

702

## **Aktivierung mit Neutronen**

Leander Flottau  
leander.flottau@tu-dortmund.de

Jan Gaschina  
jan.gaschina@tu-dortmund.de

Durchführung: 26.01.2021

Abgabe: 02.02.2021

TU Dortmund – Fakultät Physik

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Zielsetzung</b>	<b>3</b>
<b>2 Theorie</b>	<b>3</b>
2.1 Grundlagen . . . . .	3
2.2 Kernreaktionen mit Neutronen . . . . .	3
2.3 Wirkungsquerschnitt . . . . .	3
2.4 Erzeugung von Neutronen . . . . .	4
2.5 Zerfall radioaktiver Isotope . . . . .	4
2.6 Nulleffekt . . . . .	5
<b>3 Versuchsdurchführung</b>	<b>5</b>
3.1 Versuchsaufbau . . . . .	5
3.2 Messungen . . . . .	6
<b>4 Messwerte</b>	<b>6</b>
<b>5 Fehler</b>	<b>9</b>
<b>6 Auswertung</b>	<b>9</b>
6.1 Der Zerfall von Vanadium . . . . .	9
6.2 Der Zerfall von Rhodium . . . . .	12
<b>7 Diskussion</b>	<b>16</b>
<b>8 Literatur</b>	<b>16</b>
<b>9 Anhang</b>	<b>16</b>

# 1 Zielsetzung

Im vorliegenden Experiment soll Rhodium durch Neutronen-beschuss radioaktiv aktiviert werden, um anschließend die Zerfallsrate bzw. die Halbwertszeit bestimmen zu können.

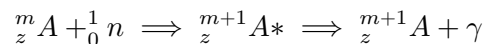
## 2 Theorie

### 2.1 Grundlagen

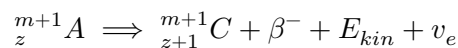
Atomkerne sind nur innerhalb einer bestimmten Anzahl an Neutronen in Relation zu den Protonen stabil. Außerhalb dieses Bereichs zerfällt der Kern unter Aussendung radioaktiver Strahlung und wandelt sich in einen anderen, abhängig vom Ursprungszustand stabilen oder instabilen, Kern um. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein solcher Zerfall stattfindet variiert stark abhängig vom beobachteten Nuklid und lässt sich mithilfe der sogenannten Halbwertszeit beschreiben. Diese ist definiert als die Zeitspanne, in der von einer hinreichend großen Anzahl eines bestimmten radioaktiven Nuklids die Hälfte zerfallen ist. Dies bietet sich an, da der Zerfall asymptotisch verläuft und somit nie den Wert  $N = 0$  erreicht. Vergleichsweise geringe Halbwertszeiten lassen sich am besten messen indem stabile Nuklide mit Neutronen beschossen und dadurch instabil werden, ihre Halbwertszeit kann im Anschluss gemessen werden.

### 2.2 Kernreaktionen mit Neutronen

Wenn ein Neutron in einen Kern A eindringt entsteht ein sogenannter Zwischen- oder Compoundkern  $A^*$ , dessen Energie um die Gesamtenergie des absorbierten Neutrons größer als die des Ausgangskerns A ist. Diese zusätzliche Energie verteilt sich über die Nukleonen und erhöht deren Energiezustand. Dies führt nach ca.  $10^{-16}$  s zur Emission eines  $\gamma$ -Quants, sodass der Kern unter folgender Reaktion in seinen Ursprungszustand zurückkehrt.



Aufgrund des zusätzlichen Neutrons ist dieser Kern instabil und zerfällt unter Emission eines Elektrons zu einem stabilen Kern



( $\nu_e = \text{Antineutrino}$ ).

### 2.3 Wirkungsquerschnitt

Der Wirkungsquerschnitt  $\sigma$  ist eine imaginäre Fläche, die die Wahrscheinlichkeit für das Einfangen eines Neutrons beschreibt. Sie wird so gewählt, dass jedes Neutron, welches auf diese Fläche trifft, vom Nuklid eingefangen werden würde. Die Wahrscheinlichkeit und damit der Wirkungsquerschnitt hängt dabei auch von der Geschwindigkeit des Neutrons ab. Ausgehend davon, dass eine Absorption immer dann Eintritt, wenn die

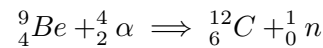
Neutronenenergie der Differenz zweier Energieniveaus von  $A^*$  entspricht, lässt sich der Wirkungsquerschnitt gemäß

$$\sigma(E) = \sigma_0 \sqrt{\frac{E_{ri}}{E}} \frac{c}{(E - E_{ri})^2 + c}$$

mit den Konstanten  $\sigma_0$ ,  $c$  und den Energieniveaus  $E_{ri}$  beschreiben. Daraus folgt, dass der Wirkungsquerschnitt umgekehrt proportional zur Geschwindigkeit ist, was sich darauf zurückführen lässt, dass sich ein langsames Elektron länger im Wirkungsbereich des Nuklids befindet.

## 2.4 Erzeugung von Neutronen

Davon ausgehend bieten sich für experimentelle Untersuchungen niederenergetische Neutronen mit einem dementsprechend hohen Wirkungsquerschnitt an. Diese lassen sich durch Beschuss von Berillium Kernen mit  $\alpha$ -Strahlung gewinnen



Die so erzeugten Neutronen werden gebremst, indem sie durch mehrere Materieschichten geleitet werden und dort einen Anteil ihrer Energie durch elastische Stöße an die Materie abgeben. Da sich für den maximalen Energieübertrag bei einem solchen Stoß möglichst ähnliche Massen am besten eignen, wird als Stoßpartner Paraffin verwendet. Aus diesem Prozess resultieren sogenannte thermische Neutronen mit der benötigten vergleichsweise geringen mittleren Geschwindigkeit von ca. 2.2 km/s.

## 2.5 Zerfall radioaktiver Isotope

Bestimmte Isotope lassen sich wie in Kapitel 2.2 beschrieben durch diese Neutronen Aktivieren und stabilisieren sich unter  $\beta^-$ -Zerfall mit einer Halbwertszeit von einigen Sekunden bis zu einer Stunde. Die Zahl der verbliebenen nicht zerfallenen Kerne  $N$  als Funktion der Zeit lässt sich mithilfe des Zerfallsgesetzes

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad (1)$$

beschreiben. Dabei ist  $\lambda$  die sogenannte Zerfallskonstante und  $N_0$  der Anfangswert, also die Zahl der Kerne zum Zeitpunkt  $t = 0$ . Die Zerfallskonstante hängt von der Wahrscheinlichkeit für den Zerfall ab und steht in direkter Relation zur Halbwertszeit  $T$ . Diese ergibt sich aus  $N(t = T) = N_0/2$  zu

$$T = \frac{\ln(2)}{\lambda} \quad (2)$$

Umgekehrt lässt sich durch Messung von  $T_{1/2}$  die Zerfallskonstante

$$\lambda = \frac{\ln(2)}{T}$$

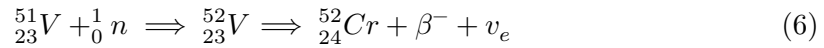
bestimmen. Da die Zahl der nicht zerfallenen Kerne  $N(t)$  ein äußerst schwierig zu erhebender Wert ist, bietet es sich an stattdessen die Zahl der in einem fest definierten Zeitintervall stattfindenden Zerfälle mit einem Zählrohr zu bestimmen. Dieser Wert ergibt sich aus dem Zerfallsgesetz zu

$$N_{\Delta t}(t) = N(t) - N(t + \Delta t) = N_0 e^{-\lambda t} - N_0 e^{-\lambda(t+\Delta t)} \quad (3)$$

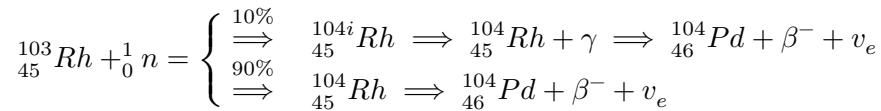
$$N_{\Delta t}(t) = N_0 e^{-\lambda t} (1 - e^{-\lambda \Delta t}) \quad (4)$$

$$\Leftrightarrow \ln(N_{\Delta t}(t)) = -\lambda t + \ln(N_0(1 - e^{-\lambda \Delta t})) \quad (5)$$

Aus der letzten Gleichung kann mithilfe einer linearen Ausgleichsrechnung die Zerfallskonstante bestimmt werden, da  $\ln(N_0(1 - e^{-\lambda \Delta t}))$  nur von konstanten Faktoren abhängt. Für diesen Ansatz ist es wichtig eine passende Messzeit  $\Delta t$  zu wählen, da bei einem zu kleinen Intervall ein großer Messfehler auftritt, wogegen ein großes Intervall eine scheinbare  $\Delta t$  Abhängigkeit von  $\lambda$  vortäuscht und somit zu einem systematischen Messfehler führt. In diesem Experiment wurden Messwerte für zwei verschiedene Isotope aufgenommen. Zum einen wurde Vanadium verwendet, welches gemäß folgender Gleichung



nach dem Neutronen-beschuss unter Emission von  $\beta^-$ -Strahlung zu Chrom zerfällt. Des weiteren wurden Messdaten für Rhodium erhoben, für welches zwei verschiedene Zerfälle mit unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten eintreten



Da das Geiger-Müller-Zählrohr sowohl  $\beta^-$ - als auch  $\gamma$ -Strahlung detektieren kann entspricht die Messrate der Summe beider Zerfälle, die simultan ablaufen. Die Zerfälle besitzen unterschiedliche Halbwertszeiten, sodass nach einer bestimmten Zeitspanne  $t^*$  der kurzlebige Verfall vernachlässigbar klein wird und nur noch der langlebige Zerfall verbleibt. Für diesen kann (für  $t > t^*$ ) die Zerfallskonstante bestimmt werden. Anschließend kann die aus dieser Konstante berechnete Zahl an Zerfällen für  $t < t^*$  von der Gesamtaktivität abgezogen werden um den anderen Zerfall zu erhalten.

## 2.6 Nulleffekt

Aufgrund diverser natürlicher Phänomene existiert ein Grundwert für Strahlung der als Nulleffekt bezeichnet wird. Um exakte Messwerte zu erhalten muss zunächst der Nulleffekt gemessen und anschließend von späteren Messungen abgezogen werden.

## 3 Versuchsdurchführung

### 3.1 Versuchsaufbau

Für den Versuch wurde eine Anordnung entsprechend der Darstellung verwendet. Das Zählrohr wird hinter einer Blei-Abschirmung platziert um den Einfluss des Nulleffektes zu

minimieren. Die vom Zählrohr registrierten Impulse werden an einen Zähler weitergeleitet, an welchem das gewünschte Messintervall  $\Delta t$  eingestellt werden kann. Er besitzt zwei Anzeigevorrichtungen, zwischen denen nach  $\Delta t$  umgeschaltet wird, sodass zu jedem Zeitpunkt eine der Anzeigen zählt und die jeweils andere das Ergebnis des vorangegangenen Zeitintervalls anzeigt.



Abbildung 1: Versuchsaufbau, Quelle:1.

### 3.2 Messungen

Zunächst wurde der Nulleffekt gemessen, wobei ein großes Zeitintervall von  $\Delta t = 300$  s verwendet wurde, um den Messfehler zu minimieren.

Anschließend wurden Messwerte für das Vanadium direkt nach Aktivierung der Probe erhoben, dabei wurde als Zeitintervall  $\Delta t = 30$  s gewählt. Eine analoge Messung wurde für Rhodium durchgeführt, jedoch mit einer Messzeit von  $\Delta t = 15$  s.

## 4 Messwerte

In diesem Kapitel sind alle Messwerte und deren Umrechnungen aufgeführt. Die Originalmesswerte sind im Anhang Abschnitt 9 zu finden.

**Tabelle 1:** Zerfallszahlen Vanadium mit Poisson-Fehler

$t[s]$	$N[\text{Imp}/30s]$
30,000	189.000 $\pm 13.748$
60,000	197.000 $\pm 14.036$
90,000	150.000 $\pm 12.247$
120,000	159.000 $\pm 12.610$
150,000	155.000 $\pm 12.450$
180,000	132.000 $\pm 11.489$
210,000	117.000 $\pm 10.817$
240,000	107.000 $\pm 10.344$
270,000	94.000 $\pm 9.695$
300,000	100.000 $\pm 10.000$
330,000	79.000 $\pm 8.888$
360,000	69.000 $\pm 8.307$
390,000	81.000 $\pm 9.000$
420,000	46.000 $\pm 6.782$
450,000	49.000 $\pm 7.000$
480,000	61.000 $\pm 7.810$
510,000	56.000 $\pm 7.483$
540,000	40.000 $\pm 6.325$
570,000	45.000 $\pm 6.708$
600,000	32.000 $\pm 5.657$
630,000	27.000 $\pm 5.196$
660,000	43.000 $\pm 6.557$
690,000	35.000 $\pm 5.916$
720,000	19.000 $\pm 4.359$
750,000	28.000 $\pm 5.292$
780,000	27.000 $\pm 5.196$
810,000	36.000 $\pm 6.000$
840,000	25.000 $\pm 5.000$
870,000	29.000 $\pm 5.385$
900,000	18.000 $\pm 4.243$
930,000	17.000 $\pm 4.123$
960,000	24.000 $\pm 4.899$
990,000	21.000 $\pm 4.583$
1020,000	25.000 $\pm 5.000$
1050,000	21.000 $\pm 4.583$
1080,000	24.000 $\pm 4.899$
1110,000	25.000 $\pm 5.000$
1140,000	17.000 $\pm 4.123$
1170,000	20.000 $\pm 4.472$
1200,000	19.000 $\pm 4.359$
1230,000	20.000 $\pm 4.472$
1260,000	18.000 $\pm 4.243$
1290,000	16.000 $\pm 4.000$
1320,000	17.000 $\pm 4.123$

**Tabelle 2:** Zerfallszahlen Rhodium mit Poisson-Fehler

$t[s]$	$N[\text{Imp}/15s]$
15,000	667.000 $\pm 25.826$
30,000	585.000 $\pm 24.187$
45,000	474.000 $\pm 21.772$
60,000	399.000 $\pm 19.975$
75,000	304.000 $\pm 17.436$
90,000	253.000 $\pm 15.906$
105,000	213.000 $\pm 14.595$
120,000	173.000 $\pm 13.153$
135,000	152.000 $\pm 12.329$
150,000	126.000 $\pm 11.225$
165,000	111.000 $\pm 10.536$
180,000	92.000 $\pm 9.592$
195,000	79.000 $\pm 8.888$
210,000	74.000 $\pm 8.602$
225,000	60.000 $\pm 7.746$
240,000	52.000 $\pm 7.211$
255,000	56.000 $\pm 7.483$
270,000	53.000 $\pm 7.280$
285,000	41.000 $\pm 6.403$
300,000	36.000 $\pm 6.000$
315,000	37.000 $\pm 6.083$
330,000	32.000 $\pm 5.657$
345,000	36.000 $\pm 6.000$
360,000	38.000 $\pm 6.164$
375,000	34.000 $\pm 5.831$
390,000	40.000 $\pm 6.325$
405,000	21.000 $\pm 4.583$
420,000	35.000 $\pm 5.916$
435,000	33.000 $\pm 5.745$
450,000	36.000 $\pm 6.000$
465,000	20.000 $\pm 4.472$
480,000	24.000 $\pm 4.899$
495,000	30.000 $\pm 5.477$
510,000	30.000 $\pm 5.477$
525,000	26.000 $\pm 5.099$
540,000	28.000 $\pm 5.292$
555,000	23.000 $\pm 4.796$
570,000	20.000 $\pm 4.472$
585,000	28.000 $\pm 5.292$
600,000	17.000 $\pm 4.123$
615,000	26.000 $\pm 5.099$
630,000	19.000 $\pm 4.359$
645,000	13.000 $\pm 3.606$
660,000	17.000 $\pm 4.123$



## 5 Fehler

Der Mittelwert:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=0} x_i \quad (7)$$

Die Standardabweichung:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (8)$$

Der Fehler des Mittelwertes:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (9)$$

Die Poissonverteilung:

$$\Delta N = \sqrt{N} \quad (10)$$

Die Gaußsche Fehlerfortpflanzung:

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)^2 \sigma_{x_1}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2}\right)^2 \sigma_{x_2}^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n}\right)^2 \sigma_{x_n}^2} \quad (11)$$

## 6 Auswertung

In diesem Kapitel werden die aufgenommenen Messwerte ausgewertet.

### 6.1 Der Zerfall von Vanadium

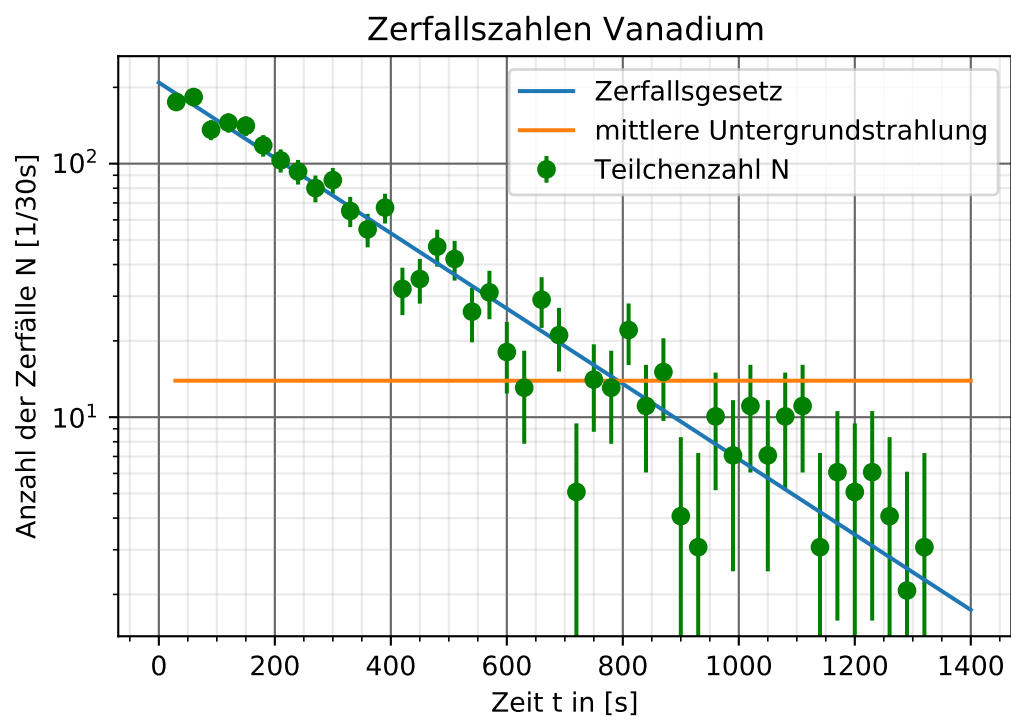
Die Untergrundstrahlung beläuft sich auf  $13.9 \pm 0.4$  also etwa 14 Zerfälle in einem Zeitintervall von  $\Delta t = 30$  s. Diese wurde von der Gemessenen Strahlung abgezogen anschließend wird eine Kurve nach ??eq;) an die Messwerte angepasst. Daraus ergeben sich diese Werte für  $\lambda$  und  $N_0$ :

$$\begin{aligned} \lambda_V &= 0.003 \pm 0.00 \\ N_0 &= 2141.834 \pm 48.628 \end{aligned}$$

Die Anzahl der noch nicht zerfallenen Kerne wird nach Gleichung 1 beschrieben mit:

$$N(t) = (2141.834 \pm 48.628) e^{-0.003 \frac{1}{s} t}$$

Im nachstehenden Plot Abbildung 2 sind die Zerfallszahlen ohne Untergrundstrahlung mit zugehörigem Fehler nach Gleichung 10, die Untergrundstrahlung und das angepasste Zerfallsgesetz dargestellt:



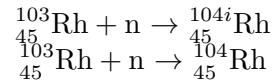
**Abbildung 2:** Zerfall von Vanadium

**Tabelle 3:** Zerfallszahlen Vanadium mit Poisson-Fehler ohne Untergrundstrahlung

$t[s]$	$N[\text{Imp}/30s]$
30,000	175.071 $\pm$ 13.755
60,000	183.071 $\pm$ 14.043
90,000	136.071 $\pm$ 12.256
120,000	145.071 $\pm$ 12.617
150,000	141.071 $\pm$ 12.458
180,000	118.071 $\pm$ 11.498
210,000	103.071 $\pm$ 10.826
240,000	93.071 $\pm$ 10.354
270,000	80.071 $\pm$ 9.706
300,000	86.071 $\pm$ 10.010
330,000	65.071 $\pm$ 8.899
360,000	55.071 $\pm$ 8.319
390,000	67.071 $\pm$ 9.011
420,000	32.071 $\pm$ 6.797
450,000	35.071 $\pm$ 7.014
480,000	47.071 $\pm$ 7.823
510,000	42.071 $\pm$ 7.497
540,000	26.071 $\pm$ 6.340
570,000	31.071 $\pm$ 6.723
600,000	18.071 $\pm$ 5.674
630,000	13.071 $\pm$ 5.215
660,000	29.071 $\pm$ 6.573
690,000	21.071 $\pm$ 5.933
720,000	5.071 $\pm$ 4.382
750,000	14.071 $\pm$ 5.310
780,000	13.071 $\pm$ 5.215
810,000	22.071 $\pm$ 6.017
840,000	11.071 $\pm$ 5.020
870,000	15.071 $\pm$ 5.404
900,000	4.071 $\pm$ 4.266
930,000	3.071 $\pm$ 4.147
960,000	10.071 $\pm$ 4.919
990,000	7.071 $\pm$ 4.604
1020,000	11.071 $\pm$ 5.020
1050,000	7.071 $\pm$ 4.604
1080,000	10.071 $\pm$ 4.919
1110,000	11.071 $\pm$ 5.020
1140,000	3.071 $\pm$ 4.147
1170,000	6.071 $\pm$ 4.494
1200,000	5.071 $\pm$ 4.382
1230,000	6.071 $\pm$ 4.494
1260,000	4.071 $\pm$ 4.266
1290,000	2.071 $\pm$ 4.025
1320,000	3.071 $\pm$ 4.147

## 6.2 Der Zerfall von Rhodium

Die Untergrundstrahlung beläuft sich auf  $6.96 \pm 0.22$  also etwa 7 Zerfälle in einem Zeitintervall von  $\Delta t = 15$  s. Diese wird von der gemessenen Gesamtstrahlung subtrahiert und die Ergebnisse im folgenden Diagramm Abbildung 1 mit den nach Gleichung 10 berechneten Fehlern dargestellt. Da Rhodium auf zwei Arten zerfällt:



wird analog zu Unterabschnitt 6.1 zunächst an den bedeutend langsameren Zerfall, der sich anhand der Steigungsänderung identifizieren lässt angepasst. Anschließend wird die Anzahl der zerfälle zurückgerechnet und von der gesamten Messreihe abgezogen. Das Resultat ist der Verlauf des schnelleren Zerfalls der in ?? zu sehen ist.

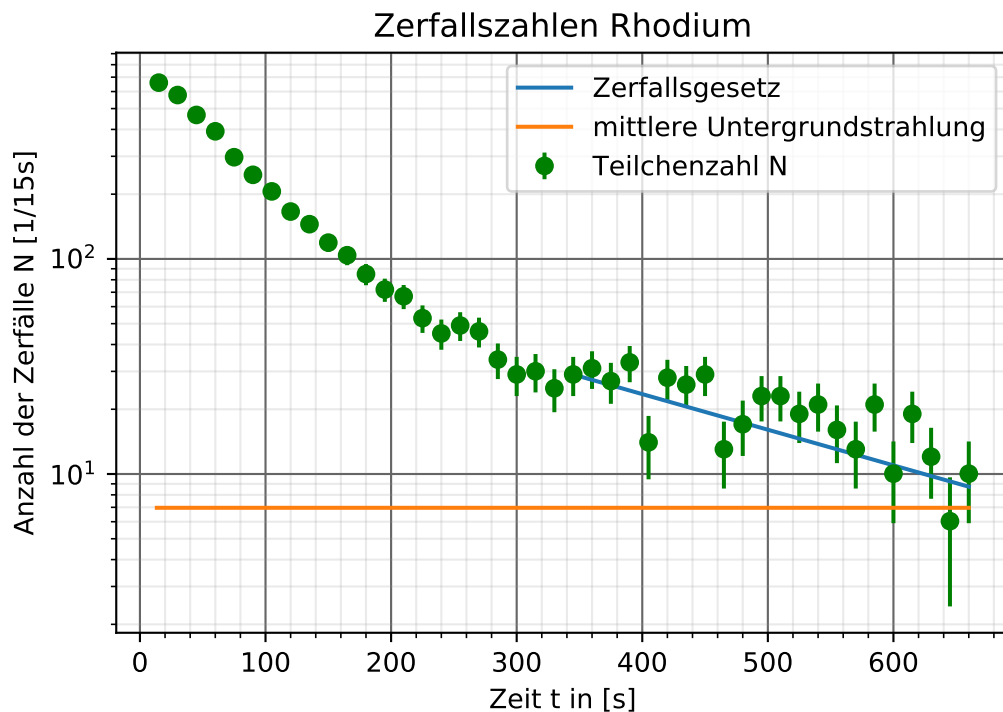


Abbildung 3: Zerfall von Rhodium

An diese ?? Messreihe kann dann erneut das Zerfallsgesetz nach Gleichung 4 angepasst werden.

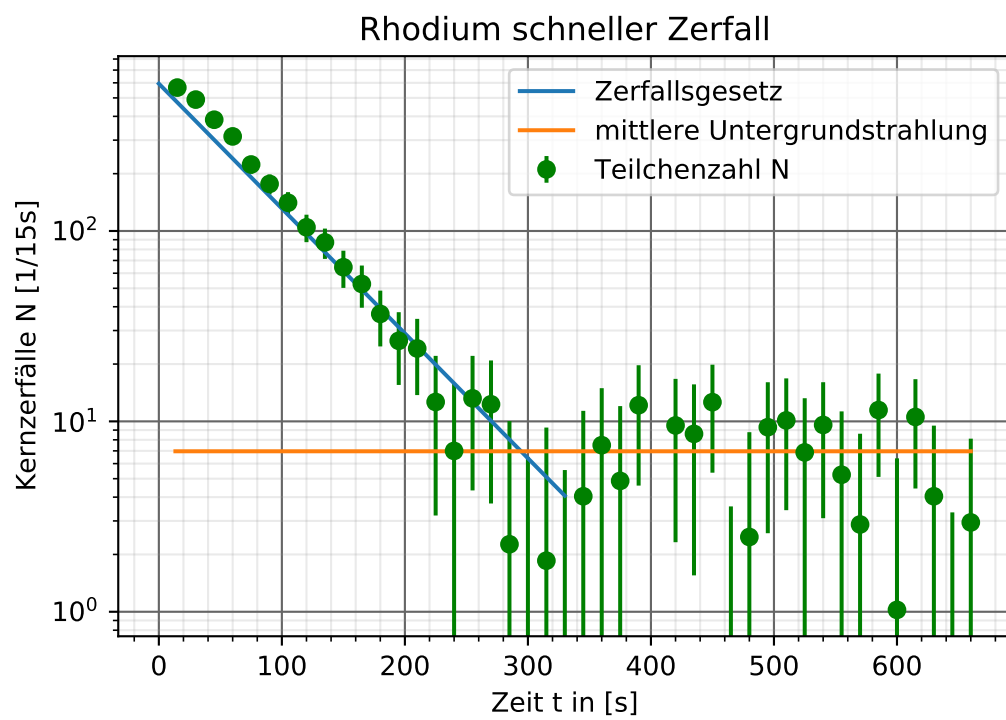
Es ergibt sich also Zerfallsvorschrift:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

mit folgenden Werten für den langsameren Zerfall:

**Tabelle 4:** Zerfallszahlen Rhodium mit Poisson-Fehler

$t[s]$	$N[\text{Imp}/30s]$
15,000	$660.036 \pm 25.827$
30,000	$578.036 \pm 24.188$
45,000	$467.036 \pm 21.773$
60,000	$392.036 \pm 19.976$
75,000	$297.036 \pm 17.437$
90,000	$246.036 \pm 15.908$
105,000	$206.036 \pm 14.596$
120,000	$166.036 \pm 13.155$
135,000	$145.036 \pm 12.331$
150,000	$119.036 \pm 11.227$
165,000	$104.036 \pm 10.538$
180,000	$85.036 \pm 9.594$
195,000	$72.036 \pm 8.891$
210,000	$67.036 \pm 8.605$
225,000	$53.036 \pm 7.749$
240,000	$45.036 \pm 7.215$
255,000	$49.036 \pm 7.487$
270,000	$46.036 \pm 7.284$
285,000	$34.036 \pm 6.407$
300,000	$29.036 \pm 6.004$
315,000	$30.036 \pm 6.087$
330,000	$25.036 \pm 5.661$
345,000	$29.036 \pm 6.004$
360,000	$31.036 \pm 6.168$
375,000	$27.036 \pm 5.835$
390,000	$33.036 \pm 6.328$
405,000	$14.036 \pm 4.588$
420,000	$28.036 \pm 5.920$
435,000	$26.036 \pm 5.749$
450,000	$29.036 \pm 6.004$
465,000	$13.036 \pm 4.478$
480,000	$17.036 \pm 4.904$
495,000	$23.036 \pm 5.482$
510,000	$23.036 \pm 5.482$
525,000	$19.036 \pm 5.104$
540,000	$21.036 \pm 5.296$
555,000	$16.036 \pm 4.801$
570,000	$13.036 \pm 4.478$
585,000	$21.036 \pm 5.296$
600,000	$10.036 \pm 4.129$
615,000	$19.036 \pm 5.104$
630,000	$12.036 \pm 4.365$
645,000	$6.036 \pm 3.612$
660,000	$10.036 \pm 4.129$



**Abbildung 4:** Schneller Zerfall von Rhodium

**Tabelle 5:** Zerfall Rhodium ohne langsamen Zerfall mit Poisson-Fehler

$t[s]$	$N[\text{Imp}/30s]$
15,000	$566.472 \pm 35.689$
30,000	$489.921 \pm 32.739$
45,000	$384.052 \pm 29.384$
60,000	$313.885 \pm 26.638$
75,000	$223.436 \pm 23.473$
90,000	$176.722 \pm 21.190$
105,000	$140.759 \pm 19.191$
120,000	$104.560 \pm 17.204$
135,000	$87.140 \pm 15.796$
150,000	$64.512 \pm 14.268$
165,000	$52.687 \pm 13.156$
180,000	$36.677 \pm 11.922$
195,000	$26.493 \pm 10.957$
210,000	$24.146 \pm 10.402$
225,000	$12.643 \pm 9.440$
240,000	$6.996 \pm 8.797$
255,000	$13.211 \pm 8.872$
270,000	$12.297 \pm 8.593$
285,000	$2.262 \pm 7.781$
300,000	$-0.888 \pm 7.394$
315,000	$1.855 \pm 7.424$
330,000	$-1.504 \pm 7.054$
345,000	$4.042 \pm 7.317$
360,000	$7.497 \pm 7.442$
375,000	$4.868 \pm 7.160$
390,000	$12.159 \pm 7.560$
405,000	$-5.625 \pm 6.166$
420,000	$9.520 \pm 7.200$
435,000	$8.598 \pm 7.045$
450,000	$12.613 \pm 7.237$
465,000	$-2.430 \pm 6.006$
480,000	$2.470 \pm 6.303$
495,000	$9.319 \pm 6.733$
510,000	$10.117 \pm 6.701$
525,000	$6.870 \pm 6.360$
540,000	$9.578 \pm 6.478$
555,000	$5.245 \pm 6.038$
570,000	$2.874 \pm 5.738$
585,000	$11.466 \pm 6.355$
600,000	$1.023 \pm 5.371$
615,000	$10.548 \pm 6.108$
630,000	$4.042 \pm 5.455$
645,000	$-1.492 \pm 4.819$
660,000	$2.946 \pm 5.166$

$$\lambda_{Rh1} = 0.004 \pm 0.001$$

$$N_{01} = 1944.551 \pm 349.657$$

und diesen Werten für den schnellen Zerfall:

$$\lambda_{Rh2} = 0.015 \pm 0.000$$

$$N_{02} = 2930.865 \pm 48.629$$

## 7 Diskussion

In diesem Versuch sollten die Zerfallskonstanten  $\lambda$  des Zerfalls von  $^{51}_{23}\text{V}$  und den beiden Zerfällen von  $^{103}_{45}\text{Rh}$  ermittelt werden. Dazu wurde an die mittels Geiger-Müller-Zählrohr ermittelten Zerfallszahlen das Zerfallsgesetz angepasst. Auf diese Weise wurde zunächst die Zerfallskonstante von Vanadium bestimmt, sie beläuft sich auf:  $0.003\frac{1}{s}$  der Literaturwert liegt bei  $0.003086\frac{1}{s}$  und weicht damit nur um etwa 2,8% von der errechneten Größe ab. Die Zerfallskonstante für den langsamen Rhodium-Zerfall liegt der Berechnung nach bei  $\lambda_{Rh1} = 0.004 \pm 0.001\frac{1}{s}$  für den schnelleren bei  $\lambda_{Rh2} = 0.015\frac{1}{s}$ . Es konnte in der Literatur nur ein Wert für die Zerfallskonstante ermittelt werden sie liegt demnach bei  $0.01639\frac{1}{s}$ , was einer Abweichung von mindesten 9,3% entspricht. Die sehr kleine Abweichung beim Vanadium kann leicht durch Verfälschungen durch die Untergrundstrahlung erklärt werden welche zwar im Vorhinein ausgemessen wurde jedoch nur als gemittelte Größe von den späteren Messungen der Kernreaktion an sich abgezogen wurde. Es können also keine genauen Aussagen zur Untergrundstrahlung während der Messung getroffen werden. Die selben Gründe können für den großen Fehler bei der Messung der Rhodium Zerfallskonstanten aufgeführt werden. Hier ist allerdings auch zu beachten das der schnelle Zerfall nach kurzer Zeit weitgehend, aber nicht vollständig abgeschlossen ist und so das Ergebnis für den langsamen Zerfall verfälscht. Da das Ergebnis für den schnellen Zerfall allerdings vom Ergebnis für den langsamen Zerfall abhängt führt dieser Umstand auch zu einer Verfälschung des Messergebnisses. Eine weitere Problematik besteht darin, das es beim langsamen Zerfall bedeutend weniger Zerfälle gibt sodas viel davon im Untergrund verschwindet und zu großen Ungenauigkeiten führt. Als Resultat kann gesagt werden das die Messung der Vanadium-Zerfallskonstante sehr gut funktioniert hat, während die der Rhodium-Zerfallskonstante nur ausreichte um die Größenordnung festzustellen.

## 8 Literatur

1. TU-Dortmund, V702 Aktivierung mit Neutronen
2. <http://www.periodensystem-online.de/> (01.02.2021) - Die Zerfallskonstanten

## 9 Anhang

Auf den folgenden Seiten finden sich die Originalmesswerte.