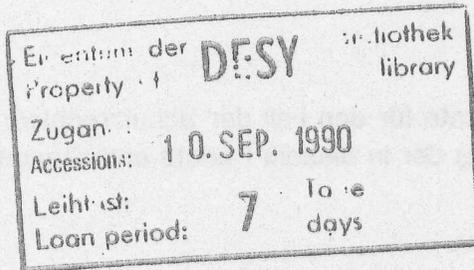


Interner Bericht
DESY FH1T-90-03
August 1990



**Bestimmung der Ortsauflösung
des Full-Size-Prototypen
für die zentrale Jetkammer
des H1-Detektors**

von

M. Schernau

DESY behält sich alle Rechte für den Fall der Schutzrechtserteilung und für die wirtschaftliche Verwertung der in diesem Bericht enthaltenen Informationen vor.

DESY reserves all rights for commercial use of information included in this report, especially in case of filing application for or grant of patents.

BESTIMMUNG DER ORTSAUFLÖSUNG DES FULL-SIZE-PROTOTYPEN FÜR DIE ZENTRALE JETKAMMER DES H1 - DETEKTORS

MICHAEL SCHERNAU

II. Institut für Experimentalphysik

Universität Hamburg

15. August 1990

Abstract

Measurements of the intrinsic spatial resolution were carried out with the Full-Size Prototype for the Central Jet Chamber (CJC) of the H1-experiment. The data was taken at the DESY electron test beam using a gas mixture of Ar/C₂H₆ (50/50). No magnetic field was applied. The resolution was evaluated for various drift distances between 5 and 35 mm and for track angles between 18° and 35°. Additionally the dependence on the angle between the track and the detector axis (θ -angle) was evaluated. A resolution of 135 μ m for tracks from the vertex direction at a drift distance of 10 mm has been achieved.

Einleitung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Bestimmung der Ortsauflösung des Full-Size Prototypen der zentralen Jetkammer (CJC) des H1-Detektors. Der Prototyp besitzt die gleiche Länge und den gleichen Zellaufbau wie die Jetkammer. Er enthält drei von 30 Zellen der inneren Jetkammer CJC 1.

Der Prototyp wurde im Rahmen dieser Arbeit mit einer Gasmischung von Argon/Ethan im Mischungsverhältnis 50/50 betrieben. Diese Gasmischung ist später auch für den Betrieb der Jetkammer von H1 vorgesehen. Die hier ausgewertete Messreihe gehört zu den ersten Tests des Prototypen und wurde ohne Magnetfeld aufgenommen. Die Messungen wurden am DESY-Teststrahl mit Elektronen von 3 GeV Energie durchgeführt.

Das Ziel war es dabei, die intrinsische Ortsauflösung in Abhängigkeit von der Driftstrecke, dem Winkel zwischen Spur und Drahtebene und dem Winkel zwischen Spur und Detektor-Längsachse zu bestimmen.

Aufbau des FSP

Abbildung 1 zeigt eine der Endplatten des FSP. Sie enthält drei vollständige Zellen der inneren Jetkammer CJC 1. Der Aufbau der Endplatten entspricht in allen Punkten dem der CJC.

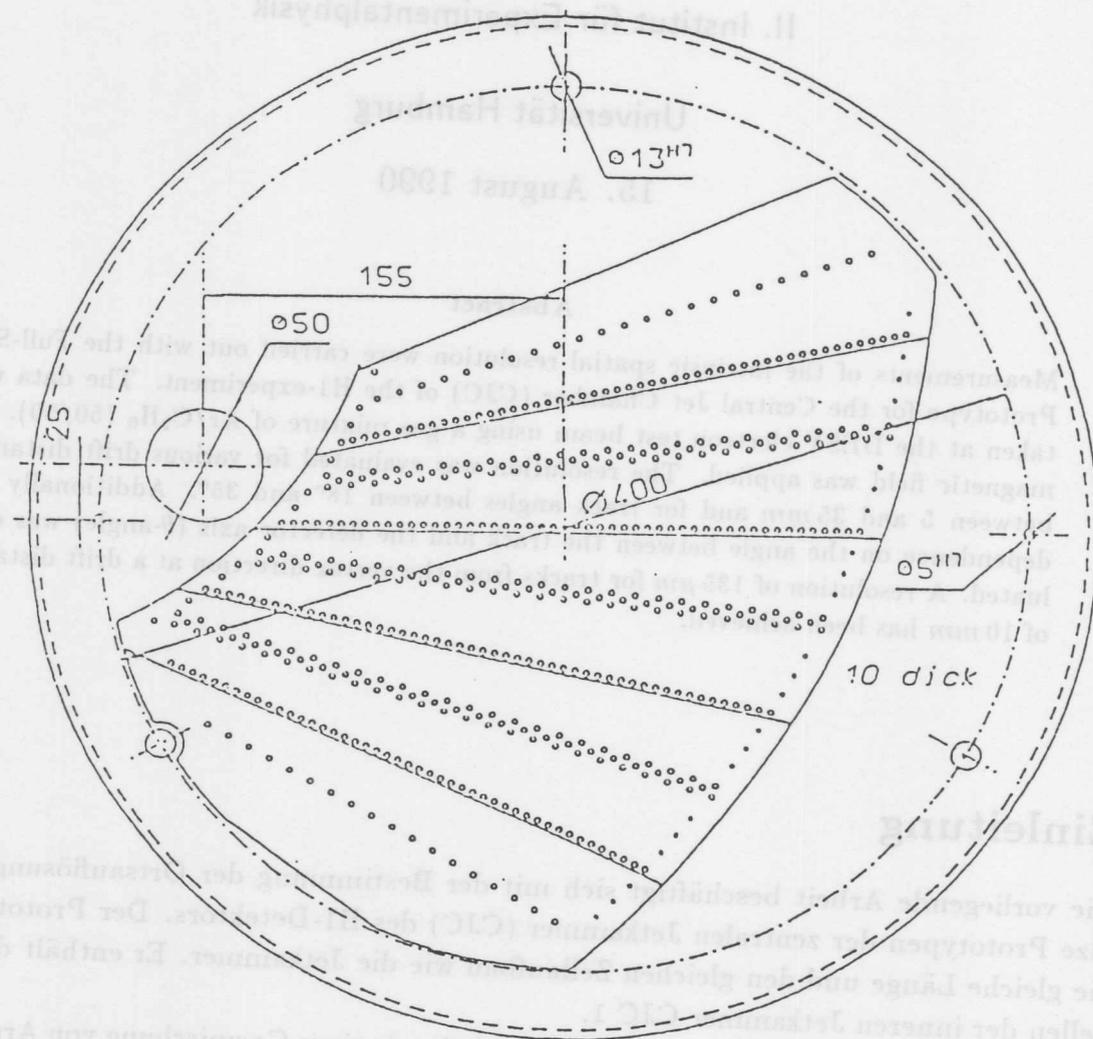


Abbildung 1: Außenansicht einer Endplatte des FSP (aus [4])

Die Zuführung der Betriebsspannungen der Kammer erfolgt wie bei der CJC über Adapterplatinen, die auf die Stiftleisten der Endwände aufgesteckt werden. Einzelheiten über den Aufbau des Full-Size Prototypen sind in [6] zu finden.

Bild 2 zeigt das fertig verdrahtete Innenteil des Prototypen. Man erkennt eine der Endplatten und die Stützstangen. In der Bildmitte sind die Lichtreflexe einer Lampe an den etwa 500 Drähten zu sehen.

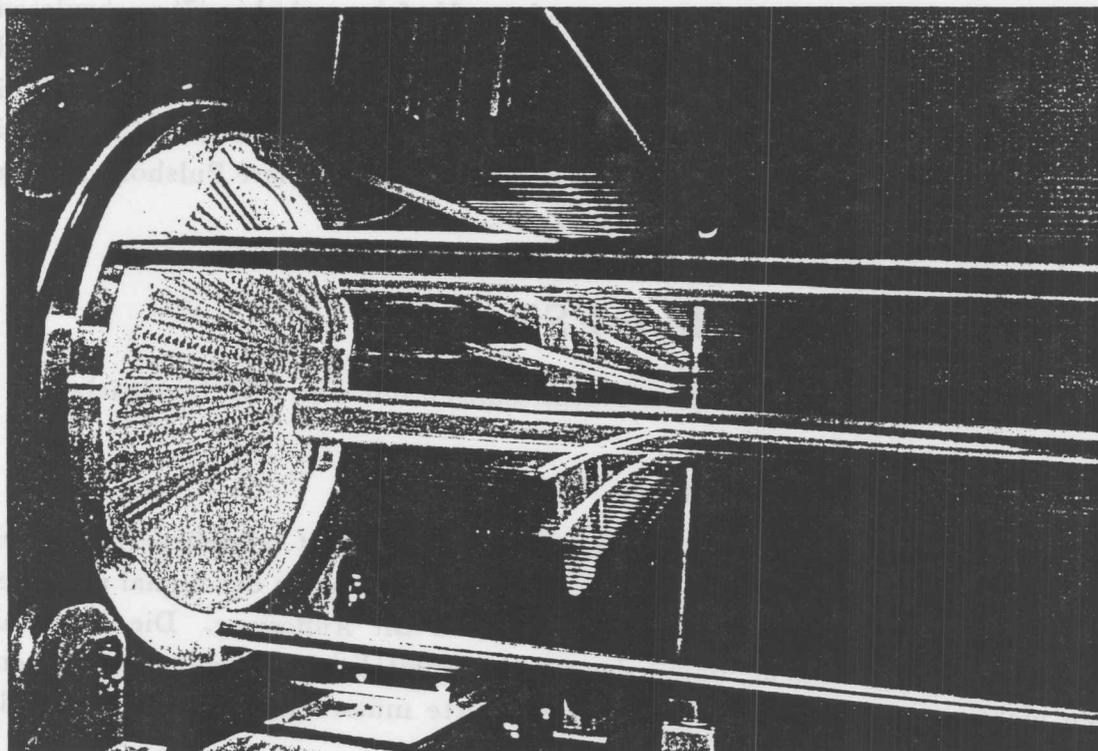


Abbildung 2: Foto des fertig verdrahteten Detektor-Innenteils

Das fertig verdrahteten Detektor-Innenteil wurde gasdicht in einen Tank eingebaut. Der Gastank besteht aus einem Edelstahl-Zylinder mit einem Außendurchmesser von 69 cm bei einer Wandstärke von 0.5 cm und einer Länge von etwa 2.3 m. An den Enden des Zylinders sind Flanschringe aus Aluminium angebracht, die die Endplatten des FSP aufnehmen. Zwei Kupferabschirmungen schirmen auf beiden Seiten das Kammerinnere gegen Störungen ab.

Gas- und HV-Versorgung

Auf beiden Seiten der Kammer befinden sich jeweils zwei Gasanschlüsse. An einem dieser Anschlüsse ist permanent ein Druckmesser zur Anzeige des Innendrucks der Kammer angeschlossen. Während der Messungen wurde die Kammer kontinuierlich mit Gas gespült, um die Reinheit des Kammergases zu gewährleisten. Zu- und Abfluß erfolgten an entgegengesetzten Enden der Kammer. Es wurde ein Durchfluß von $100 \frac{l}{h}$ eingestellt. Das

Kammervolumen beträgt 0.8 m^3 , so daß das Gas etwa dreimal am Tag ausgetauscht wurde. Als Gas für diese Testreihe wurde *Argon/Ethan* im Mischungsverhältnis 50/50 gewählt. Diese Gasmischung soll auch bei der CJC zum Einsatz kommen.

Die Hochspannungsversorgung erfolgt über spezielle Adapterkarten, die aus einer Vorserie für die CJC stammen. Einige der Spannungsteiler sind für den FSP modifiziert worden. Um ein möglichst homogenes Driftfeld und eine für alle Signaldrähte gleiche Gasverstärkung zu erreichen, wurden die Betriebsspannungen durch eine Optimierungsrechnung festgelegt. Einzelheiten zum verwendeten Verfahren sind in [7] nachzulesen.

Für den Betrieb des FSP mit der Gasmischung *Argon/Ethan* wurde eine Driftfeldstärke E_{Drift} von $120 \frac{\text{V}}{\text{mm}}$ vorgesehen, um die Kammer im Maximum der Driftgeschwindigkeit zu betreiben. Bei einer Oberflächenfeldstärke E_{Surf} von $28 \frac{\text{kV}}{\text{mm}}$ auf den Signaldrähten ergibt sich laut [8] eine Gasverstärkung von etwa 23000. Die mittlere Pulshöhe für minimal ionisierende Teilchen beträgt damit etwa 180 mV .

Testmessungen mit dem FSP

In diesem Abschnitt werden die ersten Testmessungen mit dem FSP beschrieben.

Datenaufnahme und Trigger

Die Messung der Signale aus den Vorverstärkern erfolgt mit schnellen Analog-Digital-Wandlern (*Flash-Analog-Digital-Converter, FADC*). Diese tasten das Signal mit einer Frequenz von 104 MHz ab und digitalisieren es mit 8 Bit Auflösung. Die Kennlinie der Digitalisierung ist nicht linear, damit der relative Digitalisierungsfehler bei kleinen Amplituden nicht zu groß wird. Die gemessenen Werte müssen daher später anhand einer Tabelle korrigiert (linearisiert) werden.

Das Stoppsignal für die FADCs wird aus einem Triggersignal erzeugt, das von den Signalen verschiedener Szintillatoren abgeleitet wird. Zwei Szintillatoren von etwa 1 cm Breite sind vor der Kammer aufgebaut. Sie überdecken sich kreuzförmig und sind in Koinzidenz geschaltet. Damit definieren sie den einfallenden Elektronenstrahl. Hinter der Kammer befindet sich ein weiterer Szintillator, der eine aktive Fläche von etwa $10 \times 10 \text{ cm}$ besitzt, in deren Mitte sich ein Loch von etwa 1 cm Durchmesser befindet. Er ist in Antikoinzidenz geschaltet und liefert ein Vetosignal, wenn ein Teilchen, z.B. durch Wechselwirkung mit der Tankwand, nicht das Loch trifft.

Kammerpositionen relativ zum Strahl

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Bestimmung der Ortsauflösung des Full-Size Prototyps in Abhängigkeit von der Driftstrecke x , dem Spurwinkel α und dem Winkel θ zwischen Spur und Detektor-Längsachse. Es wurde jeweils nur ein Parameter verändert, während die anderen konstant gehalten wurden. Für jede Kammerposition wurden jeweils etwa 1000 Ereignisse (Spuren) aufgenommen.

Als erstes wurde die Höhe des Tanks über dem Hallenboden in Schritten von 1 cm verändert. Der Spurwinkel in der mittleren Zelle wurde dabei auf 30° festgelegt. Dieser Winkel entspricht in der Zellmitte einer aus dem Wechselwirkungspunkt der CJC kommenden Spur. Der θ -Winkel betrug dabei 90° , d.h. daß die Spur senkrecht zur Längsachse der Kammer verlief. Es wurde versucht, einen möglichst großen Teil der Drifträume abzudecken. Aus den hierbei gewonnenen Daten wurde die Abhängigkeit der Auflösung von der Driftstrecke berechnet. Abbildung 3 zeigt die Strahlagen dieser Gruppe von Runs. Sie überdecken die Drifträume der mittleren Zelle vollständig und die der Randzellen zum Teil. In der Darstellung sind die Positionen der Signaldrähte durch Punkte markiert. Zur Orientierung sind einige der Drahtnummern angegeben.

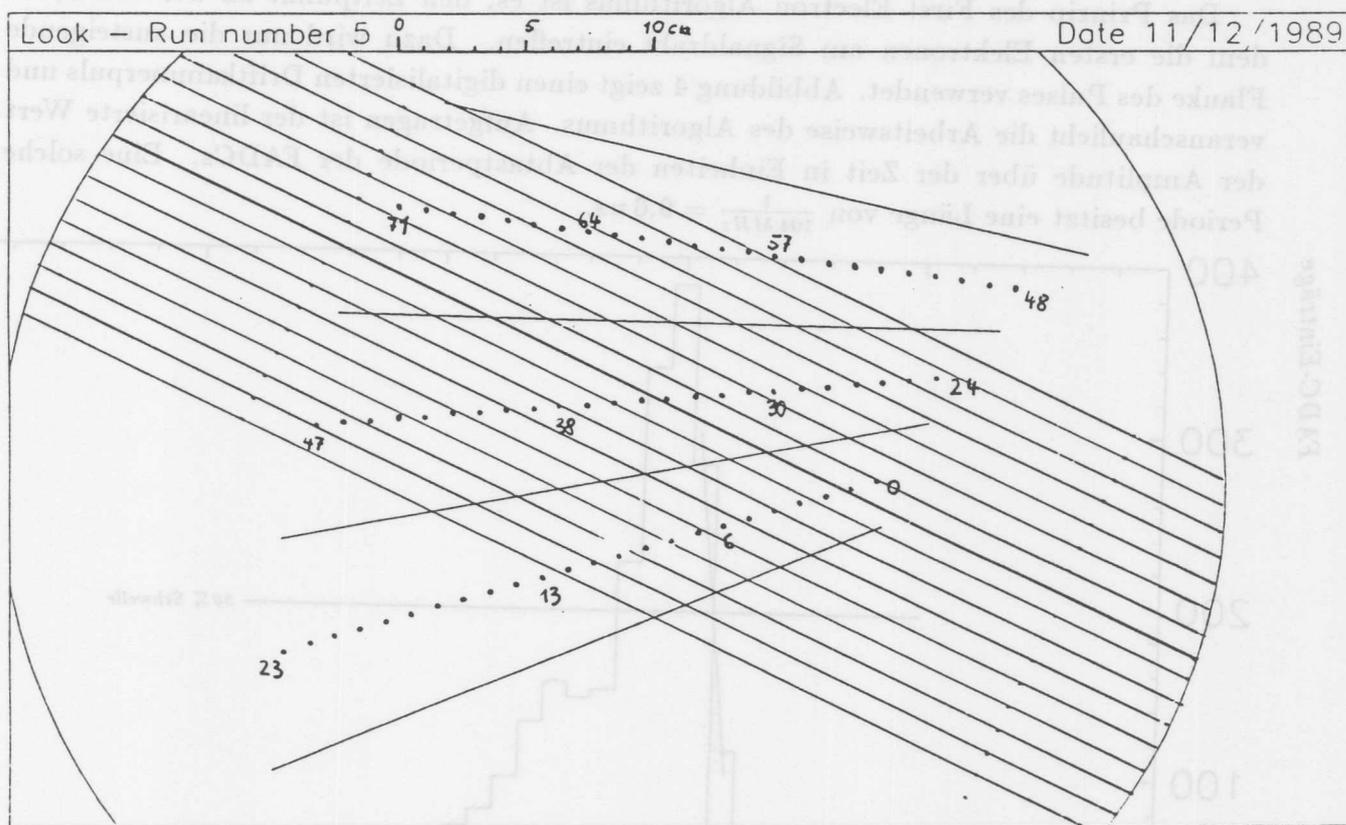


Abbildung 3: Strahlpositionen bei Variation der Tankhöhe

Als nächstes wurde durch Rollen des Tanks um seine Längsachse der Winkel α zwischen dem Strahl und der Signaldrahtebene der mittleren Zelle variiert. Dabei wurden Spurwinkel von etwa 20° bis 35° in Schritten zu 1.6° eingestellt, für die jeweils 1000 Ereignisse aufgezeichnet wurden.

Bei einer weiteren Gruppe von Runs wurde der Winkel θ zwischen dem Strahl und der Längsachse der Kammer verändert. Ausgehend von 90° wurde dieser Winkel in 10° -Schritten verkleinert. Bei allen beschriebenen Strahlpositionen verlief der Teststrahl jeweils durch die Kammermitte.

Auswertung

QT-Analyse

Ziel der QT-Analyse ist es, aus den digitalisierten Driftkammerpulsen einen Wert für die Ladung (Q) und die Driftzeit (T) zu bestimmen. Zur Berechnung dieser Werte wurde ein Programm von P. Steffen verwendet, das später auch für die CJC eingesetzt werden soll.

Im folgenden wird der zur Bestimmung der Zeitwerte benutzte Algorithmus, der sogenannte *First Electron Algorithmus* erklärt. Dieser Algorithmus wurde im Rahmen einer früheren Diplomarbeit [9] mit anderen Algorithmen zur Driftzeitbestimmung verglichen, wobei er die besten Ergebnisse lieferte. Anschließend wird das Verfahren zur Grobkalibration der Driftzeiten dargestellt.

Das Prinzip des First Electron Algorithmus ist es, den Zeitpunkt zu berechnen, an dem die ersten Elektronen am Signaldraht eintreffen. Dazu wird nur die ansteigende Flanke des Pulses verwendet. Abbildung 4 zeigt einen digitalisierten Driftkammerpuls und veranschaulicht die Arbeitsweise des Algorithmus. Aufgetragen ist der linearisierte Wert der Amplitude über der Zeit in Einheiten der Abtastperiode der FADCs. Eine solche Periode besitzt eine Länge von $\frac{1}{104 \text{ MHz}} = 9.6 \text{ ns}$.

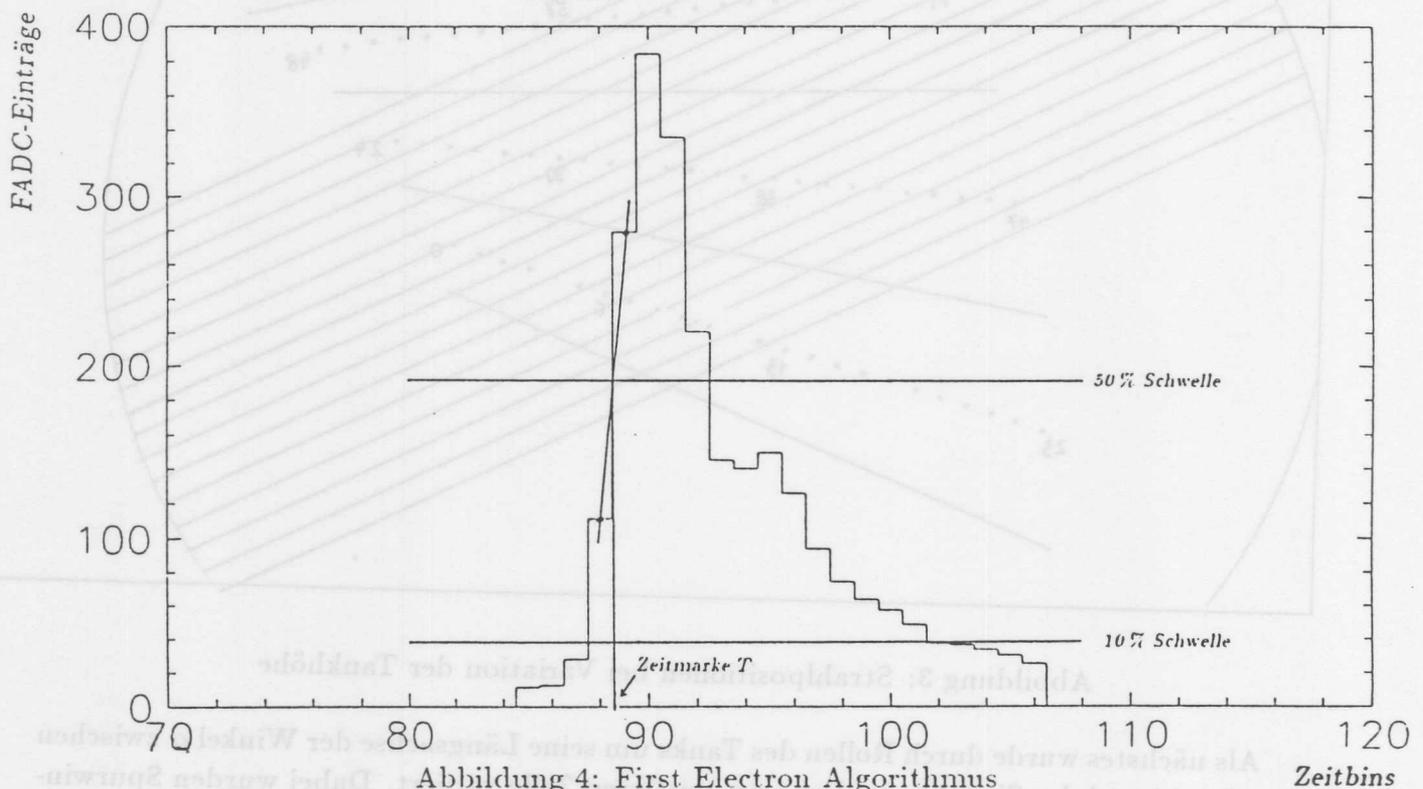


Abbildung 4: First Electron Algorithmus

Zunächst wird nach dem Maximum des Pulses gesucht, dessen Wert A gespeichert wird. Dann wird das erste Zeitbin gesucht, dessen Eintrag größer als 10 % dieses Maximums ist. Von dort ausgehend wird das erste Zeitbin gesucht, dessen Eintrag größer als 50 % des Maximums ist. Beide Punkte werden durch eine Gerade verbunden. Die Driftzeit ergibt sich als der Zeitpunkt, an dem diese Gerade den Wert von 50 % des Maximums erreicht.

Das Ergebnis wird auf volle Fünfzigstel eines Zeitbins gerundet und nach Subtraktion einer für alle Drähte gleichen Kalibrationskonstante t_0 zusammen mit der Drahtnummer abgespeichert. Außerdem werden die Ladungswerte für beide Drahtseiten als Integral über den jeweiligen Puls berechnet und abgespeichert. Die resultierende Datenbank dient als Grundlage für die weitere Auswertung, so daß auf die Rohdaten mit den Signalformen nicht mehr zurückgegriffen werden muß.

Pulsform

In Abbildung 5 sind einige typische Driftkammerpulse zu sehen. Die Pulsamplitude ist in linearisierten FADC-Einträgen aufgetragen.

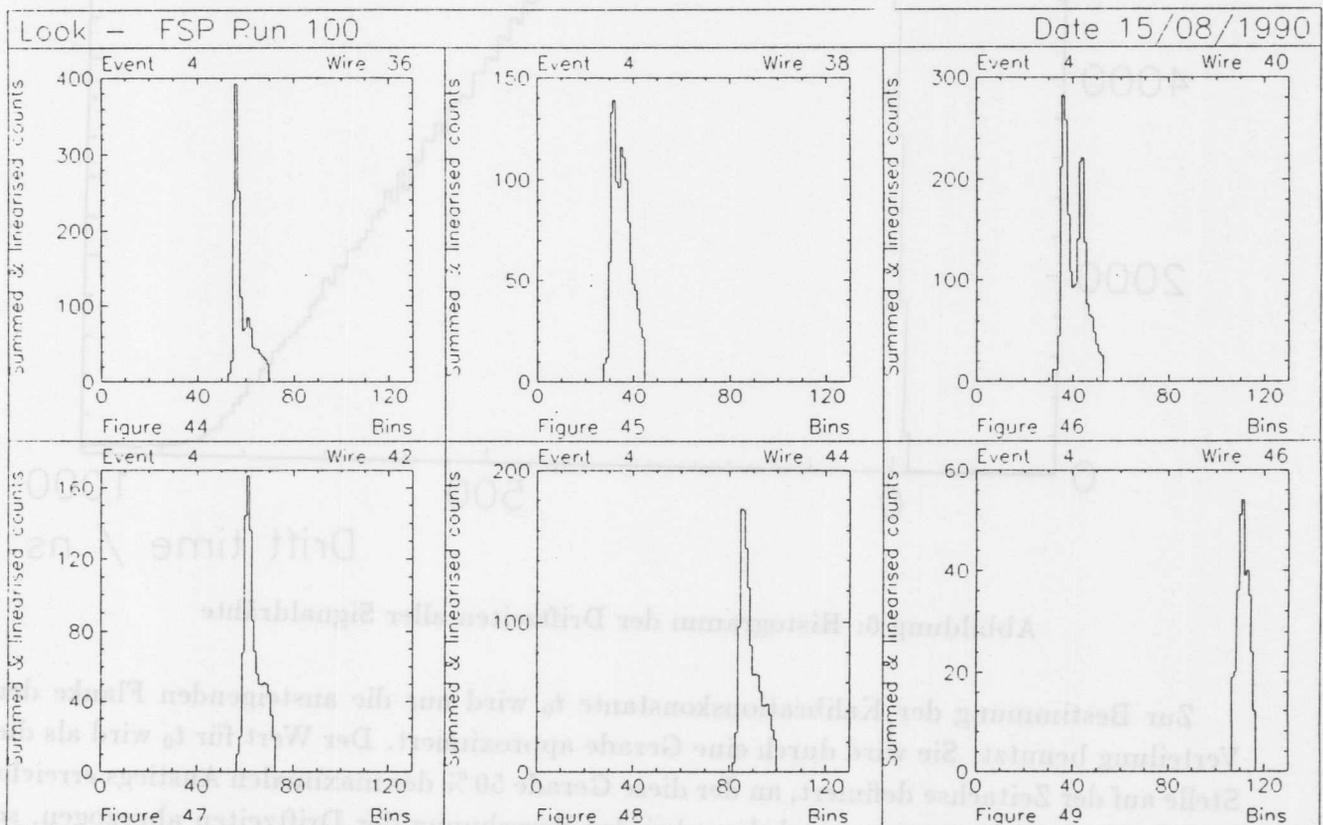


Abbildung 5: Beispiel für einige typische Driftkammerpulse

Grobkalibration

Zur Grobkalibration wird aus einem Histogramm aller Driftzeiten eine für alle Signaldrähte gleiche Kalibrationskonstante t_0 berechnet. Diese additive Konstante stellt den Nullpunkt der Driftzeitmessung dar und verschiebt somit alle Driftzeiten um den gleichen Betrag. Diese Verschiebung ist notwendig, um die unterschiedlichen Kabellaufzeiten der Driftkammerpulse einerseits und die der Szintillatorsignale andererseits auszugleichen. Weiterhin

gehen Laufzeiten innerhalb der Triggerelektronik und die eingestellte Verzögerung zwischen Triggersignal und Auslesesignal für die FADCs in den Wert t_0 ein.

Zur Berechnung werden alle Driftzeiten aller Signaldrähte in ein gemeinsames Histogramm eingetragen. Abbildung 6 zeigt ein solches Histogramm für ca. 17000 Ereignisse.

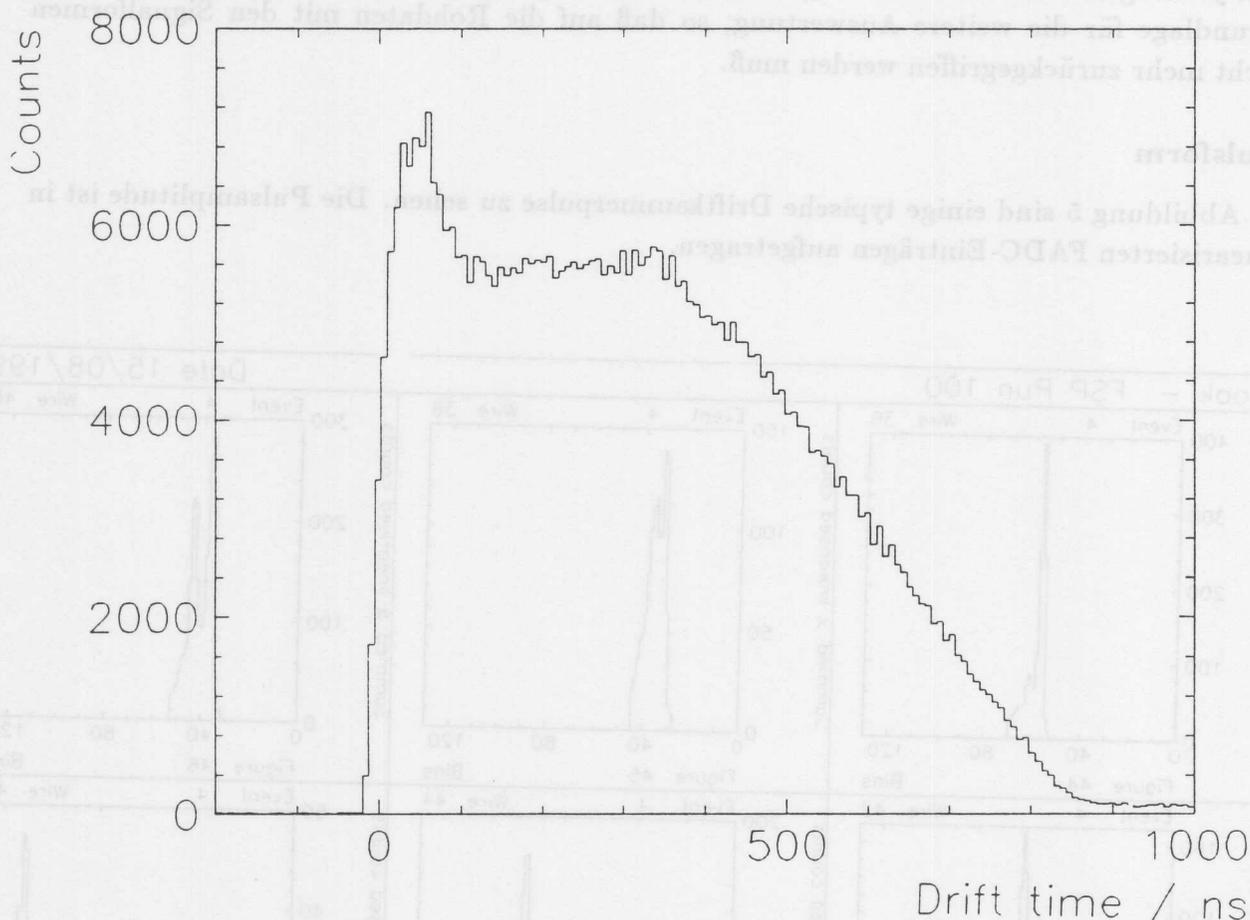


Abbildung 6: Histogramm der Driftzeiten aller Signaldrähte

Zur Bestimmung der Kalibrationskonstante t_0 wird nur die ansteigende Flanke der Verteilung benutzt. Sie wird durch eine Gerade approximiert. Der Wert für t_0 wird als die Stelle auf der Zeitachse definiert, an der diese Gerade 50 % des maximalen Anstiegs erreicht hat. Diese Zeitkonstante t_0 wird dann bei der Berechnung der Driftzeiten abgezogen, so daß die resultierende, kalibrierte Verteilung einen über der Driftzeit Null liegenden 50 %-Punkt besitzt. Dies ist in Abbildung 6 zu sehen.

Durch diese Grobkalibration ist es möglich, die gemessenen Driftzeiten in Driftabstände umzurechnen. Diese Driftabstände werden später bei der Berechnung der Ortsauflösung in Abhängigkeit von der Driftstrecke benötigt. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit erfolgt diese Umrechnung durch Division durch die als konstant angenommene Driftgeschwindigkeit v_D .

Die so berechneten Driftabstände lassen sich auch für die Darstellung der Teilchenspur im Detektor verwenden. Abbildung 7 zeigt ein Beispiel für ein solches *Event Display*.

Eingezeichnet ist jeweils die Spur und die Spiegelspur. Man erkennt die Spur des Teilchens daran, daß sie sich durch alle drei Zellen fortsetzt.

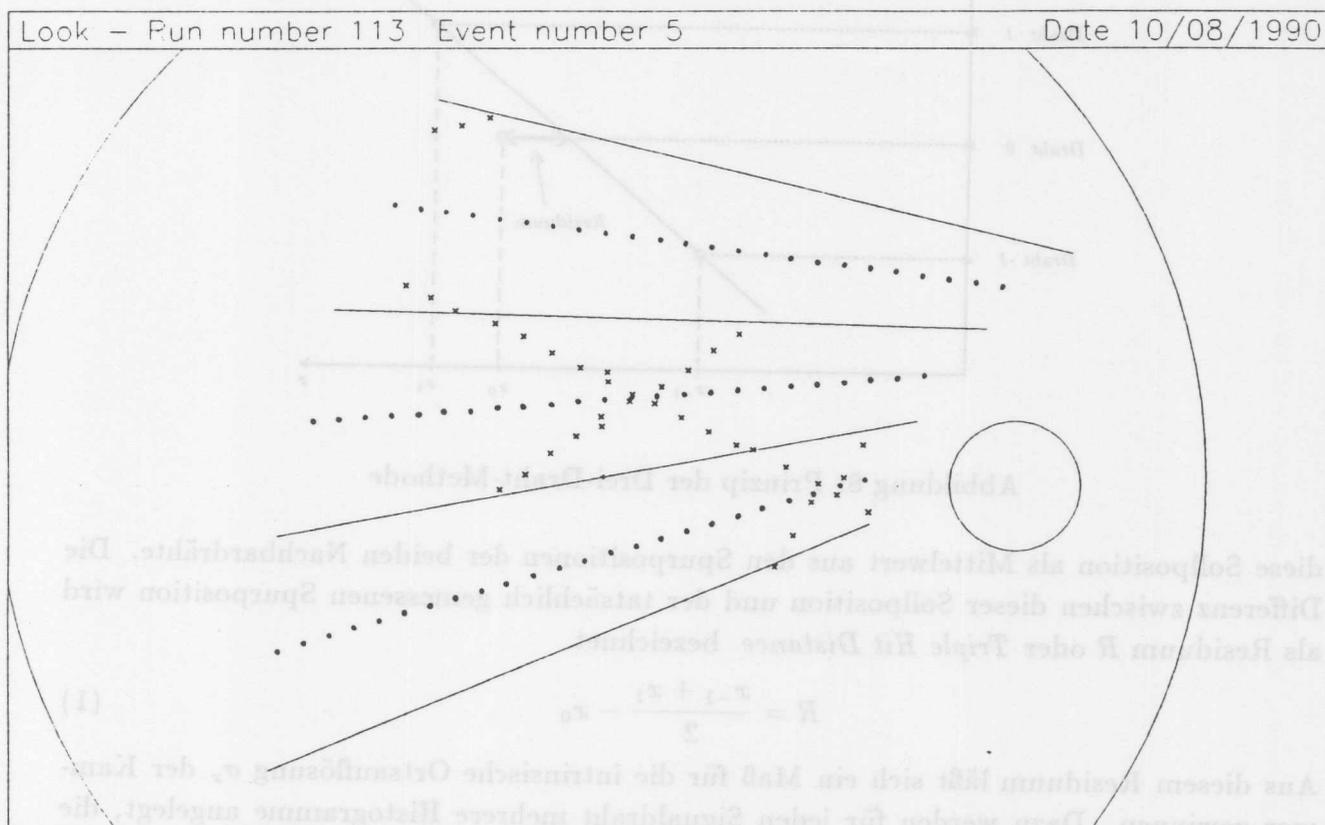


Abbildung 7: Bild eines typischen Ereignisses (*Event Display*)

Für die in dieser Arbeit enthaltenen Auswertungen ist eine genauere Kalibration nicht nötig, weil ein Verfahren verwendet wurde, das weitgehend unempfindlich gegen solche systematischen Abweichungen ist.

Bestimmung der Ortsauflösung

Die Bestimmung der Ortsauflösung erfolgt mit Hilfe der Drei-Draht-Methode (*Triple Hit Methode*). Dazu werden aus der Spur Gruppen von drei aufeinanderfolgenden Drähten gebildet, die jeweils einen Driftzeit-Eintrag besitzen. Falls es für einen Draht mehrere Einträge geben sollte, so wird derjenige mit der kleinsten Driftzeit gewählt. Abbildung 8 zeigt eine solche Gruppe von drei Drähten. Dabei wird zunächst davon ausgegangen, daß es kein Staggering gibt, so daß alle Signaldrähte auf einer Ebene liegen.

Eingezeichnet sind die Positionen der Signaldrähte und die aus den Driftzeiten berechneten Spurpositionen x_{-1} , x_0 , und x_1 . Die beiden äußeren Spurpositionen werden durch eine Gerade verbunden. Sie legt die Sollposition für die Spur im Bereich des mittleren Drahtes fest. Da die Abstände zwischen den Signaldrähten gleich groß sind, ergibt sich

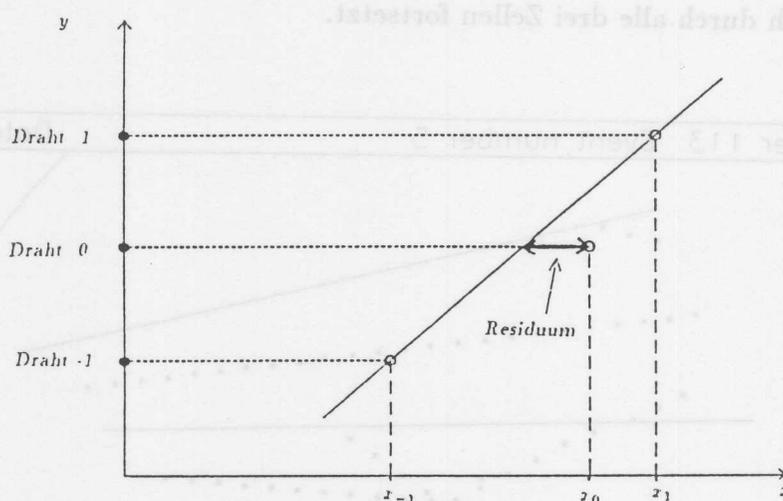


Abbildung 8: Prinzip der Drei-Draht-Methode

diese Sollposition als Mittelwert aus den Spurpositionen der beiden Nachbardrähte. Die Differenz zwischen dieser Sollposition und der tatsächlich gemessenen Spurposition wird als Residuum R oder *Triple Hit Distance* bezeichnet.

$$R = \frac{x_{-1} + x_1}{2} - x_0 \quad (1)$$

Aus diesem Residuum läßt sich ein Maß für die intrinsische Ortsauflösung σ_x der Kammer gewinnen. Dazu werden für jeden Signaldraht mehrere Histogramme angelegt, die verschiedenen Driftstrecken-Intervallen entsprechen. Diese Aufteilung ist notwendig, weil die Auflösung abhängig von der Driftstrecke ist. Für alle zur Berechnung herangezogenen Ereignisse wird das Residuum in das der Driftstrecke x_0 entsprechende Histogramm eingetragen. Die entstehende Verteilung läßt sich gut durch eine Gauß-Verteilung der Breite σ_{Gauss} beschreiben. Setzt man voraus, daß die Ortsauflösung σ_x für die drei Drähte gleich ist, so gilt für die Breite der Verteilung

$$\sigma_{Gauss} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \sigma_x^2} = \sqrt{\frac{3}{2}} \sigma_x \quad (2)$$

Damit berechnet sich die Ortsauflösung σ_x zu

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{2}{3}} \sigma_{Gauss} \quad (3)$$

Die so bestimmte Ortsauflösung besitzt den Vorteil, unabhängig von systematischen Verschiebungen der Driftzeiten zu sein, so daß der Nullpunkt der Driftzeitmessung (t_0) nicht bekannt zu sein braucht. Derartige Verschiebungen stellen eine additive Konstante zum Residuum dar, die den Mittelwert der Gauß-Verteilung verschieben, aber ihre Breite nicht verändern. Daher können sich Kalibrationsfehler nicht verschlechternd auf das Ergebnis auswirken.

Staggering

Bei der im vorigen Abschnitt vorgestellten Drei-Draht-Methode wurde davon ausgegangen, daß die Signaldrähte auf einer Ebene angeordnet sind. Im Falle der CJC bzw. des FSP sind sie jedoch abwechselnd um das *Staggering* verschoben. Die Größe s dieser Verschiebung beträgt $150 \mu\text{m}$. Das Residuum R berechnet sich dann zu

$$R = \frac{(x_{-1} + s) + (x_1 + s)}{2} - (x_0 - s) = \frac{x_{-1} + x_1}{2} - x_0 + 2s. \quad (4)$$

Das bedeutet, daß die Residuen um das Zweifache des Staggering zu positiven Werten verschoben werden. Die Breite der Residuen-Verteilung, und damit die Ortsauflösung, bleibt jedoch unverändert.

Für Spuren auf der anderen Seite der Signaldrahtebene gilt die obige Formel mit dem Unterschied, daß s sein Vorzeichen wechselt und die Verschiebung in die entgegengesetzte Richtung erfolgt. Bei einer gleichen Anzahl von Spuren auf beiden Seiten der Signaldrahtebene ergibt sich also ein Histogramm mit zwei gleich großen Maxima, die um den vierfachen Wert des Staggering getrennt sind. Abbildung 9 zeigt ein Beispiel für ein solches Histogramm.

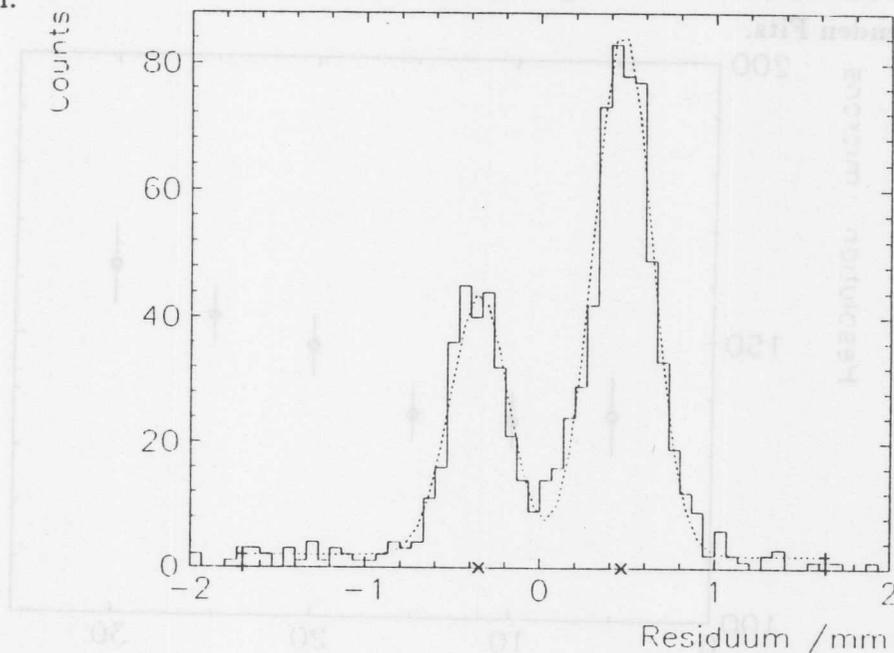


Abbildung 9: Beispiel für ein Residuen-Histogramm

Zur Auswertung dieser Verteilung wird eine Funktion $f(x)$ an die Daten angepaßt, die sich als Summe zweier Gaußfunktionen und eines konstanten Untergrundes berechnet. Die Anpassung dieser Funktion an die Histogrammdaten geschieht durch einen *Maximum Likelihood Fit*. Die durch die Funktion $f(x)$ festgelegte Kurve ist zur Kontrolle in Abbildung 9 eingezeichnet. Sie zeigt eine gute Übereinstimmung mit den Daten. Für die Berechnung der Auflösung σ_x wird von den Fitergebnissen jedoch nur der Wert für σ_{Gauss} benötigt. Wie im vorigen Abschnitt ergibt sich σ_x durch Multiplikation mit dem Faktor $\sqrt{\frac{2}{3}}$.

Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Untersuchung der Abhängigkeit der Ortsauflösung von der Lage der Spur im Detektor dargestellt. Drei Parameter wurden variiert: Der Abstand der Spur vom Signaldraht, der Spürwinkel und der Winkel zwischen Spur und der Längsachse des Detektors.

Auflösung in Abhängigkeit von der Driftstrecke

Zur Bestimmung der Auflösung in Abhängigkeit von der Driftstrecke wurden für alle Signaldrähte jeweils sieben Residuen-Histogramme angelegt. Die Histogramme decken dabei den Driftstreckenbereich von 5 mm bis 35 mm in Schritten zu ± 2.5 mm Breite ab. In diese Histogramme wurden alle Residuen entsprechend der Driftstrecke x_0 des mittleren Drahtes eingetragen. Dazu wurden die Daten von etwa 17000 Ereignissen verwendet. Die Auswertung dieser Histogramme liefert für jeden Signaldraht sieben Werte für die Ortsauflösung in Abhängigkeit von der Driftstrecke. Abbildung 10 zeigt als ein Beispiel die Ergebnisse für Draht 68. Die eingetragenen Fehlerbalken sind die statistischen Fehler der entsprechenden Fits.

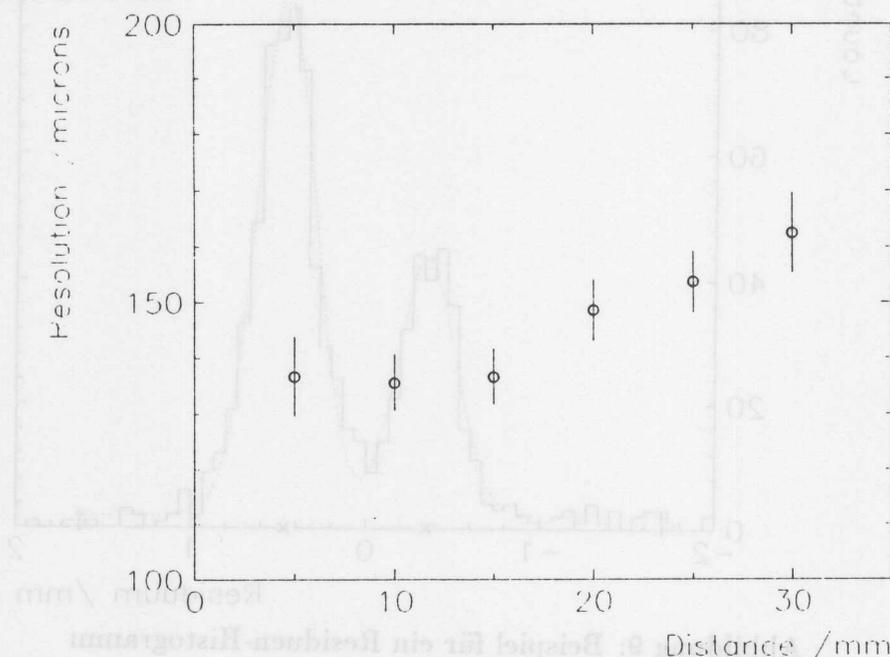


Abbildung 10: Ortsauflösung in Abhängigkeit von der Driftstrecke für Draht 68

Abschließend wurden die Einzelergebnisse für alle Signaldrähte in einer Zelle gemittelt. Dabei wurden die Daten für jedes Driftstrecken-Intervall gemäß ihrer statistischen Fehler gewichtet. Das Ergebnis für die Zelle 2 ist in Abbildung 11 zu sehen. Aufgetragen ist die gemittelte Ortsauflösung in μm gegen die Driftstrecke in mm .

Die beste Ortsauflösung wird bei einer Driftstrecke von 10 mm erreicht. Es ergibt sich ein Wert von $135 \mu\text{m}$. Bei kleineren Driftstrecken macht sich die statistische Natur der Primärisation bemerkbar. Außerdem ist das Driftfeld in Signaldrahtnähe nicht mehr

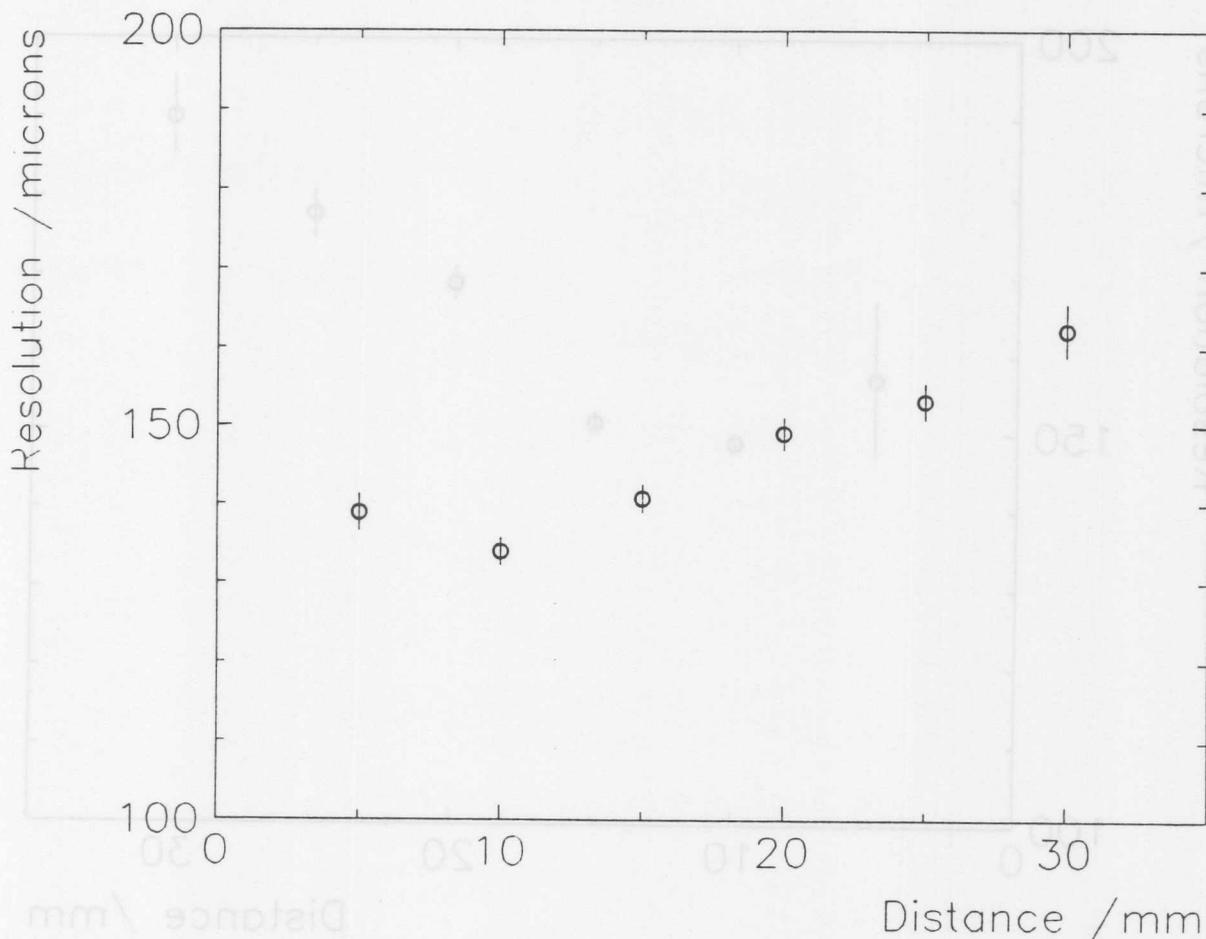


Abbildung 11: Ortsauflösung in Abhängigkeit von der Driftstrecke für Zelle 2

homogen, so daß es zu einer weiteren Verschlechterung der Auflösung kommt. Aber auch mit zunehmender Driftstrecke verschlechtert sich die Auflösung, weil dort die Diffusion der driftenden Elektronen an Bedeutung gewinnt.

Abbildung 12 zeigt die Abhängigkeit der Ortsauflösung von der Driftstrecke für die mittlere Zelle des FSP. Diese Zelle ist um 12° gegenüber Zelle 2 gedreht, so daß der Winkel zwischen dem Strahl und der Signaldrahtebene 30° beträgt. Dieser relativ große Spurwinkel α führt zu einer Verschlechterung der Ortsauflösung. Verglichen mit der Zelle 2 sind die Werte aus diesem Grunde um etwa $20 \mu\text{m}$ größer. Der Zusammenhang zwischen Spurwinkel und Ortsauflösung wird im folgenden Abschnitt näher untersucht.

Es fällt auf, daß der Fehler des Fits bei 5 mm Driftstrecke wesentlich größer als bei Zelle 2 ist. Der Grund dafür sind Feldinhomogenitäten des Driftfeldes in der Nähe der Signaldrähte. Sie wirken sich bei großen Spurwinkeln stärker aus, weil dann wegen der Schräglage der Spur einer der drei Hits der Triple Hit Methode besonders nahe am Signaldraht liegt. Die resultierenden Residuen-Verteilungen weichen daher oft stark von einer Gauß-Verteilung ab, so daß nur wenige Histogramme für das gewichtete Mittel ausgewertet werden können.

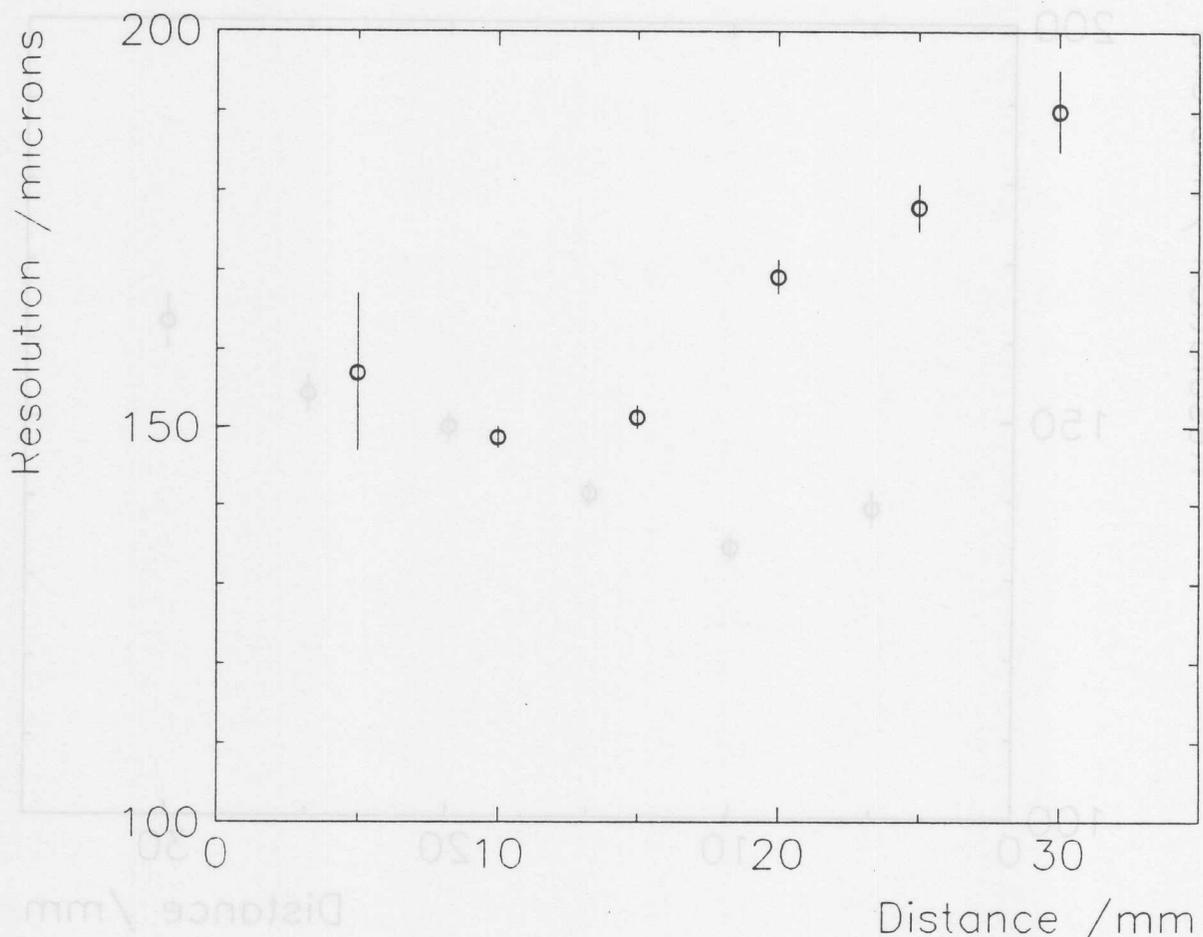


Abbildung 12: Ortsauflösung in Abhängigkeit von der Driftstrecke für Zelle 1

Auflösung in Abhängigkeit vom Spurwinkel

Zur Bestimmung der Auflösung in Abhängigkeit vom Winkel zwischen Spur und Signaldrahtebene wurden Daten bei verschiedenen Strahlagen aufgenommen. Dabei wurden für die mittlere Zelle Spurwinkel zwischen 20° und 35° in Schritten zu 1.6° eingestellt. Der Spurwinkel von 30° wurde zur Kontrolle zweimal aufgenommen. Für diese 11 Winkeleinstellungen wurden pro Signaldraht 11 Histogramme angelegt, in die alle Residuen mit Driftstrecken im Bereich von $10 \pm 4 \text{ mm}$ eingetragen wurden. Die für jeden Draht berechneten Werte für die Ortsauflösung wurden wie im vorigen Abschnitt gemäß ihrer statistischen Fehler über alle Drähte gemittelt. Das Ergebnis ist in Abbildung 13 dargestellt.

Wie erwartet ergibt sich für kleine Spurwinkel, d.h. für Spuren, die annähernd parallel zur Signaldrahtebene verlaufen, die beste Ortsauflösung. In diesem Fall steht die Driftrichtung senkrecht auf der Spur, wodurch sich die beste Ortsinformation ergibt. Mit zunehmendem Spurwinkel verschlechtert sich die Ortsauflösung. Der Wert von $150 \mu\text{m}$ bei 30° steht dabei in Übereinstimmung mit dem Wert für die Auflösung, den man der Abbildung 12 für einen Driftbereich von 10 mm entnehmen kann. Gleichermäßen stimmt im Rahmen der Fehler der Wert von $120 \mu\text{m}$ bei 18° mit der Auflösung der Zelle 2 in Abbildung 11 überein. Die beobachteten Unterschiede in der Ortsauflösung zwischen den

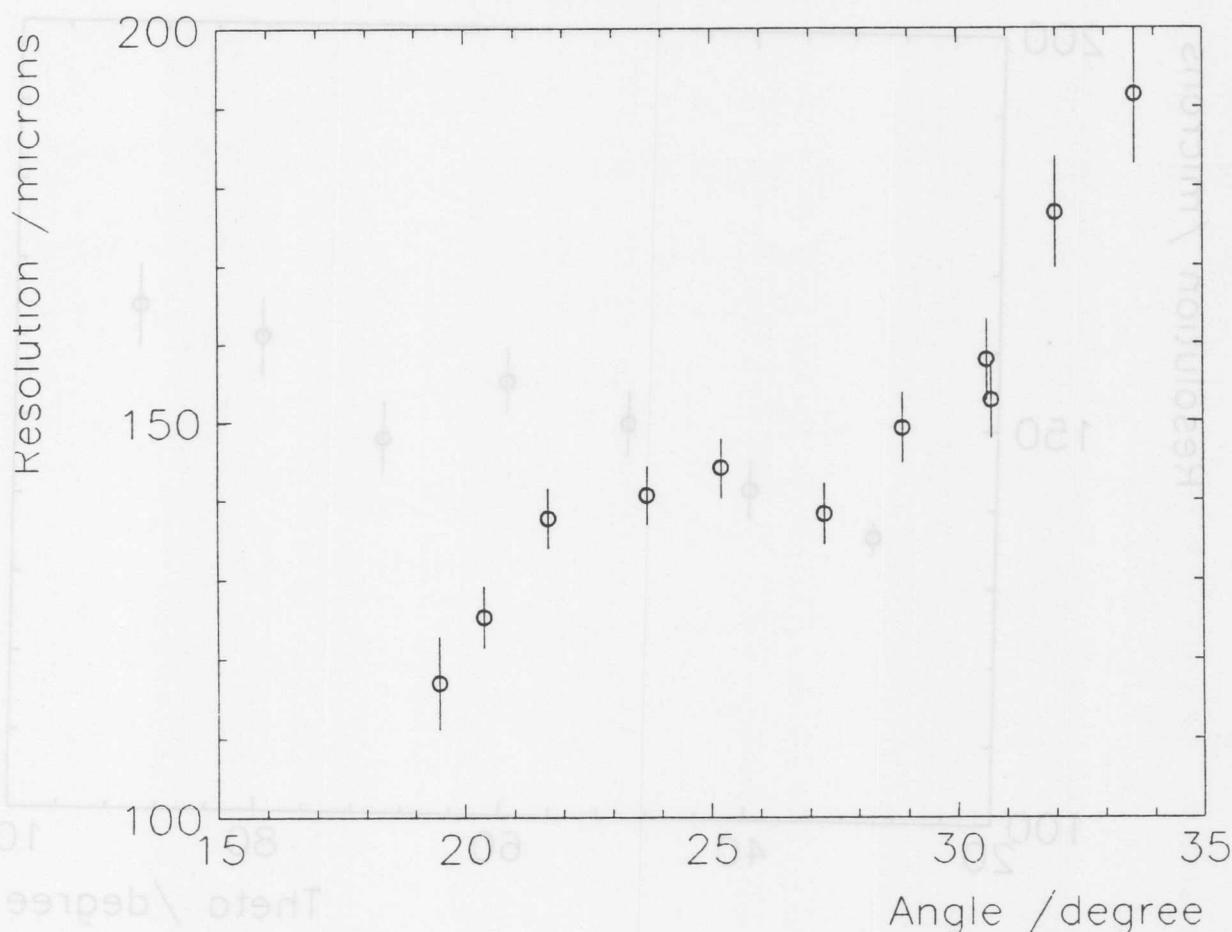


Abbildung 13: Ortsauflösung in Abhängigkeit vom Spurwinkel

beiden Zellen lassen sich so durch den Unterschied im Spurwinkel erklären.

Auflösung in Abhängigkeit vom θ -Winkel

Zur Bestimmung der Abhängigkeit der Ortsauflösung vom Winkel zwischen Spur und Detektor-Längsachse wurden sieben Runs mit θ -Winkeln von 90° bis 30° aufgenommen. Für die Signaldrähte der mittleren Zelle wurden jeweils sieben Histogramme, entsprechend den Winkel θ angelegt, in die alle Residuen des Driftzeit-Bereichs $10 \pm 4 \text{ mm}$ eingetragen wurden. Nach der Auswertung für die einzelnen Drähte wurden die Ergebnisse gemittelt und dabei gemäß ihrer statistischen Fehler gewichtet. Abbildung 14 zeigt das Resultat dieser Rechnung. Aufgetragen ist die mittlere Ortsauflösung in μm über dem Winkel θ . Bei diesem Ergebnis ist zu beachten, daß der Spurwinkel 30° beträgt.

Der Winkel $\theta = 90^\circ$ entspricht der Strahlage, die bei der Untersuchung der Driftstrecken- und der Spurwinkel-Abhängigkeit benutzt wurden. Der Wert von $160 \mu\text{m}$ steht dabei in Übereinstimmung mit den dort ermittelten Auflösungen. Für kleinere θ -Winkel werden bessere Auflösungen erreicht. Der Grund für diese Verbesserung liegt darin, daß sich die Länge der Spur im Einzugsbereich eines Signaldrahtes um einen Faktor $\frac{1}{\sin \theta}$ vergrößert. Dadurch wird mehr Ladung deponiert, was zu höheren Signalen führt. Diese

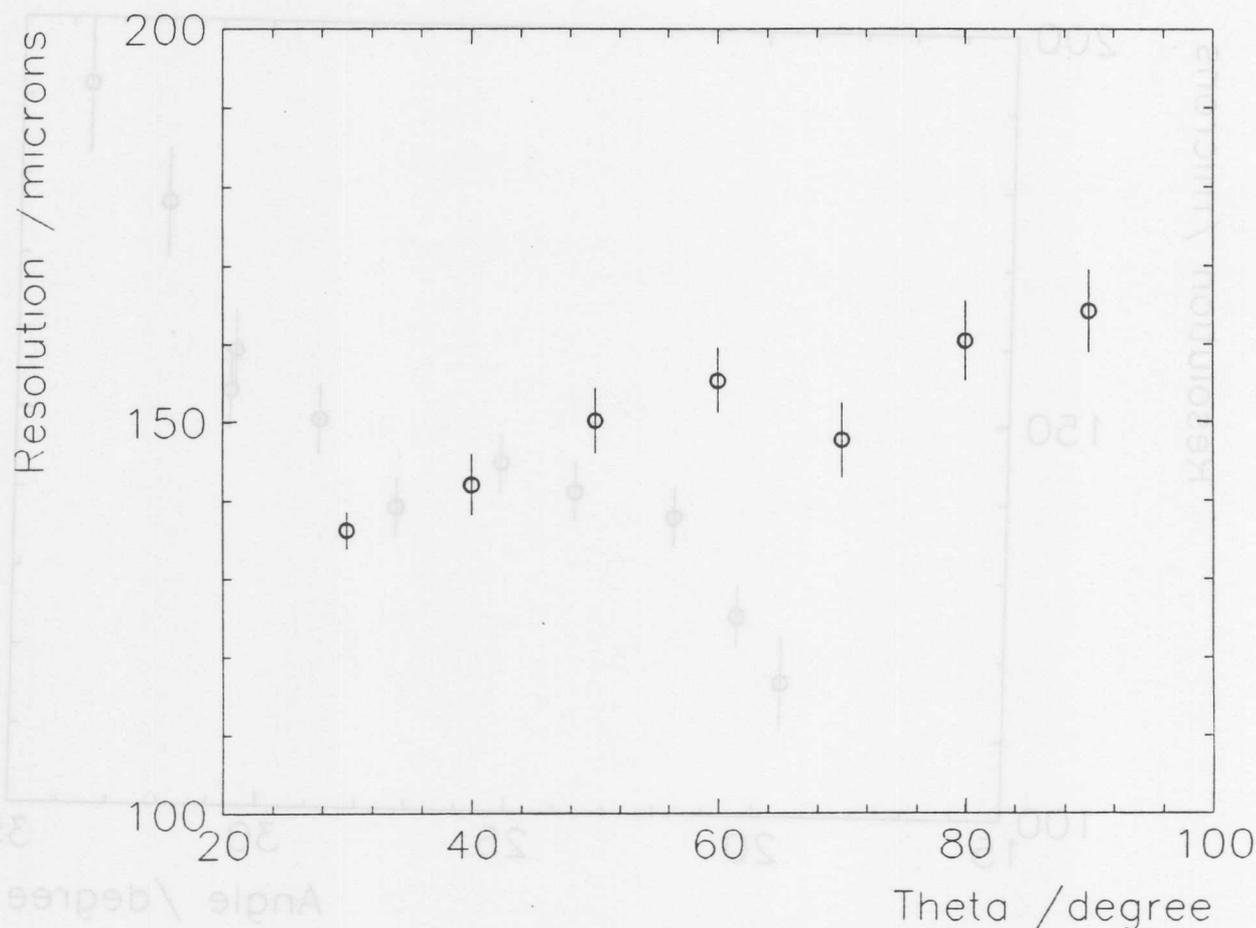


Abbildung 14: Ortsauflösung in Abhängigkeit vom θ -Winkel

größeren Pulse liefern eine genauere Zeitinformation und ermöglichen damit eine bessere Ortsauflösung. Außerdem wird der projizierte Abstand zwischen den Clustern kleiner, so daß sich der Einfluß der Primärionisationsstatistik verringert.

Allerdings skalieren nicht alle Beiträge zur Ortsauflösung σ_x mit dem Faktor $\sin \theta$. So bleibt der konstante Anteil σ_0 , der von Einflüssen der Elektronik und der Driftzeitbestimmung herrührt, unverändert. Aus diesem Grund kann die Ortsauflösung für $\theta = 0^\circ$ nicht beliebig klein werden. Durch Extrapolation der Werte in Abbildung 14 läßt sich σ_0 zu $130 \mu\text{m}$ abschätzen. Dieser Wert stellt somit eine untere Grenze für die Ortsauflösung bei diesem Spurwinkel dar.

Diskussion der Ergebnisse

Vor der Fertigstellung des Full-Size-Prototyps wurden Untersuchungen zur Ortsauflösung der CJC mit kleineren Testkammern durchgeführt. Die letzte dieser Kammern, die Testkammer 3, wurde dazu benutzt, die Ortsauflösung für verschiedene Gasmischungen, darunter auch *Ar/Ethan*, zu bestimmen. Die Versuchsbedingungen waren denen in dieser Arbeit vergleichbar. Es ergab sich ein Minimalwert für die Auflösung von $140 \mu\text{m}$. Dieser Wert steht in Übereinstimmung mit dem Minimalwert der Ortsauflösung für Zelle 2 (siehe

Abbildung 11). Einzelheiten zum Versuchsaufbau und zu den Ergebnissen sind in [3] zu finden. Die Testkammer selbst ist in [5] eingehend beschrieben.

Bei der CJC wird angestrebt, eine Ortsauflösung von $100 - 150 \mu\text{m}$ zu erzielen. Dieses Ziel ist beim FSP bei flachen Spurwinkeln (Zelle 2) bereits ohne Magnetfeld erreicht worden. Mit eingeschaltetem Magnetfeld erwartet man eine Verbesserung der Ortsauflösung, weil dann durch den Lorentz-Winkel die Driftrichtung der Elektronen senkrecht auf der vom Vertex kommenden Spur steht. Damit sollte besonders bei großen Spurwinkeln eine Verbesserung der Auflösung eintreten, so daß der geforderte Wert von $100 - 150 \mu\text{m}$ in allen Zellen erreicht werden kann.

Zusammenfassung

An einem Prototypen für die zentrale Spurkammer CJC des H1-Detektors wurden Messungen der intrinsischen Ortsauflösung durchgeführt. Dieser *Full-Size-Prototyp* mit der vollen Drahtlänge von 2.31 m umfaßt drei vollständige Zellen der inneren Jetkammer CJC 1. Der Aufbau der Zellen gleicht dabei in allen Punkten dem der CJC.

Die Abhängigkeit der Ortsauflösung von der Lage der Spur im Detektor wurde für die Gasmischung *Argon/Ethan* im Mischungsverhältnis 50/50 untersucht. Dazu wurden mehrere Meßreihen aufgenommen, bei denen der Abstand der Spur von der Signaldrahtebene, der Winkel α zwischen der Spur und der Signaldrahtebene, und der Winkel θ zwischen Spur und Detektor-Längsachse variiert wurden.

Bei einer Driftstrecke von 10 mm wurde bei Zelle 2 eine Auflösung von $135 \mu\text{m}$ erreicht, die für größere Driftstrecken gemäß der zunehmenden Diffusion ansteigt. Für Zelle 1 dagegen wurde nur ein Wert von $150 \mu\text{m}$ erreicht.

Die Bestimmung der Ortsauflösung in Abhängigkeit vom Spurwinkel zeigte erwartungsgemäß, daß die besten Werte für die Auflösung bei Spuren erzielt werden, die parallel zur Signaldrahtebene verlaufen. Ohne äußeres Magnetfeld steht in diesem Fall die Driftrichtung der Elektronen senkrecht auf der Spur. Der Verlauf dieser Abhängigkeit für größere Spurwinkel erklärt den beobachteten Unterschied in der Auflösung von Zelle 1 und 2.

Die Ortsauflösung verbessert sich bei kleineren Winkeln θ zwischen Spur und Detektor-Längsachse. Da sich der projizierte Abstand der Ionisationscluster verringert, nimmt der Einfluß der Primärionisation ab. Gleichzeitig trägt eine größere Anzahl von Driftelektronen zum Signal bei, weil sich die Länge der Spur im Driftraum eines Drahtes vergrößert. Dadurch ergibt sich eine bessere Ortsinformation, die zu einer besseren Auflösung für kleine θ -Winkel führt.

Die erzielten Ergebnisse stehen in Übereinstimmung mit denen des vorigen Prototypen und genügen bei kleinen Spurwinkeln bereits ohne Magnetfeld den Anforderungen an die CJC. Bei einem Betrieb der Kammer im Magnetfeld wird eine Verbesserung der Auflösung bei großen Spurwinkeln erwartet, so daß die Erwartungen an die CJC erfüllt werden können.

Literatur

- [1] H 1 Collaboration, *Technical Proposal for the H 1-Detector*, Hamburg (1986)
- [2] H 1 Collaboration, *Technical Progress Report*, Hamburg (1987)
- [3] K. Johannsen, *Messungen zur Ortsauflösung an einem Prototyp für die H1-Jetkammer mit unterschiedlichen Gasmischungen und Vorverstärkern*, Diplomarbeit Hamburg (1989), Interner Bericht. DESY FH1T 89-05
- [4] R. Schmidt, *Vorbereitende Studien zum Bau und Betrieb des Full-Size-Prototypen für die zentrale Jetkammer des Detektors H1*, Diplomarbeit Hamburg (1989), Interner Bericht. DESY FH1T 89-04
- [5] G. Westerkamp, *Aufbau und Test eines Prototypen für die zentrale Jetkammer des Detektors H1*, Diplomarbeit Hamburg (1988), Interner Bericht. DESY F14 88-03
- [6] M. Schernau, *Aufbau und Test des Full-Size-Prototypen für die zentrale Jetkammer des H1-Detektors*, Diplomarbeit Hamburg (1990), Interner Bericht. DESY FH1T 90-02
- [7] J. Schug, U. Seehausen, *Optimization of the Electrostatic Field in the H1 Central Jet Chamber*, DESY H1 Tracking Note Nr. 15 (1988)
- [8] T. Hessian, R. W. Kadel, *Gas Gain as a Function of Electric Field*, CDF Note No. 176 (1983)
- [9] M. Schulz, *Aufbau und Test von Prototypen für eine hochauflösende Driftkammer*, Diplomarbeit Dortmund (1988)