



## Versuchsanleitung

# Drillachse

Nummer: 04  
Kompiliert am: 29. März 2023  
Letzte Änderung: 29.03.2023  
Beschreibung: Bestimmung eines Richtmomentes und von Trägheitsmomenten verschiedener Körper.  
Webseite: <https://www.uni-ulm.de/nawi/institut-fuer-quantenoptik/ag-prof-jelezko/lehre/grundpraktikum-physik-physwiphys-la-phys/>

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung</b>	<b>2</b>
<b>2 Stichpunkte zur Versuchsvorbereitung</b>	<b>2</b>
2.1 Theorie . . . . .	2
2.2 Beispiele aus Natur und Alltag . . . . .	2
<b>3 Versuchsdurchführung</b>	<b>2</b>
3.1 Statische Bestimmung der Winkelrichtgröße . . . . .	2
3.2 Dynamische Methode zur Bestimmung von Trägheitsmomenten . . . . .	3
3.3 Messungen der Präzessionsfrequenzen eines Kreisels . . . . .	3
3.4 Häufige Fehler . . . . .	4
<b>4 Versuchszubehör</b>	<b>4</b>
<b>5 Hinweise zur Ausarbeitung</b>	<b>4</b>
5.1 Versuchsspezifisch . . . . .	4
5.2 Allgemein . . . . .	4
<b>Literatur</b>	<b>6</b>

# 1 Einführung

Trägheitsmomente und die damit verbundenen Phänomene Präzession und Nutation sind die ersten theoretisch anspruchsvollen Probleme in der Mechanik. Sie entstehen durch die Betrachtung ausgedehnter (starrer) Massen(-verteilungen), wodurch die Trägheit des Systems nicht mehr nur als skalare Masse, sondern als Tensor beschrieben werden muss. Direkte Folgen davon sind allgegenwärtig und führen zu durchaus existenziellen Erscheinungen wie zum Beispiel dem Torkeln der Erdschwerachse mit den damit verbundenen Klimaänderungen oder auch technisch relevanten Anwendungen wie dem Kreiselkompass.

In diesem Versuch wollen wir uns ein bisschen mit diesen Phänomenen beschäftigen, indem wir Trägheitsmomente experimentell bestimmen und den Satz von Steiner nachweisen. Außerdem wird die Präzession experimentell nach ihren Abhängigkeiten untersucht.

## 2 Stichpunkte zur Versuchsvorbereitung

### 2.1 Theorie

- Massenpunkt und Starrer Körper: Translation vs. Rotation (Vergleich physikalischer Größen)
- Drehimpuls
- Definition und Bedeutung des Trägheitsmoments
- Satz von Steiner
- Kreisel
- Experimentelle Bestimmung von Trägheitsmomenten
- Weitere Literatur: [Dem15, Mes06, Rei06, Wal06]

### 2.2 Beispiele aus Natur und Alltag

- Kreisel, Kreiselkompass (Navigation)
- Kollergang
- Stabilisierung von Bewegung (Fahrrad, Levitron, Diskuswurf)
- Unwuchten (Deviationsmomente)

## 3 Versuchsdurchführung

### 3.1 Statische Bestimmung der Winkelrichtgröße

Bestimmen Sie das Richtmoment  $D$  der Drillachse mithilfe von Winkelscheibe, Zeigersystem und Umlenkrolle durch Messungen der Winkel  $\alpha$  bei unterschiedlichen Drehmomenten  $M = D \cdot \alpha$ .

- Messen Sie die Winkeländerung abhängig von den aufgelegten Gewichten sowohl bei zunehmendem Gesamtgewicht als auch bei abnehmendem Gesamtgewicht. Achten Sie dabei darauf, wie genau der Winkel abgelesen werden kann und welche Fehlereinflüsse wirksam sind.
- Bestimmen Sie das Richtmoment  $D$  sowohl graphisch als auch numerisch mit Hilfe der Ausgleichsrechnung.

### 3.2 Dynamische Methode zur Bestimmung von Trägheitsmomenten

- Kalibrierung der Drillachse (Vorbereitungen):  
Die Drillachse wird mit der Metallstange, zugehöriger Befestigung und zwei verschiebbaren Metallzylindern kalibriert.
  - Wiegen Sie die Metallstange und die Metallzylinder.
  - Bestimmen Sie Längen und Durchmesser der Zylinder.
  - Berechnen Sie die Trägheitsmomente der Zylinderkörper aus den Massen und den Abmessungen. Geben Sie die relativen Fehler an.
- Kalibriermessungen mit der Metallstange:  
Messen Sie für 6 verschiedene Abstände der Metallzylinder von der Drehachse die Schwingungszeiten  $T_i$  des Drehpendels (5 mal 10 Schwingungen für die Mittelung der Schwingungszeiten).
- Berechnen Sie mit Hilfe des Steiner'schen Satzes die Trägheitsmomente  $\Theta_i$  für die unterschiedlichen Abmessungen mit Angabe des relativen Fehlers.
- Erstellen Sie die Kalibrierkurve  $T_i^2$  gegen  $\Theta_i$ .
- Bestimmen Sie das Richtmoment  $D$  aus dem Graphen und vergleichen Sie die statisch und dynamisch gemessenen Richtmomente.
- - Wiegen Sie die Massen und bestimmen Sie die Abmessungen einer Holzkugel und einer Holzscheibe. (Der Durchmesser der Holzkugel ist auf der Metallbefestigung eingraviert - Angabe in mm).
  - Berechnen Sie die Trägheitsmomente nach den Formeln für homogene Körper.
  - Messen Sie die Schwingungszeiten für Kugel und Scheibe mit der Drillachse (5 mal 10 Schwingungen für die Mittelung).
  - Geben Sie Trägheitsmomente für Kugel und Scheibe nach der Kalibrierkurve an und vergleichen Sie die Werte mit den berechneten Werten.

### 3.3 Messungen der Präzessionsfrequenzen eines Kreisels

- Wiegen Sie die verschiebbare Masse auf dem Kreisel.
- Zählen Sie die Anzahl der Schlitze zur Bestimmung des Winkels pro Schlitzabstand.
- Bringen Sie den Kreisel durch Verschieben der Masse in ein stabiles horizontales Gleichgewicht und messen Sie mit einer Schieblehre den Abstand der Masse zu einem Bezugspunkt auf dem Kreisel. Starten Sie den Motor und warten Sie ab, bis die Motorfrequenz

ihren Endwert erreicht hat. Verschieben Sie nun die Masse um eine bestimmte Länge und messen Sie die Präzessionsfrequenz. Wiederholen Sie diese Messung für 4 weitere Abstände.

- Stellen Sie das Drehmoment abhängig von der Präzessionsfrequenz graphisch dar und bestimmen Sie das Trägheitsmoment des Kreisels.

### 3.4 Häufige Fehler

## 4 Versuchszubehör

- 1 Drillachse auf Stativ
- 1 Holzkugel, 1 Holzscheibe, 1 Hohlzylinder, 1 Vollzylinder
- 1 Metallstange mit 2 verschiebbaren Metallzylindern
- 1 flache Metallscheibe
- 1 Umlenkrolle
- 1 Scheibe mit Zeiger
- 1 Winkelskala
- 1 Gewichtssatz
- Stoppuhren
- Schieblehre
- Messlatte
- Motorgetriebener Kresel mit 2 Lichtschranken zur Messung der Drehzahl des Kreisels sowie der Präzessionsfrequenz
- Frequenzmesser und digitale Stoppuhr

## 5 Hinweise zur Ausarbeitung

### 5.1 Versuchsspezifisch

(Dies ist ein Direktauswerter.)

### 5.2 Allgemein

- Kopie des Laborbuchs anhängen
- Fehlerbalken in den Schaubildern
- Fehler des Mittelwerts richtig berechnen und Ergebnisse richtig runden (siehe Anleitung Limmer und/oder Folien zu unserem Statistik-Workshop)

- Gute Skizzen und Abbildungen verwendet (z.B. deutsche Beschriftung, Skizzen entsprechen den Erläuterungen, ...); Skizzen dürfen gerne selbst angefertigt werden
- Vergleich mit Literaturwerten
- Diskussion und/oder Wertung der Ergebnisse

## Literatur

- [Dem15] DEMTRÖDER, Wolfgang: *Experimentalphysik 1: Mechanik und Wärme*. 7. Auflage. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2015
- [Mes06] MESCHEDE, Dieter: *Gerthsen Physik*. 23. Auflage. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2006
- [Rei06] REINEKER, Peter: *Theoretische Physik I: Mechanik*. Weinheim : Wiley-VCH Verlag, 2006
- [Wal06] WALCHER, Wilhelm: *Praktikum der Physik*. 9. Auflage. Wiesbaden : Teubner Verlag, 2006