SOMMERSEMESTER 2015	**Seite: 1 von 5**
Studiengang: CIB2, BTB2	**Prüfungsfach: Physik 2**
Prüfungsnummern: 2012,1012001 (Fachnummer)	
Semester: 2	**Semestergruppe: CIB2, BTB2**
Name Dozent(in): Hiesgen	**Erlaubte Hilfsmittel: Manuskript, Literatur, Taschenrechner**

120 Punkte können insgesamt erreicht werden.
Bitte die Lösungen nur auf den gehefteten Lösungsblättern erstellen!

<u>Aufgabe 1: Kurzaufgaben (20 Punkte)</u>

a) <u>Wasserdruck (5 Punkte)</u>

In einen Lösemittelvorratsbehälter wird ein Messfühler mit quaderförmiger Hülle eingetaucht. Das Lösemittel hat eine Dichte von $\rho = 0{,}86\,\frac{g}{cm^3}$.

Wie groß ist der Druck auf den Fühler in einer Tiefe von 2,50 m?

$$p = p_0 + \rho_W \cdot g \cdot h = 1013\,hPa + 860\,\frac{kg}{m^3} \cdot 9{,}81\,\frac{m}{s^2} \cdot 2{,}50m = 122391\,Pa$$

Wie groß ist die Kraft auf die Oberseite, die eine Kantenlänge von jeweils 10 cm besitzt?

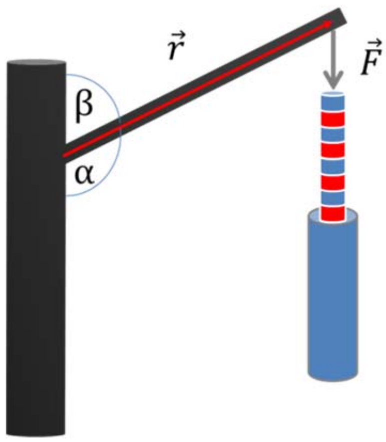
$$F = p \cdot A = 1223915\,Pa \cdot (0{,}1\,m)^2 = 122{,}4\,N$$

b) <u>Kurzschlussstrom (5 Punkte)</u>

Wie hoch ist der Kurzschlussstrom in einer 12-V Starterbatterie, wenn der Innenwiderstand 0,01 Ω beträgt?

$$I_{Kurz} = \frac{U}{R_{ges}} = \frac{12\,V}{0{,}01\,\Omega} = 1200\text{ A}$$

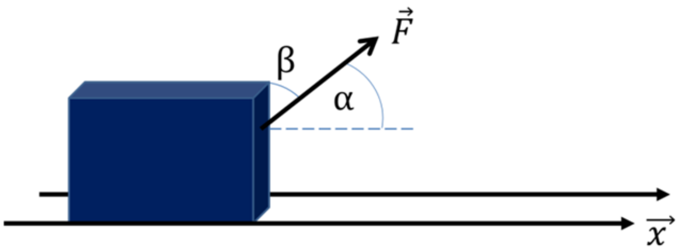
c) <u>Drehmoment (5 Punkte)</u>



Wie groß ist das Drehmoment, um den Arm im Scharnier senkrecht nach unten zu drücken?
F=25 N, Ortsvektor r=0,2 m, α=150°, β=30°

$$\vec{M} = \vec{r}\,x\,\vec{F} \qquad |\vec{M}| = r \cdot F \cdot sin\alpha = 0{,}2\,m \cdot 25\,N \cdot sin150° = 2{,}5\,Nm$$

d) **<u>Arbeit (5 Punkte)</u>**

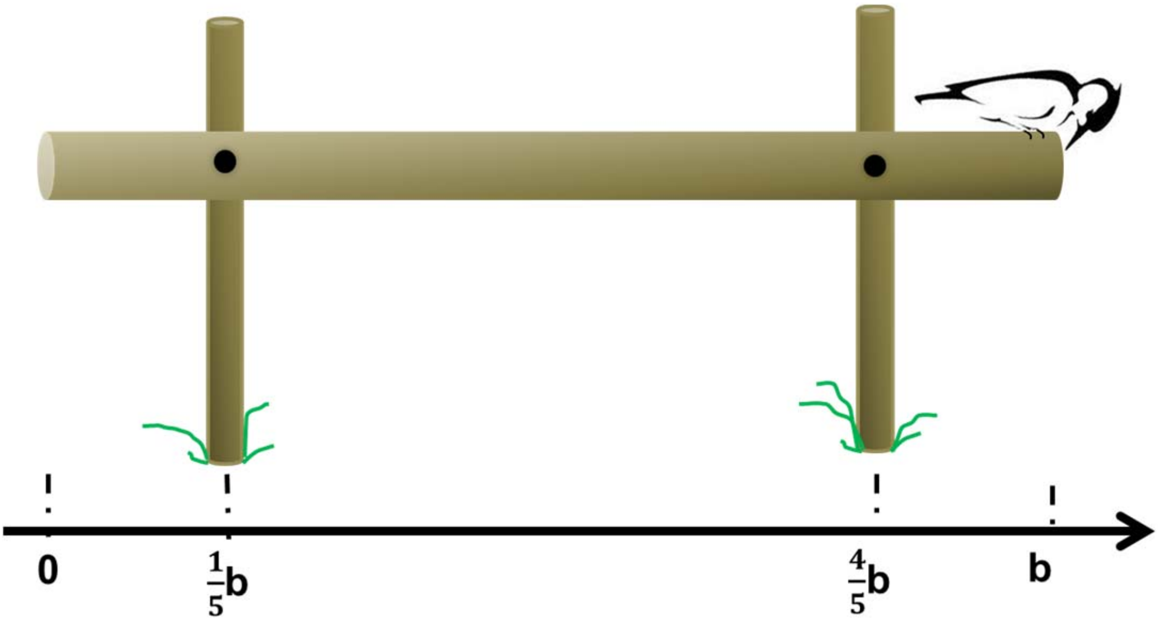


Wie groß ist die Arbeit, um den Koffer mit der Kraft F=75 N eine Strecke von 7 m über den waagerechten Bahnsteig zu ziehen?
α=70°, β=20°

$$W = \vec{F} \circ d\vec{x} \qquad W = F \cdot x \cdot cos\alpha = 75\,N \cdot 7\,m \cdot cos70° = 179{,}6\,J$$

Aufgabe 2: (15 Punkte)

Ein Specht trommelt auf das Ende eines Zaunbrettes ein. Ein vorbei kommender Wanderer hört den Ton und sieht die skizzierte Situation. Er schätzt die Ton-Frequenz auf f = 2 kHz und die Gesamtlänge des Brettes auf b=2 m.



a) Zeichnen sie die stehende Schallwelle mit Knoten und Bäuchen

b) Wie groß ist die Wellenlänge λ? $\frac{\lambda}{4} = \frac{b}{5}$ $\lambda = 4\frac{b}{5} = 2{,}0\ m$

c) Wie groß ist die Schallgeschwindigkeit in Holz?

$$c = \lambda \cdot f = 2{,}0\ m \cdot 2 \cdot 10^3\ Hz = 4000\ \frac{m}{s}$$

d) Zeichen sie die nächst höhere Oberschwingung

$$\frac{b}{5} = 0{,}5m = 5\ \frac{\lambda}{4} \qquad \lambda = 0{,}5\ m \cdot \frac{4}{5} \qquad \lambda = 0{,}4\ m$$

e) Welche Frequenz würde man nun hören?

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{4000\frac{m}{s}}{0{,}4\ m} = 10\ k\ Hz$$

Aufgabe 3: Seilbahn (25 Punkte)

Eine senkrecht verlaufende Seilbahn überbrückt eine Höhe von 1200 m. Die eine Kabine (kann als Punktmasse betrachtet werden) besitzt mit Nutzlast jeweils eine Masse von 1050 kg. Die Masse des Seils soll vernachlässigt werden. Das Seil wird mithilfe einer Rolle durch einen Elektromotor angetrieben. Die zweite Rolle führt das Seil reibungsfrei.
Die zylinderförmige Rolle mit Radius r=0,5 m hat ein Massenträgheitsmoment J_{Rolle} = 160 kg·m²

a) Wie groß ist das Drehmoment M_{Kabine}, das die Kabine auf die Rolle ausübt?

$M = F \cdot r \cdot sin\varphi$ mit φ=90° und $F = m \cdot g = 1050\ kg\ \cdot 9{,}81 \frac{m}{s^2} = 10300{,}5\ N$ gilt

$$M = 10300\ \ N \cdot 0{,}5\ m = 5150{,}25\ Nm$$

Der Antrieb und die Umlenkrolle am Boden erzeugen insgesamt ein Bremsmoment von M_{Brems}=200 Nm. Der Motor besitzt für den Antrieb ein Drehmoment von M_{Motor}= 5500 Nm.

b) Wie groß ist das resultierende Drehmoment, mit dem der Motor das Seil antreibt?

$$M_{ges} = -M_{kabine} + M_{Motor} - M_{Brems} = -5150{,}25\ Nm + 5500\ Nm - 200\ Nm = 149{,}75\ Nm$$

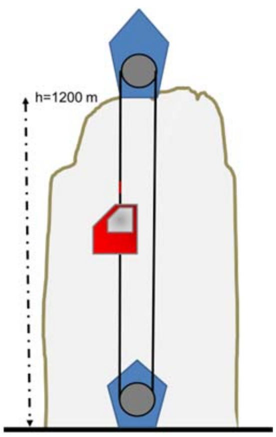
c) Wie groß ist die Winkelbeschleunigung α ?

$$M_{ges} = J_{ges} \cdot \alpha \qquad \alpha = M_{ges}/(J_{Rolle} + m_K \cdot r^2) = \frac{149{,}75\ \ Nm}{(160\ \mathrm{kg{\cdot}m^2} + 1050\ kg \cdot 0{,}5\ m^2)} = o{,}354\ \frac{1}{\mathrm{s}^2}$$

Die Seilrolle dreht sich im Betrieb mit $\omega_{\mathrm{Betrieb}} = 2{,}5 \frac{rad}{s}$.

d) Wie lange dauert die Beschleunigung des Seiles aus der Ruhe auf die Betriebsgeschwindigkeit?

$$\omega_{end} = \omega_0 + \alpha \cdot t \qquad t = \frac{\omega_{\mathrm{Betrieb}} - \omega_0}{\alpha} = \frac{2{,}5\,\frac{rad}{s}}{0{,}354\ \frac{1}{\mathrm{s}^2}} = 7{,}1\ s$$



Aufgabe 4: Interferenz (20 Punkte)

Weißes Licht fällt mit einem Winkel von φ=25° aus der umgebenden Luft (n_1=1) auf die Grenzfläche eines dünnen Ölfilms mit der Brechzahl n_2=1,5.

a) Wie groß ist der Winkel des Lichtes nach Durchtritt durch die Grenzfläche?

$$n_1 \sin \varphi_1 = n_{öl} \sin \varphi_{öl}$$

$$\varphi_{öl} = arcsin \frac{n_1 \sin \varphi_1}{n_{öl}} = 16{,}36°$$

Der Strahl wird am Boden reflektiert und tritt im Abstand *a* erneut durch die Grenzfläche.

b) Zeichnen sie den Verlauf des Strahles im Ölfilm ein.
c) Wie groß ist der Austrittswinkel dieses Strahles? 25°
d) Zeichnen sie den Gangunterschied der beiden Strahlen in die Skizze ein
e) Wie groß muss der Gangunterschied Δ mindestens sein, damit für eine Wellenlänge von λ=633 nm maximale konstruktive Interferenz auftritt?

$$\Delta = \lambda = 633\ nm$$

f) Wie dick muss dafür der Ölfilm mindestens sein?
g) Phasensprung des direkt reflektierten Strahles am optisch dichteren Medium, minimale Weglänge des reflektierten Strahles ist $\frac{\lambda}{2}$, Weg des reflektieren Strahles ist 2c

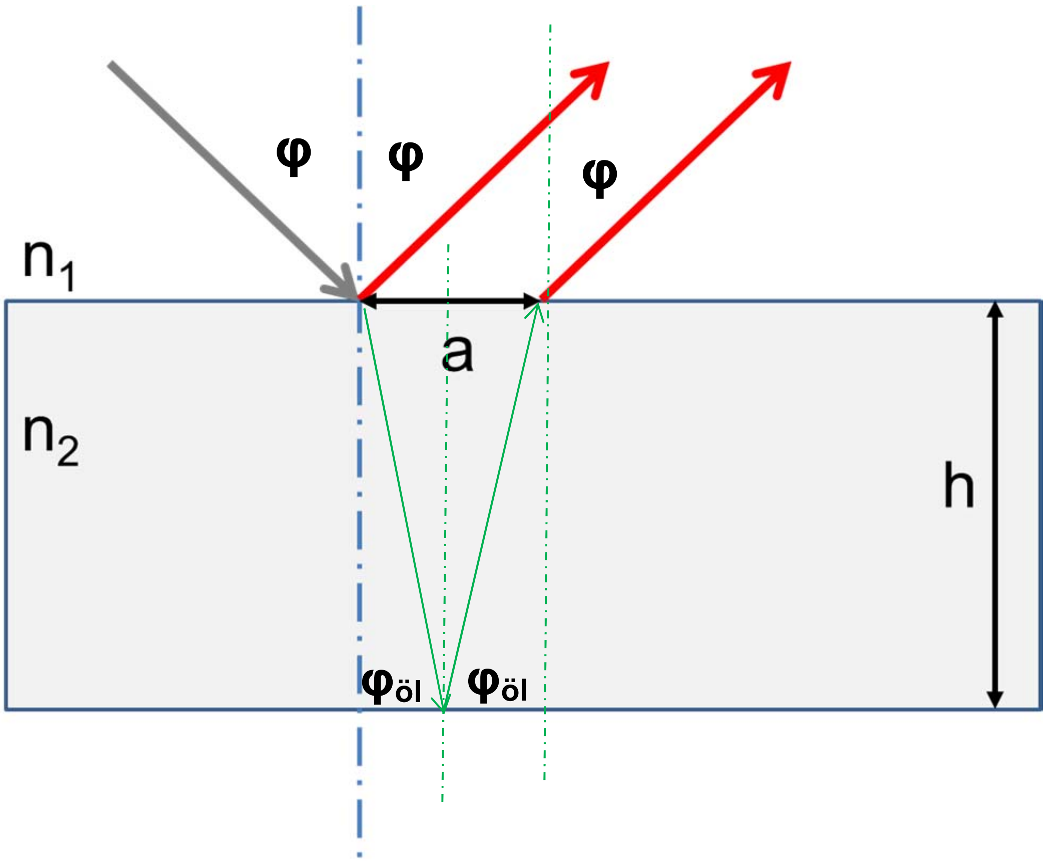
$a = \Delta / sin\ \varphi_{Luft}$ =1497,8 nm

Weglänge des refl. Strahles entspricht einem ungradzahligen Vielfachen von Lambda (Phasensprung), m=1,3,5... $2c = m\frac{\lambda}{2}$

$$(\frac{a}{2})^2 + h^2 = c^2$$

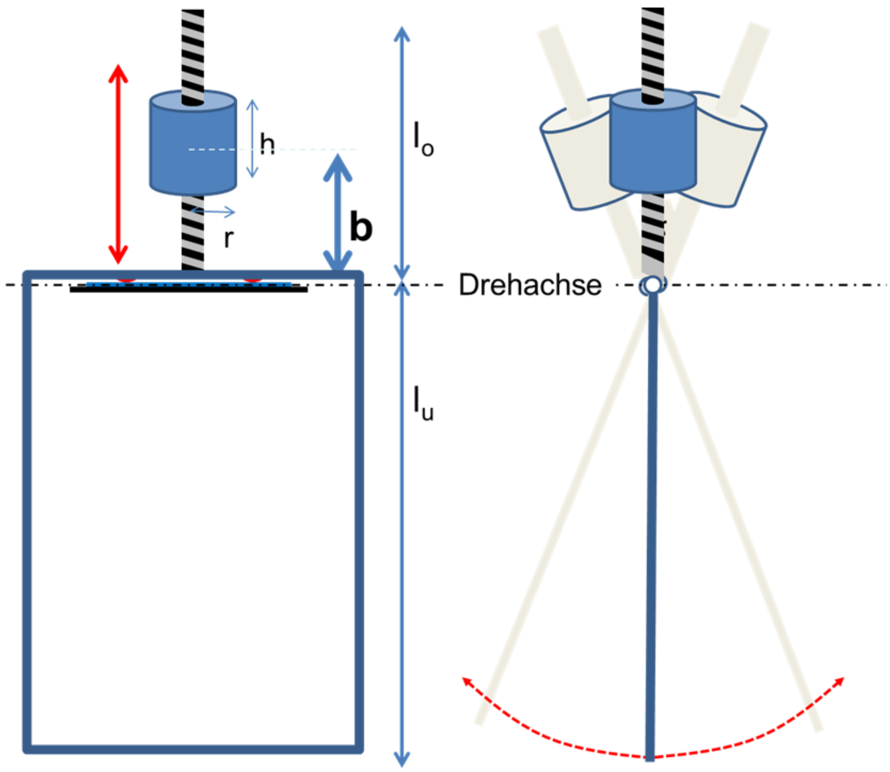
Die Gleichung wird erst für eine Wegdifferenz von $\frac{11\lambda}{4}$ erfüllt

$$h = \sqrt{(c)^2 - (\frac{a}{2})^2} = \sqrt{(\frac{11\lambda}{4})^2 - (\frac{\lambda}{sin\ \varphi_{Luft}})^2} = 887\ nm$$


φ
φ
φ
n_1
a
n_2
h
$φ_{öl}$
$φ_{öl}$

Aufgabe 5: Pendelhärte: (40 Punkte)

Eine Methode zur Messung der Härte von Beschichtungen ist die Pendeldämpfung. Das Pendel rollt mit zwei Kugeln über den Prüfling. Als Maß für die Härte dient die Anzahl der Drehschwingungen, bis die maximale Auslenkung durch Dämpfung von anfänglich 6° auf 3° abgefallen ist. Die Probe befindet sich in der Drehachse.



Das **starre** Pendel besteht aus einem Teil oberhalb der Drehachse mit

$$l_o = 0{,}15\,m, m_o = 0{,}1\,kg$$

$$J_o = 0{,}00075\,kg \cdot m^2$$

und einem Teil unterhalb der Drehachse mit:

$$l_u = 0{,}4\,m, m_u = 0{,}4\,kg$$

$$J_u = 0{,}024\,kg \cdot m^2$$

Zum Justieren der Schwingungsdauer befindet sich im oberen Teil eine Justiermutter der Masse m, deren Abstand b vom Schwerpunkt der Mutter zur Drehachse des Pendels verändert werden kann. Das Massenträgheitsmoment der Justiermutter bezüglich einer Drehung um ihre eigene Schwerpunktsachse beträgt

$$m_{JM} = 0{,}06\,kg,\ J_{JM} = 6 \cdot 10^{-6}\,kg \cdot m^2$$

Berechnen sie für den Abstand b = 0,15 m der Justiermutter von der Drehachse:

- das resultierende Massenträgheitsmoment der Justiermutter im Abstand b von der Drehachse
- das gesamte Massenträgheitsmoment des Pendels
- den Abstand x_S des Massenmittelpunktes des Pendels von seiner Drehachse
- die resultierende Schwingungsdauer T des Pendels
- Erwarten sie eine lineare Abhängigkeit der Schwingungsdauer von b? (ja oder nein, Begründung)

Unabhängig lösbar:

i) Die Amplitude ist nach 50 Schwingungen von anfänglich 6° auf 3° abgefallen.

Berechnen sie den Dämpfungsgrad ϑ. Man kann schwache Dämpfung annehmen.

Für die schwache Dämpfung gilt

$$\ln(\frac{\varphi(t1)}{\varphi(t1+n\cdot T)} = 2\cdot\pi\cdot\vartheta\cdot n$$

$$\vartheta = \ln\left(\frac{6°}{3°}\right)\frac{1}{2\pi\cdot n} = 0{,}0022$$

Damit bestätigt sich die Annahme einer schwachen Dämpfung mit $\vartheta < 0{,}1$.

Aufgabe 6: Pendelhärte: (20 Punkte)

Bei einer Messung der Schwingungsdauer wurden bei Variation des Abstands b folgende Messwerte erhalten:

b / m	0,036	0,051	0,105	0,127	0,151
T / s	0,896	0,905	0,925	0,940	0,945

a) Erstellen sie ein Diagramm der Abhängigkeit der Schwingungsdauer T von b.
b) Bestimmen sie durch einen linearen Fit eine konkrete Funktion T(b) (incl. Messunsicherheiten von Steigung und Achsenabschnitt) T=......

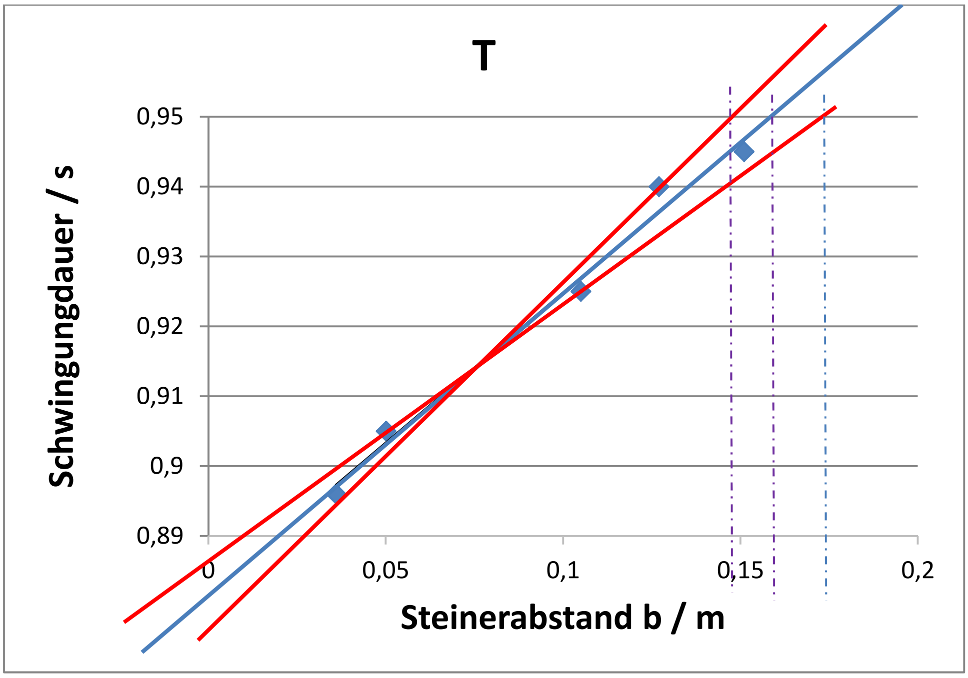
Die Anleitung schreibt bei korrekter Kalibration eine Schwingungsdauer von T=0,935 s ± 0,003 s vor.

c) Berechnen sie den korrekten Abstand b.
d) Geben sie das Ergebnis mit abs. und rel. Messunsicherheit an.

Aus der Anleitung geht hervor, dass der Abstand der Justiermutter mit einer Messgenauigkeit von Δb=±0,3 mm eingestellt werden kann.

e) Ist die erforderliche Genauigkeit der Schwingungsdauer erreichbar?

Lösungsvorschlag:
a)



b) Bestimmung der Funktionsgleichung durch linearen Fit und Messunsicherheiten für die Steigung und den Achsenabschnitt:

Für jede Gerade werden zwei weit auseinander liegende Punkte mit Einheiten auf der Geraden aus dem Diagramm bestimmt und die drei Geradensteigungen bestimmt:

$m_{best} = 0{,}43\ \frac{s}{m}, m_{min} = 0{,}40\ \frac{s}{m}, m_{max} = \frac{(0{,}95-0{,}89)}{(0{,}15-0{,}025)}\ \frac{s}{m} = 0{,}48\ \frac{s}{m}, m_{min} = \frac{(0{,}95-0{,}89)}{(0{,}175-0{,}01)}\ \frac{s}{m} = 0{,}37\ \frac{s}{m},$

$$\Delta m = \frac{m_{max} - m_{min}}{2} = 0{,}12 \frac{s}{m}$$

$gerundet\ \Delta m = 0{,}1 \frac{s}{m},$

$Achsenabschnitt\ T_0 = 0{,}95s - 0{,}43\ \frac{s}{m} \cdot 0{,}165\ m = 0{,}879\ s$
mit Wertepaar (0,165 m ; 0,95 s),

Messunsicherheit T_0
Minimaler Achsenabschnitt mit Wertepaar auf der steilsten Geraden (0,15 m ; 0,95 s):
$min.Achsenabschnitt\ T_{0min} = 0{,}95s - 0{,}43\ \frac{s}{m} \cdot 0{,}15\ m = 0{,}886\ s$ Maximaler Achsenabschnitt

mit Wertepaar auf der flachsten Geraden (0,175 m ; 0,95 s):
$min.Achsenabschnitt\ T_{0max} = 0{,}95s - 0{,}43\ \frac{s}{m} \cdot 0{,}175\ m = 0{,}875\ s$
$\Delta T_0 = \pm 0{,}005625\ \mathrm{s}$, gerundet $\Delta T_0 = \pm 0{,}006\ \mathrm{s}$

Ergebnis $T_0 = (0{,}879 \pm 0{,}006)\ s$

Die Funktion lautet mit gerundeten Werten:

$T = 0{,}43 \frac{s}{m} \cdot b + 0{,}879\ s$

c) Berechnung der korrekten Kalibrierabstandes

$b_{cal} = \frac{0{,}935\ s - 0{,}879s}{0{,}43\ \frac{s}{m}} = 0{,}13023\ \mathrm{m}$

Messunsicherheit des Kalibrierabstandes ist

$\Delta b \quad = 0{,}0003\ m$

d)

Ergebnis mit absoluter Messunsicherheit $b_{cal} = 0{,}1302\ \mathrm{m} \pm 0{,}0003\ \mathrm{m}$

Relative Messunsicherheit $b_{cal} = 0{,}1302\ \mathrm{m} \cdot (1 \pm 0{,}2\ \%)$

e)

Messunsicherheit von T

$\Delta T \quad = \left|\frac{\partial T}{\partial b}\right| \cdot |\Delta \mathrm{b}| + \left|\frac{\partial T}{\partial T_0}\right| \cdot |\Delta T_0| = 0{,}43 \frac{s}{m} \cdot 0{,}0003\ m + 1 \cdot 0{,}005625\ s = 0{,}0005745\ s,$

$gerundet \Delta T \quad = 0{,}0006\ \mathrm{s}$

Ergebnis:

Die Schwingungsdauer beim Kalibrierabstand kann auf $T_{cal} = (0{,}9350 \pm 0{,}0006)\ s$ genau bestimmt werden.

Die Intervalle überlappen, die erreichbare Messgenauigkeit ist höher, damit ist die erforderliche Genauigkeit für die Einstellung der Schwingungsdauer von ±0,003 s erreichbar.