

Versuchsprotokoll: Franck-Hertz-Versuch

Alexander Bartsch, Simon

02.05.2019

Inhaltsverzeichnis

1	Anregung von Quecksilber in den ersten angeregten Zustand	2
1.1	Energie	4
1.2	Anodenkurve	5
2	Halt Stop!	6
3	Röntgenemission	6
3.1	Energiekalibrierung	6
3.2	Bestimmung unbekannter Elemente	6
4	Statistische Verteilung	7
4.1	Messung der statistischen Verteilung	7
4.2	Wichtige statistische Größen	8
4.3	Häufigkeitsverteilung	8
4.4	χ^2 -Test	9
5	Quelle	10

1 Anregung von Quecksilber in den ersten angeregten Zustand

Hier kommt die Einleitung. Ihre Überschrift kommt automatisch in das Inhaltsverzeichnis.

1.1 Schaltplan

1.2 Energie

1.3 Anodenkurve

2 Halt Stop!

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 γ -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_α -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 1. Mit dieser Funktionsgleichung kann nun die Kernladungszahl der unbekannten Stoffe bestimmt werden.

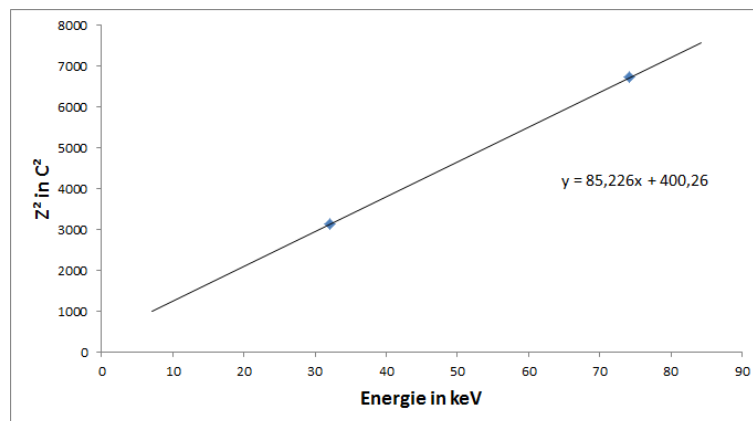


Abbildung 1: Energiekalibrierung mit Ba und Pb

3.2 Bestimmung unbekannter Elemente

Dank der Energiekalibrierung können nun Versuchsproben einfach graphisch und rechnerisch ermittelt werden. Mit der Regressionsgeraden ergibt sich die Tabelle 1.

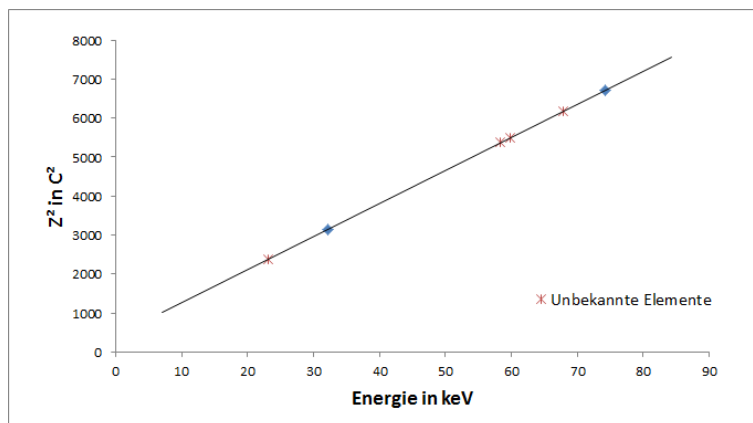


Abbildung 2: Graphische Bestimmung der nbekannten Elemente B,C,D und E

Tabelle 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

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 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 2 zu sehen trifft das bei der Stichprobe zu, somit folgt sie wohl der Poissonverteilung.

Tabelle 2: 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

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

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

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 3 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 keinem der beiden Kurven eindeutig zugeordnet werden.

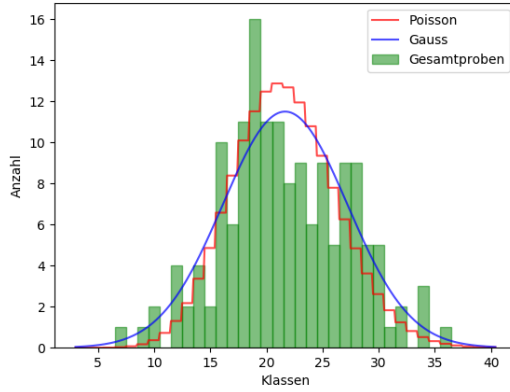


Abbildung 3: Verteilung der Gesamtprobe

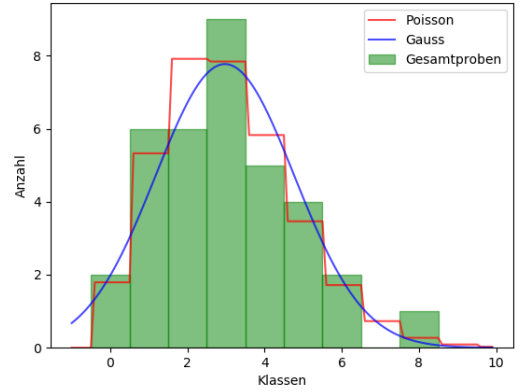


Abbildung 4: Verteilung der Stichprobe

4.4 χ^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 χ^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 $f_{sp} = 6 - 1 - 1$ kann die Wahrscheinlichkeit für die jeweilige Verteilung ermittelt werden[1]:

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

$$P_{sp,Gau} = 54,1\% \quad P_{sp,Poisson} = 83,2\%$$

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

5 Quelle

[1] eswf.uni-koeln.de/glossar/surfstat/chi.htm