\section{ Time-to-Pulseheight-Converter}

Bei einem Time-to-Pulseheight-Converter, im folgenden TCP genannt, handelt es sich um ein analoges Instrument bei dem die Zeitdifferenz zweier Signale in ein analoges Signal umgewandelt wird. Im folgenden wird nur auf die Funktionsweiße des verwendeten TCPs eingegangen.

Es wird beim Eintreffen des Startsignals begonnen einen Kondensator mit einer Konstantstromquelle aufzuladen. Bei Eintreffen des Stoppsignals kann durch die Spannung am Kondensator die Zeit ermittelt werden welche proportional zur Spannung am Kondensator ist. $$U\_{\mathrm{C}} = \fac{Q}{C} = \frac{I t}{C} $$

\chapter{experimental execution,evaluation, error calculation and discussion of the measurement results}

\section{$^22 Na$-spectrum and adjustment of the discriminator}

\begin{figure}

\centering

\includegraphics[width=0.5\linewidth]{images/spectrum.png}

\caption{Spektrum von $^22Na$ mit plastik Szintillator}

\label{fig:Na22}

\end{figure}

Zunächst wird der Diskrimninator auf eine niedrige Energieschwelle eingestellt und ein Spektrum aufgenommen \ref{fig:Na22}. Zu sehen ist das Comptonkontinuum des $\gamma$-Zerfalls und das des $\beta +$-Zerfalls, welches niederenergetischer ist. Nun wird der Diskriminator so eingestellt, dass nur Ereignisse des $\gamma$- Zerfalls zu sehen sind. Dazu wird das Spektrum zurückgesetzt und die untere Energieschwelle des Diskriminators so eingestellt dass keine neuen Ergeignisse im blauen Bereich von \ref{fig:Na22} auftreten. Nun kann Die Anordnung zur Zeitmessung eingesetzt werden.

\subsection{Zerfallsmessung}

Der Ausgang des Energiediskriminators wird nun mit dem TPC verbunden welcher wiederrum an den ADC angeschlossen wird welchen nun statt eines Energiespektrums ein Zeitspektrum anzeigt. Nun wird für ca. eine Stunde das Zeitspektrum aufgezeichnet. Das Spektrum stellt die überlageung er Zerfälle das Paraprositroniums und des Orthopoositroniums dar welche jeweils exponentiell mit der Zerfallszeit $\tau$ zerfallen. In der logarithmischen Darstellung \ref{ fig:decay-log } ist dies gut zu erkennen. Es sind zwei lineare Bereiche zu erkennen. Ebenfalls zu sehen ist dass die Werte für wenige Ereignisse stark streuen unnd deswegen in ihrer Aussagekräftigkeit nicht sehr hoch sind. Besonders die Werte für kleinere Zeiten könnten zufälligen Koinzidenzen zugeschrieben werden.

In der Darstellung sind in orange die Werte zu erkennen die laut Zeitkalibration vor dem Startereignis begonnen haben. Da die gemessenen Werte durch Unsicherheiten in der Zeitmessung bzw der Signalverarbeitung eine gewisse Unsicherheit besitzen treten auch Werte mit negativer Zeit auf. Da diese Werte nur bis ca. $-0.5\,ns$ auftreten und nicht gleichverteilt werden Einflüsse von zufälligen Koinzidenzen ausgeschlossen.

Als Funktion für den Fit die Funktion $A e^{-\fac{t}{\tau\_1}+ B e^{-\fac{t}{\tau\_2} + C$ verwendet. Der Konstante $C$ kommt keine physikalische Bedeutung zu, vereinfacht aber den Fit. Als Fehler auf die Zeit wird der Fehler der Zeitkalibration sowie eine Standartabweichung der Zeitkalibrationspeaks angenommen. Die Werte kleiner null werden im Fit mit einer Normalverteilung berücksichtigt.

Für die Zerfallszeiten ergeben sich also $\tau\_1 = 0$ und $\tau\_2=0$, dabei tritt der kurzlebeige Zerfall $4.6\pm2134$ öfter auf als der Langlebige. Als Wert für das Orthopositronium ist $\tau\_{\mathrmortho}}=2-4\,ns$ gegben was sich mit unseren Werten Deckt. Ebenfalls stimmt die Zerfallszeit $\tau\_ {\mathrm{frei}}=\sim 0.5\,ns$ mit unseren Werten überein. Das Verhältnis der Zerfälle, was $\sim \frac{A}{B}$ ist, liegt ebenfalls im Bereich der zu erwarten wäre. Damit lässt sich der Wert jedoch nur grob abschätzen da die Ereignisse für t<0 und der Zerfall des Parapositroniums nicht beachtet wurden. Die Zerfälle des Paraprositroniums, welches $\sim 10\%$ der Zerfälle darstellt konnten nicht nachgewiesen werden da sie zu schnell erfolgen.

\subsection{Zeitkalibration}

Ziel ist es den Kanälen die entsprechende Verzögerung zuzuordnen.

Die Messung zur Zeitkalibration erfolgte mit niedriger unterer Diskriminatorschwelle.

Zur Zeitkalibration wird diese Verzögerung in $4\,ns$ Schritten auf $32\, ns$ erhöht. An die resultierenden Verteilungen wird eine Normalverteilung angepasst. Aus der bekannten Verzögerung und dem Erwartungswert der Verteilungen kann so mit einem Fit interpoliert werden. Als Fehler der Kanäle wird die Standartabweichung geteilt durch die Wurzel der Anzahl Ereignisse im Bereich von einer Standartabweichung verwendet.

Durch die Signalverarbeitung der Signale besonders des Startsignals, werden diese verzögert. Das Endsignal wird deswegen konstant um $2\, ns$ verzögert.

Durch die Durchführung der Zeitkalibration wird die Positionierung der Probe und die damit verbundenen Unterschiede der Laufzeiten ebenso berücksichtigt. Sie wären nur von Relevanz wenn die Laufzeit die Verzögerung des Stoppsignals überschreitet (zu weit rechts) was aber unrealistisch ist und in der Durchführung so nicht auftreten kann.

Die Verzögerung

\subsection{fehlerdiskussion}

Der walk des Startsignals am Diskrimminator ist durch die Verwendung eines Nulldurchgangstriggers vernachlässigbar klein. Die entstandene kleine zeitliche Verzögerung wird durch die Zeitkalibration berücksichtigt.

Die messung liese sich

Die jfd

\begin{figure}

\centering

\includegraphics[width=0.75\linewidth]{images/time calibration.png}

\caption{Enter Caption}

\label{fig:enter-label}

\end{figure}

\begin{figure}

\centering

\includegraphics[width=0.5\linewidth]{images/time fit.png}

\caption{Enter Caption}

\label{fig:enter-label}

\end{figure}

\begin{figure}[h!]

\centering

\begin{subfigure}[b]{0.45\linewidth}

\centering

\includegraphics[width=\linewidth]{images/decay log.png}

\caption{Enter Caption for decay log}

\label{fig:decay-log}

\end{subfigure}

\hfill

\begin{subfigure}[b]{0.45\linewidth}

\centering

\includegraphics[width=\linewidth]{images/decay.png}

\caption{Enter Caption for decay}

\label{fig:decay}

\end{subfigure}

\caption{Overall caption for the figure}

\label{fig:overall-label}

\end{figure}