

# 1 Auswertung

## 1.1 Ablenkung des Elektronenstrahls im E-Feld

Die im Versuch gemessenen Werte sind in Tabelle (1) zu finden.

Tabelle 1: Gemessene Spannung bei unterschiedlicher Auslenkung

Auslenkung (D/ Zoll)	Spannung ( $U_d$ / V)				
	bei 230V	bei 250V	bei 300V	bei 350V	bei 400V
0	-24,3	-26,5	-30,6		
0,25	-19,3	-22	-25,1	-30,7	-34,2
0,5	-15	-17,5	-21	-23,5	-27,6
0,75	-11,5	-12,7	-14,8	-17,74	-19,84
1	-7,4	-8,1	-9,6	-12,34	-12,31
1,25	-3,5	-3,55	-4,45	-5,7	-4,82
1,5	0,38	0,88	1,52	1,46	2,4
1,75	5,04	6,44	7,24	7,76	10,3
2	9,46	10,85	12,88	14,3	18

Zunächst wird der Abstand gegen die Spannung aufgetragen. Dafür werden die Angaben des Abstandes in Meter umgerechnet. Der ermittelte umrechnungsfaktor beträgt 0,0252 m/Zoll . Die entstandenen Graphen sind in Abbildung (??) zu sehen.

Aus Gleichung (??) folgt ein linearer Zusammenhang zwischen D und  $U_d$ . Somit folgt eine lineare Ausgleichsrechnung mit

$$D(U_d) = U_d \cdot a + b$$

Die Steigung a entspricht hierbei der Empfindlichkeit  $\frac{D}{U_d}$  für die unterschiedlichen Beschleunigungsspannungen. Die Parameter a und b sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Tabelle 2: Empfindlichkeiten

Beschleunigungsspannung $U_B$ / V	$a = \frac{D}{U_d} / (\frac{N}{C})$	b/ m
230	(0,001530 $\pm$ 0,000020)	(0,001530 $\pm$ 0,000020)
250	(0,001346 $\pm$ 0,000010)	(0,001346 $\pm$ 0,000010)
300	(0,001157 $\pm$ 0,000014)	(0,001157 $\pm$ 0,000014)
350	(0,000987 $\pm$ 0,000013)	(0,000987 $\pm$ 0,000013)
400	(0,000841 $\pm$ 0,000006)	(0,000841 $\pm$ 0,000006)

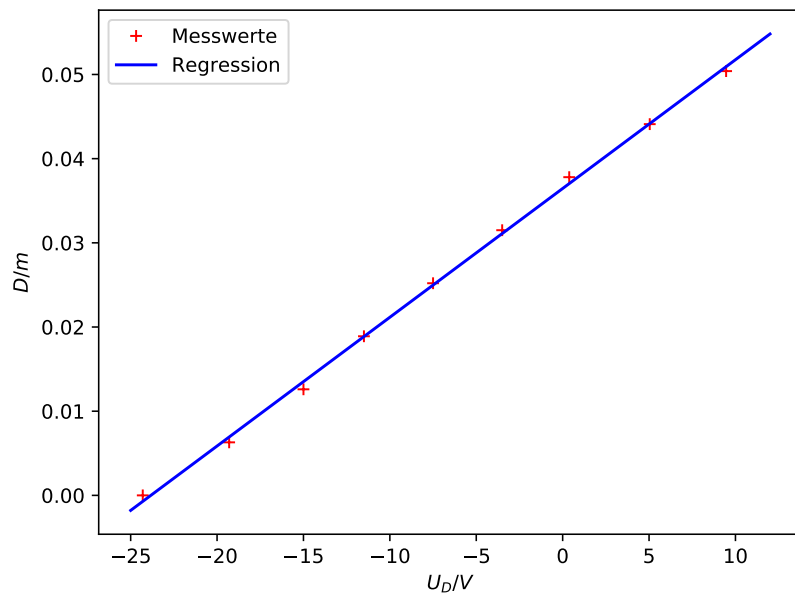


Abbildung 1: Empfindsamkeit für 230V

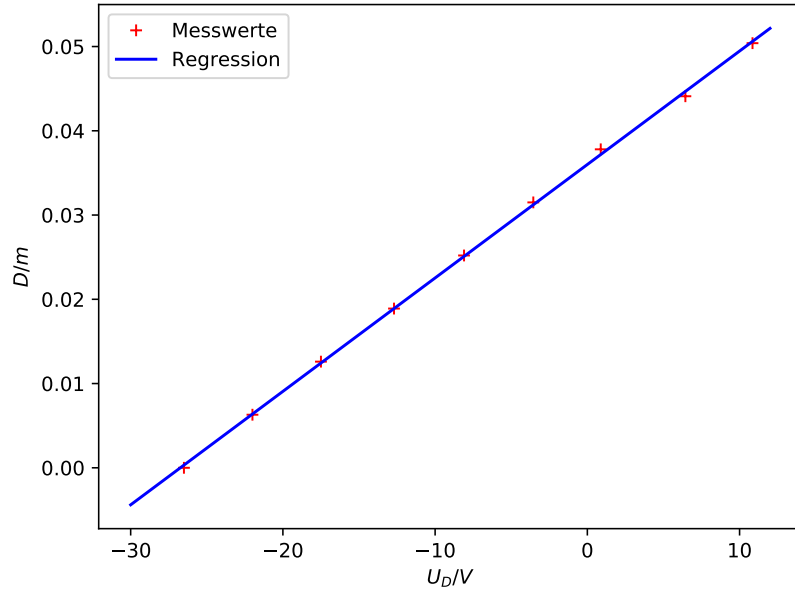


Abbildung 2: Empfindsamkeit für 250V

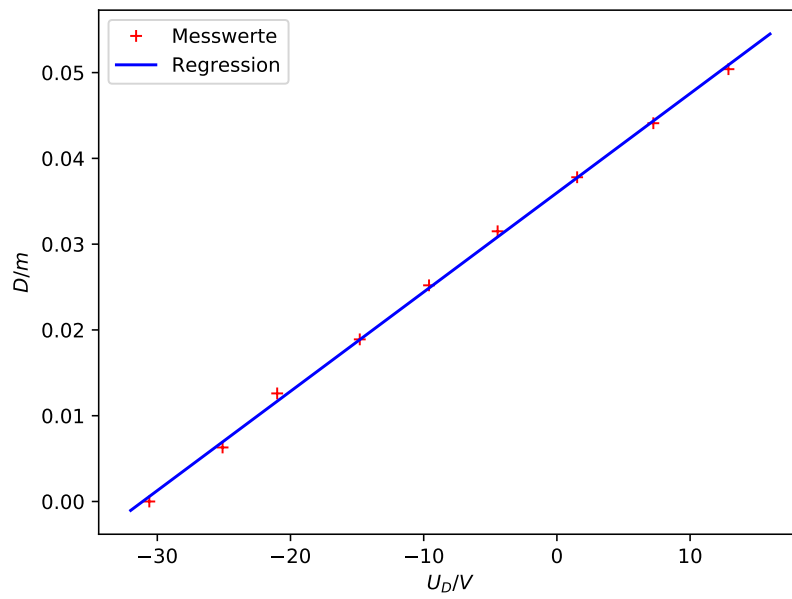


Abbildung 3: Empfindlichkeit für 300V

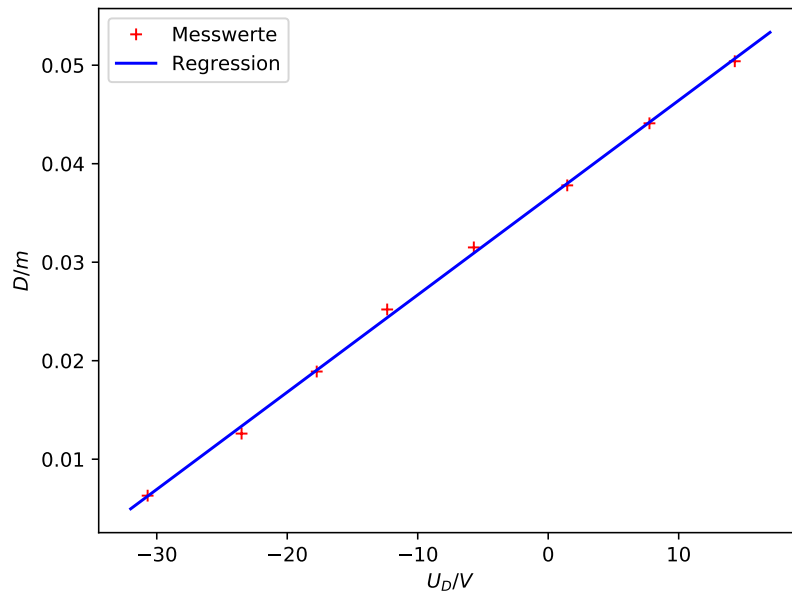


Abbildung 4: Empfindsamkeit für 350V

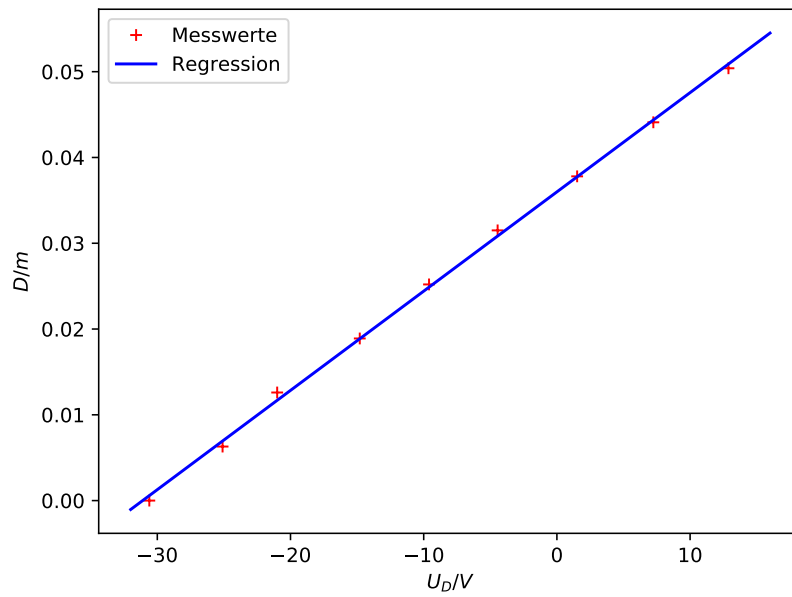


Abbildung 5: Empfindlichkeit für 400V

Im Folgenden wird die Empfindlichkeit gegen  $\frac{1}{U_B}$  aufgetragen. Dies ist in Abbildung (6) zu sehen.

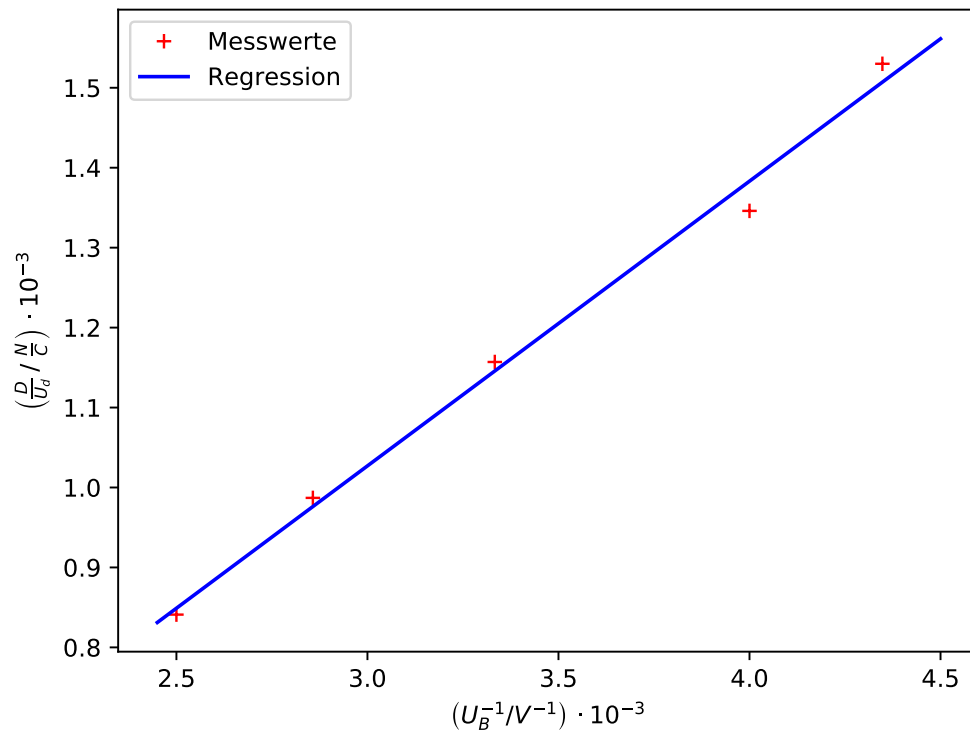


Abbildung 6: Empfindlichkeit gegen  $1/U_B$

Es wurde ebenfalls eine lineare Ausgleichsrechnung durchgeführt. Die Formel lautet:

$$\frac{1}{U_b} \left( \frac{D}{U_d} \right) = a \cdot \frac{D}{U_d} + b$$

Die durch ermittelten Parameter beträgt

$$a = (0,356 \pm 0,018) \text{ m}$$

$$b = (-0.04 \pm 0.06) \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

Nun wird die Größe

$$C = \frac{pL}{2d} \quad (1)$$

berechnet. Diese drei Größen werden aus der Anleitung entnommen. Dabei ist p die Länge der Ablenkplatten, d der Abstand der beiden Platten und L der Abstand der Platten zum Leuchtschirm. Die Größe d wird über die beiden Angaben in der Anleitung

gemittelt.

$$p = 1,9 \text{ cm} \quad (2)$$

$$d = (0,665 \pm 0,057) \text{ cm} \quad (3)$$

$$L = 15,33 \text{ cm} \quad (4)$$

Somit ergibt sich für Formel (1) ein Wert von 21,9 cm.

Die gemessenen Werte des zweiten Teils des Versuchs, sowie die errechneten Sinusspannungen sind in Tabelle (3) zu finden. Aus diesen Werten ergibt sich die Frequenz der Sinusspannung

$$f_{sin} = (80,10 \pm 0,39) \text{ Hz}$$

Dieser Fehler wurde mit

$$\Delta f_{sin} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{1}{3} \sum (f_i - \bar{f}_i)^2}$$

bestimmt.

Tabelle 3

n	Auslenkung D /m	f <sub>sge</sub> /Hz	f <sub>sin</sub> /Hz
2	3/8	195,60	97,8
1/2	3/8	40,3	80,6
1	3/8	80,87	80,87
1/3	3/8	26,38	79,14

Der Scheitelwert berechnet sich aus der Strahlauslenkung, die bei 3/8 inch liegt, und der Empfindlichkeit der Röhre. Die Empfindlichkeit C, bei der angesetzten Beschleunigungsspannung von 400 V, beträgt  $(0,841 \pm 0,006) \cdot 10^{-3} \text{ N/C}$ . Dieser Wert wurde aus Tabelle (2)

Der Scheitelpunkt berechnet sich nun durch den Zusammenhang

$$U_d = \frac{D}{C}$$

Der Wert D wird aus Tabelle (3) entnommen und beträgt 3/8 Zoll. Für die Berechnung wird er mit dem Umrechnungsfaktor 0,0252 m/Zoll multipliziert. Der errechnete Wert beträgt  $(11,10 \pm 0,80) \text{ V}$ . Der Fehler berechnet sich durch

$$\sigma_{U_d} = \sqrt{\left(-\frac{D}{C^2} \cdot \Delta C\right)^2}$$

## 1.2 Ablenkung des Elektronenstrahls im B-Feld

Die gemessenen Werte für diesen Teil des Versuchs sind in Tabelle (4) zu finden.

Tabelle 4: Gemessener Strom bei unterschiedlicher Auslenkung

Auslenkung / inch	Strom (I/A)				
	bei 230V	bei 250V	bei 300V	bei 350V	bei 400V
0,25	0,3	0,315	0,4	0,4	0,4
0,5	0,64	0,64	0,76	0,78	0,82
0,75	0,97	0,98	1,05	1,15	1,2
1	1,25	1,25	1,4	1,55	1,6
1,25	1,55	1,6	1,7	1,9	2
1,5	1,75	1,75	2,05	2,25	2,35
1,75	2,05	2,2	2,45	2,7	2,8
2	2,35	2,5	2,8	3,05	3,2

Die Ablenkung wurde für die Erstellung der Plots hier ebenfalls in Meter umgeschrieben. In den Folgenden Abbildung (7)-(11) wurden  $(D/(L^2 + D^2))$  gegen B aufgetragen. Das B-Feld berechnet sich mit Formel (??). Die einzeln errechneten B-Felder und  $(D/(L^2 + D^2))$  sind in Tabelle (5) aufgelistet. Dabei wurde der Wert für L aus (4) entnommen. D, sowie der Wert I für das B-Feld werden aus Tabelle (4) entnommen. Die Werte

$$N = 20$$

$$R = 0,282 \text{ m}$$

wurden dem Gerät entnommen.

Tabelle 5: Errechnete Werte für die Plots

$\frac{D}{D^2+L^2}$	B – Feld/ T · 10 <sup>-5</sup>				
	für 230V	für 250V	für 300V	für 350V	für 400V
0,267	1,913	2,009	2,551	2,551	2,550
0,532	4,081	4,081	4,847	4,974	5,229
0,792	6,186	6,250	6,696	7,334	7,652
1,044	7,971	7,971	8,928	9,885	10,203
1,286	9,885	10,203	10,841	12,117	12,754
1,516	11,160	11,160	13,073	14,349	14,986
1,733	13,073	14,030	15,624	17,218	17,856
1,935	14,986	15,943	17,856	19,131	20,407

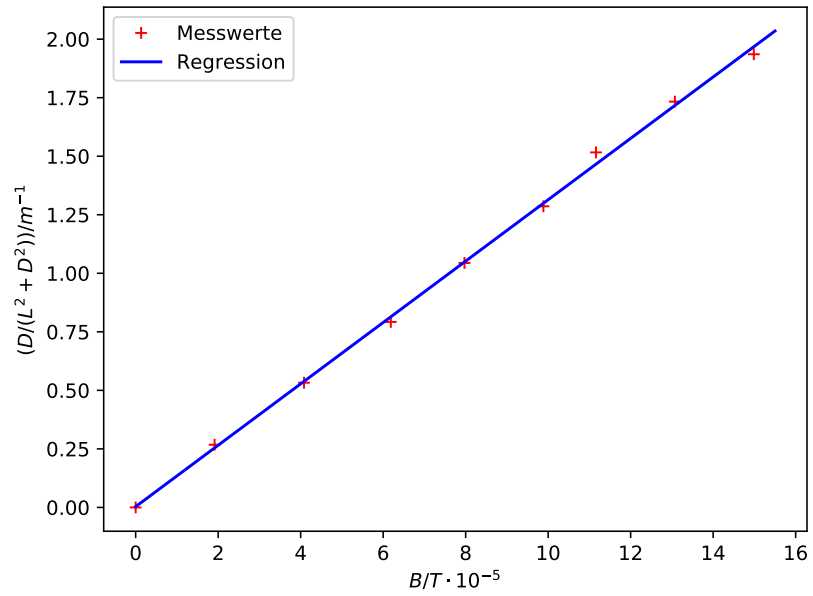


Abbildung 7: Bestimmung des Proportionalitätsfaktors für 230V

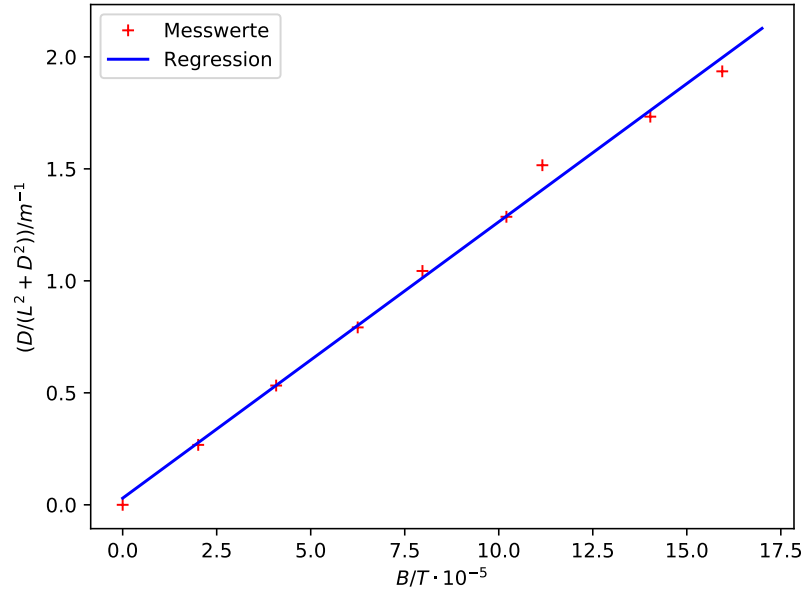


Abbildung 8: Bestimmung des Proportionalitätsfaktors für 250V



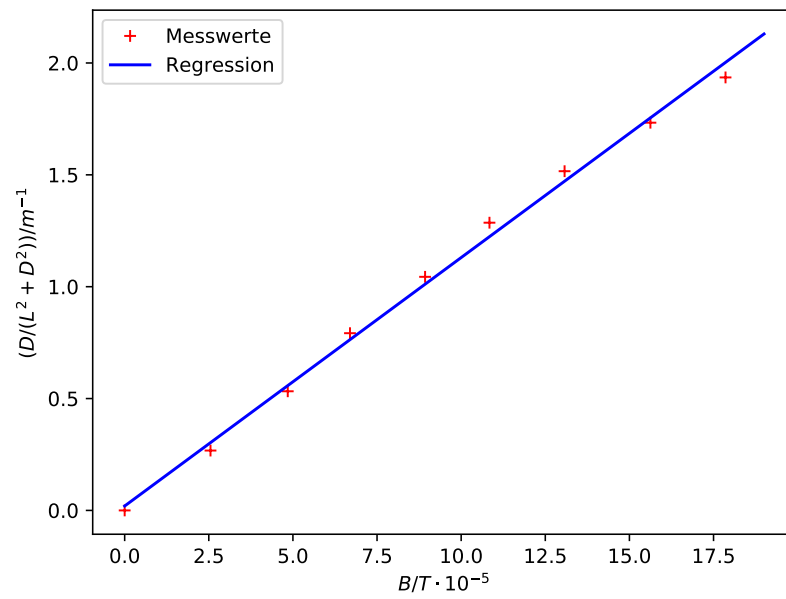


Abbildung 9: Bestimmung des Proportionalitätsfaktors für 300V

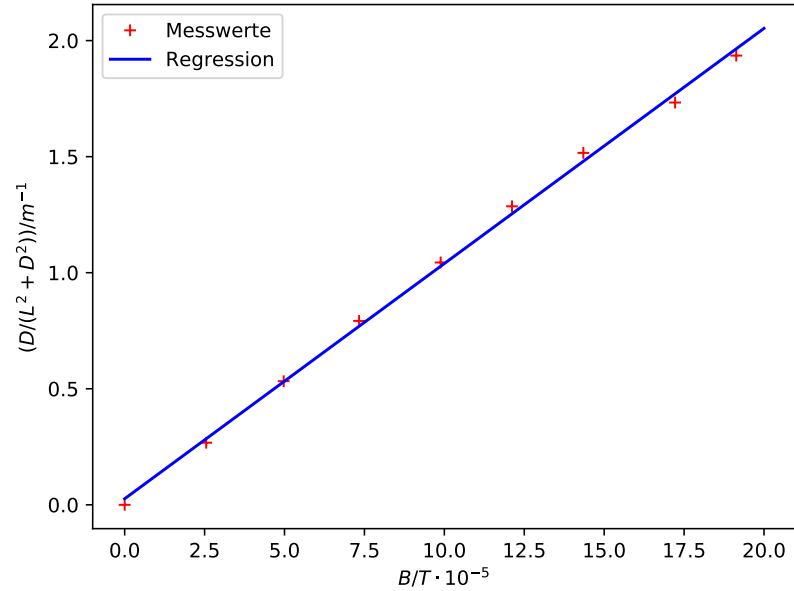


Abbildung 10: Bestimmung des Proportionalitätsfaktors für 350V

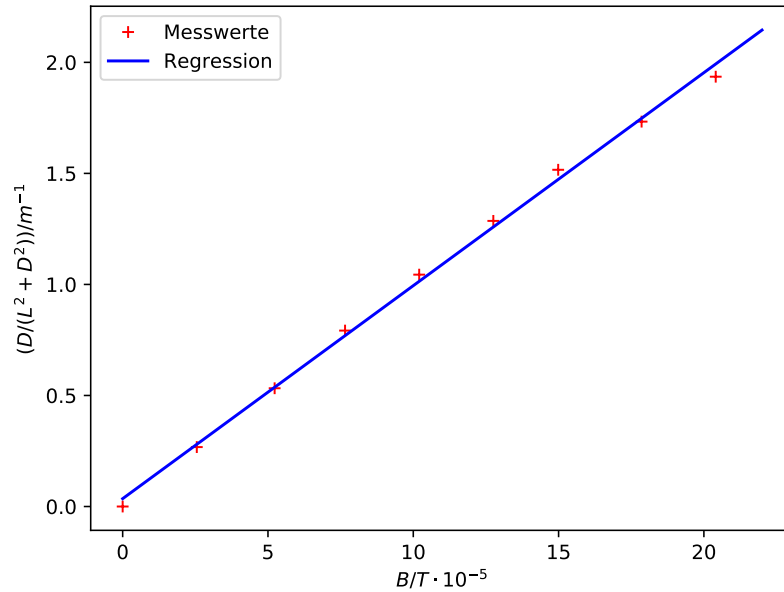


Abbildung 11: Bestimmung des Proportionalitätsfaktors für 400V

Aus Formel (??(8)) folgt ein linearer Zusammenhang zwischen  $B$  und  $\frac{D}{D^2+L^2}$ . Die Formel für die Ausgleichsrechnung lautet:

$$\frac{D}{D^2 + L^2} \left( \frac{1}{B} \right) = a \cdot \frac{1}{B} + b$$

Die Parameter, die sich ergeben, sind in Tabelle (6) zu finden.

Tabelle 6: Parameter der Ausgleichsrechnung

$U_B/V$	Steigung $a/\frac{1}{mT}$	$b / m^{-1}$
230	$(1,311 \pm 0,018) \cdot 10^4$	$(0,003 \pm 0,016)$
250	$(1,234 \pm 0,034) \cdot 10^4$	$(0,030 \pm 0,032)$
300	$(1,111 \pm 0,027) \cdot 10^4$	$(0,020 \pm 0,029)$
350	$(1,013 \pm 0,016) \cdot 10^4$	$(0,026 \pm 0,019)$
400	$(9,59 \pm 0,18) \cdot 10^3$	$(0,035 \pm 0,022)$

Aus diesen Steigungen wird nun das Verhältnis von  $e_0$  zu  $m_0$  bestimmt. Dafür wird Formel(??) verwendet.

Daraus folgt:

$$\begin{aligned}\frac{D}{D^2 + L^2} &= \frac{1}{\sqrt{8U_B}} \sqrt{\frac{e_0}{m_0}} \cdot B \\ a := \frac{D}{D^2 + L^2} \frac{1}{B} &= \frac{1}{\sqrt{8U_B}} \sqrt{\frac{e_0}{m_0}} \\ \frac{e_0}{m_0} &= 8a^2 \cdot U_B.\end{aligned}$$

Nun kann  $\frac{e_0}{m_0}$  bestimmt werden:

$$\begin{aligned}\left(\frac{e_0}{m_0}\right)_{230} &= 3,162 \cdot 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}} \\ \left(\frac{e_0}{m_0}\right)_{250} &= 3,046 \cdot 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}} \\ \left(\frac{e_0}{m_0}\right)_{300} &= 2,962 \cdot 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}} \\ \left(\frac{e_0}{m_0}\right)_{350} &= 2,873 \cdot 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}} \\ \left(\frac{e_0}{m_0}\right)_{400} &= 2,602 \cdot 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}}\end{aligned}$$

Für das Verhältnis von  $e_0$  zu  $m_0$  ergibt sich ein Wert von

$$\frac{e_0}{m_0} = (2,929 \pm 0,095) \cdot 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}} \quad (5)$$

Der Fehler wurde mit der Formel

$$\sigma_{\frac{e_0}{m_0}} = \frac{1}{\sqrt{5}} \cdot \sqrt{\frac{1}{4} \sum_i (x_i - \bar{x}_i)^2}$$

berechnet.

Der Spulenstrom  $I_{\text{hor}}$  beträgt 180 mA Der Inklinationwinkel beträgt  $71^\circ$ . Aus diesen beiden Größen ergibt sich nun die Totalintensität mittels der Formel

$$B_{\text{erd,total}} = \frac{B_{\text{erd,hor}}}{\cos(\varphi)}$$

$B_{\text{erd,hor}}$  ist hierbei gleich  $B_{\text{Spule}}$ .

$B_{\text{Spule}}$  wird mit Formel(??) bestimmt und beträgt  $11,47 \mu\text{T}$ . Somit ergibt sich

$$B_{\text{erd,total}} = 35,23 \mu\text{T}$$

## 2 Diskussion

### 2.1 Ablenkung des Elektronenstrahls im E-Feld

Das im ersten Aufgabenteil bestimmte  $C$  aus Formel (1) sollte mit der Steigung aus Abbildung (6) übereinstimmenn. Die ermittelten Größen lautet:

$$\begin{aligned}C_T &= 0,219 \text{ m} \\ a = C_M &= 0,356 \text{ m}\end{aligned}$$

Die Abweichung beträgt 62,56% und wurde mit der Formel

$$\left| \frac{C_{Messung} - C_{Theorie}}{C_{Theorie}} \right| \quad (6)$$

berechnet.

Die Fits für die bestimmung der Empfindlichkeiten aus den Abbildungen (1)-(5) sind recht genau und beinhalten keine größeren Abweichungen. Auch der daraus resultierende Fit in Abbildung (6) weist nur kleinere Abweichungen auf. Somit sind die Fehler der bestimmten Parameter auch eher gering. Der bestimmte Theoriewert hat eine Fehlerbelastung, da über den Abstand der beiden Platten gemittelt werden musste. Das kann die Abweichung zum Teil erklären.

Im zweiten Teil des Versuches wurde die Frequenz der Sinunsspannung und der Scheitelwert bestimmt.

### 2.2 Ablenkung des Elektronenstrahls im B-Feld

Ziel dieses Versuchsteils ist die Bestimmung des Verhältnis von  $e_0$  zu  $m_0$ . Dafür werden die in den Abbildungen (7) - (11) bestimmte Steigungen benötigt. Die Ausgleichsgeraden weisen keine größeren Abweichungen zu den Werten auf. Somit ist die Fehlerbelastung der Parameter eher gering.

Das errechnete Verhältnis beträgt

$$\frac{e_0}{m_0} = (2,929 \pm 0,095) \cdot 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}}.$$

Der zu erwartende Wert liegt bei  $1,75 \cdot 10^{11} [\text{em}]$  Das entspricht einer Abweichung von 66,86%. Sie wurde mit Formel (6) bestimmt. Der gemessene Strom zu den einzelnen Abständen ist sehr ungenau da die Abstände per Augenmaß eingestellt wurden. Der Leuchtpunkt, nach dem sich dies orientierte war nicht ganz scharf einstellbar.

Im nächsten Teil wurde das Erdmagnetfeld bestimmt. Der experimentell ermittelte Wert beträgt

$$B_{erd,total} = 35,23 \mu\text{T}$$

Das zu erwartende Magnetfeld liegt bei etwa  $44\,\mu\text{T}$ .**[on2]** Das entspricht einer Abweichung von 19,93%, die mit Formel (6) bestimmt wurde. Für die Bestimmung des Erdmagnetfeldes, musste der Indikationswinkel bestimmt werden. Der Kompass, mit dem dies durchgeführt wurde war sehr ungenau. Die Nadel bewegte sich nicht ganz frei und steckte leicht fest.