

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
1 Ziel des Versuchs	1
2 Aufbau und Durchführung	1
2.1 Versuchsaufbau	1
2.2 Versuchsdurchführung	2
3 Physikalische Grundlagen	2
4 Auswertung	4
4.1 Messwerte	4
4.2 Berechnen der Werte und Fehlerrechnung	5
4.3 Lineare Regression	6
5 Diskussion	9
Abbildungsverzeichnis	10
Tabellenverzeichnis	10
Literatur	10
Anhang	

angebracht, welcher beim Betätigen Druck erzeugt und somit die Kugel beschleunigt.

2.2 Versuchsdurchführung

Zunächst wurde die Position gesucht, bei der der Stoßparameter Null ist, indem der Schlitten so eingestellt wurde, dass die Kugel wieder geradeaus zurück fliegen. Diese Position wurde als b_0 notiert. Erst jetzt wurde das druckempfindliche Papier eingelegt. Danach wurde der Schlitten immer um 0,5 cm in eine Richtung verstellt und 20 Kugeln verschossen. Die jeweiligen getroffenen Punkte wurden markiert, sodass sie später der Schlittenposition zuzuordnen sind. Der Schlitten wurde sowohl links als auch rechts von der Nullposition jeweils in sechs verschiedene Positionen gestellt. Bei jeder dieser Positionen wurde mit zwanzig Kugeln gemessen. ✓

Wahl A, AB als Mittelwert, Fehl auf AB?

Vor Aufbau & Durchführung }

3 Physikalische Grundlagen

Um die in den folgenden Berechnungen verwendeten Formeln zu erklären werden hier die verwendeten Zusammenhänge dargestellt.

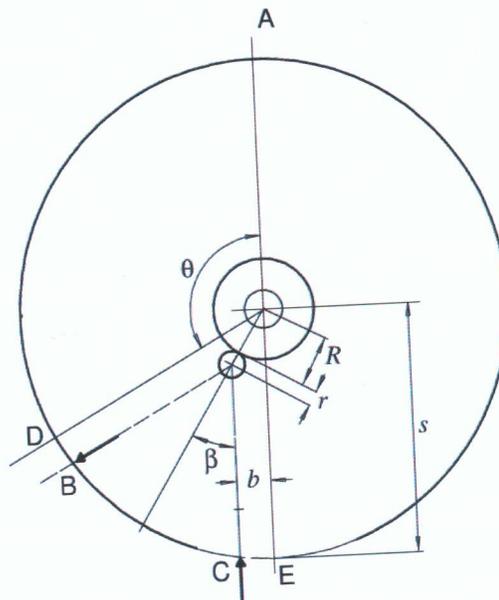


Abbildung 2: Zur Veranschaulichung der Streugeometrie

Der Abb. 2 sind folgende Zusammenhänge zu entnehmen.

$$\widehat{CE} = \widehat{BD} = s \arcsin \frac{b}{s} \approx b$$

$$\Theta = \frac{\widehat{AD}}{s} \approx \frac{\widehat{AB} - b}{s}$$

$$\sin \beta = \frac{b}{r + R}$$

Mit $\Theta + 2\beta = 2\pi$ und $\sin(\pi - x) = \cos(-x) = \cos x$ erhält man dann

$$\sin\left(\frac{2\pi - \Theta}{2}\right) = \cos \frac{\Theta}{2} = \frac{b}{r + R}$$

Trägt man dann b über $\cos \Theta/2$ auf erhält man theoretisch die Gerade

$$b = (r + R) \cos \frac{\Theta}{2}, \quad \text{mit } (r + R) \text{ als Steigung.}$$

Man kann dann im Folgenden den Radius des Targets bestimmen durch $R = m - r$, mit m als Steigung der linearen Regression über die Messdaten. ✓

4 Auswertung

4.1 Messwerte

$b_0 = ?$

Messung	$b_{\text{gem.}}$ [mm]	b [mm]	AB [mm]	Θ	$\cos(\frac{\Theta}{2})$	AB - b [mm]
b1	505	6	874,0	2,717	0,2108	868,0
b2	510	11	772	2,382	0,371	761
b3	515	16	653	1,994	0,543	637
b4	520	21	523	1,571	0,707	502
b5	525	26	359	1,042	0,867	333
b6	530	31	51	0,1	1,000	20
b1'	495	-4	926,0	2,911	0,1151	930,0
b2'	490	-9	839	2,654	0,241	848
b3'	485	-14	736	2,347	0,387	750
b4'	480	-19	615	1,984	0,547	634
b5'	475	-24	449	1,480	0,738	473
b6'	470	-29	235	0,83	0,916	264

Tabelle 1: Messwerte und daraus berechnete Werte zu den unterschiedlichen Stoßparametern b .

Messung	$s_{\text{AB, Streu.}}$ [mm]	$s_{\text{AB, ges}}$ [mm]	$s_{\text{AB - b}}$ [mm]	s_{Θ}	$s_{\cos(\frac{\Theta}{2})}$
b1	2,0	2,1	2,2	0,003	0,0014
b2	5	5	5	0,007	0,003
b3	4	4	4	0,007	0,003
b4	4	4	4	0,008	0,003
b5	4	4	4	0,012	0,003
b6	20	20	20	1,0	0,016
b1'	2,0	2,1	2,2	0,003	0,0014
b2'	5	5	5	0,006	0,003
b3'	6	6	6	0,008	0,004
b4'	4	4	4	0,007	0,003
b5'	6	6	6	0,013	0,004
b6'	9	9	9	0,03	0,007

Tabelle 2: Geschätzte und berechnete Fehler zu den Werten.

4.2 Berechnen der Werte und Fehlerrechnung

Zunächst haben wir die Stoßparameter b (in Tabelle 1) mit

$$b = b_{\text{gem.}} - b_0$$

ausgerechnet. Dabei wurde $b_0 = (499,0 \pm 0,5)$ mm genutzt. Der Fehler auf den Stoßparameter berechnet sich dann mit

$$s_b = \sqrt{s_{b_0}^2 + s_{b_i}^2} = 0,7 \text{ mm} \quad \text{mit } s_{b_i} = \pm 0,5 \text{ mm.} \quad \checkmark$$

Die in Tabelle 1 dargestellten Strecken AB haben wir mit Hilfe eines Maßbandes gemessen. Der Fehler $s_{AB, \text{Streu.}}$ ist der graphisch ermittelte statistische Fehler auf die Werte, welcher zusammen mit dem Messfehler des Maßbandes den Fehler $s_{AB, \text{ges.}}$ ergibt. Es wurde dafür

$$s_{AB, \text{ges.}} = \sqrt{s_{AB, \text{Streu.}}^2 + s_{\text{Maß.}}^2} \quad \text{mit } s_{\text{Maß.}} = \pm 0,5 \text{ mm}$$

berechnet. Die Fehler, welche sich für die einzelnen Werte ergeben sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Der benötigte Winkel Θ (Tabelle 1) wurde mit

$$\Theta = \frac{AB - b}{s}$$

und der Fehler (Tabelle 2) mit

$$s_{\Theta} = \Theta \cdot \sqrt{\left(\frac{\sqrt{s_{AB}^2 + s_b^2}}{AB - b}\right)^2 + \left(\frac{s_b}{b}\right)^2}$$

berechnet. Mit Θ wurde dann noch $\cos \frac{\Theta}{2}$ berechnet, welches man für die später folgende Auftragung der Daten benötigt. Der Fehler wurde mit

$$s_{\cos \frac{\Theta}{2}} = \frac{s_{\Theta}}{2} \cdot \sin \frac{\Theta}{2} \quad \checkmark$$

berechnet und ist ebenfalls in Tabelle 2 dargestellt.

4.3 Lineare Regression

Die jeweiligen Stoßparameter b wurden nun gegen die bestimmten Werte für $\cos \frac{\Theta}{2}$ aufgetragen und eine lineare Regression zur Bestimmung der Steigung durchgeführt.

Für die lineare Regression haben wir

$$a = \frac{\sum x_i^2 \sum y_i - \sum x_i \sum x_i y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$m = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$\text{für } y = a + mx$$

und zur Bestimmung der jeweiligen Fehler

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n [y_i - (a + mx_i)]^2}$$

$$s_a = s \cdot \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}}$$

$$s_m = s \cdot \sqrt{\frac{n}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}}$$

genutzt.

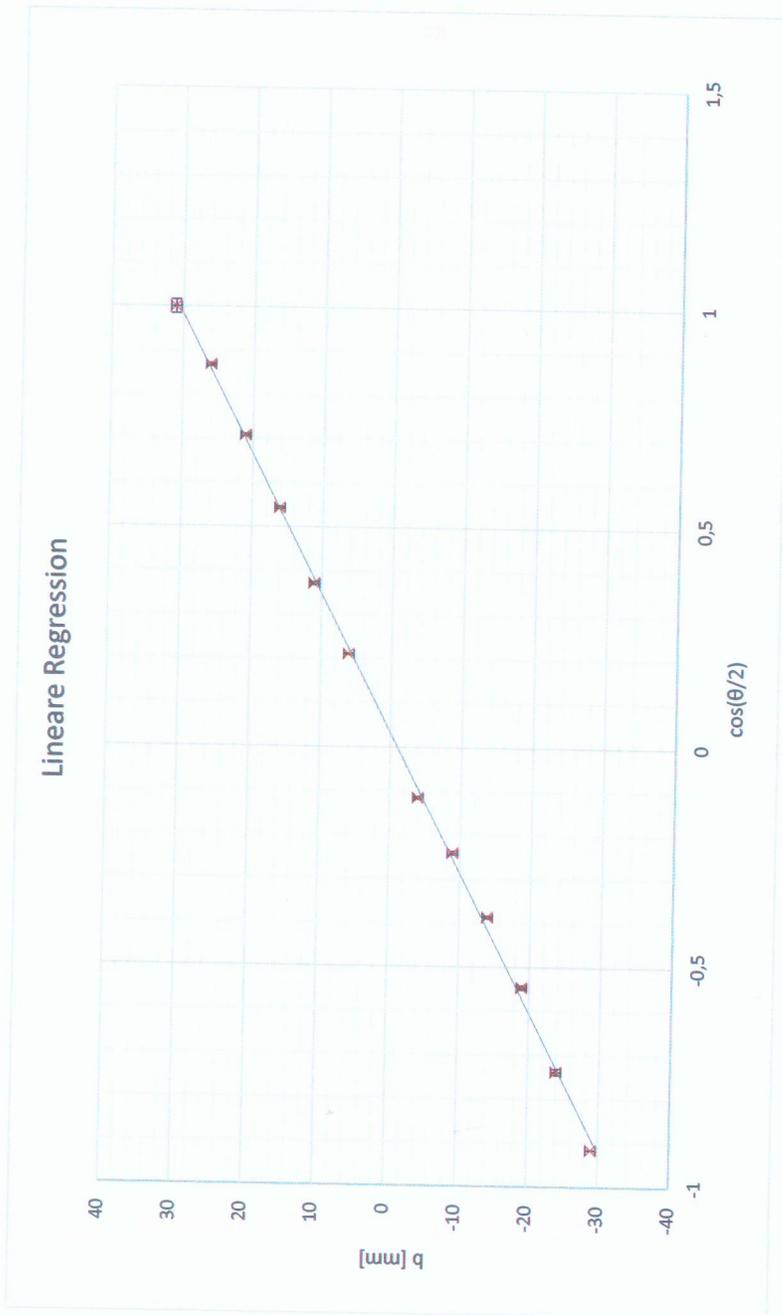


Abbildung 3: Lineare Regression der Auftragung von b gegen $\cos \frac{\theta}{2}$. Die Ausgleichsgeraden sind vorhanden, aber nicht erkennbar. X- und y-Fehler sind auch vorhanden und teilweise nicht erkennbar.

signifikant null

Für die Steigung ergibt sich aus der linearen Regression $m = (31,49 \pm 0,27)$ mm und der y-Achsenabschnitt liegt bei $(-0,98 \pm 0,17)$ mm.

Bei einem Achsenabschnitt, der nah an der Null liegt, führt die Korrektur zu keinem merkbareren Unterschied in der Steigung und damit im später berechneten Radius, daher verzichten wir darauf und nutzen die Steigung m , welche aus dieser linearen Regression resultiert.

Der Radius des Target berechnet sich nun mit $r = 2,175$ mm und

$$\begin{aligned} R &= m - r \\ &= (29,32 \pm 0,27) \text{ mm} \end{aligned}$$

wobei der Fehler, da der Radius der Kugel als fehlerfrei angenommen wird, gleich dem Fehler auf die Steigung ist. ✓

5 Diskussion

Für den mit dem Streuversuch ermittelten Radius des Targets erhielten wir

$$R = (29,32 \pm 0,27) \text{ mm} \quad \text{s.o.}$$

Um die Qualität dieses Ergebnisses zu überprüfen wurde mit einem Maßband der Durchmesser des Targets bestimmt. Man erhält mit dieser Methode den Radius

$$R' = \frac{d}{2} = \frac{57 \text{ mm}}{2} = (28,50 \pm 0,25) \text{ mm}$$

Wobei der Fehler auf das Maßband auf $s_{\text{Maß.}} = 0,5 \text{ mm}$ und mit der Formel $s_{R'} = 0,5 \cdot s_{\text{Maß.}}$ fortgepflanzt wurde.

Führt man nun einen Verträglichkeitstest mit,

$$t = \frac{|x_0 - y_0|}{\sqrt{s_x^2 + s_y^2}} \text{ mit } x_0 \text{ und } y_0 \text{ zu vergleichende Werte}$$

Wenn $t < 2$ dann sind $x_0 \pm s_x$ und $y_0 \pm s_y$ verträglich

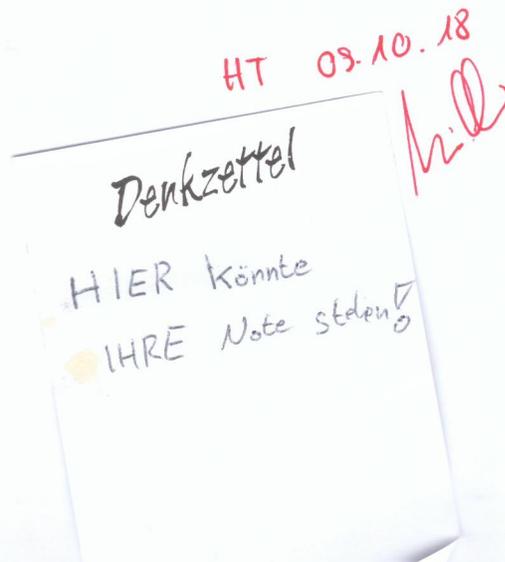
Wenn $t \geq 2$ dann sind $x_0 \pm s_x$ und $y_0 \pm s_x$ nicht verträglich

durch so erhält man

$$t = 2,23 \quad .$$

Dieser Wert würde gerade so gegen eine Verträglichkeit sprechen. Wenn man jedoch den Fehler auf die Messung mit dem Maßband erhöhen würde, würden die Werte vermutlich verträglich werden. Den Fehler auf die Messung mit dem Maßband zu erhöhen wäre auch logisch, da man das Maßband bei der Messung wahrscheinlich nicht komplett mittig plaziert also nicht nur den verwendeten Fehler auf die Skala selbst hat. ✓

mögliche Fehlerquellen? Systematischer Fehler bei Wahl eines s_0 ?



Abbildungsverzeichnis

1	Versuchsaufbau des Streuversuchs	1
2	Zur Veranschaulichung der Streugeometrie	2
3	Lineare Regression der Auftragung von b gegen $\cos \frac{\Theta}{2}$. Die Ausgleichsgeraden sind vorhanden, aber nicht erkennbar. X- und y-Fehler sind auch vorhanden und teilweise nicht erkennbar.	7

Tabellenverzeichnis

1	Messwerte und daraus berechnete Werte zu den unterschiedlichen Stoßparametern b	4
2	Geschätzte und berechnete Fehler zu den Werten.	4

Literatur

[Quelle 1] "Versuchsanleitungen zum Physikkabor für Anfänger*innen, Teil 1" Stand 08/2018.

Versuch 17 Streuzsueh 05.10.18

n-Kugeln = ~~14~~ 20

$b_0 = \frac{49,9}{20} \text{ cm}$ (Stärke unter)

$s_{0,a} = 0,5 \text{ mm}$

$b_1 = 50,5 \text{ cm}$ $b_1' = 49,5 \text{ cm}$

Durchmesser Aufbau

$b_2 = 51 \text{ cm}$ $b_2' = 49 \text{ cm}$

$s = 63,9 \text{ cm}$

$b_3 = 51,5 \text{ cm}$ $b_3' = 48,5 \text{ cm}$

$s_a = 0,5 \text{ mm}$

$b_4 = 52 \text{ cm}$ $b_4' = 48 \text{ cm}$

Durchmesser Zylinder

$b_5 = 52,5 \text{ cm}$ $b_5' = 47,5 \text{ cm}$

$d = 5,7 \text{ cm}$

$b_6 = 53 \text{ cm}$ $b_6' = 47 \text{ cm}$

$s_{11} = 0,5 \text{ mm}$

Streuung um Auftreffpunkte

bei

bei

$b_1 = \pm 2 \text{ mm}$

$b_1' = \pm 2 \text{ mm}$

$b_2 = \pm 5 \text{ mm}$

$b_2' = \pm 5 \text{ mm}$

$b_3 = \pm 6 \text{ mm}$

$b_3' = \pm 6 \text{ mm}$

$b_4 = \pm 4 \text{ mm}$

$b_4' = \pm 4 \text{ mm}$

$b_5 = \pm 4 \text{ mm}$

$b_5' = \pm 6 \text{ mm}$

$b_6 = \pm 20 \text{ mm}$

$b_6' = \pm 3 \text{ mm}$

05.10.18
VT Müller

Druckpapier