

1 Auswertung

Im Folgendem werden die erhobenen Messdaten ausgewertet und abschließend bezüglich ihrer Genauigkeit diskutiert.

1.1 Zählrohr-Charakteristik

Anhand der gemessenen Teilchenanzahl und der zugehörigen Spannung kann die Charakteristik des verwendeten Geiger-Müller-Zählrohres.

Die Charakteristik ergibt sich aus den Messdaten, die in Tabelle 3 dargestellt sind. Die Messungen sollten von 300 V bis 700 V vollzogen werden, jedoch ergaben die Messungen bei 300 V und 310 V eine registrierte Teilchenanzahl von Null. Dies erscheint unrealistisch und wurde aus diesem Grund von der Auswertung ausgeschlossen. Aus diesem Grund wurde die Messung aus dem Wertebereich von 320 V bis 700 V in 10 V-Schritten durchgeführt.

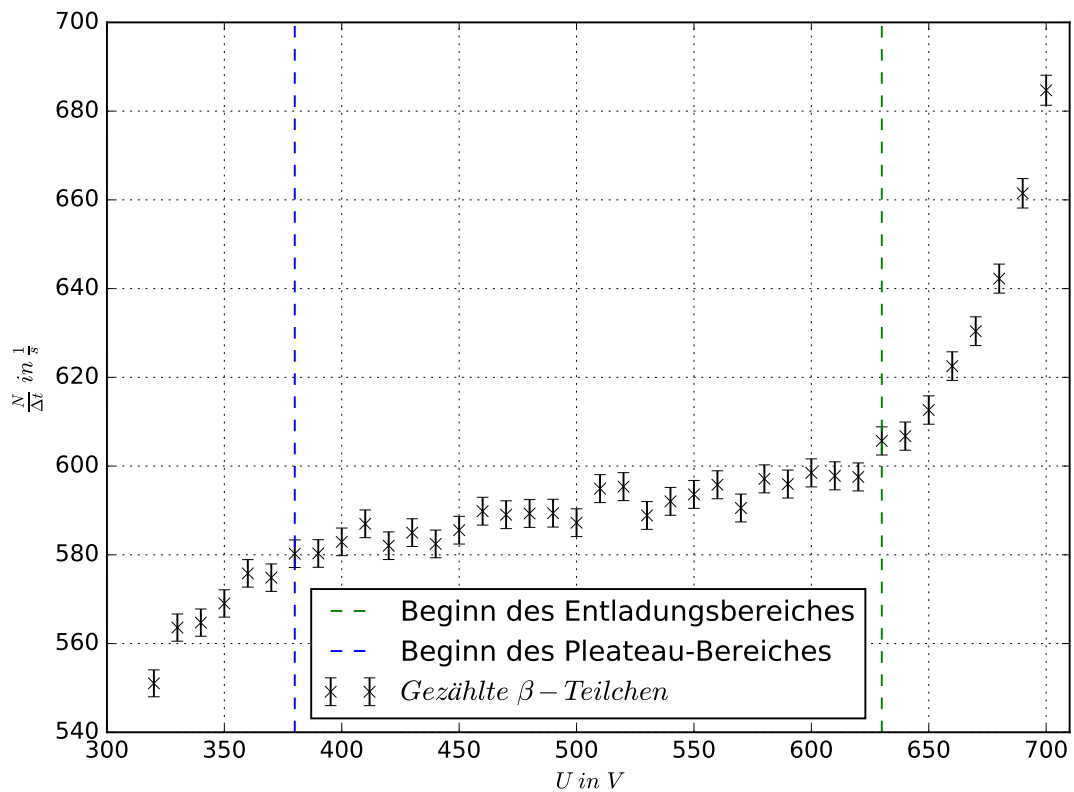


Abbildung 1: Charakteristik des verwendeten Geiger-Müller-Zählrohres, $\Delta t = 60$ s

Die in 1 dargestellte Charakteristik zeigt die verwendete Apparatur bei einer Betriebsspannung zwischen 320 bis 700 V.

Die Plateau-Ebene ist deutlich zu erkennen, da in diesem Bereich das Verhältnis zwischen registrierter Teilchenanzahl pro Minute und der Spannung nahezu konstant ist. Die Plateau-Ebene beginnt bei ca. 380 V und endet bei ca. 630 V.

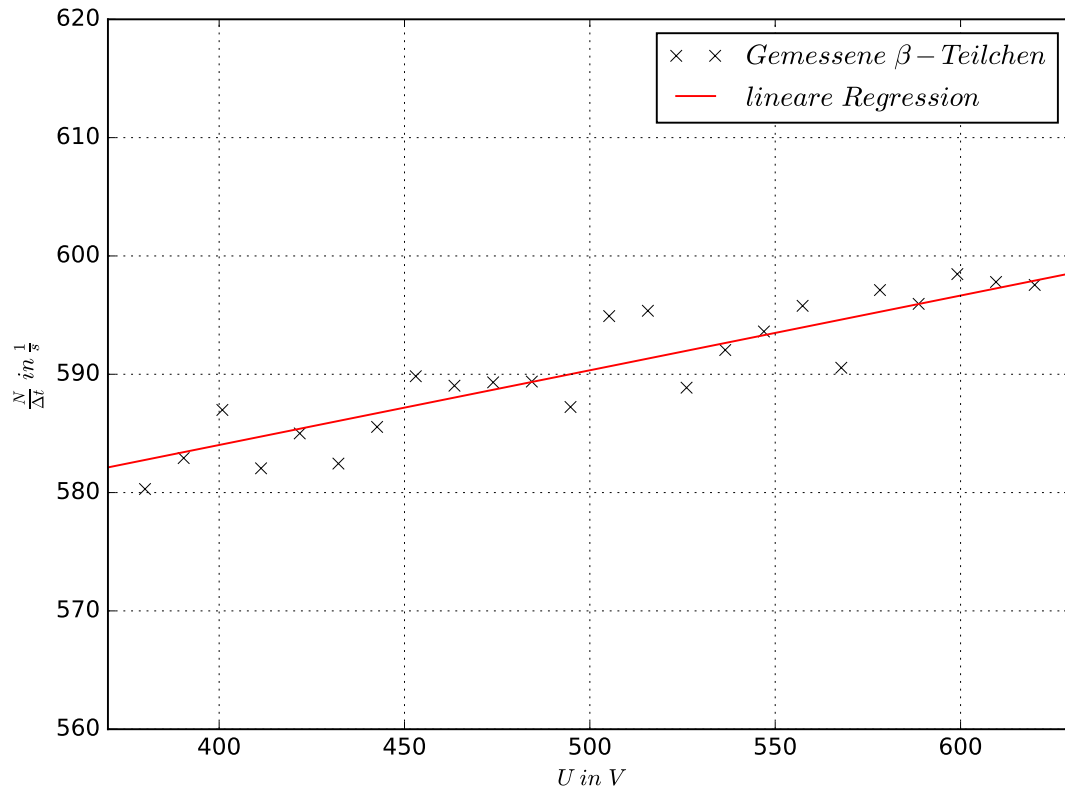


Abbildung 2: Plateau-Ebene des Messgerätes mit linearer Regression

Die Regressionsgeraden an den Plateau-Bereich hat ungefähr die folgenden Daten.

$$\frac{N}{\Delta t}(U) = 6315 \cdot 10^{-5} \frac{1}{V \cdot s} + 5587 \cdot 10^{-1} \frac{1}{s} \quad (1)$$

Vor der Plateau-Ebene ist der Proportionalitätsbereich von 320 V bis 380 V vermessen worden.

An den Plateau-Bereich schließt sich der Entladungsbereich an, der bis 700 V gemessen wurde. In diesem Bereich nimmt die Steigung der registrierten Teilchenanzahl pro Minute im Bezug auf die angelegte Spannung exponentiell zu.

1.2 Qualitative Bestimmung der Totzeit

Die Nachentladungen konnten bei dem Messvorgang der Totzeit τ , über das Oszilloskop deutlich beobachtet werden. Es wurden insgesamt fünf Messungen bei unterschiedlicher Anodenspannung genommen.

Tabelle 1: Qualitativ bestimmte Totzeit

Spannung in volt	Totzeit in μs
400	180
450	190
500	200
550	210
600	215

Aus den Daten der Tabelle 1 wurde der Mittelwert mit zugehöriger Standardabweichung bestimmt. Es ergibt sich der Wert $\tau = (2,39 \pm 0,08) \mu\text{s}$.

Gleichzeitig wurde auch die Erholungszeit qualitativ bestimmt. Die Messergebnisse sind in Tabelle 2 angegeben.

Tabelle 2: Qualitativ bestimmte Totzeit

Spannung in volt	Erholungszeit in ms
400	2,3
450	2,3
500	2,4
550	2,45
600	2,5

Für die Erholungszeit ergibt sich der Wert $t_{\text{Erholung}} = (2,39 \pm 0,08) \text{ ms}$.

1.3 Bestimmung der Totzeit mithilfe der Zwei-Quellen-Methode

Die wahre Impulsrate N_w unterscheidet sich aufgrund der Totzeit τ von der gemessenen Impulsrate N_r um den Faktor $\frac{1}{1-\tau N_r}$.

Aus diesem Grund wird die Zwei-Quellen-Methode verwendet, bei der zuerst die Impulsrate einer einzelnen Quelle gemessen wird. Daraufhin wird eine weitere Quelle hinzugefügt, die eine unterschiedliche Strahlungsrate besitzt. Im letzten Schritt wird die erste Quelle aus der Apparatur entnommen.

Aufgrund der genommenen Messwerte kann die Totzeit für $\tau^2 N_i^2 \ll 1$ ($i = 1, 2, 1 + 2$) durch die Formel (2) approximiert werden.

$$\tau \approx \frac{N_1 + N_2 - N_{1+2}}{2N_1N_2} \quad (2)$$

Die Messung ergaben die folgenden Werte.

N_1 : 25692

N_2 : 1109

N_{1+2} : 26775

Dabei sind die N_i ($i = 1, 2, 1 + 2$) in registrierten Teilchen pro Minute bestimmt.

Aus den Messwerten ergibt sich mit der Formel (2) τ zu $(3 \pm 24) \cdot 10^{-5}$ s.

1.4 Messung der pro Teilchen vom Zählrohr freigesetzten Ladungsmenge

In dem Versuch wurde der vom Zählrohr freigesetzte Strom in Abhängigkeit von der angelegten Spannung gemessen. Die Messung wurde in 10 V Schritten von 320 V bis 700 V durchgeführt. Die Messdaten sind in Tabelle 3 dargestellt. Zwischen der Zählrate und der gemessenen Stromstärke besteht ein linearer Zusammenhang der wie folgt dazustellen ist.

$$I = \Delta Q \cdot N$$

Deshalb lässt sich die freigesetzte Ladung pro Teilchen im Zählrohr über eine lineare Regression aus den Daten der Tabelle 3 ermitteln. Dafür wurde die gemessene Stromstärke der registrierte Teilchenanzahl pro Minute gegenübergestellt.

Die Ausgleichsgerade hat ungefähr die folgenden Daten.

$$I(N) = (2406 \pm 223) \cdot 10^{-3} \mu\text{As} \cdot N - (82,577 \pm 0,008) \text{ C} \quad (3)$$

Die Ladung pro Teilchen ist ungefähr gleich der Steigung der Ausgleichsgeraden. Damit wird jedem Teilchen eine freigesetzte Ladungsmenge von $\approx 2,406 \cdot 10^{-3} \text{ C}$ zugeordnet. Dies entspricht ca. $1,502 \cdot 10^{16}$ Elementarladungen.

Zudem wurde die Stromstärke bei steigender Spannung gemessen. Das Messintervall erstreckt sich über den selben Spannungsbereich wie bei Bestimmung der Charakteristik.

Eine Grafik dieses Diagrammes ist in Abb. 4 dargestellt.

Anhand der Abb. 4 wird ersichtlich, dass die Stromstärke mit zunehmender Spannung ebenfalls zunimmt. Der Zusammenhang scheint linear.

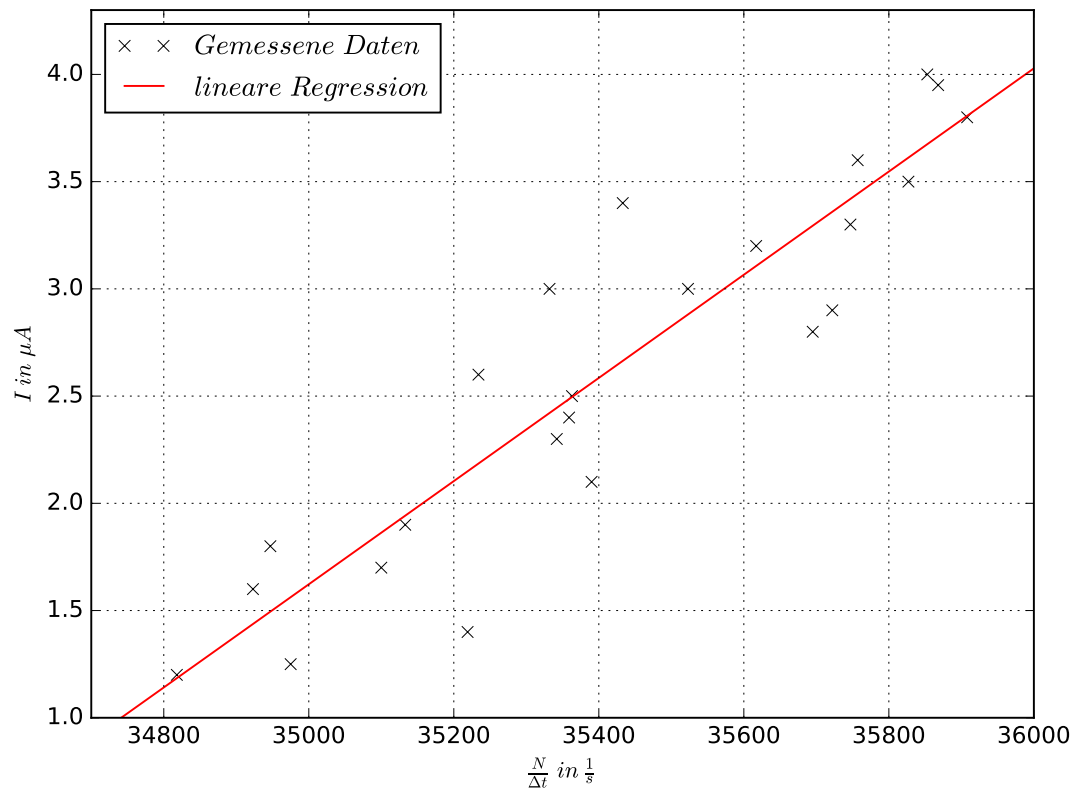


Abbildung 3: Gemessenen Stromstärke gegenüber der Teilchenanzahl pro Minute mit linearer Regression

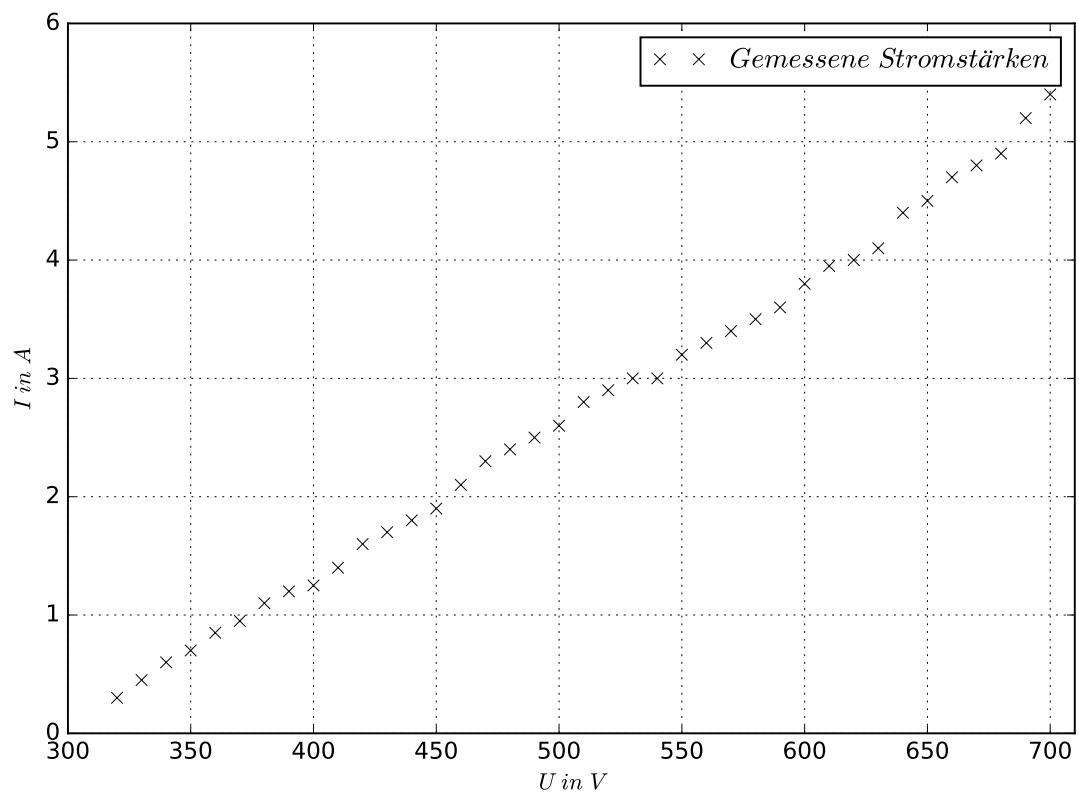


Abbildung 4: Gemessenen Stromstärke gegenüber der Spannung

2 Diskussion

Die Steigung der Regressionsgeraden, die an die Plateau-Ebene angelegt wurde besitzt eine sehr geringe Steigung (vgl. 1). Damit ist das Verhältnis zwischen registrierter Teilchenanzahl und Spannung im Rahmen der Messgenauigkeit als konstant anzusehen. Insgesamt werden an der aufgenommenen Charakteristik die grundsätzlichen Merkmale eines Geiger-Müller-Zählrohres deutlich ersichtlich.

Die Totzeit konnte an der verwendeten Apparatur nicht über die Zwei-Quellen-Methode bestimmt werden, da die Probenhalterung beim einlegen der zweiten Quelle verwackelt ist, sodass keine zuverlässigen Messwerte erhoben werden konnten. Die verwendeten Messdaten entstammen den Messungen der parallel arbeitenden Gruppe Steven D. Becker und Stefan G. Grisard. Deshalb ist der Vergleich zwischen den Methoden zur Bestimmung der Totzeit nicht sinnvoll. Es wird angenommen, dass die qualitativ bestimmte Totzeit tatsächlich die Totzeit der Apparatur genügend gut beschreibt.

Die Messung der pro Teilchen vom Zählrohr freigesetzten Ladungsmenge wurde mithilfe einer linearen Regression bewerkstelligt. Dies ist sinnvoll, da ein linearer Zusammenhang zwischen der registrierten Teilchenanzahl pro Minute und der währenddessen gemessenen Stromstärke besteht. Der Proportionalitätsfaktor zwischen den beiden Größen ist die freigesetzte Ladung. Es wurde lediglich der Plateau-Bereich betrachtet, da davon auszugehen ist, dass dort die Nachentladungen vernachlässigbar gering sind und die freigesetzte Ladungsmenge lediglich von der Anfangsenergie des eingehenden Teilchen stammt. Damit lässt sich dann die freigesetzte Ladungsmenge pro Teilchen möglichst präzise bestimmen.

3 Messdaten

In diesem Kapitel sind die Messdaten der Messung der Charakteristik dargestellt.

Tabelle 3: Messdaten zur Charakteristik

Spannung in volt	Zählrate in $\frac{1}{\text{min}}$	Stromstärke in mA
320	33 062	0,3
330	33 816	0,45
340	33 883	0,6
350	34 142	0,7
360	34 549	0,85
370	34 491	0,95
380	34 815	1,1
390	34 818	1,2
400	34 975	1,25
410	35 219	1,4
420	34 923	1,6
430	35 100	1,7
440	34 947	1,8
450	35 133	1,9
460	35 390	2,1
470	35 342	2,3
480	35 359	2,4
490	35 363	2,5
500	35 234	2,6
510	35 695	2,8
520	35 722	2,9
530	35 332	3,0
540	35 523	3,0
550	35 617	3,2
560	35 747	3,3
570	35 433	3,4
580	35 827	3,5
590	35 757	3,6
600	35 908	3,8
610	35 868	3,95
620	35 853	4,0
630	36 340	4,1
640	36 405	4,4
650	36 758	4,5
660	37 352	4,7
670	37 824	4,8
680	38 535	4,9
690	39 689	5,2
700	41 082	5,4