

Grundpraktikum E12 Elektronen in Feldern

Julien Kluge

19. Januar 2016

Student: Julien Kluge [REDACTED]

Partner: [REDACTED]

Betreuer: Prof. Dr. A. Matveenko

Raum: 316

Messplatz: eig. 2

Inhaltsverzeichnis

1	Anmerkung	1
2	Abstract	1
3	Versuchsdurchführung/-Erklärung	2
4	Messauswertung/Fehlerberechnung	2
4.1	Effektive Feldlängen	2
4.2	Bestimmung über den Wien-Filter	2
4.3	Bestimmung über Parabelmethode	2
4.4	Bestimmung nach der Methode nach Busch	3
5	Fehler-/Ergebniseinschätzung	3
6	Anlagen	5
6.1	Abbildungen	5
6.2	Messwerte	8
7	Quellen	9

1 Anmerkung

Aufgrund von Fehlerhaften Equipment, mussten ich und Fredrica auf andere Gruppen aufgeteilt werden. Dabei bin ich zum Messplatz 1 gekommen. Allerdings konnte ich so, denn Messprozess für die erste Aufgabe kaum mit verfolgen. Dementsprechend kann ich schlechter die Messwerte & Ergebnisse diskutieren.

2 Abstract

Geladene Teilchen erfahren innerhalb eine elektrischen oder magnetischen Feldes eine Kraft. Im Falle eines E-Feldes \vec{E} , ergibt sich die Kraft zu $\vec{F}_E = q \cdot \vec{E}$. Für B-Felder gilt die Lorentzkraft $\vec{F}_L = q(\vec{v} \times \vec{V})$. In einem kombinierten Feld gilt: $\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$. Setzt man für $F = m \frac{\partial^2 s}{\partial t^2}$ ein, dann kann man für E und B-Felder eine spezifische Ladung $\frac{q}{m}$ für das Teilchen angeben.

Nach Durchführung aller Experimente, lässt sich diese spezifische Ladung für das Elektron angeben mit:

$$\frac{e}{m_e} = (-1.93 \pm 0.01) \cdot 10^{11} \text{C/kg}$$

3 Versuchsdurchführung/-Erklärung

Der Versuch wurde mit einer, vom Erdmagnetfeld abgeschirmten, Oszillografenröhre durchgeführt. Als erstes wurden die effektiven Feldlängen durch Rechnung aus Messung der Ablenkempfindlichkeiten bestimmt. Durch die Einstellung eines Wienfilters konnten nach Gleichung

$$U_x = \sqrt{\frac{2e \cdot U_b}{m} \frac{d_x}{l_x}} K \cdot I \quad (1)$$

eine Regression durchgeführt werden. Die konstanten werden direkt aus der Regression mit Fehlern bestimmt. Durch weitere Anordnung kann nach einer Parabelmethode und eine Methode nach Busch gemessen werden, durch die ebenfalls durch Gradenausgleich die spezifische Ladung bestimmt werden kann. Durch schlussendliche gewichtete Mittelung kann dann das Ergebnis aller Einzelversuche ein Wert für die spez. Ladung bestimmt werden.

4 Messauswertung/Fehlerberechnung

4.1 Effektive Feldlängen

Für den Wien-Filter wurden die Ablenkspannung und Ablenkung in x-Richtung gemessen. Die Unsicherheit für die Spannung wurde mit $(1\% + 1digit)$ angegeben. Die Unsicherheit für die x-Ablenkung wurde mit einem halben Skalenteil abgeschätzt. Regressiert nach Gleichung

$$x = \frac{U_x l_x L_x}{2d_x U_b} \quad (2)$$

$$y = \frac{U_y l_y L_y}{2d_y U_b} \quad (3)$$

wie in Abbildung (2) gezeigt und mit gaußscher Fehlerfortpflanzung berechnet bestimmen sich die effektiven Feldlängen zu:

- $l_x = (27.9 \pm 0.8)\text{mm}$
- $l_y = (27.8 \pm 0.8)\text{mm}$

4.2 Bestimmung über den Wien-Filter

Bei senkrecht gestellten E und B-Felder kann bei richtig eingestellten Feldern ein Filter für die spezifische Ladung/Geschwindigkeit erzeugt werden. Nach der Gleichung (1) wird der Fit wie in Abbildung (3) durchgeführt und die Werte können direkt abgelesen werden. Durch gewichtetes Mittel bestimmt sich der Wert für die spezifische Ladung zu:

- $(1.89 \pm 0.01)10^{11}\text{C/kg}$

4.3 Bestimmung über Parabelmethode

Durch Einstellung von paralleler Felder kann bei Veränderung der Beschleunigungsspannung ein Verlauf einer Parabel erzeugt werden. Durch Fit nach Gleichung

$$y = \frac{U_y l_y L_y}{d_y L_m^2} \frac{m}{e} \frac{x^2}{K^2 \cdot I^2} \quad (4)$$

wie in Abbildung (4) zu sehen, lassen sich die Werte erneut wieder einfach ablesen. Durch gewichtete Mittelung ergibt sich der Wert für die spezifische Ladung zu:

- $(2.02 \pm 0.1)10^{11}\text{C/kg}$

4.4 Bestimmung nach der Methode nach Busch

Durch ein Magnetisches Längsfeld relativ zur Bewegungsrichtung der Elektronen welche daraufhin durch ein elektrisches Feld aufgefächert werden ergibt sich, dass die Elektronen eine Brennweite/Fokussierlänge haben. Durch Messung der Beschleunigungsspannung und Stromstärke für die Magnetfeld erzeugende Spule kann nach der Gleichung:

$$U_b = \frac{\mu_0^2}{8\pi^2} \frac{e}{m} \frac{L_x^2 N^2}{l^2} I^2 \quad (5)$$

der Fit gemacht (Abbildung (5)) und direkt der Wert abgelesen werden.

5 Fehler-/Ergebniseinschätzung

Durch gewichtetes Mittel aller bisher bestimmten einzelnen spezifischen Ladungen bestimmt sich das Gesamtergebnis zu den bereits im Abstract angegebenen

$$\frac{e}{m_e} = (-1.93 \pm 0.01) \cdot 10^{11}\text{C/kg}$$

Allerdings zeigt sich ein visueller Vergleich der Werte die eigentliche Ungenauigkeit der Werte:

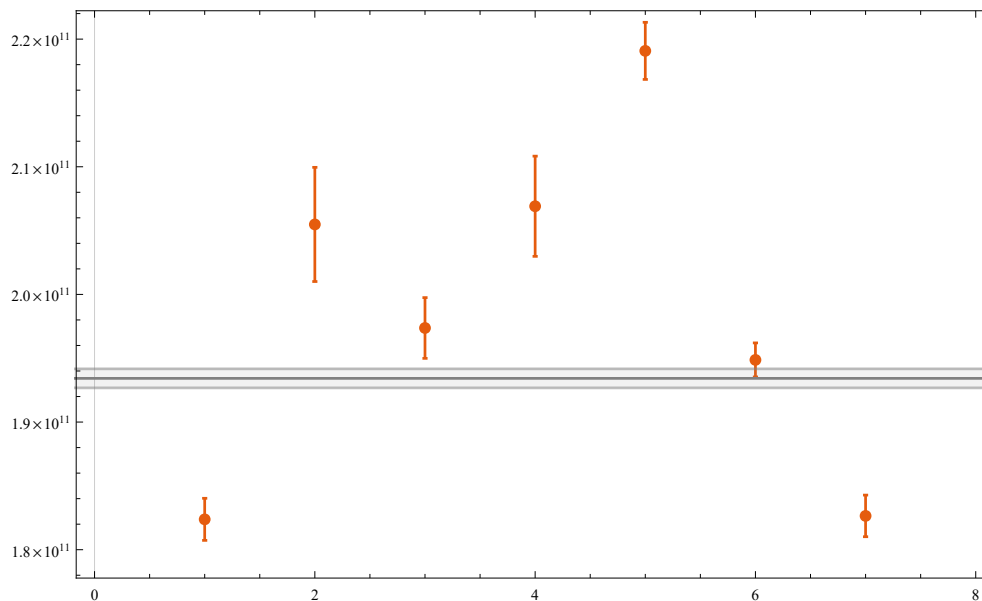


Abbildung 1: Messwerte und gewichtetes Mittel als Linie mit Unsicherheit als Konfidenzintervall

Die χ^2 -Tests weisen bereits auf zu klein abgeschätzte Fehler hin. Besonders die Abschätzung der Unsicherheiten der elektrischen Spannungen sind mit ihrer angegeben Unsicherheit deutlich zu klein da die Messung dieser Werte deutlicher zufälliger Schwankungen unterlag. Ein weitere Unsicherheitsquelle steckt in den nach Augenmaß abgelesenen Werten

für Auslenkungen des Elektronenstrahls. Durch Parallaxe ergibt sich eine ebenfalls nicht einschätzbare Unsicherheit die nicht betrachtet wurde. Beides hätte durch besseres Equipment verhindert oder zumindest gedämpft werden können. Einen systematischen Fehler ergab auch die Schwankung des magnetischen Querfeldes welches nicht genau auf 0 gestellt werden konnte und zwischen ein und zwei Milliampère geschwankt hat. Diese Unsicherheit führt dazu, dass für die Bestimmung der effektive Feldlängen, die Parabelmethode und die Methode nach Busch insgesamt zu große Werte errechnet wurden. Eine weitere, wenn auch unwahrscheinliche Unsicherheit, stammt von thermischer Ausdehnung. Zwar waren die Geräte in relativ konstanten Raumtemperatur aber die Gerätegehäuse haben sich aufgrund der Transformatoren und Widerständen im inneren des Gehäuses und in den Spulen erwärmt. Es bleibt also anzunehmen, dass sich die Länge graduell nach oben verändert hat. Eine weitere interessante Beobachtung macht man bei der Auswertung der Abbildung (2). Durch die Fehlerangabe von $(1\% + 1digit)$ ergeben sich die größten Gewichtungen für die Regression, an den ersten zwei bis drei Wertepaaren. Das führt dazu, dass diese die Regression nahezu dominieren und die anderen Messungen kaum gewichtet mit einfließen. Diese Unsicherheit müsste aufgrund der Schwankungen ebenfalls um eine Konstante nach oben korrigiert werden, wodurch gleichzeitig die Gewichtung der hinteren Wertepaare damit stark an Bedeutung gewinnt und die Funktionen damit besser durch alle Punkte verlaufen würden. Interessanterweise hat diese Unsicherheit aber das Ergebnis nach unten korrigiert wodurch es in Hinsicht auf den Literaturwert keine große Rolle gespielt hat. Eine Abweichung von circa ein Grad als Abweichung zur Skale wurde ebenfalls vernachlässigt. Im Endeffekt hat er die Abweichungen im Submillimeterbereich vergrößert und damit auch den Wert.

Generell ergeben die Residuen und der Vergleich mit dem Literaturwert (Quelle 2) einen zu groß bestimmten Wert. Das deckt sich mit den Beobachtungen.

6 Anlagen

6.1 Abbildungen

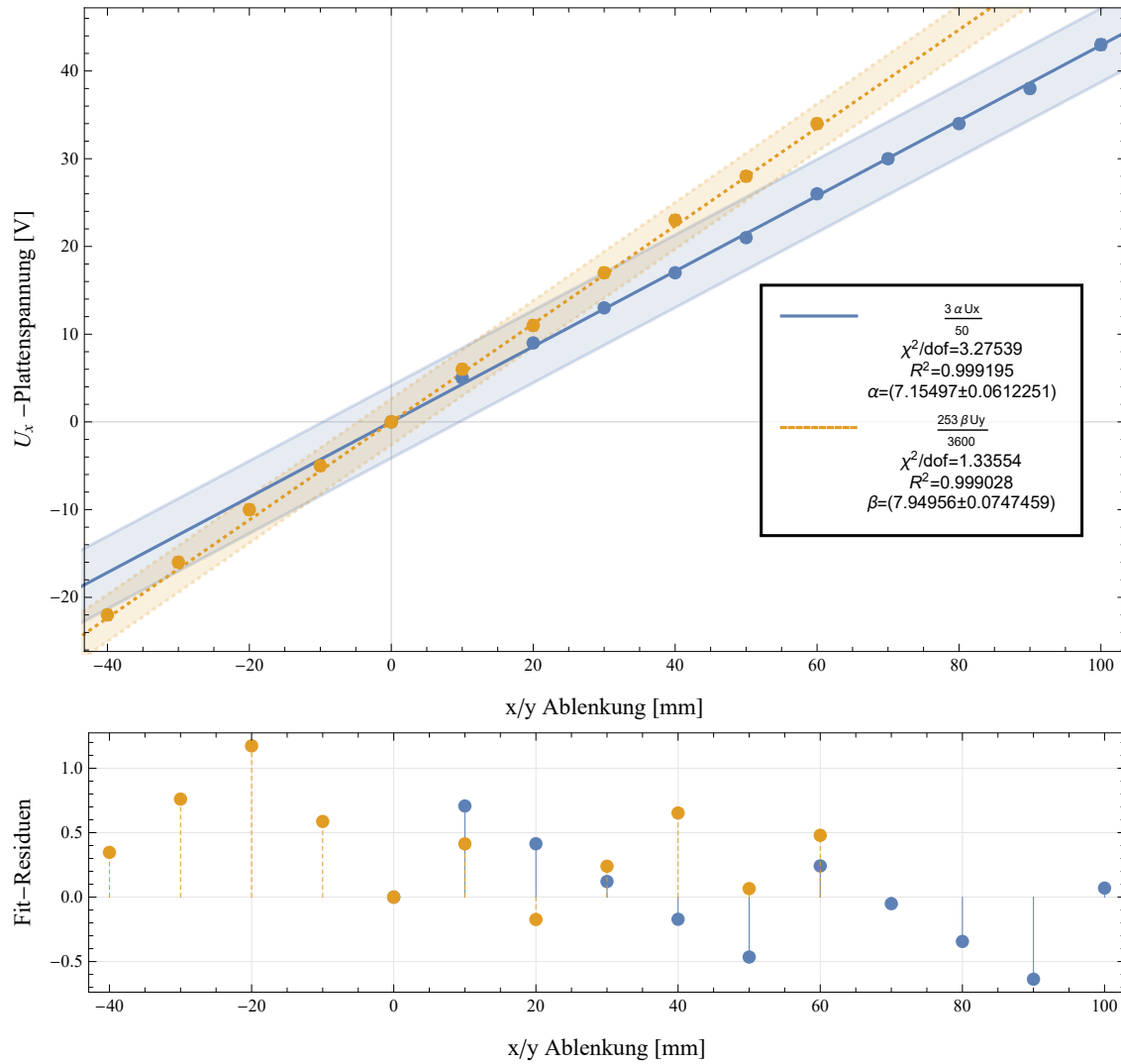


Abbildung 2: Fit zur Bestimmung der effektiven Feldlängen

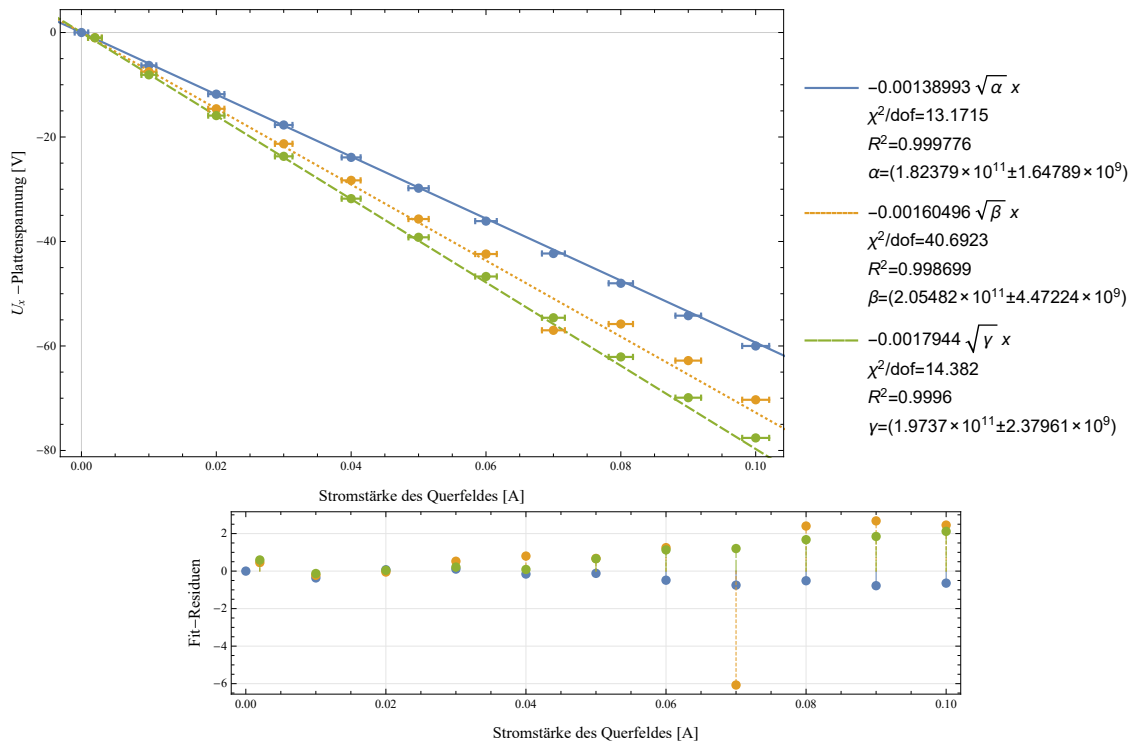


Abbildung 3: Fit zur Bestimmung der spezifischen Ladung durch den Wien-Filter

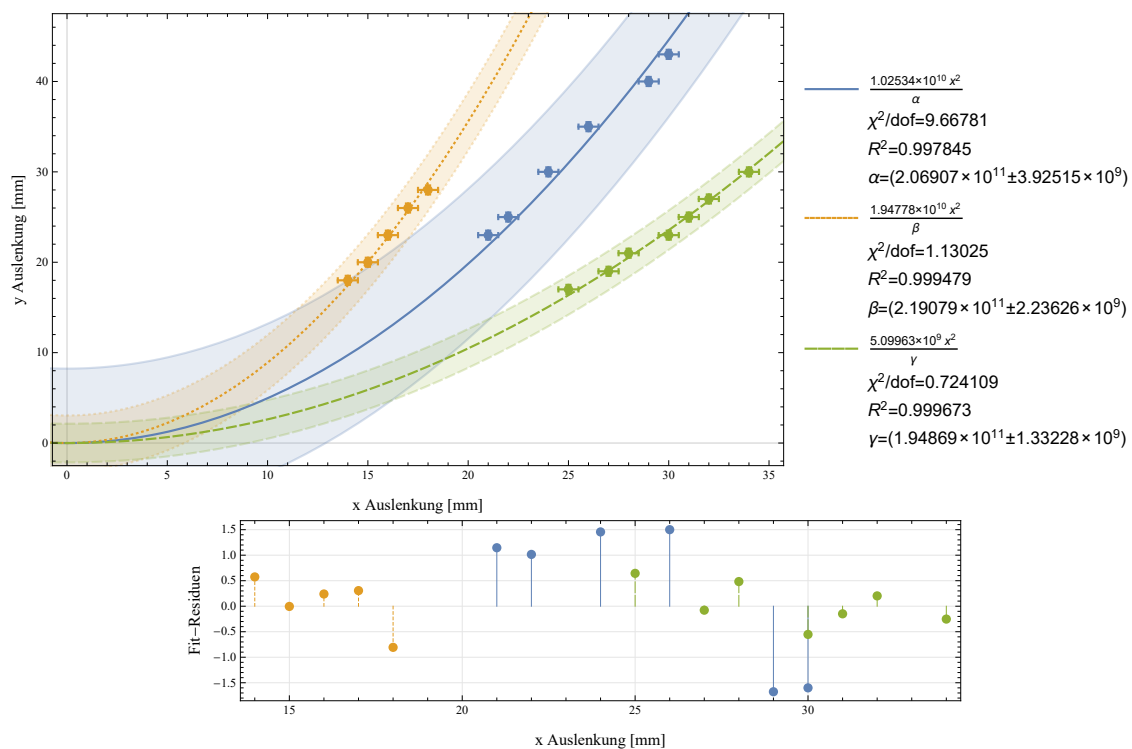


Abbildung 4: Fit zur Bestimmung der spezifischen Ladung durch die Parabelmethode

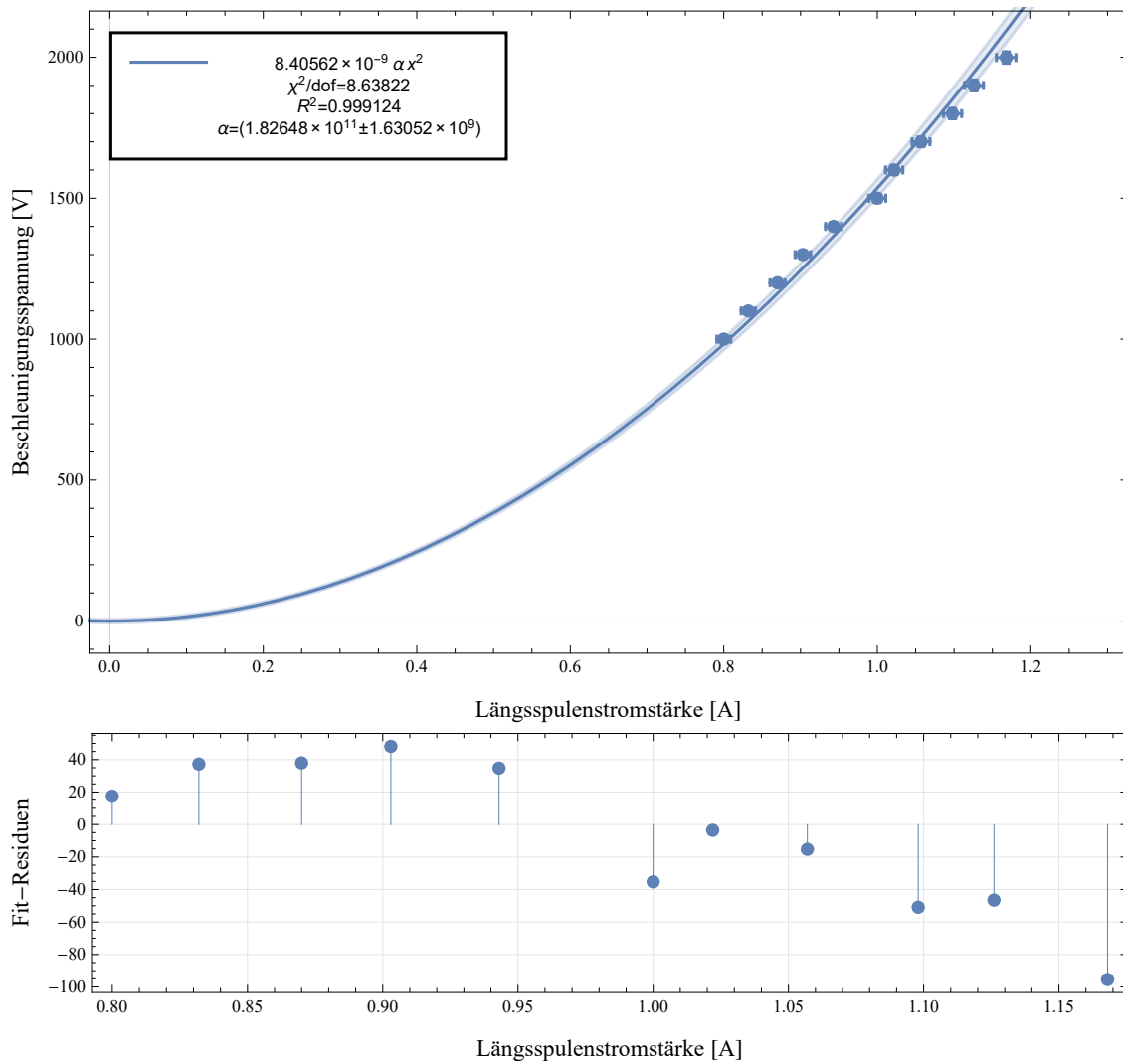


Abbildung 5: Fit zur Bestimmung der spezifischen Ladung durch die Methode nach Busch

6.2 Messwerte

Platte 1: E12-Elektronen in Feldern

$K = (2,03 \pm 0,08) \cdot 10^{-4} \frac{V \cdot s}{A \cdot m}$

$N = 2236$ Windungen

$U_b = (1800 \pm 70) V$

Felder
 - nicht gerade Platten?
 - Ablesefehler durch Drehung
 - Querfeld wie 0 (0 mA)

$u_x [V]$	$x [mm]$	$u_y [V]$	$y [mm]$
0	0	0	0
10	5	10	6
20	9	20	11
30	13	30	17
40	17	40	23
50	21	50	28
60	26	60	34
70	30	70	-5
80	34	80	-10
90	38	90	-16
100	43	100	-22

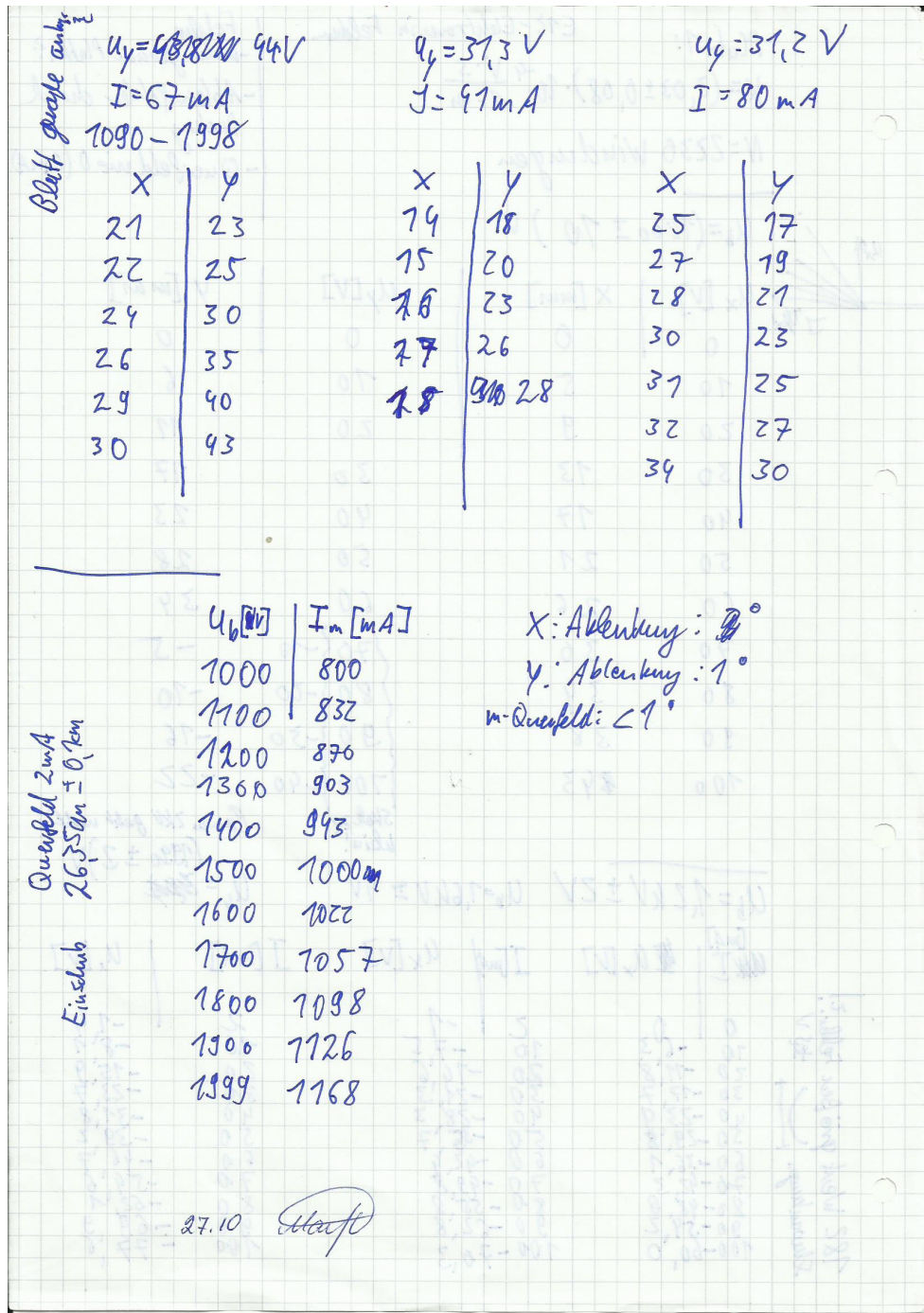
Skala zu klein!

(Genau 2kV geht nicht)
 $(1990 \pm 2) V$
 $U_b = 1,99 kV$

$U_b = 1,2 kV \pm 2V$ $U_b = 7,6 kV \pm 9V$

1 & 2 Wert größer Felder?
 Schwankungen

$I [mA]$	$u_x [V]$	$I [mA]$	$u_x [V]$	$I [mA]$	$u_x [V]$
0	0	2	-1	2	-1,4
10	-6,3	10	-7,5	10	-8,1
20	-11,8	20	-14,6	20	-15,9
30	-17,7	30	-21,3	30	-23,7
40	-23,9	40	-28,3	40	-31,8
50	-29,8	50	-35,7	50	-39,2
60	-36,1	60	-42,4	60	-46,7
70	-42,3	70	-49,8	70	-54,6
80	-48,0	80	-55,8	80	-62,1
90	-54,2	90	-62,8	90	-69,9
100	-60,0	100	-70,3	100	-77,6



7 Quellen

1. Script zum Grundpraktikum (Formeln, Versuchsbeschreibung)
2. CODATA Wert zur spezifischen Elektronenladung
<http://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?esme>