

Versuch 01

Lebensdauer kosmischer Myonen

Jonah Nitschke
lejonah@web.de

Sebastian Pape
sepa@gmx.de

Durchführung: 22.11.2017
Abgabe: 26. November 2017

1 Auswertung

In dem folgenden Abschnitt sollen mithilfe der aufgenommenen Daten die Lebensdauer der Myonen bestimmt werden. Die Fehlerberechnung wird im folgenden mit dem Package *uncertainties* in *Python* durchgeführt. Da die Werte bei Berechnung des Plateaus sowie Ermittlung der Lebensdauer Fehlerbehaftet sind, wird für die Regression ein gewichteter Fit mit der Funktion *curve_fit* durchgeführt.

1.1 Einstellung der Verzögerungszeit

Um die abgegebenen Signale der Koinzidenzapparatur zu maximieren, wird während der Kalibrierung des Versuches die Verzögerungszeit T_{VZ} variiert. Die am Ausgang der Apparatur gemessene Anzahl an Signalen wird in Tabelle 1 wiedergegeben und ist in Abbildung 1 graphisch dargestellt. In den interessanteren Bereichen wurden mehrere Messwerte genommen, allerdings ist in Tabelle 1 immer nur der gemittelte Wert eingetragen. Die jeweiligen Zeiten sind mit einem Sternchen markiert. Ein negatives Vorzeichen bei der Verzögerungszeit entspricht einer Verzögerung bei dem linken SEV und ein positives Vorzeichen dementsprechend einer Verzögerung bei dem rechten SEV. Da es sich um eine Anzahl handelt, sind die Zahlen auf die 1er Potenz gerundet. Als Fehler wird für den Wert n immer \sqrt{n} angenommen.

Tabelle 1: Messwerte bei Einstellung der Verzögerungszeit.

T_{VZ} in ns	$N(T_{VZ}) \pm \Delta N$	T_{VZ} in ns	$N(T_{VZ}) \pm \Delta N$
-24	6 ± 2	0*	177 ± 8
-22	2 ± 1	1*	175 ± 7
-20	12 ± 3	2*	176 ± 7
-18	10 ± 3	4*	181 ± 7
-16	37 ± 6	6*	179 ± 7
-14	54 ± 7	8*	168 ± 6
-12	86 ± 9	10	140 ± 12
-10*	129 ± 8	12	120 ± 11
-8*	152 ± 6	14	63 ± 8
-6*	166 ± 6	16	40 ± 6
-4*	172 ± 7	18	0 ± 0
-2*	173 ± 7	20	0 ± 0
-1*	181 ± 8	0	0

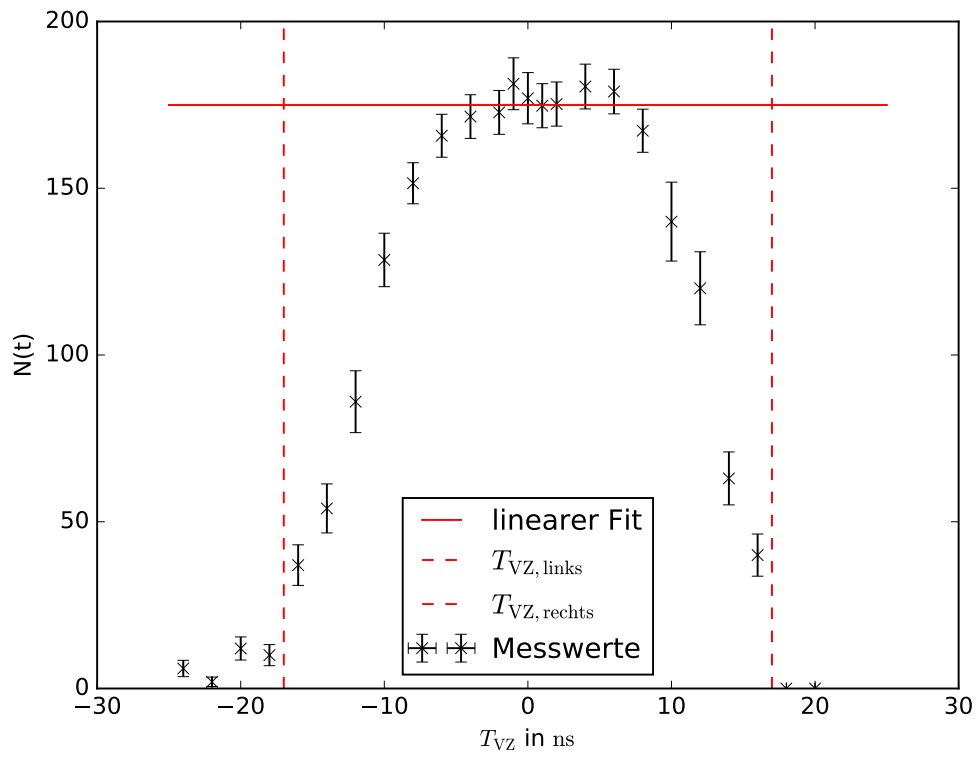


Abbildung 1: Plateau für die Impulsrate bei varrierter Verzögerungszeit.

$$N(T_{VZ}) = 0 \cdot T_{VZ} + N_{\max} \quad (1)$$

Durch die Werte im Intervall $T_{VZ} \in \{-6, 8\}$ wird ein linearer Fit ohne Steigung gelegt, so dass sich gemäß Formel (1) ein Maximalwert von $N_{\max} = (174 \pm 2)$ Impulsen pro Sekunde ergibt.

In Abbildung 1 ist erkenntlich, dass sich das Plateau über eine Verzögerungszeit von ca. 34ns erstreckt, also ungefähr der doppelten Breite der Impulslängen der einzelnen Impulse.

1.2 Kalibrierung des Vielkanalanalysators

Im nächsten Abschnitt wird die Kalibrierung des Vielkanalanalysators ausgewertet. Die gemessenen Werte sind in Tabelle 2 eingetragen. Δt_{DI} gibt dabei den am Doppelimpuls-generator eingestellten zeitlichen Abstand an.

Tabelle 2: Belegte Kanäle bei der Kalibrierung mit eingestellttem Doppelpulsabstand.

Δt_{DI} in ns	0.3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kanal	14	45*/46	90	135	179*/180	224	269	314	358/359*	403	444

Bei einigen Abständen wurden mehrere Kanäle belegt. Eigentlich muss hierfür eine Fehlerrechnung durchgeführt werden, im folgenden wird jedoch die Zuordnung von Impulsen bei der Kalibrierung in die mit einem Sternchen markierten Kanäle ignoriert. Somit wird eine fehlerlose Zuteilung der Kanäle zu den entsprechenden Zeiten angenommen, weshalb im folgenden keine Fehlerrechnung durchgeführt wird. Die Ergebniss sind noch einmal grafisch in Abbildung 2 dargestellt.

$$T(K) = A * K + B \quad (2)$$

Mithilfe von Formel (2) wird eine lineare Regression durchgeführt, um zu ermitteln, zu welchem Kanal welcher zeitliche Abstand gehört. Für die Parameter A und B ergeben sich dabei folgende Wert:

$$A = (0.02247 \pm 0.00005) \mu s \quad (3)$$

$$B = (-0.032 \pm 0.014) \mu s \quad (4)$$

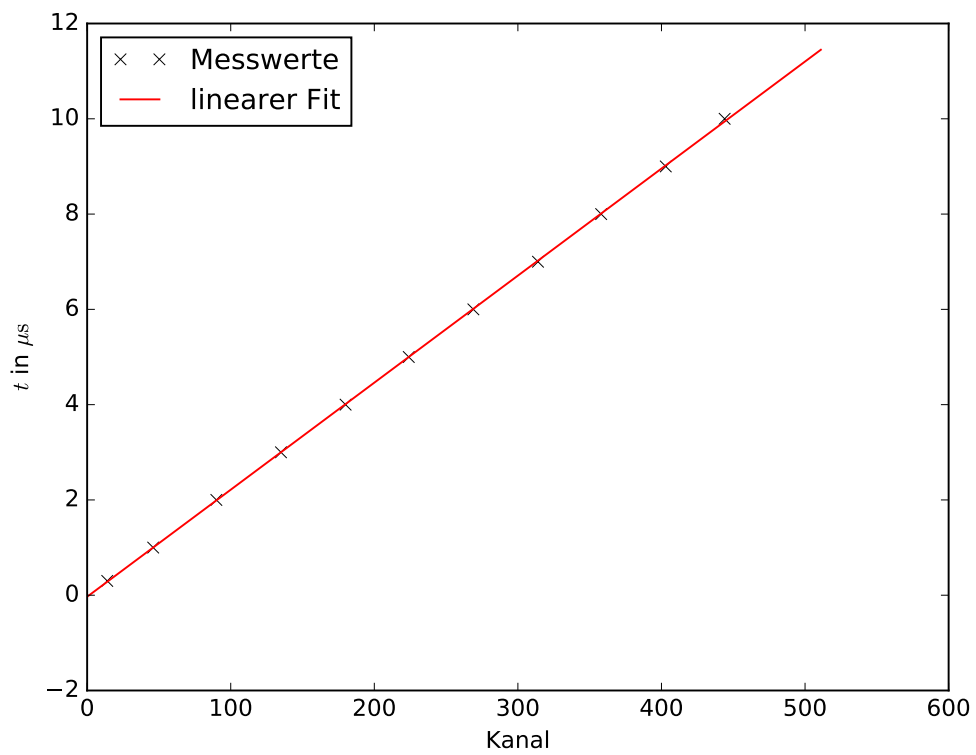


Abbildung 2: Grafische Darstellung der Kanalbelegung und lineare Regression.

1.3 Bestimmung der Lebensdauer von kosmischen Myonen

In dem letzten Abschnitt der Auswertung wird die Lebensdauer der Myonen bestimmt. Die Messung wurde über einen Zeitraum von $T_{\text{ges}} = 81591 \text{ s}$ durchgeführt. Dabei wurden $N_{\text{Start}} = 1444133$ Startimpulse registriert sowie $N_{\text{Stop}} = 4255$ Stopimpulse. Die eingestellte Suchzeit beträgt $T_{\text{Search}} = 10 \mu\text{s}$. Mit diesen Werten lässt der Untergrund berechnen.

$$R = \frac{N_{\text{Start}}}{T_{\text{ges}}} = 17.7 \frac{\text{Impulse}}{\text{s}} \quad (5)$$

$$N_{\text{Search}} = R \cdot T_{\text{Search}} \quad (6)$$

$$W(1) = N_{\text{Search}} \cdot \exp N_{\text{Search}} \quad (7)$$

$$U_{\text{ges}} = W(1) \cdot N_{\text{Start}} \quad (8)$$

Zuerst wird die Rate der pro Sekunde ausgelösten Startsignale bestimmt (5), mit der dann die Anzahl von in der Suchzeit ausgelösten Signale (6) bestimmt wird. In der Versuchsanleitung wurde angegeben, dass die Wahrscheinlichkeit, dass k Myonen in der Suchzeit eintreffen gemäß einer Poisson-Verteilung gegeben ist. Somit ergibt sich für die Wahrscheinlichkeit, dass ein Myon eintrifft $W = 0.00018 \%$. Gemäß Formel (8) lässt sich dann die Anzahl der dem Untergrund zuzuordnenden Signale berechnen. Da sich die Untergrund Signale gleich auf jeden Kanal verteilen, ergeben sich pro Kanal $U_1 = 0.499$ Signale.

Im folgenden wird dieser Wert jedoch nicht verwendet, sondern lediglich mit einem durch die Regression ermittelten Wert verglichen. Die gemessene Verteilung der Stoppsignale auf die Kanäle ist in Tabelle ?? dargestellt. Für die Auswertung wurden dabei alle Kanäle vernachlässigt, deren gemessener Wert 0 ist. Jedem Kanal mit der Anzahl n wird als Fehler \sqrt{n} zugeteilt. Da hier ein gewichteter Fit durchgeführt wird, würden dabei Werte mit Fehler 0 eine Singularität hervorrufen.

$$N(t) = N_0 \cdot \exp -\lambda \cdot t + U_2 \quad (9)$$

Für die Auswertung der in Abbildung ?? dargestellten Werte wird an die Funktion (9) gefittet. Für die Parameter ergeben sich somit folgende Werte:

$$N_0 = (42 \pm 1) \quad (10)$$

$$\lambda = (0.558 \pm 0.018) \cdot 10^6 \frac{1}{\text{s}} \quad (11)$$

$$U_2 = (1.02 \pm 0.13) \quad (12)$$

Durch die bestimmte Zerfallskonstante λ lässt sich dann die mittlere Lebensdauer τ der Myonen bestimmen:

$$\tau = \frac{1}{\lambda} = (1.79 \pm 0.06) \mu\text{s}. \quad (13)$$