

**VERSUCH NUMMER**

**TITEL**

AUTOR A

authorA@udo.edu

AUTOR B

authorB@udo.edu

Durchführung: DATUM

Abgabe: DATUM

TU Dortmund – Fakultät Physik

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Theorie</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Durchführung</b>	<b>3</b>
2.1	Aufbau . . . . .	3
2.2	Messung zur Bestimmung des magnetischen Momentes durch Gravitation	3
2.3	Messung zur Bestimmung des magnetischen Momentes durch Oszillation	3
2.4	Messung zur Bestimmung des magnetischen Momentes über Präzession eines Magneten . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Auswertung</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>8</b>

# 1 Theorie

[sample]

## 2 Durchführung

### 2.1 Aufbau

Der Aufbau ist in Abbildung ?? zu sehen, im gegebenen Versuch wurde kein Plastikzylinder verwendet. Der Aufbau besteht aus einem Messingzylinder in einem Helmholtzspulenpaar mit Windungszahl  $N = 195$  Abstand  $d = 0.138\text{m}$  Radius  $R = 0.109\text{m}$ . Auf dem Messingzylinder befindet sich eine Billardkugel mit Masse  $m = 150\text{g}$  und Radius  $R = 0.028\text{m}$  mit einem Magneten in ihrem inneren, und einem Stiel in Richtung des magnetischen Momentes. Für die ersten beiden Messreihen steckt in dem Stiel ein Aluminiumstab an dem im Abstand  $r$  ein Gewicht der Masse  $m = 1.4\text{g}$ . Über dem Zylinder ist ein Stroboskop angebracht. Der Aufbau verfügt des weiteren über ein Steuergerät mit dem das Magnetfeld der Helmholtzspulen, das Stroboskop und ein Luftkissen im Messingzylinder bedient werden können.

### 2.2 Messung zur Bestimmung des magnetischen Momentes durch Gravitation

Die Masse am Aluminiumstab wird um eine bestimmte Länge  $r$  am Aluminiumstab von der Kugel entfernt. Das Luftkissen wird eingeschaltet, und das Magnetfeld der Helmholtzspulen wird durch die Stromstärke  $I$  so reguliert, dass sich das Gewicht im Gleichgewicht befindet, Es werden 10 Messwerte Paare  $r, I$  aufgenommen.

### 2.3 Messung zur Bestimmung des magnetischen Momentes durch Oszillation

Das Gewicht am Aluminiumstab wird nun entfernt, die Kugel wird in Ruheposition versetzt, und dann anschließen um einen kleinen Winkel ausgelenkt. An der Steuereinrichtung wird ein bestimmtes  $I$  eingestellt. Das Luftkissen wird angeschaltet, und es werden 10 Schwingungsperioden  $T$  der Kugel mithilfe einer Stoppuhr gemessen, es werden 10 verschiedene Messwerte Paare  $I, 10T$  mit unterschiedlichen Stromstärken aufgenommen.

### 2.4 Messung zur Bestimmung des magnetischen Momentes über Präzession eines Magneten

Nun wird auch der Aluminiumstab entfernt, das Stroboskop wird mit gleich bleibender Frequenz  $F = 4.2\text{Hz}$  betrieben. Bei eingeschaltetem Luftkissen wird die Kugel von Hand in Drehung versetzt. Sobald der weiße Punkt auf dem Stiel beim Lichtblitz immer am selben Ort erscheint, wird die Drehfrequenz als gleich der Stroboskopfrequenz angenommen, und die Stromstärke  $I$  wird eingeschaltet, es wird eine Periode der nun auftretenden Präzession mithilfe der Stoppuhr gemessen. Dies wird für jede Stromstärke drei mal durchgeführt, insgesamt wird für 5 verschiedene Stromstärken gemessen.

### 3 Auswertung

In der nachfolgenden Tabelle 1 sind die gemessenen Werte der Stromstärke  $I$  und des Abstandes  $r$  sowie die aus  $I$  nach ?? berechnete magnetische Flussdichte  $B$  dargestellt. Wobei  $\mu_0 = 1.2566370621219 \cdot 10^{-6}$  gilt [Formelsammlung].

**Tabelle 1:** Messwerte der Stromstärke, der magnetischen Flussdichte und des Abstandes  $r$

$r / m[\pm 0.1mm]$	$I / A[\pm 0.1A]$	$B / T[\pm 0.00014T]$
10,35	2,7	0,003 66
9,95	2,6	0,003 53
8,62	2,3	0,003 12
8,29	2,0	0,002 71
6,35	1,8	0,002 44
5,78	1,6	0,002 17
5,35	1,5	0,002 03
4,9	1,4	0,001 90
4,5	1,35	0,001 83
4,05	1,3	0,001 76

Um das magnetische Moment  $\mu_0$  zu bestimmen wird nun mit polyfit [numpy] eine lineare Regression aus den Messwerten erstellt. Zu sehen in Abbildung 1.

Die ausgegebenen Parameter sind

$$\text{Steigung } a = (32.200 \pm 1.639) \frac{m}{T}$$

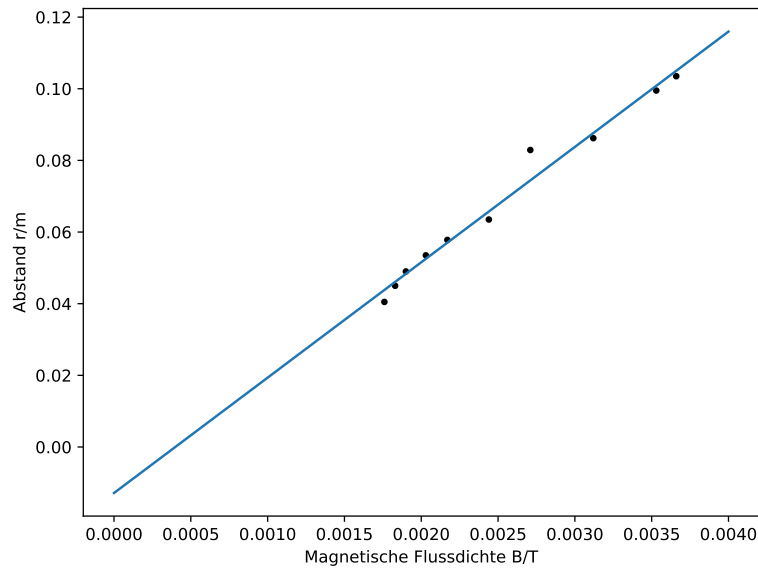
$$\text{Achsenabschnitt } b = (-0.013 \pm 0.004)m$$

Nach ?? wird das magnetische moment aus der Steigung als

$$m \cdot g \cdot a = (0.442 \pm 0.023) Am^2$$

berechnet

Es wurde  $g = 9.81$  verwendet.



**Abbildung 1:** Messwerte und lineare Regression von  $r$  und  $B$

In der folgenden Tabelle 2 werden die Messwerte für  $I$ , das daraus berechnete  $B$  und die Periodendauer  $T$  aufgeführt

Zur Bestimmung des magnetischen Momentes wird nun in Abbildung 2 eine lineare Regression der Messwerte gemacht, dabei wird  $T^2$  gegen  $\frac{1}{B}$  aufgetragen. Die von polyfit [numpy] ausgegebenen Parameter sind

$$\text{Steigung } a = (137.791 \pm 6.958)s^2 \cdot T$$

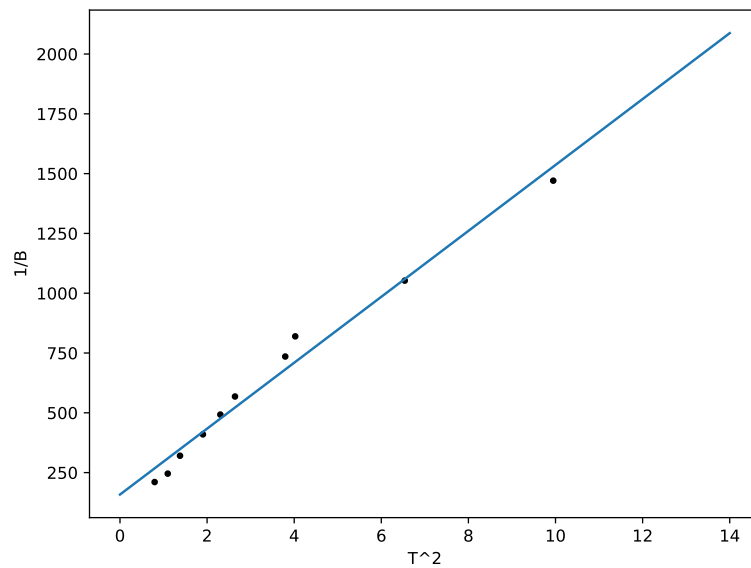
$$\text{Achsenabschnitt } b = (158.221 \pm 30.484)s^2$$

$$\text{Das Trägheitsmoment der Billardkugel beträgt } Jk = \frac{2}{5}mr^2 = 4.704 \cdot 10^{-5}kg \cdot m^2$$

$$\text{Nach ?? ergibt sich das magnetsiche Moment } \mu_0 = (0.256 \pm 0.013)Am^2$$

**Tabelle 2:** Messwerte der Stromstärke, der magnetischen Flussdichte und der Periodendauer  $T$

$I / \text{A}[\pm 0.1\text{A}]$	$B / \text{T}[\pm 0.00014\text{T}]$	$T / \text{s}$
0,5	0,000 68	3,154
0,7	0,000 95	2,557
0,9	0,001 22	2,006
1	0,001 36	1,948
1,3	0,001 76	1,625
1,5	0,002 03	1,518
1,8	0,002 44	1,380
2,3	0,003 12	1,174
3	0,004 07	1,047
3,5	0,004 75	0,892



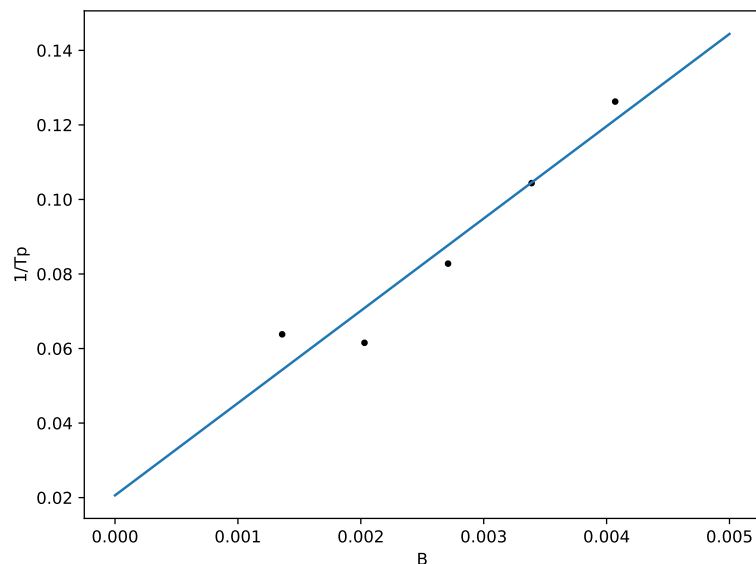
**Abbildung 2:** Lineare Regression der Messwerte zur Bestimmung des magnetischen Momentes

Für die dritte Methode der bestimmung des magnetischen Momentes in der folgenden Tabelle 3 die Messwerte für die Periodendauern, der Mittelwert der Periodendauern, der Stromstärke  $I$  und der daraus berechneten magnetischen Flussdichte  $B$  aufgeführt.

**Tabelle 3:** Messwerte der Stromstärke  $I$ , magnetische Flussdichte  $B$ , und 3 Präzessionsperioden Messwerte

$I / A[\pm 0.1A]$	$B / T[\pm 0.00014T]$	$T_{p1} / s$	$T_{p2} / s$	$T_{p3} / s$	Mittelwert der $T_p$
1	0,001 36	15,77	15.35	15.9	15.67
1,5	0,002 03	15,5	17.65	15.6	16.25
2	0,002 71	13,0	11.63	11.61	12.08
2,5	0,003 39	9,7	9.44	9.59	9.58
3	0,004 07	8,54	7.79	7.42	7.92

In der folgenden Abbildung 3 wird mithilfe von polyfit [numpy] eine lineare regression der Messwerte erstellt.



**Abbildung 3:** Lineare Regression zur Bestimmung des magnetischen momentes durch Präzession

Die ausgegebenen Parameter lauten

$$\text{Steigung } a = (24.761 \pm 4.049) \frac{1}{s \cdot T}$$

$$\text{Achsenabschnitt } b = (0.021 \pm 0.012) \frac{1}{s}$$

Der Drehimpuls  $L_k$  berechnet sich nach ?? zu

$$L_k = 1.241 \cdot 10^{-3} N \cdot m \cdot s$$

Damit berechnet sich das magnetische Moment zu

$$\mu_0 = (0.193 \pm 0.032) Am^2$$

## 4 Diskussion

### 4.1 Magnetisches Moment aus Gravitation

Es lässt sich erkennen, dass die Messwerte sich ziemlich nah an der Ausgleichsgeraden halten. Auch der Achsenabschnitt ist in Vergleich mit der Steigung vernachlässigbar, was auf eine gute Näherung schließen lässt. Die Fehler der Parameter sind nicht alarmierend groß, dementsprechend ist auch die Unsicherheit des magnetischen Momentes klein, Auftretende Fehler lassen sich dadurch erklären, dass der Aufbau aufgrund von Anfangsmomenten, Ungenauigkeiten und der begrenzten Zeit nie exakt im Gleichgewicht war, sowie diversen Ungenauigkeiten bei den Messungen und dem Ablesen von Werten. Außerdem war der Aluminiumstab während der gesamten Durchführung bereits verbogen beziehungsweise kurz davor auseinander zu brechen, was er schließlich auch tat.

### 4.2 Magnetisches Moment aus Oszillation

Hier lässt sich erkennen, dass die Messwerte ebenfalls ziemlich nah an der Ausgleichsgeraden liegen, allerdings weist die Regression einen nicht zu vernachlässigenden Achsenabschnitt von  $b = (158.221 \pm 30.484)s^2$  auf, ausserdem ist das magnetische Moment um den Faktor 1.726 kleiner als bei der ersten Methode. Die (verglichen mit der Gravitationsmethode) relativ hohen Ungenauigkeiten (der hohe Achsenabschnittswert) lassen sich durch den Umstand erklären, dass bei dieser Methode, mehr von Hand gemessen wurde, die zehnfache Periode wurde mit einer Stoppuhr gemessen die von Hand gestartet und gestoppt wurde, außerdem war die Anfangsauslenkung, da diese auch von Hand und mit Augenmaß eingestellt wurde, nicht immer konstant, und könnte stark variiert haben. Auch jegliche Effekte die die Periodendauer während der Messung der zehn Zeiten verändert haben könnten, wie zum Beispiel Reibung, wurden in den Berechnungen außer Acht gelassen.

### 4.3 Magnetisches Moment aus Präzession

Bei dieser Methode lässt sich an den Werten und der linearen Regression erkennen, dass die Messwerte nicht sehr nah an der Ausgleichsgeraden liegen. Dies führt zu hohen Unsicherheiten der Parameter und dementsprechend auch zu hohen Unsicherheiten bei dem errechneten Wert für das magnetische Moment. Der berechnete Wert für  $\mu_0$  ist außerdem kleiner als bei den beiden vorherigen Methoden. Diese Ungenauigkeiten entstehen wahrscheinlich erneut durch die Durchführung des gesamten Vorganges von Hand, das Drehen der Kugel, das Erkennen der passenden Frequenz, das Einschalten des Stromes der das Magnetfeld erzeugt, die Zeitmessung, die Beobachtung wann eine Periode durchlaufen wurde und sämtliches Ablesen beziehungsweise Messen wurde von Hand.



und mit Augenmaß gemacht. Bei so vielen fehlerquellen, kann man die Messwerte kaum als zuverlässig annehmen, um dem entgegenzuwirken wurde bei jeder Stromstärke drei mal gemessen, aber auch zwischen diesen Messergebnissen zeigen sich teilweise starke Schwankungen.

#### 4.4 Vergleich der magnetischen Momente

Die magnetischen momente sind:

$$\mu_g = (0.442 \pm 0.023) Am^2$$

$$\mu_{symupo} = (0.256 \pm 0.013) Am^2$$

$$\mu_{symupp} = (0.193 \pm 0.032) Am^2$$

$\mu_{symupg}$  ist um den Faktor 1.726 größer als  $\mu_{symupo}$

$\mu_{symupo}$  ist um den Faktor 1.326 größer als  $\mu_{symupp}$

Und  $\mu_{symupg}$  ist um den Faktor 2.290 größer als  $\mu_{symupp}$

Die hohen Abweichungen der magnetischen Momente untereinander lassen sich durch die oben aufgeführten Fehlerquellen erklären.