



# PHYSIKALISCHES GRUNDPRAKTIKUM I

Versuchsprotokoll

P2 : F7 – Statistik und Radioaktivität

Versuchsort: Raum 217 - 2

Versuchsbetreuer: E. von Seggern, D. Wendland

Name:

Drobniewski, Kai;

Matr.Nr.:

Versuchspartner:

Matr.Nr.:

20. Mai 2009

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Abstrakt.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Versuchsaufbau und -durchführung .....</b>	<b>1</b>
<b>3. Messergebnisse und Auswertung .....</b>	<b>2</b>
<b>3.1 Vergleich der Gauß- und Poissonverteilung für CS-137 .....</b>	<b>2</b>
<b>3.2 Vergleich der Gauß- und Poissonverteilung für Co-60 .....</b>	<b>3</b>
<b>3.3 Absorption von <math>\gamma</math>-Strahlung durch Blei.....</b>	<b>3</b>
<b>3.4 Bestimmung der Energie des <math>\gamma</math>-Strahlers .....</b>	<b>5</b>
<b>4. Fehleranalyse und Ergebniseinschätzung .....</b>	<b>6</b>
<b>4.1 Auswertung der Ergebnisse .....</b>	<b>6</b>
<b>5. Anhang .....</b>	<b>7</b>
<b>5.1 Messdatenprotokoll.....</b>	<b>7</b>
<b>5.2 Messung 1: Gauß ohne Zusammenfassung .....</b>	<b>8</b>
<b>5.3 Messung 1: Gauß mit Zusammenfassung.....</b>	<b>9</b>
<b>5.4 Messung 1: Poisson ohne Zusammenfassung .....</b>	<b>10</b>
<b>5.5 Messung 1: Poisson mit Zusammenfassung .....</b>	<b>11</b>
<b>5.6 Messung 2: Gauß ohne Zusammenfassung .....</b>	<b>12</b>
<b>5.7 Messung 2: Gauß mit Zusammenfassung.....</b>	<b>13</b>
<b>5.8 Messung 2: Poisson ohne Zusammenfassung .....</b>	<b>14</b>
<b>5.9 Messung 2: Poisson mit Zusammenfassung .....</b>	<b>15</b>

## 1. ABSTRAKT

---

In dem Versuch soll mithilfe eines Geiger-Müller-Zählrohrs die Häufigkeitsverteilung des radioaktiven Zerfalls von Cs-137 und Co-60 untersucht werden. Dabei soll diese dann mit der Gauß- und Poissonverteilung verglichen werden.

Im zweiten Teil soll die Absorption der  $\gamma$ -Strahlung des Cs-137-Präparats durch verschieden dicke Bleiplatten untersucht und die Halbwertsdicke berechnet werden.

## 2. VERSUCHSAUFBAU UND -DURCHFÜHRUNG

---

Am Anfang des Versuchs wurde die für den Versuch relevante Hintergrundstrahlung (Nulleffekt) bestimmt, indem die Zeit ( $t_N = (757,21 \pm 0,01)s$ ) für 200 Zerfälle gemessen wurde.

Dazu wurde ein Computerprogramm verwendet.

Danach wurde die Anzahl der Zerfälle in den Präparaten mit selbigen Programm jeweils 500-Mal gemessen, wobei für Cs-137 das 3. Fach mit 1s Dauer verwendet wurde und bei Co-60 das 1. Fach (erhöht) bei 5s Dauer. Die Ergebnisse wurden dann in den Dateien DROBN1.TSV und DROBN2.TSV gespeichert.

Die Auswertung der Daten erfolgte dann mit dem Programm CHI.EXE. (siehe Anhang), wobei für die Auswertung der Messung beim Cs-137-Präparat 7 Klassen mit der Breite 1 (immer halbe Zahlen) und beim Co-60-Präparat 13 Klassen der Breite 3 verwendet wurde.

Für die letzte Messung wurde wieder Cs-137 im 1. Fach verwendet und zuerst eine Messung ohne Bleiplatte durchgeführt, danach dann mit verschiedenen Plattendicken.

Dabei wurde die Zeit für 1000 Zerfälle gemessen.

Wichtig für alle Messungen war, dass andere Strahlungsarten von einer 5mm dicken Aluminiumschicht ausgeschlossen wurden und die Messung nicht beeinflussen.

Für detailliertere Informationen betrachte man das Script.

Benutzte Messmittel, bzw. angegebene/abgeschätzte Unsicherheiten:

MESSUNG	MESSUNSICHERHEIT
Zeitmessung	0,01 s
Plattendicke	0,1 mm

Berechnungen erfolgten mit „Microsoft Excel“ und unter Verwendung von „QtiPlot“.

Folgende Formeln aus dem Script wurden verwendet:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu z} \quad (1) \quad \begin{array}{l} I - \text{Intensität} \\ I_0 - \text{Anfangsintensität} \\ \mu - \text{linearer Schwächungskoeffizient} \\ z - \text{Dicke der Bleiplatte} \end{array}$$

$$I = \frac{x}{t} \quad (2) \quad \begin{array}{l} x - \text{Impulszahl} \\ t - \text{gemessene Zeit} \end{array}$$

$$z_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu} \quad (3) \quad z_{1/2} - \text{Halbwertsdicke}$$

$$d_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu} \cdot \rho \quad (4) \quad \begin{array}{l} d_{1/2} - \text{Halbwertsflächendichte} \\ \rho - \text{Dichte} \end{array}$$

### 3. MESSERGEBNISSE UND AUSWERTUNG

---

#### 3.1 Vergleich der Gauß- und Poissonverteilung für Cs-137

Für die Zerfallsmessung von Cs-137 haben wir Werte von  $x_{min} = 0$  bis  $x_{max} = 6$  erhalten. Daraufhin erfolgte eine manuelle Klasseneinteilung von  $N = 7$  Klassen mit einer Breite von  $d = 1$ .

Im Anhang findet man die vom Computer ausgewerteten Daten, wobei zuerst die ursprüngliche Auswertung angeheftet wurde und danach die Auswertung mit automatischer Klasseneinteilung, die durchgeführt wurde, wenn eine theoretische Häufigkeitsverteilung unter 5 liegt.

Wie man erkennen kann, wurde dadurch der Freiheitsgrad von 5 auf 4 reduziert. Außerdem erfolgte eine Änderung von  $\chi^2$ .

Sowohl für die Gaußverteilung, als auch für die Poissonverteilung erhalten wir einen Mittelwert der Zerfälle von  $\bar{x}_{Cs} = (2 \pm 1)$  für 1s und damit eine Intensität von  $I_{Cs} = \frac{\bar{x}_{Cs}}{t} = (2 \pm 1)s^{-1}$ .

Anhand der Tabelle 1 aus dem Script können wir nun die Irrtumswahrscheinlichkeiten ablesen.

**Freiheitsgrad und Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha$  für Cs-137**

Verteilung	Freiheitsgrad f	$\chi^2$	$\alpha$
Gauß	4	50,53	$\alpha < 0,001$
Poisson	4	5,36	$0,1 < \alpha < 0,3$

Wie man erkennt, beschreibt nach der Irrtumswahrscheinlichkeit die Poissonverteilung den Zerfall besser als die Gaußverteilung, genau wie man es für kleine Mittelwerte erwartet. Trotzdem erhält die Poissonverteilung mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit zwischen 10% und 30% nur eine geringe Bestätigung.

Dies könnte an dem geringen Messumfang liegen. Auch wenn man 500 Messungen als groß bezeichnen kann, so ist doch die Messzeit von 1s im Vergleich zur Halbwertszeit von 30a (+Rückkehr in den Grundzustand in 2,6min) ziemlich gering, sodass wir in der gemessenen Zeit nicht genügend Zerfälle erhalten, um bessere Aussagen zu treffen.

Trotz allem können wir eindeutig sagen, dass zur Beschreibung des Zerfalls in dieser Messung die Poissonverteilung geeigneter ist, als die Gaußverteilung, wie man beim Vergleich der Wahrscheinlichkeiten sieht.

### 3.2 Vergleich der Gauß- und Poissonverteilung für Co-60

Für die Zerfallsmessung von Cs-137 haben wir Werte von  $x_{min} = 30$  bis  $x_{max} = 67$  erhalten. Daraufhin erfolgte eine manuelle Klasseneinteilung von  $N = 13$  Klassen mit einer Breite von  $d = 3$ .

Auch für diese Messung findet man die vom Computer ausgewerteten Daten im Anhang. Die Auswertung erfolgte analog zu 3.1.

Für diese Messung erhielten wir den Mittelwert  $\bar{x}_{Co} = (46 \pm 6)$  für 5s und damit eine Intensität von  $I_{Co} = (9 \pm 1)s^{-1}$ .

Anhand der Tabelle 1 aus dem Script können wir nun die Irrtumswahrscheinlichkeiten ablesen.

**Freiheitsgrad und Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha$  für Co-60**

Verteilung	Freiheitsgrad f	$\chi^2$	$\alpha$
Gauß	8	11,96	$0,1 < \alpha < 0,3$
Poisson	9	10,06	$0,3 < \alpha < 0,5$

Vergleicht man die erhaltenen Irrtumswahrscheinlichkeiten dieser Messung mit der aus 3.1, so erkennt man einen deutlichen Anstieg für die Gaußverteilung, die nun relativ nah an dem Wert für die Poissonverteilung liegt. Dies zeigt, dass sich bei großen Mittelwerten die Poissonverteilung der Gaußverteilung annähert.

Trotzdem erkennen wir, dass die Poissonverteilung immer noch besser zur Beschreibung des Zerfalls geeignet ist, dass die Irrtumswahrscheinlichkeit höher ist und zumindest zwischen 30% und 50% liegt. Damit ist sie immer noch nicht so hoch, wie man es für eine genaue Beschreibung erwartet, aber dies kann, genau wie bei 3.1, an der geringen Messzeit von 5s liegen (Halbwertszeit: 5,3a).

Dies erkennt man auch beim Vergleich mit anderen Protokollen, die eine höhere Messzeit von 6s oder mehr haben. Dort wurden Irrtumswahrscheinlichkeiten für die Poissonverteilung zwischen 70% und 90% ermittelt.

### 3.3 Absorption von $\gamma$ -Strahlung durch Blei

Nun wollen wir die Absorption der  $\gamma$ -Strahlung durch Blei untersuchen. Dazu verwenden wir die Formel (1). Für den Nulleffekt, den wir zum Ausgleich benötigen, erhalten wir nach (2):

$$I_N = \underline{\underline{(0,26 \pm 0,02)s^{-1}}}$$

Analog erhalten wir die anderen Impulsraten, wobei wir zur Korrektur  $I_N$  von ihnen abziehen müssen. Dabei erhalten wir die Unsicherheiten für I aus dem Fehlerfortpflanzungsgesetz für unkorrelierte Größen unter Berücksichtigung der Unsicherheiten von  $I_N$ , x und t.

Die Unsicherheit für x erhalten wir aus der Poissonverteilung, in der diese gleich der Standardabweichung  $s = \sqrt{x}$  ist.

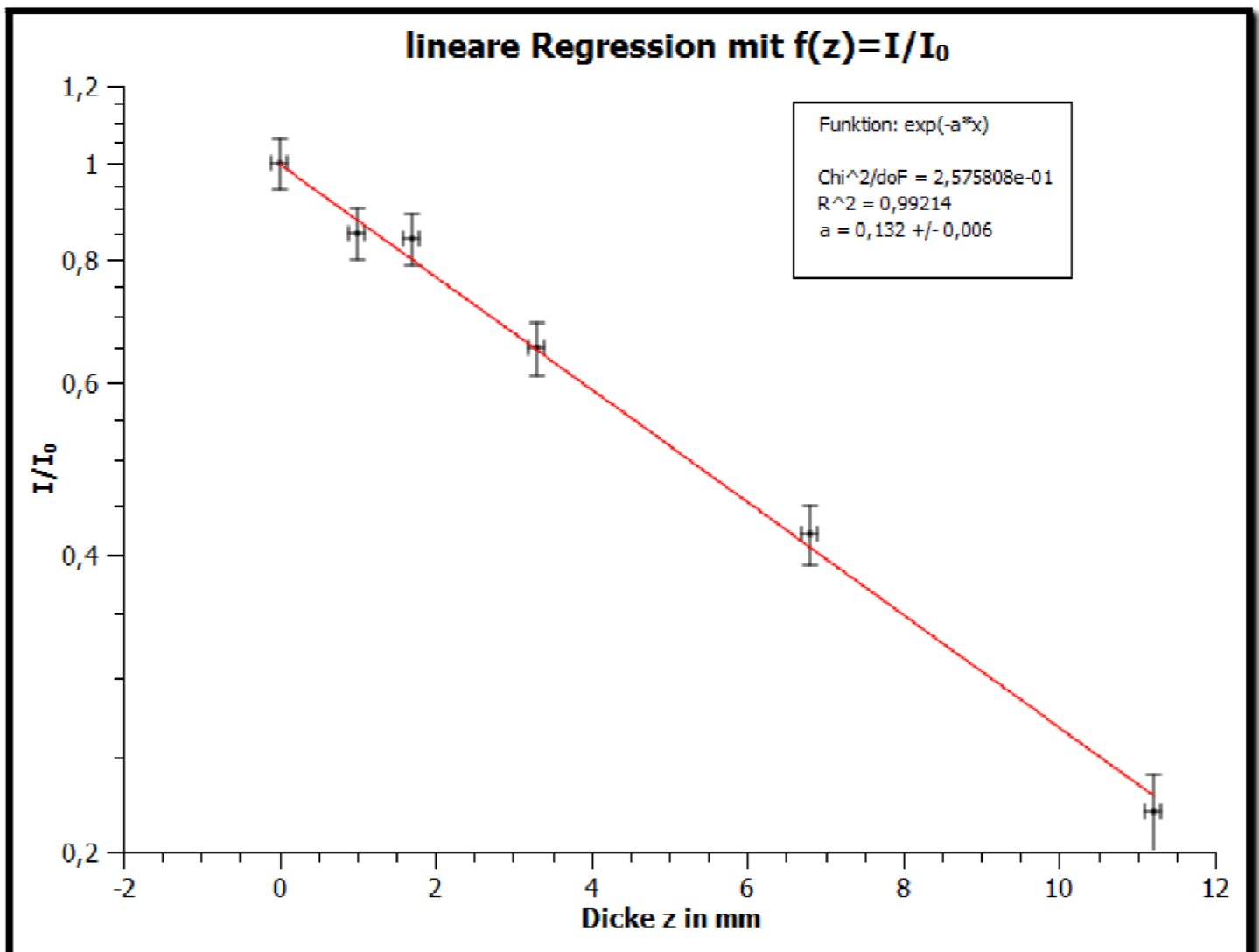
### Intensitäten in Abhängigkeit der Bleidicke

Dicke z in mm	x	t in s	I in s <sup>-1</sup>	I/I <sub>0</sub>
0,0±0,1	1000±32	383,37±0,01	2,34±0,08	1,00±0,06
1,0±0,1	1000±32	435,11±0,01	2,03±0,08	0,85±0,05
1,7±0,1	1000±32	439,21±0,01	2,01±0,07	0,84±0,05
3,3±0,1	1000±32	530,06±0,01	1,62±0,06	0,65±0,04
6,8±0,1	1000±32	713,33±0,01	1,14±0,05	0,42±0,03
11,2±0,1	1000±32	1021,29±0,01	0,72±0,04	0,22±0,02

Stellen wir nun Formel (1) nach  $I/I_0$  um und logarithmieren beide Seiten, erhalten wir:  $\ln \frac{I}{I_0} = -\mu \cdot z$

Dabei erkennen wir einen linearen Zusammenhang mit z, wobei  $-\mu$  der Anstieg ist.

Durch Regression mit logarithmischer Ordinatenachse erhalten wir:



Da der Anstieg  $a$  dem linearen Schwächungskoeffizienten  $\mu$  entspricht, erhalten wir:

$$\mu = \underline{\underline{(0,132 \pm 0,006)mm^{-1}}}$$

Wenn wir nun die Halbwertsdicke  $z_{1/2}$  und die Halbwertsföächendichte  $d_{1/2}$  bestimmen wollen, benötigen wir Formel (3) und (4), wobei die Dichte von Blei  $11,34 g/cm^3$  beträgt.

Die Unsicherheiten ergeben sich wieder aus dem Fehlerfortpflanzungsgesetz für unkorelierte Größen unter Berücksichtigung von  $\mu$ , bzw.  $\mu$  und  $\rho$ .

$$z_{1/2} = \underline{\underline{(0,53 \pm 0,02)cm}} \quad d_{1/2} = \underline{\underline{(6,0 \pm 0,3) \frac{g}{cm^2}}}$$

Dadurch können wir nun noch den Massenschwächungskoeffizienten  $\mu/\rho$  berechnen.

$$\frac{\mu}{\rho} = \underline{\underline{(0,116 \pm 0,005) \frac{cm^2}{g}}}$$

Vergleichswerte erhalten wir auf der

Seite [http://de.wikibooks.org/wiki/Physikalische\\_Grundlagen\\_der\\_Nuklearmedizin/\\_D%C3%A4mpfung\\_von\\_Gammastrahlen](http://de.wikibooks.org/wiki/Physikalische_Grundlagen_der_Nuklearmedizin/_D%C3%A4mpfung_von_Gammastrahlen)

Danach sollten wir für eine  $\gamma$ -Strahlung mit der Energie von 0,5 MeV einen linearen Schwächungskoeffizienten von  $\mu = 1,64cm^{-1}$  erhalten, sowie eine Halbwertsdicke von  $z_{1/2} = 0,42cm$ .

Da es sich bei unserer Messung aber um einer Energie von 0,66 MeV handelt, sollte unser  $\mu$  etwas kleiner und unsere Halbwertsdicke etwas größer sein. In der Tat fallen unsere Werte damit in den richtigen Bereich.

### 3.4 Bestimmung der Energie des $\gamma$ -Strahlers

Die Energie des  $\gamma$ -Strahlers schätzen wir aus den Abbildungen 4 und 5 aus dem Script ab.

Dafür verwenden wir die in 3.3 berechneten Werte.

Die Unsicherheit schätzen wir dabei mit der Ablesegenauigkeit eines Lineals (0,5mm) und der daraus resultierenden Ungenauigkeit von ungefähr 0,05 MeV ab.

Somit erhalten wir für die Photonenenergie nach Abbildung 4 / Abbildung 5:

$$E_1 = \underline{\underline{(0,66 \pm 0,05)MeV}} \quad E_2 = \underline{\underline{(0,64 \pm 0,05)MeV}}$$

Als Vergleichswert von der Seite <http://ie.lbl.gov/toi> erhalten wir als Energie:  $E = 0,66 MeV$ .

Dieser Wert stimmt mit dem ersten abgeschätzten Energiewert überein und liegt im Intervall des zweiten Wertes, er ist nur 0,02 MeV größer.

Das lässt auf eine hohe Genauigkeit unserer Messung schließen.

## 4. FEHLERANALYSE UND ERGEBNISEINSCHÄTZUNG

---

### 4.1 Auswertung der Ergebnisse

Für die Messwerte in 3.1 und 3.2 wurden keine Korrekturen des Nulleffekts vorgenommen, was allerdings die Irrstumswahrscheinlichkeit nicht beeinflussen dürfte, da es nur den Mittelwert in geringem Maße ändern würde.

Somit sollte die Anwendbarkeit der Modelle keinen Unterschied erfahren.

Weiterhin wird die Totzeit des Geiger-Müller-Zählrohr nicht berücksichtigt, ebenso wie die Möglichkeit, dass zwei Zerfälle zur gleichen Zeit stattfinden können, die in eine Messung einfließen. Diese Effekte dürfte aber gerade bei unseren niedrigen Impulsraten nur sehr gering sein, sodass sie keinen Einfluss auf die Rechnungen haben.

Betrachten wir die Messung zur Absorption durch Blei, so wird die Inhomogenität der Bleiplatten vernachlässigt, die von mehreren Fugen gezeichnet waren. Aber auch dieser Effekt ist so gering, dass er keine Auswirkungen zeigt (siehe Rechnung von 3.3 und 3.4) und vernachlässigt werden kann.

Somit bleiben als einzige zu betrachtende Probleme die in 3.1 und 3.2 bereits erwähnte geringe Messzeit und die geringe eingestellte Impulsanzahl.

Um eine höhere Genauigkeit bei dem Experiment zu erzielen, müsste also der Stichprobenumfang vergrößert werden, indem man die Zeitmessung erhöht (vielleicht 1 min) und die Impulsanzahl. Allerdings ist dies nur eine Lösung für größere Versuche, denn im Grundpraktikum würde dies zu viel Zeit in Anspruch nehmen.