

# 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.

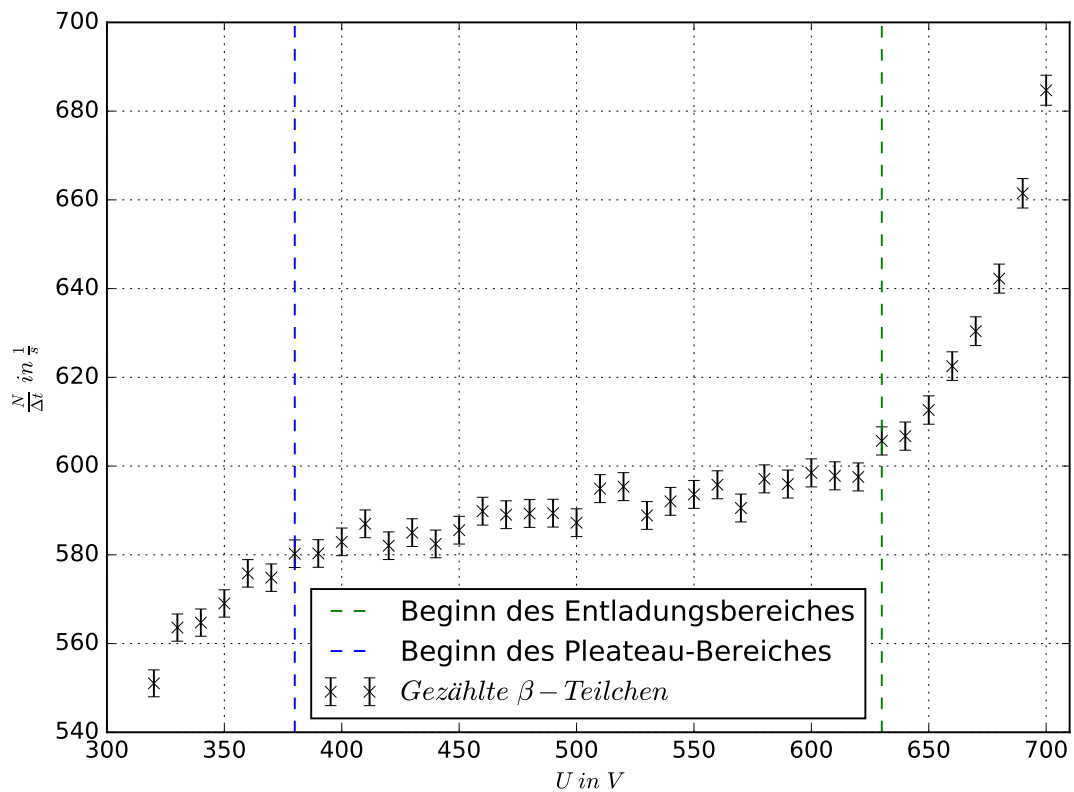


Abbildung 1: Charakteristik des verwendeten Geiger-Müller-Zählrohres,  $\Delta t = 60$  s

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.

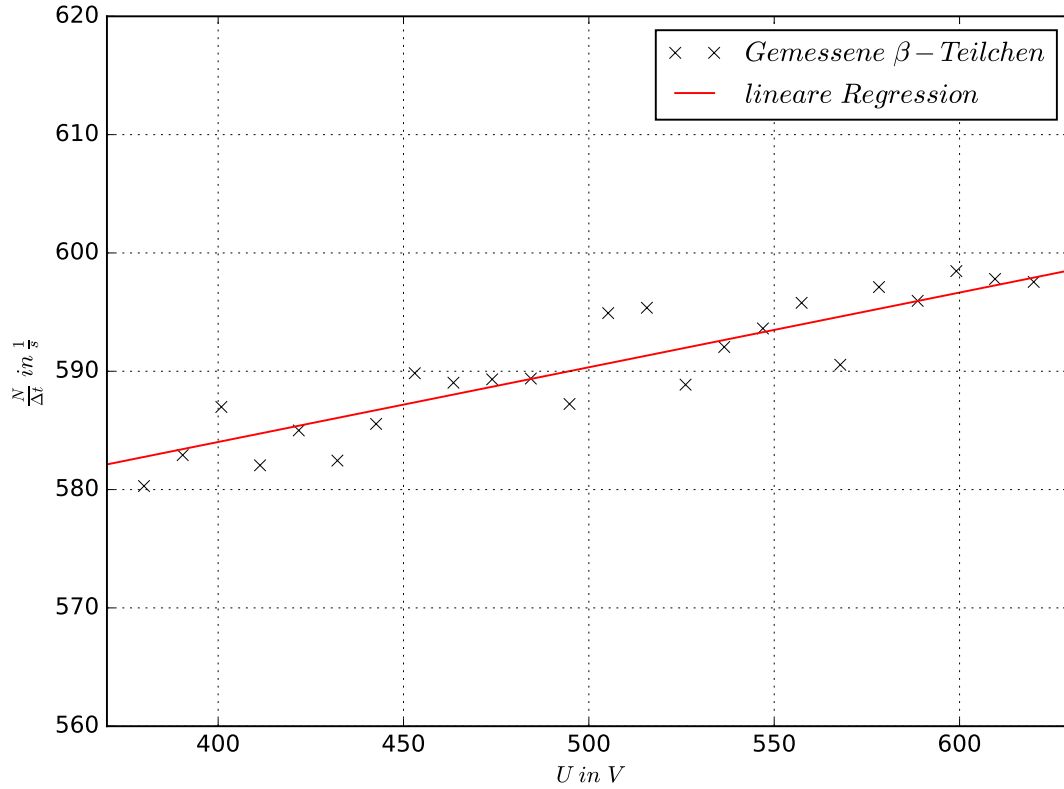


Abbildung 2: Plateau-Ebene des Messgerätes mit linearer Regression

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

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

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  $T$ , über das Oszilloskop deutlich beobachtet werden. Es wurden insgesamt fünf Messungen bei unterschiedlicher Anodenspannung genommen.

Tabelle 1: Qualitativ bestimmte Totzeit

Spannung in V	Totzeit in $\mu s$
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  $T = (2,39 \pm 0,08) \mu s$ .

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

Tabelle 2: Qualitativ bestimmte Totzeit

Spannung in V	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  $T$  von der gemessenen Impulsrate  $N_r$  um den Faktor  $\frac{1}{1-TN_r}$ .

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  $T^2 N_i^2 \ll 1$  ( $i = 1, 2, 1 + 2$ ) durch die Formel (2) approximiert werden.

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

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)  $T$  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.

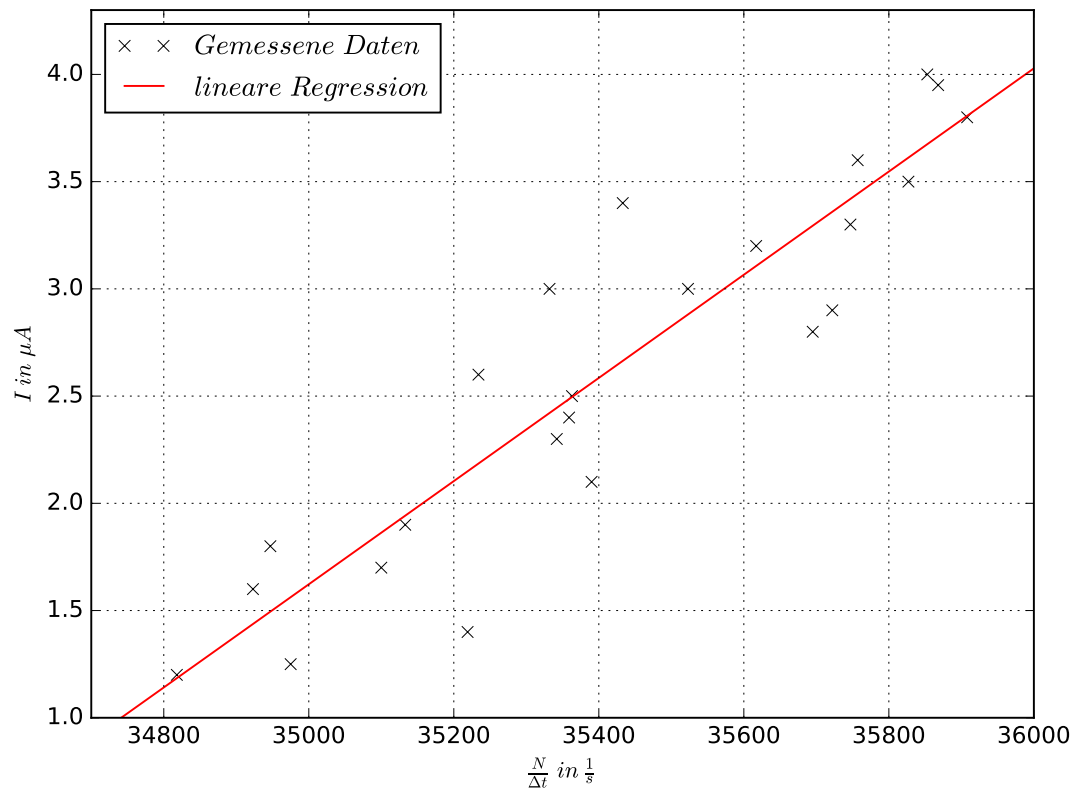


Abbildung 3: Gemessenen Stromstärke gegenüber der Teilchenanzahl pro Minute mit linearer Regression

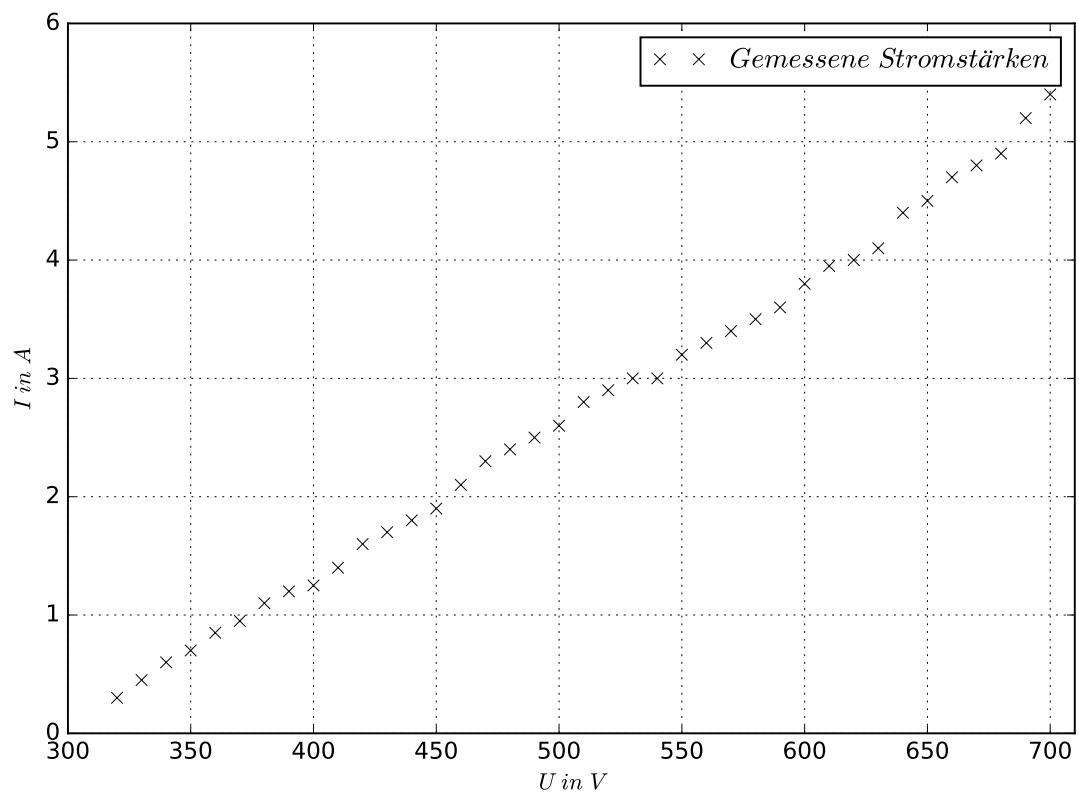


Abbildung 4: Gemessenen Stromstärke gegenüber der Spannung

## 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 der Charakteristik

Spannung in V	Zählrate in $N$ in $\frac{1}{\text{min}}$	Stromstärke in mA
320	33062 $\pm$ 182	0,30
330	33816 $\pm$ 184	0,45
340	33883 $\pm$ 184	0,60
350	34142 $\pm$ 185	0,70
360	34549 $\pm$ 186	0,85
370	34491 $\pm$ 186	0,95
380	34815 $\pm$ 187	1,10
390	34818 $\pm$ 187	1,20
400	34975 $\pm$ 187	1,25
410	35219 $\pm$ 188	1,40
420	34923 $\pm$ 187	1,60
430	35100 $\pm$ 187	1,70
440	34947 $\pm$ 187	1,80
450	35133 $\pm$ 187	1,90
460	35390 $\pm$ 188	2,10
470	35342 $\pm$ 188	2,30
480	35359 $\pm$ 188	2,40
490	35363 $\pm$ 188	2,50
500	35234 $\pm$ 188	2,60
510	35695 $\pm$ 189	2,80
520	35722 $\pm$ 189	2,90
530	35332 $\pm$ 188	3,00
540	35523 $\pm$ 188	3,00
550	35617 $\pm$ 189	3,20
560	35747 $\pm$ 189	3,30
570	35433 $\pm$ 188	3,40
580	35827 $\pm$ 189	3,50
590	35757 $\pm$ 189	3,60
600	35908 $\pm$ 189	3,80
610	35868 $\pm$ 189	3,95
620	35853 $\pm$ 189	4,00
630	36340 $\pm$ 191	4,10
640	36405 $\pm$ 191	4,40
650	36758 $\pm$ 192	4,50
660	37352 $\pm$ 193	4,70
670	37824 $\pm$ 194	4,80
680	38535 $\pm$ 196	4,90
690	39689 $\pm$ 199	5,20
700	41082 $\pm$ 203	5,40