

PLANUNG UND TEST EINER DRIFTKAMMER

Diplomarbeit von Gallus Merki  
ausgeführt unter Leitung von Dr.U.Straumann  
bei Prof.Dr.P.Truöl  
am Physik-Institut der Universität Zürich

PLANUNG UND TEST EINER DRIFTKAMMER

Diplomarbeit von Gallus Merki  
ausgeführt unter Leitung von Dr.U.Straumann  
bei Prof.Dr.P.Truöl  
am Physik-Institut der Universität Zürich

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Arbeitsweise einer Driftkammer
3. Der Elektron-Proton-Speicherring Hera und der Detektor H1
4. Anforderungen an die innere Z-Driftkammer
5. Die Testkammer
  - 5.1 Anordnung der Anoden- und Potentialdrähte
  - 5.2 Bau der Testkammer
  - 5.3 Testaufbau
    - 5.3.1 Vorverstärker
    - 5.3.2 Hochspannungsversorgung
    - 5.3.3 Gasgemisch und Driftgeschwindigkeit
    - 5.3.4 Gasverstärkung
    - 5.3.5 Quelle
    - 5.3.6 Datenaufnahme
    - 5.3.7 Scintillatorstellung
6. Messresultate
  - 6.1 Ansprechwahrscheinlichkeit für verschiedene Winkel
  - 6.2 Driftzeiten
    - 6.2.1 Auswertung der Driftzeiten
    - 6.2.2 Diskussion der Resultate
7. Zusammenfassung

## 1. Einleitung

Am DESY in Hamburg wird ein Elektron-Proton-Speicherring gebaut. An zwei Stellen prallen die Elektronen und Protonen aufeinander und erzeugen neue Teilchen. Mit zwei grossen Detektoren wird die Bahn und die Energie dieser Teilchen gemessen. Ein kleiner Teil eines Detektoren wird am Physik-Istitut der Universität Zürich gebaut, unter anderem auch eine Driftkammer. Mit einer Driftkammer kann in einer Richtung Abstand und Winkel eines geladenen Teilchens gemessen werden. Im Laufe meiner Diplomarbeit wurde eine Zelle der Driftkammer geplant, in der Werkstatt des Institutes gebaut und es wurden einige Tests an ihr durchgeführt.

## 2. Arbeitsweise einer Driftkammer

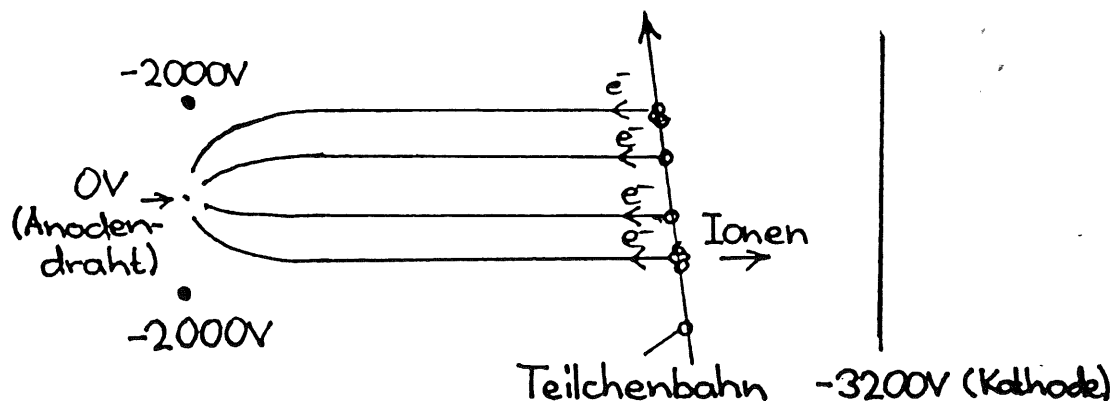


Fig.1 "Driftkammer mit einem Anodendraht"

Fliegt ein geladenes Teilchen durch ein Gas, so ionisiert es Gasatome. Wird ein elektrisches Feld angelegt, driften die abgespaltenen Elektronen zur Anode, die Ionen zur Kathode. In der Nähe der Anode (20 $\mu$ m dick) ist das Feld gross (bis  $10^7$  N/C), die Elektronen werden beschleunigt und ionisieren weitere Gasatome. Auch die abgespaltenen Elektronen werden beschleunigt und ionisieren Atome, es entsteht eine Elektronenlawine. Driftet ein Elektron gegen die Anode, können so mehr als  $10^5$  Elektronen auf die Anode treffen, es entsteht ein Signal, das durch den Vorverstärker verstärkt werden kann. Aus der Zeit, die das Elektron für den Weg bis zur Anode braucht, der Driftzeit, wird der Ort berechnet, an dem das Teilchen die Kammer kreuzte. [1]

### 3. Der Elektron-Proton-Speicherring Hera und der Detektor H1

In einem Tunnelring von 2km Durchmesser fliegen Protonen mit einer Energie von 800 GeV, in entgegengesetzter Richtung Elektronen mit einer Energie von 30 GeV. An zwei Stellen kreuzen sich die Bahnen, Elektronen und Protonen prallen aufeinander. [2],[8]

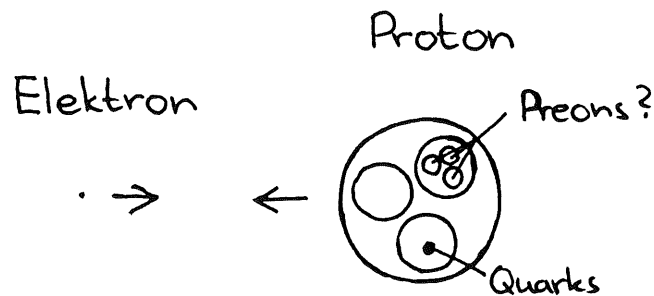


Fig.2 "Elektron und Proton prallen aufeinander"

Mit Hilfe des Elektrons, von dem bis jetzt angenommen wird, es sei punktförmig, soll die Struktur des Protons besser untersucht werden. Weiter könnte etwas über die Struktur der raumartigen Ströme in Erfahrung gebracht werden. Es ist möglich, dass neue Teilchen mit e-Quantenzahl und neue kurzreichweitige Kräfte entdeckt werden. [9]

Die Energien der Protonen und Elektronen sind so hoch, dass beim Zusammenstoß neue Teilchen erzeugt werden. Bahn und Energien der geladenen Teilchen werden gemessen und für Millionen von Elektron-Proton-Zusammenstößen aufgezeichnet, um mit Modellrechnungen verglichen zu werden.

Ein Teil des Detektors H1, einer der zwei Detektoren des Speicherringes, wird am Physik-Institut der Universität Zürich gebaut. Ueber 20 weitere Universitäten und Institute aus verschiedenen Ländern (BRD, DDR, CH, USA, F, GB, UDSSR, I,...) sind am Bau beteiligt. Während 4 Jahren beschäftigen sich 60 Physiker, 40 Ingenieure und 80 Techniker mit dem Entwurf und dem Bau des Detektors. [2]

#### 4. Anforderungen an die innere Z-Driftkammer

Um den Ort entlang des Strahls (z-Richtung), an dem die neu erzeugten Teilchen durch die Kammer fliegen zu bestimmen, wurde beschlossen eine äussere und eine innere Z-Driftkammer zu bauen (die Elektronen driften in z-Richtung). Die innere Z-Driftkammer soll am Physik-Institut der Universität Zürich gebaut werden. In Zusammenarbeit und unter Leitung von Herrn Ueli Straumann war es meine Aufgabe eine erste Testzelle zu planen und einige Tests durchzuführen.

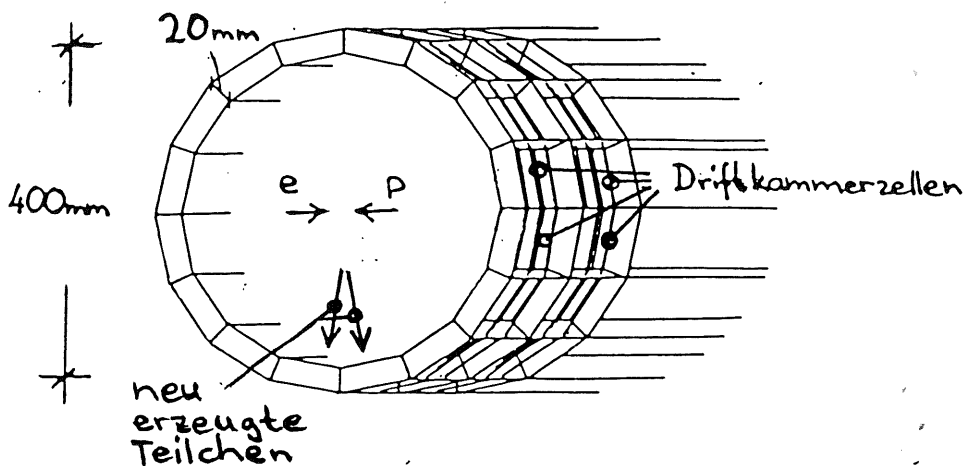


Fig.3 "Innere Z-Driftkammer von seitlich-vorne"

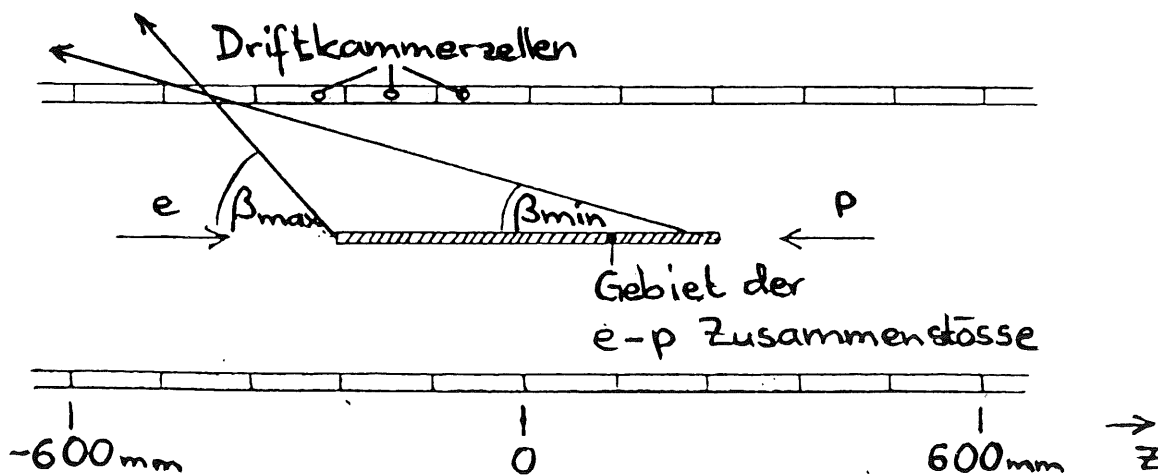


Fig.4 "Innere Z-Driftkammer von der Seite"

Wie in Fig.4 zu sehen ist, fliegen die Teilchen nicht wie üblich senkrecht durch die Driftkammer, sondern unter verschiedenen Winkeln, meistens unter kleinen, was einige Probleme verursachen könnte.

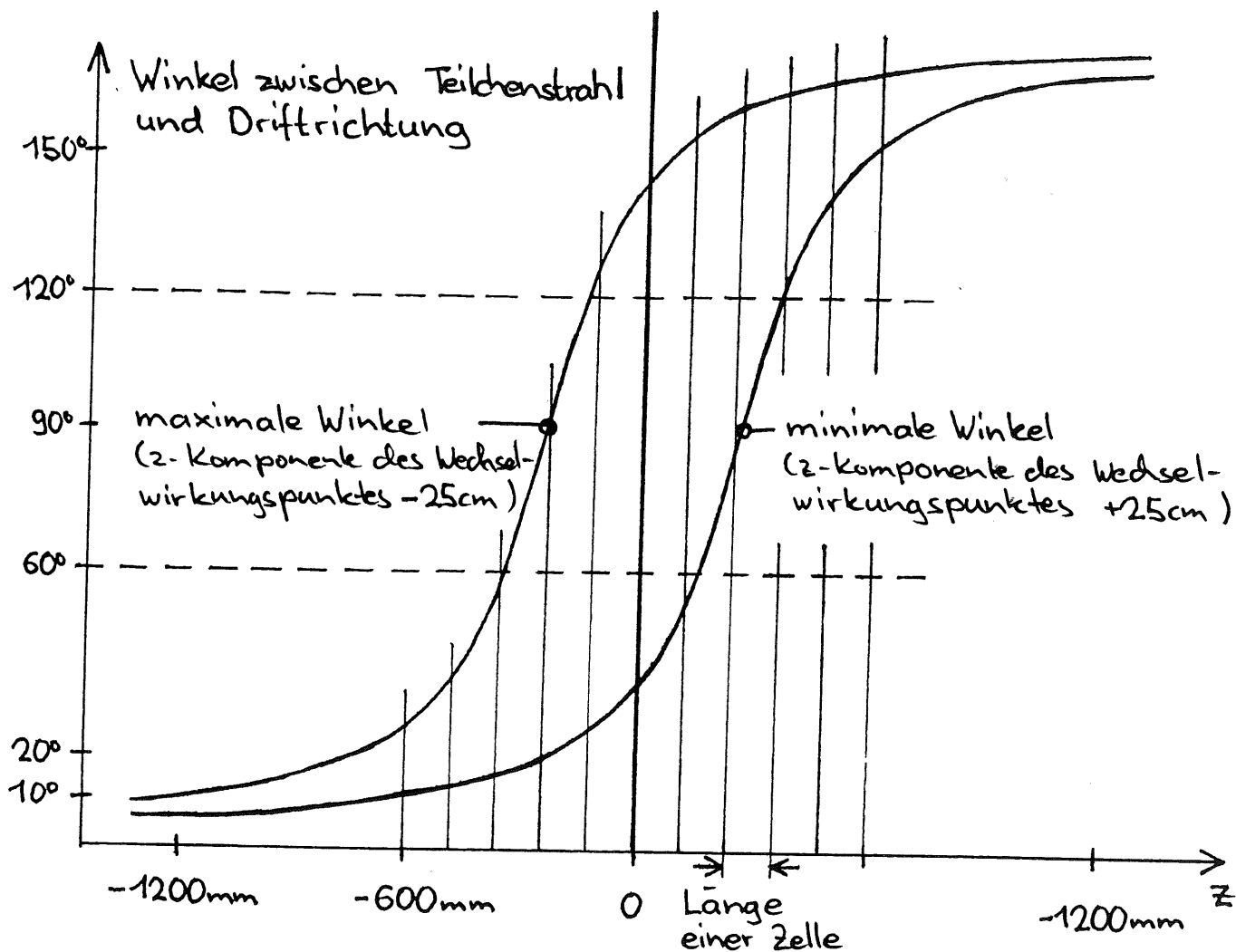


Fig.5 "Maximale und minimale Winkel unter denen die Teilchen durch die verschiedenen Zellen fliegen. (Für die Länge des Gebietes der Elektron-Proton-Zusammenstöße längs des Strahls wurde 50cm eingesetzt.)"

## 5. Die Testkammer

### 5.1 Anordnung der Anoden- und Potentialdrähte

Um ein kurzes Signal zu erhalten, sollten alle entlang der Ionisationsspur erzeugten Elektronen, möglichst gleichzeitig auf die Anode treffen. Die gekrümmten Ebenen (in der Figur, der Projektion, sind dies Kurven), von denen bis zur Anode alle Elektronen die gleiche Driftzeit haben, werden als Isochronen bezeichnet. Die Isochronen und die Teilchenbahn sollten somit nahezu parallel sein.

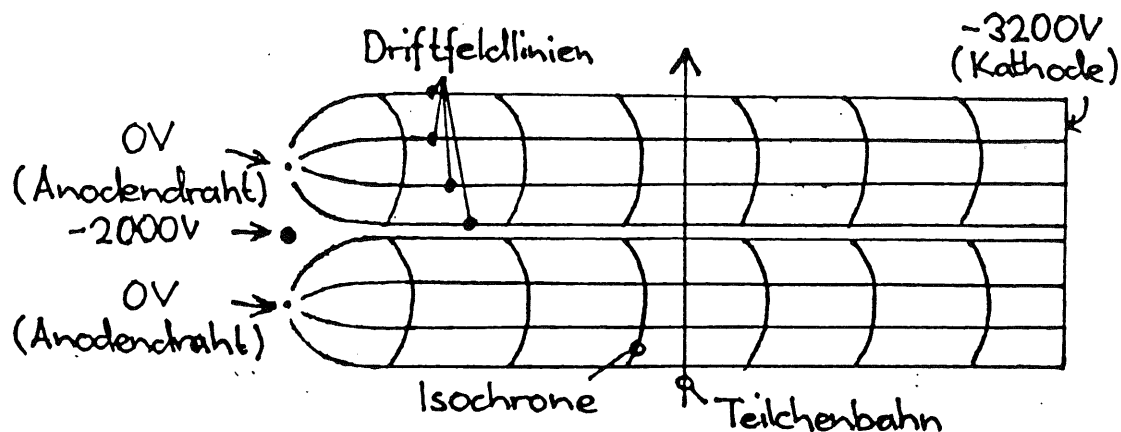


Fig.6 "Standarddriftkammer. Die Isochronen und somit die optimale Richtung der Teilchenbahn stehen senkrecht zur Driftrichtung."

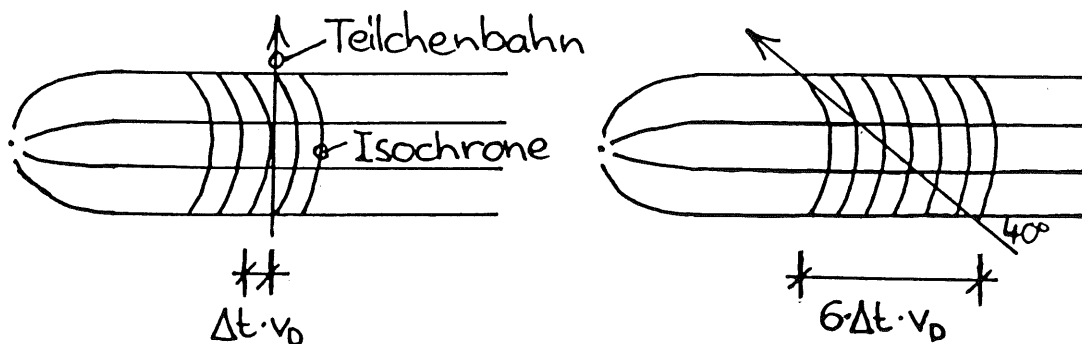


Fig.7 "Zwei verschiedene Neigungen der Teilchenbahn. Links: Teilchenbahn senkrecht zur Driftrichtung. Die Driftelektronen kommen innerhalb der Zeitdifferenz  $\Delta t$  an der Anode an, das Signal wird kurz. Rechts: Winkel zwischen Teilchenbahn und Driftrichtung  $40^\circ$ . Die Driftelektronen kommen innerhalb der Zeitdifferenz  $6 \cdot \Delta t$  an der Anode an, das Signal wird lang. ( $v_D$ : Driftgeschwindigkeit)"



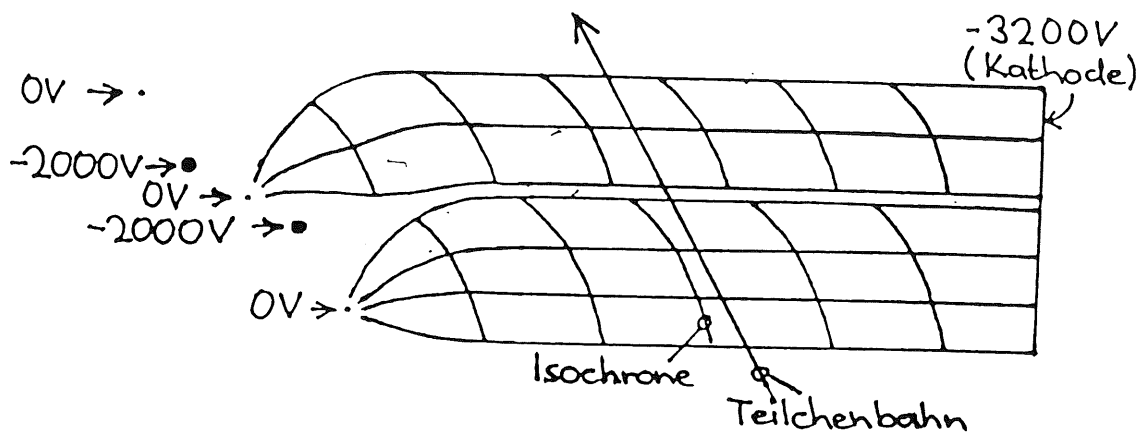


Fig.8 "Driftkammer mit geneigten Isochronen"  
 Durch die spezielle Anordnung der Anodendrähte kann erreicht werden, dass der optimale Winkel zwischen Teilchenspur und Driftrichtung  $60^\circ$  beträgt. (siehe Fig.8)  
 Für die Berechnung der Driftfeldlinien wurde das Programm WIRCHA [10] verwendet. Leiter (Kupferstreifen, Kathoden,...) werden durch Drähte genähert. Aus den Spannungen, auf denen die einzelnen Drähte liegen, werden ihre Ladungen berechnet. Die Driftelektronen werden durch die Ladungen beschleunigt und durch Stöße wieder abgebremst. Aus dem Wirkungsquerschnitt der Gasatome und der Feldstärke wird die Driftgeschwindigkeit bestimmt. Das Programm zeichnet die Bahnen der Elektronen und die Isochronen.

Es wurde eine Anordnung mit 4 Anodendrähten und 3 Kathodendrähten gewählt. Einige Kriterien die zu dieser Anordnung geführt haben, sind weiter unten angegeben.

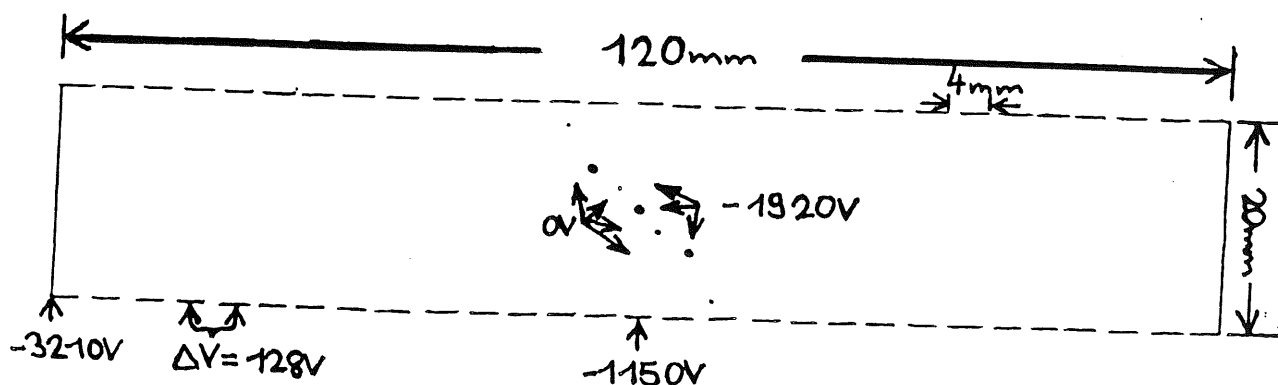


Fig.9 "Schnitt durch die Kammer, senkrecht zu den Anoden- und Potentialdrähten"  
 Die Koordinaten der Anodendrähte ( $20\mu\text{m}$  dick) sind (in mm):  
 $(-8;8)$ ,  $(-2;2)$ ,  $(2;-2)$ ,  $(8;-8)$   
 Die Koordinaten der Kathodendrähte ( $120\mu\text{m}$  dick) sind (in mm):  
 $(-5;3,8)$ ,  $(0;0)$ ,  $(5;-3,8)$

"Drifthöhen"

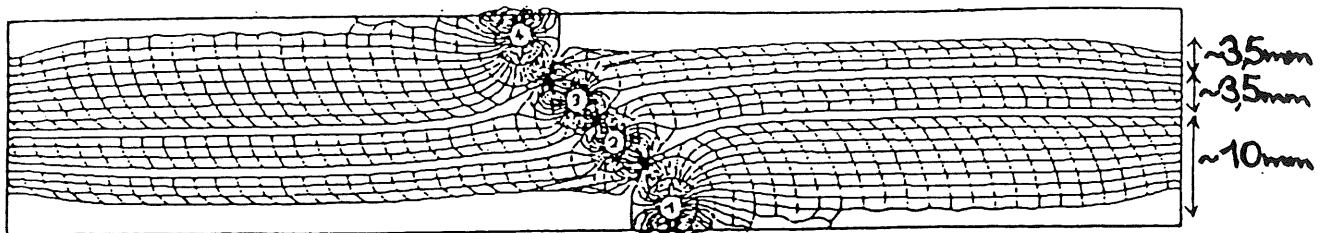


Fig.10 "Resultat der Driftfeldrechnungen für die Kammer in Fig.9"

In Fig.10 ist zu sehen, dass die Neigung der Isochronen und somit der optimale Winkel zwischen Teilchenbahn und Driftrichtung  $60^\circ$  beträgt und nicht wie bei der Standarddriftkammer  $90^\circ$ .

Im Folgenden sind einige weitere Gründe angegeben, warum diese Anordnung der Drähte gewählt wurde.

Anodendraht 1 bzw. 4 :

-Die Elektronen driften nur auf den Anodendraht 1 bzw. 4, wenn das Teilchen rechts bzw. links der Drähte durch die Kammer flog, wodurch eine Links- bzw. Rechtsidentifikation möglich ist.

-Die Drifthöhe ist gross (10mm).

Vorteil: Viele Atome werden ionisiert, die Wahrscheinlichkeit ist gross, dass jedes Teilchen gesehen wird.

Nachteil: Das Signal ist lang besonders bei geneigter Teilchenbahn, die Doppelspurauflösung schlecht.

Anodendraht 2 und 3 :

-Die Drifthöhe ist niedrig (3,5mm).

Nachteil: Wenige Atome werden ionisiert. Es hat zwei Drähte, um die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, dass ein Draht mit niedriger Drifthöhe ein Signal sieht.

Vorteil: Das Signal ist kurz, die Signale zweier Teilchen können leichter getrennt werden, gute Doppelspurauflösung.

Die Elektronen im Gebiet oberhalb des Driftraumes der Anode 3 driften nicht gegen eine Anode, sondern gegen die oberen Streifen. In diesem Gebiet sind die Elektronenbahnen gewellt. Die Elektronen bräuchten länger bis zur Anode als die benachbarten Elektronen auf geraden Bahnen, das Signal würde lang.

## 5.2 Bau der Testkammer

Die Testkammer wurde in der Werkstatt des Physik-Institutes der Universität Zürich von Herrn John Koch gebaut. Die Stellung der einzelnen Anodendrähte (20  $\mu\text{m}$  dick) und Potentialdrähte (120  $\mu\text{m}$  dick) ist veränderbar. So war es möglich verschiedene Drahtstellungen zu testen, ohne jedesmal eine neue Kammer zu bauen. Damit die Drähte nicht reissen, sind sie gefedert befestigt (siehe Fig.11).

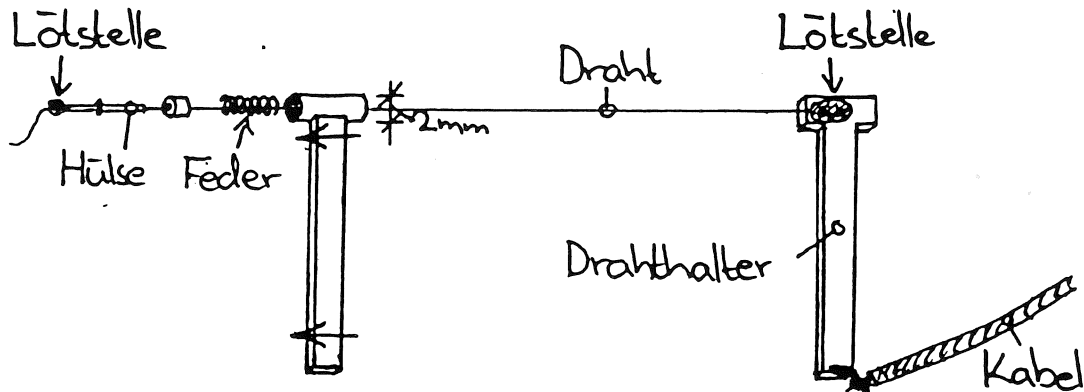


Fig.11 "Befestigung der Drähte. Die Drahthalter bestehen aus Epoxy, das einseitig mit einer Kupferschicht beschichtet ist."

Maximal können 12 Drähte gespannt werden. Die Mechanik der Drahtaufhängung ist aus durchsichtigem Plexiglas gefertigt (siehe Fig.12 und 13) und sieht aus wie ein kleines Kunstwerk.

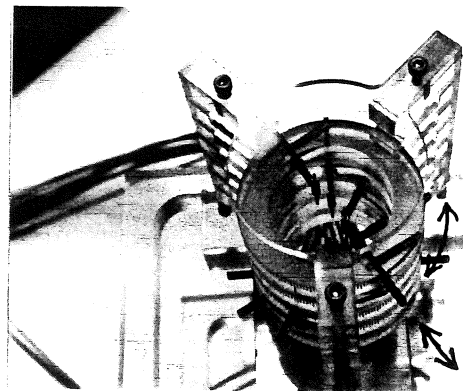
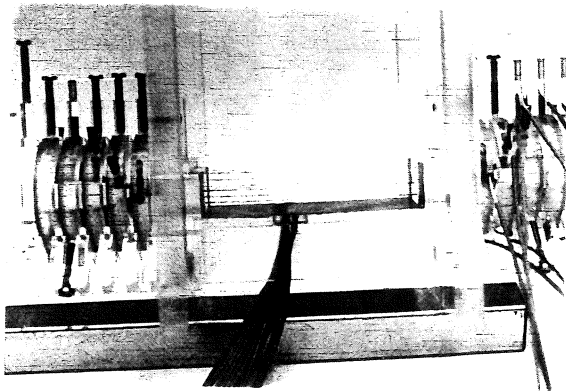


Fig.12 und Fig.13 "Mechanik der Drahtaufhängung, mit der die Drahtstellung verändert werden kann. Links: Sicht senkrecht zu den Drähten, rechts: Sicht entlang der Drähte. Der äusserer Durchmesser der Ringe beträgt 56mm. Die Ringe sind drehbar und können mit einer Schraube fixiert werden, wie auch die Drahthalter, die radial zur Mitte der Ringe verschiebbar sind."

Die Kammer selbst (siehe Fig.14) besteht aus Epoxy und Rohazell, die Kupferstreifen entlang des Deckels und des Bodens der Kammer (siehe Fig.9) sind auf Capton aufgedampft. Diese Materialien sollen für den Bau der eigentlichen Driftkammer verwendet werden. (Die Teilchen sollten möglichst wenig Energie verlieren.)

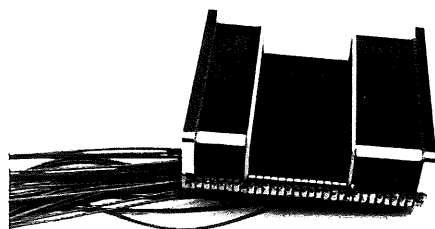


Fig.14 "Kammer ohne Mechanik der Drahtaufhängung"

### 5.3 Testaufbau

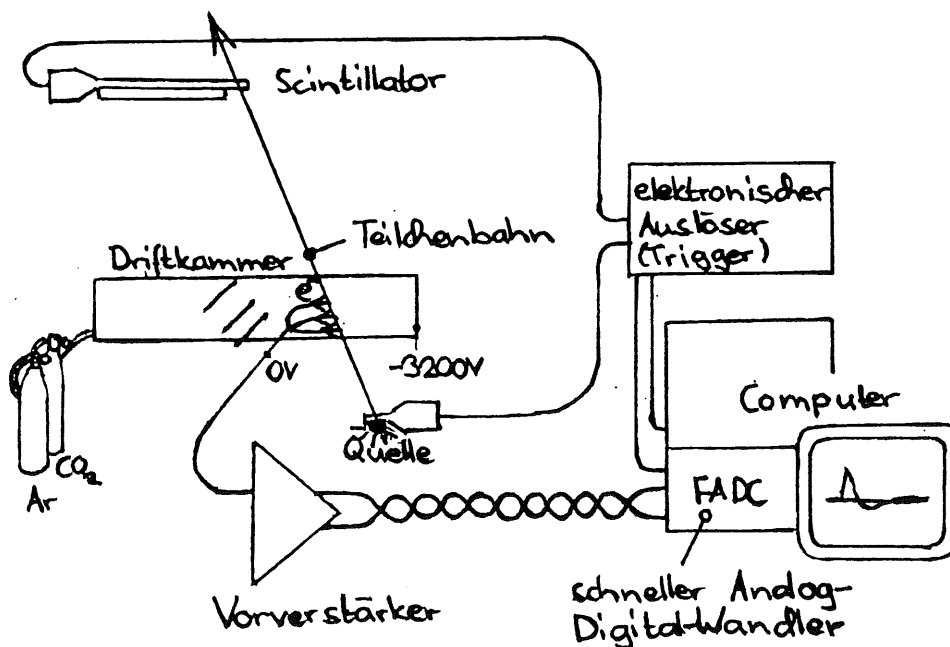


Fig.15 "Testanordnung"

#### 5.3.1 Vorverstärker:

Als Vorverstärker wurde der bei L3 verwendete Verstärker, der für NIKHEF [11] entwickelt worden war, verwendet. Im 50 Mhz-Bereich verstärkte er Störsignale von Computer und Fernsehsender

überdurchschnittlich stark und begann zu schwingen. Durch verschiedene Abschirmungen, durch Änderung der Verdrahtung (verschiedene Lagen des zentralen Erdungspunktes,...), durch Änderung des Vorverstärkerprintes und durch Filtern der Hochspannung wurde versucht das Rauschen zu unterdrücken. Bei bestimmten Anordnungen war das Rauschen klein, aber wurde die Lage eines Kabels geringfügig geändert, bewegte man sich ungünstig oder berührte ein Gerät, nahm das Rauschen wieder zu. Nach längeren Bemühungen wurde schliesslich das Problem gelöst, indem am Eingang des Vorverstärkers ein Tiefpassfilter eingebaut wurde. Die Anstiegszeit erhöhte sich dadurch von 5ns auf ca. 15ns, aber das Rauschen wurde ausreichend klein, auch ohne Abschirmung, die Tendenz zur Oszillation erheblich reduziert.

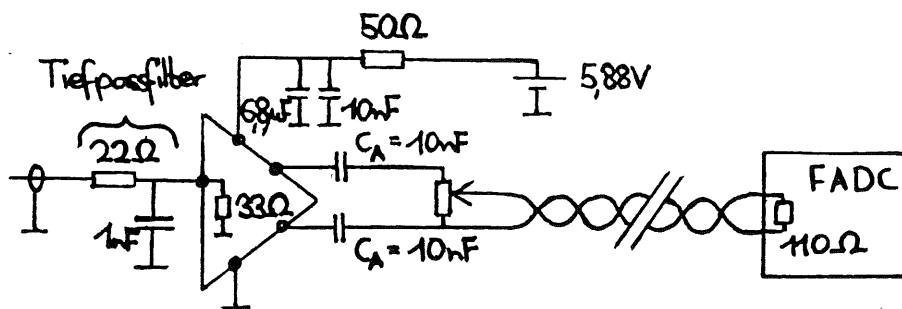


Fig.16 "Vorverstärkerelektronik"

### 5.3.2 Hochspannung:

Um die Spannung der Kathoden- und der Potentialdrähte unabhängig voneinander verändern zu können, wurden zwei Hochspannungsgeräte verwendet. Die uebrigen Spannungen (siehe Fig.9) wurden von zwei Spannungsteilern erzeugt.

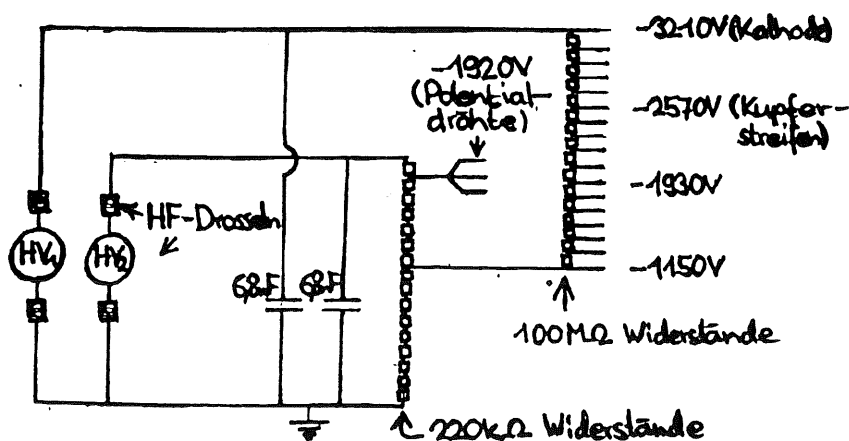


Fig.17 "Hochspannungsversorgung"

### 5.3.3 Gasgemisch und Driftgeschwindigkeit:

Für den Test wurden die ungefährlichen Gase Ar/CO<sub>2</sub> im Verhältnis 97,5 zu 2,5 verwendet.

Die Genauigkeit der Mischanlage für dieses Verhältnis beträgt ca. 12%.

Das Driftfeld pro mmHg betrug 340V/cm/750mmHg (Fehler 10%; Durch Interpolation aus Literaturdaten ([3], Fig.18) erwartet man eine Driftgeschwindigkeit von  $v=2,8\text{cm}/\mu\text{sec}$  (Fehler 8%).

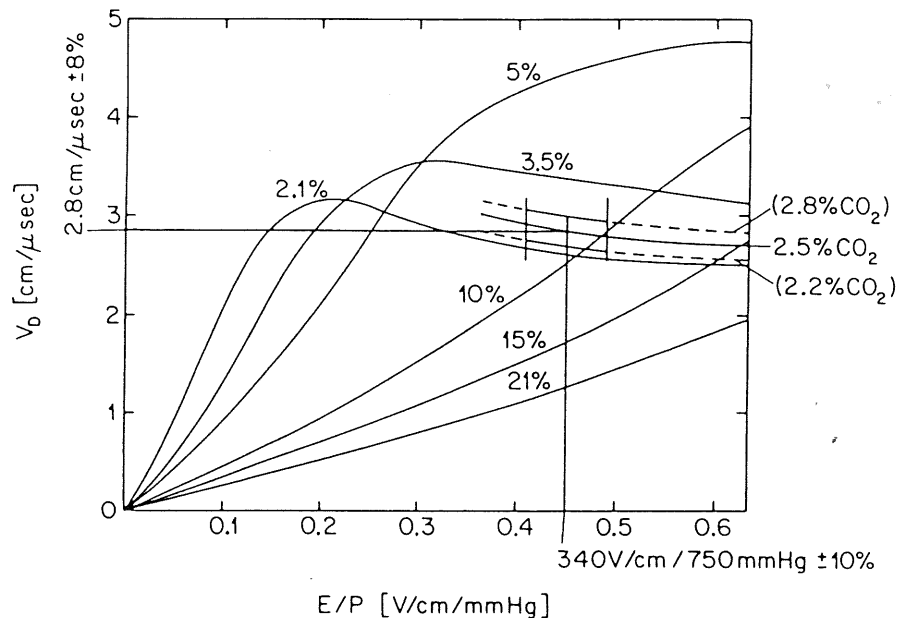


Fig.18 "Driftgeschwindigkeit in Funktion von Driftfeldstärke und Druck [3] mit Arbeitspunkt der Testkammer."

### 5.3.4 Gasverstärkung:

Pro cm ionisiert ein geladenes Teilchen im Gasgemisch Ar/CO<sub>2</sub> etwa 90 Atome. Fliegt ein Teilchen senkrecht durch die Kammer, driften etwa 30 Elektronen gegen die Anodendrähte 2 und 3 (Drifthöhe 3,5mm) und 90 Elektronen gegen den Anodendraht 1 (Drifthöhe 1cm). In der Nähe der Drahtoberfläche bildet sich eine Elektronenlawine.

Die Ladungsverstärkung der einzelnen Vorverstärker wurde gemessen. Aus der Fläche unter einem durchschnittlichen Signal konnte zurückgerechnet werden, wieviele Elektronen auf den Anodendraht gelangten. Die Gasverstärkung ist das Verhältnis der auf den Draht gelangenden zu den ursprünglich gegen die Drähte driftenden Elektronen.

	Draht 1	Draht 2	Draht 3
durchschnittliche Gasverstärkung	>20 000	10 000	20 000

Für die Driftfeldrechnungen war nur wenig Zeit verwendet worden. Die Lage der Drähte war noch nicht ideal, die Felder in der Nähe der Drahtoberflächen waren bei den einzelnen Anodendrähten leicht verschieden (6%) und somit auch die Gasverstärkungen. Vom Anodendraht 4 zu einem Potentialdraht gab es häufig Durchschläge. Der Anodendraht 4 wurde deshalb nicht auf das Potential 0V gelegt. (Die Teilchen flogen durch den Teil der Kammer, von dem keine Elektronen zum Anodendraht 4 driften.)

### 5.3.5 Quelle:

Als Quelle wurde Ruthenium verwendet. Ruthenium ist ein  $\beta$ -Strahler mit einer Endenergie von 3,5MeV. [7]

### 5.3.6 Datenaufnahme:

Für die Datenaufnahme (elektronischer Auslöser, Computer und Computerprogramme) war Herr Ueli Straumann besorgt. Die ersten Signale, die gleichzeitig von beiden Scintillatoren kommen, starten den FADC (Analog-Digital-Wandler mit 100 Mhz Konversionsrate). Dieser beginnt die analogen Signale des Vorverstärkers in digitale zu wandeln und speichert diese Daten, bis der Computer sie ausliest und analysiert. Der elektronische Auslöser (Trigger) verhindert, dass der FADC wieder gestartet wird, bevor der Computer die Daten fertig analysiert hat. Ist dieser Vorgang abgeschlossen, sendet der Computer ein Signal, der FADC kann wieder gestartet werden.

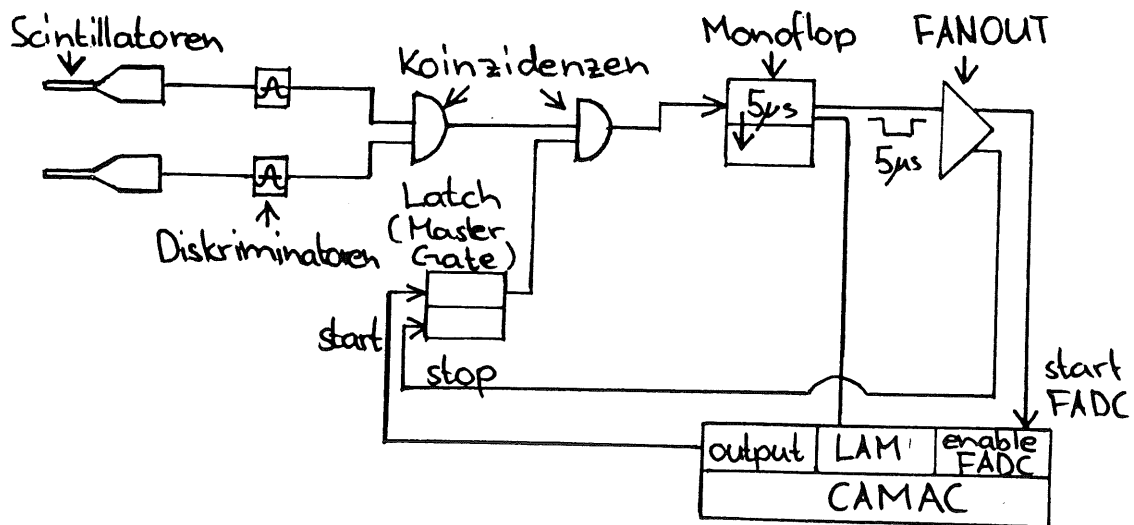


Fig.19 "Elektronischer Auslöser (el.Trigger)"

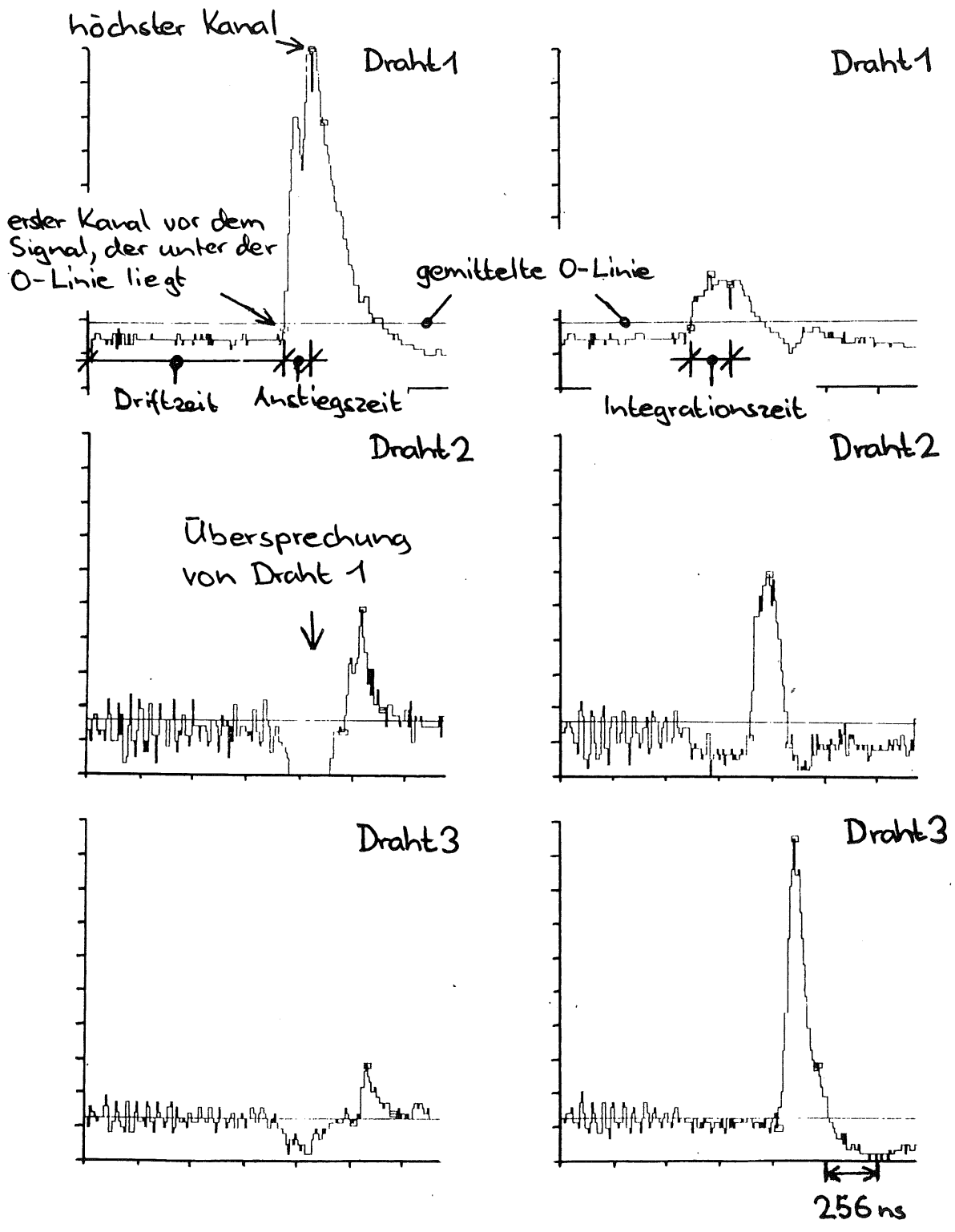


Fig.20 "Die digitalisierten Signale der drei Drähte"



Um das Signal zu finden zählt der Computer innerhalb einer gegebenen Zeitdifferenz, der Integrationszeit, die Kanäle zwischen der Kurve und der gemittelten 0-Linie zusammen. Das erste Mal beginnt er beim ersten Zeit-Kanal, das zweite Mal beim zweiten Zeit-Kanal usw. bis er das Ende des FADC-Bereiches erreicht. Er vergleicht die Flächen zwischen Kurve und der gemittelten 0-Linie für die verschiedenen Zeiten und sucht die grösste Fläche heraus. Ist diese grösser als eine gegebene Minimalfläche, wird angenommen, dass zu der bestimmten Zeit ein Signal angekommen war. Der erste Kanal vor dem Signal wird gesucht, der unter der gemittelten 0-Linie liegt. Die zeitliche Differenz zwischen diesem und dem ersten Zeit-Kanal ist die Driftzeit. Die zeitliche Differenz vom ersten Kanal der unter der 0-Linie liegt bis zum höchsten Kanal ist die Anstiegszeit. (siehe Fig.20)

### 5.3.7 Scintillatorstellung:

Die Daten, die mit den in Fig.21 eingezeichneten Scintillatorstellungen aufgenommen wurden, werden in dieser Arbeit ausführlicher untersucht.

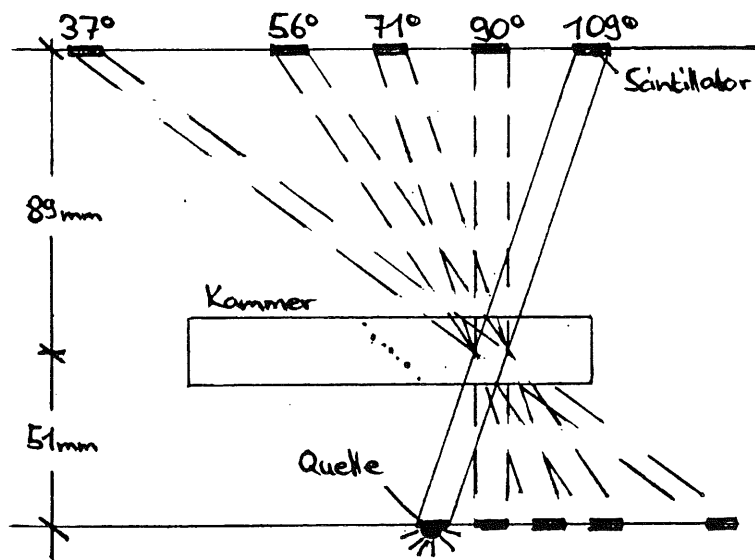


Fig.21 "Scintillatorstellungen"

## 6. Messresultate

### 6.1 Ansprechwahrscheinlichkeit für verschiedene Winkel

Eine Forderung ist, dass die Driftkammer Teilchen sehen kann, die unter verschiedenen Winkeln (siehe Fig.5) durch die Kammer fliegen. Die Ansprechwahrscheinlichkeit wurde für verschiedene Winkel gemessen. Ausserhalb eines günstigen Winkelbereiches ( $60^\circ$  bis  $90^\circ$ ) nimmt die Ansprechwahrscheinlichkeit rasch ab (siehe Fig. 23).

Mögliche Erklärungen für dieses Verhalten :

Bei Winkeln ausserhalb des günstigen Winkelbereiches kommen die verschiedenen Elektronenhaufen nicht gleichzeitig an der Anode an.

a) Der erste Elektronenhaufen erzeugt eine Elektronenlawine am Anodendraht. Die positiven Ionen driften von der Anode weg, die nachfolgenden Elektronenhaufen sehen ein kleineres Feld und können auch mit den Ionen rekombinieren, treffen nicht auf den Anodendraht.

b) Die Signale werden über die zwei Kondensatoren  $C_A$  vom Vorverstärker abgegriffen (siehe Fig.16). Die Signale werden so differenziert erhalten einen negativen Schwanz (siehe Fig.22). Das Signal eines nachfolgenden Elektronenhaufens fällt in den Schwanz des vorhergehenden. Das gesamte Signal wird klein, geht im Rauschen unter.

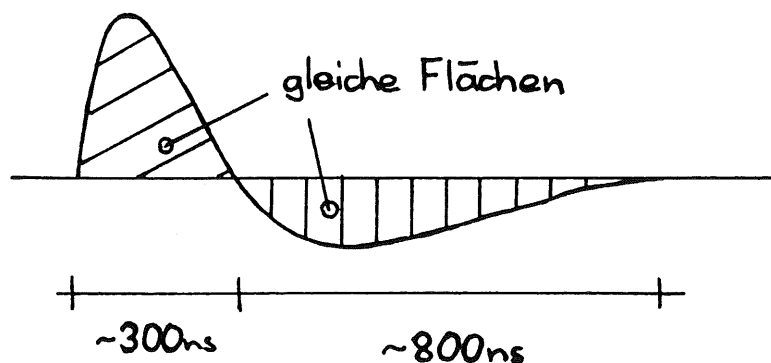


Fig. 22 "Signal nach dem Vorverstärker"

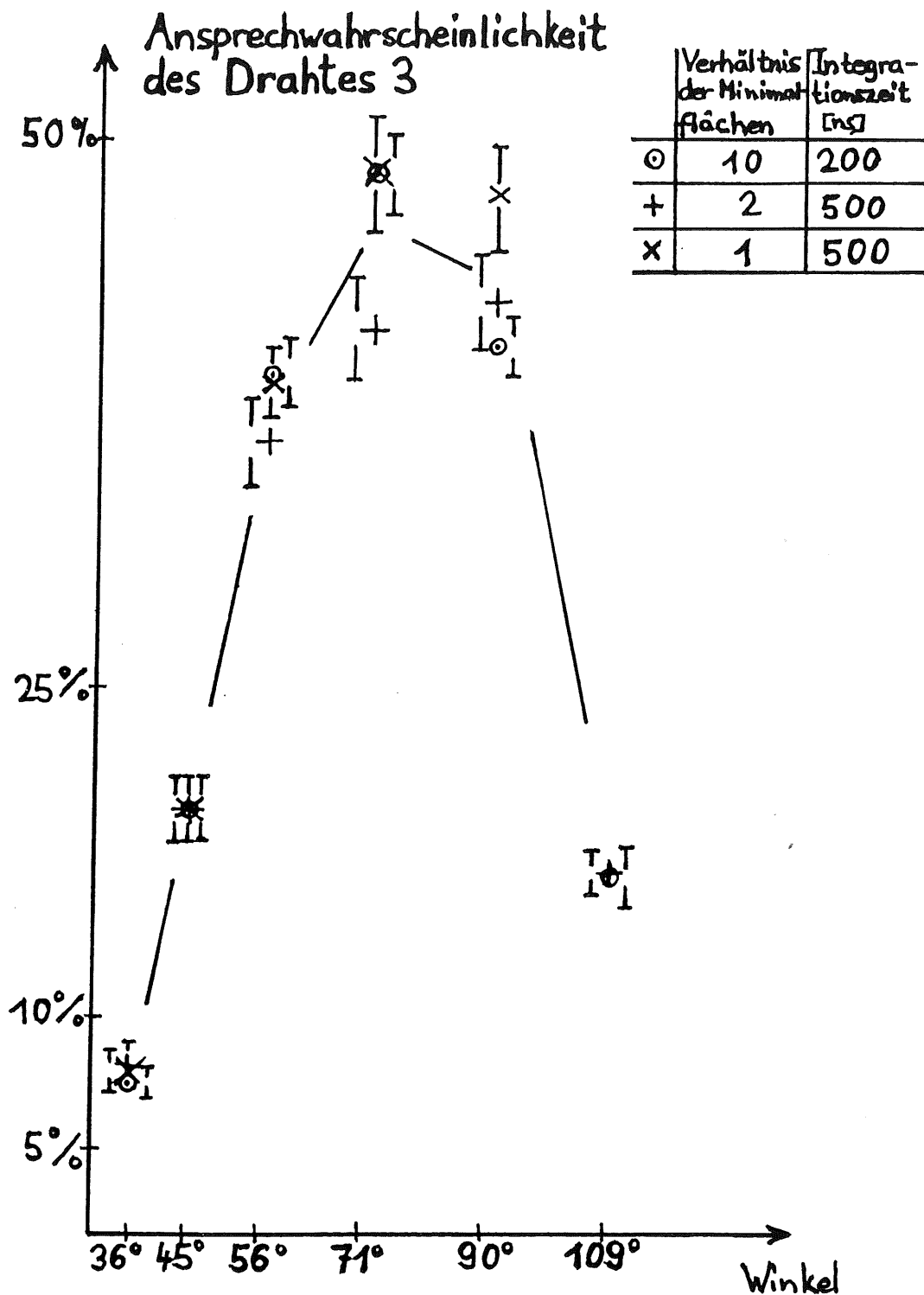


Fig.23 "Ansprechwahrscheinlichkeit des Drahtes 3 für verschiedene Winkel. (Die zwei anderen Drähte zeigen das gleiche Verhalten.) Ein Signal wird als solches anerkannt, wenn die Fläche zwischen Signal und 0-Linie innerhalb der Integrationszeit grösser als eine gegebene Minimalfläche ist." (siehe auch 5.3.6)

Im nächsten Test wird ein neuer Vorverstärker verwendet werden. Die Ansprechwahrscheinlichkeit für verschiedene Winkel muss noch genauer untersucht werden.

## 6.2 Driftzeiten

### 6.2.1 Auswertung der Driftzeiten:

Die Driftzeit ist die Zeit, die das erste Elektron bis zur Anode braucht. Um die Teilchenbahn einzeichnen zu können, muss auch bekannt sein, von welcher Stelle auf der Isochronen das erste Elektron kommt. In den Figuren 24 bis 26 wird gezeigt, wie diese Punkte mit Hilfe der Resultate der Driftfeldrechnungen und einigen Näherungen gefunden werden.

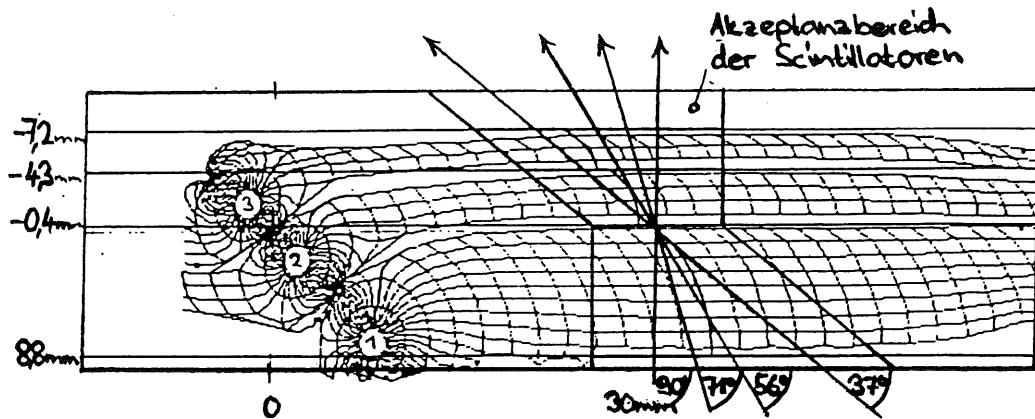


Fig.24 "Resultat der Driftfeldrechnungen. Eingezeichnet ist der Akzeptanzbereich der Scintillatoren. In diesem Bereich sind die Drifträume näherungsweise durch Ebenen (in der Figur sind dies horizontale Geraden) abgegrenzt."

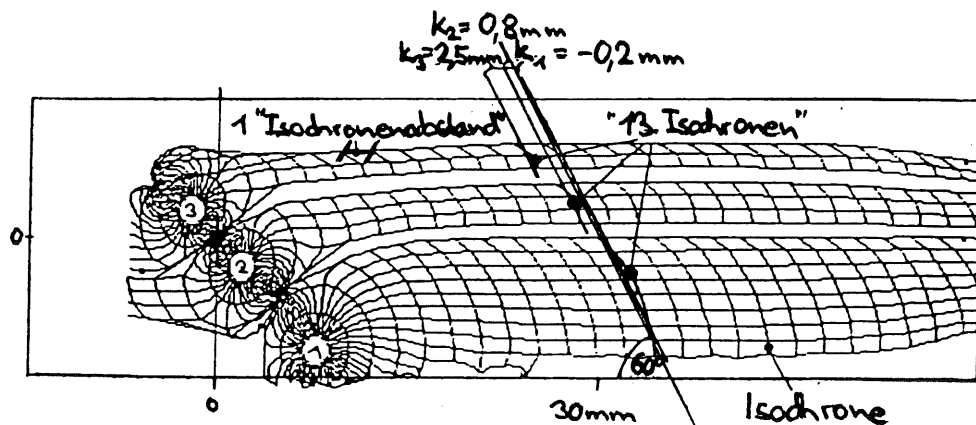


Fig.25 "Näherung der Isochronen durch Geraden (Neigung  $60^\circ$ ). (Die Gerade mit Neigung  $60^\circ$  ist eingezeichnet, die in der Mitte des Akzeptanzbereiches der Szintillatoren liegt. Die Distanz (z) zwischen dem Schnittpunkt der Teilchenbahn mit der Ebene  $y=0$  und dem Punkt  $(0;0;x)$  beträgt 13 "Isochronenabstände". Die Distanzen ( $k_i$ ) der "13. Isochronen" der einzelnen Drähte zu dieser Gerade betragen:  $k_1 = -0,2\text{mm}$ ,  $k_2 = 0,8\text{mm}$ ,  $k_3 = 2,5\text{mm}$ .)"

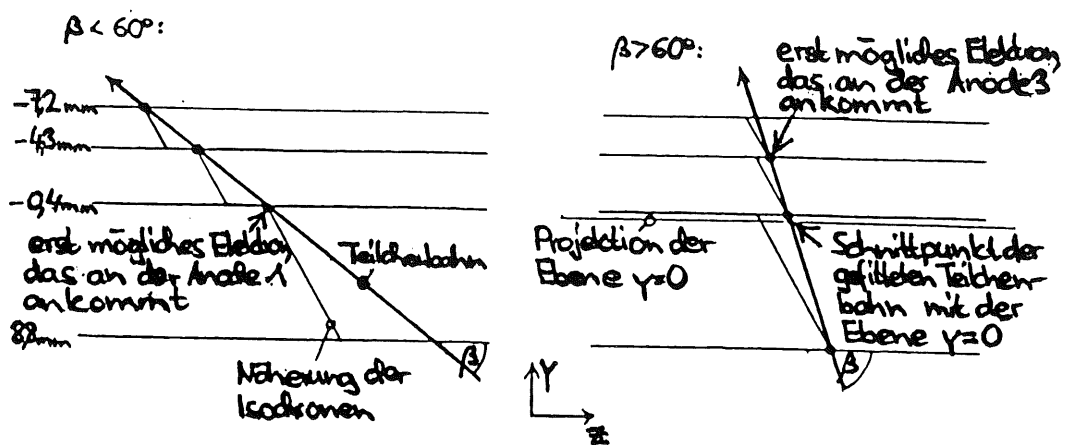


Fig.26 "Näherung der Isochronen und der Drifträume"

Ist  $T(1) \{ \text{Driftzeit des Drahtes 1} \} \cdot v \{ \text{Driftgeschwindigkeit} \} + k(1)$  (siehe Fig.25)  $< T(2) \cdot v + k(2) < T(3) \cdot v + k(3)$ , d.h. die Neigung der Teilchenbahn  $< 60^\circ$ , liegt der Ursprung des ersten Elektrons, das an der Anode ankommt am oberen Rand der genäherten Isochronen, sonst am unteren Rand. (siehe Fig.26)

Die Koordinaten der Punkte sind somit für eine Teilchenbahn mit einer Neigung zur Driftrichtung  $> 60^\circ$ :

Draht 1 : ( 8,8mm ;  $t(1) \cdot v + k(1) + 8,8\text{mm} \cdot \cot 60^\circ$  )

Draht 2 : ( -0,4mm ;  $t(2) \cdot v + k(2) - 0,4\text{mm} \cdot \cot 60^\circ$  )

Draht 3 : ( -4,3mm ;  $t(3) \cdot v + k(3) - 4,3\text{mm} \cdot \cot 60^\circ$  ) ,

für eine Teilchenbahn mit einer Neigung  $< 60^\circ$ :

Draht 1 : ( -0,4mm ;  $t(1) \cdot v + k(1) - 0,4\text{mm} \cdot \cot 60^\circ$  )

Draht 2 : ( -4,3mm ;  $t(2) \cdot v + k(2) - 4,3\text{mm} \cdot \cot 60^\circ$  )

Draht 3 : ( -7,7mm ;  $t(3) \cdot v + k(3) - 7,7\text{mm} \cdot \cot 60^\circ$  ) .

Eine Gerade wird durch diese 3 Punkte gelegt. Das Verfahren, das verwendet wird, ist die Methode der kleinsten Quadrate. [4]

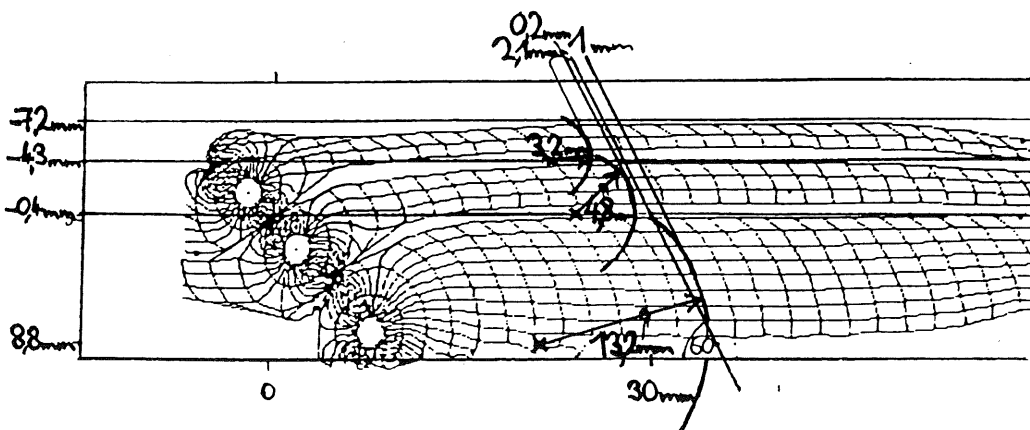


Fig.27 "Näherung der Isochronen durch Kreise"

Werden die Isochronen in einem zweiten Schritt durch Kreise genähert, so gibt dies bei Teilchenbahnen deren Neigung nicht in der Nähe von  $60^\circ$  liegen grössere Änderungen des Winkels und des Schnittpunktes der gefitteten Teilchenbahn mit der Ebene  $y=0$ , z.B. bei Teilchenbahnen von  $90^\circ$  eine Änderung von  $17^\circ$  und  $-0,8\text{mm}$ .

Bei einer Scintillatorstellung, die Teilchenbahnen mit einer Neigung um  $60^\circ$  erlaubt, gibt es Ereignisse, bei denen die ersten Elektronen vom oberen Rand der Isochronen stammen ( $\beta > 60^\circ$ ) und Ereignisse, bei denen sie vom untern Rand stammen (Fig.26). Wie in Fig.28 zu sehen ist, entsteht eine Kurve mit nur einer Spitze, wie gefordert wird.

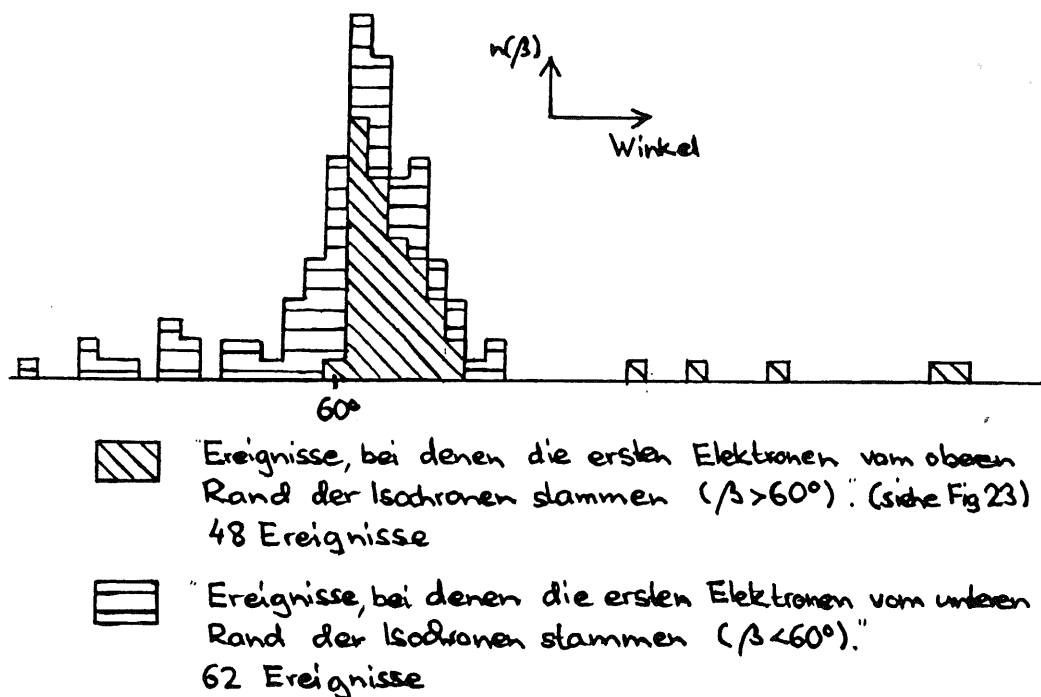


Fig.28 "Anzahl Ereignisse aufgetragen in Funktion des Winkels"

#### 6.2.2 Diskussion der Resultate:

Den Driftzeiten werden für die drei Drähte Punkte zugeordnet, durch die die Teilchenbahn gefittet wird. Aus den Schwankungen der Distanzen zwischen den Punkten und der gefitteten Teilchenbahn kann der Fehler der gefitteten Teilchenbahn berechnet werden. [4] Die Standardabweichung der Distanzen (z-Richtung) zwischen den einzelnen Punkten und der gefitteten Teilchenbahnen wird für die verschiedenen Scintillatorstellungen ermittelt (siehe Fig.26). Aus dieser Standardabweichung kann zurückgerechnet werden, wie

gross der Fehler der einzelnen Punkte (in z-Richtung) war. Ist der Fehler der einzelnen Punkte bekannt, kann der Fehler des Schnittpunktes der gefitteten Teilchenbahn mit der Ebene  $y=0$  und der Fehler des Winkels berechnet werden.

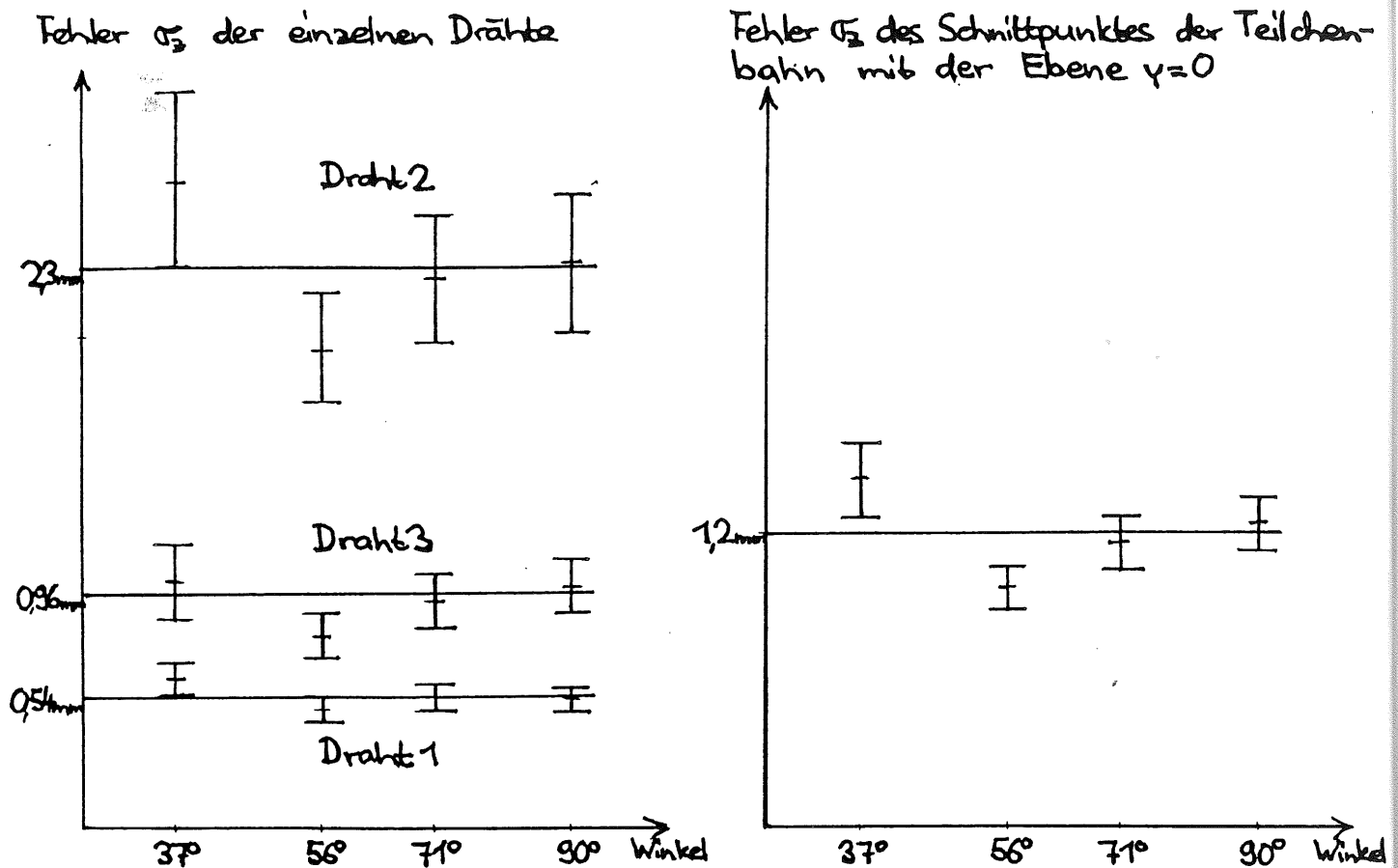


Fig.29 "Fehler der Punkte der einzelnen Drähte, durch die die Teilchenbahn gefittet wird und Fehler des Schnittpunktes der gefitteten Teilchenbahn mit der Ebene  $y=0$  (siehe Fig.26). (0,3mm entsprechen einem Kanal des FADC.)

Die Signale aller Drähte mussten folgende Bedingungen erfüllen (siehe 5.3.6):

- Die Signale mussten genügend gross sein (Die Fläche zwischen dem Signal und der 0-Linie innerhalb einer gegebenen Zeitdifferenz, der Integrationszeit, musste grösser als eine gegebene Minmalfläche sein.)
- Die Signale durften den FADC-Messbereich nicht überschreiten (kein "overflow").
- Die Anstiegszeit durfte nicht länger als die Integrationszeit sein.

Eine weitere Bedingung war, dass die Summe der Fehlerquadrate der einzelnen Drähte kleiner als  $30\text{mm}^2$  war."

Die Fehler des Schnittpunktes der gefitteten Teilchenbahn mit der Ebene  $y=0$  ist mit 1,2mm gross. Draht 2 sah von Draht 1 verschieden grosse Uebersprecher (siehe Fig.20), wodurch die Driftzeiten

verschieden verlängert wurden. Wird für den Fehler der Drähte 2 und 3 der Fehler des Drahtes 1 eingesetzt, so wird der Fehler des Schnittpunktes der Teilchenbahn mit der Ebene  $y=0$  0,45mm. Der mittlere Fehler des Winkels verkleinert sich von  $13^\circ$  auf  $5^\circ$ . Bei gleicher Gasverstärkung an allen Drähten und besserer Vorverstärkerelektronik sollten die Uebersprecher kleiner werden.

## 7. Zusammenfassung

Der Detektor Hera in Hamburg soll unter anderem zwei Driftkammern enthalten. Die innere Driftkammer wird im Physik-Institut der Universität Zürich gebaut. Die Driftkammer sollte Teilchen (Protonen, Elektronen, Müonen,...) sehen können, die nicht wie üblich senkrecht ( $90^\circ$ ), sondern unter verschiedenen Winkeln ( $20^\circ$  bis  $140^\circ$ ) durch die Kammer fliegen, meistens unter kleinem Winkel. Aus diesem Grund wurde eine Kammer mit einer speziellen Drahtstellung entworfen mit Hilfe von Driftfeldrechnungen eines vorhandenen Computerprogrammes. An einer Driftzelle mit variabler Drahtstellung wurden einige Tests durchgeführt. Wie erwartet war die Ansprechwahrscheinlichkeit nicht in einem Bereich symmetrisch um  $90^\circ$  am höchsten, sondern in einem Bereich zwischen  $60^\circ$  und  $90^\circ$ . Ausserhalb dieses Winkelbereiches nahm die Ansprechwahrscheinlichkeit jedoch rasch ab! Möglicherweise ist dieses Verhalten auf die ungleiche Gasverstärkung an den verschiedenen Anodendrähten und auf die ungenügend angepasste Vorverstärkerelektronik zurückzuführen.

Der erhaltene Fehler in Ort und Winkel ist mit 1,2mm und  $13^\circ$  gross. Es ist möglich, dass die Fehler bei weniger Uebersprechung halb so gross werden.

Die Ansprechwahrscheinlichkeit für verschiedene Winkel muss noch genauer untersucht werden. Mit gleicher Gasverstärkung an allen Drähten und besserer Vorverstärkerelektronik sollten die Uebersprecher kleiner werden. Falls nötig könnten je zwei Potentialdrähte anstelle von einem gespannt werden, um die Uebersprecher in der Kammer zu verkleinern.

(Herr Peter Robmann ist dabei mit genaueren Driftfeldrechnungen eine bessere Lage der Drähte zu suchen und eine neue Kammer für einen weiteren Test zu planen. Er wird auch eine neue Vorverstärkerelektronik verwenden.)



## Referenzen

- [1] F. Sauli  
Principles of Operation of Multiwire Proportional and Drift Chambers (Lectures given in the Academic Training Programme Of CERN 1975-1976), CERN 77-09 3 MAY 1977
- [2] H1 Collaboration  
Technical Proposal for the H1 Detector, DESY, 25.März 1986
- [3] J. Fehlmann, J.Paradiso, G. Viertel  
Compilation of Data for Drift Chamber Operation
- [4] S.Brandt  
Statistische Methoden der Datenanalyse, Mannheim Bibliographisches Institut, 1968
- [5] E.A. Gere, W.M. Gibson and G.L. Miller  
Signal Handling System for the Rutgers University-Bell Telephone Laboratories Tandem Accelerator
- [6] S. Eichenberger  
Eine Kurzeinführung in Pascal, Zürich, Januar 87
- [7] Particle Data Group  
Particle Properties Data Booklet, Berkeley/CERN, April 86
- [8] DESY-Journal Nr. 3/4, DESY, Dezember 84
- [9] Discussion Meeting on Hera Experiments 1-3 Oktober 84 Genova, DESY, Januar 84
- [10] J.Fehlmann, J.Paradiso, G.Viertel  
WIRCHA, A Program Package to Simulate Drift Chambers, ETH Zürich TEC Detector Group
- [11] Vorverstärker NIKHEF (Nationaal Instituut voor Kernfysyka en Hoge Energiefysica), P.Rewiersma, NIKHEF-H, Amsterdam

Am Institut für Hochenergiephysik in Zeuthen-Berlin (DDR) wird die äussere Z-Driftkammer gebaut. Um gegenseitig Informationen auszutauschen, weilte Herr Thomas Naumann aus Zeuthen im Sommer 86 für zwei Monate in Zürich und ich hatte Gelegenheit mit ihm zusammenzuarbeiten und zu diskutieren. Im Frühling 87 weilte Herr Hartmuth Baerwolf eine Woche in Zürich und berichtete über die Fortschritte beim Bau ihrer Kammer.

Für verschiedene Teile waren Mitarbeiter des Physik-Institutes besorgt.

Viele wichtige Informationen und Anregungen stammen aus Gesprächen.

Ich hatte die Möglichkeit am Physik-Institut einiges zu lernen, nicht nur über Physik.