

1 Einleitung

Durch das Anschließen des Geiger-Müller-Zählrohrs an einen elektronischen Impulszähler kann die Intensität ionisierender Strahlungen gemessen werden. Wird im Inneren des Zählrohrs ein Teilchen absorbiert, entsteht ein elektrischer Impuls anhand dessen die Intensität der Strahlung bestimmt wird.

In folgendem Versuch wird die Funktionsweise und die Charakterisierung des Geiger-Müller-Zählrohrs untersucht.

2 Theorie

2.1 Aufbau und Wirkungsweise

Das Geiger-Müller-Zählrohr besteht aus einem Kathodenzyylinder mit einem axial verlaufenden Anodendraht. Im Inneren ist ein Gasgemisch enthalten, welches die Nachladungsimpulse verringern soll. Ein radialsymmetrisches Feld zwischen Kathode und Anode entsteht durch das Anlegen einer äußeren Spannung.

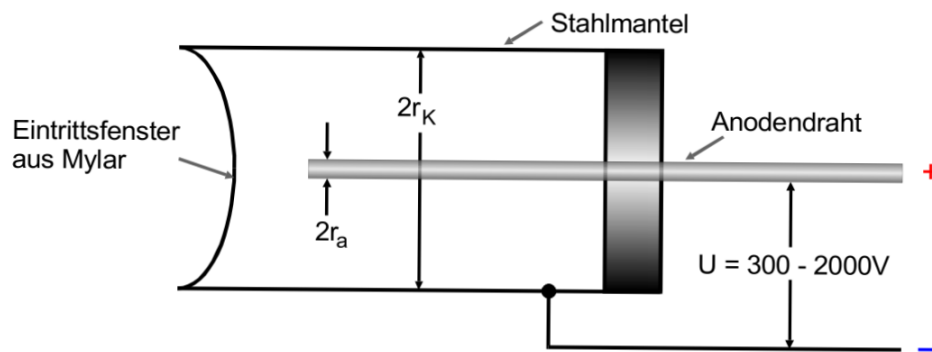


Abbildung 1: Aufbau des Geiger-Müller-Zählrohrs.[anleitung]

Dringt ein Teilchen in das Zählrohrvolumen ein, sind die nach der Primärionisation ablaufenden Vorgänge stark abhängig von der außen angelegten Spannung. Wird eine geringe Spannung angelegt, geht ein großer Teil der Elektronen durch Rekombination verloren. Bei größeren Spannungen hingegen nimmt die Rekombinationswahrscheinlichkeit ab, weshalb nahe zu alle Elektronen den Anodendraht erreichen. Ionisationskammern werden bei diesen Spannungsbereichen verwendet. In diesem Bereich (Abb.2, Bereich II) ist der fließende Ionisationsstrom proportional zur Strahlungsenergie und Strahlungsintensität. Durch weitere Erhöhung der Spannung kommt es zum Vorgang der Stoßionisation. Hierbei können die freigesetzten Elektronen genügend Energie aufnehmen, um ihrerseits ionisieren zu können. Bei hinreichend hoher Spannung kommt es zum Vorgang der Townsend-Lawine,

bei dem die Anzahl der freigesetzten Elektronen stark zunimmt. In diesem Fall ist die pro Teilchen gesammelte Ladung Q so groß, dass der Ladunsimpuls als Maß für die Teilchenenergie angesehen werden kann. Wegen der Proportionalität zwischen Ladung und Teilchenenergie wird ein Proportionalitätsrohr als Detektor verwendet (Abb.2, Bereich III)

Der Auslösebereich ist der eigentliche Arbeitsbereich des Geiger-Müller-Zählrohrs (Abb.2, Bereich IV). In diesem Bereich ist die angelegte Spannung so groß, dass die Ladung unabhängig von der Primärionisation ist. Die Entladungen breiten sich aufgrund von der hohen Anzahl entstandener UV-Photonen im gesamten Zählrohrvolumen aus. Dadurch ist die gesammelte Ladung nicht mehr von der Primärionisation abhängig, sondern vom Zählrohrvolumen und der angelegten Spannung.

Durch die vielen Nachentladungen kann es bei nur einem ionisierenden Teilchen schon zu Dauerentladung kommen. Dies ist der Bereich der selbstständigen Gasentladung (Abb.2, Bereich V), bei dem die hohen Stromdichten schnell zur Zerstörung des Zählrohrs führen können.

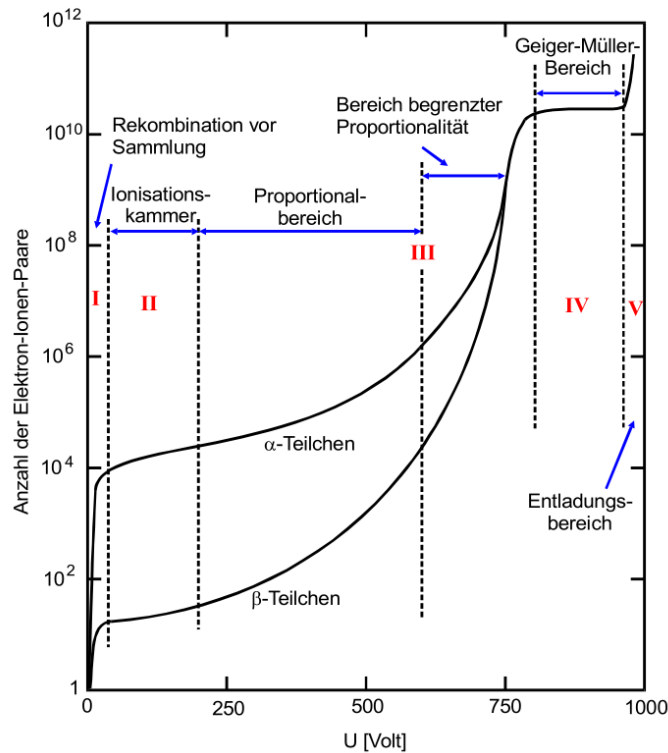


Abbildung 2: Bereiche abhängig von der Spannung.[**aneleitung**]

2.2 Einfluss der positiven Ionen

Die positiven Ionen bauen vorübergehend eine positive Radialladung zwischen Kathode und Anode auf. Dies führt dazu, dass nahe des Drahts die Feldstärke für einige Zeit verringert wird, weshalb es zu keiner Stoßionisation kommen kann. In der so genannten Totzeit T des Zählrohrs können eintreffende Teilchen nicht registriert werden. An die Totzeit schließt sich die Erholungszeit T_E an, bei der sich die positive Ladung verringert und eine Lawinenbildung stufenweise möglich wird. Während dieser Zeit haben die Ausgangsimpulse eine geringere Höhe. Erst im Anschluss an die Totzeit können die Ladungsimpulse wieder ihre ursprüngliche Höhe erreichen.

Ein weiterer Einfluss der positiven Ionen sind Nachentladungen. Diese sind zusätzlich auftretende Impulse, die durch die Freisetzung von „Sekundärelektronen“ entstehen. Sekundärelektronen entstehen, wenn Ionen aus der Metalloberfläche Elektronen freisetzen. Diese Nachentladungen täuschen allerdings den Durchgang von ionisierenden Teilchen vor. Durch die erwähnte Zugabe von Alkoholdämpfen im Zählrohr kann dieser Effekt verringert werden, da die Ionen hauptsächlich mit Alkoholmolekülen zusammenstoßen.

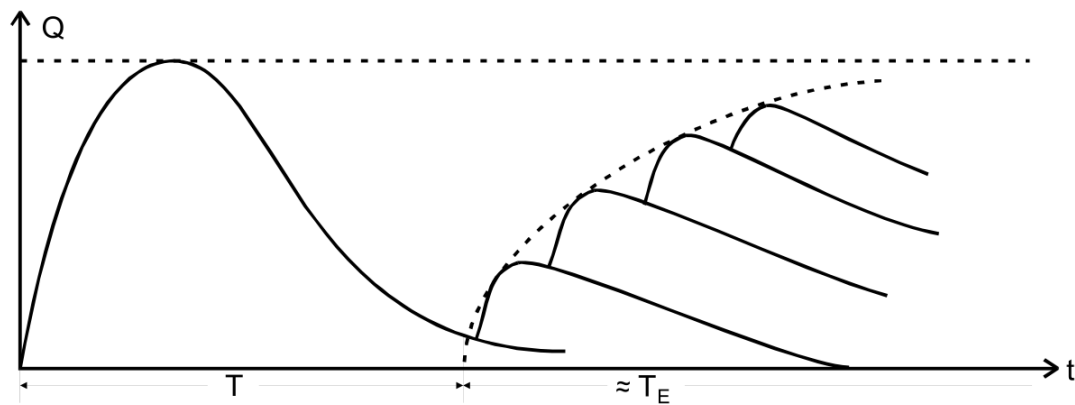


Abbildung 3: Tot- und Erholungszeit innerhalb eines Zählrohrs. [aneileitung]

2.3 Charakteristik des Zählrohrs

Für die Charakteristik eines Geiger-Müller-Zählrohrs wird die registrierte Teilchenzahl N gegen die angelegte Spannung U aufgetragen. Der Auslösebereich beginnt ungefähr bei der Spannung U_E , der dann durch den linearen Teil der Kurve, das so genannte Plateau, fortgesetzt wird. Anhand der Steigung und der Länge des Plateaus kann eine Aussage über die Qualität des Zählrohrs getroffen werden. Im optimalen Fall wäre die Plateausteigung null. Trotz der Zugabe von Alkoholdämpfen ist dies durch Nachentladungen nicht möglich. Mit immer größer werdender Spannung nimmt auch die Anzahl der Nachentladungen sehr stark zu. An diesem Punkt geht es in den Bereich der Dauerentladung über.

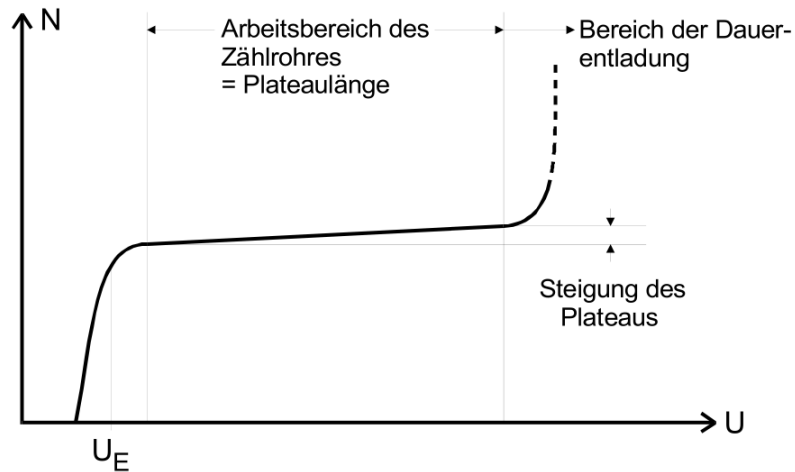


Abbildung 4: Zählrohrcharakteristik bei konstanter Strahlungsintensität.[**anleitung**]

2.4 Ansprechvermögen des Zählrohrs

Das Ansprechvermögen ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein einfallendes Teilchen im Zählrohr nachgewiesen wird. Bei geladenen Teilchen, wie α - und β -Teilchen ist das Ansprechvermögen bei nahezu 100 %. Jedoch werden sie durch ihre hohen Wechselwirkungen mit der Materie im Zählrohrmantel vollständig absorbiert. Deshalb kommen Endfensterröhren zum Einsatz an deren Stirnseite Mylar-Folie angebracht ist, welche aus Atomen mit niedriger Ordnungszahl besteht. Hier können selbst α -Teilchen die Folie durchdringen und werden nicht absorbiert.

Bei Photonen ist eine Messung mit dem Geiger-Müller-Zählrohr nur bei einer hoher γ -Intensität sinnvoll, da ihr Ansprechvermögen sehr gering ist.

3 Durchführung

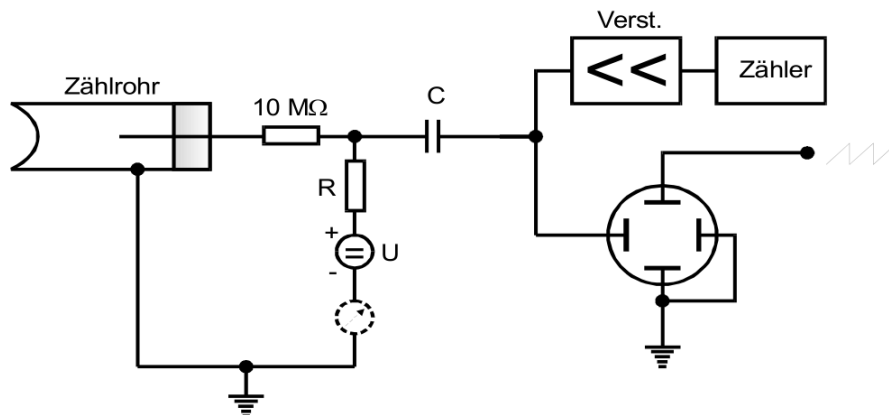


Abbildung 5: Versuchsaufbau.[anleitung]

Der Versuch wird wie in Abbildung 5 aufgebaut. Dabei fließt die auf dem Zählrohr gesammelte Ladung Q über den Widerstand R ab. Es entsteht ein Spannungsimpuls, der über einen Kondensator C ausgekoppelt, im Verstärker vergrößert, im Zählgerät registriert und auf dem Oszillographen sichtbar gemacht wird.

Zuerst soll die Zählrate in Abhängigkeit von der Betriebsspannung bestimmt werden. Dafür wird β -Quelle vor das Fenster der Zählrohres gestellt. Wichtig zu beachten ist, dass die maximale Impulsrate nicht über 100/s steigt. Außerdem müssen die einzelnen Messpunkte so genau wie möglich abgelesen gemessen werden, da der Plateau-Anstieg sehr gering ist.

Nun wird mithilfe des Oszillographen die Totzeit abgelesen und daraus die Erholungszeit bestimmt.

Als letztes wird mit der Zwei-Quellen-Methode die Totzeit bestimmt. Dafür wird die Zählrate N_1 zuerst alleine gemessen, danach zusammen mit der Zählrate N_2 und zum Schluss die Zählrate N_2 alleine.