = 1,5 \text{ kJ}$ . Dazu kommt außerdem das eigene Körpergewicht!
- c) Er könnte  $h = \frac{E_{\text{pot}}}{g \cdot m} = 1000$  Höhenmeter schaffen. Praktisch ist die Tafel Schokolade nach 200 – 300 Höhenmetern weg, weil der größte Teil der zugeführten Energie als Wärme abgegeben wird.

### Aufgabe 8: Kinetische Energie

- a)  $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2 = 50 \text{ kJ}$
- b)  $v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{\text{kin}}}{m}} \approx 3,16 \text{ m/s}$
- c) Die kinetische Energie vor dem Sprung  $E_{\text{pot}}$  wird während des Fluges vollständig in kinetische Energie  $E_{\text{kin}}$  umgewandelt:  
 $E_{\text{pot}} = E_{\text{kin}} \Leftrightarrow m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \approx 14,14 \text{ m/s}$ .
- d) Der Elefant wird genauso schnell wie der Junge, weil sowohl die kinetische als auch die potentielle Energie proportional zur (trägen bzw. schweren) Masse ist und sich diese daher herauskürzt. Weil der Elefant aber aufgrund seiner hundertfachen Masse auch die die hundertfache kinetische Energie beim Aufprall hat, würde der schwere Verletzungen erleiden.
- e) Der Frachter muss beim Abbremsen seine kinetische Energie von  $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2 = 2500 \text{ MJ}$  als Verformungs- und Wärmeenergie an das Wasser abgeben. Das dauert viel länger und hat einen Bremsweg von einigen Kilometern zur Folge, während das Tretboot mit 25 kJ schon nach wenigen Metern zum Stoppen kommt.

### Aufgabe 9: Federenergie

- a)  $E_D = \frac{1}{2} D s^2 = 0,9 \text{ J}$
- b)  $s = \sqrt{\frac{2 \cdot E_D}{D}} = 1 \text{ cm}$ .
- c) Die Federenergie wird beim Abschuss vollständig in Bewegungsenergie umgewandelt:  $E_{\text{kin}} = E_D = \frac{1}{2} D s^2 = 96 \text{ J}$ .
- d) Aus  $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2$  folgt  $v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{\text{kin}}}{m}} \approx 19,6 \text{ m/s}$ .
- e) Die kinetische Energie wird vollständig in potentielle Energie umgewandelt:  $E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h \Rightarrow h = \frac{E_{\text{kin}}}{m \cdot g} = 19,2 \text{ m}$ .

### Aufgabe 10: Energieerhaltung

$$E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}} \Leftrightarrow mgh = \frac{1}{2} m v^2 \Leftrightarrow h = \frac{v^2}{2g} = 7,2 \text{ m}$$

### Aufgabe 11: Energieerhaltung

Beim Abschuss wird die Federenergie vollständig in kinetische Energie umgewandelt:  $E_D = E_{\text{kin}} \Leftrightarrow \frac{1}{2} D s^2 = \frac{1}{2} m v^2$  Das

Geschoss wird also  $v = \sqrt{\frac{D s^2}{m}} \approx 8,94 \text{ m/s}$  schnell. Beim Aufstieg wird die kinetische Energie vollständig in potentielle

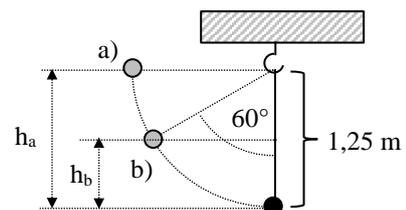
Energie umgewandelt:  $E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}} \Leftrightarrow mgh = \frac{1}{2} m v^2$  Das Geschoss steigt also  $h = \frac{v^2}{2g} = 4 \text{ m}$  hoch.

### Aufgabe 12: Energieerhaltung

$$E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}} \Leftrightarrow mgh = \frac{1}{2} m v^2 \Leftrightarrow$$

a)  $h_a = 1,25 \text{ m} \Rightarrow v_a = \sqrt{2gh_a} = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

b)  $h_b = 1,25 \text{ m} - \cos(60^\circ) \cdot 1,25 \text{ m} = 0,625 \text{ m} \Rightarrow v_b = \sqrt{2gh_b} \approx 3,53 \frac{\text{m}}{\text{s}}$



### Aufgabe 13: Energieerhaltung

$$E_{\text{kin}}' = 2 E_{\text{kin}} \Leftrightarrow v'^2 = 2v^2 \Rightarrow v' = \sqrt{2} v \approx 113,1 \text{ km/h}$$

### Aufgabe 14: Energieerhaltung

- a) Der Faden ist gerade nicht mehr gespannt, wenn die Zentripetalkraft  $F_z$  gerade gleich der Gewichtskraft  $F_g$  ist:  $F_z = F_g \Leftrightarrow \frac{mv_a^2}{r} = mg \Leftrightarrow v_a = \sqrt{g \cdot r} \approx 2,83 \text{ m/s}$  und  $E_{\text{kina}} = \frac{1}{2} mv_a^2 = \frac{1}{2} r \cdot m \cdot g = 0,4 \text{ J}$
- b) Beim Fallen um die Höhe  $h = r$  wird die kinetische Energie  $E_{\text{kina}}$  um die potentielle Energie  $m \cdot g \cdot r$  vermehrt zu  $E_{\text{kinb}} = E_{\text{kina}} + mgr = \frac{3}{2} r \cdot m \cdot g = 1,2 \text{ J}$  mit der Geschwindigkeit  $v_b = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{\text{kinb}}}{m}} = \sqrt{3 \cdot g \cdot r} \approx 4,90 \text{ m/s}$ .
- c) Beim erneuten Fallen um  $h = r$  kommt noch einmal  $m \cdot g \cdot r$  hinzu und man erhält  $E_{\text{kinb}} = \frac{5}{2} r \cdot m \cdot g = 2 \text{ J}$  und  $v_c = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{\text{kinb}}}{m}} = \sqrt{5 \cdot g \cdot r} \approx 6,32 \text{ m/s}$ .
- d) Beim Steigen um  $h = r$  verliert die Kugel die Energie  $m \cdot g \cdot r$  und hat dann wieder die gleiche Energie und die gleiche Geschwindigkeit wie in b):  $E_{\text{kind}} = E_{\text{kinb}}$  und  $v_d = v_c$ .

### Aufgabe 15: Energieerhaltung

- a) Es muss mindestens die Hubarbeit  $W_{\text{Hub}} = E_{\text{pot}} = mgh = 2 \text{ kJ}$  aufgewendet werden.
- b) Hinzu kommt dann die Reibungsarbeit  $W_R = F_R \cdot \Delta x = 1,5 \text{ kJ}$ , so dass man insgesamt auf  $W_{\text{Hub}} + W_R = 3,5 \text{ kJ}$  kommt.

### Aufgabe 16: Energieerhaltung

- a) Der Skifahrer verliert die Energie  $E_{\text{pot}}' - E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h' - m \cdot g \cdot h = m \cdot g \cdot (h' - h) = 3,2 \text{ kJ}$ .
- b) Die potentielle Energie wird in Reibungsarbeit  $W_R = F_R \cdot \Delta x$  umgewandelt, die der Skifahrer auf der Strecke  $\Delta x = 50 \text{ m}$  am Schnee verrichtet und ihn dadurch aufheizt. Aus  $F_R \cdot \Delta x = W_R = 3,2 \text{ kJ}$  folgt die mittlere Reibungskraft  $F_R = \frac{W_R}{\Delta x} = 64 \text{ N}$ .
- c) Der mittlere Reibungskoeffizient ist also  $\mu = \frac{F_g}{F_R} = 0,08$ .

### Aufgabe 17: Energieerhaltung

- a) Beim Aufstieg muss der Junge die Höhe  $h = 100 \text{ m} \cdot \sin(10^\circ) \approx 17,3 \text{ m}$  erreichen und dazu die Arbeit  $W_{\text{Hub}} + W_{\text{Rab}} = m \cdot g \cdot h + F_{\text{Rab}} \cdot \Delta x = 8,68 \text{ kJ} + 1 \text{ kJ} = 9,68 \text{ kJ}$  verrichten.
- b) Bei der Abfahrt gewinnt der Junge die kinetische Energie  $E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}} - W_{\text{Rauf}} = 8,68 \text{ kJ} - 8 \text{ kJ} = 0,68 \text{ kJ}$  und hat dann die Geschwindigkeit  $v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{\text{kin}}}{m}} \approx 5,22 \text{ m/s}$ .

### Aufgabe 18: Energieerhaltung

Der Wagen kommt nach der Strecke  $s$  zum Stehen, wenn seine gesamte kinetische Energie  $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$  in potentielle Energie  $E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h = m \cdot g \cdot \sin(3^\circ) \cdot s$  und über Reibungsarbeit  $W_R = F_R \cdot \Delta x = \mu \cdot m \cdot g \cdot s$  in Wärme umgewandelt wurde:

$$E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}} + W_R \Leftrightarrow \frac{1}{2} m \cdot v^2 = m \cdot g \cdot \sin(3^\circ) \cdot s + \mu \cdot m \cdot g \cdot s \Rightarrow \frac{1}{2} v^2 = g \cdot s \cdot (\sin(3^\circ) + \mu) \Rightarrow s = \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot (\sin(3^\circ) + \mu)} \approx 348,8 \text{ m}$$

### Aufgabe 19: Energieformen

- a) Die Masse ist  $m = \rho \cdot V = 1 \text{ t/m}^3 \cdot 2 \text{ m} \cdot 5\,000\,000 \text{ m}^2 = 10 \text{ Millionen Tonnen}$ .
- b) Die potentielle Energie des Wassers bezogen auf den Rhein ist  $E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h = 55\,000 \text{ GJ}$
- c)  $100 \text{ m}^3$  in einer Sekunde entsprechen  $10 \text{ Millionen m}^3$  in  $100\,000 \text{ Sekunden} = 27 \text{ h}$  und  $47 \text{ Minuten}$   
Die theoretisch maximale Leistung wäre  $P = W/t = m \cdot g \cdot 150 \text{ m} / 100\,000 \text{ s} = 150 \text{ MW}$
- d) Im freien Fall durchs Vakuum würde die potentielle Energie komplett in kinetische Energie umgewandelt werden:  
 $E_{\text{pot}} = E_{\text{kin}} \Leftrightarrow mgh = \frac{1}{2} mv^2 \Leftrightarrow v = \sqrt{2gh} = 10\sqrt{30} \text{ m/s} \approx 54,78 \text{ m/s}$  anstelle von  $72 \text{ km/h} = 20 \text{ m/s}$ .
- e) Die Reibungskraft auf das Rohr ist genau gleich der Gewichtskraft des Wassers:  $F_R = F_G = m \cdot g = \rho \cdot \pi r^2 \cdot l \cdot g \approx 314 \text{ kN}$
- f) Mit zunehmender Geschwindigkeit bzw. Fallhöhe wird immer mehr Energie als Reibungswärme an das Fallrohr abgegeben und das Wasser wird immer stärker abgebremst. Der Wirkungsgrad wird bei hohen Geschwindigkeiten und Fallhöhen also immer kleiner. Daher unterteilt man den Fall in möglichst viele kleine Stufen mit hohen Wirkungsgraden.
- g) Es ist die Sonne, deren Wärme das Meerwasser verdampfen lässt und die die Wolken gegen den Schwarzwald treibt, wo sie sich wieder abregnen.
- h) Kernreaktoren lassen sich schlecht regulieren und produzieren Tag und Nacht mit gleicher Leistung. Nachtstrom ist billiger, weil nachts die Nachfrage viel geringer als das Angebot ist.