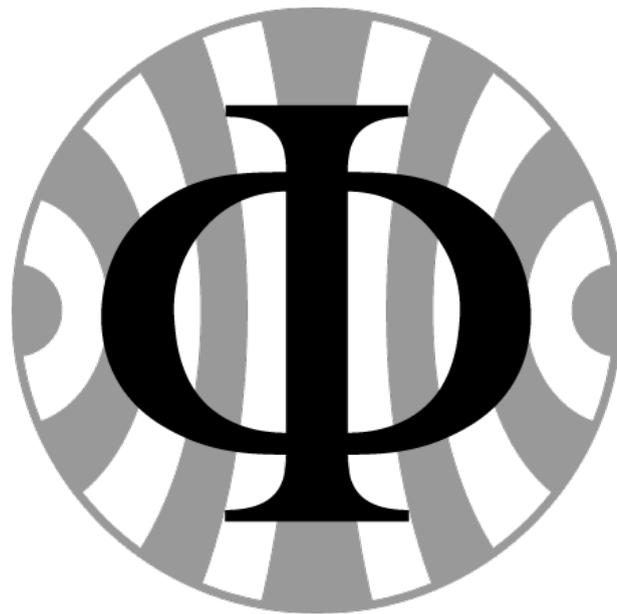


Versuch 252

PAP 2.2, [1]

27.02.2025



[2]

Teilnehmender Student: **Jonathan Rodemers**

Gruppe des Teilnehmenden: 1

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Messverfahren	1
1.3	Grundlagen aus der Physik	1
2	Durchführung	2
2.1	Messprotokoll	2
3	Auswertung	3
3.1	Zerfall von Silber	3
3.2	Zerfall von Indium	4
3.3	Tabelle der charakteristischen Größen der Zerfälle	5
4	Zusammenfassung und Diskussion	6
5	Anhang	7
	Quellen- und Literaturverzeichnis	12

1. Einleitung

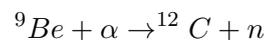
1.1 Motivation

In diesem Experiment untersuchen wir die Aktivierung von Materie durch thermische Neutronen. Dies ist ein essenzielles Verfahren in der Kernphysik, da es zur Erzeugung radioaktiver Isotope dient, die in der Medizin, Industrie und Forschung eingesetzt werden. Die genaue Bestimmung der Halbwertszeiten von radioaktiven Kernen ist entscheidend für das Verständnis von Kernprozessen und für praktische Anwendungen.

1.2 Messverfahren

Das Experiment wird mit einem Geiger-Müller-Zählrohr durchgeführt, das die emittierte Strahlung der aktivierten Proben misst. Die Messung erfolgt in mehreren Schritten:

1. **Aktivierung der Proben:** Die Indium- und Silberproben werden in einer Neutronenquelle bestrahlt. Diese enthält Beryllium und eine Alpha-Quelle (^{241}Am), die durch die Reaktion:



Neutronen freisetzt. Die schnellen Neutronen werden in einem Paraffinblock moderiert, sodass sie thermische Energie erreichen und von den Präparaten eingefangen werden.

2. **Messung der Strahlung:** Nach der Aktivierung werden die Proben schnell vor das Geiger-Müller-Zählrohr gebracht. Die Anzahl der Zerfälle pro Zeiteinheit wird über einen definierten Zeitraum aufgenommen.
3. **Datenanalyse:** Die erhaltenen Messdaten werden mit dem Zerfallsgesetz analysiert, um die Halbwertszeiten der aktivierten Isotope zu bestimmen.

1.3 Grundlagen aus der Physik

Die zugrunde liegende Physik basiert auf dem radioaktiven Zerfall und dem Neutroneneinfang. Bei der Aktivierung entsteht aus den stabilen Isotopen ^{115}In , ^{107}Ag und ^{109}Ag durch Neutroneneinfang jeweils ein radioaktives Isotop mit einer um eins erhöhten Massenzahl. Diese Isotope zerfallen gemäß dem exponentiellen Zerfallsgesetz:

$$A(t) = A_0 e^{-\lambda t} \tag{1.1}$$

wobei $A(t)$ die Aktivität zum Zeitpunkt t , A_0 die Anfangsaktivität und λ die Zerfallskonstante ist. Die Halbwertszeit $T_{1/2}$ ergibt sich aus:

$$T_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda} \tag{1.2}$$

Während der Aktivierung steigt die Aktivität nach:

$$A(t) = A_\infty (1 - e^{-\lambda t}) \tag{1.3}$$

bis ein Gleichgewicht erreicht ist. Die verschiedenen Isotope haben unterschiedliche Zerfallskonstanten.

2. Durchführung

2.1 Messprotokoll

27.02.25 Messprotokoll Jonathan Rodemers
 Versuch 252 Manuel Sengenfrei

Geräte:

- Geiger Müller Zählrohr mit Betriebsgem.
- externer Impulszähler
- Neutronenquelle
- Präparatablatt
- Indium- und Jellatabelle:

Aufgabe 1

Halbwertszeit von Jellor

i) Untgrund

Spannung: $530 \pm 5 \text{ V}$

Zeit: 10 sec $\rightarrow 68 \text{ Messg.}$

ii) Sella

Spannung: $530 \pm 5 \text{ V}$

Zeit: 10 sec $\rightarrow 40 \text{ Messg.}$

Halbwertszeit von Indium:

Spannung: $530 \pm 5 \text{ V}$

Zeit: 120 sec

$\rightarrow 25 \text{ Messg.}$

3. Auswertung

3.1 Zerfall von Silber

Wir nutzen ein Python-Skript, um die Daten einzulesen und mithilfe die Hintergrundmessung zu korrigieren. Dabei wurden die Daten auch direkt gefitet. mit der Funktion:

$$Fit = A_1e^{-l_1t} + A_2e^{-l_2t} + y_0 \tag{3.1}$$

Dabei ist y_0 die Korrektur durch die Hintergrundmessung. Der Indize 1 beschreibt den Prozess von ^{110}Ag und der Indize 2 beschreibt ^{108}Ag .

Dadurch ergibt sich folgendes Bild: Dabei erreicht der Fit eine Wahrscheinlichkeit von 80.0%

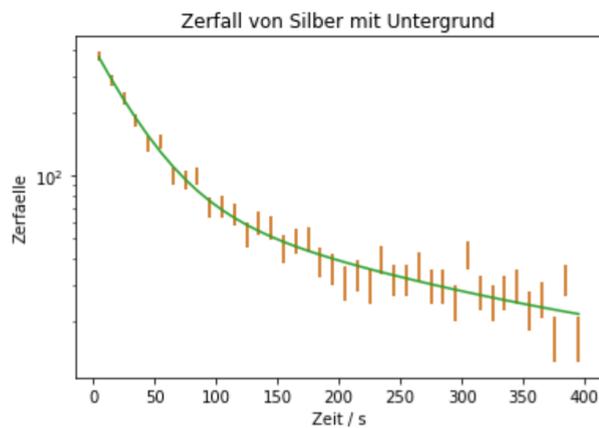


Abbildung 3.1: Zerfälle von Silber

und einem reduzierten χ^2 von 0,801 .

Die jeweiligen Fitparameter werden in der Tabelle weiter unten angegeben.

Wir wiederholen den Fit zweimal und addieren/subtrahieren jeweils einen σ Fehler zum Untergrund dazu.

Weiternoch berechnen die die Differenz:

$$Diff = |li - li^\pm|$$

Mit dem Fehler:

$$\Delta Diff = \sqrt{(\Delta\lambda)^2 + \left(\frac{li^+ + li^-}{2}\right)^2} \tag{3.2}$$

3.2 Zerfall von Indium

Wir gehen analog vor wie bei der Silbermessung und passen die Fitfunktion und die Zeiten für den Plot an. Es ergibt sich folgendes Bild:

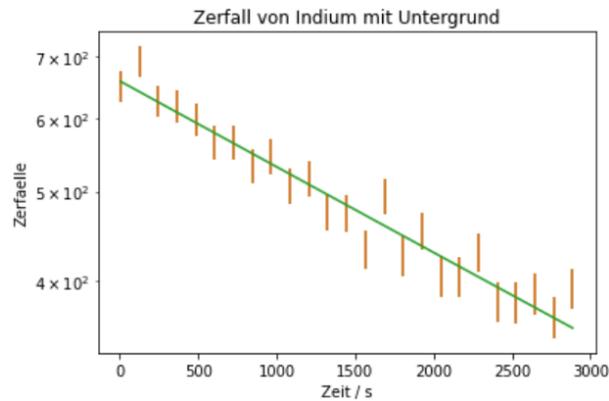


Abbildung 3.2: Zerfall von Indium

Hier erhalten wir eine Fit-Wahrscheinlichkeit von nur 42%, da in dieser kurzen Messzeit die Kurve eher linear als Exponentiall verläuft. Und ein reduziertes χ^2 von 1,03.

Die Halbwertzeiten berechnen wir nach der Formel 1.2 und der Fehlerformel:

$$\Delta T_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda^2} \cdot \Delta \lambda \quad (3.3)$$

3.3 Tabelle der charakteristischen Größen der Zerfälle

Material	λ [1/s]	$T_{1/2}$ [sec]	χ_{red}^2	Fit Wahrscheinlichkeit	$\sigma T_{1/2}$ [σ]	$ l_i - l_i^{\pm} $
^{110}Ag	$0,030 \pm 0,003$	$23,1 \pm 2,5$	0,801	80,0%	0,56	–
^{108}Ag	$0,0048 \pm 0,0008$	144 ± 25	0,801	80,0%	0,08	–
^{116}In	$0,000218 \pm 0,000011$	3170 ± 160	1,03	42%	0,54	–
$^{110}\text{Ag}_+$	$0,030 \pm 0,003$	$22,9 \pm 2,6$	0,801	80,0%	0,62	$0 \pm 0,06$
$^{108}\text{Ag}_+$	$0,0050 \pm 0,0008$	138 ± 24	0,801	80,0%	0,19	$0,0002 \pm 0,0025$
$^{116}\text{In}_+$	$0,000220 \pm 0,000011$	3160 ± 160	1.02	42%	0,65	$0 \pm 0,00022$
$^{110}\text{Ag}_-$	$0,030 \pm 0,003$	$23,2 \pm 2,5$	0,801	80,0%	0,51	$0 \pm 0,06$
$^{108}\text{Ag}_-$	$0,0046 \pm 0,0008$	152 ± 26	0,801	80,0%	0,31	$0 \pm 0,0025$
$^{116}\text{In}_-$	$0,000217 \pm 0,000011$	3190 ± 160	1,03	42%	0,43	$0,000001 \pm 0,000220$

Tabelle 3.1: Charakteristische Größen der Zerfälle

4. Zusammenfassung und Diskussion

Im Rahmen dieses Experiments wurde die Aktivierung von Indium- und Silberproben durch thermische Neutronen untersucht, um die Halbwertszeiten der dabei entstehenden radioaktiven Isotope ^{110}Ag , ^{108}Ag und ^{116}In zu bestimmen. Die experimentellen Daten wurden mit einem Geiger-Müller-Zählrohr erfasst, wobei Hintergrundstrahlung berücksichtigt und die Messwerte mit einer exponentiellen Zerfallskurve gefittet wurden. Für Silber ergaben sich Fit-Wahrscheinlichkeiten von 80 % und einem reduzierten χ^2 -Wert von 0,801, was auf eine hohe Übereinstimmung mit dem Fit hindeutet. Für Indium hingegen ergab sich eine geringere Fit-Wahrscheinlichkeit von 42 % und einem χ^2 -Wert von 1,03, was auf mögliche systematische Abweichungen hindeutet. Die berechneten Halbwertszeiten betragen für

$$^{110}\text{Ag} - T_{1/2} = (23,1 \pm 2,5)\text{sec}$$

für

$$^{108}\text{Ag} - T_{1/2} = (144 \pm 25)\text{sec}$$

und für

$$^{116}\text{In} - T_{1/2} = (3170 \pm 160)\text{sec}$$

wobei diese Werte durch Fehlerbetrachtung in einem zweiten Fit überprüft wurden.

Fehlerquellen in diesem Experiment könnten unter anderem in der zeitlichen Verzögerung beim laufen entstanden sein, also zwischen Aktivierung und Messung, da radioaktive Isotope bereits während des Transports zerfallen und dadurch die Anfangsaktivität nicht exakt bestimmt werden kann. Ein weiterer Unsicherheitsfaktor ergibt sich aus der Genauigkeit der Hintergrundstrahlungsmessung, da bereits geringe Abweichungen die Bestimmung der Zerfallskonstanten beeinflussen. Zudem könnten statistische Schwankungen in der Zählrate sowie Ungenauigkeiten in der Positionierung der Proben vor dem Geiger-Müller-Zählrohr die Ergebnisse beeinflussen. Die in der Tabelle angegebenen Unsicherheiten spiegeln diese Faktoren wider.

Trotz dieser möglichen Fehlerquellen war das Experiment insgesamt erfolgreich, da die gemessenen Halbwertszeiten mit den theoretischen Erwartungen übereinstimmen und sich innerhalb der Fehlergrenzen mit Literaturwerten vergleichen lassen. Besonders die Silbermessung zeigte eine hohe Präzision, während bei Indium aufgrund der längeren Halbwertszeit eine größere Messzeit erforderlich wäre, um die Exponentialform des Zerfalls deutlicher zu erfassen. Dennoch bestätigen die Ergebnisse die theoretischen Modelle des radioaktiven Zerfalls und zeigen, dass die Methode der Neutronenaktivierung eine präzise Möglichkeit zur Bestimmung von Halbwertszeiten darstellt.

5. Anhang

```
# Normal FIT

%matplotlib inline
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

unterg =np.loadtxt('data2/untergrund.txt', usecols=[1])

mittelw_unterg=np.mean(4*unterg)
fehler_unterg=np.std(4*unterg)/np.sqrt(len(unterg))
print('Mittelwert:', mittelw_unterg, 'Fehler:', fehler_unterg)

n1 =np.loadtxt('data2/silber1.txt', usecols=[1])
n2 =np.loadtxt('data2/silber2.txt', usecols=[1])
n3 =np.loadtxt('data2/silber3.txt', usecols=[1])
n4 =np.loadtxt('data2/silber4.txt', usecols=[1])

N=n1+n2+n3+n4
Fehler_N=np.sqrt(N)

t=np.arange(5,405,10)

plt.errorbar(t,N, Fehler_N, linestyle='None')
plt.xlabel('Zeit / s')
plt.ylabel('Zerfaelle')
plt.title('Zerfall von Silber mit Untergrund')
plt.yscale('log')

y0=mittelw_unterg #Untergrund
def fit_func(x, A1,l1 ,A2,l2):
    return A1*np.exp(-x*l1) + A2*np.exp(-x*l2) + y0

from scipy.optimize import curve_fit
popt, pcov=curve_fit(fit_func ,t ,N, p0=[500,0.02,50,0.001], sigma=Fehler_N, absolute

plt.errorbar(t,N, Fehler_N, linestyle='None')
plt.xlabel('Zeit / s')
plt.ylabel('Zerfaelle')
plt.title('Zerfall von Silber mit Untergrund')
```

```
plt.yscale('log')
plt.plot(t, fit_func(t,*popt))

print("A1=",popt[0], " , Standardfehler=", np.sqrt(pcov[0][0]))
print("l1=",popt[1], " , Standardfehler=", np.sqrt(pcov[1][1]))
print("A2=",popt[2], " , Standardfehler=", np.sqrt(pcov[2][2]))
print("l2=",popt[3], " , Standardfehler=", np.sqrt(pcov[3][3]))

chi2_=np.sum((fit_func(t,*popt)-N)**2/Fehler_N**2)
dof=len(N)-4 #dof:degrees of freedom, Freiheitsgrad
chi2_red=chi2_/dof
print("chi2=", chi2_)
print("chi2_red=",chi2_red)

from scipy.stats import chi2
prob=round(1-chi2.cdf(chi2_,dof),2)*100
print("Wahrscheinlichkeit=", prob,"%")

thalb= np.log(2)/popt[1]
thalb2= np.log(2)/popt[3]

def fehler(lamda, dlamda):
    return np.log(2)*dlamda/lamda**2

print("HLabwertszeit Ag110=",thalb, " Fehler=", fehler(popt[1],np.sqrt(pcov[1][1]))
print("Halbwertszeit Ag108=",thalb2, " Fehler=", fehler(popt[3],np.sqrt(pcov[3][3]))

#a_2 ist litaraturwert
a_1=thalb
a_2=24.56
da_1=0.0011
da_2=fehler(popt[1],np.sqrt(pcov[1][1]))
sigmaab_110 = (np.abs(a_1-a_2))/(np.sqrt(da_1**2+da_2**2))

ea_1=thalb2
ea_2=142.92
eda_1=0.00066
eda_2=fehler(popt[3],np.sqrt(pcov[3][3]))
sigmaab_108 = (np.abs(ea_1-ea_2))/(np.sqrt(eda_1**2+eda_2**2))
```

```

print ("Sigman110 T12=", sigmaab_110)
print ("Sigman108 T12=", sigmaab_108)

def differenz(li, lip):
    return np.abs(li-lip)

db_1=np.sqrt(pcov[1][1])
#db_2=(differenz(popt[1])+differenz())/2

#ddef= (np.sqrt(db_1**2+db_2**2))

_____

unterg =np.loadtxt('data2/untergrund.txt', usecols=[1])

mittelw_unterg=np.mean(4*unterg)
fehler_unterg=np.std(12*unterg)/np.sqrt(len(unterg))
print('Mittelwert:', mittelw_unterg, 'Fehler:', fehler_unterg)

n1 =np.loadtxt('data2/indium.txt', usecols=[1])

N=n1
Fehler_N=np.sqrt(N)

t=np.arange(5,3005,120)

plt.errorbar(t,N, Fehler_N, linestyle='None')
plt.xlabel('Zeit / s')
plt.ylabel('Zerfaelle')
plt.title('Zerfall von Indium mit Untergrund')
plt.yscale('log')

y0=mittelw_unterg#-(fehler_unterg) #Untergrund
def fit_func(x, A1,l1):
    return A1*np.exp(-x*l1) + y0

from scipy.optimize import curve_fit

```

```

popt, pcov=curve_fit (fit_func, t, N, p0=[500,0.3], sigma=Fehler_N, absolute_sigma=

plt.errorbar(t,N, Fehler_N, linestyle='None')
plt.xlabel('Zeit / s')
plt.ylabel('Zerfaelle ')
plt.title('Zerfall von Indium mit Untergrund')
plt.yscale('log')
plt.plot(t, fit_func(t,*popt))

thalb= np.log(2)/popt[1]
#thalb2= np.log(2)/popt[3]
print("A1=",popt[0], ", Standardfehler=", np.sqrt(pcov[0][0]))
print("l1=",popt[1], ", Standardfehler=", np.sqrt(pcov[1][1]))
#print("A2=",popt[2], ", Standardfehler=", np.sqrt(pcov[2][2]))
#print("l2=",popt[3], ", Standardfehler=", np.sqrt(pcov[3][3]))

chi2_=np.sum((fit_func(t,*popt)-N)**2/Fehler_N**2)
dof=len(N)-4 #dof:degrees of freedom, Freiheitsgrad
chi2_red=chi2_/dof
print("chi2=", chi2_)
print("chi2_red=",chi2_red)

from scipy.stats import chi2
prob=round(1-chi2.cdf(chi2_, dof),2)*100
print("Wahrscheinlichkeit=", prob,"%")
print("HLabwertszeit Indium=",thalb, " fehler=", fehler(popt[1], np.sqrt(pcov[1][1]))
#print("Halbwertszeit Ag108=",thalb2)

#a_2 ist litaraturwert
a_1=thalb
a_2=3257.4
da_1=0.6
da_2=fehler(popt[1], np.sqrt(pcov[1][1]))
sigmaab_110 = (np.abs(a_1-a_2))/(np.sqrt(da_1**2+da_2**2))

#ea_1=thalb2
#ea_2=142.92
#eda_1=0.00066
#eda_2=fehler(popt[3], np.sqrt(pcov[3][3]))
#sigmaab_108 = (np.abs(ea_1-ea_2))/(np.sqrt(eda_1**2+eda_2**2))

```

```
print("Sigman110 T12=", sigmaab_110)  
#print("Sigman108 T12=", sigmaab_108)
```

Quellen- und Literaturverzeichnis

- [1] CAPTAIN JONI: *pap1-tex-vorlage*. <https://github.com/captain-joni/pap1-tex-vorlage>. – [Online; Stand 28.08.2024]
- [2] DR. J. WAGNER: *Physikalisches Praktikum 1 für Studierende der Physik B.Sc.* <https://www.physi.uni-heidelberg.de/Einrichtungen/AP/info/Corona/PAP1.pdf>. – [Online; Stand 01/2014]