VERSUCH NUMMER 703

Das Geiger-Müller-Zählrohr

Tim Alexewicz
tim.alexewicz@udo.edu

Sadiah Azeem
sadiah.azeem@udo.edu

Durchführung: 24.05.2022

Abgabe: 31.05.2022

Bemerkung

Korrigieren

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1 Ziel

In diesem Versuch werden die charakteristischen Funktionsweisen des Geiger-Müllerzählrohres überprüft sowie die Totzeit des Zählrohres bestimmt.

2 Theorie

kleinen Text schönen

2.1 Aufbau und Funktionsweise des Geiger-Müller-Zählrohrs

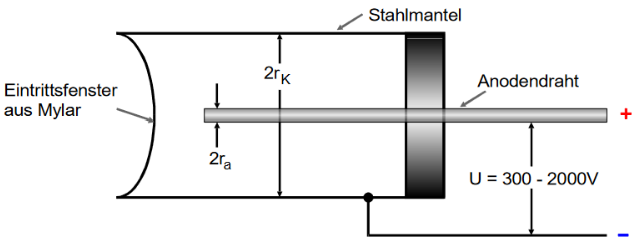


Abbildung 1: Skizze des Geiger-Müller-Zählrohrs. [1]

Das Geiger-Müller-Zählrohr besteht aus einem Kathodenzylinder, einem axial verlaufenden Anodendraht und aus einem Eintrittsfenster aus Mylar. Das Zählrohr ist mit einem Gasgemisch aus Argon und Ethylaklohol gefüllt. Wird eine äußere Spannung an das Zählrohr angelegt, entsteht ein Feld, in dem ein geladenes Teilchen fließen kann. Dieses Teilchen kann durch Ionisationsakte absorbiert werden, wobei die Anzahl an entstehenden Elektronen und positiven Ionen proportional zu Energie des einfallenden Teilchens ist. Die nach der Primärionisation ablaufenden Vorgänge sind stark von der angelegten Spannung abhängig.

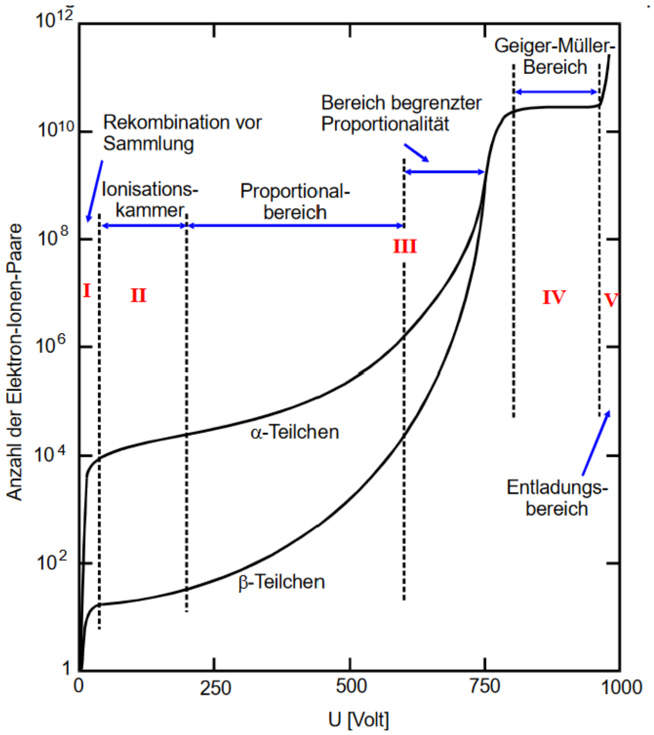


Abbildung 2: Bereiche des Geiger-Müller-Zählrohrs [1].

Bei geringer Spannung erreicht nur ein kleiner Teil der neuen Elektronen den Draht und der Rest geht verloren. Das entspricht Teil I in Abbildung 2.
Bei etwas mehr Spannung, wie im Bereich von II aus Abbildung 2, erreichen alle erzeugten Elektronen den Draht und der Ionisationsstrom der zwischen Kathode und Anode fließt ist proportional zur Energie und Intensität der einfallenden Strahlung. Es können allerdings in dieser Ionisationskammer nur hohe Strahlintensitäten gemessen werden.
Im Spannungsbereich von Teil III aus Abbildung 2 können die freien Elektronen die Argon-Atome ionisieren. Bei der Stoßionisation können die neu freigesetzten Atome wieder ioniseren. Es folgt also eine Lawine an ionisationen, die auch Townsend-Lawine genannt wird. Die Ladung Q ist jetzt so groß, dass sie gemessen werden kann, was von Vorteil ist, da sie proportional zur Energie ist. Neben der Strahlintensität kann also auch die Energie gemessen werden.
Liegt die äußere Spannung im Bereich IV aus Abbildung 2, dann werden zusätzlich zu den Elektronen auch Photonen freigesetzt, weshalb nur noch die Intensität gemessen werden kann. Dieser Bereich heißt auch Auslösebereich und ist der eigentliche ~~Wirkungsbereich~~ Arbeitsbereich des Geiger-Müller-Zählrohrs [1].

2.2 Totzeit

Weil die positiven Ionen massereicher als die Elektronen sind, brauchen sie länger, um aus dem Zählrohr zu verschwinden. Durch ihr längeres Verweilen schwächt sich das elektrische

↳ wie genau werden die Ionen abgebaut?

Konstanten nicht kursiv

Ionisation in der Kammer erfolgt, weiterhin, nur wird die Ladung nicht mehr zur Anode beschleunigt.

Feld für eine Zeit T ab, sodass keine Stoßionisation mehr möglich ist. Diese Zeit T heißt auch Totzeit. Nach der Totzeit folgt die Erholungszeit T_E, die als Zeitraum definiert ist, in der die Ausgangsimpulse eine geringere ~~Höhe~~ Amplitude haben. Das Ganze wird noch einmal in Abbildung 3 dargestellt.
Die Totzeit kann durch die Zwei-Quellen-Methode ermittelt werden. Die gemessene Teilchenzahl N_r ist immer kleiner als die wahre Teilchenzahl

$$N_w = \frac{\text{Impulsrate}}{\text{Meßzeit}} = \frac{N_r}{1 - TN_r} \tag{1}$$

und durch Umstellen von (1) ergibt sich die Totzeit

$$T = \frac{N_1 + N_2 - N_{1+2}}{2N_1 N_2}, \tag{2}$$

wobei N_1 die gemessene Teilchenzahl des ersten Zählrohrs und N_2 die des zweiten Zählrohrs ist. Die beiden Zeitbereiche sind in Abbildung 3 abgebildet [1].

habt ihr das Zählrohr ausgetauscht?
was ist N_{1+2}?

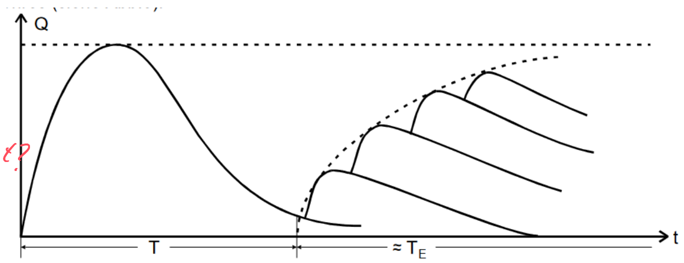
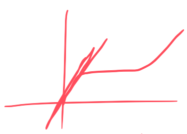


Abbildung 3: Ladung gegen Zeit zur Darstellung der Tot- und Erholungszeit [1].

2.3 Charakteristik des Zählrohrs

Wird die Teilchenzahl N gegen die Spannung U bei konstanter Strahlungsintensität aufgetragen, ergibt sich die Charakteristik des Zählrohrs. Der lineare Teil in Abbildung 4 heißt Plateu und ist er der Bereich des Auslösebereichs. Wird das Plateu überschritten, zerstört sich das Zählrohr im Inneren selbst durch eine Dauerentladung der Gasteilchen. Das wird in Abbildung 4 dargestellt [1].

ungenau



auch diesen Teil könnt als linear bezeichnet werden

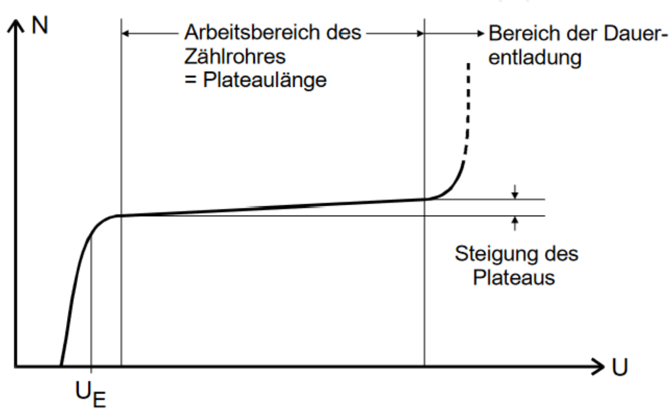


Abbildung 4: Darstellung der Charakteristika des Zählrohrs [1].

2.4 Messung der freigesetzten Ladungsmenge

Die Anzahl der freigesetzten Ladungen lässt sich durch

$$Z = \frac{I}{e_0 N} \tag{3}$$

berechnen, wobei I der Strom, e_0 die Elementarladung und N die Impulsrate ist [1].

3 Durchführung

Der Aufbau des Versuches wird in Abbildung 5 skizziert.

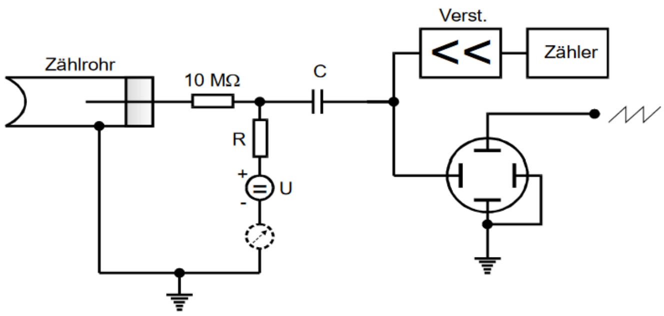


Abbildung 5: Versuchsaufbau [1].

Es wird eine Probe vor das Myelarfenster gelegt und die Impulsrate in 120 Sekunden gemessen für den Spannungsbereich zwischen 330-700V in 10V-Schritten. Dazu wird der Strom gemessen, der vom Geiger-Müller-Zählrohr abfließt.
Für die Messung der Totzeit mit der Zwei-Quellen-Methode, wird erst eine Quelle gemssen, dann zwei Quellen und dann nur noch die zweite Quelle. Dabei werden wieder die Impulsraten zu 120 Sekunden gemessen.

Zusätzlich kann die Totzeit mit dem Oszilloskop gemessen werden, indem bei 330 V und 700 V die Abbildung des Oszilloskops mit Abbildung 3 verglichen wird [1].

4 Auswertung

4.1 Charakteristik des Geiger-Müller-Zählrohrs

Es wird eine Thallium-Quelle verwendet.
Bei Aufnahme der Messwerte für die Charakteristik des Zählrohres wird die anliegende Spannung in 10V – Schritten erhöht und bei einer Integrationszeit von 120s gemessen. Ungewöhnlich weit abweichende Werte wurden in der Auswertung nicht berücksichtigt. In Tabelle 1 sind die einbezogenen Messwerte zu finden. Der gesamte Satz an Messwerten ist in Abschnitt 5 aufgelistet.

Soviel Platz hier

Tabelle 1: Die ausgewerteten Messwerte.

U / V	N / Imp	I / µA
330	12435	0.1
340	13454	0.1
350	13651	0.1
360	13660	0.1
370	13778	0.1
380	13770	0.1
390	13738	0.15
400	14003	0.15
410	14192	0.18
420	13730	0.2
430	14211	0.21
440	13861	0.21
480	14391	0.3
490	14047	0.3
500	14092	0.3
510	14164	0.3
520	14296	0.3
590	14337	0.4
600	14202	0.4
610	14087	0.45
620	14180	0.45
630	14290	0.47
640	14130	0.48
650	14466	0.5
660	14052	0.5
670	14170	0.5
680	14589	0.52
690	14653	0.6
700	14715	0.6

Fehler mit in Tabelle

Die Zählraten entsprechen einer Poisson-Verteilung, sodass sich ihr Fehler zu

$$\Delta N = \sqrt{N}$$

ergibt.
Die Charakteristik ist in Abbildung 6 graphisch dargestellt. Der Plateaubereich umfasst das Intervall von 410V bis 670V.
Die lineare Regression wird mithilfe von python ([3], [2]) durchgeführt und ergibt für die Ausgleichsgerade die Parameter $a = 0,73\frac{\%}{100\text{V}}$ für die Steigung und $b = 1376\,\text{Imp}$ für den y-Achsenabschnitt.

wie sieht die Funktion aus mit der ihr die Regression durchführt? falls $f(x) = x \cdot a + b$, ist a nicht $\frac{\%}{100V}$

Fehler von a und b mit angeben

Gleichung für $m_\% = \frac{\%}{100V}$ angeben + Fehlergleichung bzw Rechnung für Fehlerfortpflanzung)

(Ableitung einsetzen)

Zentrieren?

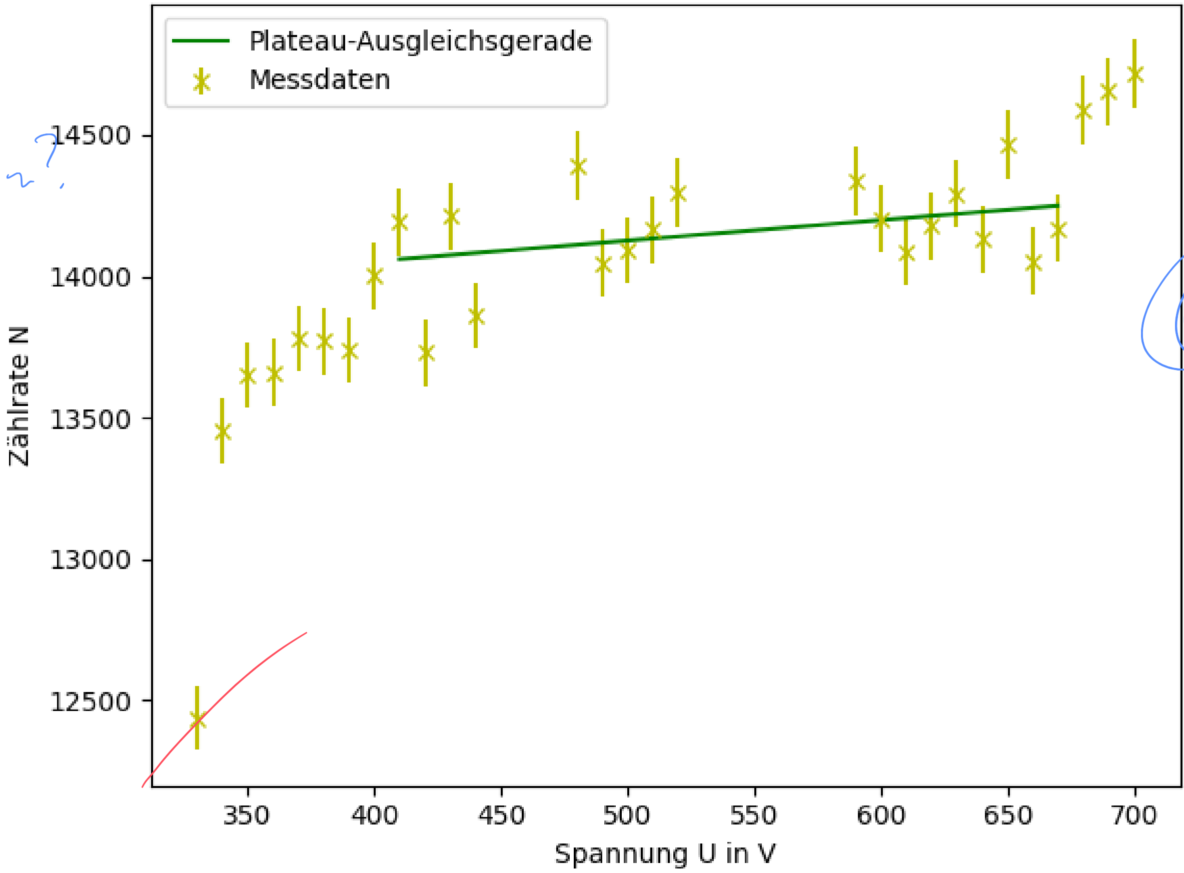


Abbildung 6: Die Charakteristik des Geiger-Müller-Zählrohrs.

4.2 Bestimmung der Totzeit

4.2.1 Mit Oszilloskop

Aus dem aufgenommenen Oszillogramm Abbildung 7 kann eine Totzeit von $T_1 = 150\ \mu\text{s}$ abgelesen werden.

~130

Nachentladung fehlt

Abbildung 7: Oszillogramm zur Bestimmung der Totzeit des Geiger-Müller-Zählrohres.

4.2.2 Zwei-Quellen-Methode

Für die Zwei-Quellen-Methode ergeben sich die Messwerte unter Einbezug des Poisson-Fehlers und der Integrationszeit von 120s zu $N1 = \frac{21844 \pm 148}{120s}$, $N2 = \frac{39105 \pm 198}{120s}$ und $N12 = \frac{17594 \pm 133}{120s}$.
Mit Gleichung 2 berechnet sich die Totzeit zu $T_2 \cancel{= 253,8 \pm 0,001 \mu s}$.

Wert und Fehler falsch. ihr habt N2 und N12 verwechselt.

4.3 Freigesetzte Ladungsmenge

Die freigesetze Ladungsmenge wird nach Gleichung 3 aus dem mittleren Zählrohrstrom bestimmt.
Sie ist in Abhängigkeit von der Zählrohrspannung in Abbildung 8 graphisch dargestellt.

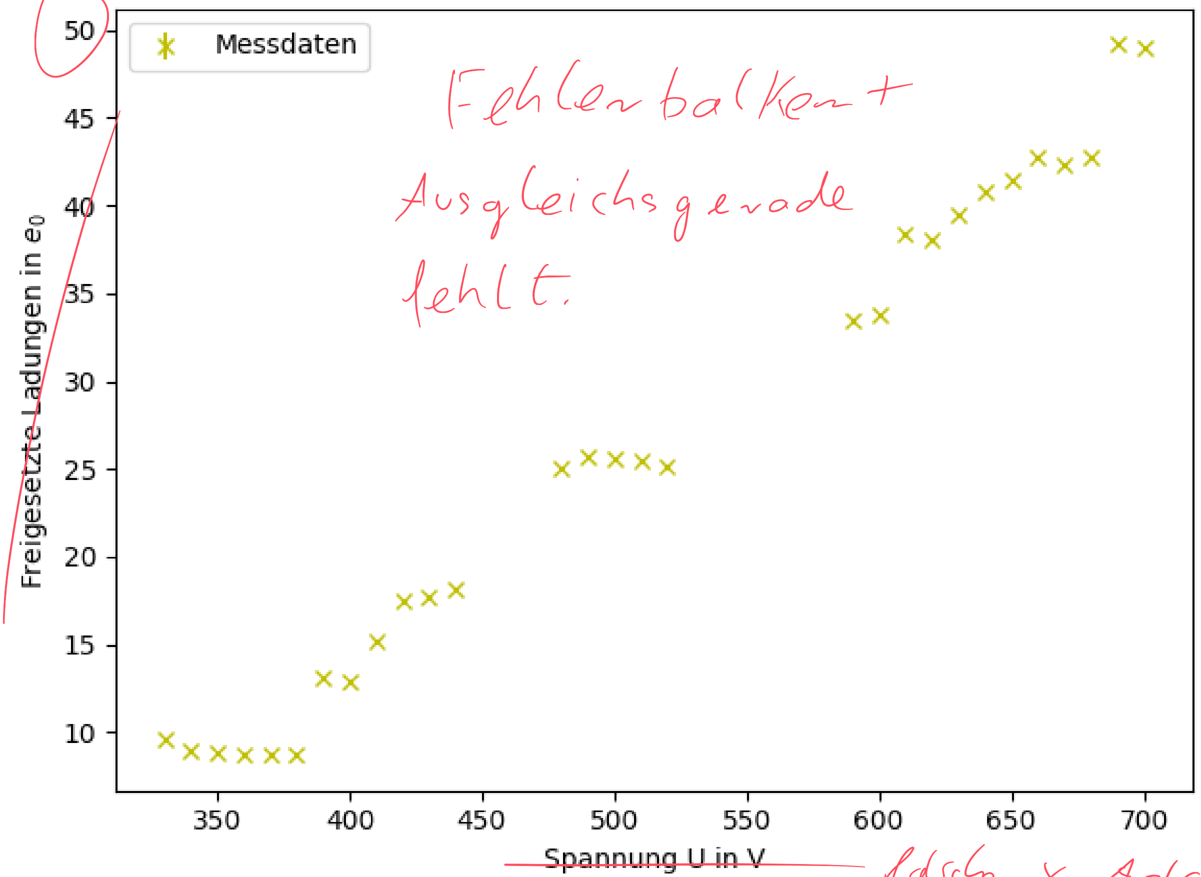
In (3) sehe ich keine Spannung V.

was bedeutet das?

Gleichung den Fehlerfortpflanzung ΔT mit angeben (Ableitungen einsetzen)

Es fehlt:
Fehlerrechnung ΔZ (Auch hier Ableitung einsetzen und Ablesefehler für I annehmen.

Keine Ahnung was ihr hier berechnet habt, aber es war nicht Gleichung (3)



Fehlerbalken + Ausgleichsgerade fehlt.

falsche X-Achse

Abbildung 8: Die freigesetze Ladungsmenge je einfallendem Teilchen in Abhängigkeit von der ~~Zählrohrspannung.~~

5 Diskussion

Die Charakteristik Abbildung 6 zeigt nur in geringer Ausprägung den erwarteten Kurvenverlauf.
Das Plateau ist aufgrund einer Häufung von ausreißenden Werten in jenem Bereich nicht direkt zu erkennen. Die Steigung der Ausgleichsgerade ergibt sich allerdings wie gewünscht zu einem sehr niedrigen Wert von $a = 0,73 \frac{\%}{100\text{V}}$. siehe oben.

Die via Zwei-Quellen-Methode bestimmte Totzeit $\cancel{T = (253,8 \pm 0,001)}\mu$s weicht um $\eta_T = (69,2 \pm 0,0007)\%$ vom auf dem Oszilloskop abgelesenen Wert von $T = 150\mu$s ab. Beide liegen jedoch im typischen Bereich weniger Hundert Mikrosekunden für die Totzeit eines Geiger-Müller-Zählrohrs.
Die Abweichung kann darauf zurückgeführt werden, dass die Oszilloskopmethode beispielsweise durch Ablesefehler sehr ungenau ist.

Die Anzahl der je einfallendem Teilchen freigesetzter Ladungsträger ist proportional ~~zur Zählrohrspannung~~. Dies ist in Abbildung 8 zu sehen und entspricht den theoretischen Erwartungen.

Nachentladungen?

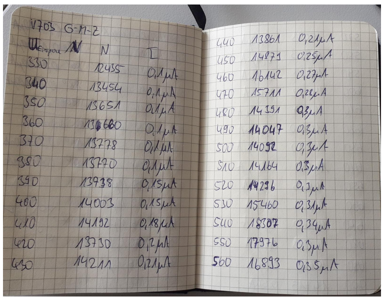
Literatur

[1] *Das Geiger-Müller-Zählrohr.* TU Dortmund, Fakultät Physik.

[2] Eric O. Lebigot. *Uncertainties: a Python package for calculations with uncertainties.* Version 2.4.6.1. URL: `http://pythonhosted.org/uncertainties/`.

[3] Travis E. Oliphant. „NumPy: Python for Scientific Computing“. Version 1.9.2. In: *Computing in Science & Engineering* 9.3 (2007), S. 10–20. URL: `http://www.numpy.org/`.

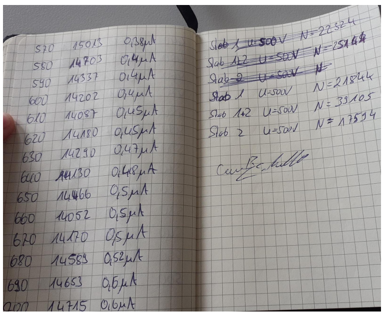
Anhang



V703 G-M-Z

$U_{Einspan}$	N	I
330	12435	0,1µA
340	13454	0,1µA
350	13651	0,1µA
360	13660	0,1µA
370	13778	0,1µA
380	13770	0,1µA
390	13938	0,15µA
400	14003	0,15µA
410	14192	0,18µA
420	13730	0,2µA
430	14211	0,21µA
440	13861	0,21µA
450	14871	0,25µA
460	16142	0,27µA
470	15711	0,28µA
480	14391	0,3µA
490	14047	0,3µA
500	14092	0,3µA
510	14164	0,3µA
520	14296	0,3µA
530	15460	0,31µA
540	18307	0,34µA
550	17976	0,3µA
560	16893	0,35µA

Abbildung 9: Die Originalmesswerte.



570	15013	0,38µA
580	14703	0,4µA
590	14337	0,4µA
600	14202	0,4µA
610	14087	0,45µA
620	14180	0,45µA
630	14290	0,47µA
640	14130	0,48µA
650	14466	0,5µA
660	14052	0,5µA
670	14170	0,5µA
680	14583	0,52µA
690	14653	0,6µA
700	14715	0,6µA

~~Stab 1 U=500V N=22324~~
~~Stab 1+2 U=500V N=25144~~
~~Stab 2 U=500V N~~
Stab 1 U=500V N=21844
Stab 1+2 U=500V N=39105
Stab 2 U=500V N=17594

Abbildung 10: Die Originalmesswerte.