

V101: Das Trägheitsmoment

Ramona Kallo

Evelyn Romanjuk

03.11.2017

Inhaltsverzeichnis

1 Auswertung

1.1 Vorbereitung

In der vorbereitenden Aufgabe wird zunächst die Flussdichte B_0 für einen Strom I von 1A berechnet. Hierfür wird [FORMEL] verwendet sowie die Werte für das Helmholtz-Spulenpaar, welche in Kapitel [KAPITEL] zu finden sind. Wird für die magnetische Feldkonstante $\mu_0 = 1.26 \cdot 10^{-6} \frac{\text{N}}{\text{A}^2}$ verwendet, ergibt sich eine Flussdichte von

$$B_0 = 4.86 \cdot 10^{-3} \text{T}.$$

Weiterhin wird mit [FORMEL] das Trägheitsmoment J_K der im Versuch verwendeten Billiardkugel mit

$$\begin{aligned} r_K &= 2.5 \text{cm}, \\ m_K &= 150 \text{g} \end{aligned}$$

ermittelt. Das Trägheitsmoment beträgt damit $J_K = 3,75 \cdot 10^{-5} \text{kgm}^2$.

1.2 Bestimmung des magnetischen Momentes unter Ausnutzung der Gravitation

Die in dieser Methode eingestellten Ströme und gemessenen Abstände r sind in Tabelle (??) zu finden. Die zu den Strömen gehörigen Flussdichten B können mithilfe der Vorbereitungsaufgabe ermittelt werden, indem B_0 jeweils mit den verschiedenen Strömen multipliziert wird.

Tabelle 1: Gravitationsmethode: Ermittelte Größen

I/A	$B/10^{-3}\text{T}$	$r/10^{-2}\text{m}$
2,0	9,72	2,7
2,3	11,18	3,5
2,5	12,15	4,7
2,6	12,64	4,5
2,8	13,61	5,9
3,0	14,58	4,2
3,2	15,55	7,6
3,5	17,01	7,3
3,7	17,98	8,8
4,0	19,44	9,3

Es wird nun r gegen B aufgetragen, wie in Abbildung (??) zu sehen ist. Die Steigung der eingezeichneten Ausgleichsgerade beträgt $\frac{r}{B} = (6.94 \pm 0.84) \frac{\text{m}}{\text{T}}$. Nach Umstellen von Gleichung [Mü und B/R und soo!!] lässt sich so ein magnetisches Moment von $\mu_{\text{Dipol}} = (0.0953 \pm 0.0115) \frac{\text{J}}{\text{T}}$ berechnen. Das Gewicht der kleinen Masse m beträgt $m = 0.0014 \text{kg}$, die Erdbeschleunigung ist hier $g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

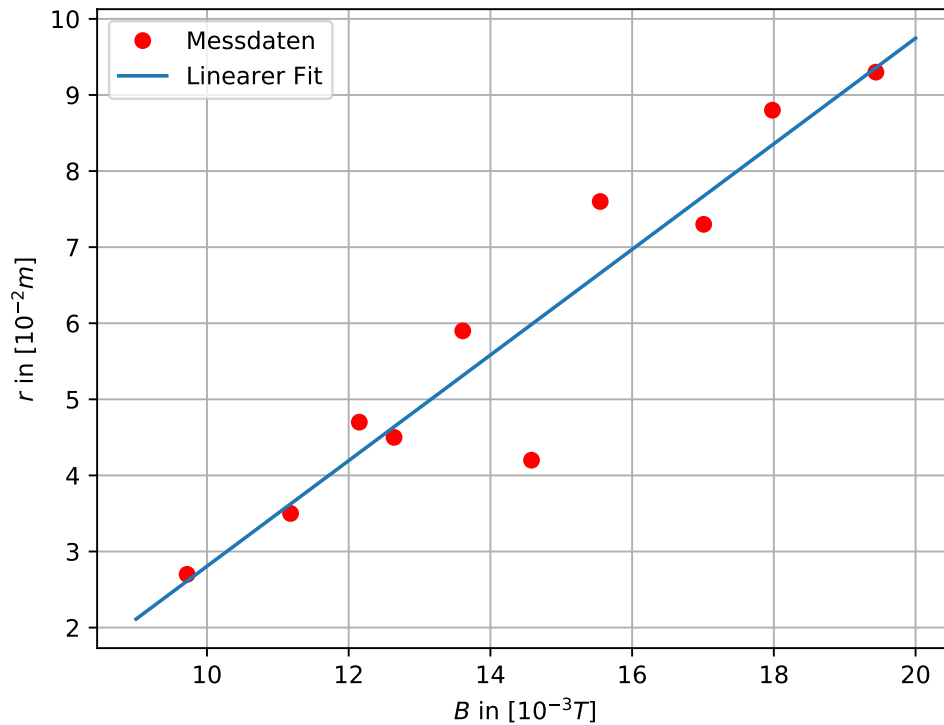


Abbildung 1: Gravitation

1.3 Bestimmung des magnetischen Momentes über die Schwingungsdauer

In diese Messmethode wird das magnetische Moment μ_{Dipol} über Gleichung [GLEICHUNG] ermittelt. In der Vorbereitung wurde das benötigte Trägheitsmoment der Billiardkugel bereits zu $J_K = 3.75 \cdot 10^{-5} \text{ kg m}^2$ bestimmt. In Tabelle (??) sind die eingestellten Ströme sowie die gemessenen Periodendauern zu finden.

Die Steigung der Ausgleichsgeraden beträgt $T^2 \cdot B = (0.0144 \pm 0.0007) \text{ s}^2 \cdot T$. Dies kann in Gleichung [GLEICHUNG] eingesetzt werden und erhält ein magnetisches Moment von $\mu_{\text{Dipol}} = (0.1027892525 \pm 2.4674) \frac{\text{J}}{\text{T}}$.

1.4 Bestimmung des magnetischen Moments über die Präzession

Mit Gleichung [GLEICHUNG] kann μ_{Dipol} über die Präzessionsmethode berechnet werden. Der Drehimpuls L_K ist

$$L_K = J_K \cdot 2\pi\nu \quad (1)$$

J_K kann aus der Vorbereitung entnommen werden, die Frequenz ν beträgt 5.8Hz. L_K beträgt damit $1.367 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}}$.

Tabelle 2: Schwingungsmethode: Ermittelte Größen

I/A	$B/10^{-3}\text{T}$	$\frac{1}{B}/T$	T/s	T^2/s^2
2,0	9,72	102,88	1,172	1,374
2,3	11,18	89,45	1,106	1,223
2,5	12,15	82,30	1,053	1,109
2,6	12,64	79,11	1,038	1,077
2,8	13,61	73,47	0,991	0,982
3,0	14,58	68,59	0,963	0,927
3,2	15,55	64,31	0,931	0,867
3,5	17,01	58,79	0,897	0,805
3,7	17,98	55,62	0,860	0,739
4,0	19,44	51,44	0,768	0,589

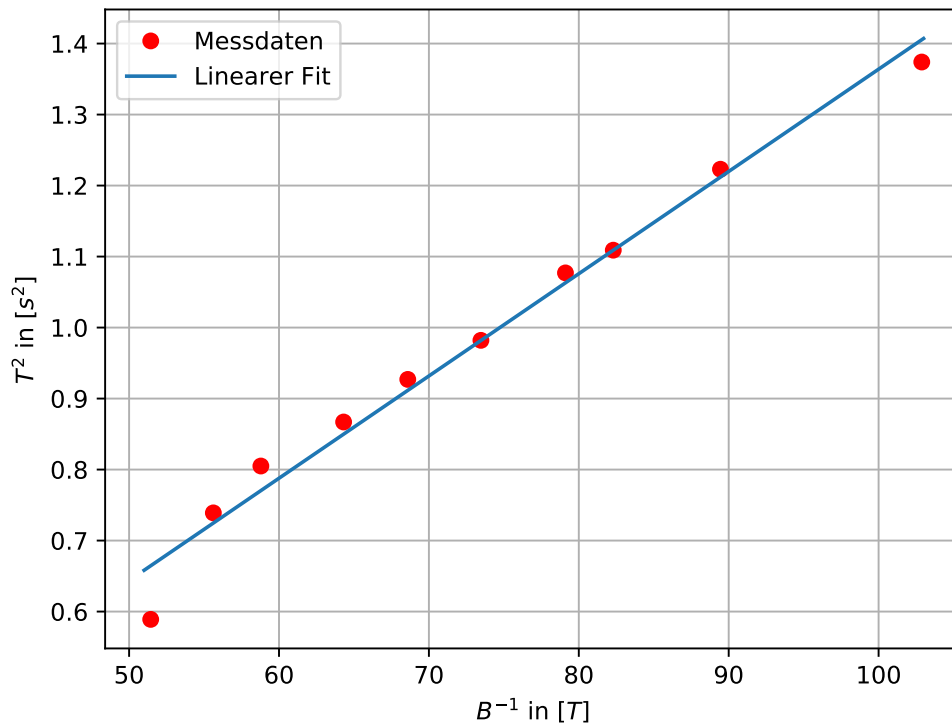


Abbildung 2: Schwingung

Aus Tabelle (??) können die Ströme, die daraus resultierenden magnetischen Flussdichten und die reziproken Periodendauern entnommen werden. In Abbildung (??) wur-

Tabelle 3: Präzessionsmethode: Ermittelte Größen

I/A	$B/10^{-3}\text{T}$	T_1/s	T_2/s	T_3/s
0,5	2,43	25,28	25,06	20,88
1,0	4,86	12,88	15,15	15,75
1,5	7,29	10,06	8,13	8,60
2,0	9,72	8,31	8,04	7,50
2,5	12,15	6,69	5,91	5,90
2,7	13,12	6,59	6,69	7,29
3,0	14,58	4,62	5,78	6,06
3,5	17,01	4,66	5,09	4,59
3,7	17,98	4,69	4,37	5,09
4,0	19,44	5,00	4,81	4,50

den die gemittelten, reziproken Periodendauern T_p gegen die magnetischen Flussdichten aufgetragen. Die Steigung beträgt $\frac{1}{T_p \cdot B} = (10.3261 \pm 0.6448) \frac{1}{s \cdot T}$. Das magnetische Moment ist somit $\mu_{\text{Dipol}} = (0.0887 \pm 0.0054) \frac{J}{T}$.

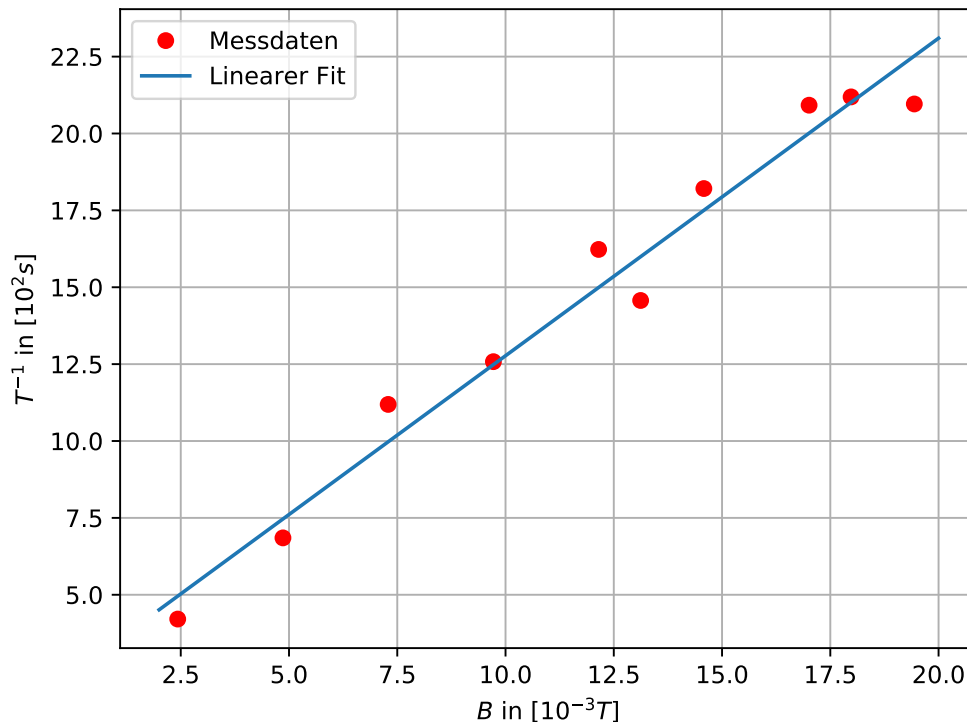


Abbildung 3: Präzession

2 Diskussion

Ziel dieses Versuches war es, das magnetische Moment eines Permanentmagneten auf drei verschiedene Weisen zu berechnen. In jeder der Messmethoden gab es Fehlerquellen, die berücksichtigt werden müssen. Zunächst die Gravitationsmethode. Hier könnten Fehler beim Vermessen der Billiardkugel mitsamt des Stiels auftreten sein. Zudem ist es möglich, dass die Abstände r von der Masse bis zur Kugel nur ungenau bestimmt wurden und es ein Intervall gab, in der die Masse bei einem bestimmten Magnetfeld noch stabil war. Diese ungenauen Abstände würden sich damit direkt auf die Berechnung von μ_{Dipol} auswirken.

Bei der Methode über die Schwingungsdauer könnte es sein, dass die Auslenkungen nicht bei jeder Messung gleich groß waren und die Durchführungen somit nicht einheitlich, da Periodendauern dadurch vergrößert oder verkleinert wurden. Bei kleinen Periodendauern könnten sich außerdem Fehler beim Stoppen der Zeit ergeben haben.

Zuletzt gab es auch bei der Präzessionsmethode einige Fehlerquellen. Zunächst musste die Kugel in Rotation und in einen stabilen Zustand versetzt werden. Wenn dies gelungen war, präzidierte die Kugel häufig schon, bevor der Strom richtig eingestellt wurde.

Außerdem kam es auch hier, wie in der Schwingungsmethode, vor, dass die Kugel nicht immer gleich stark ausgelenkt wurde. Weiterhin ergaben sich sicherlich auch Fehler beim Messen der Periodendauer, da es nicht immer genau ersichtlich war, wann eine Periode erreicht wurde.

Ferner spielte bei allen Messmethoden eine Rolle wie lange der Strom eingeschaltet war, weil beim Erwärmen des Spulendrahtes dessen Widerstand ansteigt. Daraus würde folgen, dass das Magnetfeld schwächer wird, was sich auf die gesamte Berechnung der magnetischen Momente der verschiedenen Messmethoden auswirkt.

Die Ergebnisse dieses Versuchs sind die folgenden magnetischen Momente:

$$\begin{aligned}\mu_{\text{Dipol, Grav}} &= (0.0953 \pm 0.0115) \frac{\text{J}}{\text{T}} \\ \mu_{\text{Dipol, Schwing}} &= (0.1028 \pm 2.4674) \frac{\text{J}}{\text{T}} \\ \mu_{\text{Dipol, Präz}} &= (0.0887 \pm 0.0054) \frac{\text{J}}{\text{T}}\end{aligned}$$

Diese Werte weichen mindestens mit 6.93% und maximal mit 15.9% voneinander ab. Es ist zu erkennen, dass das magnetische Moment, das über die Schwingungsmethode bestimmt wurde, den größten Fehlerwert aufweist. Dagegen hat die Präzessionsmethode den kleinsten. Auffällig ist hierbei, dass die Präzessionsmethode eigentlich die meisten Fehlerquellen hat, aber dennoch die Methode ist, bei der das magnetische Moment den kleinsten Fehlerwert hat.