

Physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene

Heinrich-Buff-Ring 16, Raum 307

Zählrohr und Statistik

Letzte Änderung: 13. September 2023

1 Literatur

- Evans, The Atomic Nucleus, McGraw Hill 1955, S. 746 ff.
- Neuert, Kernphys. Meßverfahren, S. 393 ff.
- Kment, Kuhn, Technik des Messens radioaktiver Strahlung, S. 337 ff.
- Marton, Methods of Experimental Physics Vol.5 Teil B, S. 761 ff.
- Leo, Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments 2nd Ed., Springer 1994, S. 127 ff.
- Handbücher der verwendeten elektronischen Geräte.

2 Fragen

- Wie arbeitet ein Geiger-Müller Zählrohr?
- Was ist im Zusammenhang mit dem Geiger-Müller Zählrohr eine „Erholzeit“ / „Totzeit“?
- Was ist eine Binominalverteilung, eine Normalverteilung, eine Poissonverteilung?
- Was versteht man unter den Begriffen „Standardabweichung“ und „wahrscheinlicher Fehler“?

3 Versuchsdurchführung

3.1 Strahlenschutz

Das Arbeiten mit radioaktiven Substanzen erfordert große Sorgfalt und Sauberkeit. Die in diesem Praktikum verwendeten Nuklide haben ausnahmslos eine so geringe Aktivität, dass biologische Schäden nicht zu befürchten sind. Es ist aber strengstens darauf zu achten, dass keine aktive Substanz mit den Fingern berührt wird! Nach Beendigung der Versuche sind die Hände zu waschen.

3.2 Geräteliste

- Selbstlöschendes Geiger-Müller Zählrohr (**Vorsicht! Das Zählrohr ist empfindlich, Berührung ist unbedingt zu vermeiden!**)
- Hochspannungsgerät,
- Verstärker,
- Diskriminator,
- Impulszähler,
- Zeituhr,
- Speicheroszilloskop.

3.3 Arbeitsschritte

1. Erstellung eines Blockschaltbildes der Datenaufnahmeelektronik.
2. Verkabeln der Versuchsanordnung. Vor dem Einschalten der Hochspannung unbedingt die Kontrolle des Betreuers abwarten.
3. Darstellung der Signale vor und nach dem Verstärker sowie nach dem Diskriminator auf dem Dreikanaloszilloskop. Form und Größe der Signale sind zu skizzieren. Einstellen des Diskriminators mit Hilfe der simultanen Darstellung der Signale nach dem Verstärker sowie nach dem Diskriminator auf dem Oszilloskop.
4. Abschätzung von Tot- und Erholzeit mit Hilfe des Speicheroszilloskops sowie rechnerische Abschätzung der Totzeit mit Hilfe der angegebenen Meßschaltung. Diskussion der für die Messung zu verwendenden Zählrate.
5. Aufnahme der Plateaukurve" des Zählrohrs. Die Messzeit ist so zu wählen, dass der statistische Fehler eines jeden Messpunkts unter 1% liegt. Beginnend bei dem vom Betreuer voreingestellten Wert wird die Spannung zunächst in Schritten von $\Delta U = 20$ V erniedrigt, bis keine Impulse mehr zu beobachten sind (Messzeit hier nicht anpassen!). Dabei am Oszilloskop die Impulse beobachten, ggf. die Verstärkereinstellungen korrigieren. Den Bereich in dem das Plateau beginnt in $\Delta U = 10$ V Schritten (max. 4 Schritte) vermessen. Anschließend den oberen Teil des Plateaus in aufsteigenden $\Delta U = 20$ V Schritten aufnehmen. Dabei ebenfalls die Signale auf dem Oszilloskop beobachten, um evtl. ein Übersteuern zu vermeiden. Ggf. sind die Verstärkereinstellungen zu korrigieren. **Vorsicht! Auf keinen Fall Spannungen einstellen, die mehr als 350V über der Einsatzspannung des Zählrohrs liegen!**
6. Als Arbeitsspannung ist in etwa die Mitte des vermessenen Plateaus zu verwenden. Bei einer Zählrate von etwa 1000 Imp./min. wird während verschieden langer Zeiten gemessen, so dass sich verschiedene Gesamtpulszahlen ergeben. Messzeiten: 1, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 sec; 2, 3, 5, 7, 10 min.

7. Bei denselben Bedingungen wie in der vorherigen Messreihe wird die bei der Messzeit von 30 sec. erhaltene Zählrate voreingestellt (Preset Scaler). 30-mal wird die Messzeit ermittelt, die zum Erreichen des voreingestellten Zählerstands benötigt wird.
8. Bei einer Messzeit von 1 sec ist die Zählrate auf etwa 12-15 Imp./sec. einzustellen. Die Zählrate wird 400-mal aufgenommen. Dazu werden Reset- und Gateeingänge des Zählers benutzt. Es empfiehlt sich, eine Tabelle der zu erwartenden Ereignisse anzulegen, und das Auftreten eines Ereignisses mit einem Strich in der entsprechenden Zeile zu markieren.

4 Ausarbeitung

Die Ausarbeitung enthält zwei „Theorieteile“, die den Aufbau und die Physik des Zählrohrs sowie die Statistik betreffen. Danach ist die Auswertung des durchgeführten Versuchs vorzunehmen.

4.1 Auswertung

Die Auswertung beschreibt den durchgeführten Versuch und bezieht grafische Darstellungen der Ergebnisse mit ein. Die folgenden Punkte sind in jedem Fall zu berücksichtigen:

1. Darstellung des verwendeten Aufbaus und der beobachteten Signale (quantitativ!).
2. Darstellung der Zählrohr-„Plateaukurve“. Totzeitverluste sind zu korrigieren. Erstellen sie eine Grafik der korrigierten Zählrate ohne und eine mit unterdrücktem Nullpunkt, wobei bei letzterer die Fehlerbalken einzuzeichnen sind. Die Plateausteigung ist in „% pro 100 V“ relativ zur Rate bei der Arbeitsspannung als Ergebnis einer linearen Regression innerhalb eines vernünftigen Bereichs anzugeben.
3. Auswertung der Messreihe bei verschiedenen Zeiten zwischen 1 sec. und 10 min.: Aus den Zeiten und Impulszahlen werden die Zählraten und ihre Fehler bestimmt. Die Zählraten und ihre Fehlerbalken werden gegen die zugehörigen Impulszahlen aufgetragen (logarithmische Achseneinteilung). Aus allen Messungen werden der Mittelwert sowie die obere und untere Grenze des wahrscheinlichen Fehlers gebildet und zusammen als horizontale Geraden eingezeichnet. Liegt die erwartete Menge an Werten innerhalb bzw. außerhalb der Fehlergrenzen, und falls nicht, weshalb?
4. Auswertung der Messreihe bei konstanter Impulszahl: Aus den 30 Zeiten und der Impulszahl werden die Zählraten und ihre Fehler bestimmt. Die Zählraten und ihre Fehlerbalken werden gegen die Nummer der Messung aufgetragen. Ansonsten ist wie bei Punkt 3 zu verfahren.
5. Darstellung der beobachteten Häufigkeiten bei den 400 Einzelmessungen, z.B. in Form eines Balkendiagramms. Das Ergebnis ist mit der auf das Experiment normierten Poissonverteilung zu vergleichen (ebenfalls einzeichnen).
6. Durchführung eines χ^2 -Tests für die letzte Messreihe.

4.2 χ^2 -Test

x	l_x	P_x	$L_x = P_x \sum l_x$	$(l_x - L_x)^2 / L_x$
0				
1				
2				
3				
\vdots				
	$\sum l_x =$	$\sum P_x =$	$\sum L_x =$	$\chi^2 = \sum (l_x - L_x)^2 / L_x$

$$\sum x \times l_x =$$

$$m = \sum x \times l_x / \sum l_x =$$

$$e^{-m} = P_0 =$$

$$P_{x+1} = \frac{m}{x+1} P_x$$

$$F =$$

$$P =$$

Erläuterungen:

l_x : Beobachtete Häufigkeit des Ereignisses x .

P_x : Mit dem Mittelwert m aus der Poissonverteilung berechnete Wahrscheinlichkeit für das Eintreten des Ereignisses x .

L_x : Berechnete Häufigkeit des Ereignisses x .

F : Anzahl der sogenannten Freiheitsgrade. In diesem Fall Anzahl der Klasseneinteilung - 2. In jede Klasse sollen mindestens 5 Ereignisse gehören. Klassen dementsprechend zusammenfassen.

P : Aus dem Diagramm entnommene Wahrscheinlichkeit, dass bei Wiederholung der Messreihe eine größere Abweichung von den erwarteten Werten beobachtet wird. Für unsere Zwecke soll gelten: Liegt P zwischen 0.1 und 0.9, so entspricht die beobachtete Verteilung sehr wahrscheinlich einer Poissonverteilung. Liegt P unter 0.02 und über 0.98, so ist eine Poissonverteilung äußerst unwahrscheinlich und muss ernsthaft in Frage gestellt werden.

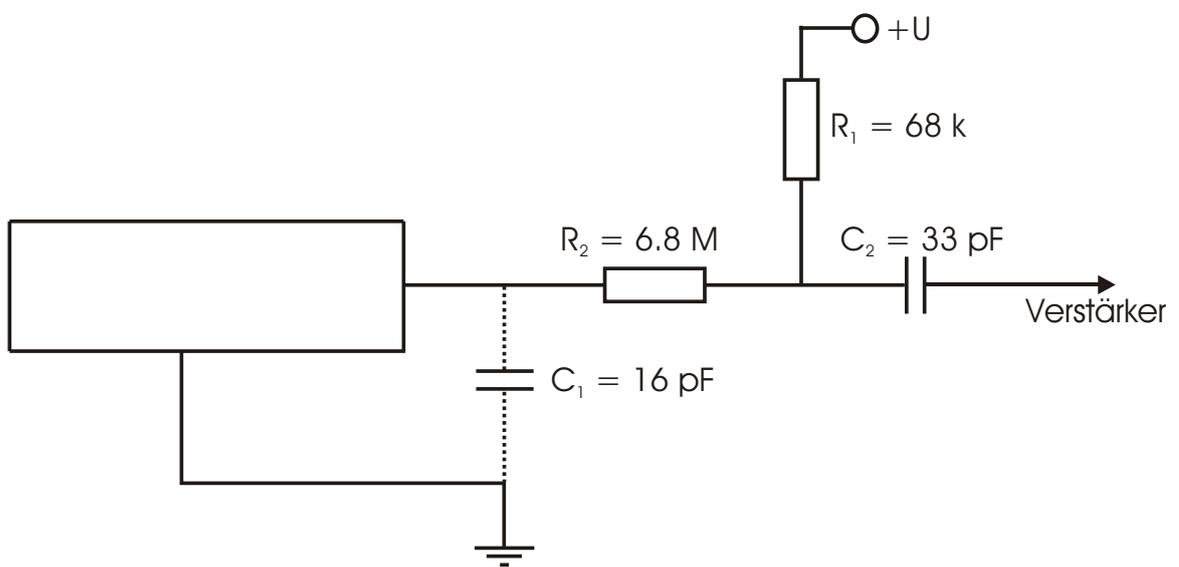


Abbildung 1: Schaltbild des Zählrohrs