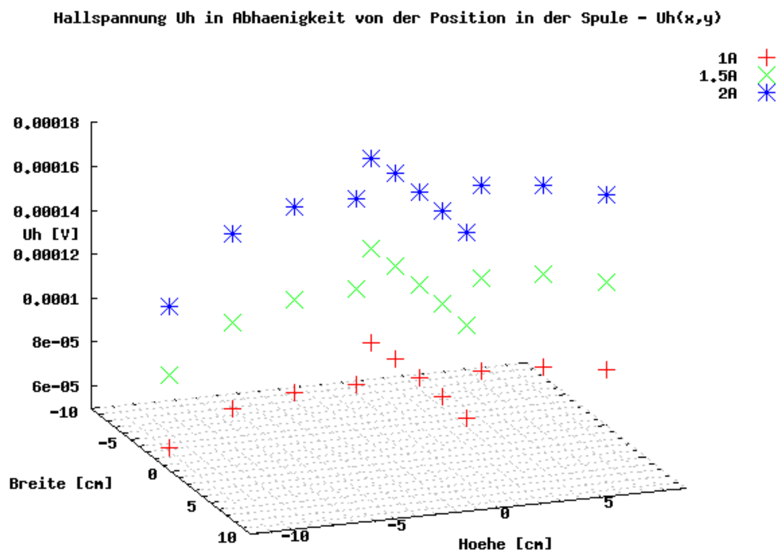
P1-72, 74, 75 AUSWERTUNG VERSUCH $\frac{e}{m}$ BESTIMMUNG

GRUPPE 19 - SASKIA MEISSNER, ARNOLD SEILER

1. $\frac{e}{m}$ Bestimmung mit dem Fadenstrahltohr

Um mit dem Fadenstrahlrohr das Verhältnis $\frac{e}{m}$ bestimmen zu können, muss man zunächst die Stärke des Magnetfeldes in der Apparatur bestimmen. Zudem sollte dieses Magnetfeld im betreffenden Bereich (dort wo die Elektronen umlaufen) möglichst homogen sein.

1.1. **Hallspannung im B-Feld zwischen den Helmholtz-Spulen .** Um das Magnetfeld im Aufbau zu bestimmen, muss man die Messung an einem vergleichbaren Aufbau ohne Fadenstrahlrohr durchführen.



Hallspannung über der Position zwischen den Spulen bei verschiedenen Spulenströmen.

Die Positionen sind in einer Ebene genau zwischen den Spulen.

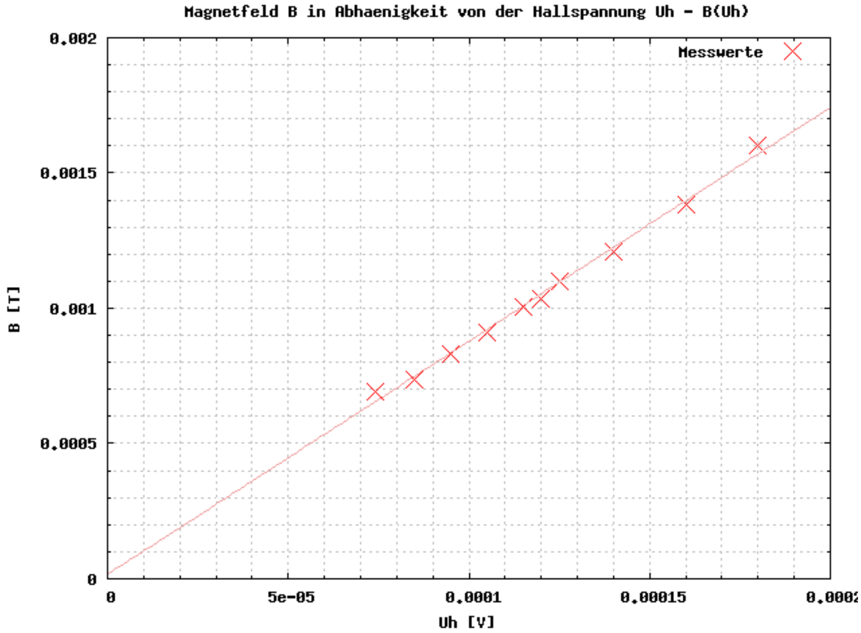
Der interessante Bereich liegt um den Mittelpunkt mit einem Radius von ca. 6cm, da dort die Elektronen umlaufen werden. Die Messung der Hallspannung zwischen den Spulen zeigt, dass das B-Feld in diesem Bereich ausreichend homogen ist.

Um die Hallspannung mit der Stärke des Magnetfeldes in Verbindung bringen zu können, muss man die Hallsonde nun noch mit einem bekannten Magnetfeld eichen.

1.2. **Eichen der Hallsonde.** Nun wird die Hallspannung in einem berechenbaren B-Feld gemessen. Es ist sinvoll, ähnliche Hallspannungen zu erzeugen, wie die in 1.1 gemessenen, um mögliche nichtlineare Effekte zu minimieren.

Hierzu wird der Strom durch die lange Eichspule so geregelt, dass eine gewünschte Hallspannung zu messen ist.

Das B-Feld errechnet sich dann aus $B = \mu_0 \frac{N}{L} I_s$.



B-Feld über Hallspannung
Ausgleichsgerade: $B = 8,64 \cdot U_h \cdot \frac{T}{V} + 1,5 \cdot 10^{-5}T$
Mithilfe der Ausgleichsgeraden lässt sich nun die Stärke des bei 1.1 vorhandenen B-Feldes bestimmen.

1.3. **Vergleich mit theoretischen Werten .** Vergleicht man die Ergebnisse obiger Messungen mit den theoretischen Werten für Helmhotz-Spulen, ergeben sich folgende Abweichungen:

Spulenstrom	Experiment B [T]	Theorie B [T]	Abweichung [%]
1A	$7,15 \cdot 10^{-4}$	$7,79 \cdot 10^{-4}$	8,3
1,5A	$1,08 \cdot 10^{-3}$	$1,17 \cdot 10^{-3}$	7,8
2A	$1,44 \cdot 10^{-3}$	$1,56 \cdot 10^{-3}$	7,6

Die experimentellen Werte sind für das B-Feld genau in der Mitte, die theoretischen Werte ergeben sich aus der Formel $B = 0,7155 \cdot \mu_0 \cdot n \cdot \frac{I_S}{R} = 7,79 \cdot 10^{-4} \cdot I_S \cdot \frac{T}{A}$ (R=Radius der Spulen = Abstand der Spulen).

Aus den Experimentellen Werten lässt sich die Proportionalitätskonstante K_B ebenfalls bestimmen. Das B-Feld lautet dann $B = 7,3 \cdot 10^{-4} \cdot I_S \cdot \frac{T}{A}$.

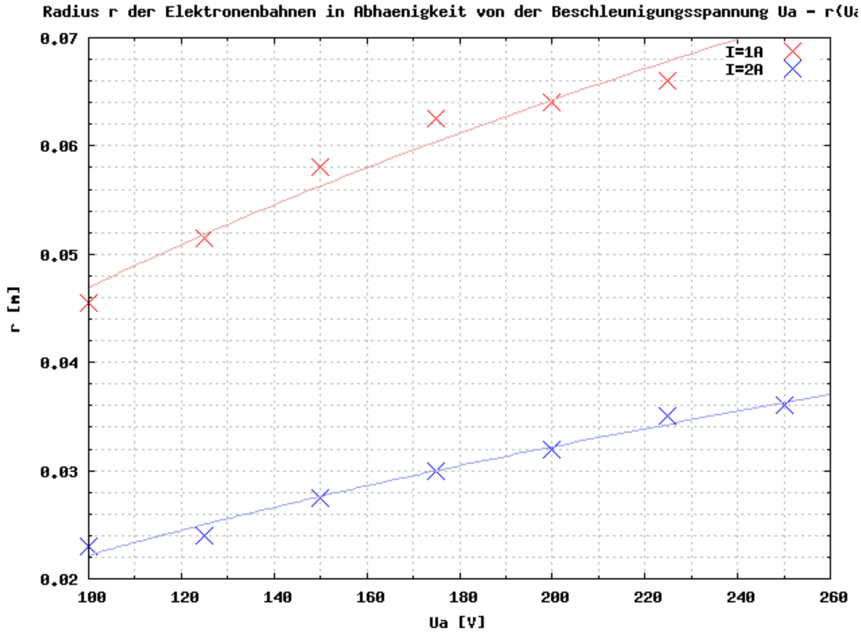
1.4. **Durchmesser der Elektronenkreisbahnen.** Nach diesen Vorbereitungen bestimmt man nun den Durchmesser der Kreisbahnen, die die Elektronen in der Fadenstrahlröhre beschreiben.

Da die Lorenztkraft in diesem Aufbau als Zentripetalkraft wirkt, gilt folgender Zusammenhang:

$$\vec{F}_L = q(\vec{v} \times \vec{B}) = -\frac{m \cdot \vec{v}^2}{r} \cdot \hat{r} = \vec{F}_Z$$

Da $\vec{v} \perp \vec{B}$ und bei der Messung die Richtung der Ablenkung egal ist, folgt: $qB = \frac{mv}{r}$. Die Geschwindigkeit der Elektronen v lässt sich aus der Beschleunigungsspannung bestimmen: $v = \sqrt{\frac{2qU_A}{m}}$. Für den Zusammenhang zwischen Magnetfeld und Strom benutzt man die Formel aus 1.3.

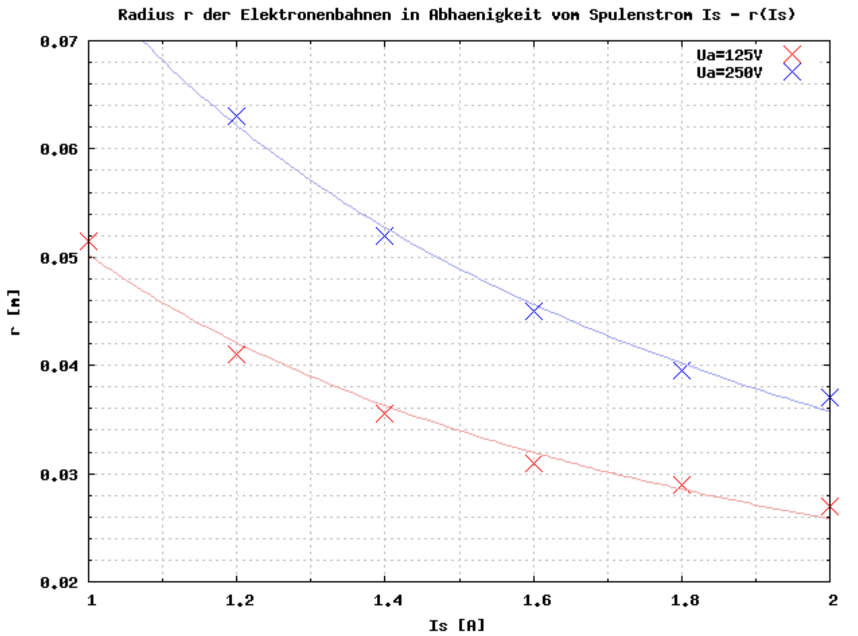
Zunächst variiert man die Beschleunigungsspannung bei konstantem Spulenstrom.



Ausgleichskurve I=1A: $r = 4,2 \cdot \sqrt{U_A}\frac{mm}{\sqrt{V}} + 5,0mm$, *I=2A:* $r = 2,4 \cdot \sqrt{U_A}\frac{mm}{\sqrt{V}} - 2,0mm$

Aus obigen Formeln ergibt sich der Zusammenhang $r = \frac{m}{qB}\sqrt{\frac{2q}{m}}\sqrt{U_A} \sim \sqrt{U_A}$, wobei $B = 0,7155 \cdot \mu_0 \cdot n \cdot \frac{I}{R}$ aus 1.3.

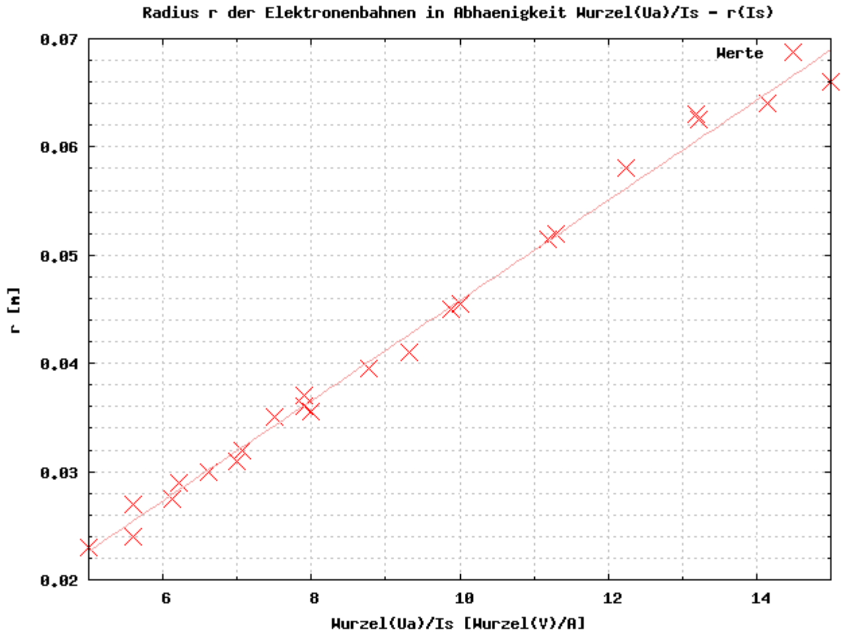
Dann variiert man den Spulenstrom und damit das Magnetfeld bei konstanter Beschleunigungsspannung.



Ausgleichskurve U=125V: $r = 49 \cdot \frac{1}{I_S} mm \cdot A + 1mm$, *U=250V:* $r = 79 \cdot \frac{1}{I_S} mm \cdot A - 3mm$

Hier ist $r = \frac{m}{q}\sqrt{\frac{2qU_A}{m}} \cdot \frac{R}{\mu_0 n} \cdot \frac{1}{I_S} \sim \frac{1}{I_S}$.

Trägt man insgesamt den Radius r über $\frac{\sqrt{U_A}}{I_S}$ auf, kann man wegen $r = \sqrt{\frac{2m}{e}\frac{1}{K_B^2}\frac{U_A}{I_S}}$ das Verhältnis $\frac{e}{m}$ mit Hilfe der Geradensteigung berechnen. (K_B ist die Proportionalitätskonstante aus 1.3).



Ausgleichsgerade: $r = 4,62 \cdot \frac{\sqrt{U_A}}{I_S} \cdot \frac{mm \cdot A}{\sqrt{V}}$

Somit erhält man:

$\frac{e}{m} = 1,77 \cdot 10^{11} \frac{C}{kg}$ mit der experimentell bestimmten Konstanten für das Magnetfeld, bzw. $\frac{e}{m} = 1,54 \cdot 10^{11} \frac{C}{kg}$ mit der theoretisch bestimmten Konstanten.

Da das Verhältnis bei Verwendung des selbst bestimmten B-Feldes liegt wesentlich näher am Literaturwert von $\frac{e}{m} = 1,7588 \frac{C}{kg}$.

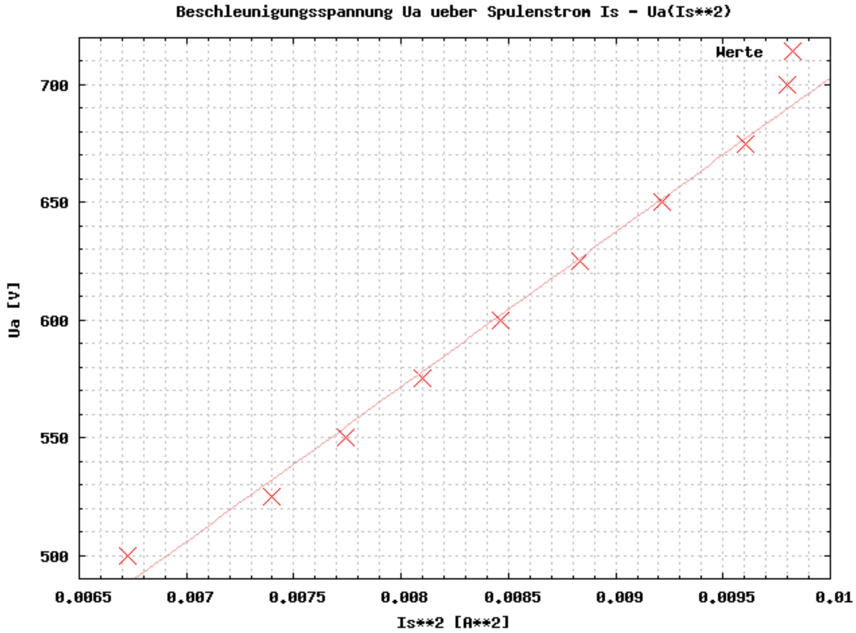
2. e/m Bestimmung nach der Methode von Busch

2.1. Vorbereitende Versuche. Der vom Deflektor abgelenkte Elektronenstrahl wird vom Magnetfeld „gedreht“. Die abgelenkten Elektronen durchlaufen eine Schraubenbahn, deren Ganghöhe durch die Stärke des Magnetfeldes verändert werden. Ist auf dem Schirm nur ein Punkt zu sehen, entspricht die Ganghöhe gerade dem Abstand zwischen den Deflektorplatten und dem Schirm.

2.2. e/m Bestimmung. Nun benutzt man den Effekt, dass die Elektronen nach einem Umlauf wieder alle in einem Punkt zusammentreffen, um die Ganghöhe zu bestimmen. Aus der Stärke des Magnetfeldes, der Beschleunigungsspannung und der Ganghöhe lässt sich dann ebenfalls das Verhältnis $\frac{e}{m}$ berechnen:

$$\frac{e}{m} = \frac{8\pi^2 U_A}{B^2 h^2}$$

Um genauere Werte zu erziehlen, benutzt man jedoch auch wieder eine Ausgleichsgerade:



Ausgleichsgerade: $U_A = 65726 \cdot I_S^2 \frac{V}{A^2}$

Für die Beschleunigungsspannung gilt hier $U_A = \frac{e}{m}\frac{h^2}{8\pi^2}K_B^2 \cdot I_S^2$ (wobei K_B aus der Mittelung des Magnetfeldes kommt).

Man erhält dann $\frac{e}{m} = 6 \cdot 10^{13}\frac{C}{kg}$, was sehr weit vom Literaturwert abweicht. Mögliche Ursachen sind, dass das B-Feld in der Spule nur theoretisch abgeschätzt werden kann und sich der Punkt, an dem die Elektronen genau eine Schraube umlaufen haben, nur schwer einstellbar ist.

Um einen Fehler in dieser Größenordnung zu erhalten, spielen jedoch gewiss auch noch schwerwiegendere systematische Fehler eine Rolle.