Protokoll 5: V3 Schwingungspraktikum 05.10.2004

Abgabe 17.01.20050

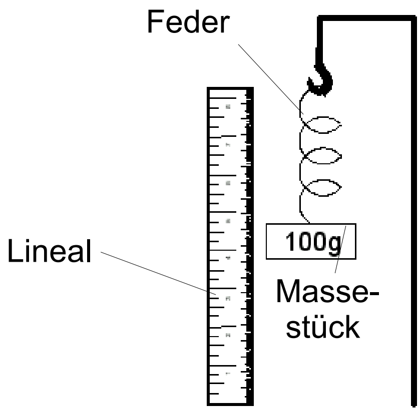
T. K., M. S., Sven Reichel

Versuch a: 1) Konstante Reibungskraft

Bestimmung der Federkonstanten

Versuchsaufbau:

$m = 100\text{g}$



Versuchsdurchführung:

Als erstes ließt man an dem Lineal die Auslenkung der Feder ohne Belastung ab. Durch das Gewicht mit der Masse m = 100g wird die Feder nach unten ausgelengt, diese Auslenkung ist auf dem Lineal ablesbar. Da es sich bei den Federn um den gleichen Typ handelt, reicht es eine Feder zu bestimmen.

Messergebnis + Berechnung:

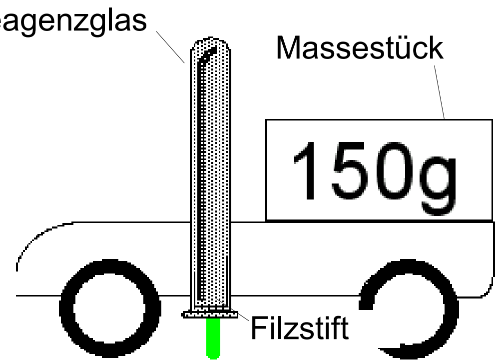
Auslenkung: $s = 31{,}9\,cm = 0{,}319\,m$

Federkonstante: $D_1 = D_2 = \frac{F}{s} = \frac{m \cdot g}{s} = \frac{0{,}1\,kg \cdot 9{,}807\,m/s^2}{0{,}319\,m} = 3{,}074\,\frac{N}{m}$

Im eingespannten System ergibt sich eine Gesamtfederkonstante von:

$$D_{ges} = D_1 + D_2 = 2 \cdot 3{,}074\,\frac{N}{m} = 6{,}148\,\frac{N}{m}$$

Konstruktion eines Filzstiftaufnehmers

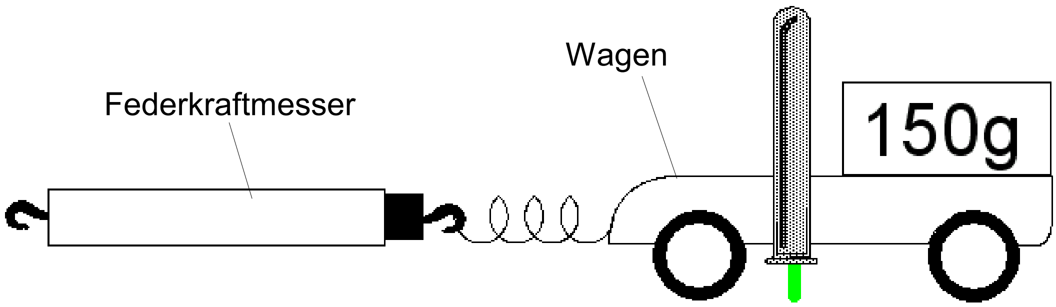


An dem Wagen wurde eine Holzklammer befestigt, in die ein Filzstift gesteckt wurde. Auf Grund des unterschiedlichen Durchmessers von Filzstift und Reagenzglas musste der Stift mit Klebeband umwickelt werden, bis er in das Reagenzglas passte. Wobei zu beachten war, dass der Stift nicht fest steckte, weil dadurch der Kontakt zum Boden nicht dauerhaft gewährleistet wäre. Um einen besseren Kontakt zu erlangen erhöhten wir den Druck des Stiftes auf das Papier duch ein kleines Gewicht im Reagenzglas. Ebenfalls zu beachten war, dass der Stift nicht lange auf dem Papier steht, da sich das Papier schnell mit Farbe vollzog.

siehe Anlage 1 Bild 1

Messen der Reibungskraft durch einen Zugkraftversuch

Versuchsaufbau:



Versuchsdurchführung:

Der Federkraftmesser wird langsam und mit einer möglichst konstanten Geschwindigkeit bewegt. Er zeigt dabei die Kraft an, die aufgewendet werden muss, um den Wagen zu bewegen – also die Reibungskraft. Das gleichmässige Bewegen ist kaum möglich und die Reibungskraft so gering, dass mehrere Messversuche nötig waren, von denen dann der Mittelwert genommen wurde.

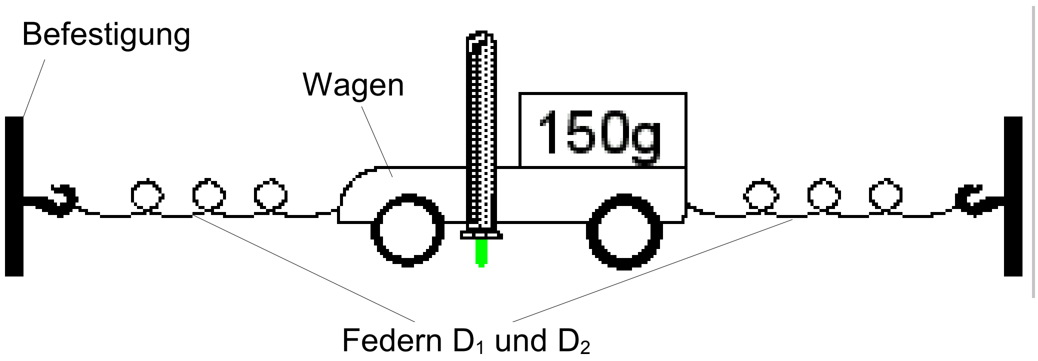
Messergebnisse:

1. Ergebnis: $F = 0{,}05\,N$
2. Ergebnis: $F = 0{,}04\,N$
3. Ergebnis: $F = 0{,}05\,N$
4. Ergebnis: $F = 0{,}06\,N$

Reibungskraft: $F=\frac{0,05+0,04+0,05+0,06}{4}N=0,05\,N$

2) Mit einem eingespannten Wagen wird die Reibung aufgezeichnet

Versuchsaufbau:



Um eine minimale Schwingung in den Befestigungen zu erreichen setzten wir mehrere Befestigungsdreiecke ein. Unter den Versuchsaufbau wurde ein Papier geklebt (siehe Anlage 2) um die Schwingung mit dem Filzstift sichtbar zu machen. Der Filzstift diente ebenfalls zur Erhöhung der Reibungskraft.

siehe Anlage 1 Bild 2 und Bild 3

Versuchsdurchführung:

Der Wagen wird in eine Richtung um eine bestimmte Strecke ausgelegt und dann losgelassen. Er fährt daraufhin hin und her, durch den Filzstift wird dies aufgezeichnet. Auf Grud der Reibungskraft kommt er
irgendwann im Nullpunkt zum stehen.

Messergebnisse:

Auslenkung: $\hat{s}_0=44,6\,cm$
1. Umkehrpunkt: $\hat{s}_1=43,7\,cm$
2. Umkehrpunkt: $\hat{s}_2=39,2\,cm$
3. Umkehrpunkt: $\hat{s}_3=37,8\,cm$
4. Umkehrpunkt: $\hat{s}_4=33,6\,cm$
5. Umkehrpunkt: $\hat{s}_5=32,3\,cm$
6. Umkehrpunkt: $\hat{s}_{٦}=٢٨,٤\,cm$
7. Umkehrpunkt: $\hat{s}_7=27,1\,cm$
8. Umkehrpunkt: $\hat{s}_8=23,5\,cm$
9. Umkehrpunkt: $\hat{s}_9=22\text{cm}$

Berechnung mit den Messergebnissen:

Mit der Gleichung für konstante Reibungskraft $\hat{s}_n - \hat{s}_{n+1} = 2 \cdot \frac{F_{gl}}{D}$ ergibt

sich für die Gleitreibung folgende Formel: $F_{gl} = \frac{D}{2} \cdot (\hat{s}_n - \hat{s}_{n+1})$

von s_0 nach s_1: $F_{gl1} = \frac{6{,}148\, N/m}{2} \cdot (0{,}446\, m - 0{,}437\, m) = 0{,}028\, N$

von s_1 nach s_2: $F_{gl2} = \frac{6{,}148\, N/m}{2} \cdot (0{,}437\, m - 0{,}392\, m) = 0{,}138\, N$

von s_2 nach s_3: $F_{gl3} = \frac{6{,}148\, N/m}{2} \cdot (0{,}392\, m - 0{,}378\, m) = 0{,}043\, N$

von s_3 nach s_4: $F_{gl4} = \frac{6{,}148\, N/m}{2} \cdot (0{,}378\, m - 0{,}336\, m) = 0{,}129\, N$

von s_4 nach s_5: $F_{gl5} = \frac{6{,}148\, N/m}{2} \cdot (0{,}336\, m - 0{,}323\, m) = 0{,}04\, N$

von s_5 nach s_6: $F_{gl6} = \frac{6{,}148\, N/m}{2} \cdot (0{,}323\, m - 0{,}284\, m) = 0{,}12\, N$

von s_6 nach s_7: $F_{gl7} = \frac{6{,}148\, N/m}{2} \cdot (0{,}284\, m - 0{,}271\, m) = 0{,}04\, N$

von s_7 nach s_8: $F_{gl8} = \frac{6{,}148\, N/m}{2} \cdot (0{,}271\, m - 0{,}235\, m) = 0{,}111\, N$

von s_8 nach s_9: $F_{gl9} = \frac{6{,}148\, N/m}{2} \cdot (0{,}235\, m - 0{,}22\, m) = 0{,}046\, N$

Mittelwert: $F_{gl} = \frac{\sum (F_{gl1} \ldots F_{gl9})}{9} = 0{,}077\, N$

Vergleich der Reibungskräfte:

Reibungskraft mit dem Federkraftmesser: $F_{gl} = 0{,}05\, N$
Reibungskraft im eingespannten System: $F_{gl} = 0{,}077\, N$
Unterschied: $F_{gl\Delta} = 0{,}027\, N$

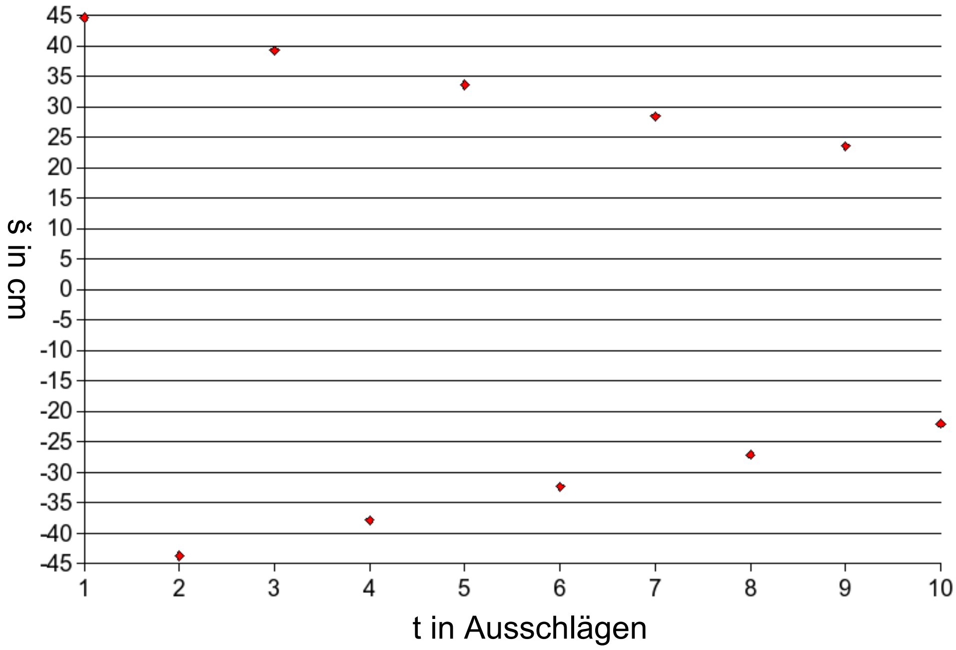
Diese Ungenauigkeit kommt auf Grund folgender Probleme zustande:

- die geringe Kraft ist mit dem Federkraftmesser nur sehr schwer zu erfassen
- die Reibung des Stiftes könnte von der Richtung abhängen
- äußere Einflüsse sind nicht auszuschließen
- es könnten, trotz Befestigungsdreiecke, Schwingungen in den Befestigungen aufgetreten sein

Bei genauem Betrachten der Messergebnisse entdeckt man eine Regelmäßigkeit. Von rechts nach links ist die Reibungskraft sehr gering, wogegen von links nach rechts die Kraft weit darüber liegt. Bei idealen

Bedingungen müssten diese immer gleich sein. Meine Vermutung ist, dass der Stift nicht gerade stand und dadurch in die eine Richtung mehr am Blatt rieb als in die andere. Wogegen der Mittelwert ziemlich nahe an dem, mit dem Federkraftmesser gemessenen, Wert liegt.

s-t-Diagramm:



Auswertung:

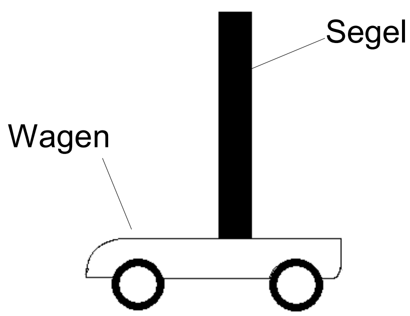
Aus dem Diagramm kann man sehr schön erkennen, wie die maximalen Elongationen auf einer Seite eine lineare Funktion beschreiben. Somit wirkt die Reibungskraft als konstanter Dämpfungsfaktor. Aus der Formel $F_{gl}=\frac{D}{2}\cdot(\hat{s}_n-\hat{s}_{n+1})$ ergibt sich als Steigung (= Abnahme) $\Delta s=\frac{4\cdot F_{gl}}{D}$.
Die Abnahme (also die Dämpfung) ist somit proportional zur Reibungskraft F_{gl} und umgekehrt proportional zur Federhärte D .

Versuch b):1) nicht konstante Reibungskraft:

Konstruktion eines Segelwagens:

An den Wagen aus Versuch a) wurde ein großes Papiersegel angebracht. Auf Grund des hohen Schwerpunktes musste der Wagen noch zusätzlich mit Gewichten beschwert werden.

Größe des Papiersegels: 30x40cm
Gewicht des Wagens: 850g



siehe Anlage 1 Bild 4

Versuchsdurchführung:

Der Versuch wird wie oben durchgeführt, nur dass diesmal das Segel als Reibungsverursacher eine nicht konstante Reibungskraft liefert. Dieser Versuch wurde nicht von uns selbst durchgeführt, da wir Versuch c) mit der Lichtschranke vorgezogen haben. Die Beobachtungen/Messergebnisse stammen von Konstantin.

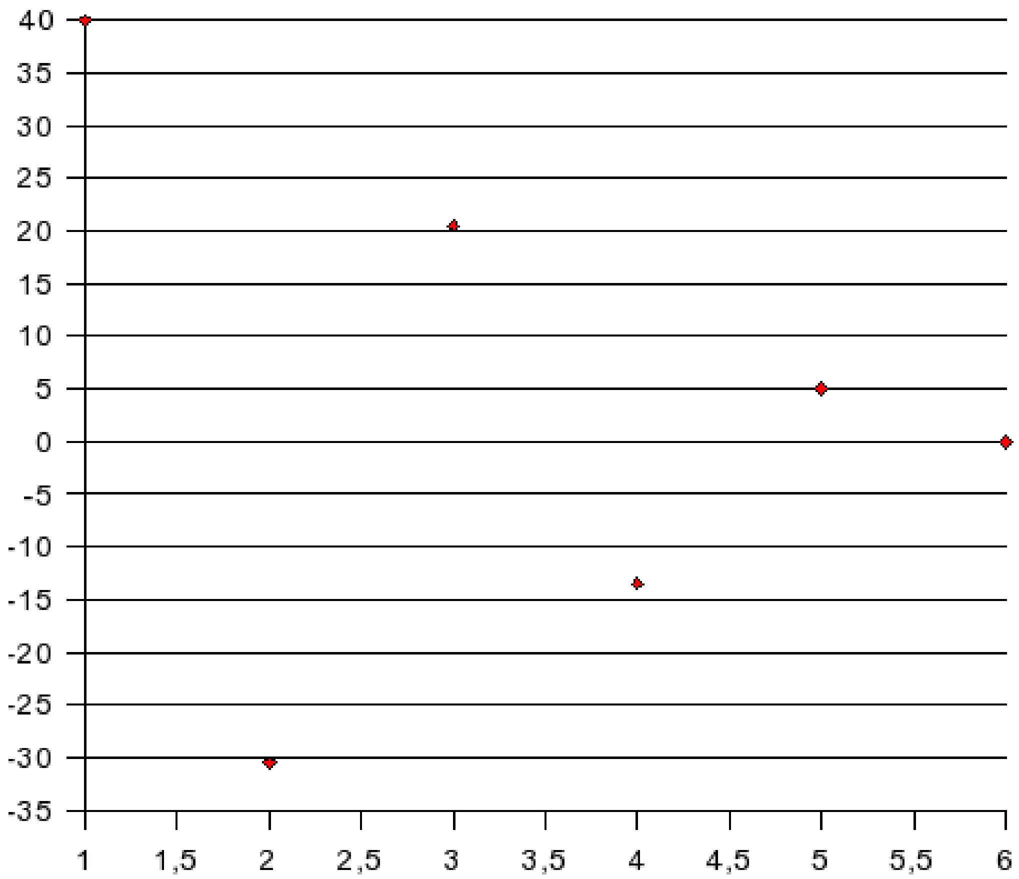
Messergebnisse:

1. Umkehrpunkt: $\hat{s}_1 = 40\,cm$
2. Umkehrpunkt: $\hat{s}_2 = 30{,}5\,cm$
3. Umkehrpunkt: $\hat{s}_3 = 20{,}5\,cm$
4. Umkehrpunkt: $\hat{s}_4 = 13{,}5\,cm$
5. Umkehrpunkt: $\hat{s}_5 = 5\mathrm{cm}$
6. Umkehrpunkt: $\hat{s}_6 = 0\mathrm{cm}$

Schwingungsdauer: $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}} = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{0{,}85\,kg}{6{,}148\,N/m}} = 2{,}34\,s$

s-t-Diagramm:

ŝ in cm



Auswertung:

Aus dem Diagramm kann man sehr schön erkennen, wie die maximalen Elongationen auf einer Seite eine exponentielle Funktion beschreiben.

Die Funktion hat die Form: $s(t)=\hat{s}_1\cdot \mathrm{e}^{-k\cdot t}\cdot \sin(\omega\cdot t)$
daraus ergibt sich für k:

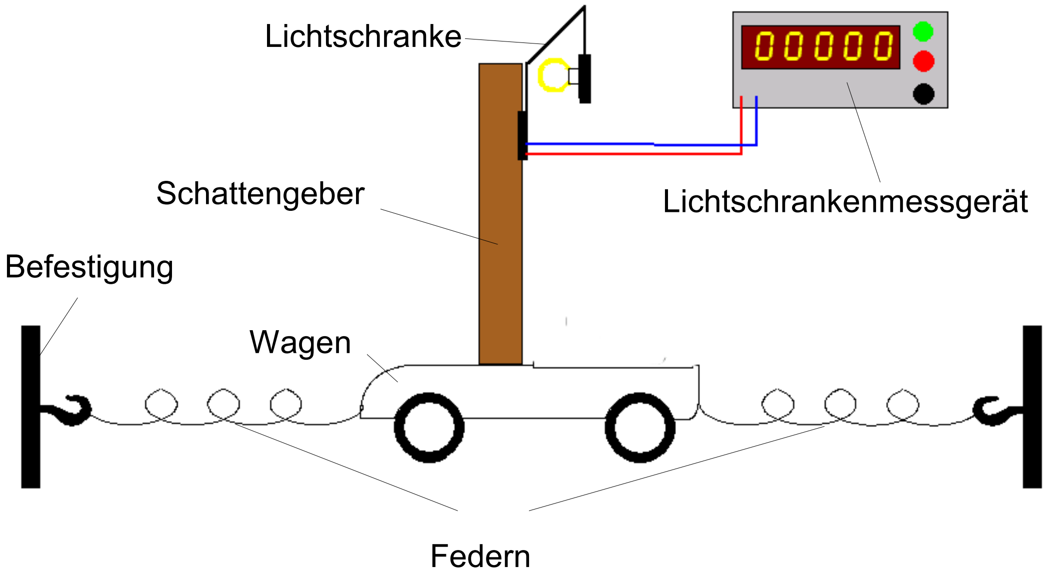
t in Ausschlägen

$$k=\frac{-2\cdot(\ln\hat{s}_2-\ln\hat{s}_1)}{T}=\frac{-2\cdot(\ln 0{,}305-\ln 0{,}4)}{2{,}34\,s}=0{,}232$$

Somit wirkt die Reibungskraft als nicht konstanter Dämpfungsfaktor und ist von der Geschwindigkeit abhängig. Die aufzubringende Kraft ist also zur Geschwindigkeit proportional.

Versuch c): 1) Lichtschrankenmessung bei (fast) ungedämpfter Schwingung:

Versuchsaufbau:



Das Gewicht auf dem Wagen wird durch ein Papierstreifen (Schatten- geber) ersetzt. In passender Höhe dazu wird die Lichtschranke aufgebaut, so dass der Schattengeber beim Durchlaufen diese unterbricht.

Breite des Schattengebers: 0,04m
Gewicht des Wagens: 50g

siehe Anlage 1 Bild 5 und 6

Versuchsdurchführung:

Der Wagen wird wieder ausgelenkt und losgelassen. Während sich der Schattengeber unter der Lichtschranke befindet misst das Lichtschrankenmessgerät die Zeit der Unterbrechung. Es war darauf zu achten, dass der Wagen nur ein einziges Mal durch die Lichtschranke fährt.

Messergebnisse:

Auslenkung: $\hat{s}=30\mathrm{cm}$

Lichtschranke im Nullpunkt $t_{١}=٢٢,٩\,ms$
$t_{٢}=٢٢,٨\,ms$

Lichtschranke bei $s=10\mathrm{cm}$: $t_3=24,3\,ms$
$t_4=24,2\,ms$

Lichtschranke bei $s = 20\text{cm}$: $t_5 = 31{,}3\,ms$
$t_6 = 31{,}5\,ms$

Berechnungen mit den Messergebnissen:

Energie der Auslenkung:

$$W_{Sp} = \frac{D \cdot s^2}{2} = \frac{6{,}148\,N/m \cdot (0{,}3\,m)^2}{2} = 0{,}277\,J$$
$$W_{kin} = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{0{,}05\,kg \cdot 0^2}{2} = 0\,J$$
$$W_{ges} = W_{Sp} + W_{kin} = 0{,}277\,J + 0\text{J} = 0{,}277\,J$$

Energie im Nullpunkt:

$$W_{Sp} = \frac{D \cdot s^2}{2} = \frac{6{,}148\,N/m \cdot (0\text{m})^2}{2} = 0\text{J}$$
$$W_{kin} = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{m \cdot s^2}{2 \cdot t^2} = \frac{0{,}05\,kg \cdot (0{,}04\,m)^2}{2 \cdot (22{,}85 \cdot 10^{-3})^2} = 0{,}077\,J$$
$$W_{ges} = W_{Sp} + W_{kin} = 0\text{J} + 0{,}077\,J = 0{,}077\,J$$

Energie bei $s = 10\text{cm}$:

$$W_{Sp} = \frac{D \cdot s^2}{2} = \frac{6{,}148\,N/m \cdot (0{,}1\,m)^2}{2} = 0{,}03\,J$$
$$W_{kin} = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{m \cdot s^2}{2 \cdot t^2} = \frac{0{,}05\,kg \cdot (0{,}04\,m)^2}{2 \cdot (24{,}25 \cdot 10^{-3})^2} = 0{,}068\,J$$
$$W_{ges} = W_{Sp} + W_{kin} = 0{,}03\,J + 0{,}068\,J = 0{,}098\,J$$

Energie bei $s = 20\text{cm}$:

$$W_{Sp} = \frac{D \cdot s^2}{2} = \frac{6{,}148\,N/m \cdot (0{,}2\,m)^2}{2} = 0{,}123\,J$$
$$W_{kin} = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{m \cdot s^2}{2 \cdot t^2} = \frac{m \cdot (0{,}04\,m)^2}{2 \cdot (31{,}4 \cdot 10^{-3})^2} = 0{,}04\,J$$
$$W_{ges} = W_{Sp} + W_{kin} = 0{,}123\,J + 0{,}04\,J = 0{,}163\,J$$

Auswertung:

Diese Ergebnisse würden bedeuten, dass der Energieerhaltungssatz nicht gilt. Da dies nicht sein kann, muss irgendwas nicht stimmen. Normalerweise sollten an allen Punkten des Systems gleiche Werte auftreten. Wobei, wenn man minimale Reibungsverluste beachtet, müsste im Ausgangspunkt die größte Energie sein, welche zum Nullpunkt leicht abnimmt. Die errechnete Abnahme ist allerdings nicht möglich, da diese Reibungverluste so hoch sind, dass der Wagen kaum mehr als eine Schwingung schaffen würde.
Nach langem Überlegen, fiel beim Betrachten des Bildes Anlage 1 Bild 6 auf, dass wir vergasen das Gewicht auf dem Wagen zu entfernen. Er
hatte dadurch eine Mase von $m=$٢٠٠g mit dieser Masse ergeben sich folgende Werte:

Die Energie in der Auslenkphase ist gleich, da diese masseunabhängig ist.

Energie im Nullpunkt:

$$W_{Sp}=\frac{D\cdot s^2}{2}=\frac{6{,}148\,N/m\cdot(0\mathrm{m})^2}{2}=0\mathrm{J}$$

$$W_{kin}=\frac{m\cdot v^2}{2}=\frac{m\cdot s^2}{2\cdot t^2}=\frac{0{,}2\,kg\cdot(0{,}04\,m)^2}{2\cdot(22{,}85\cdot 10^{-3})^2}=0{,}306\,J$$

$$W_{ges}=W_{Sp}+W_{kin}=0\mathrm{J}+0{,}306\,J=0{,}306\,J$$

Energie bei $s=10\mathrm{cm}$:

$$W_{Sp}=\frac{D\cdot s^2}{2}=\frac{6{,}148\,N/m\cdot(0{,}1\,m)^2}{2}=0{,}03\,J$$

$$W_{kin}=\frac{m\cdot v^2}{2}=\frac{m\cdot s^2}{2\cdot t^2}=\frac{0{,}2\,kg\cdot(0{,}04\,m)^2}{2\cdot(24{,}25\cdot 10^{-3})^2}=0{,}272\,J$$

$$W_{ges}=W_{Sp}+W_{kin}=0{,}03\,J+0{,}272\,J=0{,}302\,J$$

Energie bei $s=20\mathrm{cm}$:

$$W_{Sp}=\frac{D\cdot s^2}{2}=\frac{6{,}148\,N/m\cdot(0{,}2\,m)^2}{2}=0{,}123\,J$$

$$W_{kin}=\frac{m\cdot v^2}{2}=\frac{m\cdot s^2}{2\cdot t^2}=\frac{0{,}2\,kg\cdot(0{,}04\,m)^2}{2\cdot(31{,}4\cdot 10^{-3})^2}=0{,}162\,J$$

$$W_{ges}=W_{Sp}+W_{kin}=0{,}123\,J+0{,}162\,J=0{,}285\,J$$

Diese Werte ergeben mehr Sinn. Die max. Abweichung von [illegible] J ist auf Messungenauigkeiten zurückzuführen.

Bereitgestellt von: www.sven-reichel.de