Aufgabe 1 (11 Punkte)

Um den Unterschied zwischen dem **Bremsen** auf trockener Strasse und dem Bremsen auf nasser Strasse zu zeigen, wurden zwei Versuche durchgeführt.

Ein Auto wurde zuerst auf trockener Strasse von 100 km/h zum Stillstand abgebremst. Es kam nach 33 m zum Stehen.

a) Wie gross war dabei die Verzögerung (= „negative Beschleunigung")?

a1) formal

$v^2 = 2as + v_0^2 \quad | \; v = 0$

$a = -\frac{v_0^2}{2s}$

1 P.

a2) numerisch

$a = -\frac{(100\,km/h)^2}{2 \cdot 33\,m} = -11.7\,\frac{m}{s^2} = -12\,\frac{m}{s^2}$

1 P.

b) Wie lange dauerte dieses Abbremsen?

b1) formal

$a = \frac{v - v_0}{t} \quad | \; v = 0$

$t = -\frac{v_0}{a} = \frac{2s}{v_0}$

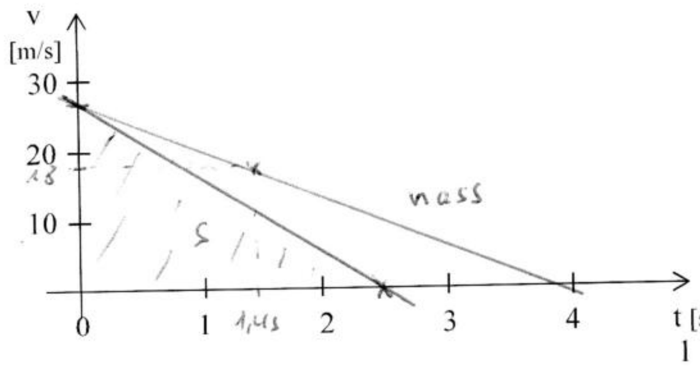
1 P.

b2) numerisch

$t = \frac{2 \cdot 33\,m}{100\,\frac{km}{h}} = 2.4\,s$

1 P.

c) Zeichnen Sie in *Figur 1* das t-v-Diagramm für dieses Abbremsen, beschriftet mit "trocken".



Figur 1

1 P.

d) In *Figur 1* ist die Strecke ersichtlich, die während des Abbremsens bis zum Stillstand zurückgelegt wurde. Beschreiben und begründen Sie die entsprechende Überlegung.

s = "v · t", also die Fläche unterhalb der Geschwindigkeits "Kurve": Dreiecksfläche "$\frac{1}{2} g h$"

$s = \frac{1}{2} t v_0$

($t = \frac{2s}{v_0}$ siehe b))

1.5 P.

e) Beim zweiten Versuch erfolgte das Abbremsen von 100 km/h auf <u>nasser</u> Strasse. Dabei ergab sich eine Verzögerung (= „negative Beschleunigung") von 6.7 m/s^2. Berechnen Sie die folgenden Grössen (nur numerisch):

e1) die Geschwindigkeit nach 33 m Weg (d. h. an der Stelle, an der das Auto auf trockener Strasse schon still stand)

$v = \sqrt{v_0^2 + 2as} = \sqrt{(100\,km/h)^2 - 2 \cdot 6.7\,\frac{m}{s^2} \cdot 33\,m} = 18{,}2\,\frac{m}{s}$

$= 65\,km/h$

1.5 P.

e2) die Zeit, um auf die bei Aufgabe e1) errechnete Geschwindigkeit abzubremsen

$t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{65\frac{km}{h} - 100\frac{km}{h}}{-6.7\frac{m}{s^2}} = 1{,}4\,s$

1 P.

e3) Tragen Sie die Resultate von e1) und e2) in *Figur 1* ein. Zeichnen Sie anschliessend das t-v-Diagramm für dieses Abbremsen, beschriftet mit "nass". 1 P.

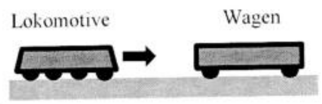
e4) Entnehmen Sie *Figur 1* die Zeit, die für das Abbremsen bis zum Stillstand bei <u>nasser</u> Strasse nötig war (begründen Sie Ihre Überlegung).

Er braucht ca 4 s.
Die Beschleunigung war ca 3/5 der bei trockener Strasse.
Also braucht er ca 5/3 der Zeit.

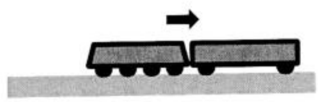
1 P.

Aufgabe 2 (9 Punkte)

Bei einem **Rangierunfall** prallte eine langsam fahrende Lokomotive mit 50 t Masse auf einen still stehenden Wagen mit 15 t Masse (*Figur 2a*). Danach schob die Lokomotive den Wagen vor sich her, dabei betrug die Geschwindigkeit der beiden Fahrzeuge 2.0 m/s (*Figur 2b*).



Figur 2a


Figur 2b

Hinweis: die Frage c) lässt sich unabhängig von a) und b) beantworten.
a) Wie gross war die Geschwindigkeit der Lokomotive vor dem Aufprall? Diese Frage lässt sich mit Hilfe des Begriffs "Impuls" beantworten.

a1) Beschreiben und begründen Sie Ihre diesbezüglichen Überlegungen.

Impulserhaltung: Impuls vorher ist gleich Impuls nach.

1 P.

a2) Berechnen Sie die Geschwindigkeit der Lokomotive vor dem Aufprall formal.

$$m_L v_L = (m_L + m_W) v$$

$$\underline{v_L} = \underline{\frac{m_L + m_W}{m_L} \cdot v}$$

2 P.

a3) Berechnen Sie die Geschwindigkeit der Lokomotive vor dem Aufprall numerisch.

$$\underline{v_L} = \frac{50t + 15t}{50t} \cdot 2 \frac{m}{s} = \underline{2{,}6 \frac{m}{s}}$$

1 P.

b) Um welche Art von Stoss handelt es sich? Begründen Sie Ihre Antwort.

Vollkommen unelastische Stoss, da beide nach dem Stoss die gleiche Geschwindigkeit haben.

1 P.

c) Nach dem Stoss (*Figur 2b*) kamen die beiden Fahrzeuge nach 18 m Weg zum Stillstand. Wie gross war die dabei wirkende bremsende Kraft? Diese Frage lässt sich mit Hilfe des Begriffs "Energie" beantworten.

c1) Beschreiben und begründen Sie Ihre diesbezüglichen Überlegungen.

Energieerhaltung: Kinetische Energie wandelt sich in Reibungsarbeit um.

1 P.

c2) Berechnen Sie die bremsende Kraft formal.

$$\frac{1}{2} (m_L + m_W) \cdot v^2 = F_R \cdot s$$

$$\underline{F_R} = \underline{\frac{m_L + m_W}{2s} v^2}$$

2 P.

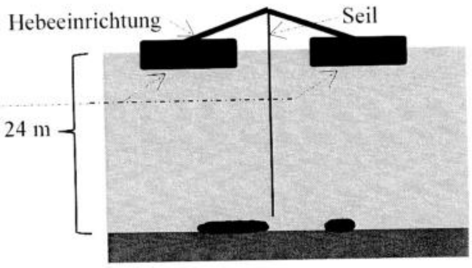
c3) Berechnen Sie die bremsende Kraft numerisch.

$$\underline{F_R} = \frac{15t + 50t}{2 \cdot 18m} \left(2{,}0 \frac{m}{s}\right)^2 = \underline{7{,}2 kN}$$

1 P.

Aufgabe 3 (10 Punkte)

Vor einem Hafen wurden Wrackstücke eines alten Schiffs entdeckt. Um sie zu heben, werden zwei quaderförmige **Flosse** mit je 30 m^2 Bodenfläche mit einer Hebeeinrichtung verbunden (*Figur 3*).



Figur 3

a) Ein Taucher untersucht ein Wrackstück in 24 m Tiefe. Wie gross ist dort der Wasserdruck?

a1) formal

$p_s = \rho_W g h$

1 P.

a2) numerisch

$p_s = 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 10 \frac{N}{kg} \cdot 24 m = 2{,}4 \text{ bar}$

1 P.

b) Das Wasser übt dort unten eine Kraft von 2.1 kN auf das Glas seiner Tauchermaske aus. Wie gross ist das Glas (nur numerisch)?

$F = p \cdot A \Rightarrow A = \frac{F}{p} = \frac{2{,}1 \text{ kN}}{2{,}4 \text{ bar}} = 88 \text{ cm}^2$

1 P.

c) Der Taucher befestigt ein Wrackstück am Seil der Hebeeinrichtung. Anschliessend wird das Wrackstück ganz langsam, gleichförmig nach oben gezogen – dabei beträgt die Zugkraft im Seil $3.2 \cdot 10^4$ N. Dadurch tauchen die Flosse etwas tiefer ins Wasser ein als zuvor. Um welche Strecke tauchen sie tiefer ein?

c1) Beschreiben und begründen Sie Ihre Lösungsidee.

Der zusätzliche Auftrieb muss der Kraft im Seil entsprechen. Der Auftrieb entspricht dem Gewicht des verdrängten Wassers. Dieses ist prop. zum Volumen $= A \cdot h$

1 P.

c2) Berechnen Sie die gesuchte Strecke formal.

$F = F_A$

$F = \rho_W \cdot V \cdot g$

$F = \rho_W \cdot A \cdot h \cdot g$

$h = \frac{F}{\rho_W A g}$

2 P.

c3) Berechnen Sie die gesuchte Strecke numerisch.

$h = \frac{3{,}2 \cdot 10^4 N}{1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 30 m^2 \cdot 10 \frac{N}{kg}} = 11 \text{ cm}$

1 P.

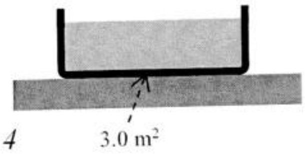
d) Das gehobene Wrackstück wird anschliessend an Land gebracht und untersucht. Man stellt fest, dass seine Masse 3.7 t ist. Wie gross ist sein Volumen (nur numerisch)? Begründen Sie Ihre Rechnung stichwortartig. Tipp: Beachten Sie die Angaben bei Aufgabe c).

3,7t haben ein Gewicht von 37000 N = $3,7 \cdot 10^4$ N
Das Seil musste aber nur $3,2 \cdot 10^4$ N aufbringen,
also hatte das Wrack $0,5 \cdot 10^4$ N Auftrieb,
verdrängt also 500 kg Wasser, d.h. 500 dm^3.

3 P.

Aufgabe 4 (9 Punkte)

In einem kleinen **Schwimmbecken** mit der Bodenfläche 3.0 m^2 befinden sich 0.80 m^3 Wasser (*Figur 4*).
Im Schwimmbecken ist eine elektrische Heizung eingebaut; wird sie eingeschaltet, erwärmt sie das Wasser in 60 min um 1.5 K.



Figur 4

a) Welche Wärmemenge ist nötig, um 0.80 m^3 Wasser um 1.5 K zu erwärmen?

a1) formal

$\Delta Q = c \cdot m \, \Delta T = c \cdot \rho \cdot V \cdot \Delta T$

1 P.

a2) numerisch

$\Delta Q = 4182 \frac{J}{kg\,K} \cdot 800\,kg \cdot 1,5\,K = 5,0\,MJ$

1 P.

b) Wie gross ist die nötige Leistung, um diese Wassermenge in 60 min um 1.5 K zu erwärmen (nur numerisch)?

$P = \frac{\Delta Q}{t} = \frac{5\,MJ}{60 \cdot 60\,s} = 1,4\,kW$

1 P.

c) Die elektrische Heizung hat eine Leistung von 2.2 kW. Wie gross ist der Wirkungsgrad (nur numerisch)?

$\eta = \frac{P}{P_e} = \frac{1,4\,kW}{2,2\,kW} = 63\,\%$

1 P.

$3h \rightarrow 3 \cdot 1,5\,K = 4,5\,K = \Delta T$

d) Die Heizung wird während 180 min eingeschaltet.

d1) Um wieviel nimmt dadurch das Volumen des Wassers zu (nur numerisch, $\gamma = 2.0 \cdot 10^{-4}\ K^{-1}$)?

$$\underline{\Delta V} = \gamma V_0 \Delta T = 2,0 \cdot 10^{-4} \tfrac{1}{K} \cdot 0,8\,m^3 \cdot 4,5\,K = 7,2 \cdot 10^{-4}\,m^3 = \underline{0,72\,dm^3}$$

2 P.

d2) Um wieviel steigt dabei der Wasserstand, wenn das Schwimmbecken seine Abmessungen beibehält (nur numerisch)?

$$\Delta V = A \cdot \Delta h$$
$$\underline{\Delta h} = \frac{\Delta V}{A} = \frac{7,2 \cdot 10^{-4}\,m^3}{3\,m^2} = 2,4 \cdot 10^{-4}\,m = \underline{0,24\,mm}$$

1 P.

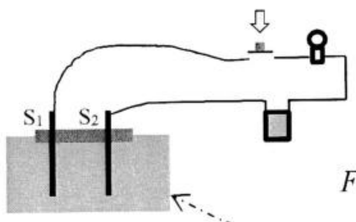
e) Der Besitzer des Schwimmbeckens überlegt sich, wie er die Sonneneinstrahlung nutzen könnte, um das Wasser etwas zu erwärmen. Wie lässt sich das mit kleinem Aufwand und geringen Kosten bewerkstelligen? Beschreiben und begründen Sie Ihren Vorschlag.

- Behälter innen und außen schwarz streichen, was zu höherer Absorption des Sonnenlichts führt.
- Abdeckplane gegen Strahlungs/Konvektions/Verdampfungs-verluste in der Nacht.

2 P

Aufgabe 5 (9 Punkte)

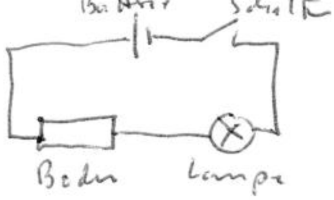
Ein Gartencenter verkauft ein Gerät, mit dem man "die **Erdfeuchtigkeit** in einem Blumenbeet im Garten bequem überwachen kann, wenn man im Haus ist".



Figur 5

Figur 5 zeigt die Abbildung in der Betriebsanleitung.
Ein Brettchen mit zwei Metallstiften S_1 und S_2 wird in den Boden des Blumenbeets gedrückt und mit einer 18-V-Batterie verbunden. Im Stromkreis befinden sich ausserdem ein Schalter und ein Glühbirnchen (Widerstand 5.0 Ω). Die Erde zwischen S_1 und S_2 wirkt wie ein Widerstand, deshalb ist der Stromkreis geschlossen, wenn der Schalter geschlossen ist.

a) Stellen Sie den in *Figur 5* zeichnerisch dargestellten Stromkreis mit den korrekten Schaltsymbolen dar.



1 P.

b) Wenn die Erde feucht ist, beträgt der Widerstand zwischen S_1 und S_2 90 Ω. Wie gross ist dann der Gesamtwiderstand (= Ersatzwiderstand) im Stromkreis (nur formal, aber Rechnung begründen)?

$R_G = R_E + R_L$ (Serienschaltung)

1 P.

c) Wie gross ist der Strom, der bei geschlossenem Schalter fliesst?

c1) formal

$I_G = \frac{U_G}{R_G} = \frac{U_G}{R_E + R_L}$

1 P.

c2) numerisch

$I_G = \frac{18V}{90\Omega + 5\Omega} = 0{,}19A$

1 P.

d) Wie gross ist die Leistung, die im Glühbirnchen erzeugt wird (nur numerisch)?

$P_L = U_L \cdot I_L = R_L \cdot I_L^2 = R_L \cdot I_G^2 = 5\Omega \cdot (0{,}19A)^2 = 0{,}18W$

1 P.

e) Wenn die Erde austrocknet, wird deren elektrischer Widerstand grösser.

e1) Wie ändert sich dadurch der fliessende Strom? Begründen Sie Ihre Antwort – beziehen Sie sich dabei auf Aufgabe c1).

Da R_E steigt, wird auch der Gesamtwiderstand größer, also sinkt der Strom.

1 P.

e2) Wie ändert sich dadurch die im Glühbirnchen erzeugte Leistung? Begründen Sie Ihre Antwort – beziehen Sie sich dabei auf Aufgabe d).

Der Widerstand bleibt gleich, der Strom sinkt, also auch die Leistung.

1 P.

f) Für das Gerät wird eine 18-V-Batterie verwendet.

f1) Erklären Sie verbal, was der Begriff "Spannung" bedeutet.

zwischen A und B

Spannung ist die Menge an Arbeit pro Ladung, die benötigt wird ~~[illegible]~~ um die Ladung von A nach B zu verschieben.

1 P.

f2) Erklären Sie verbal, was die Angabe "18 V" bei einer Batterie bedeutet.

18V bedeutet, man braucht 18J Arbeit, um eine Ladung von 1C von einem Pol der Batterie zum anderen zu verschieben.

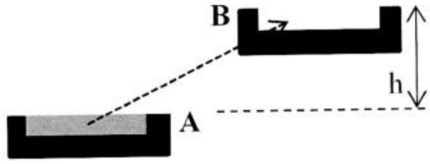
1 P.

Aufgabe 6 (9 Punkte)

Wenn anstelle der Kernkraftwerke elektrische Energie durch Sonne und Wind erzeugt wird, ist die Produktion im Sommerhalbjahr wesentlich höher als im Winterhalbjahr. Andererseits ist der Energiebedarf im Winterhalbjahr höher als im Sommerhalbjahr.
Deshalb muss ein Teil der im Sommerhalbjahr erzeugten **elektrischen Energie gespeichert** werden, um im Winterhalbjahr zur Verfügung zu stehen. Für die Schweiz sind das gemäss Schätzungen **$1.2\cdot10^{16}$ J**.

Wir betrachten zwei Möglichkeiten zur Speicherung von $1.2\cdot10^{16}$ J (Aufgaben a) und b)).

a) In einem Pumpspeicherwerk (*Figur 6*) wird Wasser von **A** nach **B** hinauf gepumpt. Fliesst später Wasser von **B** nach **A** zurück, wird wieder elektrische Energie erzeugt.



Figur 6

a1) Wie hoch (h = ?) lassen sich $3.9\cdot10^9$ m³ Wasser mit $1.2\cdot10^{16}$ J heben ($3.9\cdot10^9$ m³ ist das Volumen des Wassers im gesamten Zürichsee!)?

a11) formal

$$E = mgh$$
$$h = \frac{E}{mg} = \frac{E}{\rho V g}$$

1 P.

a12) numerisch

$$h = \frac{1{,}2\cdot10^{16}\,\mathrm{J}}{1000\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}\cdot 3{,}9\cdot10^9\,\mathrm{m}^3\cdot 10\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}} = 308\,\mathrm{m} = 0{,}31\,\mathrm{km}$$

1 P.

a13) Kommentieren Sie das Resultat von a12) in Bezug auf dessen Realisierbarkeit.

Tolle Sache. Das entsprechende Bauprogramm sichert die Beschäftigung der gesamten schweizer Baubranche für die nächsten 100 Jahre.

1 P.

a2) Beim Hochpumpen ist der Wirkungsgrad 86 %, beim späteren Erzeugen von elektrischer Energie 90 %. Wieviel Prozent der ursprünglichen $1.2\cdot10^{16}$ J stehen damit noch zur Verfügung (nur numerisch)?

$$\eta_G = \eta_1\cdot\eta_2 = 0{,}86\cdot0{,}90 = 77\,\%$$

1 P.

b) Elektrische Energie kann in Batterien gespeichert werden. Lithiumionen-Batterien können pro kg Batteriemasse $7.2\cdot10^5$ J speichern.

b1) Wie gross ist die Masse der Batterien, die nötig sind, um $1.2\cdot10^{16}$ J zu speichern (Resultat in Millionen Tonnen angeben)?

$$m = \frac{E}{q} = \frac{1{,}2\cdot10^{16}\,\mathrm{J}}{7{,}2\cdot10^5\,\mathrm{J/kg}} = 1{,}7\cdot10^{10}\,\mathrm{kg} = 1{,}7\cdot10^{7}\,\mathrm{t}$$

1 P.

b2) Die Batteriekosten sind 6.9 Rappen pro gespeichertem kJ.

b21) Wie gross sind die Kosten für die Speicherung von $1.2 \cdot 10^{16}$ J (Resultat in Milliarden Franken angeben)?

$\underline{K} = p \cdot E = 69 \frac{Rp}{kJ} \cdot 1{,}2 \cdot 10^{16} J = 828 \cdot 10^{13} Rp = \underline{828 \text{ Mrd Fr.}}$

1 P.

b22) Wie hoch sind die Kosten pro Einwohner (Bevölkerung der Schweiz 8.5 Millionen)? Kommentieren Sie das Resultat.

Pro Person ca 1000 Fr, als einmalige Investition.
Verglichen mit den jährlichen Handy-Kosten ein Klacks.

1 P.

b3) Batterien entladen sich pro Monat um 3 %, d. h. sie enthalten nach einem Monat nur noch 97 % der anfänglich gespeicherten Energie. Wieviel Energie enthalten sie noch nach 6 Monaten (etwa so lang müssten die betrachteten $1.2 \cdot 10^{16}$ J gespeichert werden)? Begründen Sie Ihre Rechnung.

$\underline{E_6} = E_0 \cdot q^6 = 1{,}2 \cdot 10^{16} J \cdot (0{,}97)^6 = \underline{1 \cdot 10^{15}} J$

Zinseszins.

1 P.

b4) Nennen Sie ein weiteres Phänomen aus der Physik, bei dessen Berechnung die gleichen Überlegungen wie bei Aufgabe b3) angestellt werden. Begründen Sie Ihre Antwort.

Radioaktiver Zerfall; Halbwertszeit.

$N(t) = N_0 \, q^{t/T} = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{t/T_{1/2}}$

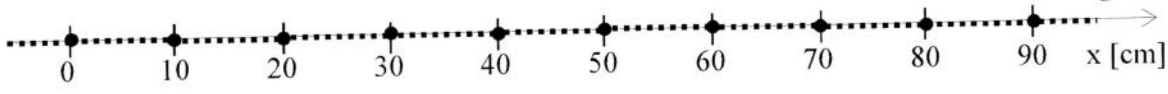
50 % "Verlust" pro Halbwertszeit.

1 P.

Aufgabe 7 (8 Punkte)

Kugeln ● mit einem gegenseitigen Abstand von 10 cm sind mit einem gespannten elastischen Band ······ verbunden (*Figur 7*).

Figur 7

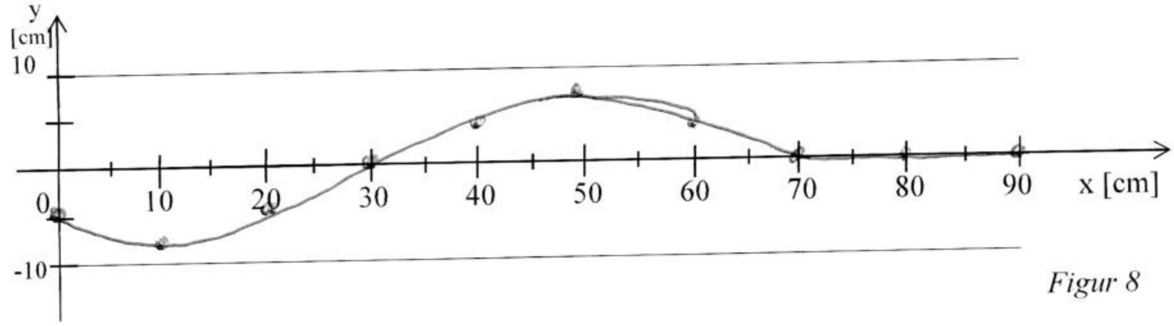


Vom Ursprung 0 breitet sich eine **Welle** längs der x-Achse aus.
Die untenstehende Tabelle gibt an, wie gross die Auslenkung ("Elongation") der Kugeln 3.0 s nach dem Start der Welle ist.

Position x [cm]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Auslenkung [cm]	-4.9	-7.0	-4.9	0	4.9	7.0	4.9	0	0	0

a) Wir betrachten den Fall, dass es sich um eine Transversalwelle (Querwelle) handelt.

a1) Stellen Sie die Welle möglichst genau in *Figur 8* dar. Zeichnen Sie die Kugeln und das elastische Band ein.



Figur 8

2 P.

a2) Wie gross ist die Geschwindigkeit der Welle? Beschreiben Sie die Überlegung, die Sie zu Ihrer Antwort geführt hat.

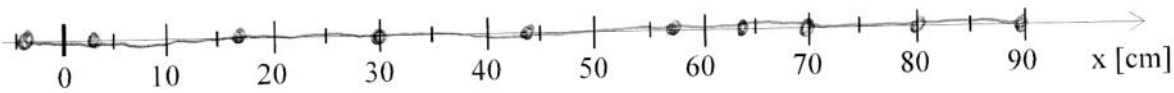
$c = \frac{s}{t} = \frac{70\,cm}{3\,s} = 23\,\frac{cm}{s}$

Ausbreitung mit konstanter Geschwindigkeit in 3 s von 0 auf 70 cm.

1 P.

b) Wir betrachten den Fall, dass es sich um eine Longitudinalwelle (Längswelle) handelt.

b1) Stellen Sie die Welle möglichst genau in *Figur 9* dar. Zeichnen Sie die Kugeln und das elastische Band ein. Wie verändert sich das elastische Band beim Durchgang der Longitudinalwelle? Begründen Sie Ihre Lösung.



Figur 9

Das Band wird gedehnt und gestaucht, allerdings nur in Ausbreitungsrichtung (longitudinal) der Welle.

3 P.

b2) Wie gross ist die Wellenlänge der Longitudinalwelle? Beschreiben Sie die Überlegung, die Sie zu Ihrer Antwort geführt hat.

Von 30 cm (Elongation 0) bis 70 cm (E = 0) ist es eine halbe Wellenlänge, also ist $\lambda = 80\,cm$

2 P.