

Schülerversuche zur Radioaktivität

Martin Erik Horn*, Klaus Weltner*

*Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt/Main, Institut für Didaktik der Physik,
Max-von-Laue-Str. 1, D – 60438 Frankfurt/Main
Email: m.horn@physik.uni-frankfurt.de, weltner@em.uni-frankfurt.de

Kurzfassung

Atomphysik, Kernphysik und Radioaktivität sind weitgehend Bereiche, in denen einfache Schülerexperimente selten sind. Auch Strahlenschutzvorschriften schränken den aktiven Umgang mit radioaktiver Strahlung ein.

Da ist es eine willkommene Hilfe, dass ein neu entwickeltes hoch empfindliches Nachweisgerät Schülerversuche ermöglicht, die im Unterricht zu fundamentalen Einsichten führen können und die es deshalb verdienen, hier vorgestellt zu werden.

- Messung der Umgebungsstrahlung,
Zunächst wird die allgegenwärtige Strahlung im Klassenrum ermittelt, Erkundung der natürlichen Strahlung in der weiteren Umgebung, bei Steinen, Mauerwerk, Kunststoffen, Nahrungsmitteln, u.a.
- Ablenkung der Strahlung durch magnetische Felder mit Hilfe von Permanentmagneten,
- Absorption der Strahlung durch verschiedene Materialien in Abhängigkeit von der Schichtdicke und Bestimmung der Entfernungsabhängigkeit.

Die Versuche werden vorgestellt und die Ergebnisse ausgewertet.

1. Anlass

Auf der Jahrestagung der GDCP 2010 in Potsdam stießen die beiden Verfasser eher zufällig auf ein Schülerversuchssatz der Firma Mekruphy [5]. Kern dieses Versuchssatzes war ein sehr empfindlicher Strahlendetektor.

Neben den bekannten Versuchen zur Messung der Umgebungsstrahlung und der Absorption durch unterschiedliche Materialien war es möglich, die Ablenkung von Betastrahlung im Magnetfeld qualitativ zu zeigen. Dieser Versuch beeindruckte uns so sehr, dass wir beschlossen, ihn hier einer größeren Öffentlichkeit vorzustellen.

2. Das Nachweisgerät

In den letzten Jahrzehnten wurde die Nachweisgenauigkeit von Geiger-Müller-Zählern immer weiter verbessert. Das Nachweisgerät „Inspector“ ist eines der empfindlichsten Geiger-Müller-Zählgeräte auf dem Markt, das unter anderem von einer amerikanischen Vertriebsfirma mit den Worten „The most sensitive pocket Geiger counter available“ [6] beworben wird.

Einer der Gründe für die hohe Nachweisempfindlichkeit des von uns verwendeten Geiger-Müller-Zählrohrs ist der recht hohe effektive Durchmesser des Zählrohrs von 4,5 cm. So wird Betastrahlung der Energie von 1 MeV mit ca. 25 %iger Effektivität

nachgewiesen [7, siehe insbesondere das User Manual]. Auch im schulischen Einsatz (siehe z.B. [4]) haben sich die Geräte der Inspector-Baureihe bereits bewährt.

Das Nachweisgerät kann sowohl lautlos wie auch im Audiobetrieb mit akustischer Anzeige betrieben werden. Wichtig für die schulische Durchführung ist insbesondere auch die Timer-Funktion, bei der die Messzeit automatisch eingestellt wird.

3. Messung der Umgebungsstrahlung

Um sich mit dem Gerät vertraut zu machen, hilft es zunächst, die Umgebungsstrahlung zu bestimmen. Sie variiert nicht unerheblich. Kacheln in den Waschräumen strahlen in unserem Institut mit einem Wert, der die normale Umgebungsstrahlung um das Dreifache übersteigt.

Die gezählten Impulse sind statistisch verteilt. Die Bestimmung der Umgebungsstrahlung ist deshalb wichtig, weil die Umgebungsstrahlung bei allen künftigen Messungen vorhanden ist und zu der gemessenen Strahlung hinzu tritt. Um die zu untersuchenden Effekte zu isolieren, muss daher bei jeder künftigen Messung die Umgebungsstrahlung abgezogen werden.

In einer Versuchsreihe kann im Schülerversuch die Zahl der Impulse pro Minute in verschiedenen Messungen bestimmt werden. Die Abbildung 1 zeigt die Verteilung der Messergebnisse und deren Streuung.

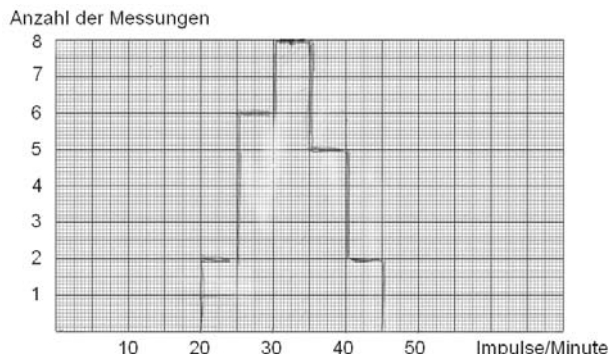


Abb.1: Messergebnisse der Umgebungsstrahlung.

Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass die angegebenen Messwerte jeweils die korrigierten Werte sind, also die Umgebungsstrahlung abgezogen wurde. Man muss bei quantitativen Messungen mehrere Minuten messen, um aus dem Streubereich heraus zu kommen.

4. Ablenkung der Strahlung

4.1 Ablenkung im Magnetfeld

Als Strahlungsquelle wird Material aus alten Gasglühstrümpfen verwendet, das nur schwach strahlt und so dem Minimalisierungsgebot der Strahlenschutzverordnung [1] Rechnung trägt. Dies erleichtert das Einhalten strahlenschutzrechtlicher Bestimmungen [2, Kap.15].

Die Strahlenquelle strahlt in einem weiten Winkelbereich und ist im übrigen zu schwach, um das Ausblenden eines schmalen Strahls zu ermöglichen. Die Abbildung 2 zeigt den Versuchsaufbau. Links steht das Messgerät, in der Mitte ist hinten die Strahlungsquelle und davor der Ablenkmagnet zu erkennen.



Abb.2: Versuchsaufbau zur Winkelabhängigkeit.

Das Messgerät kann für die einzelnen Messungen auf einer Schablone über einen größeren Winkelbereich positioniert werden. Die von der Quelle austretende Strahlung wird im übrigen auch durch das Material des Magneten zum Teil abgeschirmt und deformiert.

Die Abbildung 3 zeigt die Messergebnisse von Schülerversuchen, bei der die Winkelabhängigkeit

der Strahlung für zwei einander entgegengesetzte Ausrichtungen des Magnetfeldes aufgetragen ist. Beim Wechsel der Richtung des Magnetfeldes wird die jeweilige Abschirmung der Strahlung durch das Material des Magneten konstant gehalten. Der Versuch zeigt deutlich die Veränderung der Winkelabhängigkeit der Strahlung und damit die Ablenkung der Strahlung durch das Magnetfeld.

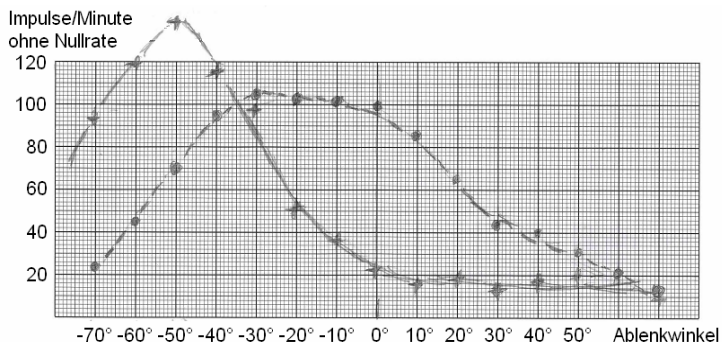


Abb.3: Winkelabhängigkeit der Strahlung.

Da jede Messung im Schülerversuch drei Minuten dauert, ist unmittelbar ersichtlich, dass sich die gesamte Versuchsdurchführung über eine längere Zeitdauer erstrecken wird.

Will man im Demonstrationsversuch den Einfluss des Magnetfeldes qualitativ zeigen, ohne lange Wartezeiten in Kauf zu nehmen, kann wie folgt vorgegangen werden:

Zunächst wird die Strahlung für den Ablenkwinkel von 0° zunächst für die Position „Südpol oben“ gemessen. Dann wird der Magnet um 180° in die Position „Nordpol oben“ gedreht. Die danach erfolgte Messung ergibt einen deutlichen Abfall der Strahlung.

Nun kann man fragen, wo die Strahlung bleibt. Misst man erneut bei einem Ablenkwinkel von - 50°, so ergibt sich für diesen Ablenkwinkel ein sehr hoher Wert. Hierhin wird also die Strahlung abgelenkt.

Um zu überprüfen, ob nicht eventuell an dieser Stelle bereits vorher eine hohe Strahlung vorlag, muss erneut die Orientierung des Magnetfeldes umgedreht werden. Damit ist die Anfangssituation wieder hergestellt und man sieht, dass in dieser Position ursprünglich an dieser Stelle keine hohe Strahlungsintensität vorhanden war. In dieser vereinfachten qualitativen Form genügen schon Messzeiten von einer Minute, um den qualitativen Effekt deutlich zu demonstrieren.

4.2 Ablenkung im elektrischen Feld

Eine Ablenkung im elektrischen Feld kann hier nicht gezeigt werden. Durch die hohe Energie der Betastrahlen von etwa 1 MeV sind diese sehr schnell. Die damit verbundene kurze Aufenthaltszeit im elektrischen Feld ist zu gering, um Ablenkungen hervorzurufen, die mit dieser Anordnung nachgewiesen werden könnten.

In diesem Punkt unterscheidet sich die Betastrahlung deutlich von den Elektronenstrahlen in Fernsehgeräten und anderen Braunschen Röhren, die um zwei Größenordnungen langsamer sind.

5. Entfernungsabhängigkeit und Absorption

5.1 Entfernungsabhängigkeit

Die Entfernungsabhängigkeit lässt sich gut im Schülerversuch ermitteln. Messergebnisse eines Schülerversuchs zeigt Abbildung 4.

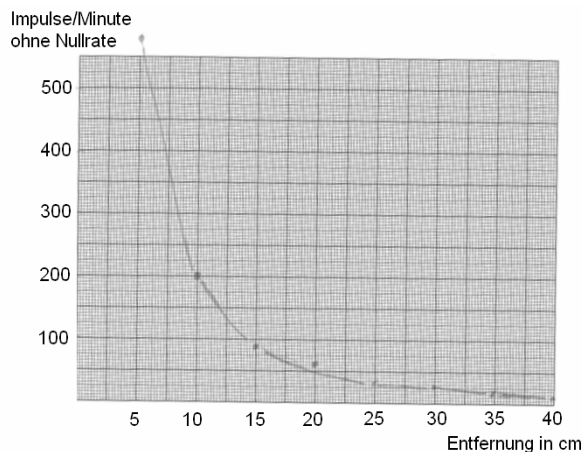


Abb.4: Messung der Entfernungsabhängigkeit.

Eine Verdopplung des Abstandes zwischen Strahlungsquelle und Messgerät führt im Rahmen der Fehlergenauigkeit dazu, dass die Strahlungsintensität auf ein Viertel zurückgeht.

5.2 Absorption

Die Strahlung wird durch Material abgeschirmt. Benutzt man Papierblätter, lässt sich leicht die Anzahl der Blätter bestimmen, die die Hälfte der Strahlung absorbiert. In unserem Fall waren es 15 Blätter, die dazu führten, dass die Strahlung halbiert wurde.

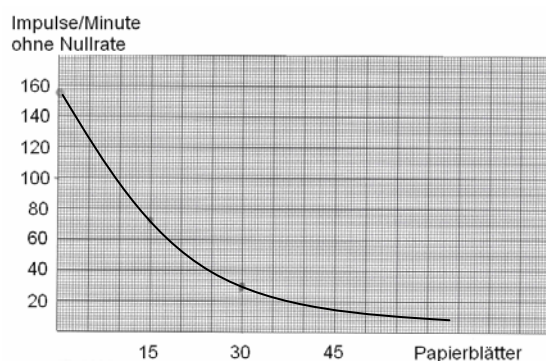


Abb.5: Messung des Absorptionsverhaltens.

Nahm man 30 Blätter, wurde die Strahlung auf ein Viertel des ursprünglichen Niveaus reduziert, was Abbildung 5 zeigt.

6. Schlussüberlegungen

Die nach der Präsentation unseres Beitrags in der Diskussion von einigen Zuhörern gemachten Anmerkungen zum Abschattungsverhalten des Hufeisenmagneten bzw. der Magnethalterung verdienen eine weitere Überprüfung. Hier ergeben sich nicht nur im Unterricht Anlässe für ein Hinterfragen des Ablenkvhaltens von Betastrahlung durch die Schülerinnen und Schüler, sondern auch Ansätze für eine experimentelle Modifikation des Versuches.

Dieses Abschattungsverhalten werden wir weiter untersuchen und auf kommenden Tagungen diskutieren.

7. Literatur

- [1] Gruben, Klaus (2008): Grundkurs Strahlenschutz. Praxiswissen für den Umgang mit radioaktiven Stoffen, 4. überarb. und ergänzte Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- [2] Krieger, Hanno (2009): Grundlagen der Strahlungsphysik und des Strahlenschutzes, 3. überarb. u. erw. Auflage, Vieweg + Teubner / GWV Fachverlage, Wiesbaden.
- [3] Mettenleiter, Peter; Rottler, Helmut (2008): Arbeitsheft Radioaktivität, 2. Auflage, Mekruphy GmbH, Pfaffenhofen.
- [4] Warschau, Helge (2008): Radioaktivität und Strahlung: Demonstrations- und Schulversuche mit natürlicher Radioaktivität, Hausarbeit im Rahmen des Ersten Staatsexamens für das Lehramt an Gymnasien im Fach Physik, Leibniz Universität Hannover.
- [5] Mekruphy GmbH, Pfaffenhofen (2011):
 - Homepage: URL: www.mekruphy.com
 - Experimentierkästen: URL: www.mekruphy.com/deutsch/produkte (Stand: 30. März 2011)
- [6] Mineralab, LLC, Prescott, Arizona (2011):
 - Homepage: URL: www.geigercounters.com
 - About Geigers: URL: www.geigercounters.com/AboutGgr.htm
 - Inspector Pocket Geiger Counter: URL: www.geigercounters.com/Inspector.htm (Stand: 30. März 2011)
- [7] S.E. International, Summertown, TN (2011):
 - Homepage: URL: www.seintl.com
 - Inspector Specifications: URL: www.seintl.com/products/inspector.html
 - Inspector User Manual: URL: www.seintl.com/manuals/Inspector_Operation_Manual_English.pdf (Stand: 30. März 2011)