

V703

Das Geiger-Müller Zählrohr

Fritz Agildere Amelie Strathmann
fritz.agildere@udo.edu amelie.strathmann@udo.edu

Durchführung: 25. April 2023
Abgabe: 30. April 2023

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1 Zielsetzung	2
2 Theorie	2
2.1 Funktionsweise	2
2.2 Funktionsbereiche	3
2.2.1 Charakteristische Kennlinie	3
2.2.2 Tot- und Erholungszeit	4
2.2.3 Güte des Plateaus	4
2.3 Statistik	4
3 Durchführung	4
3.1 Vorbereitung	4
4 Auswertung	5
4.1 Fehlerrechnung	5
4.2 Kennlinie des Geiger-Müller-Zählrohrs	5
4.3 Anzahl der detektierten Ladungsträger	7
4.4 Bestimmung der Totzeit	9
5 Diskussion	10
Literatur	10
Anhang	11

1 Zielsetzung

2 Theorie



Abbildung 1

2.1 Funktionsweise

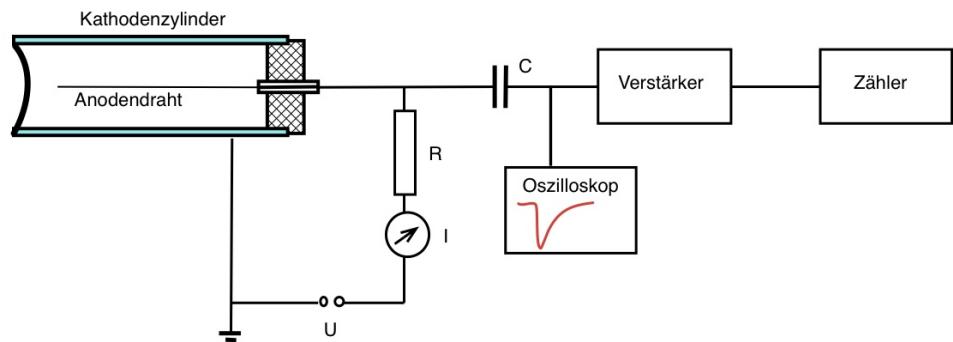


Abbildung 2

2.2 Funktionsbereiche

2.2.1 Charakteristische Kennlinie

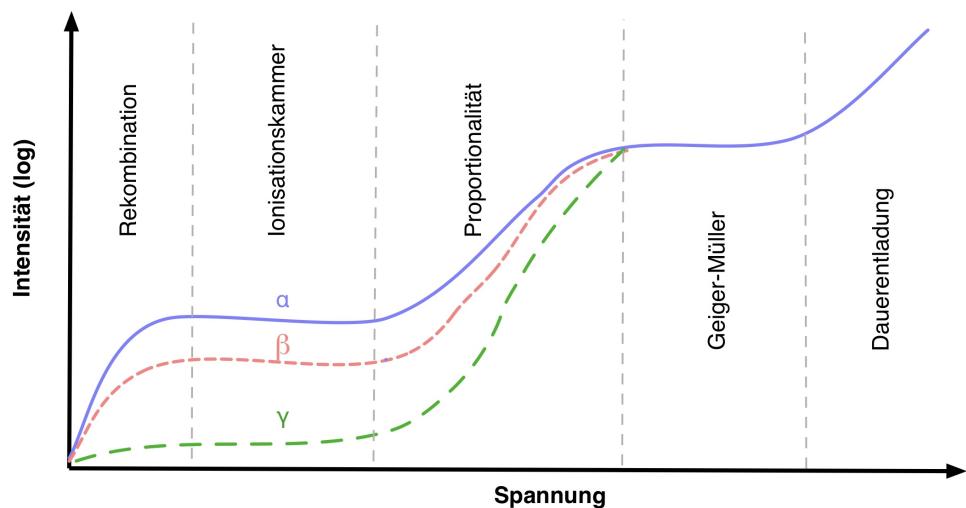


Abbildung 3

Rekombination

Ionisationskammer

Proportionalität

Geiger-Müller

Dauerentladung

2.2.2 Tot- und Erholungszeit

2.2.3 Güte des Plateaus

2.3 Statistik

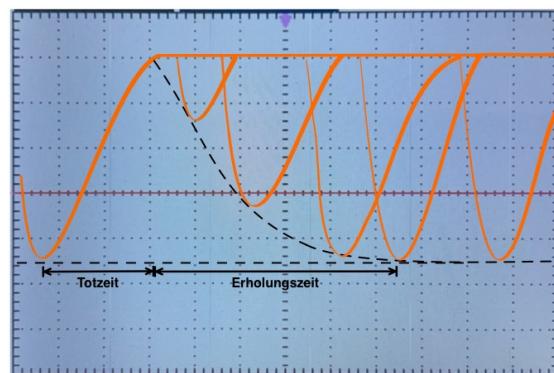


Abbildung 4

3 Durchführung

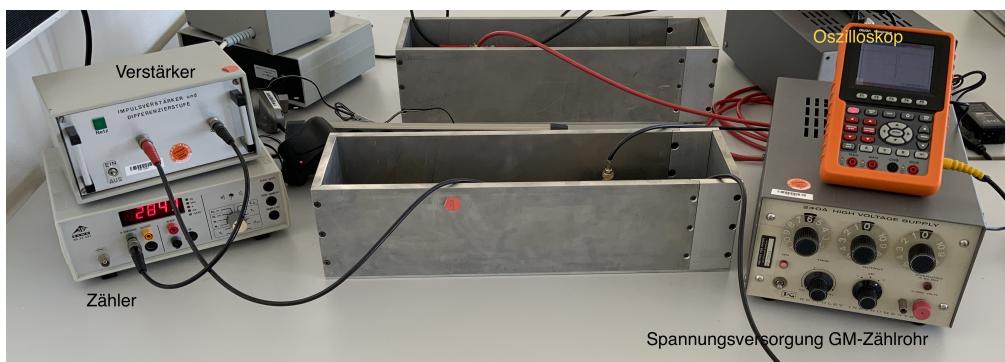


Abbildung 5

3.1 Vorbereitung

4 Auswertung

Im Folgenden wird die Kennlinie des Geiger-Müller Zählrohrs bestimmt und die Anzahl der Ladungsträger wird anhand der Messwerte berechnet. Die Totzeit wird zunächst über die Zwei-Quellen-Methode und im Anschluss über das Oszilloskop bestimmt.

4.1 Fehlerrechnung

Die Fehlerrechnung, für die Bestimmung der Messunsicherheiten, wird mit Uncertainties [1] gemacht. Für die Formel der Gauß Fehlerfortpflanzung ist gegeben durch

$$\Delta f = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \cdot (\Delta x_i)^2}. \quad (1)$$

Für den Mittelwert gilt

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i. \quad (2)$$

Der Fehler des Mittelwertes ist gegeben durch

$$\Delta \bar{x} = \frac{1}{\sqrt{N}} \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}. \quad (3)$$

4.2 Kennlinie des Geiger-Müller-Zählrohrs

Die aufgenommenen Messwerte zur Bestimmung der Kennlinie des Geiger-Müller-Zählrohrs sind in der Tabelle 1 dargestellt. Zudem wurde mit Hilfe der ?? der statistische Fehler λ bestimmt und ebenfalls aufgelistet. Der Plateau-Bereich hat eine Länge von 340 V , dieser beginnt bei 370 V und hört bei 710 V auf. Im ersten drittel des Plateaus lässt sich der Arbeitspunkt bei $U_A = 430$ ablesen.

Tabelle 1: Messdaten zur Bestimmung der Kennlinie des Geiger-Müller-Zählrohrs

U / V	N	$I / \mu\text{A}$	λ
330	17211	0.2	131
350	18298	0.2	135
370	18392	0.3	136
390	18818	0.4	137
410	18653	0.4	137
430	18946	0.5	138
450	18915	0.6	138
470	18905	0.7	137
490	18934	0.8	138
510	18970	0.8	138
530	19015	0.8	138
550	19336	0.9	139
570	19235	1	139
590	19174	1	138
610	19224	1.1	139
630	18991	1.2	138
650	19082	1.2	138
670	19548	1.3	140
690	19505	1.3	140
710	20031	1.4	142
730	20429	1.5	143
750	21666	1.6	147

Die Messdaten der Detektorspannung U wurden gegen die Zählrate N aufgetragen und in der Abbildung 6 dargestellt. Die Ausgleichsgrade hat die Form

$$N = a \cdot U + b.$$

Die Gerade beschreibt den Plateau-Bereich. Der Parameter a beschreibt die Plateau-Steigung des Geiger-Müller-Zählrohrs. Mit Hilfe von Linearer Regression, welche mit SciPy [2] durchgeführt wurde, ergeben sich die Werte

$$\begin{aligned} a &= (0,018 \pm 0,003) \text{ V}^{-1} \quad \text{und} \\ b &= 149,499 \pm 1,720. \end{aligned}$$

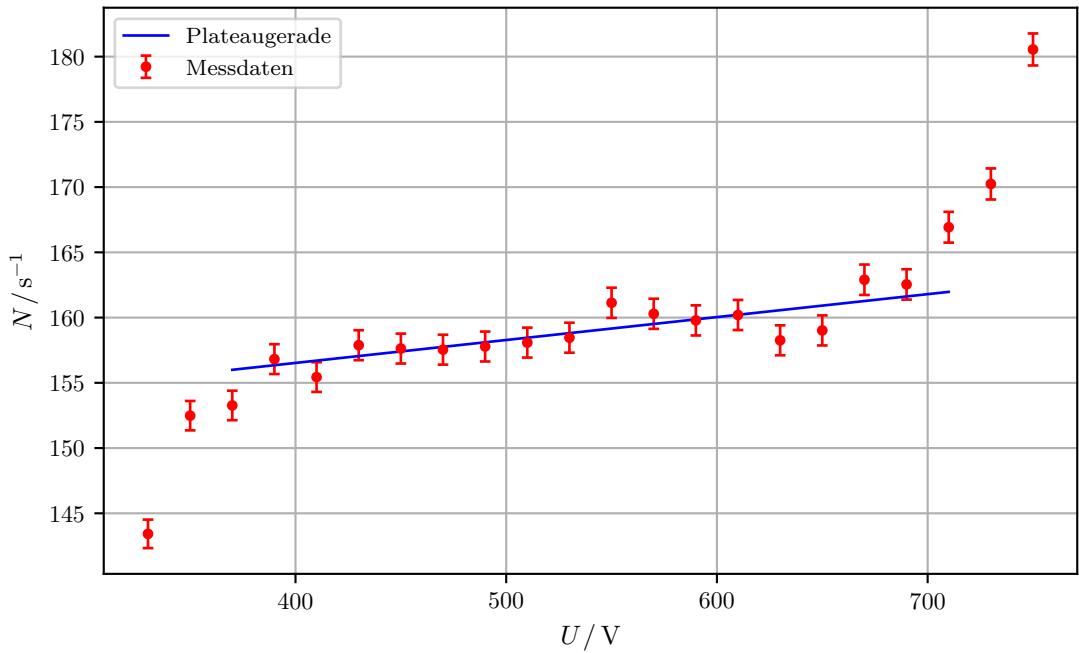


Abbildung 6: Messwerte der Detektorspannung wurde gegen die Zählrate aufgetragen.
Zudem die Ausgleichsgrade des Plateau-Bereichs.

4.3 Anzahl der detektierten Ladungsträger

In der Tabelle 2 sind die gemessenen Werte für die Spannung U und die Stromstärke I abgebildet. Zusätzlich wurde die Anzahl der detektierten Ladungsträger Z pro einfallenden Teilchen anhand der Formel

$$Z = \frac{t \cdot I}{e}$$

berechnet. Dabei beträgt $t = 120\text{ s}$ und die Elementarladung e ist gegeben durch $e = 1.6 \cdot 10^{-19}\text{ coulomb}$.

Tabelle 2: Anzahl der Ladungsträger gegen die Detektorspannung aufgetragen.

U / V	N	$I / \mu\text{A}$	$Z \cdot 10^{14}$
330	17211	0.2	1.498
350	18298	0.2	1.498
370	18392	0.3	2.247
390	18818	0.4	2.996
410	18653	0.4	2.996
430	18946	0.5	3.745
450	18915	0.6	4.494
470	18905	0.7	5.243
490	18934	0.8	5.992
510	18970	0.8	5.992
530	19015	0.8	5.992
550	19336	0.9	6.741
570	19235	1	7.490
590	19174	1	7.490
610	19224	1.1	8.239
630	18991	1.2	8.988
650	19082	1.2	8.988
670	19548	1.3	9.737
690	19505	1.3	9.737
710	20031	1.4	10.486
730	20429	1.5	11.235
750	21666	1.6	11.984

In der Abbildung 7 wurden die berechneten Werte für die Anzahl der freigesetzten Teilchen Z gegen die Detektorspannung U aufgetragen. Dabei ist ein Anstieg der Ladungsträger proportional zur Spannung erkennen. In dem vorher bestimmten Plateau-Bereich ist zu erkennen, dass der Anstieg von Z nachlässt.

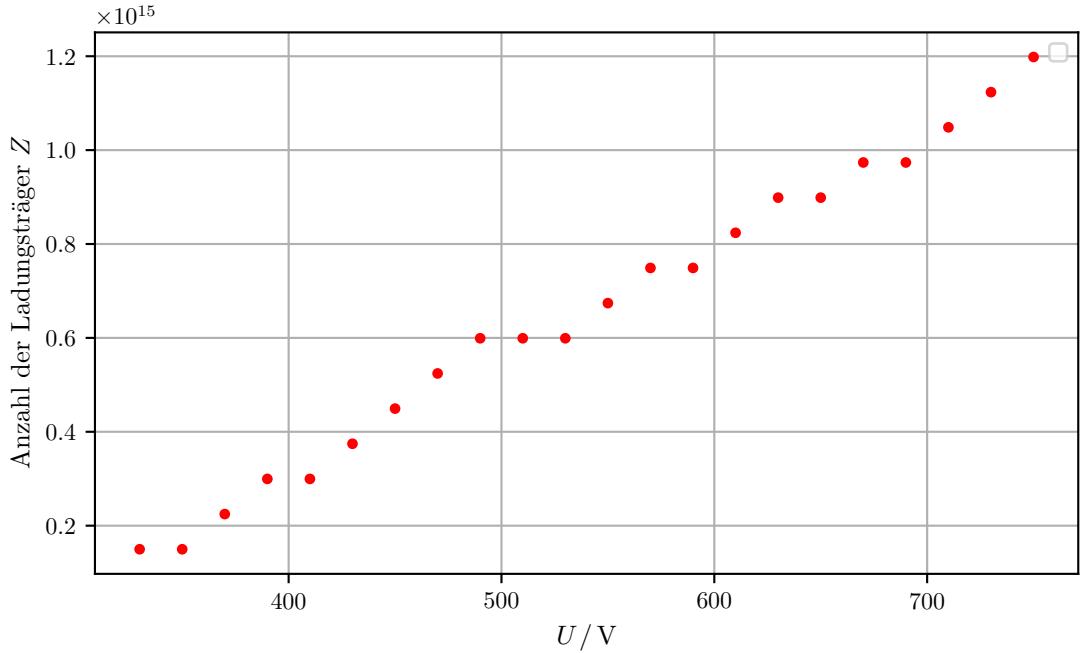


Abbildung 7: Die berechneten Werte der Anzahl der freigesetzten Teilchen Z aufgetragen gegen die Detektorspannung U .

4.4 Bestimmung der Totzeit

Um die Totzeit zu bestimmen werden zwei Verfahren genutzt. Zunächst wird die Zweiquellen Methode verwendet. In einem Zeitraum von $t = 120\text{ s}$ bei einer Spannung von $U = 440\text{ V}$ wurden für zwei Proben die Zähleraten einmal einzelnen und zusammen gemessen. In der Tabelle 3 sind die aufgenommenen Zähleraten der einzelnen Proben und beider zusammen dargestellt.

Tabelle 3: Die Zählerate N_1, N_2 und N_{12} .

N_1	N_2	N_{12}
105168 ± 324.296	166372 ± 407.887	236573 ± 486.388

Aus den gemessenen Werten ergibt sich die Totzeit τ mit

$$\tau = \frac{N_1 + N_2 - N_{12}}{N_{12}^2 - N_1^2 - N_2^2} = (2.03 \pm 0.07) \mu\text{s}.$$

Zur Bestimmung der Totzeit wurde als zweite Methode das angeschlossene Oszilloskop verwendet. Anhand dessen kann die Totzeit abgelenkt werden. In Abbildung 8 ist ein solches

Bild gezeigt.

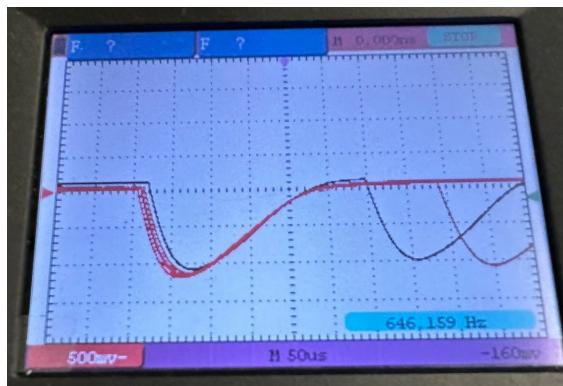


Abbildung 8: Aufnahme des Osziloskops, an der die Totzeit und die Erholungszeit abgelesen werden kann.

5 Diskussion

Literatur

- [1] Eric O. Lebigot. *Uncertainties: a Python package for calculations with uncertainties*. Version 2.4.6.1. URL: <http://pythonhosted.org/uncertainties/>.
- [2] Pauli Virtanen u. a. „SciPy 1.0: Fundamental Algorithms for Scientific Computing in Python“. Version 1.9.3. In: *Nature Methods* 17 (2020), S. 261–272. DOI: 10.1038/s41592-019-0686-2.

Anhang