Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF
Schweizerische Maturitätskommission SMK

Schweizerische Maturitätsprüfung

Zug und Bern, Sommer 2022

Physik, Grundlagenfach

Kand.-Nr.:

....

Name, Vorname:

....

Erreichte Punktzahl:

....

Note:

....

Visum Korrigierende(r):

....

Fach:	**Physik, Grundlagenfach**
Dauer:	**80 Minuten**
Zugelassene Hilfsmittel:	Formelsammlung, Periodensystem und Taschenrechner gemäss Vorgaben Schweizerische Maturitätskommission SMK
Maximale Punktzahl:	65 Punkte
Autoren:	René Weiss, Christoph Meier

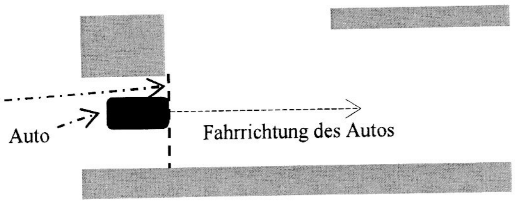
Hinweise:

Antworten, Lösungen und Resultate sind direkt auf die Aufgabenblätter zu schreiben. Bitte unterstreichen Sie jeweils Ihr Resultat. Sollten Sie mehr Platz als vorgesehen benötigen, ist dafür hinten eine leere Zusatzseite beigefügt. Machen Sie auf dem Aufgabenblatt unbedingt einen entsprechenden verbalen Hinweis. Eigene Zusatzblätter dürfen nicht verwendet werden.
Eine **formale** Lösung muss nur gegeben werden, wo dies ausdrücklich verlangt ist. Der Lösungsweg muss ersichtlich sein, ein Resultat ohne Herleitung ergibt keine Punkte. Das Resultat darf dann nur noch gegebene Grössen enthalten.
Bei den **numerischen** Lösungen muss der Rechenweg ebenfalls ersichtlich sein, auch wenn zur Berechnung ein Rechner verwendet wird – ein Resultat ohne Herleitung ergibt keine Punkte. Resultate müssen eine sinnvolle physikalische Einheit enthalten und eine sinnvolle Genauigkeit aufweisen (d. h. die richtige Anzahl signifikanter Stellen). Für die Fallbeschleunigung g dürfen Sie 10 m/s^2 verwenden.
Verbale Antworten sollen in klaren Sätzen in korrektem Deutsch gegeben werden.
Bemühen Sie sich in Ihrem eigenen Interesse um eine klare Darstellung und leserliche Schrift – Unleserliches und Unverständliches ergibt keine Punkte.

Die Serie umfasst 7 Aufgaben, das Punktemaximum beträgt 65 Punkte.
Zur Erreichung der Note 6 ist nicht die volle Punktzahl erforderlich.

Aufgabe 1 (10 Punkte)

Ein **Auto** (Masse 1.4 t) hält an einer **Stoppstrasse** (*Figur 1*).



Figur 1

Danach fährt es los und beschleunigt mit 2.4 m/s².

a) Wie lang braucht es, um 30 m zurückzulegen?

a1) formal

$s=\frac{1}{2}at^2$

$t=\sqrt{\frac{2s}{a}}$

1 P.

a2) numerisch

$t=\sqrt{\frac{2\cdot 30m}{2,4\frac{m}{s^2}}} = 5,0\,s$

1 P.

b) Welche Geschwindigkeit hat das Auto nach 30 m Weg?

b1) formal

$v^2=2as$

$v=\sqrt{2as}$

1 P.

b2) numerisch (Resultat in km/h angeben)

$v=\sqrt{2\cdot 2,4\frac{m}{s^2}\cdot 30m} = 12\frac{m}{s} = 43\frac{km}{h}$

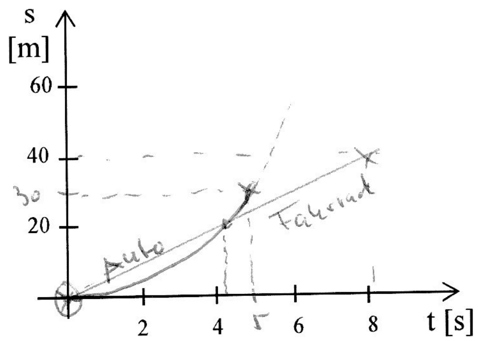
1 P.

c) Wie gross ist die für diese Beschleunigung notwendige Kraft (nur numerisch)?

$F=ma=1400kg\cdot 2,4\frac{m}{s^2} = 3,4kN$

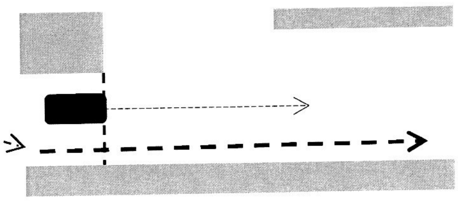
1 P.

d) Skizzieren Sie in *Figur 2* das t-s-Diagramm dieser Bewegung (unter Verwendung des Resultats von Aufgabe a)), beschriftet mit „Auto".
Es genügt, wenn Sie die ersten sieben Sekunden betrachten



1.5 P.

e) In dem Moment, in dem das Auto losfährt, fährt rechts von ihm ein **Velofahrer** mit 18 km/h an ihm vorbei und fährt mit dieser Geschwindigkeit weiter (*Figur 3*).



Figur 3

Zeichnen Sie in *Figur 2* das Diagramm für die Bewegung des Velofahrers ein, beschriftet mit „Velo". Berücksichtigen Sie dabei, dass seine Geschwindigkeit 18 km/h beträgt.

$18\frac{km}{h} = 5\frac{m}{s}$ $\quad s=v\cdot t = 40m\ (8s)$

1.5 P.

f) Das Auto holt den Velofahrer ein. Nach welcher Zeit ist das der Fall (nur numerisch)?

$\frac{1}{2}at^2 = v_0 \cdot t$

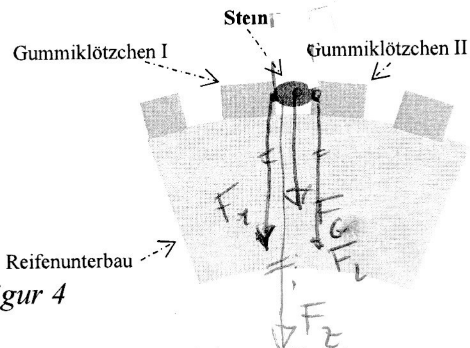
$\underbrace{t}_{0} \cdot \left(\frac{1}{2}at - v_0\right) = 0$

$t = \frac{2v_0}{a} = \frac{2\cdot 5\frac{m}{s}}{2{,}4\frac{m}{s^2}} = \underline{4{,}2\,s}$

2 P.

Aufgabe 2 (10 Punkte)

Damit **Lastwagenreifen** auch im weichen Untergrund auf Baustellen "Halt" finden, haben sie ein grobes Profil mit Gummiklötzchen. Zwischen diesen bleiben oft kleine Steine stecken, auf die dann bei rascher Fahrt erhebliche Kräfte wirken.
Figur 4 zeigt einen **Stein** (Masse 8.0 g), der bei rascher Fahrt zwischen den Gummiklötzchen I und II steckt.



Figur 4

a) Wie gross ist die Gewichtskraft F_G dieses Steins (nur numerisch)? Zeichnen Sie sie gut sichtbar in *Figur 4* ein, beschriftet mit F_G (beachten Sie den Angriffspunkt).

$\underline{F_G} = mg = 8\cdot 10^{-3}\,kg \cdot 10\frac{N}{kg} = \underline{80\,mN}$

1 P.

b) Während der Fahrt bewegt sich der Stein mit 60 km/h auf einem Kreis mit 0.50 m Radius. *Figur 4* zeigt ihn im höchsten Punkt seiner Bewegung.
Bei dieser Bewegung spielt die <u>Zentripetalkraft</u> F_Z eine entscheidende Rolle.

b1) Erklären Sie verbal deren Bedeutung in der in *Figur 4* gezeigten Situation.

Zentripetalkraft ist die Kraft, die den Stein zur Bewegungsänderung veranlasst. Sie zieht ihn "um die Kurve".

1 P.

b2) Berechnen Sie numerisch die Grösse der Zentripetalkraft.

$\underline{F_z} = m\frac{v^2}{r} = 8\cdot 10^{-3}\,kg \cdot \frac{(60\frac{km}{h})^2}{0{,}5\,m} = \underline{4{,}4\,N}$

1 P.

b3) Zeichnen Sie die Zentripetalkraft gut sichtbar in *Figur 4* ein, beschriftet mit F_Z (beachten Sie den Angriffspunkt).

1 P.

c) In der in *Figur 4* gezeigten Situation wirken 2 weitere Kräfte in <u>vertikaler</u> Richtung auf den Stein ein.

c1) Beschreiben Sie diese Kräfte verbal und zeichnen Sie sie in *Figur 4* ein, beschriftet mit F_1 und F_2 (beachten Sie den jeweiligen Angriffspunkt).

2 P.

c2) Beschreiben Sie, wie die Zentripetalkraft F_Z in *Figur 4* zustande kommt.

F_z entsteht durch die Gewichtskraft und die Reibungskräfte am Gummi (wesentlich). 1 P.

c3) Berechnen Sie die Grösse der Kräfte F_1 und F_2 (nur numerisch).

F_z (effektiv) $= F_G + F_1 + F_2$

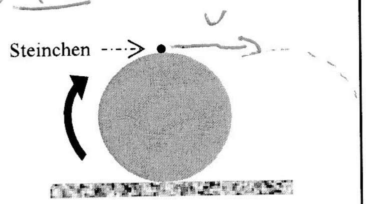
$F_1 + F_2 = F_z - F_G = 4,4$ N. Da $F_1 = F_2$ ist jede die Hälfte, also $\underline{2,2 \text{ N}}$ 1 P.

d) In *Figur 5* dreht sich ein Autorad im Uhrzeigersinn, das Auto fährt also nach rechts.

In dem Moment, in dem sich ein Steinchen in der in *Figur 5* betrachteten Position befindet, löst es sich vom Reifen.

d1) Zeichnen Sie in *Figur 5* die Bewegung des Steinchens ein. 1 P.

d2) Begründen Sie Ihre Lösung von Aufgabe d1).



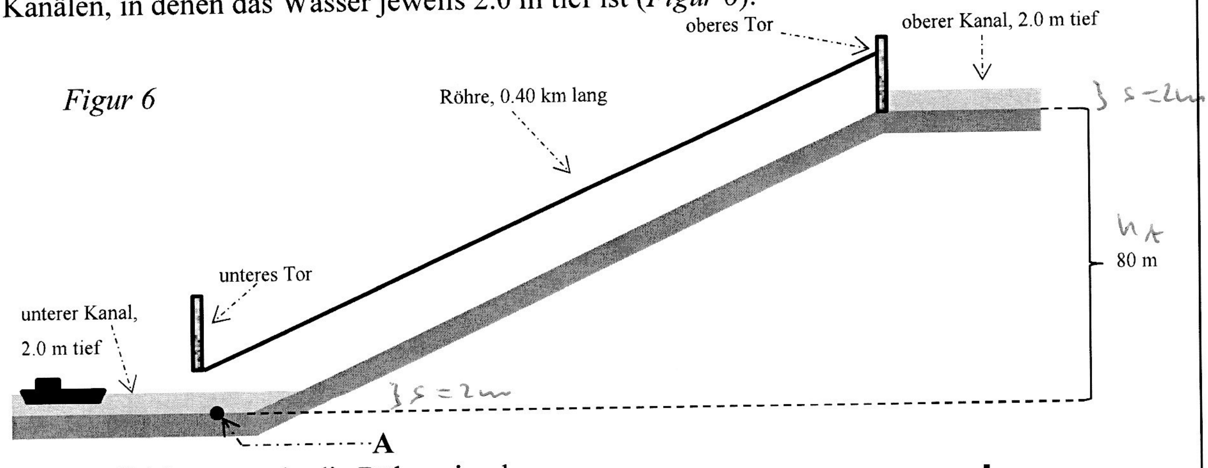
Figur 5

Die Geschwindigkeit ist tangential an den Kreis.
Ohne F_z wirkt nur noch das (kleine) Gewicht: waagerechter Wurf. 1 P.

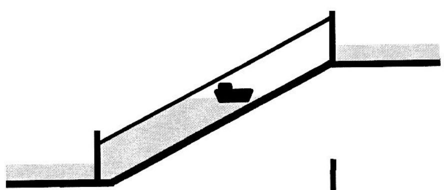
Aufgabe 3 (10 Punkte)

Unter dem Titel "Lastschiffe fahren über die Berge" wurde von P. Caminada 1907 folgendes Projekt entwickelt:
Eine schräge Röhre von 0.40 km Länge überwindet 80 m Höhendifferenz zwischen zwei Kanälen, in denen das Wasser jeweils 2.0 m tief ist (*Figur 6*).

Figur 6

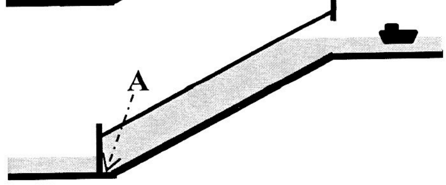


Ein Schiff fährt unten in die Röhre ein, das untere Tor wird geschlossen und Wasser fliesst von oben in die Röhre (*Figur 7*).



Figur 7

Schliesslich wird das obere Tor geöffnet und das Schiff fährt im oberen Kanal weiter (*Figur 8*).



Figur 8

Im Punkt **A** (*Figur 6*) ist eine Lampe im Boden des Kanals angebracht.

a) Wie gross ist in *Figur 6* der Wasserdruck, der bei **A** wirkt?

a1) formal

$p_A = \rho \cdot g \cdot s =$

1 P.

a2) numerisch

$p_A = 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 10 \frac{N}{kg} \cdot 2\,m = 0{,}20\,bar$

1 P.

b) Wie gross ist in *Figur 6* die Kraft, die auf das 90 cm^2 grosse Glas der Lampe bei **A** wirkt (nur numerisch)?

$F = p_A \cdot A = 0{,}2\,bar \cdot 90\,cm^2 = 0{,}18\,kN$

1 P.

c) Wie gross ist in *Figur 8* der Wasserdruck, der beim Punkt **A** wirkt (nur numerisch)?

$p_A' = \rho g \underbrace{(h+2s)}_{84m} = 8{,}4\,bar$

1 P.

d) Das Schiff, das in *Figur 6* im unteren Kanal fährt, hat die Masse 45 t. Die Frage ist, wie gross das Volumen der von ihm verdrängten Wassermenge ist. Beantworten Sie in diesem Zusammenhang die folgenden Fragen:

d1) Welches Kräftegleichgewicht spielt in dieser Situation die entscheidende Rolle?

Auftrieb = Gewicht

1 P.

d2) Wie gross ist das gesuchte Volumen (nur numerisch)? Begründen Sie Ihre Rechnung.

Archimedes: Gewicht verdrängte Flüssigkeit entspricht dem Auftrieb.

Verdrängtes Wasser: $45\,t \mathrel{\hat{=}} 45\,m^3$ $(\rho = 1 \frac{t}{m^3})$

2 P.

e) Das Schiff der Masse 45 t wird vom unteren Kanal in den oberen gehoben.

e1) Um wieviel ändert sich dabei dessen Lageenergie (nur numerisch)?

$E_{pot} = mgh = 45000\,kg \cdot 10 \frac{N}{kg} \cdot 80\,m = 36\,MJ$

1 P.

e2) Woher stammt die Energie, die für die bei e1) berechnete Änderung der Lageenergie benötigt wird?

Vom von oben herabfliessenden Wasser.

1 P.

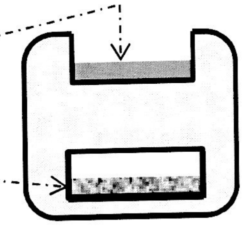
e3) Um die bei e1) berechnete Änderung der Lageenergie zu bewirken, müssen bei diesem Projekt $2.6\cdot10^9$ J aufgewendet werden. Wie gross ist der Wirkungsgrad? Kommentieren Sie das Resultat.

$\eta = \frac{36\cdot10^6\,J}{2{,}6\cdot10^9\,J} = 1{,}4\,\%$

1 P.

Aufgabe 4 (10 Punkte)

Eine **Eiswürfelmaschine** produziert aus Wasser von 20 °C Eiswürfel von -10 °C (*Figur 9*).



Figur 9

In einem Durchlauf werden in 10 Minuten aus 80 g Wasser von 20 °C 80 g Eis von -10 °C.

a) Wie gross ist die dabei entzogene Wärmemenge?

a1) formal

$\Delta Q = c_W \cdot m \cdot (T_1 - T_0) + L_f \cdot m + c_E \cdot m \cdot (T_0 - T_2)$

2 P.

a2) numerisch

$\Delta Q = 4182\,\frac{J}{kg\,K}\cdot 0{,}08\,kg\cdot 20\,K + 3{,}338\cdot10^5\,\frac{J}{kg}\cdot 0{,}08\,kg + 2100\,\frac{J}{kg\,K}\cdot 0{,}08\,kg\cdot 10\,K$

$= 3{,}5\cdot10^4\,J$

2 P.

b) Die erzeugten 80 g Eis von -10 °C werden in ein Glas mit 3.0 dl Wasser von 0 °C gegeben. Im Folgenden nehmen wir an, dass kein Wärmeaustausch mit der Umgebung erfolgt.

b1) Beschreiben und begründen Sie, was danach geschieht.

2. Hauptsatz: Wärme geht vom Wasser zum Eis, bis sich Temp. ausgleicht. Dabei gefriert das Wasser, weil es bereit am Gefrierpunkt ist.

2 P.

b2) Berechnen Sie den Endzustand, der sich einstellt (nur numerisch).

$\Delta Q_E = c_E m_E \Delta T = 2100 \frac{J}{kg\,K} \cdot 0{,}08\,kg \cdot 10\,K = 1{,}68 \cdot 10^3\,J$

$\frac{\Delta Q_E}{L_f} = \frac{1{,}68 \cdot 10^3\,J}{3{,}338 \cdot 10^5 \frac{J}{kg}} = 5\,g$

5g Wasser gefrieren. Der Rest bleibt flüssig.
Das Eis (80g) erwärmt sich bis auf 0°C.

2 P.

c) Um sich an heissen Tagen frisch zu fühlen, kann man sich ein **"kühlendes Handtuch"** um den Hals legen, das aus grob gewebtem Stoff besteht: man macht es nass, hält es an einer Ecke fest und schwingt es dann kräftig im Kreis. Nach kurzer Zeit ist das Handtuch kalt.

c1) Erklären Sie diesen Vorgang. Welches physikalische Phänomen spielt dabei die entscheidende Rolle?

„Verdunstungskälte": Teile des Wassers verdunsten durch die schnelle Bewegung in der Luft. Diese Phasenänderung benötigt Energie, die dem verbleibenden Wasser entzogen wird, was seine Temperatur senkt.

1 P.

c2) Wieso ist das Handtuch aus grob gewebtem Stoff?

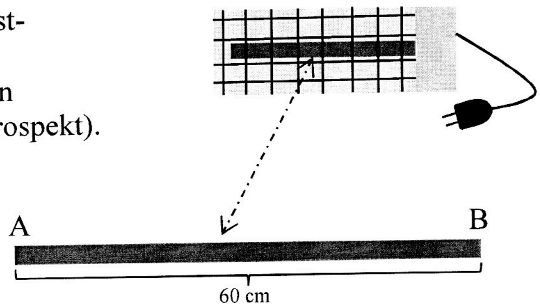
Damit die Luft durch den Stoff hindurch strömen kann, wodurch mehr Wasser verdunstet, was den Kühleffekt verstärkt.

1 P.

Aufgabe 5 (10 Punkte)

"**Frostwächter** für Innenräume, idealer Schutz für frostgefährdete Einrichtungen wie Wasser-Hauptverteiler, Toiletten, Tierbehausungen etc.. Schaltet sich bei tiefen Temperaturen selbständig ein." (aus einem Verkaufsprospekt).

Unter einem Gitter ist ein 60 cm langer Stab AB aus einem leitenden Material installiert (*Figur 10*), der Widerstand des Stabs beträgt 0.30 kΩ.



Figur 10

a) Wie gross ist die produzierte Leistung, wenn dieser Stab an 230 V angeschlossen wird?

a1) formal

$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R}$

1 P.

a2) numerisch

$P = \frac{(230\,V)^2}{0{,}3\,k\Omega} = 0{,}18\,kW$

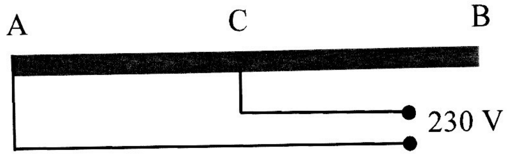
1 P.

b) Wie gross ist die Energie, die so in 15 Minuten produziert wird (nur numerisch)?

$E = U \cdot I \cdot t = P \cdot t = \frac{U^2}{R} \cdot t = 1{,}6 \cdot 10^5\,J$

1 P.

c) Bei diesem Frostwächter gibt es eine zweite Schaltmöglichkeit: anstelle von Punkt B wird Punkt C (in der Mitte des Stabes) mit der 230-V-Steckdose verbunden (*Figur 11*).



Figur 11

c1) Wie gross ist der Widerstand zwischen A und C (nur numerisch)?

$R_{AC} = \frac{1}{2} R = 150\,\Omega$ $\quad (R = \rho \cdot \frac{l}{A}$, also $R \sim l)$

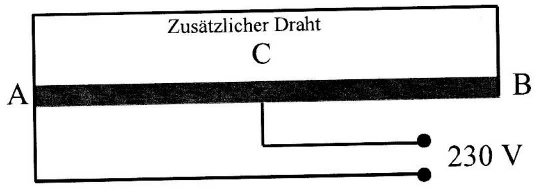
1 P.

c2) Wie gross ist die jetzt produzierte Leistung (nur numerisch)?

$P' = \frac{U^2}{R_{AC}} = 2P = 0{,}35\,kW$

1 P.

d) *Figur 12* zeigt die dritte Schaltmöglichkeit bei dem Frostwächter. Die Stellen A und B sind durch einen zusätzlichen Draht verbunden.
Wie gross ist die jetzt produzierte Leistung (nur numerisch, aber mit Begründung)?



Figur 12

$R_{AC} = R_{CB} = \frac{1}{2} R$ (Draht vernachlässigbar)

Parallelschaltung aus zwei gleichen Widerständen: $R_G = R$

Also die gleiche Leistung, wie zuvor bei AB (60...)

3 P.

e) Im Betrieb wird der Stab des Frostwächters heiss, er glüht aber nicht. Welche Art der Wärmeübertragung spielt die wesentliche Rolle, wenn „der Frostwächter frostgefährdete Einrichtungen schützt"?

Art der Wärmeübertragung:

Begründung: glüht nicht: wenig Strahlung

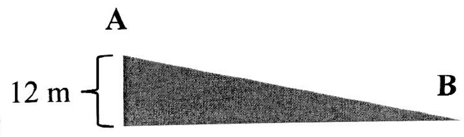
Konvektion: wenig Oberfläche → wenig Leitung

wesentlich

2 P.

Aufgabe 6 (7 Punkte)

Elektroautos können die beim Bergabfahren und beim Bremsen freiwerdende mechanische Energie teilweise in elektrische Energie umwandeln und diese in der Batterie speichern ("Rekuperation").



Figur 13

Ein Elektroauto (Masse 2.1 t) hat im Punkt A (*Figur 13*) die Geschwindigkeit 36 km/h, im 12 m tiefer gelegenen Punkt B beträgt sie noch 29 km/h.

Hinweis: die Aufgaben a), b) und c) sind voneinander unabhängig und es genügt, wenn Sie sie nur numerisch lösen.

a) Um welchen Betrag ändert sich die mechanische Energie des Autos bei der Fahrt von **A** nach **B**? Begründen Sie Ihre Rechnung.

$E_A = mgh + \frac{1}{2} m v_A^2 = 2{,}52 \cdot 10^5 \text{ J} + 1{,}05 \cdot 10^5 \text{ J} = 3{,}6 \cdot 10^5 \text{ J}$

$E_B = \frac{1}{2} m v_B^2 = 6{,}8 \cdot 10^4 \text{ J} = 6{,}8 \cdot 10^4 \text{ J}$

$\underline{\Delta E = -2{,}9 \cdot 10^5 \text{ J}}$

3 P.

b) Bei der Fahrt von **A** nach **B** werden durch Rekuperation $1.2 \cdot 10^5$ J in der Batterie gespeichert. Dabei beträgt die Batteriespannung 0.80 kV.

b1) Wie gross ist die Ladung, die bei diesem Speichervorgang transportiert wird?

$U = \frac{W}{Q}$

$\underline{Q} = \frac{W}{U} = \frac{1{,}2 \cdot 10^5 \text{ J}}{800 \text{ V}} = \underline{0{,}15 \text{ kC}}$

1 P.

b2) Die Fahrt von **A** nach **B** dauert 25 s. Wie gross ist die (mittlere) Stromstärke während dieser Zeit?

$Q = I \cdot t$

$\underline{I} = \frac{Q}{t} = \frac{W}{U \cdot t} = \underline{6{,}0 \text{ A}}$

1 P.

c) Bei der Fahrt von **A** nach **B** werden $1.2 \cdot 10^5$ J in der Batterie gespeichert. Welche Strecke kann das Elektroauto mit dieser Energie zusätzlich zurücklegen, wenn gemäss Hersteller "der Verbrauch 18 kWh pro 100 km" beträgt?

$$V = \frac{W}{s}$$

$$s = \frac{W}{V} = \frac{1{,}2 \cdot 10^5 \text{ J}}{18 \frac{\text{kWh}}{100\text{ km}}} = \frac{1{,}2 \cdot 10^5 \text{ J}}{18 \frac{3{,}6 \cdot 10^6 \text{ J}}{100\text{ km}}} = \underline{0{,}19 \text{ km}}$$

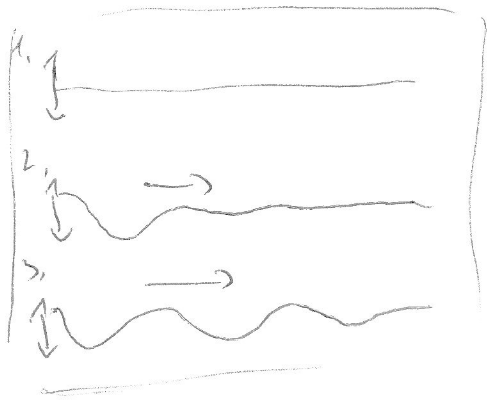
2 P.

Aufgabe 7 (8 Punkte)

Hinweis: Die Aufgaben a) und b) sind voneinander unabhängig

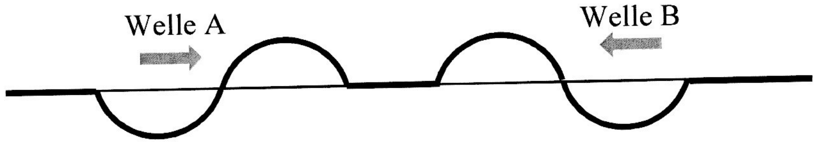
a) Ein 10 m langes **Seil** liegt auf dem Boden eines Hörsaals.
Damit sollen Sie einer Gruppe von Studierenden zeigen, dass sich längs eines solchen Seils **Wellen** ausbreiten können.
Beschreiben Sie detailliert (mit einigen Sätzen und einer Skizze), wie Sie vorgehen, um das zu demonstrieren.

Man bewegt ein Ende des Seil horizontal hin und her. Diese Schwingung überträgt sich (gedämpft) das Seil entlang.



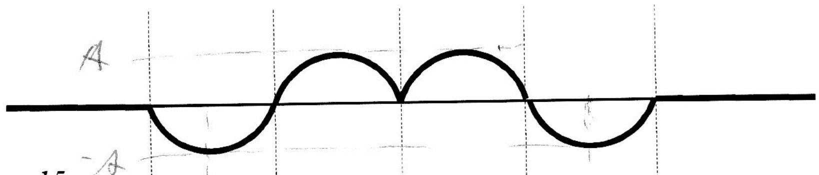
3 P.

b) Wir betrachten zwei aufeinander zulaufende **Wellen** A und B, die jeweils aus einem Wellenberg und einem Wellental bestehen. Ihre Amplituden sind gleich, ebenso bewegen sie sich mit der gleichen Geschwindigkeit aufeinander zu. *Figur 14* zeigt eine Momentaufnahme.



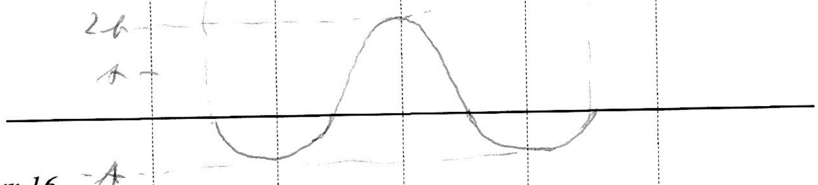
Figur 14

Figur 15 zeigt eine Momentaufnahme des Seils in dem Zeitpunkt, in dem die Wellen aufeinander treffen.



Figur 15

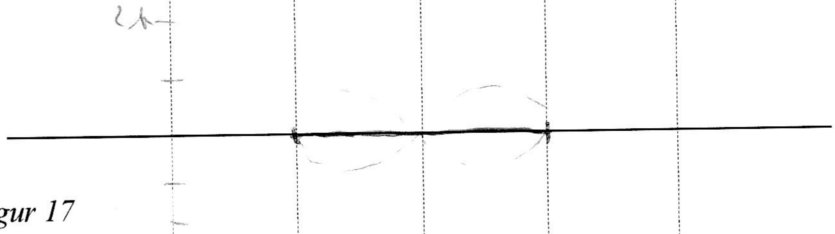
b1) Skizzieren Sie in *Figur 16* möglichst genau die Form des Seils, nachdem sich jede Welle um eine viertel Wellenlänge weiterbewegt hat.



Figur 16

2 P.

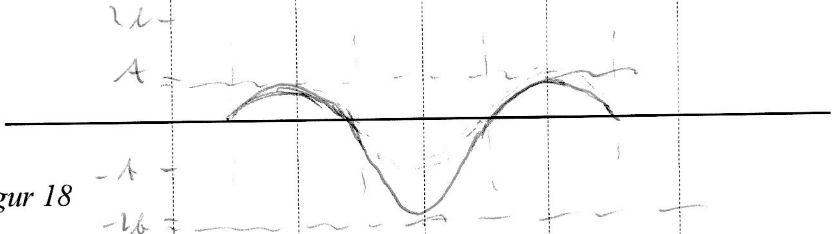
b2) Skizzieren Sie in *Figur 17* die Form des Seils, nachdem sich jede Welle um eine <u>weitere</u> viertel Wellenlänge (also insgesamt um 1/2 Wellenlängen) weiterbewegt hat.



Figur 17

1 P.

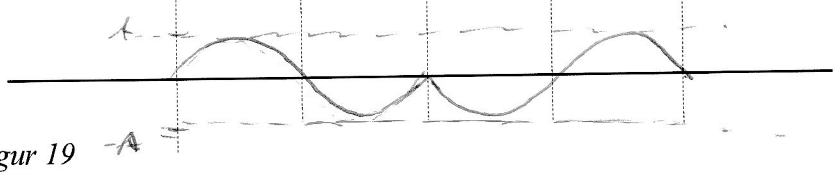
b3) Skizzieren Sie in *Figur 18* die Form des Seils, nachdem sich jede Welle um eine weitere viertel Wellenlänge (also insgesamt um 3/4 Wellenlängen) weiterbewegt hat.



Figur 18

1 P.

b4) Skizzieren Sie in *Figur 19* die Form des Seils, nachdem sich jede Welle um eine weitere viertel Wellenlänge (also insgesamt um eine ganze Wellenlänge) weiterbewegt hat.



Figur 19

1 P.