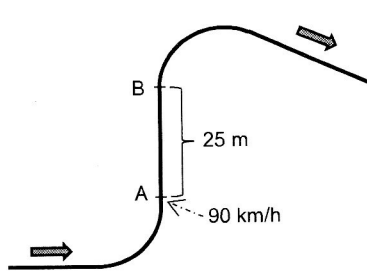


1. Chris, ein junger Mann mit 60 kg Masse, sitzt im Wagen einer **Achterbahn**. [Tot. 9 P]
- Beim Start wird der Wagen auf einer horizontalen Strecke mit 12 m/s^2 aus der Ruhe auf $2.0 \cdot 10^2 \text{ km/h}$ beschleunigt.
- 1.1 Wie lang dauert diese Beschleunigungsphase?
- a) formal $a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{v - v_0}{t} = \frac{v}{t}$ 1 P
 $t = \frac{v}{a}$
- b) numerisch $t = \frac{200 \frac{\text{km}}{\text{h}}}{12 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 46 \text{ s}$ 1 P
- 1.2 Welche Strecke legt der Wagen dabei zurück?
- a) formal $v^2 = 2as$ 1 P
 $s = \frac{v^2}{2a}$
- b) numerisch $s = \frac{(200 \frac{\text{km}}{\text{h}})^2}{2 \cdot 12 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 12816 \text{ m} = 0,1316 \text{ km}$ 1 P
- 1.3 Wie gross ist die dabei auf Chris wirkende horizontale Kraft (nur numerisch)? 1 P
 $F = m a = 60 \text{ kg} \cdot 12 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 720 \text{ N} = 0,72 \text{ kN}$
- 1.4 Auf seiner Fahrt passiert der Wagen den Punkt A mit 90 km/h (Figur 1).
 Von A bis B verläuft die Fahrbahn vertikal nach oben. Die Strecke AB misst 25 m und wird vom Wagen reibungsfrei rollend und ohne Antrieb zurückgelegt.
- 
- Figur 1
- Um welche Art der Bewegung handelt es sich dabei? Geben Sie eine möglichst präzise verbale Antwort. 1 P
 Es ist eine gleichmäßig verzögerte Bewegung.
- 1.5 Mit welcher Geschwindigkeit erreicht der Wagen den Punkt B? 1 P
- a) formal $v_B^2 = v_A^2 + 2gs$
 $v_B = \sqrt{v_A^2 + 2gs}$

b) numerisch

$$v_B = \sqrt{(30 \frac{m}{s})^2 - 2 \cdot 10 \frac{m}{s^2} \cdot 25 m} = 21 \frac{m}{s}$$

1 P

1.6 Wie lange braucht der Wagen, um die Strecke AB zu durchfahren (nur numerisch)?

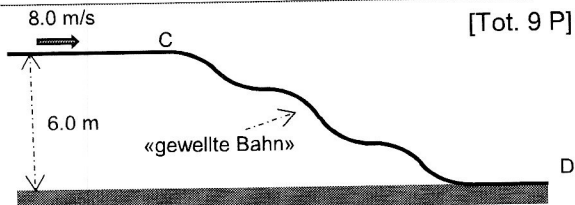
$$a = g = \frac{v_B - v_A}{t}$$

$$t = \frac{v_B - v_A}{g} = \frac{21 \frac{m}{s} - 25 \frac{m}{s}}{-10 \frac{m}{s^2}} = 1,4 s$$

1 P

2. Während der Fahrt auf der **Achterbahn** rolle der Wagen (Masse 0.40 t) reibungsfrei.
Auf einem horizontalen Schienenstück in 6.0 m Höhe bewegt er sich mit 8.0 m/s (Figur 2).

Figur 2



[Tot. 9 P]

2.1 Wie gross ist seine Lageenergie?

a) formal

$$E_{pot} = mgh$$

0.5 P

b) numerisch

$$E_{pot} = 400 \text{ kg} \cdot 10 \frac{m}{s^2} \cdot 6 m = 24 \text{ kJ}$$

0.5 P

2.2 Wie gross ist seine Bewegungsenergie?

a) formal

$$E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2$$

0.5 P

b) numerisch

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot 400 \text{ kg} \cdot (8 \frac{m}{s})^2 = 13 \text{ kJ}$$

0.5 P

2.3 Der Wagen fährt anschliessend von C über eine «gewellte Bahn» nach unten (Figur 2). Wie gross ist seine Geschwindigkeit bei D?

Beantworten Sie diese Frage unter Verwendung des Begriffs 'Energie'.

a) Beschreiben und begründen Sie Ihre Überlegungen.

Ohne Reibung: abgeschlossenes System \rightarrow Energieerhaltung 1 P

$$E_C = E_D$$

$$\frac{1}{2} m v^2 \rightarrow v$$

- b) Berechnen Sie, unter Verwendung von 2.1 und 2.2, die gesuchte Geschwindigkeit formal.

$$E_c = E_0$$

$$\frac{1}{2}mv_c^2 + mgh = \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$v_0 = \sqrt{v_c^2 + 2gh}$$

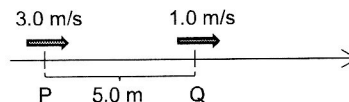
1 P

- c) Berechnen Sie die gesuchte Geschwindigkeit numerisch.

$$v_0 = \sqrt{\left(\frac{8}{3}\right)^2 + 2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 6 \text{ m}} = 14 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

1 P

- 2.4 Gegen Ende seiner Fahrt wird der Wagen knapp vor der Ausstiegsstelle auf der 5.0 m langen Strecke PQ von 3.0 m/s auf 1.0 m/s abgebremst (Figur 3).



Figur 3

Wie gross ist die bremsende Kraft, die dabei auf ihn wirkt? Beantworten Sie diese Frage unter Verwendung des Begriffs 'Energie'.

- a) Beschreiben und begründen Sie Ihre Überlegungen.

$$E_P = E_Q + W_R$$

↳ $F_R \cdot s$

$$\frac{1}{2}mv_P^2 = \frac{1}{2}mv_Q^2 + F_R \cdot s$$

$$F_R = m \frac{v_P^2 - v_Q^2}{2s}$$

1 P

- b) Berechnen Sie die gesuchte Kraft numerisch.

$$F_R = 400 \text{ kg} \cdot \frac{9 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} - 1 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{20 \text{ m}} = 0.132 \text{ kN}$$

1.5 P

- 2.5 Was geschieht, wenn auf der Strecke PQ eine bremsende Kraft von 0.40 kN wirkt?

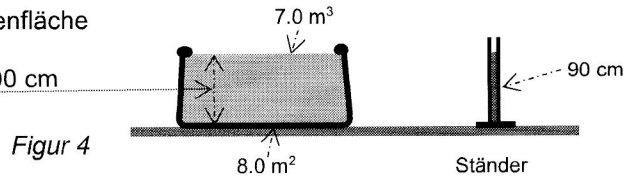
Beschreiben und begründen Sie Ihre Überlegung. Zu welchem Resultat gelangen Sie?

$$a = \frac{F}{m} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad v_a = \sqrt{v_P^2 - 2as}$$

1.5 P

Der Wagen kommt vor dem Punkt Q zum stehen (nach 4.5 m).

3. Ein Pool mit 8.0 m^2 Bodenfläche enthält 7.0 m^3 Wasser, die Wassertiefe beträgt 90 cm (links in Figur 4). [Tot. 10 P]



- 3.1 Wie gross ist der Wasserdruck am Boden des Pools?

a) formal

$$p_s = \rho \cdot g \cdot h$$

1 P

b) numerisch

$$p_s = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 0.9 \text{ m} = 9000 \text{ Pa}$$

1 P

- 3.2 Wie gross ist die Kraft, die das Wasser auf die 8.0 m^2 grosse Bodenfläche des Pools ausübt (nur numerisch, aber Rechnung begründen)? Vergleichen Sie diese Kraft mit der Gewichtskraft des Wassers.

$$F_p = p_s \cdot A = 9000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 8 \text{ m}^2 = 72 \text{ kN}$$

2 P

$$F_G = m \cdot g = \rho \cdot V \cdot g = 70 \text{ kN}$$

F_p ist etwas grösser als F_G , weil die Wände des Pools nicht nach innen gedrückt sind, wodurch eine vertikale Kraft entsteht.

- 3.3 Neben dem Pool steht ein Ständer für einen Sonnenschirm (rechts in Figur 4). Jemand hat als Scherz dort Wasser in das Rohr eingefüllt, es steht 90 cm hoch. Ist der Wasserdruck am Boden des Rohrs grösser oder gleich oder kleiner als am Boden des Pools?

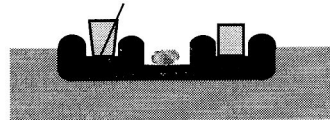
Beschreiben Sie Ihre Überlegung. Zu welchem Resultat gelangen Sie?

$$p_s = \rho \cdot g \cdot h \rightarrow p_s \sim h$$

Da h gleich ist, auch p gleich.

1 P

- 3.4 Chris hat einige Gäste zu einer Poolparty eingeladen. Für diese besitzt er eine schwimmende Getränkebar (Figur 5) – eine Kunststoffplatte mit Vertiefungen für Gläser etc.



Figur 5

Wie gross ist das Volumen des verdrängten Wassers, wenn die Getränkebar mit Gläsern etc. eine gesamte Masse von 2.4 kg hat?

- a) Welches Kräftegleichgewicht spielt bei der Beantwortung dieser Frage die entscheidende Rolle?

Das Kräftegleichgewicht zwischen Auftrieb und Gewicht der Bar und Getränke.

1 P

- b) Berechnen Sie das Volumen des verdrängten Wassers (nur numerisch, aber mit Begründung).

$$F_A = F_G$$

$$\rho_w \cdot V \cdot g = m \cdot g$$

$$V = \frac{m}{\rho_w} = \underline{\underline{2,4 \text{ dm}^3}}$$

2 P

- 3.5 Im Verlauf der Poolparty fällt ein leeres Glas von der schwimmenden Getränkebar ins Wasser und sinkt auf den Boden des Pools. Wie ändert sich bei diesem Vorgang der Wasserspiegel im Pool? Natürlich ist die (allfällige) Änderung in diesem Fall extrem klein – erklären Sie aber dennoch das Prinzip, mit dem sich ein solcher Vorgang berechnen lässt. Zu welchem Resultat gelangen Sie?

Das leere Glas auf der Bar verdrängt Wasser gemäss seinem Gewicht.
 Das leere Glas im Pool verdrängt Wasser gemäss seinem Volumen.
 Da Glas eine höhere Dichte hat als Wasser, verdrängt es im Pool weniger als auf der Bar. Der Wasserspiegel sinkt also.

2 P

4. Hinweis: Die Aufgaben 4.1, 4.2, 4.3 und 4.4 sind voneinander unabhängig. [Tot. 10 P]

An einem Sommerabend hat Lara einige Gäste eingeladen. Um die Drinks zu kühlen, verwendet sie **Edelstahl-Würfel**, die sie im Tiefkühler gelagert hat. Gegenüber Eiswürfeln haben diese den Vorteil, dass die Drinks nicht verwässert werden. Ein solcher Edelstahl-Würfel hat die Masse $1,2 \cdot 10^2 \text{ g}$ und die spezifische Wärmekapazität $0,51 \text{ kJ/kgK}$.

In den Aufgaben 4.1 und 4.2 soll kein Wärmeaustausch zwischen dem Getränk und der Umgebung stattfinden.

- 4.1 Lara holt 4 Würfel aus dem Tiefkühler (Temperatur $-18 \text{ }^\circ\text{C}$). Wie viele Gramm eines Getränks lassen sich damit von $20 \text{ }^\circ\text{C}$ auf $12 \text{ }^\circ\text{C}$ abkühlen? Verwenden Sie für das Getränk die Konstanten von Wasser.

- a) formal

$$\Delta Q_w = \Delta Q_s$$

$$c_w \cdot m_w \cdot \Delta T_w = c_s \cdot m_s \cdot \Delta T_s$$

$$m_w = \frac{c_s \cdot m_s \cdot (T_E - T_S)}{c_w \cdot (T_w - T_E)}$$

2 P

- b) numerisch

$$m_w = \frac{510 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot 120 \text{ g} \cdot 4 \cdot (12 + 18) \text{ K}}{4181 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot (20 - 12) \text{ K}} = 220 \text{ g} = \underline{\underline{0,22 \text{ kg}}}$$

1 P

- 4.2 Lara gibt einen solchen Edelstahl-Würfel der Temperatur -18 °C in einen Krug, in dem sich 0.50 Liter Wasser von 0 °C befinden.

a) Beschreiben und begründen Sie, was nun geschieht.

Ein Teil des Wasser wird gefriert,
während die Würfel sich auf 0 °C erwärmen.

1.5 P

b) Berechnen Sie den Zustand, der sich einstellt (nur numerisch).

$$\Delta Q_S = c_S \cdot m_S \cdot \Delta T_S = 510 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot 4 \cdot 110 \text{g} \cdot 18 \text{K} = 4,4 \text{kJ}$$

1.5 P

$$\Delta Q_S = m \cdot L_f$$

$$m = \frac{\Delta Q_S}{L_f} = \frac{4,4 \text{kJ}}{3,34 \cdot 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}}} = 13 \text{g}$$

Endzustand: $T = 0\text{ °C}$; 0,49 l Wasser; 13 g Eis

- 4.3 Ein Getränk, das dieselbe Temperatur wie die Umgebung hat, lässt sich auch abkühlen, indem man es in einen porösen Tonkrug (gleiches Material wie ein brauner Blumentopf) giesst und dort stehen lässt – auch wenn der Tonkrug gleich warm wie die Umgebung ist. Dieser Effekt verstärkt sich, wenn die Umgebungsluft in Bewegung ist.

Erklären Sie diesen Effekt und den Einfluss durch die Bewegung der Umgebungsluft.

Verdunstungskälte. Das Wasser dringt durch die
Wand des Topfs und verdunstet (stärker bei Wind).
Die Phasenumwandlung entzieht der Umgebung (Topf /
Luft) Energie, was den Topf und das darin enthaltene
Wasser abkühlt.

2 P

- 4.4 Ein Gast an Laras Party sagt, er habe in einer TV-Show gesehen, wie ein Schmied ein Stück Eisen von Raumtemperatur einzig durch Hämmern zur Rotglut brachte, «das war ganz eindrücklich im verdunkelten Studio». Er frage sich, wie das möglich sei.

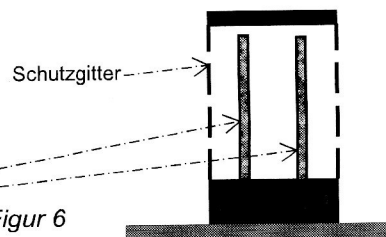
Erklären Sie, wie das möglich ist. (Welcher Hauptsatz spielt die entscheidende Rolle?)

Mechanische Energie (Hammer) wird in Verformungsarbeit
umgewandelt, diese teilweise in Wärme, die das
Eisen erhitzt.

2 P

5. Eine Firma verkauft einen «Terrassenheizer» für den Innen- und Aussenbereich, an 230 V anschliessbar, 4 verschiedene Heizstufen» (aus einem Prospekt).

Er besteht im Wesentlichen aus einem zylinderförmigen Schutzgitter, in dem 2 stabförmige Heizelemente montiert sind (Figur 6).



[Tot.10 P]

Eines dieser Heizelemente hat den Widerstand 58Ω , das andere den Widerstand 44Ω .

- 5.1 Bei einer bestimmten Heizstufe ist nur das $58\text{-}\Omega$ -Heizelement an 230 V angeschlossen.

Wie gross ist die Leistung, die erzeugt wird?

a) formal
$$P = u \cdot I = \frac{u^2}{R}$$

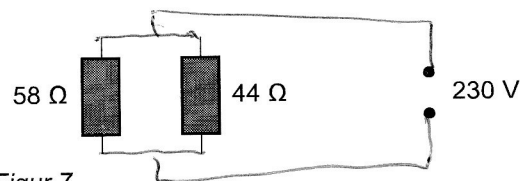
1 P

b) numerisch
$$P = \frac{(230\text{V})^2}{58\Omega} = 912\text{W} = \underline{0,91\text{kW}}$$

1 P

- 5.2 Bei einer anderen Heizstufe sind die beiden Heizelemente parallel geschaltet und an 230 V angeschlossen.

- a) Zeichnen Sie diese Schaltung in Figur 7 ein.



Figur 7

1 P

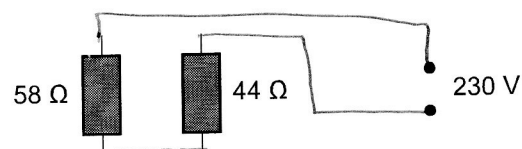
- b) Wie gross ist die gesamthaft erzeugte Leistung (nur numerisch)?

$$P = P_1 + P_2 = 912\text{W} + \frac{(230\text{V})^2}{44\Omega} = \underline{2,1\text{kW}}$$

2 P

- 5.3 Bei einer weiteren Heizstufe sind die beiden Heizelemente in Serie geschaltet und an 230 V angeschlossen.

- a) Zeichnen Sie diese Schaltung in Figur 8 ein.



Figur 8

1 P

- b) Wie gross ist der fliessende Strom (nur numerisch)?

$$u = R \cdot I$$

$$I = \frac{u}{R} = \frac{u}{R_1 + R_2} = \frac{230\text{V}}{58\Omega + 44\Omega} = \underline{2,3\text{A}}$$

1 P

- c) Wie gross ist die Leistung, die im 44-Ω-Widerstand erzeugt wird (nur numerisch)?

$$P = U \cdot I = R \cdot I^2 = 44 \, \Omega \cdot (0,9 \text{ A})^2 = 223,7 = \underline{\underline{0,22 \text{ kW}}} \quad 1 \text{ P}$$

- 5.4 Der Terrassenheizer ist «für Partys im Freien sehr geeignet, auch bei windigem Wetter» (aus dem Prospekt).

Welche Art der Wärmeübertragung spielt dabei die wesentliche Rolle?
Begründen Sie Ihre Antwort.

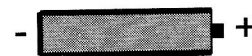
- ⇒ Art der Wärmeübertragung: *Strahlung (Infrarot)* 2 P
- ⇒ Begründung: *Strahlung benötigt weder Kontakt, noch Material und wird daher durch Wind nicht beeinflusst.*

6. Hinweis: Die Aufgaben 6.1, 6.2, 6.3 und 6.4 sind voneinander unabhängig. [Tot. 7 P]

- 6.1 Kupfer gehört zu den elektrisch leitenden Materialien – deshalb kann in einem **Kupferdraht** «Strom fließen». Beschreiben Sie, was dabei auf atomarer Ebene geschieht (2–3 Sätze).

Teil der Elektronen des Kupferatoms sind im Metall frei beweglich, können aber als Strom durch den Draht fließen. 2 P

- 6.2 Eine **Batterie** hat einen Pluspol und einen Minuspol (Figur 9). Beschreiben Sie die Bedeutung dieser Pole auf atomarer Ebene, wenn die Batterie bewirkt, dass in einem Stromkreis Strom fliesst (2–3 Sätze).



Figur 9

Am Minuspol hat es ein Elektronenüberschuss, der bis bei jeder Verbindung zum Pluspol abfliesst. Solange es chemische Reaktionen in der Batterie ablaufen, werden neue Elektronen am Minuspol bereit gestellt. 2 P

- 6.3 Wie der Name sagt, gibt die **Stromstärke** an, wie stark der fließende Strom ist. Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Stromstärke und der Ladung (verbale Antwort)?

Die Stromstärke gibt an, wie viel Ladung pro Sekunde durch einen bestimmten Querschnitt transportiert wird.

1 P

- 6.4 Auf der Batterie (Figur 9) ist angegeben, dass die **Spannung 1.5 V** ist. Erklären Sie, was diese Angabe bedeutet, wenn die Batterie bewirkt, dass in einem Stromkreis Strom fließt (verbale Antwort).

Für jede Coulomb transportierte Ladung muss ein Arbeit von 1,5 J verrichtet werden.

2 P

7. Die Aufgaben 7.1 und 7.2 sind voneinander unabhängig.

[Tot. 10 P]

- 7.1 Beim Brechungsgesetz ist von **optisch dichteren** und **optisch dünneren** Medien die Rede.

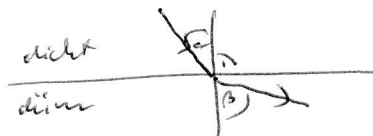
- a) Wir betrachten die Ausbreitung von Licht. Worin unterscheidet sich in dieser Hinsicht ein optisch dichteres Medium von einem optisch dünneren?

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Licht ist in opt. dichteren Medien kleiner, als in dünneren.

1 P

- b) Was bewirkt dieser Unterschied beim Übergang von einem optisch dichteren in ein optisch dünneres Medium (verbale Antwort mit beschrifteter Skizze)?

Das Licht wird beim Übergang vom Lot weg gebrochen



1 P

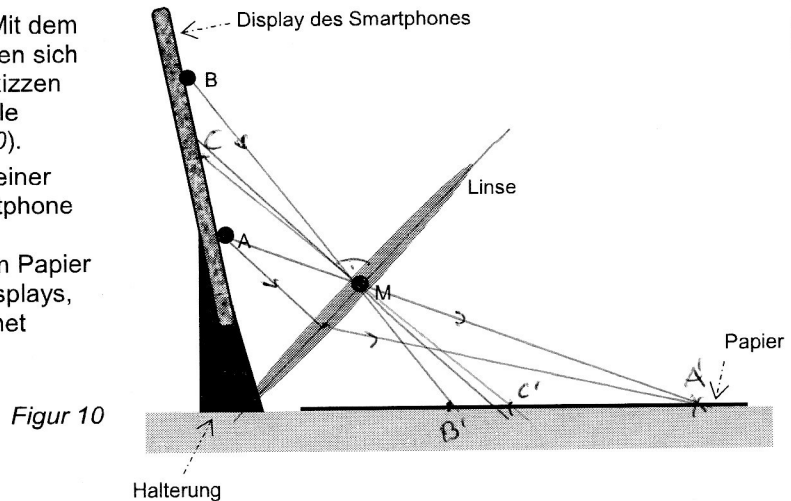
- c) Welches ist das optisch dünnste Medium (begründen Sie Ihre Antwort)?

Das Vakuum, da hier gar kein Material vorhanden ist, 1 P

7.2

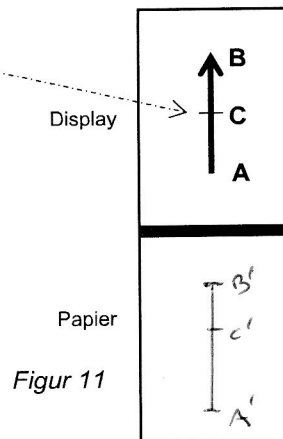
Aus einem Prospekt: «Mit dem **Skizzen-Projektor** lassen sich schnell detailgetreue Skizzen kreieren, geeignet für alle Smartphones» (Figur 10).

Das Gerät besteht aus einer Halterung für das Smartphone und einer Sammellinse (Mittelpunkt M). Auf dem Papier entsteht ein Bild des Displays, das leicht nachgezeichnet werden kann.



- a) Zeichnen Sie in *Figur 10* den Mittelpunktstrahl präzise ein, der vom Punkt A auf dem Display ausgeht. 1 P
- b) Zeichnen Sie in *Figur 10* den auf dem Papier entstehenden Bildpunkt A' ein. 1 P
- c) Zeichnen Sie in *Figur 10* die optische Achse der Linse präzise ein sowie den Parallelstrahl durch A und dessen weiteren Verlauf. 1 P
- d) Zeichnen Sie in *Figur 10* den auf dem Papier entstehenden Bildpunkt des Punkts B ein (beschriftet mit B'). 1 P
- e) Die Punkte A und B in *Figur 10* gehören zu der in *Figur 11* dargestellten **Figur ABC** auf dem Display.

Wie sieht das Bild aus, das (gemäss *Figur 10*) durch den Skizzen-Projektor auf dem Papier entsteht? Skizzieren Sie es in *Figur 11*.



- f) Welche 2 unerwünschten Besonderheiten weist das Bild auf dem Papier auf?

- ① Bild ist in vertikale Richtung verkehrt, c' ist nicht in der Mitte von A' B'. 1 P
- ② Das Bild wird von B' → c' → A' hin dunkler, ist also nicht gleichmässig hell.