

Prak.: P2 Semester: SS19 Wochentag: Do Gruppennr.: 02

Name: Braner Vorname: Simon

Name: Bartsch Vorname: Alexander

Emailadresse(n): postfachbartsch@web.de

Versuch: Gammapektroskopie (P2-72,73,83) Fehlerrech.: Nein

Betreuer: Robert Pfender-Siedle Durchgeführt am: 23.05.19

Wird vom Betreuer ausgefüllt.

1. Abgabe am: \_\_\_\_\_

Rückgabe am: \_\_\_\_\_ Begründung:

2. Abgabe am: \_\_\_\_\_

Ergebnis: + / 0 / - Fehlerrechnung: Ja / Nein

Datum: \_\_\_\_\_ Handzeichen: \_\_\_\_\_

Bemerkungen:

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Impulshöhenspektrum von Cs-137, Na-22, Co-60</b>	<b>1</b>
1.1	Auflösung des Szintillatorzählers/Anzahl der Elektronen . . . . .	2
1.2	Linearität der Apparatur . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Aktivität des Cs-137 Präparats</b>	<b>6</b>
2.1	Auswertung . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Röntgenemission</b>	<b>7</b>
3.1	Energiekalibrierung . . . . .	7
3.2	Bestimmung unbekannter Elemente . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Statistische Verteilung</b>	<b>9</b>
4.1	Messung der statistischen Verteilung . . . . .	9
4.2	Wichtige statistische Größen . . . . .	9
4.3	Häufigkeitsverteilung . . . . .	9
4.4	$\chi^2$ -Test . . . . .	11
4.5	Quellen . . . . .	11

# Abbildungsverzeichnis

1.1	Aufnahme von Cassy-Lab . . . . .	1
1.2	Fitten des Photopeaks . . . . .	2
1.3	Hintergrundrauschen . . . . .	3
1.4	Messung von Co-60 . . . . .	4
1.5	Messung von Na-22 . . . . .	4
1.6	Messung von Cs-137 . . . . .	5
1.7	Untersuchung der Linearität . . . . .	5
3.1	Energiekalibrierung mit Ba und Pb . . . . .	7
3.2	Graphische Bestimmung der nbekannten Elemente B,C,D und E . . . . .	8
4.1	Verteilung der Gesamtprobe . . . . .	10

4.2	Verteilung der Stichprobe . . . . .	10
-----	-------------------------------------	----

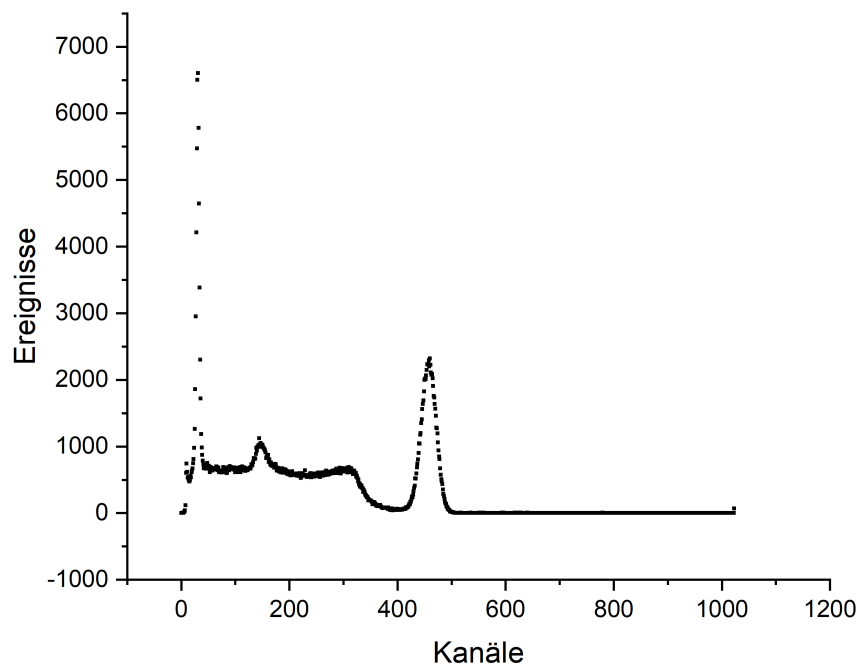
## Tabellenverzeichnis

1.1	Ergebnisse Co-60 . . . . .	2
1.2	Ergebnisse Na-22 . . . . .	2
1.3	Ergebnisse Co-137 . . . . .	3
2.1	Aktivität . . . . .	6
3.1	Energien und Kernladungszahl der Proben . . . . .	8
4.1	Statistische Messgrößen . . . . .	10

# 1. Impulshöhenspektrum von Cs-137, Na-22, Co-60

Mittels des Cassy-Lab-Systems können Spektren der Röntenstrahlung gemessen werden durch Szintillationszähler. Die Betriebsspannung des Sekundärelektronenverstärker (Photomultiplier) beträgt dabei 843V. Dies wurde so eingestellt, dass noch der höchstenergetischste Peak von Co-60 im Spektrum ist. Es wurden 1024 Kanäle verwendet, wobei jeder Kanal einem Energiebereich entspricht.

Cassy-Lab gibt eine Tabelle von Kanal und Ereignisse an. Anschließend wird der Umrech-



**Abbildung 1.1:** Aufnahme von Cassy-Lab

nungsfaktor von Kanal in Energie berechnet. Dies geschieht durch den Photopeak, welcher mit einer Gauß-Funktion angepasst wird. Die Spitze des Photopeaks sollte bei 662 keV liegen. Der Peak der angepassten Gauß-Funktion ist bei Kanal 458. Damit kann man den Umrechnungsfaktor bestimmen durch:

$$k = \frac{\text{PhotopeakEnergie}}{\text{Kanal des Peaks}} = \frac{662 \text{ keV}}{458 \text{ Kanäle}} = 1.44 \frac{\text{KeV}}{\text{Kanal}}$$

Nun muss man noch das Hintergrundrauschen betrachten. Dafür lassen wir das Programm einmal ohne Probe durchlaufen. Anschließend wird das Hintergrundrauschen von den

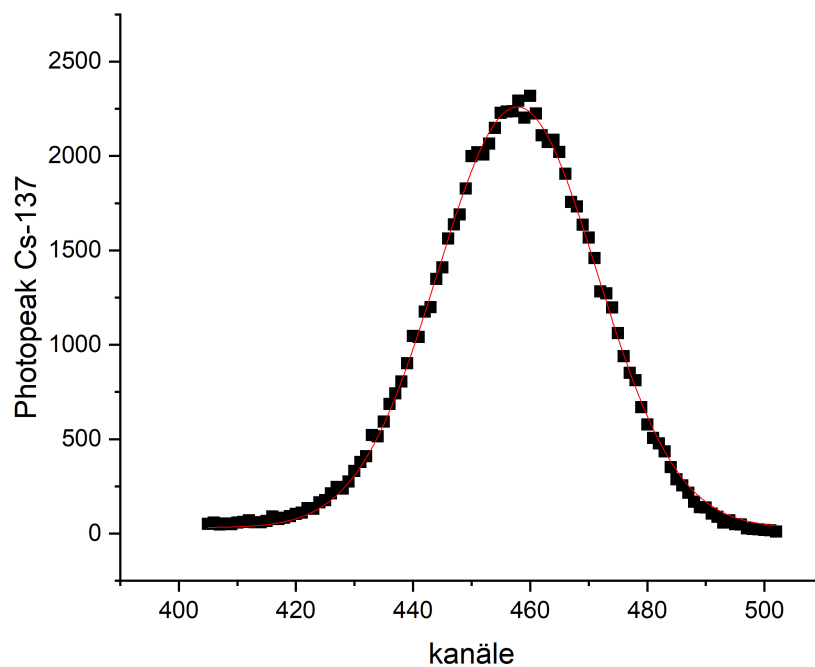


Abbildung 1.2: Fitten des Photopeaks

Anderen Messungen abgezogen, um das Hintergrundrauschen aus der Messung zu bekommen. Man erkennt, dass die Fehler eigentlich recht klein sind, was auch dadurch kommt, dass

Tabelle 1.1: Ergebnisse Co-60

Peak	Theorie in KeV	Gemessen in Kev	Abweichung
Photopeak	1173,1333	1117,1259	4.8%,5.5%
Rueckstreupeak	210,214	235,235	11.9%,9.8%
Coompton-Kante	963,1119	930,1040	3.4%,7%

Tabelle 1.2: Ergebnisse Na-22

Peak	Theorie in KeV	Gemessen in Kev	Abweichung
Photopeak	511,1275	520,1210	1.7%,5.1%
Rueckstreupeak	213,170	210,180	1.5%,4.1%
Coompton-Kante	341,1019	350,1040	2.6%,2%

wenig Aktivität vorhanden ist. Das Problem ist, dass man zum berechnen der Werte nur den Photopeak von Cs-137 genommen haben. Der Fehler den wir bei dieser Berechnung gemacht haben ist überall dabei. Allerdings kann der Wert nicht so schlecht sein, da sich doch vernünftige Werte für alles ergeben.

### 1.1 Auflösung des Szintillatorzählers/Anzahl der Elektronen

Man kann die Auflösung des Szintillatorzählers durch die Anzahl der Elektronen bewerten. Mithilfe der Vorbeiretung kann man die Anzahl an einem Beispielmateriale die Anzahl der

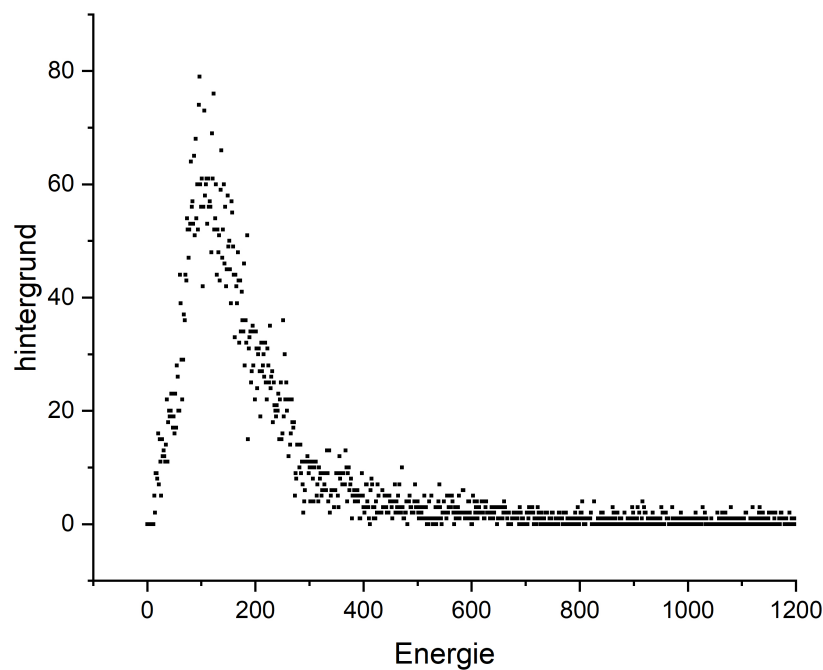


Abbildung 1.3: Hintergrundrauschen

Tabelle 1.3: Ergebnisse Co-137

Peak	Theorie in KeV	Gemessen in Kev	Abweichung
Photopeak	662	662	0%
Rueckstreupeak	184	208	13%
Coompton-Kante	478	475	0.6%

Elektronen berechnen:

$$n_e = \left(\frac{E}{\Delta E}\right)^2$$

Wobei E die gemessene Energie des Peaks und  $\Delta E$  seine Halbwertsbreite ist. Bei Cs-137 haben wir eine Halbwertsbreite von 50keV.

Wir erhalten:175

## 1.2 Linearität der Apparatur

Es ist möglich, dass wir einen Fehler durch die nichtlinearität der Apparatur bekommen. Um dies zu überprüfen trägt man die gemessenen Werte gegen die Theoretischen werte auf, und schaut, ob ma eine gerade bekommt. Wir betrachten nur die Photopeaks, da diese die einzigen sind, die geringe Abweichung haben und sie am besten abzulesen sind. Wir erhalten einen Linearen zusammenhang, daher gibt es kein Problem mit Linearität. Allerdings sind geringe Abweichungen im niderenergetischen Bereich zu sehen.

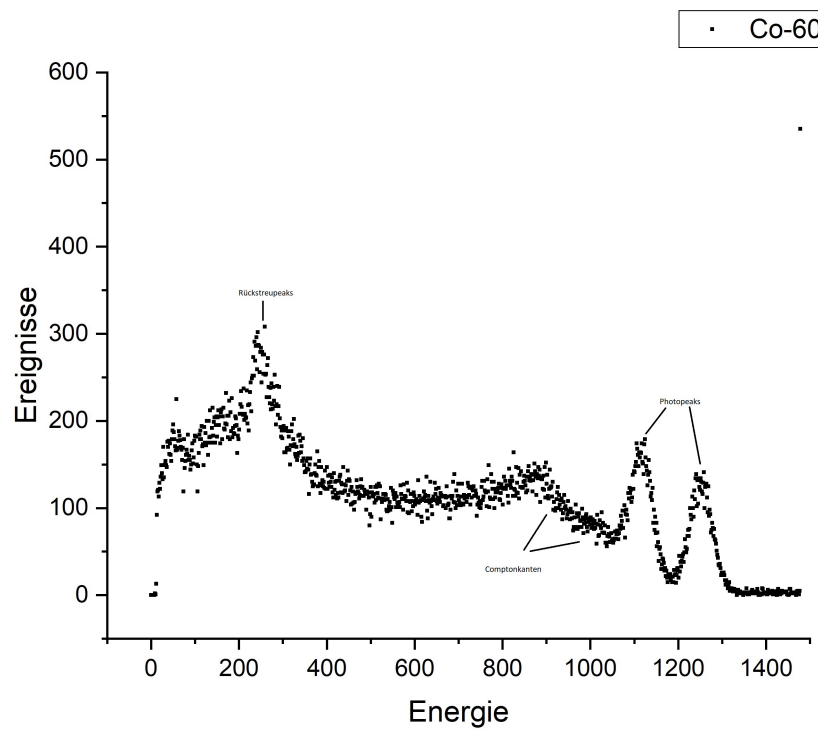


Abbildung 1.4: Messung von Co-60

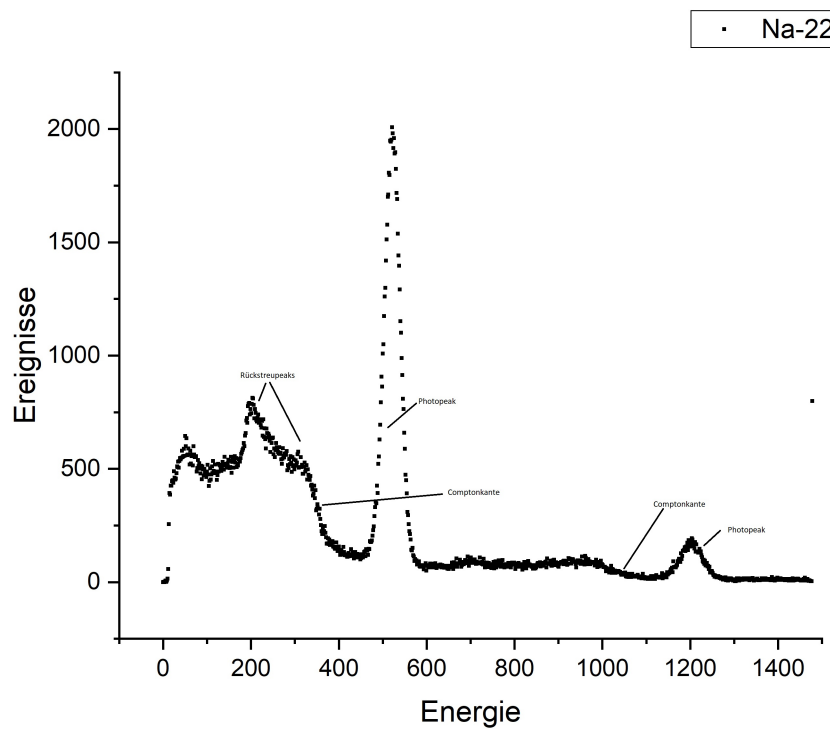


Abbildung 1.5: Messung von Na-22

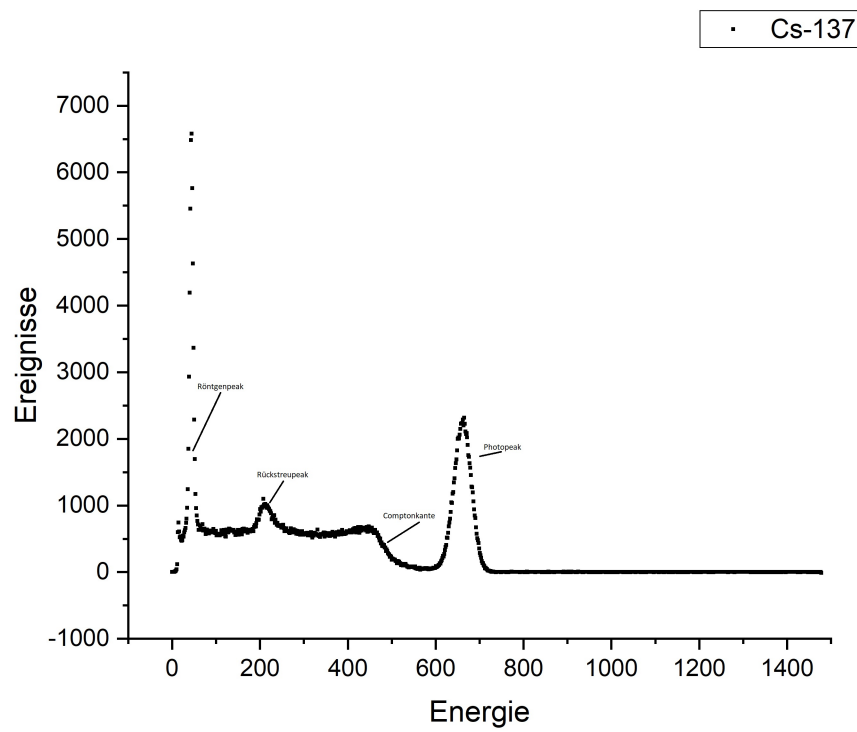


Abbildung 1.6: Messung von Cs-137

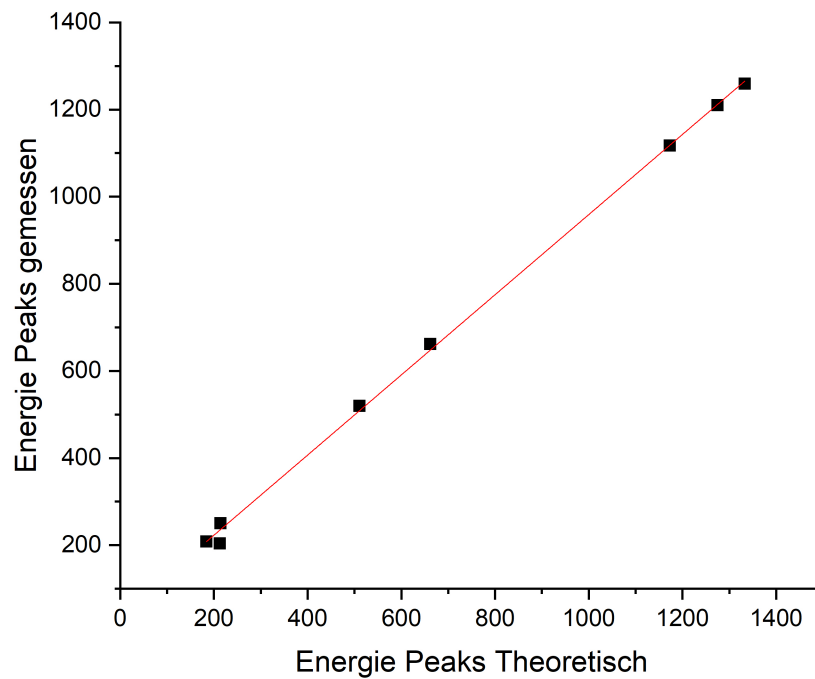


Abbildung 1.7: Untersuchung der Linearität



## 2. Aktivität des Cs-137 Präparats

Es soll die Aktivität des Cs-137 Präparats bestimmt werden. Dies geschieht, indem man die Probe auf verschiedene Abstände zum Detektor positioniert und anschließend gemessen wird. Es ist zu beachten, dass die Quelle nicht direkt an der Halterung sitzt sondern dahinter. Außerdem ist der Detektor von einer Aluminiumschicht bedeckt. Somit ergibt sich für  $d_{real} = d_{gemessen} + d_{Stirn} + d_{Al}$ .  $d_{Al} = 0.5mm$ ,  $d_{Stirn} = 2 \pm 0.5mm$

### 2.1 Auswertung

Ein Detektorsystem ist bei der Messung von Impulsraten etwas beschränkt, da er nicht instantan hintereinander detektieren kann. Es entsteht die so genannte Totzeit. Nun kann man diesen Faktor korrigieren, indem man die Zählimpulse nach oben korrigiert. Hier gehen wir davon aus, dass maximal ein Impuls pro Totzeit nicht gezählt wird.

Außerdem muss noch die Hintergrundaktivität abgezogen werden. Diese beläuft sich auf  $26,45 \frac{1}{s}$ .

$$A = \frac{n - t_{\text{hintergrund}}}{tw \cdot (1 - P_{\text{tot}})}$$

Im Mittel ergibt sich eine Aktivität von  $227063 \frac{1}{s}$ . Die Werte schwanken relativ stark, was

**Tabelle 2.1:** Aktivität

d in cm	w	n	$P_{\text{tot}}$	A
1	0.05	547130	0.4	181495
2	0.022	370350	0.27	228957
4	0.008	188913	.14	270738

damit zusammen hängt, dass w nur sehr schlecht aus den Diagramm der Vorbereitungshilfe abzulesen ist.

## 3. Röntgenemission

In diesem Versuch werden durch charakteristische Röntgenemissionen unbekannte Elemente bestimmt. Hierzu wird die Probe auf den Szintillator gelegt und direkt mit der Cs-137-Quelle bestrahlt. Durch die  $\gamma$ -Strahlung werden kernnahe Elektronen ionisiert und hinterlassen eine Lücke wodurch andere Elektronen aus anderen Schalen nachrücken und dabei Röntgenstrahlen emittieren.

### 3.1 Energiekalibrierung

Vor Versuchsbeginn muss eine Energiekalibrierung durchgeführt werden. Dabei wird jeder Kanalnummer eine konkrete Energie zugewiesen. Mit den Energiepeaks der bekannten  $K_\alpha$ -Röntgenlinien von Ba (32,1 keV) und Pb (74,2 keV) wird durch den Gaussfit die Kanalnummer bestimmt (Ba:  $\mu_1 = 75$ , Pb:  $\mu_2 = 169$ ) und der jeweiligen Energie zugeordnet. Das Programm Cassy wandelt dann die Kanalnummern in Energieangaben um.

Aus den gemessenen Werten ergibt sich die Regressionsgerade aus Abbildung 3.1.

Mit dieser Funktionsgleichung kann nun die Kernladungszahl der unbekannten Stoffe bestimmt werden.

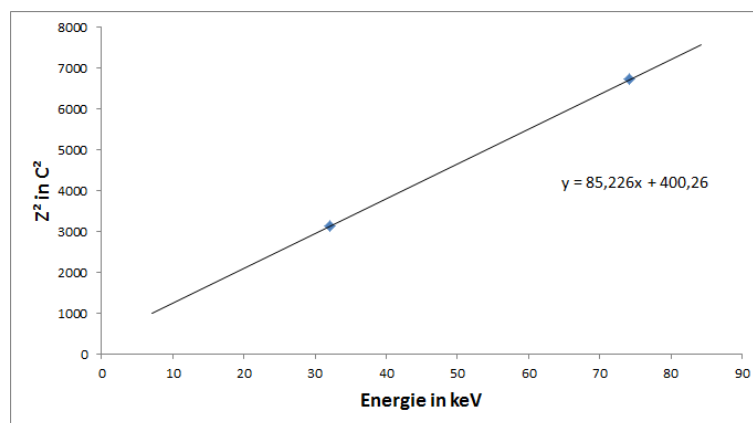
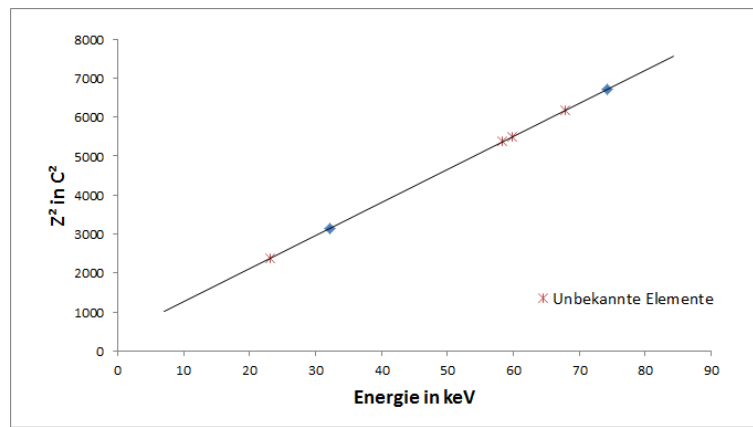


Abbildung 3.1: Energiekalibrierung mit Ba und Pb

### 3.2 Bestimmung unbekannter Elemente

Dank der Energiekalibrierung können nun Versuchsproben einfach graphisch und rechnerisch ermittelt werden. Mit der Regressionsgeraden ergibt sich die Tabelle 3.1.

Die Kernladungszahlen für die Proben B und C stimmen gut mit den Werten aus der Moseley-Gesetz-Tabelle vom Aufgabenblatt überein und können mit Sicherheit zu Ta und W zugeordnet werden. Probe D ist da etwas ungenauer. Da aber die Probe nicht silbern, sondern eher bräunlich ist kann Probe D zu Gold zuordnen. Probe E liegt weit neben dem



**Abbildung 3.2:** Graphische Bestimmung der unbekannten Elemente B,C,D und E

**Tabelle 3.1:** Energien und Kernladungszahl der Proben

Probe	Energie in keV	Kernladungszahl in C	Mögliches Element
B	58,3	73,3	Ta
C	59,8	74,1	W
D	67,9	78,6	Pt / Au
E	23,2	48,7	Ag / Sn

vermuteten Stoff. Aus der Liste könnte es sich hier entweder um Silber oder Zinn handeln. Mit einer Schmelzpunktbestimmung kann man es leicht herausfinden. Vermutlich besteht Probe E aus Silber.

## 4. Statistische Verteilung

In diesem Versuch wird sowohl die statistische Gesamt- als auch die Stichprobenverteilung gemessen.

### 4.1 Messung der statistischen Verteilung

256 Eingangskanäle messen in einem Zeitfenster von ca 150s die Untergrundstrahlung Cs-137. Die Messfrequenz beträgt eine Messung pro Sekunde. Jeder Messung ist nicht vorhersagbar sondern hängt von der Statistik des radioaktiven Zerfalls ab. Für die Stichprobe werden mehrere dutzend Kanäle gewählt, die im Laufe der Messung zusammen eine mittlere Detektionsrate von 3 Zerfällen aufweisen.

### 4.2 Wichtige statistische Größen

Die wichtigsten statistischen Größen werden folgendermaßen ermittelt.  
Mittelwert:

$$x_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

Standardabweichung des Einzelwerts:

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - x_m)^2}$$

Standardabweichung des Mittelwerts:

$$s_m = \frac{s}{\sqrt{N}}$$

Für die Stichprobe werden die Kanäle 106 bis 141 verwendet. Laut der Poissonverteilung, die bei statistischen Prozessen mit diskreten Ereignissen zum Einsatz kommt, ist  $\sqrt{x_m} = s$ . Wie in Tabelle 4.1 zu sehen trifft das bei der Stichprobe zu, somit folgt sie wohl der Poissonverteilung. Für die Gesamtprobe hingegen ist  $s \neq \sqrt{x_m}$  und somit nicht poissonverteilt.

### 4.3 Häufigkeitsverteilung

Nun werden beide Probensatzgraphisch mit den Poisson- und Gaussverteilung verglichen. Dazu muss für jede Probe ein Histogramm mit den Klassen 5-40 bzw 1-10. Die Gaussverteilung wird mit

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}s} e^{-0.5\left(\frac{x-x_m}{s}\right)^2}$$

**Tabelle 4.1:** Statistische Messgrößen

Messgröße	gesamte Probe	Stichprobe
$x_m$	21,67	2,97
s	5,55	1,80
$s_m$	0,45	0,30
$\sqrt{x_m}$	4,66	1,72

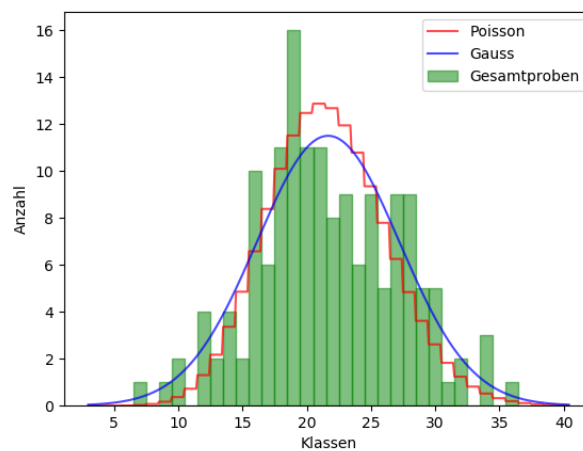
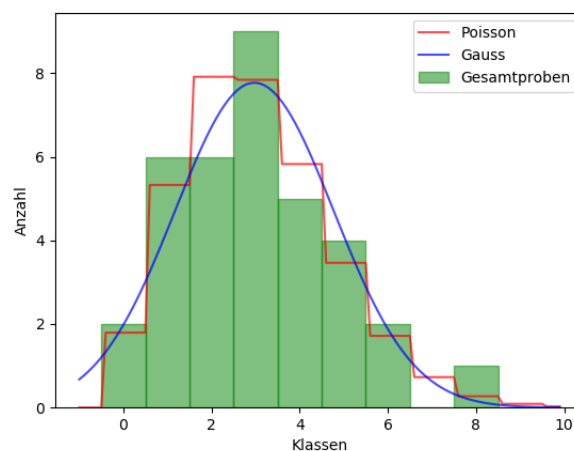
dargestellt.

Für die Poissonverteilung gilt:

$$P(n) = \frac{(x_m)^n}{n!} e^{-x_m}$$

Bei größeren Datensätzen ist eine Normalverteilung zu erwarten, sieht man sich allerdings Abbildung 4.1 an, so ist keine Korrelation erkennbar.

Bei den kleineren Datensätzen der Stichprobe hingegen ist eine deutliche Annäherung zu erkennen. Da sich Gauss- und Poissonverteilung kaum unterscheiden, kann das Histogramm von Abbildung 4.2 keinem der beiden Kurven eindeutig zugeordnet werden.

**Abbildung 4.1:** Verteilung der Gesamtprobe**Abbildung 4.2:** Verteilung der Stichprobe

#### 4.4 $\chi^2$ -Test

Auch mathematisch kann die Korrelation zwischen Messwerten und den Verteilungen berechnet werden. Hierzu wird die Differenz zwischen der beobachteten Häufigkeit  $B$  und dem Erwartungswert  $E$  aufaddiert. Je kleiner der Endwert, desto größer die Übereinstimmung. Dieses Verfahren nennt sich  $\chi^2$ -Anpassungstest und wird mit folgender Formel ermittelt.

$$\chi^2 = \sum \frac{(B-E)^2}{E}$$

Für die Gesamtprobe ergeben sich  $(\chi_g)^2 = 26,63$  und  $(\chi_p)^2 = 49,86$ . Für die Stichprobe hingegen sieht es anders aus:  $(\chi_g)^2 = 3,10$  und  $(\chi_p)^2 = 1,48$ . Mit den jeweiligen Freiheitsgraden  $f_{gs} = 26 - 1 - 1$  und  $f_{sp} = 8 - 1 - 1$  kann die Wahrscheinlichkeit für die jeweilige Verteilung ermittelt werden[1]:

$$P_{gs,Gauss} = 32,3\% \quad P_{gs,Poisson} = 0,1\%$$

$$P_{sp,Gauss} = 54,1\% \quad P_{sp,Poisson} = 96,1\%$$

Mit diesem Test wurde bestätigt, dass für viele Messungen die Wahrscheinlichkeitsverteilung eher einer Normalverteilung ähnelt und bei wenigen Klassen die Poissonverteilung überwiegt.

#### 4.5 Quellen

[1] [eswf.uni-koeln.de/glossar/surfstat/chi.html](http://eswf.uni-koeln.de/glossar/surfstat/chi.html)