

# **V500 Käsekuchenmuffins**

Katharina Brägelmann      Tobias Janßen  
katharina.braegelmann@tu-dortmund.de  
tobias2.janssen@tu-dortmund.de

Durchführung: 22. November 2017, Abgabe: 23. November 2017

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Zielsetzung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Theorie</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Aufbau und Durchführung</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Auswertung</b>	<b>5</b>
4.1	Einregeln der optimalen Verzögerungszeit . . . . .	5
4.2	Kalibrierung des Multi-Channel-Analysers . . . . .	6
4.3	Messung der Lebensdauer . . . . .	8
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>10</b>

## **1 Zielsetzung**

Hier könnte Ihre Werbung stehen.

## **2 Theorie**

Hier könnte Ihre Werbung stehen.

### **3 Aufbau und Durchführung**

Hier könnte Ihre Werbung stehen.

## 4 Auswertung

### 4.1 Einregeln der optimalen Verzögerungszeit

Da die Leitungen von den SEV zur Koinzidenzschaltung nicht zwingend gleich schnell sind, wird die Verzögerung zwischen den beiden Seiten optimiert. Die Verzögerungszeit kann in beiden Leitungen separat erhöht werden, indem Kabel mit definierten Verzögerungen zugeschaltet werden. Eine Verzögerung bei der einen Kabelleitung bewirkt eine relative 'Beschleunigung' der anderen Kabelleitung. Die Zählrate  $N$  wird in Abhängigkeit verschiedener Verzögerungszeiten  $T_{VZ}$  gemessen (Tabelle 1, Abbildung 1).

Tabelle 1: Messdaten zur Optimierung der Verzögerungszeit der Kabel

$T_{VZ}/10^{-9}s$	N	$T_{VZ}/10^{-9}s$	N
-32	2	-2	227
-30	8	0	208
-28	15	2	216
-26	55	4	217
-24	75	6	214
-22	141	8	212
-20	168	10	200
-18	185	12	194
-16	198	14	189
-14	196	16	161
-12	180	18	97
-10	214	20	84
-8	189	22	38
-6	189	24	4
-4	197	-	-

Es wird eine Ausgleichsrechnung der Form

$$N = -a (T_{VZ} + \Delta T_{VZ})^4 + N_{\max}$$

mit Python 3.6.3 vorgenommen. Die Parameter ergeben sich zu

$$\begin{aligned} a &= (4,8215 \pm 0,2361) \cdot 10^{32} \frac{1}{s^4} \\ \Delta T_{VZ} &= (2,0854 \pm 0,2292) \cdot 10^{-9} s \\ N_{\max} &= 208,0012 \pm 3,5037. \end{aligned}$$

Dabei beschreibt  $\Delta T_{VZ}$  die seitliche Verschiebung des Maximums und damit den Wert, der fortan als Verzögerung der Leitung gewählt wird. Damit sind die Signale aus den SEV annähernd gleichzeitig an der Koinzidenzschaltung.  $N_{\max}$  ist die berechnete maximale

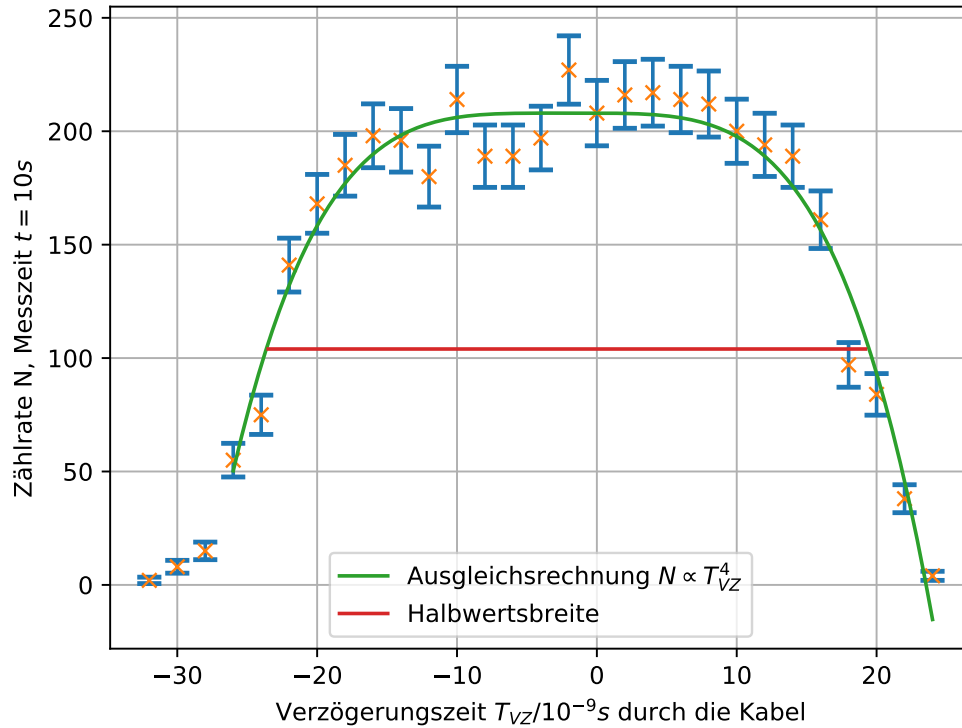


Abbildung 1: Optimierung der Verzögerungszeit: Verzögerungszeit  $T_{VZ}$  gegen die Zählrate  $N$

Zählrate.

Desweiteren wird die Halbwertsbreite der Zählrate bestimmt. Die Halbwertsbreite ist im Diagramm durch eine Konstante bei  $\frac{N_{\max}}{2} = 104,0006$  dargestellt. Die Halbwertsbreite wird als

$$w_{N/2} = 42,7 \cdot 10^{-9} \text{ s}$$

genähert.

## 4.2 Kalibrierung des Multi-Channel-Analysers

Um vom Channel des Multi-Channel-Analysers auf die zugehörige Zeit zwischen den Impulsen schließen zu können, wird der Multi-Channel-Analyser kalibriert. Die Channel werden in Abhängigkeit des zeitlichen Abstands der Signale vom Doppelimpulsgenerator gemessen (Tabelle 2, Abbildung 2).

Die lineare Regression hat die Form

$$\Delta t = b \cdot C + \Delta t_0$$

Tabelle 2: Messdaten zu Kalibrierung des Multi-Channel-Analysers

Channel	$\Delta t / 10^{-6} s$	Channel	$\Delta t / 10^{-6} s$
24	1407	247	1680
46	1561	270	1555
69	1400	292	1608
91	1294	315	1384
113	1298	337	1952
136	1034	359	1880
158	1502	382	2008
180	1336	404	2088
203	1700	427	2024
225	1644	445	3384

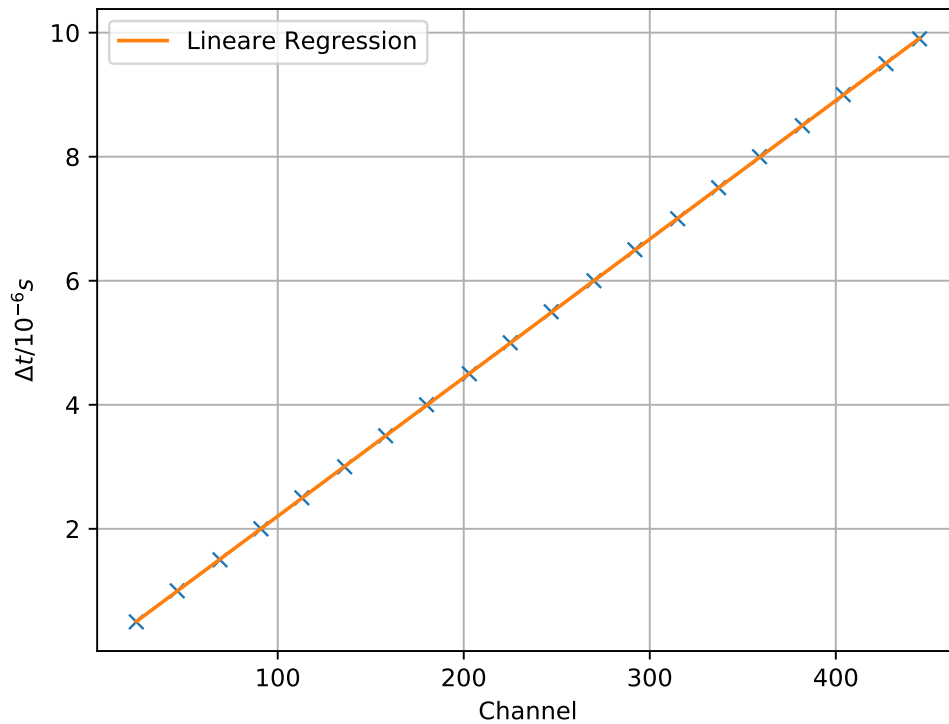


Abbildung 2: Kalibrierung des Multi-Channel-Analysers: Zeitlicher Abstand des Doppelimpulses  $\Delta t$  gegen den zugehörigen Channel

und ergibt die folgenden Parameter:

$$b = (2,2341 \pm 0,0013) \cdot 10^{-8} \frac{s}{\text{Channel}}$$

$$\Delta t_0 = (-3,0805 \pm 0,3453) \cdot 10^{-8} s.$$

Mit diesen  $b$  und  $\Delta t_0$  wird im folgenden aus dem Channel die jeweilige Lebensdauer berechnet.

### 4.3 Messung der Lebensdauer

Die Messdaten zur Lebensdauern der Myonen sind in Abbildung 3 aufgetragen. Die

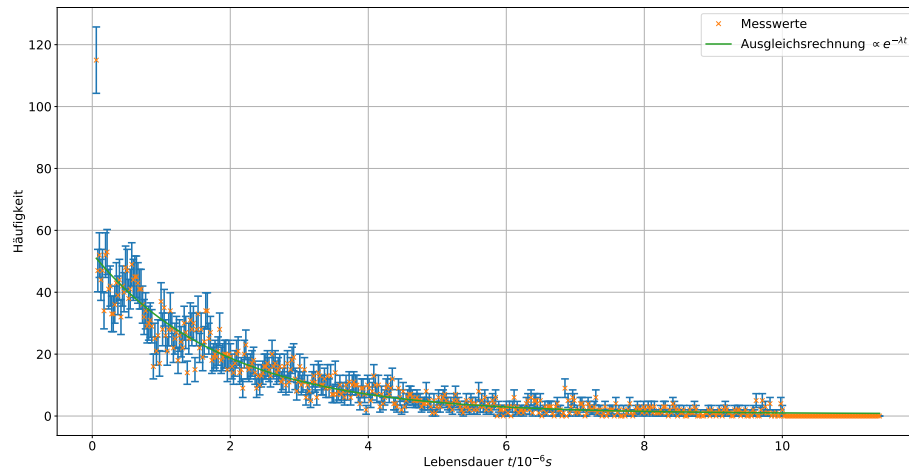


Abbildung 3: Häufigkeit der Myonenzerfälle in Abhängigkeit ihrer Lebensdauer

Ausgleichsrechnung der Form

$$N = N_0 \exp(-\lambda t) + U_{0,\text{exp}}$$

bringt die Parameter

$$\begin{aligned} N_0 &= 51,8101 \pm 0,9677 \\ \lambda &= (0,528\,20 \pm 0,018\,64) \cdot 10^6 \frac{1}{\text{s}} \\ U_{0,\text{exp}} &= 0,7406 \pm 0,3145. \end{aligned}$$

Aus dem Parameter  $\lambda$  wird die Lebensdauer  $\tau$  bestimmt:

$$\tau_{\text{exp}} = \frac{1}{\lambda} = 1,8932 \cdot 10^{-6} \text{ s.}$$



Der Parameter  $U_{0,exp}$  entspricht der gemessenen Untergrundrate. Die Untergrundrate wird auch auf anderem Weg berechnet. Hier werden weitere Größen der Messung benötigt:

Gesamte Messzeit	$T_G = 73\,966\text{ s}$
Suchzeit	$T_S = 10 \cdot 10^{-6}\text{ s}$
Zählrate Start	$N_{\text{Start}} = 1\,397\,196$
Zählrate Stop	$N_{\text{Stop}} = 4719$

Hierzu wird berechnet, wie viele Myonen  $N_S$  pro Suchzeit  $T_S$  in die Apparatur kommen. Der Fehler wird als Poissonfehler berechnet.

$$N_S = T_S \frac{N_{\text{Start}} \pm \sqrt{N_{\text{Start}}}}{T_G} = 0,000\,188\,897\,060\,811\,724\,33 \pm 0,000\,137\,439\,827\,129\,000\,00.$$

Mit dieser Zählrate wird die Wahrscheinlichkeit  $P$  berechnet, dass sich genau ein Myon in der Apparatur befindet.

$$P(1) = N_S \exp(-N_S) = 0,000\,188\,861\,382\,082 \pm 0,000\,137\,426\,846\,752.$$

Die Untergrundrate berechnet sich dann mit der Anzahl der einbezogenen Channel  $C = 508$  durch

$$U_{0,theo} = P(1) \frac{N_{\text{Start}} \pm \sqrt{N_{\text{Start}}}}{C} = 0,519\,441\,668\,502\,838\,7 \pm 0,227\,912\,629\,861\,000\,0.$$

## 5 Diskussion

Initial lässt sich sagen, dass der Versuch gut verlaufen ist. Alle gemessenen Werte sind in der passenden Größenordnung. Zum Vergleich der Werte wird die relative Abweichung berechnet durch:

$$f = \frac{x_{\text{exp}} - x_{\text{theo}}}{x_{\text{theo}}}.$$

Die Lebensdauer der Myonen wird als  $\tau_{\text{exp}}$  gemessen und mit dem Literaturwert  $\tau_{\text{theo}}$  [1] verglichen.

$$\begin{aligned}\tau_{\text{exp}} &= 1,8932 \cdot 10^{-6} \text{ s} \\ \tau_{\text{theo}} &= 2,199 \cdot 10^{-6} \text{ s} \\ f_{\tau} &= 13,91 \%\end{aligned}$$

Die Abweichung der Lebensdauern lässt sich unter anderem durch folgendes erklären. In die Messapparatur werden mehrere Bauteile gebaut um die Messung genauer zu gestalten. So wird die Messung über zwei Photokathoden und zwei SEV an dem Szintillatortank gemacht. Das Auftrennen und wieder Zusammenführen der beiden Signale über die AND-Gatter selektiert die Signale zugunsten der Signale der einzelnen, im Tank zerfallenden, Myonen. Dennoch kann durch den Aufbau der Messung das Auftreten zweier fast hochenergetischer Myonen mit dem passenden zeitlichen Abstand des Eintritts in den Szintillatortanks nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Die Untergrundrate ergibt sich als  $U_{0,\text{exp}}$  aus den Fitparametern und wird mit dem theoretischen, berechneten Wert  $U_{0,\text{theo}}$  verglichen:

$$\begin{aligned}U_{0,\text{exp}} &= 0,7406 \pm 0,3145 \\ U_{0,\text{theo}} &= 0,519\,441\,668\,502\,838\,7 \pm 0,720\,723\,017\,881\,000\,0 \\ f_U &= 42,58 \%\end{aligned}$$

Die Abweichung der Untergrundrate ist unerwartet groß. Auffällig ist außerdem die große Differenz der Zählwerke:

$$\begin{aligned}\text{Zählrate Start} & N_{\text{Start}} = 1\,397\,196 \\ \text{Zählrate Stop} & N_{\text{Stop}} = 4719 \\ \text{Differenz} & \Delta N = 1\,392\,477.\end{aligned}$$

Zwischen dem TAC und dem MCA gehen 99,66 % der Startsignale verloren. Eine mögliche Erklärung ist, dass der Multichannelanalyser eine zu geringe Auflösung hat und sehr geringe Zeitabstände zwischen dem Start- und dem Stoppsignal nicht darstellen kann. Außerdem wird die theoretische Untergrundrate nur durch die Zählrate der Startsignale berechnet, während der experimentelle Wert durch die Signale berechnet wird, bei denen sowohl Start- und Stoppsignal vorhanden sind.

## Literatur

- [1] Wolfgang Demtröder. *Experimentalpyhsik 4*. Bd. 4: *Kern-, Teilchen- und Astrophysik*. Springer Spektrum. Berlin Heidelberg, 2014. Kap. 7.2.1 Lebensdauer des Pions, Tabelle 7.2: Charakteristische Daten einiger Teilchen.