



## Protokoll zum Versuch

### *Trägheitsmoment*

(Versuch 12)

Autor: Finn Zeumer (hz334)  
Versuchspartnerin: Annika Künstle  
Versuchsbegleiter: Marius Huy  
Datum der Ausführung: 05.09.2025  
Abgabedatum: 12.09.2025

# Inhaltsverzeichnis

<b>I. Einleitung</b>	<b>3</b>
1.1. Aufgabe/Motivation . . . . .	3
1.2. Physikalische Grundlagen . . . . .	3
1.3. Versuchsanordnung . . . . .	4
<b>Messdaten</b>	<b>5</b>
<b>II. Durchführung</b>	<b>7</b>
2.1. Versuchsaufbau . . . . .	7
2.2. Messverfahren . . . . .	7
<b>III. Auswertung</b>	<b>8</b>
<b>IV. Diskussion</b>	<b>9</b>
4.1. Zusammenfassung . . . . .	9
4.2. Diskussion . . . . .	9
4.3. Kritik . . . . .	9

# I. Einleitung

## 1.1. Aufgabe/Motivation

Ziel des Versuchs ist die Bestimmung des Richtmoments  $D$  eines Drehpendels sowie die Untersuchung des Trägheitsmoments  $J$  eines unregelmäßig geformten Körpers für verschiedene Lagen der Drehachse. Dazu wird einerseits das Richtmoment über die Auslenkung des Pendels durch ein angreifendes Drehmoment bestimmt, andererseits über die Periodendauer einer Schwingung mit aufgesetzten Körpern bekannter Geometrie. Mit Hilfe des Steiner'schen Satzes lässt sich schließlich das Trägheitsmoment für verschiedene Achsen berechnen und mit den experimentell gewonnenen Werten vergleichen.

## 1.2. Physikalische Grundlagen

### Analogie zwischen Translations- und Rotationsbewegung

Die Bewegungsgleichungen für Translationen und Rotationen sind formal analog, wenn die entsprechenden Größen ausgetauscht werden. Dabei gilt für das Torsionspendel:

$$0 = J \cdot \ddot{\varphi}(t) + D \cdot \dot{\varphi}(t) \quad (1)$$

Diese homogene Differentialgleichung 2. Art hat die allgemeine Lösung

$$\varphi(t) = \varphi_0 \cdot \cos(\omega t + \phi). \quad (2)$$

Dabei ist  $\omega = \sqrt{\frac{J}{D}}$  und  $\phi$  die Startauslenkung.

Auch Federpendel und Drehpendel stehen in direkter Analogie:

$$F = -kx \quad \Leftrightarrow \quad M = -D\varphi \quad (3)$$

Translation	Rotation
Ort $x$	Winkel $\varphi$
Geschwindigkeit $v = \frac{dx}{dt}$	Winkelges. $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$
Beschleunigung $a = \frac{d^2x}{dt^2}$	Winkelbes. $\alpha = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$
Masse $m$	Trägheitsmoment $J$
Kraft $F$	Drehmoment $M$
Impuls $p = mv$	Drehimpuls $L = J\omega$
Trans.En. $E_{kin} = \frac{1}{2}mv^2$	Rot.En. $E_{rot} = \frac{1}{2}J\omega^2$
$E_{ges} = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}mv^2$	$E_{ges} = \frac{1}{2}D\phi^2 + \frac{1}{2}J\omega^2$
Schwingdauer $2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	Schwingdauer $2\pi\sqrt{\frac{J}{D}}$

Tabelle I.1.: Vergleich der Größen in der Translation und Rotation

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad \Leftrightarrow \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{D}} \quad (4)$$

Das Richtmoment  $D$  spielt dabei die Rolle der Federkonstante  $k$ .

### Trägheitsmoment

Das Trägheitsmoment  $J$  eines Körpers bezüglich einer gegebenen Drehachse ergibt sich aus dem Volumenintegral:

$$J = \int_V \rho(\vec{r}) r^2 dV, \quad (5)$$

wobei  $\rho(\vec{r})$  die Massendichte und  $r$  der Abstand des Volumenelements zur Achse ist. Für

einfache Körper ergeben sich bekannte Spezialfälle, etwa für eine homogene Scheibe mit Masse  $m$  und Radius  $r_s$ :

$$J_S = \frac{1}{2}mr_s^2 \quad (6)$$

Hierbei ist  $J_S$  das Trägheitsmoment der Scheibe,  $m$  ihre Masse und  $r_s$  ihr Radius.

### Steiner'scher Satz

Für eine Achse, die parallel zur Symmetrieachse im Abstand  $d$  verläuft, gilt:

$$J = J_S + md^2 \quad (7)$$

mit  $J_S$  als Trägheitsmoment bezüglich der Symmetrieachse,  $m$  als Masse des Körpers und  $d$  als Abstand der Achsen.

### Bestimmung des Richtmoments

Das Richtmoment  $D$  des Drehpendels kann auf zwei Weisen bestimmt werden:

1. Über das Kraftgesetz:

$$M = r \cdot F = -D\varphi, \quad (8)$$

wobei  $M$  das Drehmoment,  $r$  der Radius der Aluminiumscheibe,  $F = mg$  die Gewichtskraft eines tangential angreifenden Massestücks und  $\varphi$  der Auslenkwinkel ist.

2. Über die Schwingungsdauer  $T$  mit bekannter Massescheibe:

$$D = \frac{4\pi^2 J_S}{T_2^2 - T_1^2} = \frac{2\pi^2 m r_s^2}{T_2^2 - T_1^2}, \quad (9)$$

wobei  $T_1$  die Periodendauer des Tisches allein,  $T_2$  die Periodendauer mit aufgesetzter Scheibe,  $J_S$  das Trägheitsmoment der Scheibe,  $m$  ihre Masse und  $r_s$  ihr Radius ist.

## 1.3. Versuchsanordnung

Der Versuch wird mit einem Drehpendel mit senkrechter Achse durchgeführt. Zum Aufbau gehören eine Drehgabel mit Drehtisch, eine Aluminiumscheibe mit Winkelteilung und Schnurnut, eine runde sowie eine unregelmäßig geformte Messingscheibe, ein Gewichtsteller mit Zugschnur, sechs Auflegegewichte zu je 40 g, eine Waage, eine Handstoppuhr, ein Messschieber sowie eine Balancierschneide. Mit diesem Aufbau lassen sich die notwendigen Messungen zur Bestimmung des Richtmoments und der Trägheitsmomente der untersuchten Körper durchführen.

# 12 - Trägheitsmoment

## Aufgabe 1)

Tabelle 1) Scheibendrehung  
Winkel der Scheibendrehung [deg] <sup>noch besser?</sup>

	Masse [g]	
1	50	60
2	100	122
3	150	180
4	200	242
5	250	302 + 60 <del>311</del>
6	300	366 + 124 <del>353</del>

Spezifische Winkel der Scheibendrehung  
verschiedener Massen.

Ab diesen Messungen haben wir Probleme bekommen:

Teller war "ausgedreht". Wir haben den Drehtisch gedreht (200g + Teller) und den Zeiger auf 0 gestellt und erneut die letzten zwei Massen hinzugefügt.

## Aufgabe 2)

Tabelle 2)

Index	Scheibe	Schwingungsdauer	
1	Alu	23,09	$\pi_1$
2		23,31	
3		23,28	
4	Messing (regelmäßig)	34,98	$\pi_2$
5		34,75	
6		34,78	

Vergleich der Aluminiumplatte und der  
Messingplatte, je 3 Messungen der Schwing-  
dauer bei 20 Umdrehungen.

## Material

- Drehtisch
- Drehtisch + Markierung
- Waage, Stoppuhr, Messlehre
- Balancierschneide
- 6 x 50g Massen  $\pm 0,1g$

## Messingscheibe:

Durchmesser der Scheibe: 110 mm

Masse der Scheibe: 646 g

## Equipment

Stoppuhr Modell: TFA Dostman UAT. Nr. 38.2016

Präzision: 0,01 s Ungenauigkeit:

Waage Modell: Ohaus CS2000

Präzision: 1 g Ungenauigkeit:

Schieblehre Modell: Mitutoyo J. HD 3.

Genauigkeit: 0,05 mm Ungenauigkeit:

Aluminiumscheibe Präzision: 2 deg

### Aufgabe 3)

Foto machen!

### Aufgabe 4)

Tabelle 3) Trägheitsmoment Messingplatte (unregelmäßig)

Achse	Schwingungsdauer [s]
$a_0$	44,42

Schwingungsdauer einer unregelmäßigen  
Messingplatte unter 20 Schwingungen.

### Aufgabe 5)

Tabelle 4) Parallelachsen

Achse	Abstand zum Schwerpunkt [mm]	Trägheitsmoment [ $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ ]
$a_1$	0,5	44,58
$a_2$	1,0	44,73
$a_3$	1,5	45,10
$a_4$	2,0	45,30
$a_5$	2,5	47,67

Geodreieck: 0,1 cm

Trägheitsmomente 5 weiterer Achsen - parallel zur  
Schwerpunktachse. Alle liegen auf einer Geraden.  
Berechnung über den Steiner'schen Satz.

## II. Durchführung

### 2.1. Versuchsaufbau

#### Genauigkeit der Messgeräte

Gerät [g]	Präzision	Ungenauigkeit
Stoppuhr	0,01s	/ / /
Waage	1g	1g
Schieblehre	1mm	0,05mm
Aluminumteller	2 Grad	/ / /

Tabelle II.1.: Genauigkeit der benutzten Geräte  
[TFA, Oha25]

### 2.2. Messverfahren

lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

## III. Auswertung

Masse [g]	Auslenkung $x$ [deg]	Differenz [deg]
0 <sup>1</sup>	0	—
50	60	60
100	122	62
150	180	58
200	242	62
250	302	60
300	366	64

Tabelle III.1.: Messungen der Rotationsauslenkung der Aluminum Scheibe.



## IV. Diskussion

### 4.1. Zusammenfassung

### 4.2. Diskussion

### 4.3. Kritik

## **Abbildungsverzeichnis**

## Tabellenverzeichnis

I.1. Vergleich der Größen in der Translation und Rotation . . . . .	3
I.1. Scheibendrehung . . . . .	7
I.2. Trägheitsmoment der regelmäßigen Messingplatte . . . . .	7
I.3. Trägheitsmoment der unregelmäßigen Messingplatte . . . . .	7
I.4. Schein'scher Satz . . . . .	7
II.1. Genauigkeit der benutzen Geräte [TFA, Oha25] . . . . .	7
III.1. Messungen der Rotationsauslenkung der Aluminum Scheibe. . . . .	8

[[Dem17](#)]

## Literaturverzeichnis

- [Dem17] Jochen Demtröder. *Experimentalphysik 2: Elektrizität und Optik*. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg, 7 edition, 2017.
- [Oha25] Ohaus. Ohaus cs200, 2025. Zugriff am 5. September 2025.
- [TFA] TFA. Tfa dostmann westheim stoppuhr (kat:nr. 38.2026). Zugriff am 27. August 2025.