

# K l a u s u r N r. 1 G k P h 1 1

## Aufgabe 1

Drei Kräfte  $\vec{F}_1 = 100 \text{ N}$ ,  $\vec{F}_2 = 70 \text{ N}$  und  $\vec{F}_3 = 48 \text{ N}$  wirken in einer Ebene und greifen an einem gemeinsamen Punkt A an. Die Kräfte  $\vec{F}_1$  und  $\vec{F}_2$  schließen dabei den Winkel  $\alpha_{1,2} = 75^\circ$  ein, die Kräfte  $\vec{F}_2$  und  $\vec{F}_3$  den Winkel  $\alpha_{2,3} = 53^\circ$ . Der Winkel zwischen den Kräften  $\vec{F}_1$  und  $\vec{F}_3$  beträgt  $\alpha_{1,3} = 128^\circ$ .

Bestimmen Sie zeichnerisch den Betrag der Gesamtkraft  $\vec{F}_{\text{ges}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$ .

## Aufgabe 2

An einem waagerechten Dachbalken sind zwei Haken  $H_1$  und  $H_2$  im Abstand von 10 m angebracht. Am Haken  $H_1$  ist das eine Ende eines 6 m langen Seils befestigt; am Haken  $H_2$  ist das eine Ende eines 8 m langen Seils befestigt. Die beiden anderen Seilenden sind fest in einem Punkt an der Oberseite eines Gegenstandes angebracht, dessen Gewichtskraft 1200 N beträgt. Der Gegenstand hängt an den beiden Seilen über den Boden.

Bestimmen Sie zeichnerisch den Betrag der Zugkräfte  $\vec{F}_1$  und  $\vec{F}_2$ , die an den Haken  $H_1$  und  $H_2$  zerren.

## Aufgabe 3

Beschreiben Sie ausführlich, wie man mit einer geeigneten Luftkissenfahrbahn, einem Schlitten, der über die Fahrbahn gleitet, einer elektronischen Stoppuhr, einer Messlatte und zwei Lichtschranken die Beschleunigung des Schlittens experimentell bestimmen kann !

## Aufgabe 4

Ein Pkw beschleunigt von der Ortskoordinate  $s_0 = 0$  aus dem Stand heraus in 5 s Sekunden mit der Beschleunigung  $a_1$  auf die Geschwindigkeit von 72 km/h. Dann beschleunigt er mit der Beschleunigung  $a_2$  von 72 km/h auf 108 km/h. Als der Pkw die Geschwindigkeit von 108 km/h erreicht hat befindet er sich an der Ortskoordinate  $s = 250 \text{ m}$ . Der Pkw setzt nun 40 s lang seine Fahrt mit dieser Geschwindigkeit fort und bremst anschließend mit  $a_{\text{Brems}} = 7,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  bis zum Stand ab.



#### Fortsetzung von Aufgabe 4

- a) Berechnen Sie die Beschleunigung  $a_1$ .
- b) Berechnen Sie den Weg, den der Pkw während der ersten Beschleunigungsphase zurückgelegt hat.
- c) Berechnen Sie die Zeit  $t_2$ , die der Pkw benötigt, um von 72 km/h auf 108 km/h zu beschleunigen. (Ergebnis:  $t_2 = 8$  s) und bestimmen Sie die Beschleunigung  $a_2$ .
- d) Bestimmen Sie die Durchschnittsbeschleunigung  $\bar{a}$  des Pkw.  
Ist die Durchschnittsbeschleunigung  $\bar{a}$  gleich dem arithmetischen Mittel der Einzelbeschleunigungen  $a_1$  und  $a_2$ ?
- e) An welcher Ortskoordinate befindet sich das Fahrzeug, zu Beginn des Bremsvorgangs ?
- f) An welcher Ortskoordinate  $s_{\text{ges}}$  kommt der Pkw zum Stehen ?
- g) Wie lange war der Pkw insgesamt unterwegs ?
- h) Berechnen Sie die Durchschnittsgeschwindigkeit des Fahrzeugs für die gesamte Strecke.

#### Aufgabe 5

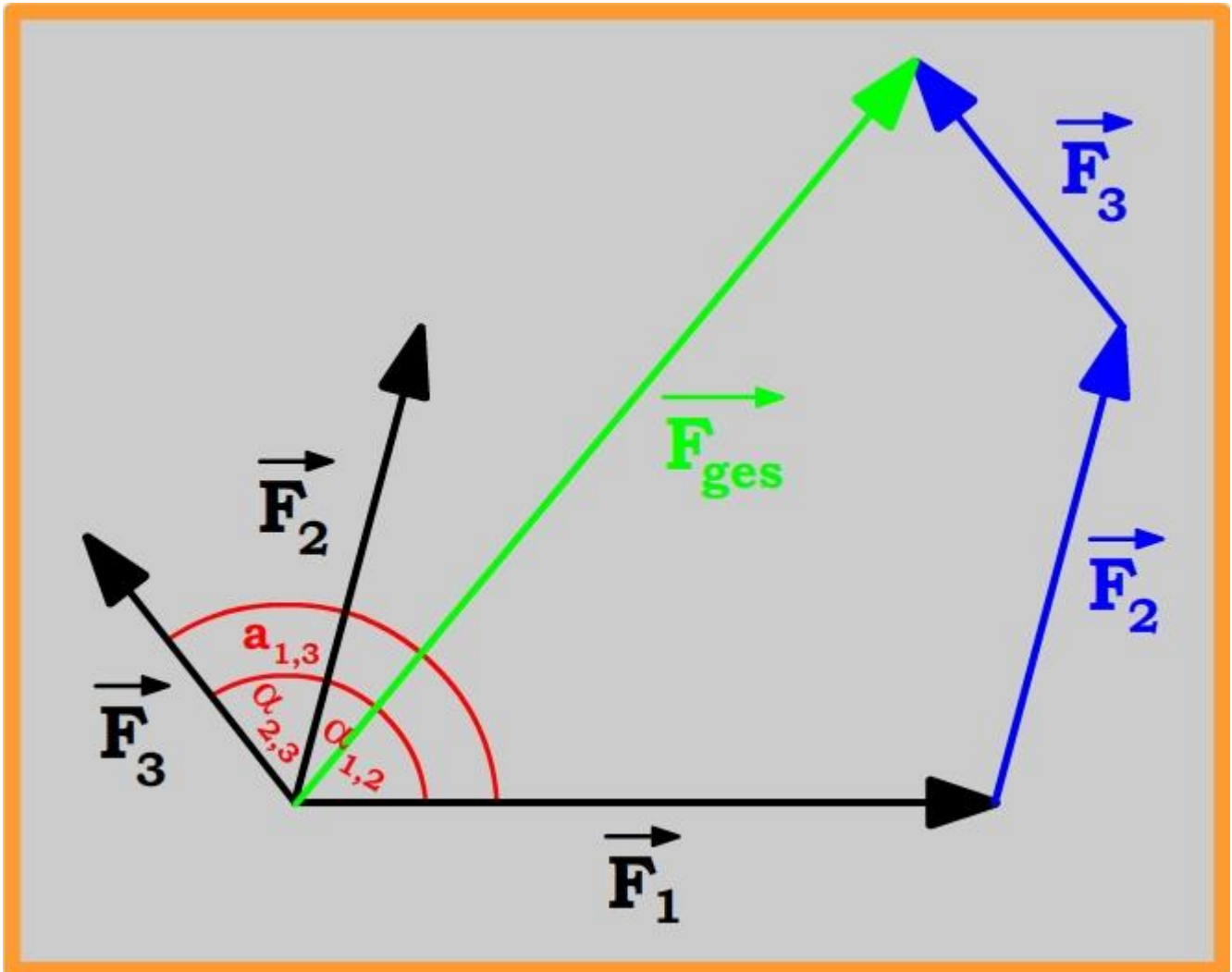
Ein Gegenstand fällt aus einer Höhe von 25 m auf den Boden.

- a) Berechne seine Fallzeit und seine Aufprallgeschwindigkeit.
- b) Aus welcher Höhe müsste der Gegenstand fallen, damit sich seine Aufprallgeschwindigkeit verdoppelt ?
- c) Wie ändert sich die Geschwindigkeit, mit der ein Gegenstand auf den Boden aufschlägt, wenn man seine Fallhöhe  $n$  mal so groß macht ?



# Lösungen

## Aufgabe 1



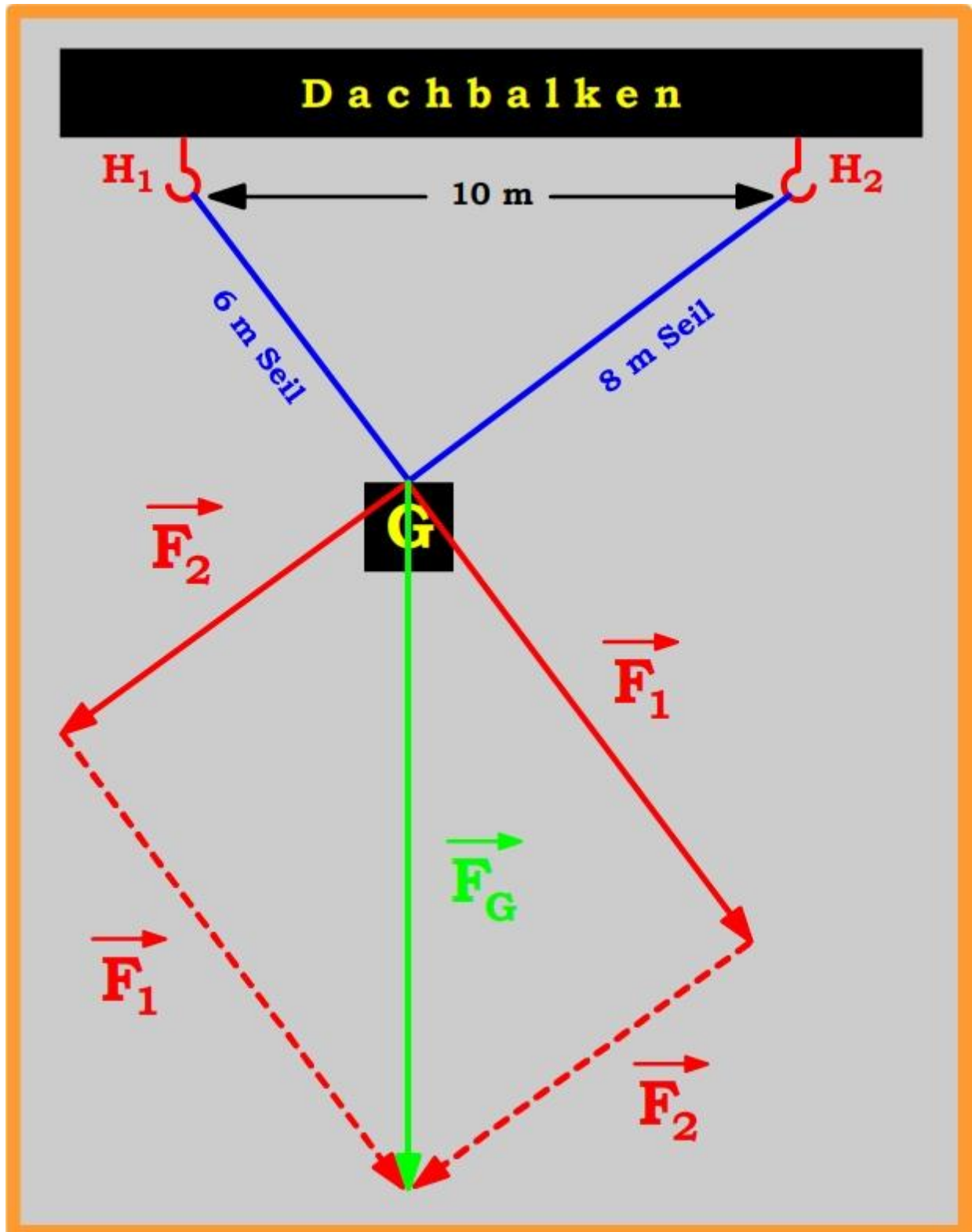
Maßstab: 10 N  $\propto$  1 cm

Durch Abmessen der Länge des Vektorpfeils für die Gesamtkraft  $\vec{F}_{\text{ges}}$  und

Umrechnen mit dem gewählten Maßstab erhält man:  $|\vec{F}_{\text{ges}}| = 137,7 \text{ N}$ .



## Aufgabe 2



Maßstab: 100 N  $\updownarrow$  1 cm



## Fortsetzung von Aufgabe 2

Durch Abmessen und Umrechnen mit dem gewählten Maßstab erhält man aus der Zeichnung:

Auf das Seil am Haken  $H_1$  wirkt die Kraft  $F_1 = 960 \text{ N}$ .

Auf das Seil am Haken  $H_2$  wirkt die Kraft  $F_1 = 720 \text{ N}$ .

## Aufgabe 3

Man stellt zwei Lichtschranken so eng es geht symmetrisch um eine Stelle  $s_1$  im oberen Teil der Fahrbahn zusammen, läßt den Schlitten vom obersten Punkt der Fahrbahn aus dem Stand heraus durch die Lichtschranken fahren. Beim Durchfahren der oberen Lichtschranke wird eine elektronische Stoppuhr gestartet, die gestoppt wird, wenn der Schlitten die untere Lichtschranke passiert. Man erhält so die Geschwindigkeit  $v_1 = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ , die man wegen des geringen Abstands  $\Delta s$  der Lichtschranken, der zu Beginn gemessen wurde, als Momentangeschwindigkeit ansehen kann.

Man wiederholt die Messung an einer tiefer gelegenen Stelle  $s_2$  der Fahrbahn und erhält die zweite Momentangeschwindigkeit  $v_2$ .

Nun stellt man die erste Lichtschranke an der Stelle  $s_1$  und die zweite Lichtschranke an der Stelle  $s_2$  auf. Man misst die Zeit  $\Delta t$ , die der Schlitten benötigt, um von  $s_1$  nach  $s_2$  zu gelangen.

Die Beschleunigung des Schlittens berechnet man dann aus den Messwerten

mit der Formel:  $a = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t}$ .

## Aufgabe 4

$$\text{a) } a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{78 \text{ km/h}}{5 \text{ s}} = \frac{\frac{78}{3,6} \frac{\text{m}}{\text{s}}}{5 \text{ s}} = \frac{20 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{5 \text{ s}} = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Die Beschleunigung des Fahrzeugs beträgt  $a_1 = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

$$\text{b) } s_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (5 \text{ s})^2 = 50 \text{ m}$$

Während der ersten Beschleunigungsphase legt der Pkw die Strecke  $s_1 = 50 \text{ m}$  zurück.

$$\text{c) } s_2 = \frac{1}{2} a_2 t_2^2 + v_1 t_2 \quad (*) \quad \text{Weg-Zeit-Gesetz}$$

$$v_2 = a_2 t_2 + v_1 \quad \text{Geschwindigkeit-Zeit-Gesetz}$$

Löst man das Geschwindig-Zeit-Gesetz nach  $a_2$  auf, so erhält man:

$$a_2 = \frac{v_2 - v_1}{t_2}$$



### Fortsetzung von Aufgabe 4c

Einsetzen in das Weg-Zeit-Gesetz ergibt:

$$s_2 = \frac{1}{2} \frac{v_2 - v_1}{t_2} t_2^2 + v_1 t_2 = \frac{1}{2} (v_2 - v_1) t_2 + v_1 t_2 = \left( \frac{1}{2} v_2 - \frac{1}{2} v_1 \right) t_2 + v_1 t_2$$

$$s_2 = \frac{v_2 + v_1}{2} t_2 \Leftrightarrow$$

$$t_2 = \frac{2 s_2}{v_2 + v_1} \quad \text{mit} \quad s_2 = s - s_1 = 250 \text{ m} - 50 \text{ m} = 200 \text{ m} \quad \text{folgt:}$$

$$t_2 = \frac{2 \cdot 200 \text{ m}}{\frac{108}{3,6} \frac{\text{m}}{\text{s}} + 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \frac{400 \text{ m}}{30 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \frac{400 \text{ m}}{50 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 8 \text{ s}$$

Die Zeit für die zweite Beschleunigungsphase beträgt  $\underline{\underline{t_2 = 8 \text{ s}}}$ .

$$a_2 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{30 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{8 \text{ s}} = \frac{10 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{8 \text{ s}} = 1,25 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Die Beschleunigung  $a_2$  beträgt  $\underline{\underline{a_2 = 1,25 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}}$ .

$$\text{d) } \bar{a} = \frac{30 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{5 \text{ s} + 8 \text{ s}} = \frac{30 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{13 \text{ s}} = 2 \frac{4}{13} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 2,308 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Die Durchschnittsbeschleunigung des Pkw's beträgt  $\underline{\underline{\bar{a} = 2,308 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}}$ .

$$a_{\text{arith}} = \frac{a_1 + a_2}{2} = \frac{4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} + 1,25 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2} = \frac{5,125 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2} = 2,625 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Die Durchschnittsbeschleunigung  $\bar{a}$  des Pkw's stimmt mit dem arithmetischen Mittel der Einzelbeschleunigungen nicht überein, es gilt also:

$$\underline{\underline{\bar{a} \neq a_{\text{arith}}}}$$

$$\text{e) } s_3 = 250 \text{ m} + 30 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 40 \text{ s} = 250 \text{ m} + 1200 \text{ m} = 1450 \text{ m}$$

Zu Beginn des Bremsvorgangs befindet sich das Fahrzeug an der Ortskoordinate  $\underline{\underline{s_3 = 1450 \text{ m}}}$ .

$$\text{f) } v_2 = a_{\text{Brems}} t_{\text{Brems}} \Leftrightarrow t_{\text{Brems}} = \frac{v_2}{a_{\text{brems}}} = \frac{30 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{7,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 4 \text{ s}$$

$$s_{\text{Brems}} = \frac{1}{2} a_{\text{Brems}} t_{\text{Brems}}^2 = \frac{1}{2} \cdot 7,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (4 \text{ s})^2 = 60 \text{ m}$$

$$s_{\text{ges}} = s_3 + s_{\text{Brems}} = 1450 \text{ m} + 60 \text{ m} = 1510 \text{ m}$$

Das Fahrzeug kommt nach der Gesamtstrecke  $\underline{\underline{s_{\text{ges}} = 1510 \text{ m}}}$  zum Stehen.



### Fortsetzung von Aufgabe 4

g)  $t_{\text{ges}} = 5 \text{ s} + 8 \text{ s} + 40 \text{ s} + 4 \text{ s} = 57 \text{ s}$

Der Pkw warb insgesamt 57 s lang unterwegs.

h)  $\bar{v} = \frac{1510 \text{ m}}{57 \text{ s}} = 26,491 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 95,368 \text{ km/h}$

Die Durchschnittsgeschwindigkeit des Pkw auf der gesamten Strecke beträgt  $\bar{v} = 95,368 \text{ km/h}$ .

### Aufgabe 5

a)  $s = \frac{1}{2} g t_{\text{F}}^2 \Rightarrow$

$$t_{\text{F}} = \sqrt{\frac{2s}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 25 \text{ m}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} \approx 2,2576 \text{ s}$$

Die Fallzeit des Gegenstandes beträgt  $t_{\text{F}} = 2,2576 \text{ s}$ .

$$v = g \cdot t_{\text{F}} = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2,2576 \text{ s} \approx 22,147 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

der Gegenstand schlägt mit der Geschwindigkeit  $v = 22,147 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  auf.

b) Doppelte Aufprallgeschwindigkeit bedeutet wegen  $v = g \cdot t$  eine doppelte Fallzeit. Wegen  $s = \frac{1}{2} g t_{\text{F}}^2$  wird bei doppelter Fallzeit die Fallstrecke  $s$  ver-  
vierfacht.

Bei doppelter Aufprallgeschwindigkeit muss der Gegenstand aus der vierfachen Höhe fallen.

c) Wenn man die Fallhöhe ver- $n$ -facht, dann wird die Aufprallgeschwindigkeit  $\sqrt{n}$  mal so gross.

