

Wintersemester	2011/2012	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: Hybridfahrzeug**

**(20 Punkte)**

Ein Fahrzeug mit Hybrid-Antrieb wird im rein elektrischen Betrieb gefahren. Die dabei für einige Situationen zu erwartenden Fahreigenschaften sind zu berechnen. Im Akkumulator ist jeweils die elektrische Energie  $E_{el}$  gespeichert. Sie wird im Antriebsstrang mit dem Wirkungsgrad  $\eta$  in mechanische Arbeit umgewandelt.

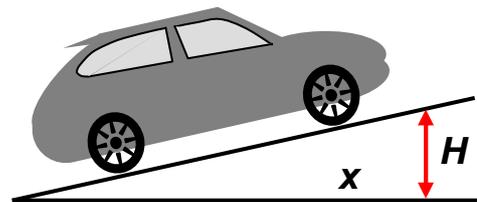
In einer ersten Abschätzung sind alle Reibungseffekte zu vernachlässigen.

a) Wie oft kann das Fahrzeug aus der Ruhe auf 50 km/h beschleunigt werden ?

Bei langsamer Fahrt ist die Rollreibung zu berücksichtigen.

b) Welche Strecke kann das Fahrzeug dabei maximal in der Ebene zurück legen ?

c) Das Fahrzeug befindet sich am Fuß einer Bergstrecke mit der konstanten Steigung  $H/x = 5\%$ . Welche vertikale Höhendifferenz  $H$  kann es höchstens überwinden ?



Bei schneller Fahrt mit der Geschwindigkeit  $v$  kann die Rollreibung gegenüber der Luftwiderstandskraft  $F_{Luft}$  aufgrund der turbulenten Umströmung vernachlässigt werden.

d) Der Elektromotor liefert unabhängig von der Drehzahl die mechanische Leistung  $P_{mot}$ . Welche Höchstgeschwindigkeit  $v_{max}$  erreicht das Fahrzeug in der Ebene ?

**Angaben**

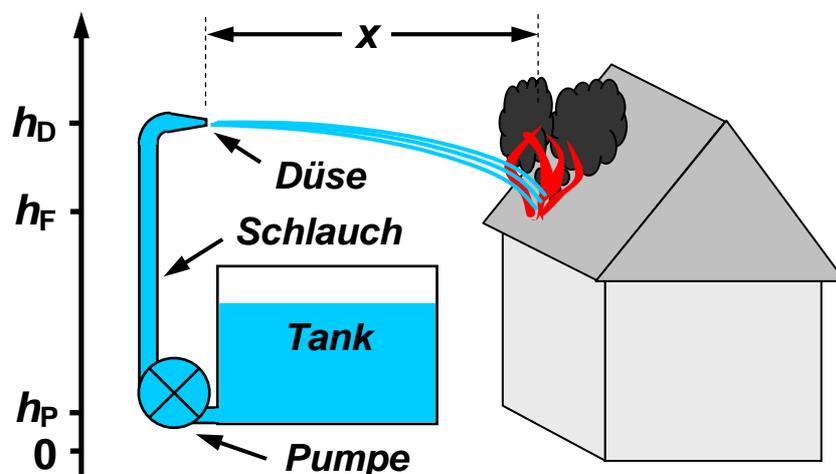
Elektrische Energie	$E_{el} = 1,7 \text{ kWh}$	Breite des Fahrzeugs	$B = 1,94 \text{ m}$
Wirkungsgrad	$\eta = 90\%$	Höhe des Fahrzeugs	$H = 1,70 \text{ m}$
Mechan. Motorleistung	$P_{mot} = 34 \text{ kW}$	Luftwiderstandsbeiwert	$c_w = 0,36$
Masse Fahrzeug	$m = 2500 \text{ kg}$	Dichte von Luft	$\rho = 1,25 \text{ g/dm}^3$
Rollreibungszahl	$\mu_r = 0,02$		

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

**Aufgabe 2: Feuerwehreinsatz**

**(20 Punkte)**

Ein im Dachgeschoss eines Hauses ausgebrochenes Feuer ist zu löschen. Dazu wird Wasser aus dem Tank eines Löschfahrzeugs mit einer Pumpe durch den Schlauch in die Höhe  $h_D$  zur Düse gefördert und von dort in das Feuer gespritzt. Dieses befindet sich unterhalb der Düse in der Höhe  $h_F$  und hat die horizontale Entfernung  $x$  zur Düse.



- Welche Geschwindigkeit muss der waagrecht aus der Düse austretende Wasserstrahl haben, damit er in das Feuer trifft ?
- Welche mittlere Strömungsgeschwindigkeit hat dann das Wasser im Schlauch ?
- Mit welchem Druck muß die Pumpe an ihrem sich in der Höhe  $h_P$  befindenden Auslass das Wasser in den Schlauch pressen, damit der Strahl das Feuer trifft ?
- Wie lange kann Wasser gespritzt werden, wenn der Tank zu Beginn voll gefüllt ist ?

**Angaben**

*Schlauch und Düse sind von kreisförmigem Querschnitt.*

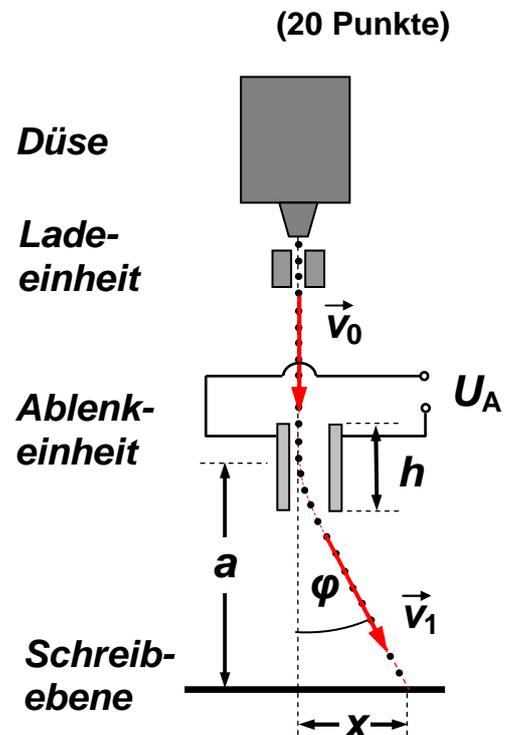
- $h_D = 10 \text{ m}$     Höhe Düse über Grund
- $h_F = 8 \text{ m}$     Höhe Feuer über Grund
- $h_P = 1 \text{ m}$     Höhe Pumpeneinlass über Grund
- $x = 8 \text{ m}$     horizontale Distanz Düse - Feuer
- $d_S = 42 \text{ mm}$     Innendurchmesser Schlauch
- $d_D = 12 \text{ mm}$     Innendurchmesser Düse
- $V_T = 3000 \text{ l}$     Tankinhalt

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

**Aufgabe 3: Continuous Ink Jet (CIJ) Drucker**

Das Mindesthaltbarkeitsdatum wird oft mit einem CIJ-Drucker auf eine Verpackung gedruckt. Dieser enthält einen Druckkopf, in dem eine Düse einen Strahl sehr kleiner Tintentröpfchen mit dem Volumen  $V$  und der Geschwindigkeit  $v_0$  erzeugt. Sie werden elektrisch negativ aufgeladen und durchlaufen dann eine Ablenkeinheit mit zwei planparallelen Elektroden, zwischen denen die variable Spannung  $U_A$  anliegt. Im effektiven Abstand  $a$  befindet sich darunter die zu bedruckende Oberfläche (Skizze).

- Welche Masse haben die Tintentröpfchen ?
- Die Schrifthöhe soll  $x = 12 \text{ mm}$  betragen. Um welchen Winkel  $\varphi_m$  müssen die Tröpfchen dafür maximal abgelenkt werden können ? Wie ist die Spannung  $U_A$  dabei gepolt ?
- Welche Geschwindigkeit in  $x$ -Richtung haben die um  $\varphi_m$  abgelenkten Tröpfchen nach der Ablenkeinheit und welchen Betrag hat ihre Geschwindigkeit  $v_1$  ?



Die Elektroden in der Ablenkeinheit sind 1 mm voneinander entfernt. Aus Sicherheitsgründen darf die Ablenkspannung  $U_A$  maximal 500 V betragen.

- Welchen Wert hat dann die elektrische Feldstärke zwischen den Elektroden ?
- Welcher Ladungsbetrag muss demnach auf die Tröpfchen aufgebracht werden ?
- Bei gleichbleibendem Abstand  $a$  zwischen Ablenkeinheit und Schreibebene soll die Schrift größer werden. Wie ist  $v_0$  zu verändern (*qualitative Antwort, bitte begründen*) ?

Angaben

- Abstand zur Schreibebene  $a$  : 15 mm
- Länge der Ablenkeinheit  $h$  : 7 mm
- Tropfengeschwindigkeit  $v_0$  : 25 m/s
- Volumen der Tropfen  $V$  : 10 pl (Picoliter)
- Dichte der Tinte  $\rho$  : 1 g/cm<sup>3</sup>

Die Luftreibung ist zu vernachlässigen

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

**Aufgabe 4: Schwingungsdämpfung am AFM**

(22 Punkte)

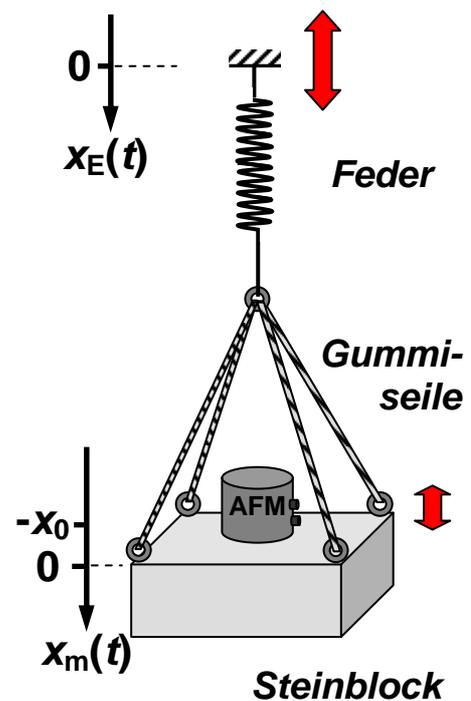
Ein Rasterkraftmikroskop (AFM) muss vibrationsfrei stehen. Bereits Schwingungen kleiner Amplitude, die etwa durch Maschinen oder Straßenverkehr in einem Gebäude verursacht werden, können bei Übertragung auf das Gerät dazu führen, dass es keine brauchbaren Bilder mehr liefert.

Das AFM der Fakultät Grundlagen steht deshalb auf einem Steinblock, der an einer Anordnung aus Gummiseilen und einer Feder hängt.

- a) Bei Anhängen des Blocks mit dem AFM verlängern sich Feder und Gummiseile insgesamt um die Strecke  $x_0$ . Welche effektive Federkonstante hat die Aufhängung ?
- b) Welche vertikale Schwingungsfrequenz hätte das System, wenn sich die Aufhängung wie eine ideale, reibungsfreie Feder verhielte ?

In der Realität führt die große innere Reibung im Gummi zu einer erheblichen viskosen Dämpfung.

- c) Nach 2 Perioden hat die Amplitude des Systems auf 5% des Anfangswerts abgenommen. Welche Werte haben Abklingkonstante  $\delta$  und Dämpfungsgrad  $D$  (zur Rechnung ist hier näherungsweise  $\omega_0 \approx \omega_d$  anzunehmen) ?
- d) Welche Resonanzfrequenz hat das System ?
- e) Eine Vibration im Gebäude führt zu einer harmonischen Vertikalbewegung  $x_E(t)$  am Aufhängepunkt. Sie hat die Amplitude  $x_{E0} = 100 \mu\text{m}$  und die Frequenz  $f_E = 50 \text{ Hz}$ . Welchen Maximalwert  $F_E$  hat die periodisch auf den Block einwirkende Kraft und mit welcher Amplitude schwingt der Block ?



Angaben

- $m = 16 \text{ kg}$  Masse Steinblock mit AFM
- $x_0 = 15 \text{ cm}$  Auslenkung bei Anhängen des Steinblocks mit AFM

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

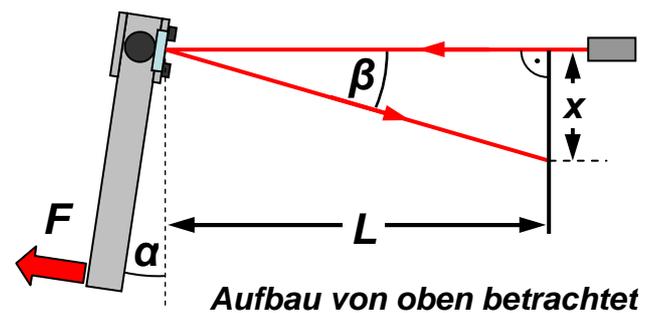
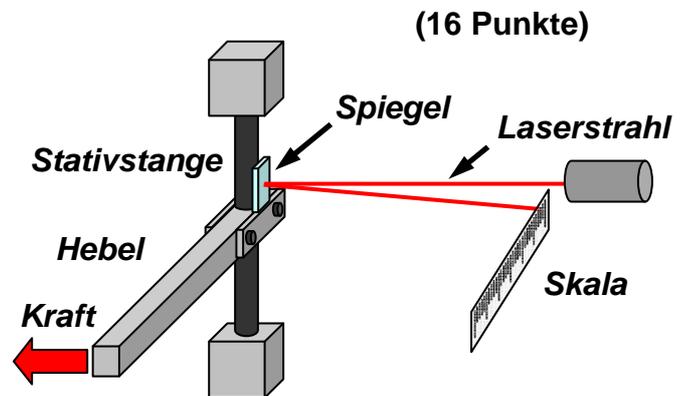
### Aufgabe 5: Winkelmessung

In einem Experiment wird untersucht, ob eine eingespannte Stativstange von Hand unter Verwendung eines Hebels entlang ihrer Längsachse messbar tordiert (verdrillt) werden kann. Für die messtechnische Erfassung der zu erwartenden kleinen Winkeländerungen wird der nebenstehend skizzierte Aufbau verwendet.

Da alle Winkel sehr klein sind, ist immer die folgende Näherung zu verwenden :

$$\sin \varphi \approx \tan \varphi \approx \varphi$$

- Welcher Zusammenhang besteht zwischen dem Drehwinkel  $\alpha$  und dem Ablenk Winkel  $\beta$  des Laserstrahls ?
- Wie berechnet sich der Drehwinkel  $\alpha$  der Stativstange aus der Verschiebung  $x$  des Lichtpunkts auf der Skala ?



Der Abstand  $L$  zwischen Spiegel und Skala ist mit der Genauigkeit  $\Delta L$  bekannt. Der mittlere Fehler bei Ablesung der Skala beträgt  $\Delta x$ .

- Welcher absolute und welcher relative Größtfehler ergeben sich demnach allgemein für den Drehwinkel  $\alpha$  ?

Der Abstand zwischen Skala und Spiegel beträgt  $L = 2,00 \pm 0,04$  m.

- Für einen bestimmten Drehwinkel  $\alpha$  bewegt sich der Lichtpunkt 5 cm auf der Skala. Mit welcher Ablesegenauigkeit  $\Delta x$  muss die Position des Lichtpunkts bestimmt werden, damit der Winkel  $\alpha$  auf  $0,1^\circ$  genau ermittelt werden kann ?
- Geben Sie den Winkel  $\alpha$  aus Teilaufgabe d) mit absolutem und relativem Fehler an.

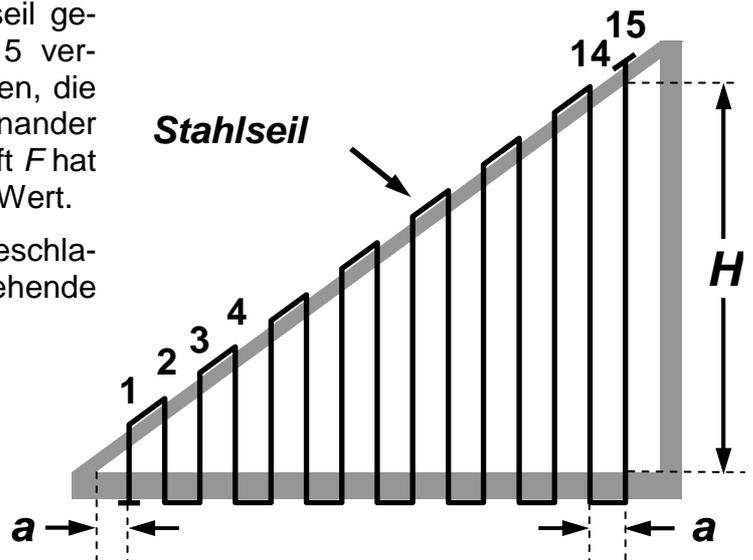
Wintersemester 2011/2012	Blatt 6 (von 6)
Studiengang: BTB2 / CIB2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 2012 (2011)

**Aufgabe 6: Treppengeländer**

**(22 Punkte)**

An einem Treppengeländer ist als optischer Raumteiler ein durchgehendes Stahlseil gespannt worden. Dabei haben sich 15 verschiedene lange freie Seilstücke ergeben, die jeweils den gleichen Abstand  $a$  voneinander besitzen (siehe Skizze). Die Spannkraft  $F$  hat an jeder Stelle des Seils den gleichen Wert.

Werden die einzelnen Seilstücke angeschlagen, bilden sich darauf jeweils stehende Wellen in Grundschiwingung.



Angaben

Höhe  $H$ : 225 cm  
 Spannkraft  $F$ : 100 N  
 Dichte des Seils  $\rho$ : 7,8 g/cm<sup>3</sup>  
 Seildurchmesser  $d$ : 2 mm

- Skizzieren Sie die Grundschiwingung.
- In welchem Zahlenverhältnis  $f_i / f_{i+1}$  stehen die Schwingungsfrequenzen der Seilstücke Nr. 1 und 2 sowie der Seilstücke Nr. 14 und 15 ?
- Mit welcher Frequenz  $f_{14}$  schwingt Seilstück Nr. 14 ?
- Welche Kreisfrequenz und Wellenzahl hat die stehende Welle auf Seilstück Nr. 14 ?
- Wählen Sie ein geeignetes Koordinatensystem und geben Sie darin eine Wellenfunktion für die stehende Welle auf Seilstück Nr. 14 an !
- Die maximale Schwingungsamplitude von Seilstück Nr. 14 beträgt 3 mm. Welche Maximalwerte folgen daraus für Bewegungsgeschwindigkeit und Beschleunigung ?

**Lösungsvorschlag**

**Compact Disc**

**Autor H Käß**

- a) Aus  $c = \lambda \cdot f$  folgt  $f = c / \lambda = 3 \cdot 10^8 / 655 \cdot 10^{-9} \text{ s} = 4,58 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$   
 $= 458 \text{ THz}$   
 Wellenzahl  $k = 2 \cdot \pi / \lambda = 6,28 / 655 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 9,593 \cdot 10^6 \text{ m}^{-1}$   
 $= 9,593 \cdot 10^4 \text{ cm}^{-1}$
- b) Gitterbeugung  $d = 1 \cdot \lambda / \sin \alpha_1 = 655 \cdot 10^{-9} \text{ m} / \sin 24^\circ =$   
 $= 1,6104 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 1,61 \mu\text{m}$
- c) Grüner Laser  $\lambda = d \sin \alpha_1 = 1,6104 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \sin 19^\circ = 524,3 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 524 \text{ nm}$
- d) Im Wasser ist die Wellenlänge geringer  $\lambda = \lambda_0 / n = 655 \text{ nm} / 1,33 = 492,5 \text{ nm}$   
 Beugungsmaxima im Wasser  $\sin \alpha_1 = 1 \cdot \lambda / d = 492,5 \cdot 10^{-9} / 1,61 \cdot 10^{-6} = 0,3058$   
 2. und 3. Ordnung  $\sin \alpha_2 = 2 \cdot \sin \alpha_1$  und  $\sin \alpha_3 = 3 \cdot \sin \alpha_1$   
 Daraus  $\alpha_1 = \pm 17,8^\circ$   $\alpha_2 = \pm 37,7^\circ$   $\alpha_3 = \pm 66,5^\circ$
- e) Der Grenzwinkel  $\alpha_g$  der Totalreflexion an der Grenzfläche Wasser / Luft folgt aus  
 $\sin \alpha_g = n_L / n_W = 1 / 1,33 = 0,752$  damit  $\alpha_g = 48,75^\circ$   
 Das bedeutet: Die gebeugten Strahlen **1. und 2. Ordnung** sind oberhalb der Wasseroberfläche **zu beobachten**, diejenigen der **3. Ordnung** dagegen **nicht**.

**!! Schematisch !!**

