

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Versuchsaufbau und Alignment</b>	<b>1</b>
1.1	Latency Scan . . . . .	1
1.1.1	Mit aktiver Quelle . . . . .	1
1.1.2	Mit kosmischen Myonen . . . . .	1
1.2	Bestimmung der Ausrichtung zueinander . . . . .	1
1.2.1	Ermittlung der Drehmatrix . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Datennahme und Auswertung der Messdaten</b>	<b>5</b>
2.1	Datennahme . . . . .	5
2.2	Winkelverteilung der Myonen . . . . .	5

# Abbildungsverzeichnis

1.1	Die Module, die die Silizium Pixel enthalten sind von zwei Szintillatorzähler umgeben, die über eine Koinzidentsschaltung und eine Signalumwandlung die Triggersignale für die DTB's liefern. Die DTB's werden mit 40 MHz synchron über ein FPGA Board getaktet und werden über eine USB-Schnittstelle mit einem PC ausgelesen. . . . .	2
1.2	Aufbau eines Boards mit 16 Pixel Chips. Jeder Pixel Chip besteht aus 52 x 80 einzelnen Pixeln und hat eine Größe von 8100 $\mu\text{m}$ x 8100 $\mu\text{m}$ . . . . .	2
1.3	Zur Bestimmung der Ausrichtung der beiden Boards zueinander wurde eine aktive Quelle an zwei unterschiedlichen Stellen auf dem Szintillator-Zähler positioniert. . . . .	3
2.1	Winkelverteilung der kosmischen Myonen, die aus den Messdaten zugeordnet werden konnten. Dargestellt ist der Zenitwinkel $\theta$ . . . . .	6

# Tabellenverzeichnis

1.1	Fit Parameter für die Position der radioaktiven Quelle auf den Boards. . . .	4
-----	--	---

# 1. Versuchsaufbau und Alignment

Der Versuchsaufbau ist mehrere Schritte unterteilt. Die ersten Versuchstage beinhalteten den Aufbau der Messanordnung. Der experimentelle Aufbau ist in Abbildung 1.1 dargestellt. Anschließend wurde eine Kalibrierung der Module durchgeführt. Mittels Software wurden alle kaputten Pixel von der Auswertung ausgeschlossen. An einem weiteren Versuchstag wurden der external trigger und die clock in pXar gesetzt. Außerdem wurde ein Latency Test zwischen Trigger und Detektormodulen durchgeführt.

## 1.1 Latency Scan

### 1.1.1 Mit aktiver Quelle

Zuerst wurde eine Langzeitmessung mit Latency im Bereich 0 - 150 gestartet. Es gab mehrere Probleme mit den Registereinträgen beim Auslesen, deshalb wurde die Messung mit kosmischen Myonen wiederholt.

### 1.1.2 Mit kosmischen Myonen

Hier wurde die Messung mit Latency im Bereich 68-83 durchgeführt und anschließend die Hitmaps ausgewertet. Dabei wurden Events mit Double Colum Error ignoriert. Die Messung mit einer Latency von 81 ergab die meisten Hits. Alle weiteren Messungen wurden mit dieser Latency durchgeführt.

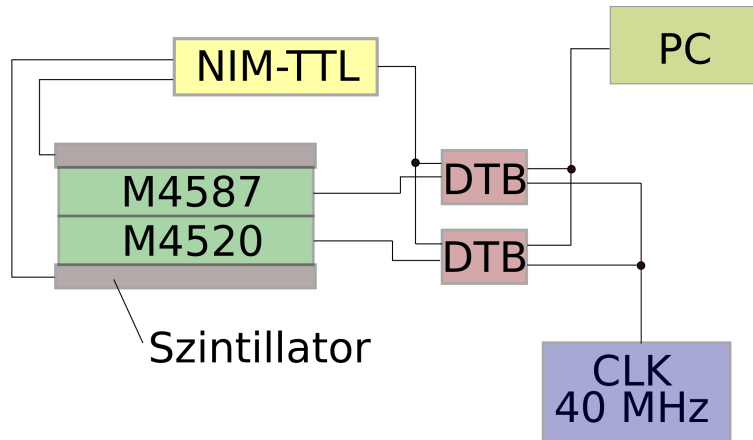
## 1.2 Bestimmung der Ausrichtung zueinander

Zur Bestimmung der Ausrichtung der beiden Boards zueinander, wurde eine radioaktive Quelle an zwei unterschiedlichen Stellen über den Boards platziert. Die Durchnummerierung und die Lage der x und y Achse sind in Abbildung 1.2 dargestellt. Die Ergebnisse der Alignmentmessung mit den zwei unterschiedlichen Positionen der Quelle sind in Abbildung 1.3 a) und b) dargestellt.

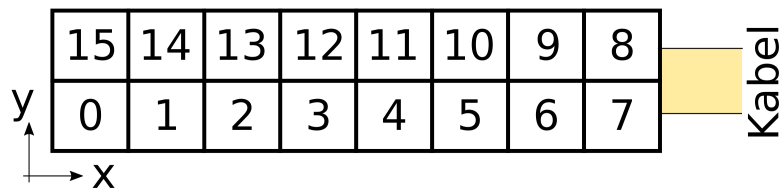
Zur Bestimmung der Position der Quelle auf den Boards, wurden die Messwerte durch einen Gauss-Fit (Gl. 1.1) approximiert - in Abbildung 1.3 als durchgezogene Linie dargestellt.

$$A \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2 \cdot \sigma^2}} \quad (1.1)$$

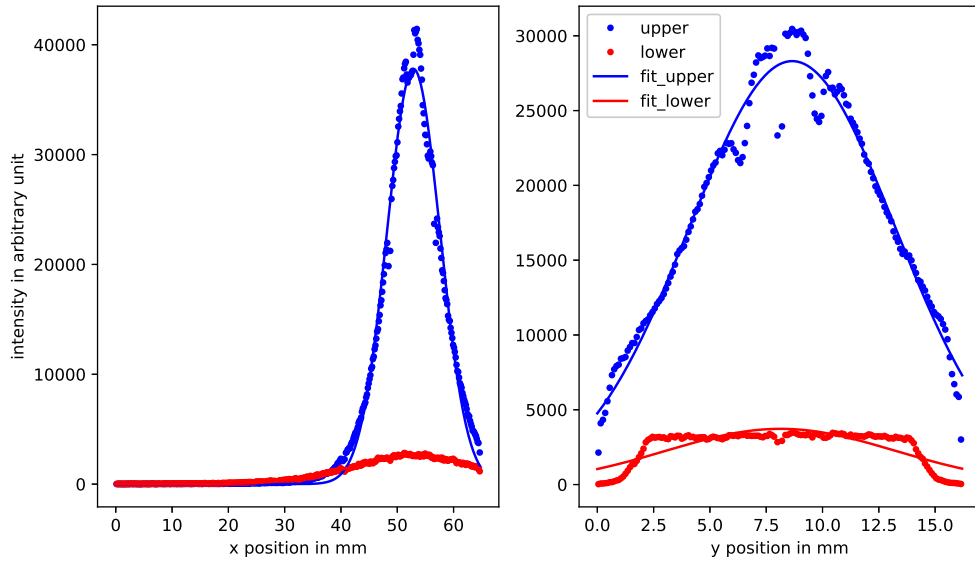
Die Parameter für den besten Fit sind in Tabelle 1.1 aufgeführt.



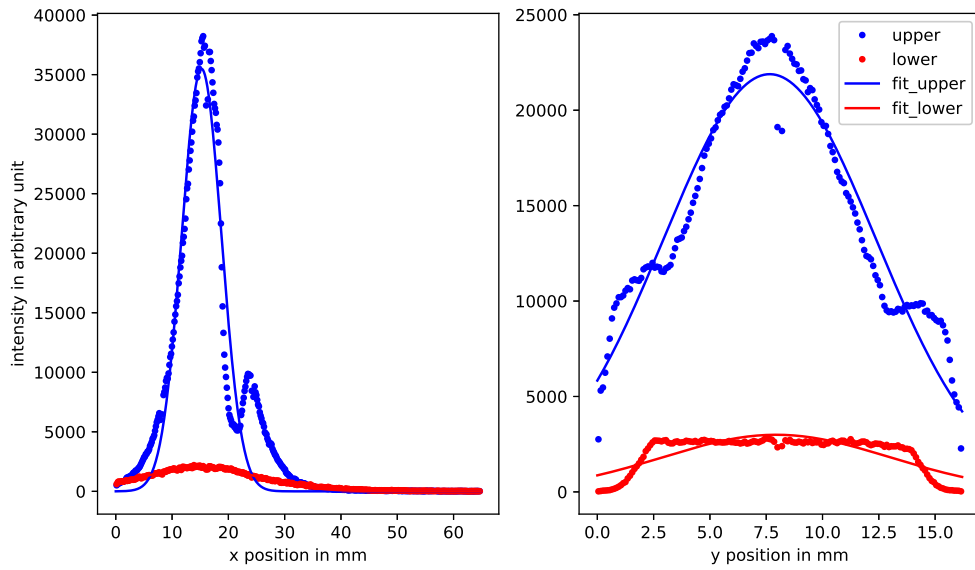
**Abbildung 1.1:** Die Module, die die Silizium Pixel enthalten sind von zwei Szintillatorzähler umgeben, die über eine Koinzidentsschaltung und eine Signalumwandlung die Triggersignale für die DTB's liefern. Die DTB's werden mit 40 MHz synchron über ein FPGA Board getaktet und werden über eine USB-Schnittstelle mit einem PC ausgelesen.



**Abbildung 1.2:** Aufbau eines Boards mit 16 Pixel Chips. Jeder Pixel Chip besteht aus 52 x 80 einzelnen Pixeln und hat eine Größe von 8100  $\mu\text{m}$  x 8100  $\mu\text{m}$



(a) Erste Position der Quelle



(b) Zweite Position der Quelle

**Abbildung 1.3:** Zur Bestimmung der Ausrichtung der beiden Boards zueinander wurde eine aktive Quelle an zwei unterschiedlichen Stellen auf dem Szintillator-Zähler positioniert.

**Tabelle 1.1: Fit Parameter für die Position der radioaktiven Quelle auf den Boards.**

Pos. Quelle	Board	x - Fit Parameter			y - Fit Parameter		
		A	$\mu$ in $\mu\text{m}$	$\sigma$ in $\mu\text{m}$	A	$\mu$ in $\mu\text{m}$	$\sigma$ in $\mu\text{m}$
1	m4587	37798	52885	4718	28308	8655	4583
	m4520	2622	52850	10929	3726	8138	5089
2	m4587	35489	15229	3535	21889	7656	4708
	m4520	2056	15068	9994	2994	7942	5044

### 1.2.1 Ermittlung der Drehmatrix

Nachdem man die Position der Quelle durch die Gauss-Fits ermittelt hat kann man die Ausrichtung der beiden Boards zueinander bestimmen. Man definiere sich je einen 2D Vektor pro Board, der von Position 1 der Quelle zu Position 2 der Quelle zeigt. Diese beiden Vektoren haben die selbe Länge, sind aber in unterschiedlichen Koordinatensystemen definiert (oberer Vektor  $V$  im System  $S$  des oberen Boards, unterer Vektor  $V'$  im System  $S'$  des unteren Boards).

Nun braucht man eine Transformationsmatrix  $M$ , die den Vektor  $V'$  aus  $S'$  in  $S$  darstellt

$$V = M \cdot V' \quad (1.2)$$

Diese Matrix beinhaltet eine Drehung um  $\theta$  (definiert hier um die  $z$ -Achse) und eine Translation um  $(d_x, d_y)$ :

$$\begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & d_x \\ \sin \theta & \cos \theta & d_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Die Aufgabe ist es den Winkel  $\theta$  und die beiden Translationen um  $d_x$  und  $d_y$  zu finden. Bildet man nun das Skalarprodukt der beiden Vektoren  $V$  und  $V'$  so erhält man den Drehwinkel

$$\theta = \arccos \frac{\vec{V} \cdot \vec{V}'}{|\vec{V}| |\vec{V}'|} \quad (1.3)$$

und aus (1.2) sowohl  $d_x$  als auch  $d_y$ .

Jetzt hat man die komplette Transformationsmatrix um jeden Punkt aus  $S'$  vom unteren Board in das Koordinatensystem  $S$  vom oberen Board zu überführen.

In unserem Fall ist  $\theta =$ ,  $d_x =$  und  $d_y =$ . Im Allgemeinen ist es notwendig einen Check durchzuführen ob die Transformation stimmt. In unserem Fall heißt das: Ergibt die Matrix, angewendet auf die Koordinaten der beiden Gauss-Fits des unteren Boards genau die Koordinaten der Gauss-Fits des oberen Boards wieder? Antwort: Ja, mit einer kleinen Abweichung, die jeweils kleiner als ein Pixel-Durchmesser ist. Man beachte außerdem noch, ob man mit oder gegen den Uhrzeigersinn drehen muss!

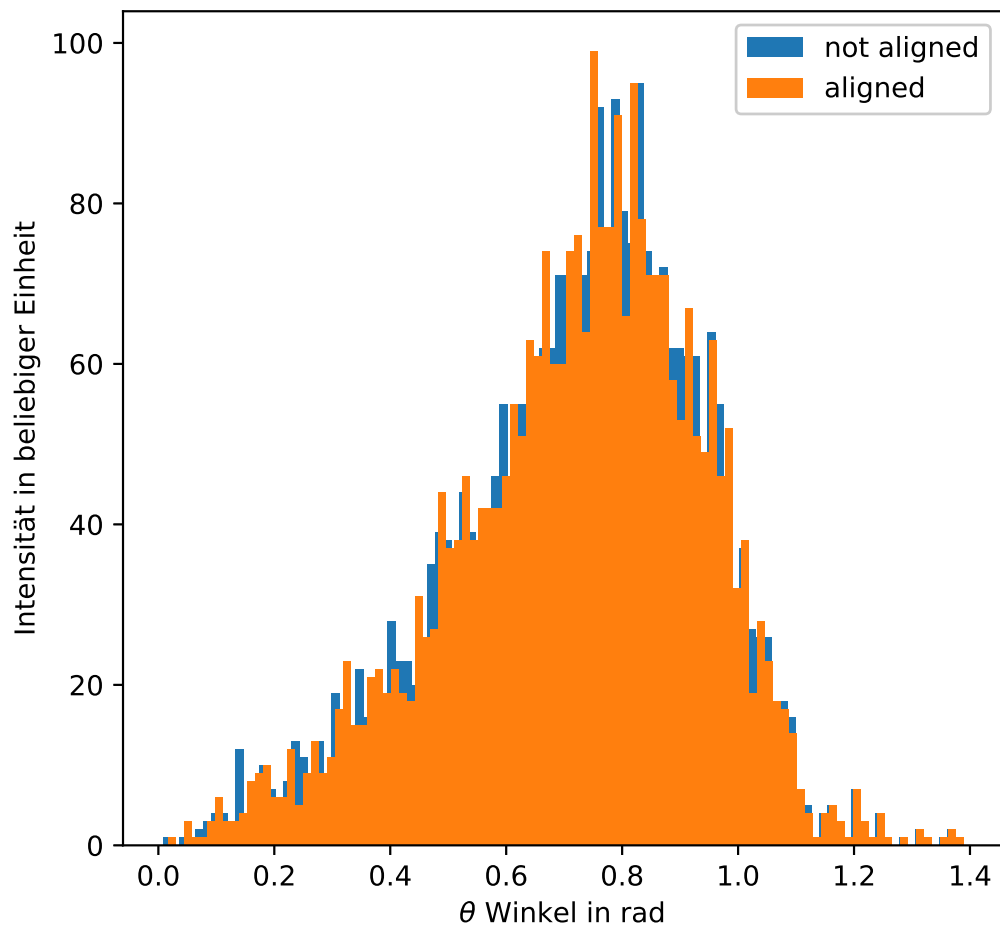
## 2. Datennahme und Auswertung der Messdaten

### 2.1 Datennahme

Es wurde im Zeitraum von einer Woche mit einem Automatisierten Bash-Skript fortlaufend immer 10 min am Stück gemessen. Die Messwerte wurden in Form eines Root-Trees gespeichert. So konnte für die Auswertung auf die einzelnen Events zurück gegriffen werden. Insgesamt enthält der Datensatz ca.300 Dateien, welche jeweils 10 min Messzeit enthalten.

### 2.2 Winkelverteilung der Myonen

Aufgrund der Rotationssymmetrie um die z-Achse wurde um den Zenitwinkel zu berechnen mit dem Satz des Pythagoras der horizontale Abstand  $r$  zwischen dem Auftreffpunkt am oberen Board und dem Auftreffpunkt am unteren Board bestimmt. Mithilfe des  $\arctan()$  und dem Abstand der Boards (1 cm) wurde dann der Zenitwinkel berechnet (Auslenkung zu Flächennormalen). Die Winkelverteilung für die Events, die sowohl auf dem oberen als auch auf dem unteren Board detektiert wurden ist in dem Histogramm in Abbildung 2.1 sowohl für den nicht ausgerichteten Fall der Boards als auch für den ausgerichteten Fall dargestellt. Es ist leicht zu erkennen, dass die Ausrichtung nahezu keine signifikante Auswirkung auf das Ergebnis hat.



**Abbildung 2.1:** Winkelverteilung der kosmischen Myonen, die aus den Messdaten zugeordnet werden konnten. Dargestellt ist der Zenitwinkel  $\theta$