

## Übungen zu Kinematik, Kräfte, Drehmoment, Arbeit und Leistung:

### Aufgabe 1:

Der Personenaufzug in einem Hochhaus fährt mit einer Geschwindigkeit von  $v = 204 \text{ m/min}$ . Welchen Höhenunterschied legt er in  $13,6 \text{ s}$  zurück?

### Aufgabe 2:

Berechnen Sie für die nachfolgend beschleunigten Bewegungen:

- $v = 54 \text{ m/s}$ ,  $t = 18 \text{ s}$ ,  $s = ?$ ,  $a = ?$
- $s = 120 \text{ m}$ ,  $a = 5 \text{ m/s}^2$ ,  $v = ?$ ,  $t = ?$
- $v = 36 \text{ m/min}$ ,  $a = 1,5 \text{ m/s}^2$ ,  $s = ?$ ,  $t = ?$
- $s = 18 \text{ mm}$ ,  $t = 0,5 \text{ s}$ ,  $v = ?$ ,  $a = ?$

### Aufgabe 3:

- Welchen Durchmesser muss die Antriebsrolle eines Transportbandes haben, wenn bei einer Drehzahl von  $n = 315 \text{ min}^{-1}$  eine Transportgeschwindigkeit von  $40 \text{ m/min}$  erreicht werden soll?
- Eine Seiltrommel habe einen Durchmesser von  $220 \text{ mm}$ . Mit welcher Geschwindigkeit wird das Seil bei einer Drehzahl von  $30 \text{ min}^{-1}$  eingeholt? Wie groß ist die Winkelgeschwindigkeit der Seiltrommel?
- Eine Schleifscheibe mit  $45 \text{ mm}$  Durchmesser soll mit einer Schnittgeschwindigkeit von  $18 \text{ m/s}$  arbeiten. Welche Drehzahl ist dafür notwendig?

### Aufgabe 4:

- Welche Kraft ist erforderlich, um einen  $1500 \text{ kg}$  schweren PKW in  $12 \text{ s}$  von  $0$  auf  $100 \text{ km/h}$  zu beschleunigen?
- Ein  $1300 \text{ kg}$  schwerer PKW wird bei einem Abschleppvorgang in  $6 \text{ s}$  auf eine Geschwindigkeit von  $15 \text{ km/h}$  gebracht. Wie groß ist die Zugkraft im Abschleppseil, wenn mit einer Reibungszahl von  $\mu = 0,03$  zu rechnen ist?
- Eine  $3000 \text{ kg}$  schwere Betonplatte ist an zwei Stahlseilen symmetrisch aufgehängt. Die Stahlseile schließen einen Winkel von  $70^\circ$  ein. Berechne die Gewichtskraft der Platte und die Zugkraft in den Seilen.

**Aufgabe 5:**

Ein senkrecht zu einer Wand befestigter Balken (im Punkt  $A$  der Wand gelagert) ist  $7\text{ m}$  lang und wird durch ein Stahlseil gehalten. Das Seil ist  $4\text{ m}$  oberhalb des Punktes  $A$  an der Wand befestigt und mit dem freien Ende  $B$  des Balkens verbunden. Senkrecht zum Balken wirkt  $5\text{ m}$  von der Wand entfernt in Richtung des Bodens eine Kraft von  $F = 14\text{ kN}$ .

- Welche Kraft muss senkrecht zum Balken im Punkt  $B$  der Kraft  $F$  entgegenwirken, damit der Balken gehalten wird?
- Ermittle den Winkel zwischen Balken und Seil und berechne sodann die Zugkraft im Seil?

**Aufgabe 6:**

- Durch eine Pumpe werden  $5\text{ m}^3$  Beton mit der Dichte  $2,45\text{ kg/dm}^3$  auf eine Höhe von  $11,5\text{ m}$  gefördert. Wie groß ist die hierfür aufzuwendende Hubarbeit?
- Das Oberbecken eines quaderförmigen Pumpspeicherwerkes hat die Abmessungen Länge =  $0,32\text{ km}$ , Breite =  $85\text{ m}$  und Tiefe =  $16,5\text{ m}$ . Wie groß ist die gespeicherte Energie in  $\text{kWh}$  und  $\text{MWh}$ , wenn die Fallhöhe bis zum Unterbecken  $283\text{ m}$  beträgt? (Dichte von Wasser beträgt  $1\text{ kg/l}$ ).

**Aufgabe 7:**

Der Hammer des Pendelschlagwerks hat eine Masse von  $21,735\text{ kg}$ . Er wird  $1407\text{ mm}$  hoch angehoben. Unterhalb des Pendeldrehpunkts am Boden steht ein Gegenstand  $G$ .

- Wie groß ist die potentielle Energie des Hammers?
- Wie groß ist die Geschwindigkeit des Hammers beim Auftreffen auf  $G$ ?
- Wie groß ist die verbrauchte Schlagarbeit, wenn das Pendel nach dem Aufprall auf  $G$  bis zu einer Steighöhe von  $220\text{ mm}$  durchschwingt?

**Aufgabe 8:**

- Eine  $50\text{ kg}$  schwere Kiste wird  $3\text{ m}$  hoch gehoben. Wie groß ist die erforderliche Leistung, wenn der Gabelstapler für diese Arbeit  $5\text{ s}$  braucht?
- Welchen Wirkungsgrad hat ein Elektromotor, dem eine Leistung von  $4,5\text{ kW}$  zugeführt wird, wenn die am Wellenstumpf abgegebene Leistung  $4\text{ kW}$  beträgt?
- Die Pumpe des Pumpspeicherwerkes fördert Wasser in das  $283\text{ m}$  höher liegende Oberbecken. Die zur Verfügung stehende Pumpenleistung beträgt  $34\text{ MW}$ . Welche Wassermenge kann pro Sekunde gefördert werden?

# Lösungen

7

Auf 1  $v = 204 \text{ m/min}$ ,  $t = 13,6 \text{ s}$ ,  $s = ?$

$$v = \frac{s}{t} \Leftrightarrow s = v \cdot t = 204 \frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot 13,6 \text{ s}$$
$$= 204 \frac{\text{m}}{60 \text{ s}} \cdot 13,6 \text{ s} = \boxed{46,24 \text{ m}}$$

---

## Auf 2

a)  $v = 54 \text{ m/s}$ ,  $t = 18 \text{ s}$ ,  $s = ?$ ,  $a = ?$

$$s = \frac{v \cdot t}{2} = \frac{54 \text{ m/s} \cdot 18 \text{ s}}{2} = \boxed{486 \text{ m}}$$

$$a = \frac{v}{t} = \frac{54 \text{ m/s}}{18 \text{ s}} = \boxed{3 \text{ m/s}^2}$$

---

b)  $s = 120 \text{ m}$ ,  $a = 5 \text{ m/s}^2$ ,  $v = ?$ ,  $t = ?$

$$v = \sqrt{2as} = \sqrt{2 \cdot 5 \text{ m/s}^2 \cdot 120 \text{ m}} = \boxed{74,64 \text{ m/s}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 120 \text{ m}}{5 \text{ m/s}^2}} = \boxed{6,93 \text{ s}}$$

---

c)  $v = 36 \text{ m/min}$ ,  $a = 1,5 \text{ m/s}^2$ ,  $s = ?$ ,  $t = ?$   
 $= 0,6 \text{ m/s}$

$$s = \frac{v^2}{2a} = \frac{(0,6 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 1,5 \text{ m/s}^2} = \boxed{0,12 \text{ m}}$$

$$t = \frac{v}{a} = \frac{0,6 \text{ m/s}}{1,5 \text{ m/s}^2} = \boxed{0,4 \text{ s}}$$

2d)  $s = 18 \text{ mm}$ ,  $t = 0,5 \text{ s}$ ,  $v = ?$ ;  $a = ?$

$$v = \frac{2s}{t} = \frac{2 \cdot 0,018 \text{ m}}{0,5 \text{ s}} = \boxed{0,072 \text{ m/s}}$$

$$a = \frac{2s}{t^2} = \frac{2 \cdot 0,018 \text{ m}}{(0,5 \text{ s})^2} = \boxed{0,14 \text{ m/s}^2}$$

---

Afg 3

a)  $n = 375 \text{ min}^{-1}$ ;  $v_u = 40 \text{ m/min}$ ;  $d = ?$

$$v_u = d \pi n \Rightarrow d = \frac{v_u}{\pi n} = \frac{40 \text{ m/min}}{\pi \cdot 375 \text{ min}^{-1}} = 0,04042 \text{ m} \\ = \boxed{40,42 \text{ mm}}$$

---

b)  $d = 220 \text{ mm}$ ,  $n = 30 \text{ min}^{-1}$ ,  $v_u = ?$ ,  $\omega = ?$

$$v_u = d \pi n = 0,22 \text{ m} \cdot \pi \cdot 30 \text{ min}^{-1} = 20,73 \text{ m/min} \\ = \boxed{0,35 \text{ m/s}}$$

$$v_u = \omega \cdot r \Rightarrow \omega = \frac{v_u}{r} = \frac{0,35 \text{ m/s}}{0,11 \text{ m}} = \boxed{3,18 \text{ rad/s}}$$

$$\text{oder so: } \omega = 2\pi n = 2\pi \cdot 30/60 \text{ s} = \pi = 3,14 \text{ rad/s}$$

---

c)  $d = 45 \text{ mm}$ ,  $v_u = 18 \text{ m/s}$ ,  $n = ?$

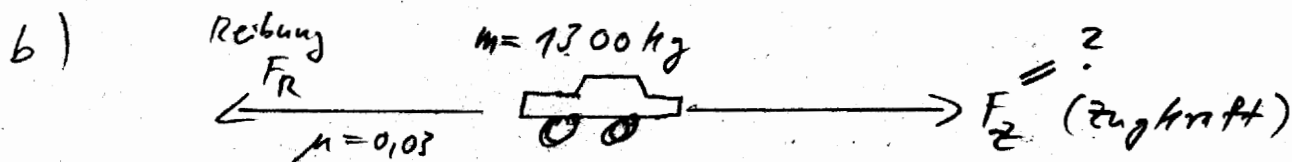
$$n = \frac{v_u}{d \pi} = \frac{18 \text{ m/s}}{0,045 \text{ m} \cdot \pi} = 127,32 \text{ s}^{-1} \\ = \boxed{7639,2 \text{ min}^{-1}}$$

a)  $m = 1500 \text{ kg}$ ,  $t = 12 \text{ s}$ ,  $v = 100 \text{ km/h}$ ,  $F = ?$

$$v = \frac{100}{3,6} \text{ m/s} = 27,78 \text{ m/s}$$

$$a = \frac{v}{t} = \frac{27,78 \text{ m/s}}{12 \text{ s}} = 2,32 \text{ m/s}^2$$

$$F = ma = 1500 \text{ kg} \cdot 2,32 \text{ m/s}^2 = \boxed{3480 \text{ N}}$$



$$v = 15 \text{ km/h} = 4,17 \text{ m/s}$$

$$t = 6 \text{ s} \Rightarrow a = \frac{v}{t} = \frac{4,17 \text{ m/s}}{6 \text{ s}} = 0,7 \text{ m/s}^2$$

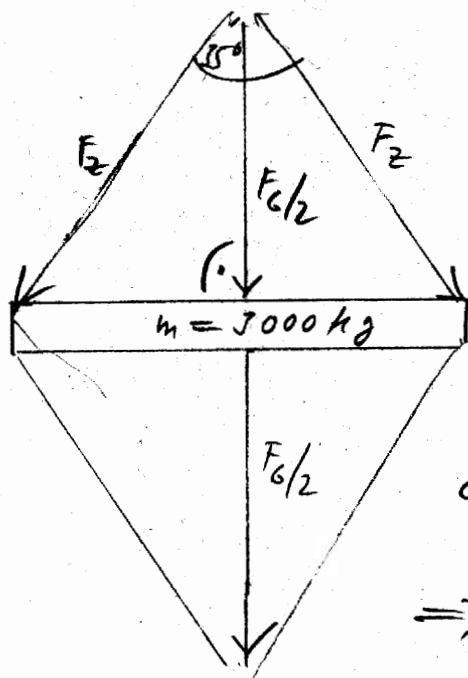
Resultierende erzeugt obige Beschleunigung, d.h.

$$F_z - F_R = ma \Rightarrow F_z = ma + F_R$$

$$F_R = mg \cdot \mu = 1300 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,03 = 382,59 \text{ N (Reibungskraft)}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow F_z &= ma + F_R \\ &= 1300 \text{ kg} \cdot 0,7 \text{ m/s}^2 + 382,59 \text{ N} \\ &= 910 \text{ N} + 382,59 \text{ N} = \boxed{1292,59 \text{ N}} \end{aligned}$$

4c)

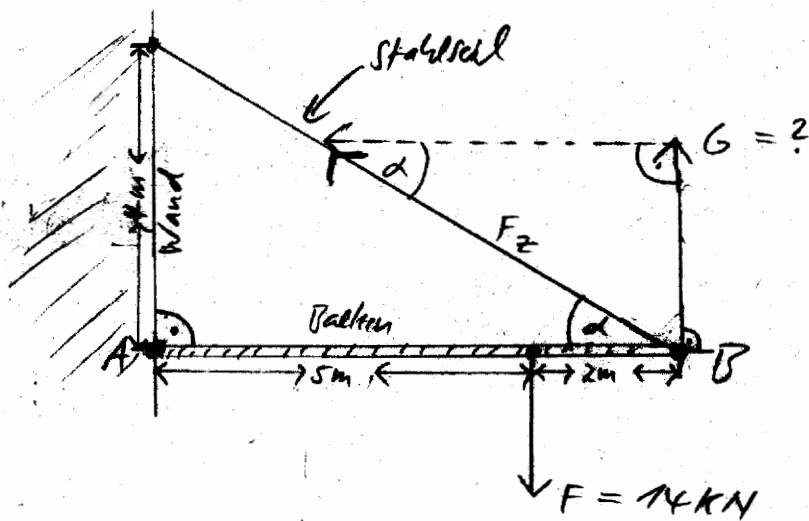


$$\begin{aligned}
 F_G &= m \cdot g \\
 &= 3000 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\
 &= \boxed{29430 \text{ N}}
 \end{aligned}$$

$$\cos 35^\circ = \frac{F_G/2}{F_2}$$

$$\Rightarrow F_2 = \frac{F_G}{2 \cos 35^\circ} = \boxed{17964 \text{ N}}$$

Aufg 5



a) Hebelgesetz:  $7 \cdot G = 5 \cdot F$

$$G = \frac{5 \cdot F}{7} = \frac{5 \cdot 14 \text{ kN}}{7} = \boxed{10 \text{ kN}}$$

b)  $\alpha = ?$ ,  $F_2 = ?$

$$\tan \alpha = \frac{4}{7} \Rightarrow \alpha = \tan^{-1}\left(\frac{4}{7}\right) = \boxed{29,74^\circ}$$

$$\sin \alpha = \frac{G}{F_2} \Rightarrow F_2 = \frac{G}{\sin \alpha} = \boxed{20,16 \text{ N}}$$

# Afg 6

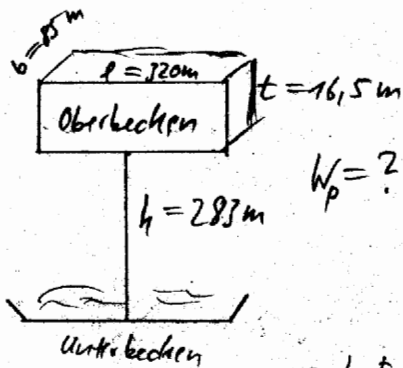
a)  $V = 5 \text{ m}^3$ ,  $\rho = 2,45 \text{ kg/dm}^3$ ,  $h = 11,5 \text{ m}$ ,  $W = ?$

$$V = 5000 \text{ dm}^3 \Rightarrow m = \rho \cdot V = 2,45 \text{ kg/dm}^3 \cdot 5000 \text{ dm}^3 = 12250 \text{ kg}$$

$$\Rightarrow W = mgh = 12250 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 11,5 \text{ m} = 1.381.985,75 \text{ J}$$

$$= \boxed{1381,98 \text{ kJ}} = \boxed{1,38 \text{ MJ}}$$

b)



$$V = l \cdot b \cdot t = 720 \text{ m} \cdot 95 \text{ m} \cdot 16,5 \text{ m}$$

$$V = 448.800 \text{ m}^3$$

$$\rho = 1 \text{ kg/dm}^3 \hat{=} 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\Rightarrow m = \rho \cdot V = 448.800 \cdot 1000 \text{ kg}$$

pot. Energie:  $W_p = m \cdot g \cdot h$

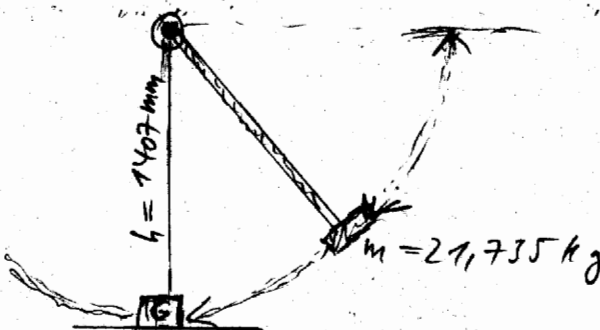
$$= 448.800 \cdot 1000 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 283 \text{ m}$$

$$= 1,24597 \cdot 10^{12} \text{ Ws} = \text{Nm}$$

$$= \boxed{346.103,24 \text{ kWh}}$$

$$= \boxed{346,1 \text{ MWh}}$$

# Afg 7



a)  $W_{\text{pot}} = ?$

$$W_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$$

$$= 21,735 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 1,407 \text{ m}$$

$$= 300 \text{ Nm} = \text{J}$$

b)  $v = ?$

$$W_{\text{pot}} = W_{\text{kin}} = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot W_{\text{pot}}}{m}} = \boxed{5,254 \text{ m/s}}$$

$$= \boxed{18,91 \text{ km/h}}$$

c) Sei  $W_f =$  verbrauchte Schleifarbeit

$$s = 220 \text{ mm}$$

$$W_{\text{pot}} = W_f + m \cdot g \cdot s$$

$$\Rightarrow W_f = W_{\text{pot}} - m \cdot g \cdot s$$

$$= 300 \text{ J} - 21,735 \cdot 9,81 \cdot 0,22 \text{ J} = \boxed{259,109 \text{ J}}$$

# Aufg 8

①

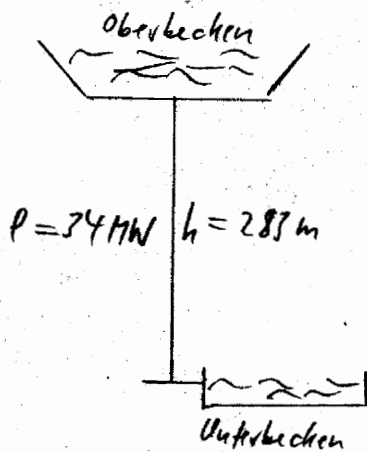
a)  $m = 50 \text{ kg}$ ,  $h = 5 \text{ m}$ ,  $t = 5 \text{ s}$ ,  $P = ?$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{m \cdot g \cdot h}{t} = \frac{50 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 5 \text{ m}}{5 \text{ s}} = \boxed{294,5 \text{ W}}$$

b)  $P_{zu} = 4,5 \text{ kW}$ ,  $P_{ab} = 4 \text{ kW}$ ,  $\eta = ?$

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{4 \text{ kW}}{4,5 \text{ kW}} = 0,89 = \boxed{89 \%}$$

c)



Fördermenge in  $\text{m}^3/\text{s}$  ?

$$P = \frac{m \cdot g \cdot s}{t} \quad , \text{ daraus}$$

$$m = \frac{P \cdot t}{g \cdot s} = \frac{34.000.000 \text{ W} \cdot 1 \text{ s}}{9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 288 \text{ m}}$$

$$= \boxed{12246,82 \text{ kg}}$$

$$\hat{=} \boxed{12,25 \text{ m}^3}$$