

Wintersemester	2010/2011	Blatt 1 (von 6)
Studiengang:	BTB2 / CIB2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 2012 (2011)
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 120 Minuten

**Gesamtpunktzahl: 120**

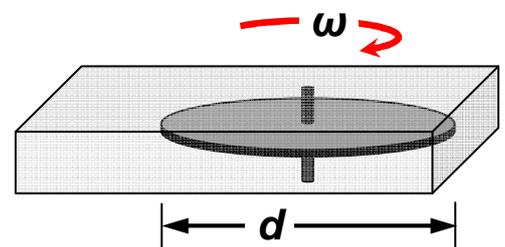
**Aufgabe 1: Externe Festplatte**

**(20 Punkte)**

Eine externe Festplatte besteht aus einem stabilen Gehäuse mit darin drehbar gelagerter Scheibe als Datenträger. Sie wird von einem Elektromotor in Rotation versetzt, der direkt über den USB-Anschluss mit Strom versorgt wird.

Die Scheibe einer solchen 2.5" Festplatte rotiert mit der Nenndrehzahl von 7200 Umdrehungen pro Minute, ihre Dichte sei homogen, ihre Achse masselos.

- a) Welchen Wert hat die Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  ?
- b) Welche Geschwindigkeit hat ein Punkt am Rand der Scheibe und welche Beschleunigung wirkt auf ihn (bitte jeweils Betrag und Richtung angeben) ?

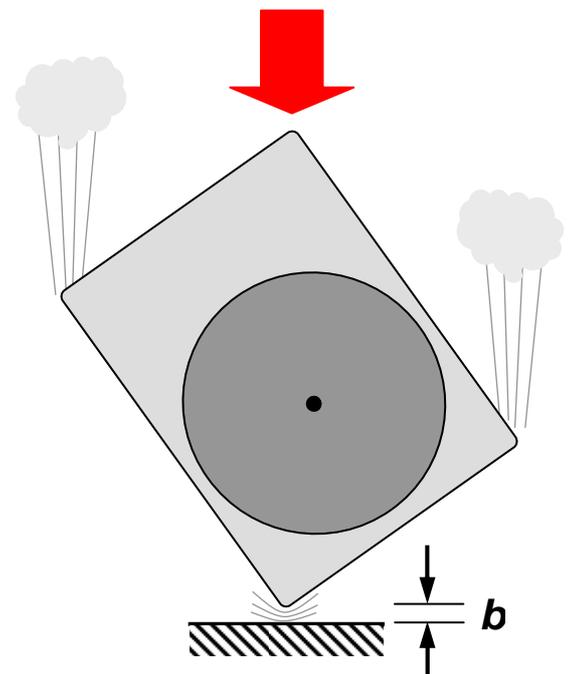


Ein USB-Anschluss liefert bei 5 V Spannung einen Dauerstrom von 500 mA.

- c) Welche maximale mechanische Leistung  $P_{\max}$  steht zum Antrieb der Scheibe bereit, wenn der Motor einen Gesamtwirkungsgrad von 60% hat ?
- d) Welche Mindestzeit ist nötig, um die Scheibe aus der Ruhe auf die Nenndrehzahl zu bringen ?

Die Festplatte fällt aus der Ruhe 75 cm tief auf einen harten Boden. Aufgrund plastischer Deformation der gummierten Außenseite des Gehäuses beträgt der effektive Bremsweg nach dem ersten Bodenkontakt  $b = 0,1$  mm, was den Stoß etwas abmildert.

- e) Mit welcher Geschwindigkeit schlägt sie auf ?
- f) Während der Deformation ist die Bremsverzögerung konstant. Welchen Betrag hat sie ?
- g) Welche Kraft wirkt auf die Scheibenlagerung ?



Angaben:

Durchmesser der Scheibe  $d = 6,35$  cm  
Masse der Scheibe  $m = 15$  g

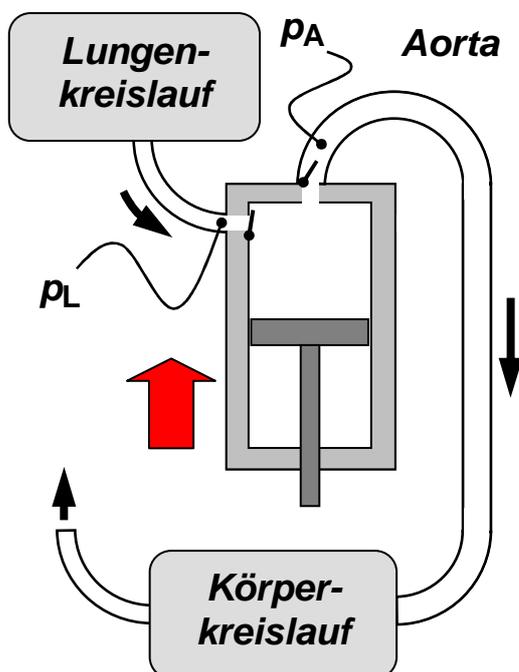
Die Teile a), b) sowie c), d) und e), f), g) sind jeweils unabhängig voneinander lösbar.

Wintersemester 2010/2011	Blatt 2 (von 6)
Studiengang: BTB2 / CIB2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 2012 (2011)

**Aufgabe 2: Herz und Kreislauf**

**(20 Punkte)**

Das Herz pumpt mit jedem Schlag Blut, das im Lungenkreislauf Sauerstoff aufgenommen hat, über die Aorta (Hauptschlagader) in den Körperkreislauf. Sein Schlagvolumen beträgt  $70 \text{ cm}^3$ , im Mittel schlägt das Herz 65 mal pro Minute. In einem stark vereinfachten Modell wird das Herz als einfache Kolbenpumpe mit zwei Ventilkappen betrachtet (siehe Skizze).



Angaben:

In der Medizin wird der Blutdruck traditionell in der – nicht mehr zulässigen – Einheit „Torr“ angegeben, „1 Torr“ ist der hydrostatische Druck einer 1 mm hohen Quecksilbersäule.

- |   |                        |
|---|------------------------|
| $\rho_B = 1,00 \text{ g/cm}^3$            | Dichte von Blut        |
| $\rho_{\text{Hg}} = 13,55 \text{ g/cm}^3$ | Dichte von Quecksilber |
| $\eta = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ Pa s}$   | Viskosität Blut        |
| $p_L = „0 \text{ Torr}“$                  | Blutdruck Einlass Herz |
| $p_A = „120 \text{ Torr}“$                | Blutdruck Beginn Aorta |
| $d_A = 2,5 \text{ cm}$                    | Durchmesser Aorta      |

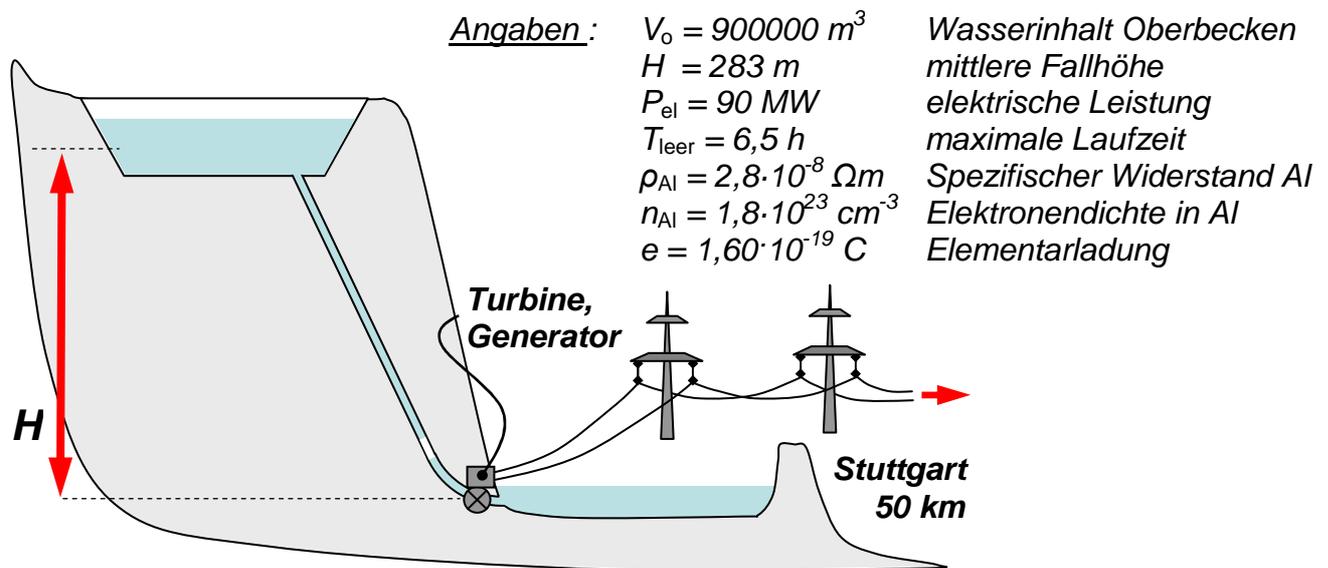
- Das unter dem Druck  $p_L$  eingeströmte Blut wird mit dem am Beginn der Aorta herrschenden Druck  $p_A$  in die Schlagader gepresst. Wie groß ist  $p_A$  in SI-Einheiten ?
- Welchen Wert hat der Volumenfluss im Blutkreislauf ?
- Welche Arbeit gibt das Herz pro einzeltem Schlag sowie während eines Tages ab ?
- Welche mittlere mechanische Leistung gibt das Herz demnach ab ?
- Wie groß ist die mittlere Strömungsgeschwindigkeit in der Aorta ?
- Ist die Strömung in der Aorta laminar oder turbulent ? Antwort bitte begründen !
- Ablagerungen an der Innenwand reduzieren den Innendurchmesser der Aorta. Angenommen, die Druckverhältnisse bleiben gleich, welcher Volumenfluss resultiert dann aus einer solchen Ablagerung mit der konstanten Schichtdicke 2 mm ?

Wintersemester 2010/2011	Blatt 3 (von 6)
Studiengang: BTB2 / CIB2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 2012 (2011)

### Aufgabe 3: Pumpspeicherwerk

(20 Punkte)

Das Pumpspeicherwerk Glems bei Metzingen wurde gebaut, um kurzzeitige Bedarfsspitzen in der Stromversorgung der Stadt Stuttgart auszugleichen. Vom Oberbecken läuft eine Druckwasserleitung zur stromerzeugenden Turbine, die in das Unterbecken ausläuft. Der Wasserinhalt des Oberbeckens steht vollständig für die Stromerzeugung zur Verfügung.



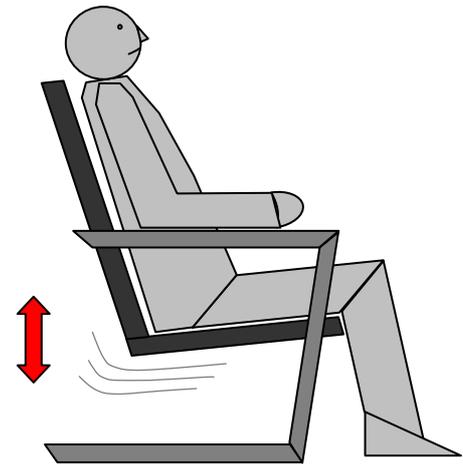
- Welche potentielle Energie ist in dem vollständig gefüllten Oberbecken gespeichert ?
- Bei Volllast wird die elektrische Leistung  $P_{\text{el}} = 90 \text{ MW}$  abgegeben, das Oberbecken ist dann nach  $T_{\text{leer}} = 6,5$  Stunden entleert. Welchen Gesamtwirkungsgrad hat die Anlage ?  
Die erzeugte Spannung wird auf 110 kV transformiert und über eine 50 km lange Leitung nach Stuttgart geleitet. Diese wird nachfolgend als einfache zweiadrige Leitung betrachtet. Die Adern sind zylindrisch, haben 2 cm Durchmesser und bestehen aus Aluminium (Al).
- Welcher Strom fließt bei Volllast in der Hochspannungsleitung ?
- Wie groß ist die Stromdichte in der Leitung und mit welcher mittleren Geschwindigkeit bewegen sich darin die Elektronen ?
- Welchen Gesamtwiderstand hat die Leitung, welche Spannung fällt daran ab und welche Leistung geht darin verloren ?
- Ein eifriger Kostensenker schlägt vor, den Transformator einzusparen und den Generator (Ausgangsspannung 10000 V) direkt an die Leitung anzuschließen. Wäre so eine wirtschaftliche Übertragung der elektrischen Leistung noch möglich (bitte begründen) ?

Wintersemester 2010/2011	Blatt 4 (von 6)
Studiengang: BTB2 / CIB2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 2012 (2011)

**Aufgabe 4: Freischwinger**

**(20 Punkte)**

Nach langem Arbeitstag heimgekehrt, lässt sich ein Ingenieur in einen Sessel vom Freischwinger-Typ fallen. Darin vollführt er einige in guter Näherung vertikal verlaufende Schwingungen mit rasch abnehmender Amplitude (*Skizze*). Die ersten 9 Perioden kann er verfolgen, seiner Uhr zufolge dauern sie insgesamt 4 Sekunden.



Angaben:

$$m_i = 75 \text{ kg}$$

$$m_k = 23 \text{ kg}$$

Masse Ingenieur

Masse Kind

- a) Der Ingenieur vermutet, dass es sich um harmonische Schwingungen eines Feder-Masse-Systems handelt. Wie kann er dies mit einfachen Mitteln überprüfen?
- b) Sein Kind freut sich, dass er endlich zuhause ist und klettert zu ihm auf den Sessel. Dieser führt mit Vater und Kind nun nur noch 8 Schwingungen in 4 Sekunden durch. Welche Werte haben die Schwingungsfrequenzen  $f_i$  und  $f_{ik}$  in den beiden Fällen?
- c) Welche bewegte Masse  $m_s$  hat der Sessel und wie groß ist seine Federkonstante  $c$ ?

Der mit Vater und Kind besetzte Sessel führe eine rein viskos gedämpfte Schwingung aus.

- d) Nach 9 Perioden hat die Amplitude des Systems auf 5% des Anfangswerts abgenommen. Welche Werte haben Abklingkonstante  $\delta$  und Dämpfungsgrad  $D$  des Systems?

Wintersemester 2010/2011	Blatt 5 (von 6)
Studiengang: BTB2 / CIB2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 2012 (2011)

**Aufgabe 5: Kekskontrolle**

(20 Punkte)

Die Länge  $L$  auf einem Förderband liegender Kekse ist zu kontrollieren, ihr Sollwert beträgt 6 cm. Dazu werden sie in der Entfernung  $g = 30$  cm vor dem Objektiv einer Digitalkamera vorbei geführt. Ein Keks idealer Länge soll auf 80 % der Seitenlänge  $s = 2,54$  cm des CCD-Detektors in der Kamera abgebildet werden.

- Welchen Abstand  $b$  zur Detektionsebene hat die Objektivlinse bei scharfer Abbildung ?
- Welche Objektivbrennweite ist erforderlich ?
- Entlang der Seitenlänge  $s$  hat der Detektor 2048 lichtempfindliche Pixel. Wie groß ist daher der Mindestfehler der so ermittelten einzelnen Messwerte für die Länge eines Kekses ?

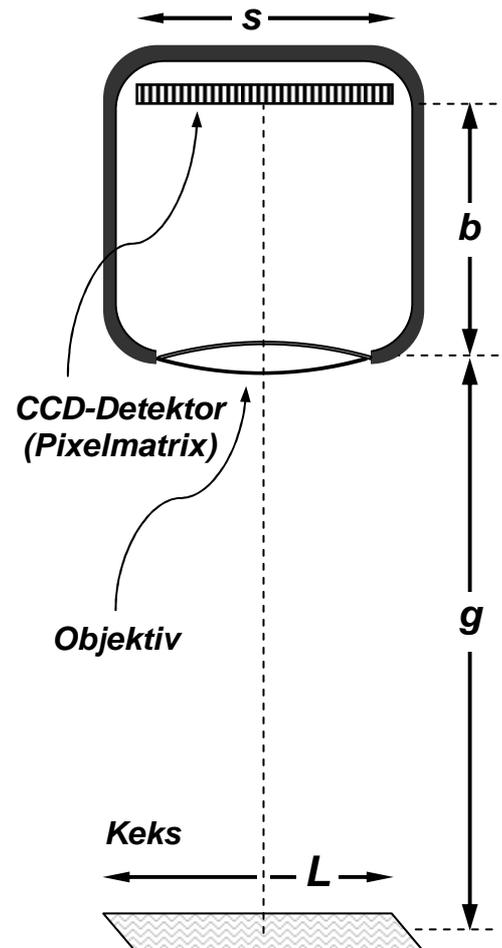
Tatsächlich schwankt die in Pixeln ausgedrückte Bildlänge der Kekse auf dem Detektor um viel mehr als ein Pixel. Eine Messreihe ergibt folgende Einzelwerte:

1622, 1665, 1616, 1611, 1627, 1652, 1633,  
1623, 1632, 1646, 1650, 1648, 1664, 1620

- Wie groß sind Mittelwert, Standardabweichung und mittlerer Fehler des Mittelwerts dieser Reihe ?

Die Fehler für  $g$  und  $b$  sind  $\Delta g = 1$  cm und  $\Delta b = 1$  mm.

- Wie lautet das gerundete Ergebnis (eine signifikante Stelle für den Fehler) für die Länge  $L$  der Kekse mit absoluter und relativer Fehlerangabe ?



*Hinweis :*

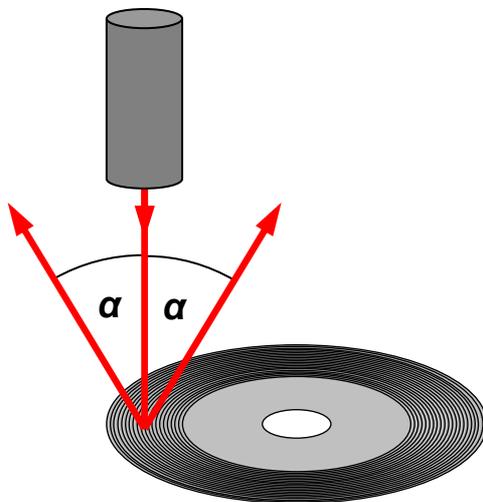
*Das Objektiv ist als dünne Linse zu betrachten.*

Wintersemester 2010/2011	Blatt 6 (von 6)
Studiengang: BTB2 / CIB2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 2012 (2011)

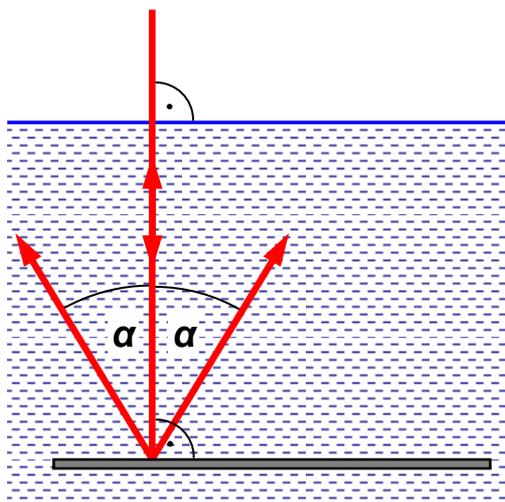
**Aufgabe 6: Compact Disc**

**(20 Punkte)**

Seit Laserpointer für wenig Geld erhältlich sind, ist es sehr einfach geworden, Beugungsexperimente mit Licht vorzuführen. Als Beugungsobjekt bietet sich dabei eine Compact Disc (CD) an, deren Datenspuren ein gut geeignetes Reflexionsgitter bilden. Wird der Laserstrahl senkrecht darauf gerichtet, treten symmetrisch zur Einstrahlrichtung Beugungsmaxima in einer Ebene quer zur Richtung der Datenspuren auf (siehe obere Skizze).



- Ein Laserpointer gibt rotes Licht der Wellenlänge 655 nm ab. Berechnen Sie Wellenzahl und Frequenz des Lichts.
- Wird der Lichtstrahl auf eine CD gerichtet, treten Maxima 1. Ordnung unter Winkeln  $\alpha = \pm 24^\circ$  auf. Welchen Abstand haben die Datenspuren ?
- Verwendet man einen grünen Laserpointer, bilden sich Maxima 1. Ordnung unter den Winkeln  $\alpha = \pm 19^\circ$ . Welche Wellenlänge hat sein Licht ?



Das Experiment mit dem roten Laserpointer wird wiederholt, diesmal liegt die CD jedoch eben in einem Becken und ist vollkommen mit Wasser bedeckt (siehe untere Skizze).

- Unter welchen Winkeln zur Einfallrichtung treten nun Beugungsmaxima im Wasser auf ?
- Welche dieser in die einzelnen Winkelrichtungen abgebeugten Strahlen lassen sich auch oberhalb der Wasseroberfläche beobachten ?

Angaben: *Lichtgeschwindigkeit in Luft / Vakuum*  $c_0 = 3 \cdot 10^8$  m/s  
*Brechzahl von Wasser*  $n = 1,33$