

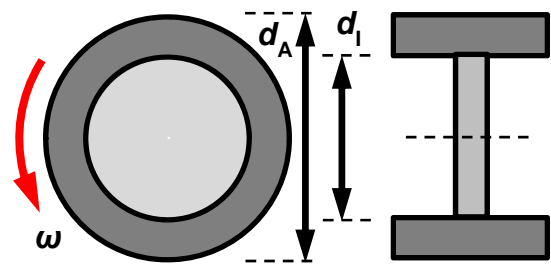
Sommersemester 2018	Blatt 1 (von 6) + Millimeterpap.
Studiengang: BTB2 / CIB2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 1012001
Hilfsmittel: Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 120 Minuten

**Gesamtpunktzahl: 120**

**Aufgabe 1: KERS (Kinetic Energy Recovery System)**

**(20 Punkte)**

Nachdem in der Formel 1 Systeme zur kurzzeitigen Speicherung kinetischer Energie mit Hilfe eines Schwungrads zugelassen wurden, erprobte Volvo ab 2012 ihre Verwendung im Pkw. Auf Basis publizierter und geschätzter Daten werden hier einige Abschätzungen vorgenommen.



Massenträgheitsmoment eines Hohlzylinders der Masse  $m$  mit den Außen- und Innenradien  $r_A$  und  $r_I$ :

$$J = \frac{1}{2} m (r_A^2 + r_I^2)$$

**Angaben:**

Durchmesser außen	$d_A = 20 \text{ cm}$
Durchmesser innen	$d_I = 14 \text{ cm}$
Masse Außenring	$m_R = 5,4 \text{ kg}$
Masse Trägerscheibe	$m_T = 0,6 \text{ kg}$
Maximale Drehzahl	$n_m = 64000 \text{ min}^{-1}$

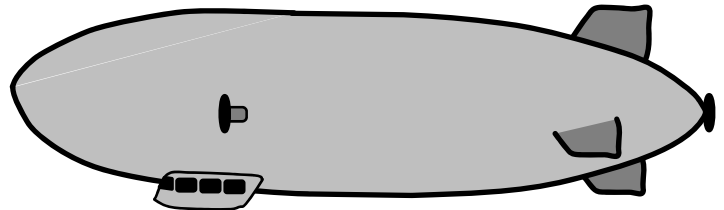
- Welches Massenträgheitsmoment  $J$  hat das Schwungrad insgesamt ?
- Welche Rotationsenergie  $E_{\max}$  kann das Schwungrad maximal speichern ?
- Welche Tangentialgeschwindigkeit hat ein Punkt auf der Außenfläche des Schwungrads bei maximaler Drehzahl? Welche Beschleunigung wirkt dabei auf diesen Punkt und welche Richtung hat sie ?
- Die gespeicherte Energie  $E_{\max}$  wird innerhalb einer Zeitspanne von 5,5 s abgegeben. Welche mittlere Leistung liefert das System dabei ?
- Welchen Drehimpuls hat das Schwungrad bei maximaler Drehzahl ? Welches mittlere Bremsdrehmoment und welche Winkelbeschleunigung wirkt während der Energieabgabe in Teilaufgabe d) auf das Schwungrad ?
- Durch eine sehr kleine Unwucht des Schwungrads regt es eine Schwingung mit der Kreisfrequenz seiner Rotation an. Welche Frequenz hat diese Schwingung bei maximaler Drehzahl ? Wäre sie im Prinzip - bei ausreichender Amplitude - hörbar ?

Sommersemester 2018	Blatt 2 (von 6)
Studiengang: BTB2 / CIB2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 1012001

**Aufgabe 2: Luftschiff**

**(20 Punkte)**

1993 begann in Friedrichshafen die Entwicklung des Luftschiffs *Zeppelin NT*, von dem inzwischen fünf Serienexemplare hergestellt wurden. Nachfolgend werden auf Basis der publizierten technischen Daten einige Abschätzungen seiner Eigenschaften vorgenommen.



- a) Die Hülle des Luftschiffs kann maximal  $8425 \text{ m}^3$  Traggas fassen. Welche Gesamtmasse dürfte das Luftschiff demnach höchstens aufweisen, damit es bei abgeschalteten Propellern in Ruhe schwebt ?
- b) Welche Masse hat das in der Hülle des Luftschiffs enthaltene (und zu seiner in Teilaufgabe a) berechneten Gesamtmasse zählende) Helium ?

Um zur Änderung der Flughöhe kein Traggas ablassen zu müssen, wird jedoch – anders als bei früheren Luftschiffen - ein Teil des nötigen Auftriebs durch die Propeller erzeugt.

- c) Welche Auftriebskraft liefern die Propeller, wenn das voll beladene Luftschiff schwebt ?

Zur Vereinfachung werde nun angenommen, der Querschnitt des Luftschiffs sei kreisrund.

- d) Welche Luftwiderstandskraft ergibt sich bei Bewegung mit der Höchstgeschwindigkeit und welche mechanische Antriebsleistung ist erforderlich, um sie zu halten ?

Der Startplatz des Luftschiffs in Friedrichshafen liegt 400 m über dem Meeresspiegel.

- e) Das Luftschiff startet bei einem Luftdruck von 0,970 bar und steigt bis zur Dienstgipfelhöhe auf. Welcher Luftdruck herrscht in dieser Höhe (die Temperatur sei konstant) ?

Abmessungen:

<i>Gesamtmasse voll beladen</i>	$m_{\text{ges}}$	= 10690 kg
<i>Durchmesser</i>	$d$	= 14,16 m
<i>Hüllenvolumen</i>	$V$	= $8425 \text{ m}^3$
<i><math>c_w</math>-Wert</i>	$c_w$	= 0,08
<i>Dichte Helium</i>	$\rho_{\text{He}}$	= $0,178 \text{ g/dm}^3$
<i>Dichte Luft</i>	$\rho_{\text{Lu}}$	= $1,200 \text{ g/dm}^3$

Geschwindigkeiten und Steighöhe:

<i>Höchstgeschwindigkeit</i>	125 km/h
<i>Reisegeschwindigkeit</i>	115 km/h
<i>Dienstgipfelhöhe</i>	2600 m

Sommersemester 2018	Blatt 3 (von 6)
Studiengang: BTB2 / CIB2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 1012001

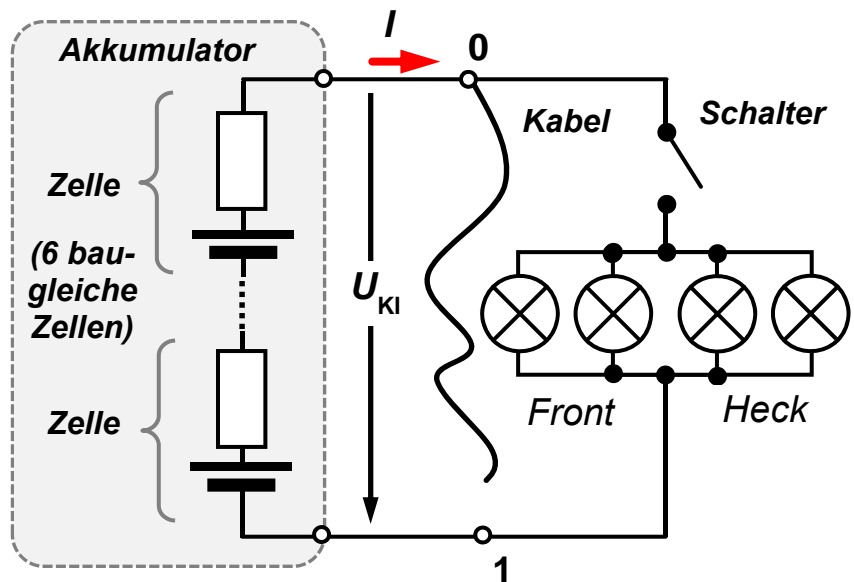
**Aufgabe 3: Autobatterie (Akkumulator)**

(18 Punkte)

Eine Autobatterie enthält sechs baugleiche Zellen in Serienschaltung. Die Klemmenspannung  $U_{KI}$  zwischen ihren Polen hängt von der Belastung ab.

Der Wert der Klemmenspannung ohne Belastung heißt Leerlaufspannung  $U_0$ .

Allen Abschätzungen zum Speichervermögen wird die etwas kleinere Nennspannung  $U_N$  zugrunde gelegt.



Die Skizze zeigt schematisch das elektrische Schaltbild eines Autos mit dieser Batterie und dem Stromkreis für die Ablendbeleuchtung. Die zugehörigen Lampen an Front und Heck werden mit dem Schalter in Betrieb genommen.

Angaben

Kapazität Akkumulator	$C = 72 \text{ Ah}$
Leerlaufspannung	$U_0 = 12,8 \text{ V}$
Nennspannung	$U_N = 12,0 \text{ V}$

- Welche Energiemenge enthält der voll aufgeladene Akkumulator (Angabe in J) ?
- Bei Ablendlicht sind in den beiden Frontscheinwerfern Lampen einer Leistung von jeweils 55 W in Betrieb, in den beiden Heckleuchten solche von je 5 W. Diese Werte gelten für 12 V Betriebsspannung. Welche Widerstände haben diese Lampen ?

Bei Einschalten des Ablendlichts sinkt die Klemmenspannung von  $U_0$  (12,8 V) auf 12,7 V.

- Welcher Strom  $I$  fließt bei eingeschaltetem Ablendlicht ?
- Welchen Innenwiderstand hat die Autobatterie insgesamt und welche jeweiligen Innenwiderstände haben die einzelnen Zellen ?

Der Fahrer möchte Starthilfe geben. Beim Hantieren mit dem Starthilfekabel schließt er versehentlich die Batterie kurz, so dass nun die Punkte 0 und 1 leitend verbunden sind.

- Angenommen, alle Verbindungen und Kontaktstellen wären ideal leitend - welcher Strom würde dabei kurzzeitig durch das Kabel fließen (bis es dann durchgebrannt ist) ?
- Welche Heizleistung würde während des Kurzschlusses in der Batterie freigesetzt ?

Sommersemester 2018	Blatt 4 (von 6)
Studiengang: BTB2 / CIB2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 1012001

**Aufgabe 4: Flaschentöne**

(32 Punkte)

In einem Experiment wurde die Frequenz des Tons gemessen, der bei Anblasen einer teilweise mit Wasser gefüllten Flasche entsteht. Sie hängt vom aktuell vorhandenen freien Luftvolumen  $V_0$  im Korpus der Flasche und damit vom Füllstand ab. Nach HELMHOLTZ gilt für diese Tonfrequenz  $f$  als Funktion von  $V_0$ :

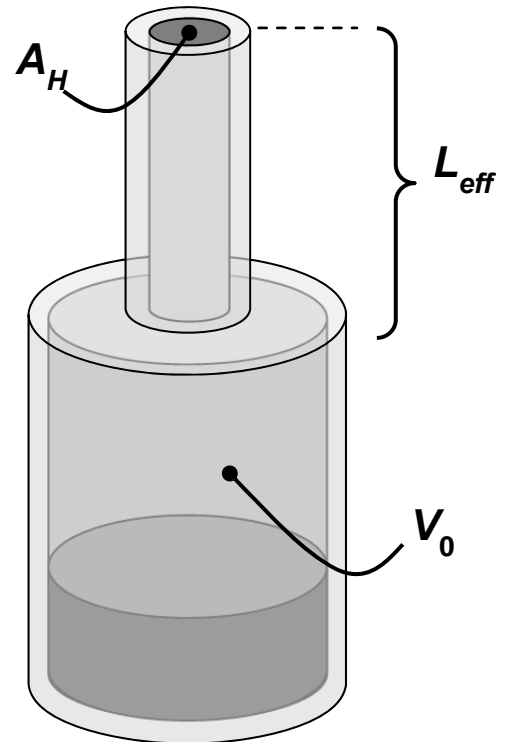
$$f(V_0) = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{A_H}{V_0 \cdot L_{eff}}}$$

Angaben zum Experiment:

$c$	Schallgeschwindigkeit	340 m/s
$d_H$	Halsdurchmesser	18,5 mm
$A_H$	Halsquerschnittsfläche	kreisrund
$L_{eff}$	effektive Halslänge	

Die im Experiment gemessenen Frequenzwerte sind nachstehend aufgeführt:

$V_0 / \text{cm}^3$	50	100	150	200	300	450	750
$f / \text{Hz}$	380	285	234	208	170	140	108

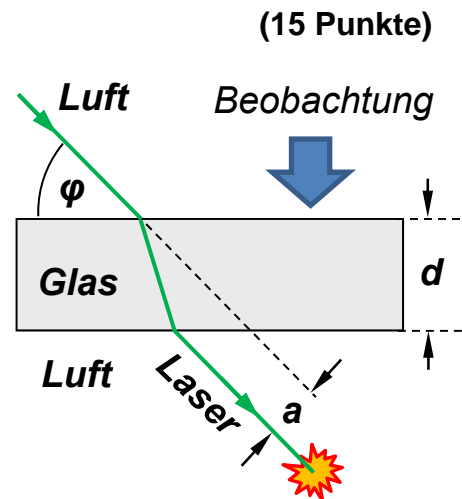


- Erstellen Sie ein Diagramm zur Überprüfung der von HELMHOLTZ aufgestellten Formel. Tragen Sie dazu die Frequenz so gegen die Volumenwerte auf, dass sich bei deren Gültigkeit eine Gerade ergibt. (*Millimeterpapier auf der letzten Seite der Klausur !*)
- Legen Sie eine Ausgleichsgerade durch die Messwerte und ermitteln Sie ihre Steigung.
- Berechnen Sie aus dem in b) ermittelten Steigungswert der Geraden die effektive Halslänge  $L_{eff}$  der verwendeten Flasche.
- Schätzen Sie grafisch mit Hilfe von in das Diagramm eingezeichneten Fehlergeraden die Messunsicherheit  $\Delta L_{eff}$  für die effektive Halslänge ab.
- Geben Sie das Endresultat für  $L_{eff}$  sowohl mit der absoluten als auch mit der relativen Messunsicherheit an. Runden Sie die Unsicherheit jeweils auf eine signifikante Stelle.

Sommersemester 2018	Blatt 5 (von 6)
Studiengang: BTB2 / CIB2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 1012001

**Aufgabe 5: Photoreaktion**

In einem Gefäß soll mit Laserlicht hoher Intensität eine photoinduzierte Reaktion gestartet werden. Die Einstrahlung erfolgt – wie auch die Kontrolle der Reaktion – durch ein dickwandiges Quarzglasfenster in der Gefäßwand. Um eine Beobachtung ohne störende Reflexe zu ermöglichen, muss der Laserstrahl dabei schräg unter dem Winkel  $\varphi$  eingestrahlt werden. Dies führt allerdings zu einem seitlichen Versatz  $a$  des Strahls relativ zur ursprünglichen Einstrahlrichtung. Die Situation ist nebenstehend schematisch wiedergegeben.



- Was ist der Grund für den seitlichen Versatz des Laserstrahls (*bitte kurz erklären*) ?
- Ein Techniker behauptet, wegen der Totalreflexion müsse der Einstrahlwinkel  $\varphi$  unterhalb eines Grenzwerts von  $43,6^\circ$  bleiben. Stimmt das (*Antwort bitte begründen*) ?
- Berechnen Sie den Versatz des Laserstrahls für die nachstehenden Werte.

Angaben

Dicke Glasfenster	$d = 8 \text{ mm}$	Brechzahl von Quarzglas	$n_G = 1,45$
Einstrahlwinkel	$\varphi = 30^\circ$	Brechzahl von Luft	$n_L = 1,00$

Sommersemester 2018	Blatt 6 (von 6)
Studiengang: BTB2 / CIB2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 1012001

**Aufgabe 6: Strömungsmessung**

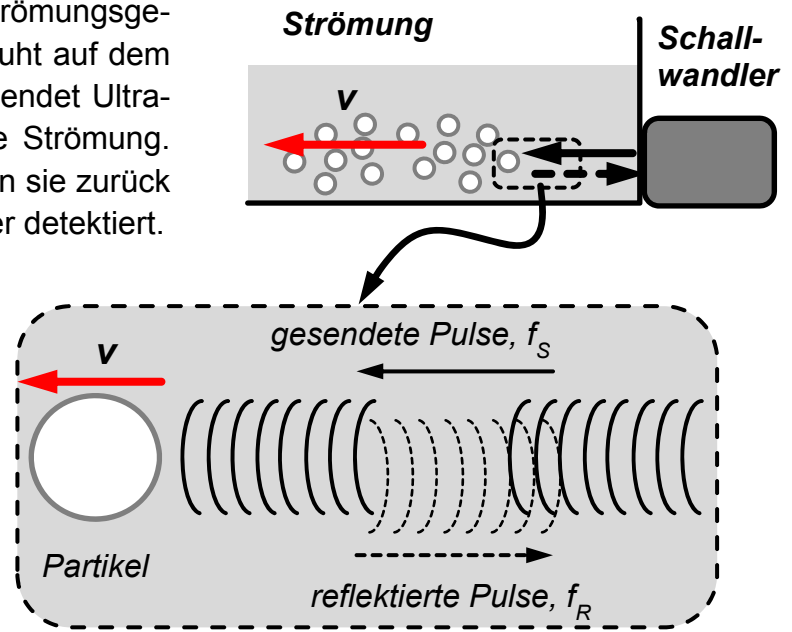
(15 Punkte)

Eine Methode zur Messung der Strömungsgeschwindigkeit von Flüssigkeiten beruht auf dem Doppler-Effekt: Ein Schallwandler sendet Ultraschall-Pulse der Frequenz  $f_S$  in die Strömung. Treffen sie darin auf Partikel, werden sie zurück reflektiert und mit dem Schallwandler detektiert.

Der Wandler misst für die Frequenz des von den Partikeln zurück reflektierten Schalls den Wert  $f_R$ . Dieser hängt direkt von der Geschwindigkeit  $v$  der Partikel ab. In der skizzierten Geometrie gilt:

$$\frac{f_S - f_R}{f_S} = \frac{\Delta f}{f_S} = 2 \cdot \frac{v}{c}$$

Dabei ist  $c$  die Schallgeschwindigkeit in der Flüssigkeit.



Angaben für einen Messaufbau

Schallgeschwindigkeit	$c = 1500 \text{ m/s}$
Sendefrequenz Ultraschall	$f_S = 625 \text{ kHz}$
Messbereich	$0,05 \text{ m/s} \dots 9 \text{ m/s}$

- Zwischen welchen Grenzwerten bewegt sich die Frequenzverschiebung  $\Delta f$  für den angegebenen Messbereich des Aufbaus ?
- Mit welcher Genauigkeit muss die Frequenzmessung erfolgen, um eine Änderung der Strömungsgeschwindigkeit von  $0,01 \text{ m/s}$  noch nachweisen zu können ?
- Welche Auswirkung auf die Genauigkeit der Geschwindigkeitsmessung würde eine Erhöhung der Sendefrequenz  $f_S$  haben (*Antwort bitte begründen*) ?
- Leiten Sie den oben angegebenen Ausdruck für  $\Delta f / f_S$  her. Unter welcher Voraussetzung gilt die dabei verwendete Näherung ?

