

Was ist ein Geigerzähler?

Der klassische Geiger-Müller Zähler

Ein Geigerzähler war ursprünglich ein Nachweisgerät für schwache ionisierende Strahlung, das ein sogenanntes Geiger-Müller-Zählrohr enthält. Dieses Zählrohr wurde vom deutschen Physiker Hans Geiger zusammen mit seinem Doktoranden Walther Müller 1928 entwickelt und ist ein Spezialfall einer Gas-Ionisationskammer.

Die Radioaktivität ist eine Strahlung, die in der Lage ist Gasatome zu ionisieren, d.h. sie in negativ geladene Elektronen und in positive Ionen zu trennen. Diese Elektronen und Ionen lassen sich leichter nachweisen als die radioaktive Strahlung selbst. Nachgewiesen werden diese elektrisch geladenen Teilchen dadurch, dass man sie in einem elektrischen Feld in unterschiedliche Richtungen beschleunigt und sie dann mit Elektroden auffängt und den dabei entstehenden elektrischen Strom misst.

Geiger und Müller benutzten in ihrem Zählrohr einen sehr dünnen Draht als Elektrode. Auf Grund der geringen Umfangs des Drahts wird die Feldstärke dort sehr hoch und beschleunigt die Elektronen so sehr, dass sie beim Zusammenprall mit anderen Atomen diese auch wieder ionisieren und so ein lawinenartiges Anwachsen weiterer Teilchen hervorgerufen wird. Dieses stoßartige Anwachsen der Ladungsträger (Stoßionisation) bewirkt einen impulsartigen Stromanstieg, der als Knacken in einem Lautsprecher hörbar gemacht werden kann. Zum Betrieb eines Geiger-Müllerzählrohrs benötigt man einige 100V und man kann damit auch die sehr schwache natürliche Strahlung leicht nachweisen.

Geigerzähler auf Halbleiterbasis

Heutzutage bezeichnet man als Geigerzähler auch andere Geräte, welche die Erzeugung von Ladungsträgern zum Nachweis von radioaktiver Strahlung benutzen, besonders dann, wenn ebenfalls ein Knackgeräusch den Einfall eines Strahlungsquantums signalisiert. In der modernen Strahlenmesstechnik ist es besonders die Tatsache, dass ein Stromimpuls am Geiger-Müller Zählrohr, wegen der unkontrollierten Ladungsvervielfachung keine Aussage über die Energie eines einfallenden Strahlungsquantums zulässt, dass andere Methoden bevorzugt werden.

Auf dieser Webseite wird aber der Halbleiterdetektor bevorzugt, weil die Spannungen von einigen 100V, die zum Betrieb des Geiger-Müller Zählrohrs benötigt werden, aufwändig zum Erzeugen und dazu hin nicht ganz ungefährlich sind (bei Verwendung z.B. in der Schule).

Auch in Halbleitern kann nämlich ganz allgemein Strahlung Ladungsträger ähnlich wie in der Gas-Ionisationskammer erzeugen, die über einen Stromfluss nachgewiesen werden können. Dies wird in ganz großem Stil

bei der Solarzelle genutzt. Die Energie der natürlichen radioaktiven Strahlung ist jedoch sehr viel geringer, so dass der entstehende Stromfluss für den Nachweis mit Hilfe von Elektronik massiv verstärkt werden muss. Während der Stromfluss bei guter Sonnenstrahlung an einer modernen Solarzelle im Amperebereich liegt erzeugt zum Beispiel die radioaktive Strahlung von natürlich vorkommendem Uran nur einzelne Stromimpulse von einigen Nano-Ampere.

Es gibt allerdings auch Halbleitersensoren, die ähnlich wie ein Geiger-Müller-Zählrohr die Ladungsträger beim Einfallen eines Strahlungsquantums vervielfachen (Avalanche-Photo-Diode, APD), die aber sehr teuer und schwierig zu betreiben sind. Da heute jedoch elektronische Verstärker billig verfügbar sind, die auch Nano- oder Pico-Ampere auf leicht nachweisbare Größen verstärken können, ist es möglich mit einer einfachen Photodiode einen sehr kostengünstigen Geigerzähler zu bauen.

PIN-Dioden Zähler

Jeder, der die Schule besucht hat, kennt den Photoelektrischen Effekt. Strahlung im sichtbaren und unsichtbaren Bereich kann aus geeigneten Materialien Elektronen herauslösen, die als Stromfluss nachweisbar sind. Dabei entspricht dann die entstehende elektrische Energie der Elektronen genau der Energie der Strahlungsquanten abzüglich der spezifischen Ablöseenergie des Materials. Auch bei einer Photozelle bzw. einer Solarzelle aus Silizium werde auf ähnliche Weise in dem Halbleiterübergang Elektronen (und sogenannte Löcher) als Ladungsträgerpaare erzeugt sobald die einfallende Strahlungsquanten eine gewisse Mindestenergie überschreiten (photovoltaischer Effekt).

Um nun eine Photozelle (im Gegensatz zur Solarzelle) besonders empfindlich für sehr schwache Strahlungsmengen zu machen, fügt man in den normalen PN-Übergang einer Diode noch eine undotierte Schicht aus eigenleitfähigem Silizium (intrinsische Zone) hinzu. Somit wird aus der PN-Diode (wie bei der Solarzelle) eine PIN-Diode. Eine derartige PIN Diode nennt man auch PIN-Photodetektor. Diese Photodetektoren werden in großem Stil am Ende von Glasfaserkabeln für die Übertragung des Internet- und Telefonverkehrs auf terrestrischen und transozeanischen Glasfasernetzen benutzt. Auch in dieser Anwendung ist nämlich die ankommende Laserstrahlung von der Gegenseite ziemlich schwach.

Legt man nun an eine derartige PIN-Diode eine Sperrspannung an, weitet sich die ladungsträgerfreie Raumladungszone sehr weit auf und sobald in diese Zone ein Strahlungsquant eintrifft wird ein Ladungsträgerpaar generiert (ein Elektron wird vom Siliziumatomrumpf getrennt und zurück bleibt ein positiv geladener Kern im Kristallgitter). Der dadurch entstehende Stromimpuls liegt im Bereich von einigen Nano-Ampere. Für Silizium ist diese Ladungsträger-Generierung für Wellenlängen unter etwa

1100nm möglich (Mindestenergie). Der radioaktiven Strahlung entsprechen aber weit kürzere Wellenlängen, so dass PIN-Photodetektoren in der Regel immer auch auf radioaktive Strahlung reagieren.

Allerdings können bestimmte Materialien, vor allem Kunststoffe, schwache radioaktive Strahlung auch sehr gut abschirmen. Daher ist das Gehäuse eines Photodetektors auch sehr entscheidend für seine Empfindlichkeit für radioaktive Strahlung. So wird zum Beispiel die hochenergetische Alphastrahlung schon durch dünnste Kunststoffschichten abgeschirmt. Daher kann ein in ein Kunststoff-Gehäuse eingebetteter PIN-Detektor die Alphastrahlung nicht sinnvoll messen.

Da allerdings der radioaktive Zerfall in Zerfallsreihen vor sich geht, entstehen beim Zerfall eines Mutterkerns auch immer Tochterkerne, die dann ihrerseits zerfallen und dabei wieder Beta- und Gammastrahlung emittieren, so dass ein PIN-Detektor mit Kunststoffgehäuse doch wieder als qualitativer Nachweis benutzt werden kann.

Deswegen sind die hier vorgestellten PIN-Dioden Zähler zwar einfach zu bauen, aber sie können nur dem qualitativen Nachweis dienen und nur sehr beschränkt dem quantitativen Nachweis im Sinne der exakten Strahlenmesstechnik. Man muss sie daher eher als Strahlungsdetektoren bezeichnen und kann sie nicht als Messgeräte verstehen.