

Online-Supplement

# Energie und Energieerhaltung am Beispiel des Fadenpendels

**Online-Supplement:  
Materialien für das Experiment:  
Energieerhaltung am Beispiel des Fadenpendels**

Tobias Allmers<sup>1,\*</sup> & Matthias Wilde<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Kreisgymnasium St. Ursula Haselünne*

<sup>2</sup> *Universität Bielefeld*

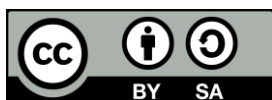
\* *Kontakt: Kreisgymnasium St. Ursula Haselünne,  
Klosterstr. 1, 49740 Haselünne  
tobias.allmers@kgsuhaseluenne.de*

**Zitationshinweis:**

Allmers, T., & Wilde, M. (2020). Energie und Energieerhaltung am Beispiel des Fadenpendels [Materialien für das Experiment: Energieerhaltung am Beispiel des Fadenpendels]. *PFLB – PraxisForschung-Lehrer\*innenBildung*, 2 (2), 40–52. <https://doi.org/10.4119/pflb-3303>

Online verfügbar: 19.02.2020

ISSN: 2629-5628



© Die Autor\*innen 2020. Dieser Artikel ist freigegeben unter der Creative-Commons-Lizenz Namensnennung, Weitergabe unter gleichen Bedingungen, Version 4.0 International (CC BY-SA 4.0).  
URL: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/de/legalcode>

## Inhalt

- Material 1:* Entscheidungstabelle für das Experiment: Energieerhaltung am Beispiel des Fadenpendels
- Material 2:* Energie und Energieerhaltung am Beispiel des Fadenpendels
- Material 3:* Aufgaben zur Auswertung

**Entscheidungstabelle für das Experiment: Energieerhaltung am Beispiel des Fadenpendels**

(zusammengestellt und ergänzt nach Watson &amp; Wood-Robinson, 1998, und Wellington &amp; Ireson, 2008)

Entscheidung	Was muss entschieden werden?	Wer entscheidet? (L / L & S / S)
Fragestellung	Fragestellung 1: Ist die Energie bei der Umwandlung von potentieller Energie in kinetische Energie erhalten? Fragestellung 2: Gilt bei der Umwandlung von potentieller Energie in kinetische Energie am Beispiel des Fadenpendels der Energieerhaltungssatz?	L & S
Hypothese	Die potentielle Energie wird bei vernachlässigbaren Verlusten durch Reibung vollständig in kinetische Energie umgewandelt. Reibungsverluste führen zu einem Verlust an kinetischer Energie.	L & S
Begründung	Energie ist erhalten, d.h., sie kann weder erzeugt noch vernichtet werden. Die Summe der kinetischen und thermischen Energie entspricht der eingestellten potentiellen Energie.	L & S
Untersuchungskonzept (methodisches Konzept)	Experiment: Bestimmung der Geschwindigkeit des Pendelkörpers eines Fadenpendels beim Durchgang durch den tiefsten Punkt der Bahnkurve.	L & S
Konkrete Durchführung	Ein zylindrischer Pendelkörper mit einer bekannten Masse wird um eine definierte Höhe angehoben (gespannter Faden) und losgelassen. Am tiefsten Punkt der Bahn wird die Geschwindigkeit des Pendelkörpers über die Verdunklungsdauer einer Lichtschranke bestimmt.	L & S
Anzahl der Wiederholungen	5 Wiederholungen 8 Höhenunterschiede	L & S
Unabhängige Variable	eingestellter Höhenunterschied (zu bestimmende Größe: potentielle Energie)	L & S
Untersuchungsspektrum	Höhenunterschied 40 bis 185 mm Hinweis: Untersuchungsspektrum ist abhängig vom experimentellen Aufbau. Nach unten wird dieser beschränkt durch den minimalen Abstand zur Lichtschranke. Nach oben ist er zum einen dadurch beschränkt, dass der Pendelkörper sich für die Messung entlang einer gespannten Schnur bewegen soll und zum anderen dadurch, welche minimale Verdunklungsdauer die verwendete Lichtschranke noch zuverlässig erkennen kann.	L & S
Anzahl der Intervalle	acht verschiedene Höhenunterschiede	L & S
Abstand der Intervalle	Untersuchungsspektrum soll möglichst gleichmäßig abgedeckt werden. Bsp.: $\Delta h = (40 / 60 / 80 / 100 / 120 / 140 / 160 / 180)$ mm	L & S
Abhängige Variable	Verdunklungsdauer (zu bestimmende Größe: kinetische Energie)	L & S
Messung der abhängigen Variable	Lichtschranke (Genauigkeit 1 ms)	L & S
Weitere relevante Randbedingungen	Masse des Pendelkörpers Durchmesser des Pendelkörpers (zylindrisch)	L & S
Kontrolle der Randbedingungen	Bestimmung der Masse durch Wiegen Bestimmung des Durchmessers mit Messschieber	L & S
Analyse der Daten	Berechnung des arithmetischen Mittels Berechnung von potentieller und kinetischer Energie Vergleich der Daten mit dem Erwartungswert des Experiments	L & S

<b>Entscheidung</b>	<b>Was muss entschieden werden?</b>	<b>Wer entscheidet? (L / L &amp; S / S)</b>
Darstellung der Daten	kinetische Energie in Abhängigkeit von der potentiellen Energie (Liniendiagramm)	L & S
Prüfung der Hypothese(n)	Die Hypothese kann bestätigt werden, wenn die Energieumwandlung in thermische Energie durch Reibung mitbetrachtet wird.	L & S

**Quellen:**

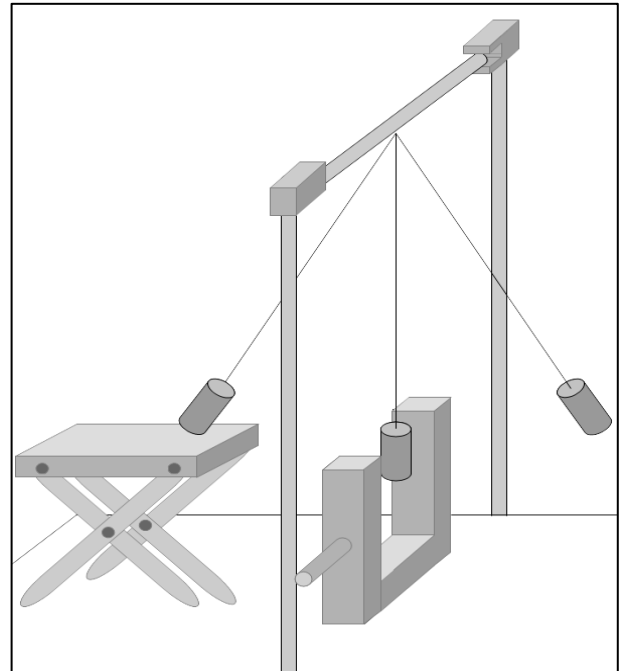
Watson, R., & Wood-Robinson, V. (1998). Learning to Investigate. In M. Rattcliffe (Hrsg.), *ASE Guide to Secondary Science Education* (S. 84–91). Cheltenham, UK: Stanley Thornes Publ. LTD.

Wellington, J., & Ireson, G. (2008). *Science Learning, Science Teaching*. London: Routledge.

## Energie und Energieerhaltung am Beispiel des Fadenpendels

### Einleitung

In diesem Experiment wird die Energieumwandlung von potentieller Energie in kinetische Energie untersucht. Abbildung 1 zeigt hierfür einen schematischen Versuchsaufbau, mit dessen Hilfe ein zylindrischer Pendelkörper aus einer definierten Höhe losgelassen werden kann. Die Geschwindigkeit des Pendelkörpers wird durch die Verdunklungsdauer bestimmt, die mit einer Gabellichtschranke gemessen wird.



**Abbildung 1:** Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus zur Untersuchung der Energieumwandlung von potentieller Energie in kinetische Energie.

### Benötigte Materialien/Geräte:

Versuchsaufbau (Materialien): zwei Stativklammen, drei Stativmuffen, drei Stativstangen, zylindrischer Pendelkörper, Gabellichtschranke mit Versorgung, Schnur, Scherentisch, Schere

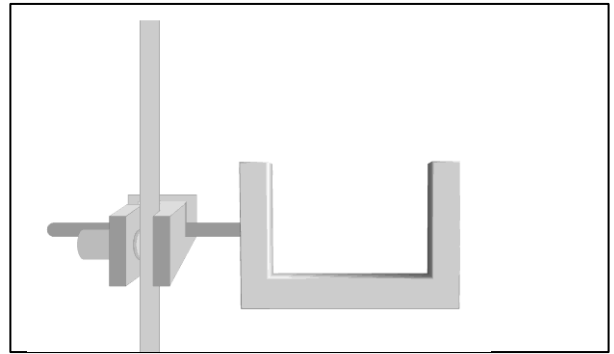
weitere Messgeräte: Lineal (zur Bestimmung der Höhe, aus der der Pendelkörper losgelassen wurde)

Messschieber (zur Bestimmung des Durchmessers des Pendelkörpers)

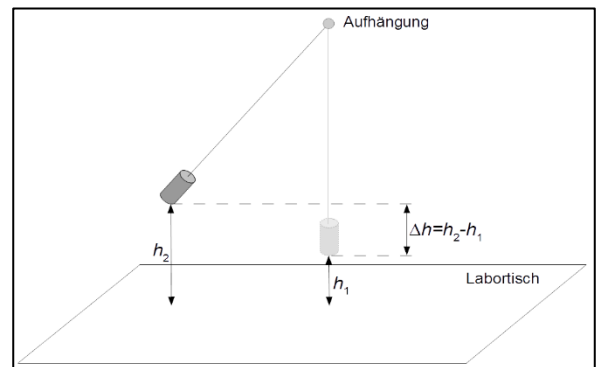
Waage (zur Bestimmung der Masse des Pendelkörpers)

Aufgaben zur Versuchsdurchführung:

1. Realisiert den Versuchsaufbau, der in Abbildung 1 schematisch dargestellt ist.
  - a) Verwendet hierfür zwei Stativstangen, die mit Hilfe von Stativklammen an dem Labortisch befestigt werden. Die Stabilität des Aufbaus lässt sich erhöhen, wenn lange Stativstangen benutzt werden und eine Länge von etwa 25 cm unterhalb der Stativklemme ist.
  - b) Zur Befestigung der Gabellichtschranke wird eine Stativmuffe auf eine Stativstange geführt (vgl. Abbildung 2).
  - c) Mit zwei weiteren Stativmuffen wird eine Stativstange als Querstange in einer Höhe von etwa 75 cm über dem Labortisch befestigt.
  - d) Ein zylindrischer Pendelkörper mit *bekannter Masse* und *bekanntem Durchmesser* wird an einer Schnur so befestigt, dass er beim Durchgang seines tiefsten Bahnpunktes den Lichtweg in der Gabellichtschranke unterbrechen kann.
  
2. Macht euch mit der Bedienung der Gabellichtschranke vertraut, indem ihr mehrmals die Verdunklungsdauer  $t$  bestimmt (z.B. beim Unterbrechen des Lichtweges mit der Hand).
  
3. Der Pendelkörper wird aus einer definierten Höhe  $\Delta h$  losgelassen. Ein Scherentisch dient dabei zum Einstellen der Höhe (zur Definition dieser Höhe siehe Abbildung 3).
  
4. Führt den Versuch für acht verschiedene Höhen jeweils fünf Mal durch. Haltet eure Ergebnisse in einer geeigneten Tabelle fest.



**Abbildung 2:** Befestigung der Gabellichtschranke an der Stativstange.



**Abbildung 3:** Bestimmung des Höhenunterschieds zwischen Auslenkhöhe und Höhe im Tiefpunkt der Bahnkurve.  $h_1$  und  $h_2$  werden vom Labortisch ausgehend bis zur Unterseite des Pendelkörpers gemessen.

Hinweis: für Höhen  $\Delta h$  größer als 185 mm ist die Geschwindigkeit des Pendelkörpers beim Durchgang des tiefsten Punktes zu groß, um die korrekte Verdunklungsdauer zu bestimmen.

## Aufgaben zur Auswertung

### 1. Berechnung der potentiellen Energie

Berechnet mithilfe der Masse  $m$  des Pendelkörpers und der Höhe  $\Delta h$  die potentielle Energie mithilfe der Formel  $E_{\text{pot}} = mg\Delta h$ , wobei  $g$  die Fallbeschleunigung mit dem Wert von  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$  ist.

Setzt für  $m$  die Masse in kg (Kilogramm) und für  $\Delta h$  die Höhe in m (Meter) ein. Das Ergebnis ist dann in der Einheit J (Joule) anzugeben.

### 2. Berechnung der kinetischen Energie

Berechnet die Mittelwerte der Verdunklungsdauer  $\bar{t}$  für die jeweiligen Höhen  $\Delta h$ . Achtet bei der Angabe des Ergebnisses auf die richtige Anzahl der signifikanten Ziffern. Berechnet die Geschwindigkeit  $v$  des Pendelkörpers beim Durchgang durch den Tiefpunkt mithilfe der Formel  $v = \frac{d}{\bar{t}}$ , wobei  $d$  der Durchmesser des Pendelkörpers ist. Hinweis: Das Ergebnis der Rechnung ist in Einheiten von m/s (Meter pro Sekunde), sofern für den Durchmesser  $d$  der Zahlenwert in Einheiten von mm (Millimeter) eingesetzt wurde und für der Zahlenwert für die Zeit  $\bar{t}$  in Einheiten von ms (Millisekunde).

Die kinetische Energie wird mit der Formel  $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2}mv^2$  berechnet. Mit der Masse  $m$  in kg und der Geschwindigkeit  $v$  in m/s ist das Ergebnis in Einheiten von J (Joule).

### 3. Graphische Auswertung

Stellt die kinetische Energie  $E_{\text{kin}}$  in Abhängigkeit von der potentiellen Energie  $E_{\text{pot}}$  in einem Diagramm dar.

Zeichnet die Ausgleichsgerade ein, die den Verlauf der experimentellen Daten am besten beschreibt.

Stellt einen Vergleich zur Theorie her, indem ihr in das Diagramm den zu erwartenden Zusammenhang einzeichnet, der sich aus der vollständigen Umwandlung von potentieller Energie in kinetische Energie ergibt.

Welche Abweichungen ergeben sich im Vergleich zu den experimentellen Daten? Wie können diese gedeutet werden?