

Versuch 703

Das Geiger-Müller-Zählrohr

Jonah Nitschke
lejonah@web.de

Sebastian Pape
sepa@gmx.de

Durchführung: 25.04.2017

Abgabe: 02.05.2017

1 Theorie

1.1 Zielsetzung

Mithilfe des Geiger-Müller-Zählrohrs kann in der Kernphysik die Intensität von ionisierter Strahlung zu messen. Bei dem folgenden Versuch geht es nun darum, die Funktionsweise eines Geiger-Müller-Zählrohrs durch verschiedene Messungen zu charakterisieren und die Kerndaten des vorliegenden Geräts zu ermitteln.

1.2 Aufbau und Wirkungsweise

Das Geiger-Müller-Zählrohr besteht im Wesentlichen aus einem Kathodenzyylinder mit einem axial verlaufenden Anodendraht (siehe Abb. 1). Um die später genauer beschriebenen Nachentladungseffekte gering zu halten, ist das Zählrohr zusätzlich mit einem Alkoholgehaltigen Gasgemisch gefüllt. Wird eine äußere Spannung angelegt, so entsteht zwischen Kathode und Anode ein radialsymmetrisches Feld. Dringt nun ein Teilchen in das Zählrohrvolumen ein, so werden abhängig von der angelegten Spannung nach der Primäriodisation verschiedene Effekte hervorgerufen (siehe Abb. 2).

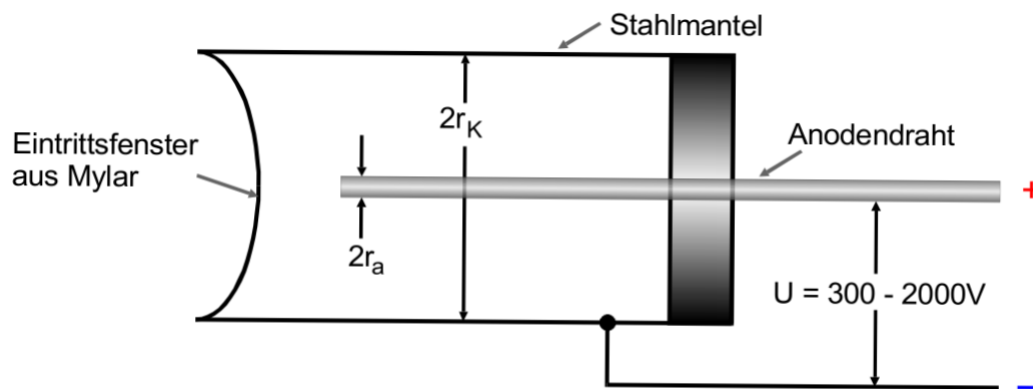


Abbildung 1: Aufbau des Geiger-Müller-Zählrohrs.

Bei einer sehr geringen Spannung gelangen durch Rekombination bedingt nur sehr wenige Elektronen an die Anode (Bereich I, Abb. 2). Wird die angelegte Spannung weiter erhöht, gelangen aufgrund der höheren Feldstärke nahezu alle Elektronen an die Anode und die Rekombinationswahrscheinlichkeit nimmt stark ab. In diesem als Ionisationskammer (Bereich II, Abb. 2) bezeichneten Bereich ist der Ionisationsstrom proportional zu Energie bzw. Intensität der einfallenden Strahlung.

Bei einer weiteren Erhöhung der Feldstärke können die freigesetzten Elektronen genügend Energie aufnehmen um ihrerseits ionisieren zu können. Bei einer hinreichend hohen angelegten Spannung wird durch die Stoßionisation die Zahl der freigesetzten Elektronen stark erhöht, dieser Vorgang wird als Townsend-Lawine bezeichnet. Die gesammelte

Ladung Q ist aber immer noch proportional zur Primärteilchenenergie, weshalb in diesem Bereich arbeitender Detektor auch als Proportionalitätszählrohr bezeichnet wird (Bereich III, Abb. 2).

Bei einer weiteren Erhöhung der Betriebsspannung gelangt man in den Auslösebereich, den eigentlichen Arbeitsbereich des Geiger-Müller-Zählrohrs (Bereich IV, Abb. 2). Hier breitet sich die Entladung aufgrund von in hoher Zahl frei gesetzten UV-Photonen im gesamten Zählrohrvolumen aus. Die gesammelte Ladung ist nun nicht mehr von der Primärisionisation abhängig, sondern nur noch von dem Zählrohrvolumen und der angelegten Betriebsspannung.

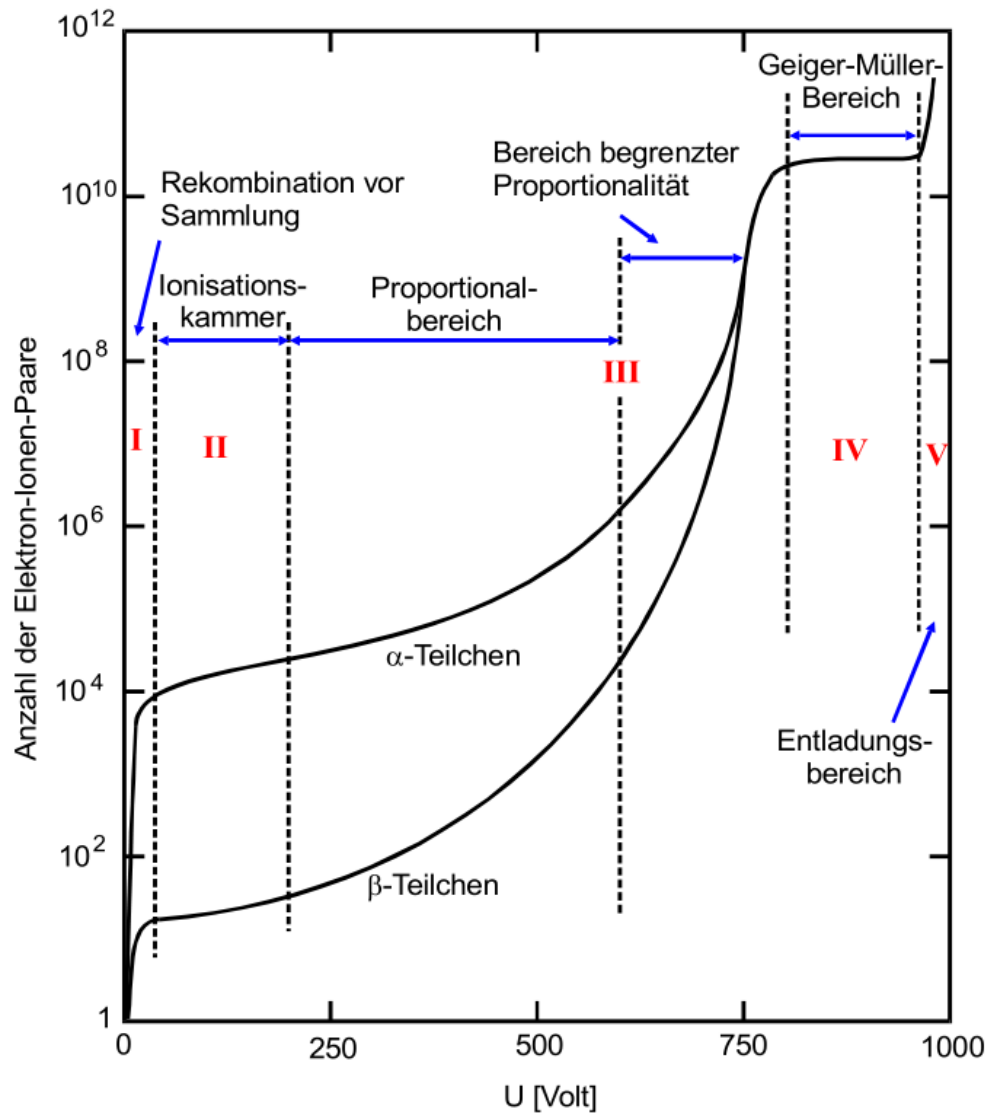


Abbildung 2: Die verschiedenen Bereiche im Bezug auf die angelegte Betriebsspannung.

1.3 Einfluss der positiven Ionen

Die frei gesetzten positiven Ionen bauen mit der Zeit im Zählrohr eine positive Raumladung auf, welche einige Störeffekte hervorruft. Einerseits wird die Feldstärke zwischenzeitlich so stark gesenkt, dass eintreffende Teilchen vom Zählrohr nicht mehr registriert werden. Diesen Zeitraum nennt man auch Totzeit T .

Nach Auflösen bzw. Abwandern der positiven Raumladung wird stufenweise wieder eine Lawinenbildung möglich, bis nach vollständiger Neutralisierung der Ionen nach der Erholungszeit T_E wieder Ladungsimpulse in ihrer ursprünglichen Höhe erreicht werden.

Ein weiterer Störeffekt sind die Nachentladung. Diese entstehen wenn im Zählrohrmantel auftreffende Ionen Elektronen aus der Metalloberfläche freisetzen und so mehrere zeitlich versetzte Ausgangsimpulse erzeugt werden. Dieser Effekt ist höchst unerwünscht, da er das Auftreffen von ionisierten Teilchen vortäuscht, kann aber durch die anfangs erwähnten Alkoholdämpfe im Zählrohr reduziert werden. Die frei werdende Energie bei Stößen führt hier nicht zur Emission eines Elektrons sondern regt lediglich die Schwingung eines vielatomigen Alkoholmoleküls an.

1.4 Charakteristik des Zählrohrs

Die Charakteristik eines Zählrohrs erhält man, wenn man die registrierte Teilchenzahl N gegen die angelegte Spannung bei konstanter Strahlungsintensität aufträgt.

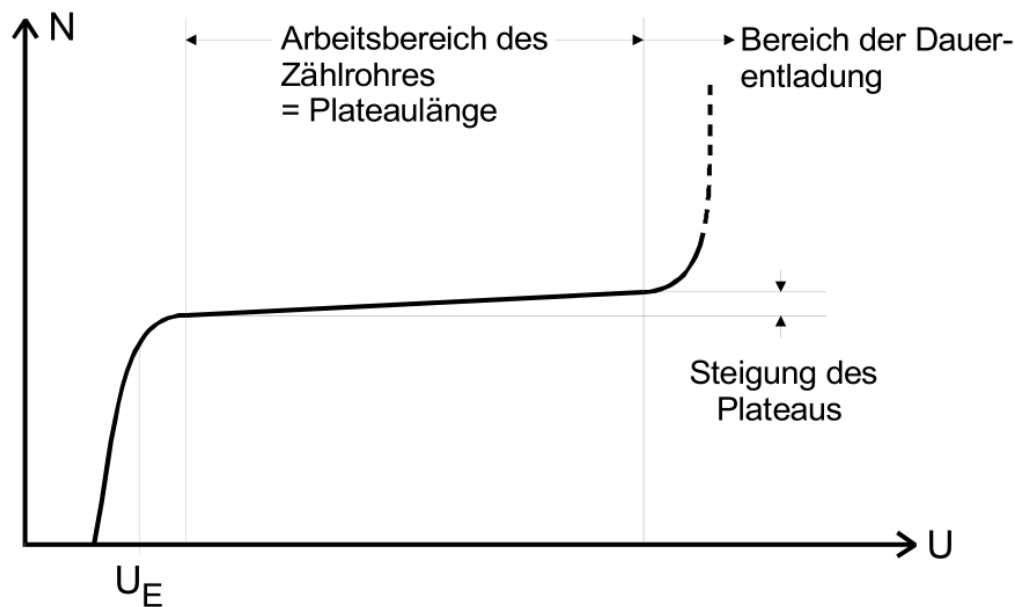


Abbildung 3: Zählrohrcharakteristik bei konstanter Strahlungsintensität.

Der lineare Teil der in Abb. 3 zu sehenden Kurve heißt Plateau. Durch Betrachtung der Plateausteigung sowie Spannungsmäßigen Ausdehnung lässt sich eine Aussage über die Qualität des verwendeten Zählrohrs treffen, da im Idealfall die Steigung null sein sollte und die Ausdehnung möglichst groß. Aufgrund der Nachentladungen wird jedoch eine geringe Zunahme von N erkennbar sein. Bei zu hoher Spannung wird die Zahl der Nachentladungen so groß, dass durch selbstständige Gasentladungen das Zählrohr schnell zerstört wird (siehe auch Bereich V in Abb. 2).

1.5 Ansprechvermögen des Zählrohrs

Unter dem Ansprechvermögen versteht man die Wahrscheinlichkeit, dass ein in den Detektor einfallendes Teilchen im Zählrohr nachgewiesen wird. Das Ansprechvermögen für geladene Teilchen wie α - und β -Teilchen ist nahezu bei 100 %. Jedoch werden sie im metallischen Zählrohrmantel vollständig absorbiert. Um das Zählrohr dennoch abschließen zu können, wird bei den Endfensterzählrohren an der Stirnseite eine Mylar-Folie angebracht, welche aus Atomen niedriger Ordnungszahl besteht. Diese Folie kann selbst von α -Teilchen durchdrungen werden und wölbt sich aufgrund des Unterdruckes leicht nach Innen (Abb. 1).

Das Ansprechvermögen von Photonen ist aufgrund ihrer fehlenden Ladung äußerst gering sodass eine Messung mit einem Geiger-Müller-Zählrohr lediglich bei sehr hoher γ -Intensität sinnvoll ist.

2 Aufbau und Durchführung

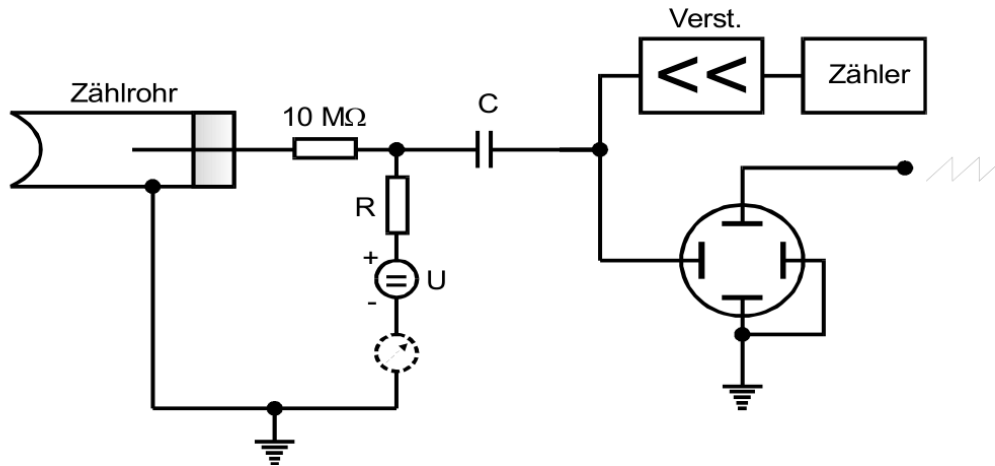


Abbildung 4: Aufbau der verwendeten Messapparatur.

Bei den folgenden Experimenten wird ein Aufbau gemäß Abbildung 4 verwendet. Dabei fließt die auf dem Zählrohr gesammelte Ladung Q fließt über den Widerstand R ab. Der entstehende Spannungsimpuls wird über einen Kondensator ausgekoppelt, im Verstärker vergrößert und im Zählgerät registriert oder auf einem Oszilloskop sichtbar gemacht.

Im ersten Teil der Experimentes wird bei einer Probe die Abhängigkeit von gemessener Teilchenzahl und Ionisierungsstrom von der angelegten Spannung gemessen. Dafür wird am Anfang eine Spannung von 300 V angelegt, die dann in 10 V Schritten bis auf 700 V erhöht wird. Dabei werden nach jedem Schritt der Ionisierungsstrom sowie die in einem Zeitintervall von $t = 60$ s auftreffenden Teilchen notiert.

Im nächsten Teil des Experimentes werden auf dem Oszilloskop die Totzeit und die Erholungszeit ausgemessen bei einer Spannung von $U = 450$ V. Zudem werden die Nachentladungen beobachtet.

Zum Abschluss wurde mit dem Zählrohr noch die eintreffende Teilchenzahl der Probe N_1 , der Proben N_1 und N_2 kombiniert sowie der Probe N_2 alleine bei einer Spannung von $U = 450$ V gemessen. Da jedoch keiner vernünftigen Werte gemessen werden konnten, wird in der Auswertung auf die Ergebnisse der Gruppe Stefan Grisard und Steven Becker zurückgegriffen.