

A-4 Markt

P. Kerner

Simulation von Myonen
im H1-Detektor

**I. PHYSIKALISCHES INSTITUT
DER
RHEIN.-WESTF. TECHN. HOCHSCHULE AACHEN**

Simulation von Myonen
im H1-Detektor

Rainer Herma
Diplomarbeit in Physik

vorgelegt der
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der
Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule
Aachen

angefertigt im April 1989
im I. Physikalischen Institut Lehrstuhl B

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
1.1	Physik an Hera	4
1.2	Der H1-Detektor	6
1.3	Das Streamerrohrkammersystem STS	9
1.3.1	Die Streamerrohrkammer des H1-Detektors	9
1.3.2	Aufbau des STS	11
2	Digitalisierung der Spurdaten	17
2.1	Aufgabenstellung	17
2.1.1	SASD	18
2.1.2	Zielsetzung	19
2.2	Speicherung der geometrischen Daten	19
2.2.1	geforderte Daten	22
2.2.2	Speicherbedarf	24
2.2.3	Struktur der Bänke anhand eines Beispieles	25
2.2.4	Vorteile der Struktur	27
2.2.5	Überprüfen der Bänke	28
2.3	Streamergenerierung	32
2.3.1	physikalische Grundlagen	32
2.3.2	Setzen eines Streamers	35
2.4	Die Bänke der Digitalisierung	38
2.4.1	Drahtauslese	38
2.4.2	Streifenauslese	39
2.4.3	Turmauslese	41
2.4.4	Verwirklichung der Simulation	42
2.4.5	Resultat	48
2.5	Test des Programms	52
3	Die geometrische Akzeptanz des STS	53
3.1	Methode zur Untersuchung der geometrischen Akzeptanz	53
3.1.1	Was wurde berücksichtigt?	53
3.1.2	Teilchengenerierung	54
3.1.3	Bestimmung der Spur durch den Detektor	54
3.1.4	Ansprechen der Drähte	55
3.2	Ergebnisse	55
3.2.1	Akzeptanz der einzelnen Lagen	55
3.2.2	Anzahl der getroffenen Lagen	57
3.2.3	getrennte Betrachtung der Myonlagen und der instrumentierten Lagen	61
4	Zusammenfassung	65

A Geometrie Bänke	66
A.1 Aufbau der Bänke für die Streifen	66
A.2 Aufbau der Bank für die Türme	67
A.3 Aufbau der Bank für die lokalen Koordinatensysteme	69
A.4 Aufbau der Bank für die Transformationsmatritzen	69
B Bänke zur Ereignisbeschreibung	70
B.1 Bank mit den Teilchenspuren	70
B.2 Die intermediären Streamerbänke	71
B.3 Bank der angesprochenen Drähte	71
B.4 Bank der angesprochenen Streifen	72
B.5 Bank der angesprochenen Türme	72
C Auszug aus dem DD	74

1 Einleitung

1.1 Physik an HERA

Im deutschen Elektron Synchrotron DESY in Hamburg werden mit Beginn der 90 er Jahre erstmalig beschleunigte Elektronen auf beschleunigte Protonen geschossen. Eigens dafür wurde ein neuer Speicherring HERA (Hadron Elektron Ring Anlage) errichtet [1]. In Abb. 1 ist die Anlage abgebildet. Die bestehenden Beschleuniger

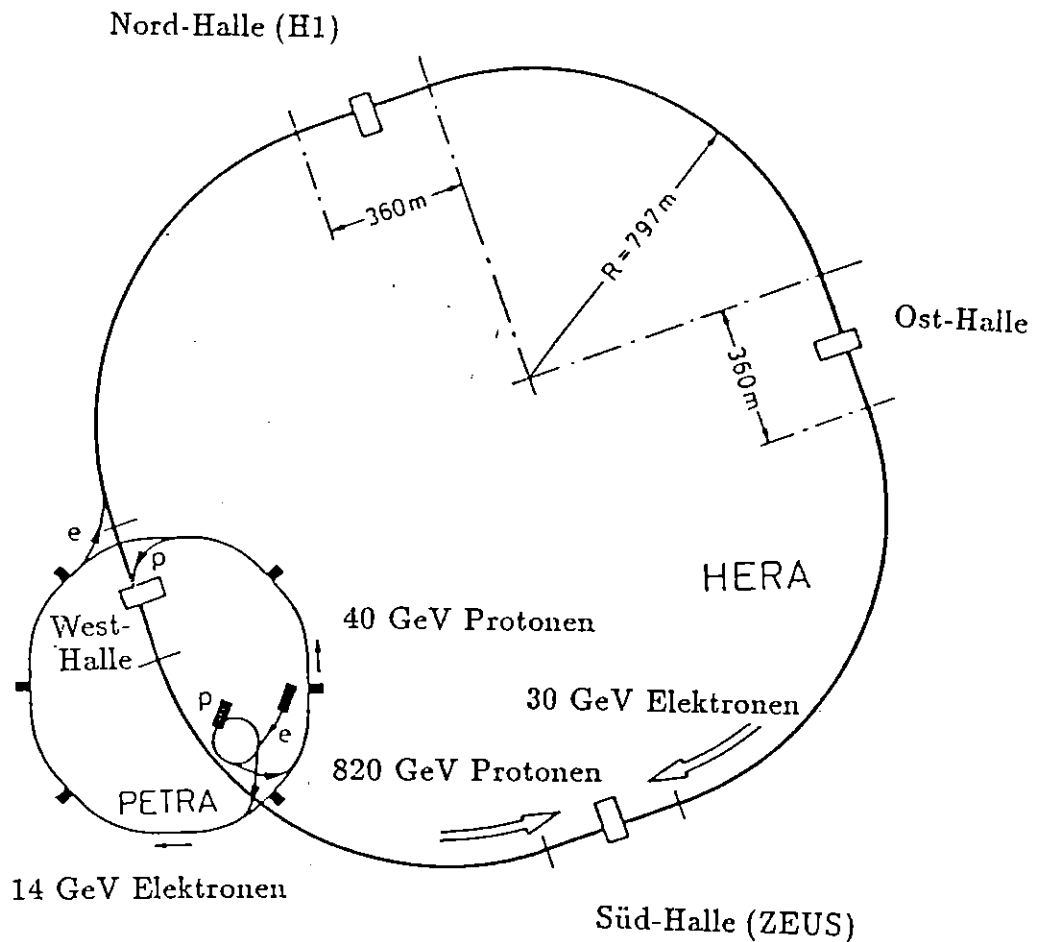


Abbildung 1: Der Beschleunigerring HERA bei DESY

PETRA und DESY werden als Vorbeschleuniger für die Elektronen und Protonen benutzt. In HERA selbst werden die Elektronen bis zu einer Energie von 30 GeV beschleunigt. Die Protonen erhalten eine Energie von 820 GeV durch die Beschleunigung im Ring. Innerhalb des Ringes können die Elektronen und Protonen an vier Stellen zur Kollision gebracht werden. An jeder dieser vier Wechselwirkungszonen ist eine Experimentierhalle errichtet worden, in denen im Prinzip auch vier verschiedene Detektoren aufgebaut werden können.

Momentan sind nur zwei Experimente an HERA vorgesehen, dies sind ZEUS [2] und H1 [3], welche zum Studium der folgenden Physik vorgesehen sind [4].

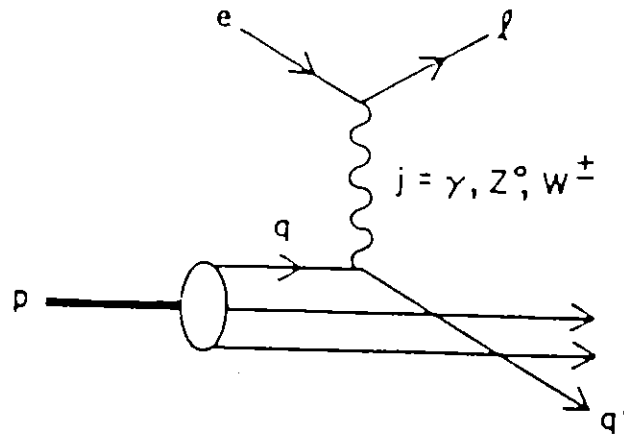


Abbildung 2: Lepton Quark Streuung

In der Abb. 2 ist der Prozess für die Elektron-Quark Streuung gezeigt. In erster Linie werden bei HERA die momentan als gesichert geltenden Theorien, Standardmodell und die Vorhersagen der Quantenchromodynamik, bei den neuen kinematischen Bereiche überprüft. Mit den oben angegebenen Energien für die Elektronen und Protonen kann eine Schwerpunktsenergie von $\sqrt{s} = \sqrt{4E_{Proton}E_{Elektron}} \simeq 314 \text{ GeV}$ erreicht werden. Für das maximale Impulsübertragsquadrat ergibt sich $Q_{max}^2 \simeq 98400 \text{ (GeV/c)}^2$.

Mit diesen Impulsübertragsquadraten können die Strukturfunktionen für Prozesse mit neutralen und geladenen Ströme in den ersten zwei Jahren mit einer hinreichender Statistik für $30\,000 \text{ (GeV/c)}^2 < Q^2 < 40\,000 \text{ (GeV/c)}^2$ studiert werden.

Ein weiterer Vorteil dieser Anlage besteht darin, daß sie als "Fabrik" schwerer Quarkpaare angesehen werden kann, also der Produktion der $c\bar{c}$, $b\bar{b}$, $b\bar{c}$, $b\bar{b}$ und $t\bar{t}$ Zustände. Der dazugehörige Prozeß ist in der Abb. 3 wiedergegeben. Mittels dieser Produktion ist es möglich, neue Teilchen zu entdecken. (Bem.: Das erwähnte top-Quark ist zwar noch nicht experimentell nachgewiesen, doch wird davon ausgegangen, daß dessen Existenz gesichert ist und bei den neuen Experimenten (HERA und LEP) mit den neuen Energiebereichen experimentell nachgewiesen werden.)

Weiterhin ist es möglich neue Ströme zu finden, sei es geladene oder neutrale. Dies ist äquivalent mit dem Finden neuer Austauscheteilchen. Der augenblickliche Stand ist das Wissen der drei Vektorbosonen, den geladenen W^\pm und dem neutralen Z^0 Teilchen.

Da die Elektronen und Protonen zur Kollision gebracht werden, ist es möglich nach angeregten Quarks bzw. Leptonen zu suchen. Dies wäre ein Hinweis darauf,

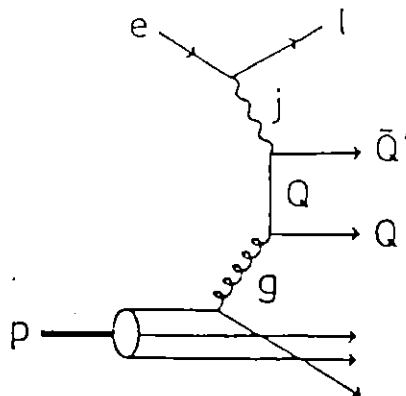


Abbildung 3: Erzeugung der schweren Quark-Antiquarkpaare

daß diese Teilchen nicht elementar sind, sondern ebenfalls aus Konstituenten bestehen. Die Struktur der noch als punktförmig geltenden Teilchen, sei es die der Elektronen und Quarks oder aber deren Konstituenten, können bis auf 10^{-18} cm untersucht werden. Dies ist die Ortsauflösung, die bei HERA mit den gegebenen Impulsüberträgen erreicht werden kann.

Auch erhofft man sich mit Hilfe des neuen Beschleunigers, eine Aussage über die Existenz von Leptoquarks und supersymmetrischen Teilchen machen zu können. Mit den bei HERA zur Verfügung stehenden Energien ist dies bis zu Teilchenmassen von mehreren Hundert GeV möglich.

1.2 Der H1-Detektor

Die beiden Detektoren, ZEUS und H1, sind konzipiert, um die oben angegebene Physik zu untersuchen. Beide sind im Gegensatz zu den herkömmlichen Detektoren nicht symmetrisch um den Wechselwirkungspunkt angeordnet. Diese Asymmetrie ergibt sich durch die unterschiedlichen Energien der Protonen bzw. Elektronen ($E_{Proton} > E_{Elektron}$).

Das 1. Phys. Inst. RWTH Aachen ist am Experiment H1 beteiligt. Der dazugehörige Detektor ist in Abb. 4 und Abb. 5 abgebildet. Deutlich ist die Asymmetrie des Detektors zu erkennen. Dadurch, daß die Protonen energiereicher als die Elektronen sind, folgt, daß nach der Streuung die meisten Teilchen in Protonenrichtung fliegen. Hieraus ergibt sich die "bessere" Instrumentierung in dieser Richtung. In den nachfolgenden Kapiteln wird die Flugrichtung der Protonen mit der Vorwärtsrichtung identifiziert und die entgegengesetzte Richtung als Rückwärtsrichtung bezeichnet.

Die Aufgaben der einzelnen Detektorkomponenten des H1-Detektors [5] sind die folgenden:

- Die supraleitende Spule erzeugt ein Magnetfeld parallel zur Strahlrichtung von

Experiment H1

- 1 Beam pipe and beam magnets
Strahlrohr und Strahlmagnete
- 2 Central tracking chambers
Zentrale Spurenkammern
- 3 Forward tracking chambers and Transition radiators
Vorwärtsspurkammern und Übergangsstrahlungsma.
- 4 Electromagnetic Calorimeter (lead)
Elektronmagnetisches Kalorimeter (Blei)
- 5 Hadronic Calorimeter (stainless steel)
Hadronisches Kalorimeter (Edelstahl)
- 6 Superconducting coil (1.2 T)
Supraleitende Spule (1,2 T)
- 7 Compensating magnet
Kompensationsmagnet
- 8 Helium cryogenics
Helium Kälteanlage
- 9 Muon chambers
Myon-Kammern
- 10 Instrumented Iron (iron stabs + streamer tube detector)
Instrumentiertes Eisen (Eisenplatten + Streamerföhren-Detektor)
- 11 Muon toroid magnet
Myon-Toroid-Magnet
- 12 Warm electromagnetic calorimeter
warmes elektromagnetisches Kalorimeter
- 13 Plug calorimeter (Cu, Si)
Vorwärts-Kalorimeter
- 14 Concrete shielding
Betonabschirmung
- 15 Liquid Argon cryostat
Flüssig Argon Kryostat
- 9 + 10 Streamer Tube System STS
Streamerrohrkammersystem STS

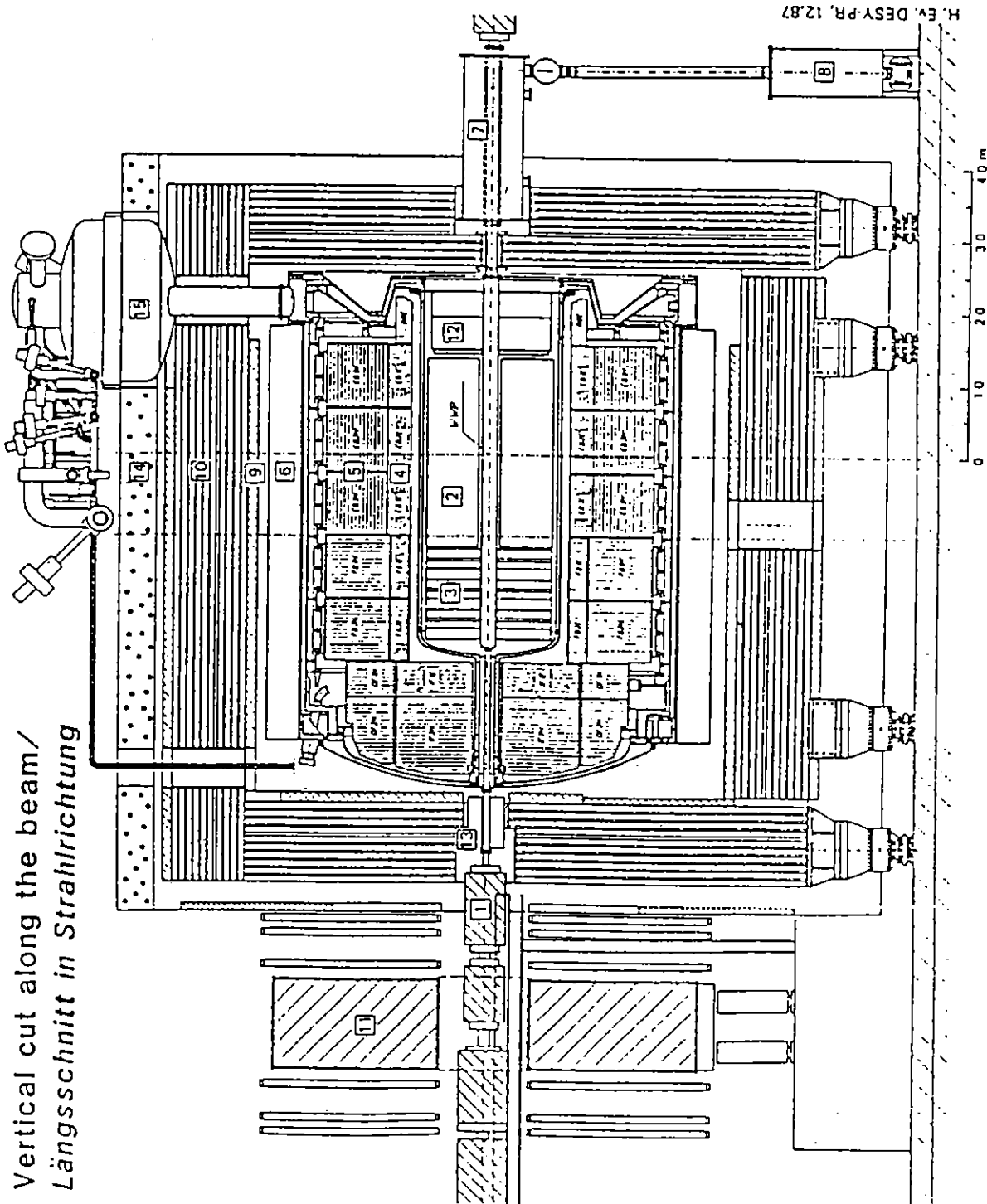


Abbildung 4: Der H1-Detektor längs der Strahlachse

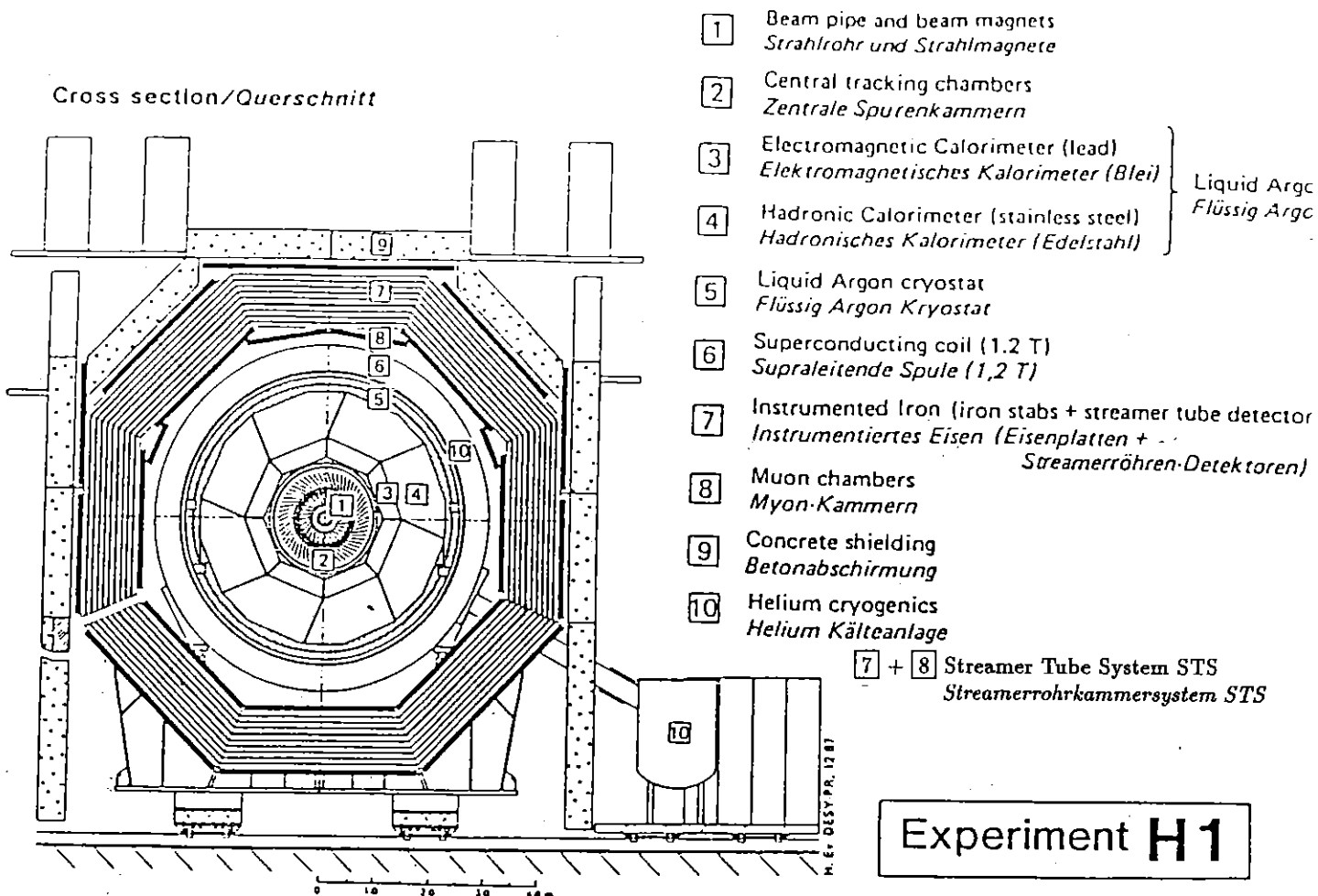


Abbildung 5: Der H1-Detektor senkrecht zur Strahlachse

ca. 1.2 T. Innerhalb der Spule, welche einen Durchmesser von 6 m besitzt, befinden sich die Spurenkammern und das Kalorimeter.

- Spurenkammer: Diese ist unterteilt in die zentrale Spurenkammer und einer Spurenkammer in Vorwärtsrichtung. Die zentrale Spurenkammer ist zusammengesetzt aus Jetkammern, Proportionalkammern und z-Driftkammern. Die Vorwärtsspurenkammer besteht aus sich abwechselnden Lagen von Driftkammern, die einmal die φ -Koordinate und einmal die ϑ -Koordinate messen. Weiterhin sind in der Vorwärtsspurenkammer drei Lagen aus Übergangsstrahlungsdetektoren und Vieldrahtproportionalkammern eingebaut. Mit dieser Anordnung erreicht der H1-Detektor eine Spurauflösung von $\sigma_p/p^2 \leq 0.3\%/GeV$. Um die Ereignisse erfolgreich analysieren zu können, ist es erforderlich die Leptonen möglichst genau zu rekonstruieren. Die Elektronen werden in der Spurenkammer durch dE/dx Messungen und den Informationen aus den Übergangsstrahlungsdetektoren identifiziert.
- Kalorimeter: Das Kalorimeter ist ebenfalls zweigeteilt. Es besteht aus:
 1. einem dem Vertex zugewandten elektromagnetischen Kalorimeter. Dieses ist aus Blei und flüssigem Argon aufgebaut.

2. dem nachfolgenden Hadronkalorimeter, welches aus Edelstahl und ebenfalls flüssigem Argon zusammengesetzt ist.

Durch die hohe Granularität des Kalorimeters ist eine gute e/π Trennung zu erwarten. Weiterhin sind gute Energieflußmessungen mit diesem Kalorimeter möglich. Die Energieauflösung für Elektronen und Photonen beträgt $\sigma/E < 12\%/\sqrt{E}$, für Hadronen $\sigma/E \approx 45\%/\sqrt{E}$ [6].

Ergänzt wird dieses Kalorimeter durch ein Plug Kalorimeter in der Vorwärtsrichtung und ein elektromagnetisches Kalorimeter in der Rückwärtsrichtung. Als "Tail-catcher" fungiert das Streamerrohrkammersystem.

- Streamerrohrkammersystem (STS Streamer Tube System): Das Eisenjoch, welches auch als Rückflußjoch der Spule dient, ist mit Streamerrohrkammerlagen instrumentiert. Sie dienen zum einen für kalorimetrische Messungen (als Tail-catcher) zum anderen der Vermessung durchgehender ionisierender Teilchen, d.h. Myonen. Das 1. Phys. Inst. RWTH Aachen ist bei dieser Komponente maßgeblich beteiligt.
- Getrenntes Myonsystem in Vorwärtsrichtung: Es dient ebenfalls dem Nachweis von Myonen. Hier erfahren die Myonen, welche unter einem sehr kleinen Winkel, $3^\circ \leq \vartheta \leq 17^\circ$, fliegen, also sehr nahe an der Strahlachse, durch das Magnetfeld der Spule keine Ablenkung. Aus diesem Grund enthält dieses Myonsystem einen Toroiden, welcher ein Magnetfeld senkrecht zur Strahlrichtung erzeugt. Mittels je drei Driftkammern vor und hinter dem Toroiden ist eine genaue Impulsmessung möglich (zwischen 23% bei 25 GeV und 32% bei 150 GeV).

1.3 Das Streamerrohrkammersystem STS

1.3.1 Die Streamerrohrkammer des H1-Detektors

Für den Nachweis der durchgehenden Teilchen werden im STS Streamerrohrkammern verwendet. Diese sind in den einzelnen Schlitzen (= Lagen) des Eisenjochs untergebracht. In der Abb. 6 ist ein *Element*, welches aus zwei Profilen besteht, wiedergegeben. (Anhand dieser Abbildung ist auch die Einbettung der Elemente in einer Kammer zu sehen.) Die Rohre werden in dem sogenannten Streamermodus betrieben (siehe [7]). Hierbei ist zu erwähnen, daß aus sicherheitstechnischen Gründen für die Profile kein PVC sondern erstmals ein neuer Kunststoff, Luranyl, verwendet wurde und das Konzept bzw. der Aufbau der Profile wurde extra für den H1-Detektor entwickelt. Das Profil ist nach oben hin geöffnet. Auf dieser geöffneten Seite wird ein mit Graphit hochohmig beschichteter Deckel angebracht. Die übrigen Wände eines Rohres, welche 1 mm stark sind, werden niederohmig mit Graphit beschichtet. Die aktive Querschnittsfläche eines Rohres beträgt $9 \times 9 \text{ mm}^2$. Da der Draht, welcher 100 μm stark ist, auf Masse und das Graphit auf positiver Hochspannung anliegt,

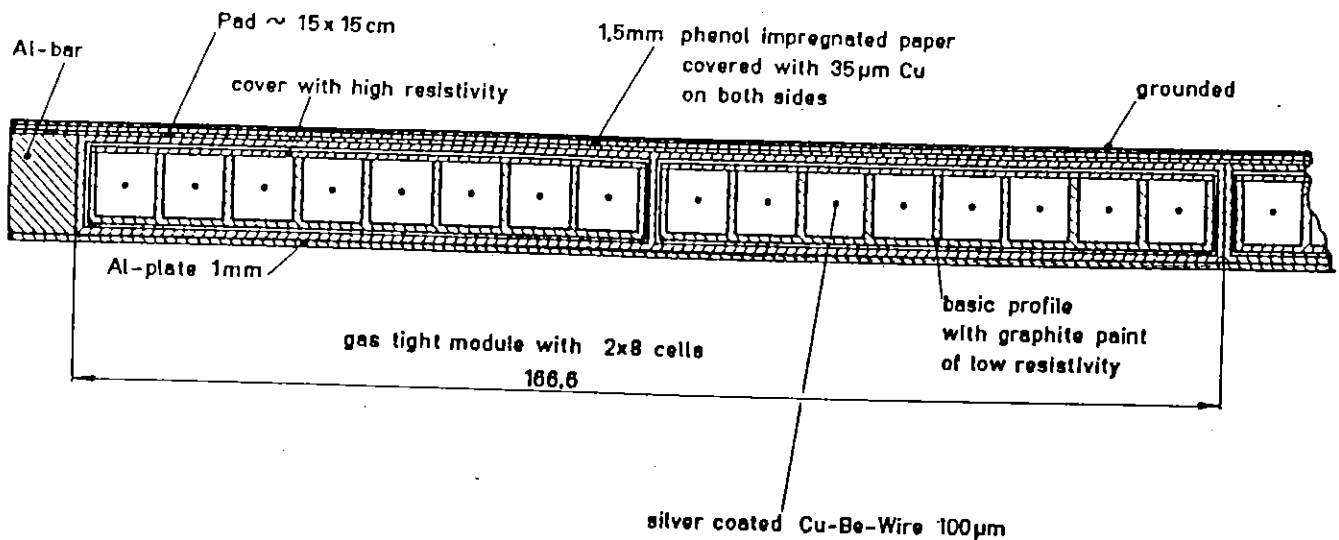


Abbildung 6: Querschnitt durch ein Element

können die Drähte selbst zur Signalauslese verwendet werden, ohne daß ein Kondensator zur Auskopplung angebracht werden muß. Über die Drähte erhält man eine zweidimensionale Ortsinformation über den Teilchendurchgang.

Die Ladung eines Streamers influenziert eine Ladung auf die über dem Deckel angebrachten Streifen bzw. Padelektroden. Diese influenzierte Ladung wird gemessen. Für die Streifen, welche die Information der dritten Ortskoordinate beim Teilchendurchgang liefern, wird nur "nachgeschaut", ob die influenzierte Ladung größer ist als die von außen angegebene Schwelle. Ist dies der Fall so wird der Streifen als getroffen bezeichnet und seine Adresse notiert. Die Ladungen der einzelnen Padelektroden werden innerhalb von *Türmen* (siehe nächster Abschnitt) summiert und analog mit der Turmnummer ausgegeben. In der folgenden Liste sind die unterschiedlichen Ausleseeinheiten und deren Zweck nochmals zusammengefaßt.

1. Die Drähte werden digital ausgelesen. Mittels dieser Signale erhält man eine zweidimensionale Ortsinformation:
 - (a) Im Jochmantelbereich liefert die Drahtnummer die r und φ Koordinaten.
 - (b) Im Endkappenbereich hingegen die z und y Koordinaten (Koordinatensystem siehe Abb. 18).
2. Bei den Streifen erfolgt ebenfalls eine digitale Auslese, wobei deren Signale die fehlende dritte Ortskoordinate liefern.
 - (a) Im Jochmantelbereich ist dies die z Koordinate und
 - (b) im Endkappenbereich die x Koordinate.

3. Die Padelektroden werden in Türme zusammengefaßt und analog ausgelesen. Man erhält die Gesamtladung aller Pads innerhalb eines Turmes mit der zugehörigen Turmnummer. Anhand der Ladung kann auf die Energie der durchfliegenden Teilchen geschlossen werden.

1.3.2 Aufbau des STS

Schaut man sich die Abb. 4 und 5 an, so erkennt man, daß das STS aus dem Eisenjoch einer *inneren* und einer *äußeren Myonkammer* besteht. Dies wird auch in der Abb. 7 ersichtlich, in der ein Querschnitt durch das STS wiedergegeben ist. Jede Ebene von Streamerrohrkammern wird als *Lage* bezeichnet. Anhand der Abb. 7 sieht man, daß das STS insgesamt 16 Lagen besitzt, diese werden von 0 – 15 durchnummeriert. Die drei Lagen, welche dem Vertex zugewandt sind (Lagen Nr. 0 – 2) bilden die innere Myonkammer und die drei letzten Lagen (Lagen Nr. 13–15) die äußere Myonkammer. Die verbleibenden zehn Lagen (Nr. 3–12) sind in den Schlitzen des Eisenjochs (Dicke einer Eisenschicht = 7.5 cm) untergebracht.

Weiterhin ist zu erkennen, daß auf den verschiedenen Kammern entweder die Streifen oder die Pads angebracht sind. Man sieht, daß der 0.te Turm von den Pads auf den Lagen 2 – 6 und der 1.te Turm von den Pads auf den Lagen 8 – 13 gebildet werden. Die Turmstruktur im gesamten STS wird anhand der Abb. 8 und 9 ersichtlich. Anhand dieser Abbildungen erkennt man, daß die Türme im Jochmantel in φ -Richtung (Abb. 9) projektiv auf den Wechselwirkungspunkt ausgerichtet sind, während dies in der ϑ -Richtung nicht der Fall ist. Die Streifen befinden sich senkrecht zu den Drähten auf den Lagen Nr. (0,1); (7); und (14,15). Die Streifen der Lagen (0,1) und (14,15) sind jeweils galvanisch verbunden, so daß insgesamt drei verschiedene Streifenlagen im STS enthalten sind.

Zu bemerken ist noch, daß die Drähte in den Lagen Nr. 2 und 13 nicht ausgelesen werden, so daß insgesamt 14 der 16 Lagen zur Drahtauslese genutzt werden. Die Lagen (0,1); (6,7); und (14,15) werden als *Myonlagen* bezeichnet und die restlichen Lagen im Eisenjoch selbst als *Instrumentierungslagen*. Die Myonlagen und Instrumentierungslagen „unterscheiden“ sich in zwei Punkten:

- Die Myonlagen geben eine dreidimensionale Ortsinformation über die durchgehenden Teilchen (Drähte plus Streifen), während die Instrumentierungslagen nur eine zweidimensionale Ortsinformation (Drähte) geben.
- Zwischen den Lagen einer Myonlage befindet sich kein Eisen und die Lagen innerhalb der Myonlage sind um eine halbe Rohrbreite verschoben, so daß eine nahezu 100%ige Nachweiswahrscheinlichkeit für ein Teilchendurchgang durch die Myonlagen gegeben ist.

Dieser Aufbau des STS gilt für alle *Subkomponenten* aus denen sich das STS zusammensetzt. Die Abb. 10 gibt die Unterteilung des STS in die vier Subkomponenten (aus [8]) wieder. Hierbei handelt es sich um zwei Endkappen, Subdetektor 0 bzw. 3,

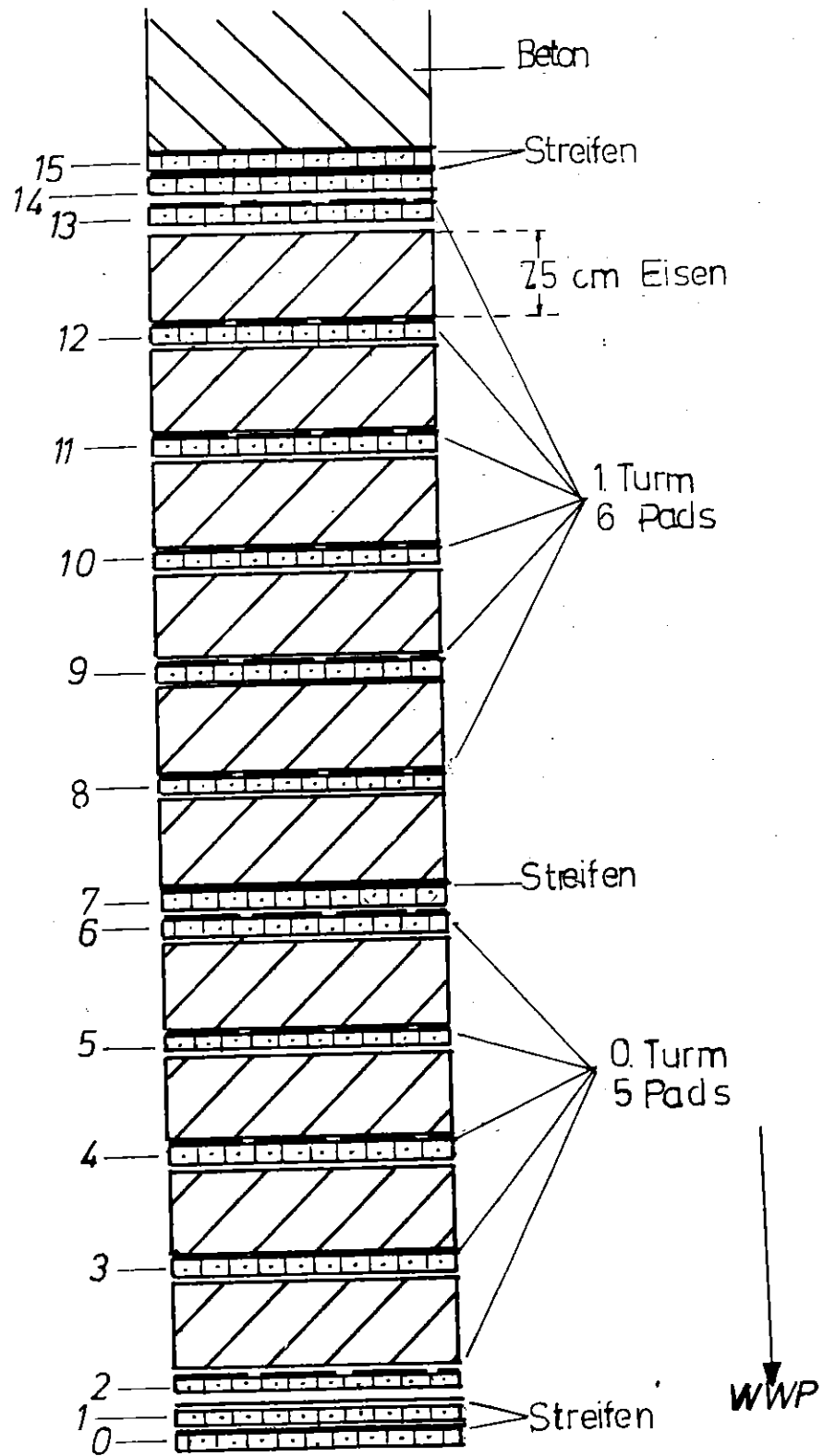


Abbildung 7: Schnitt durch das STS

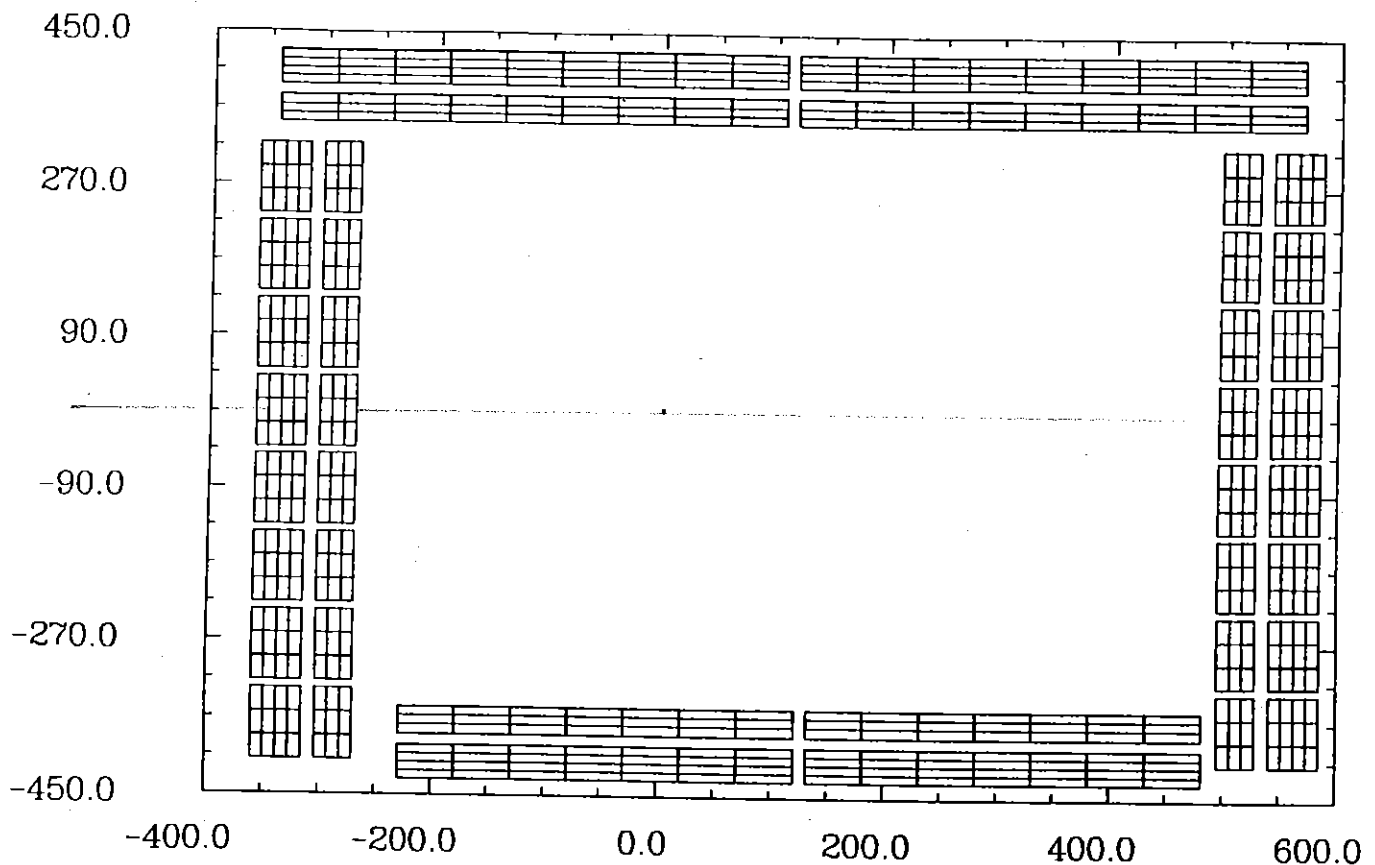


Abbildung 8: Die Turmanordnung vom H1-Detektor im Längsschnitt

und einem geteilten zylindrischen Jochmantel, Subdetektor 1 und 2.¹ Weiterhin sind die vier Subkomponenten in maximal 16 *Module* unterteilt, so daß in den drei Untersystemen (Eisenjoch, innere und äußere Myonkammer) jeweils insgesamt maximal $4 \times 16 = 64$ Module im STS vorhanden sind. Diese sind von 0-63 durchnummeriert. Einen Überblick über deren Anordnung geben die Abb. 11 und 12 wieder. In den Abb. 13 und 14 ist die Anordnung der Module in der inneren Myonkammer und äußeren Myonkammer dreidimensional dargestellt.

Die Aufgabe dieser Arbeit war es, die geometrische Akzeptanz des STS zu untersuchen und ein Programm zu erstellen, welches aus den Spuren von simulierten Teilchen die Signalantwort des STS, also die Signale der Drähte, Streifen und Pads simuliert.

¹Die Rückwärtsendkappe (= Subdetektor 0) besitzt keine innere Myonkammer.

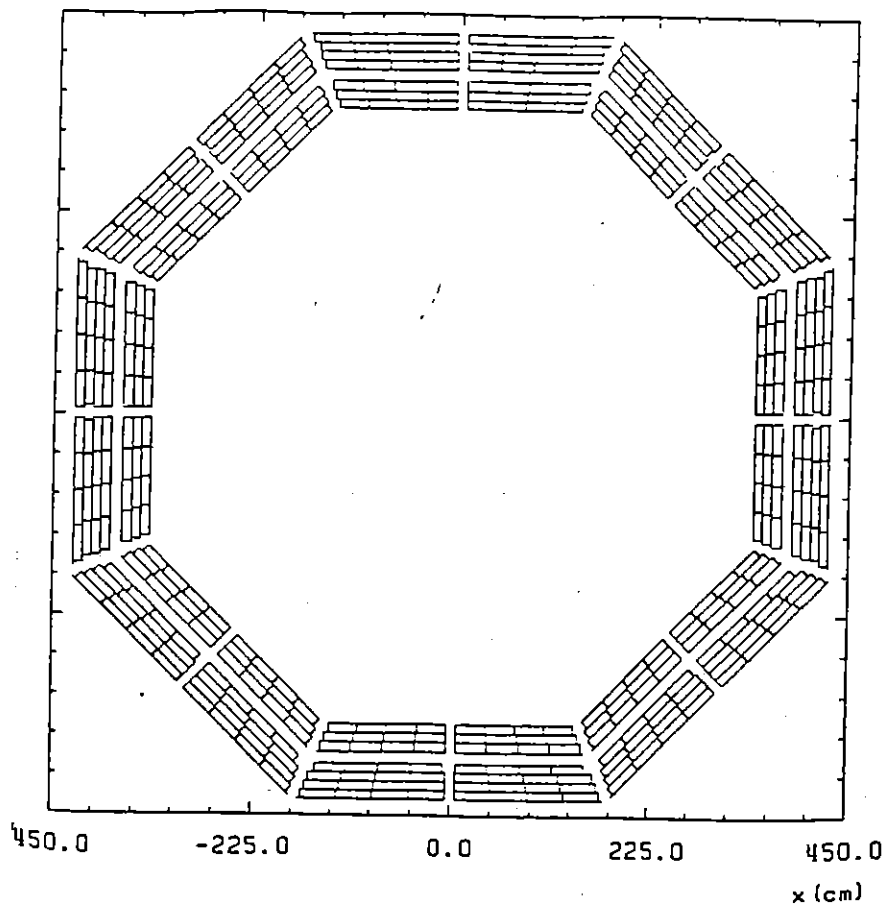


Abbildung 9: Die Turmanordnung vom H1-Detektor im Querschnitt

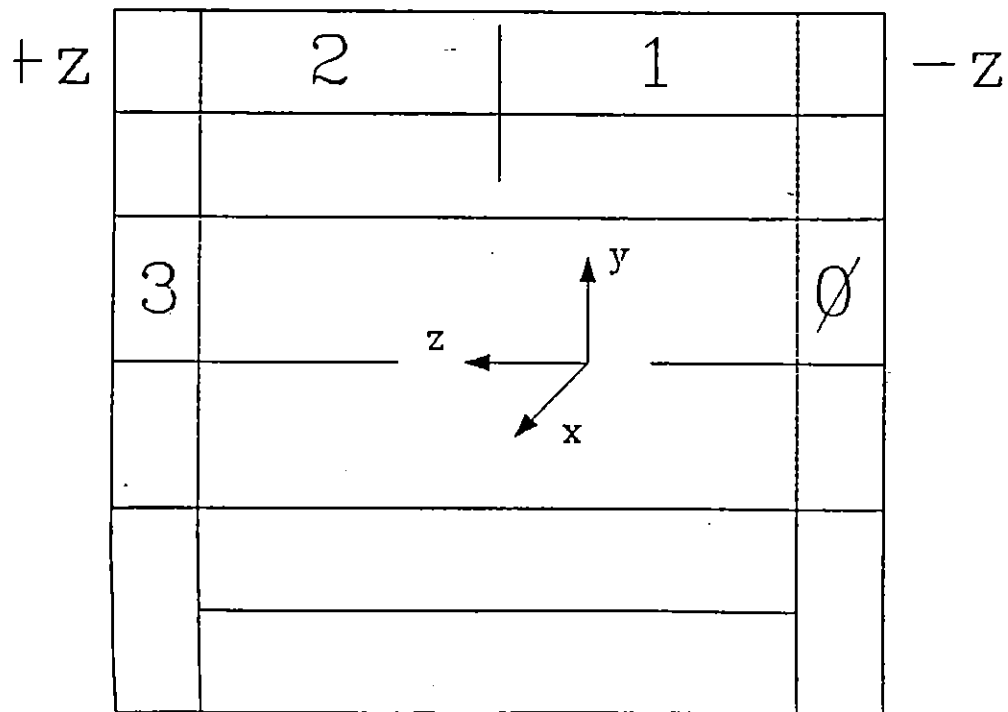


Abbildung 10: Unterteilung des H1-Detektors in die Subkomponenten

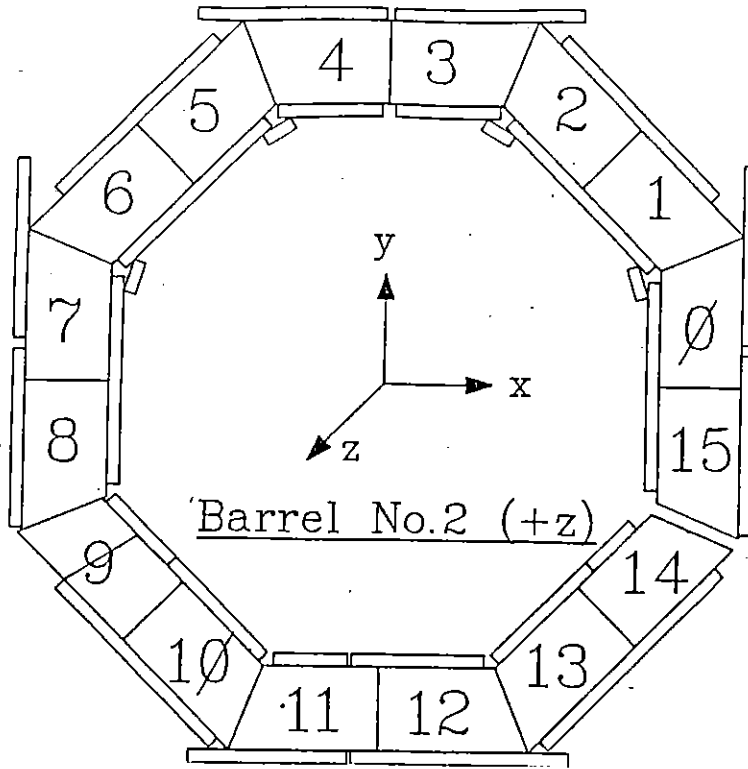


Abbildung 11: Aufbau des STS durch die Module im Jochmantel

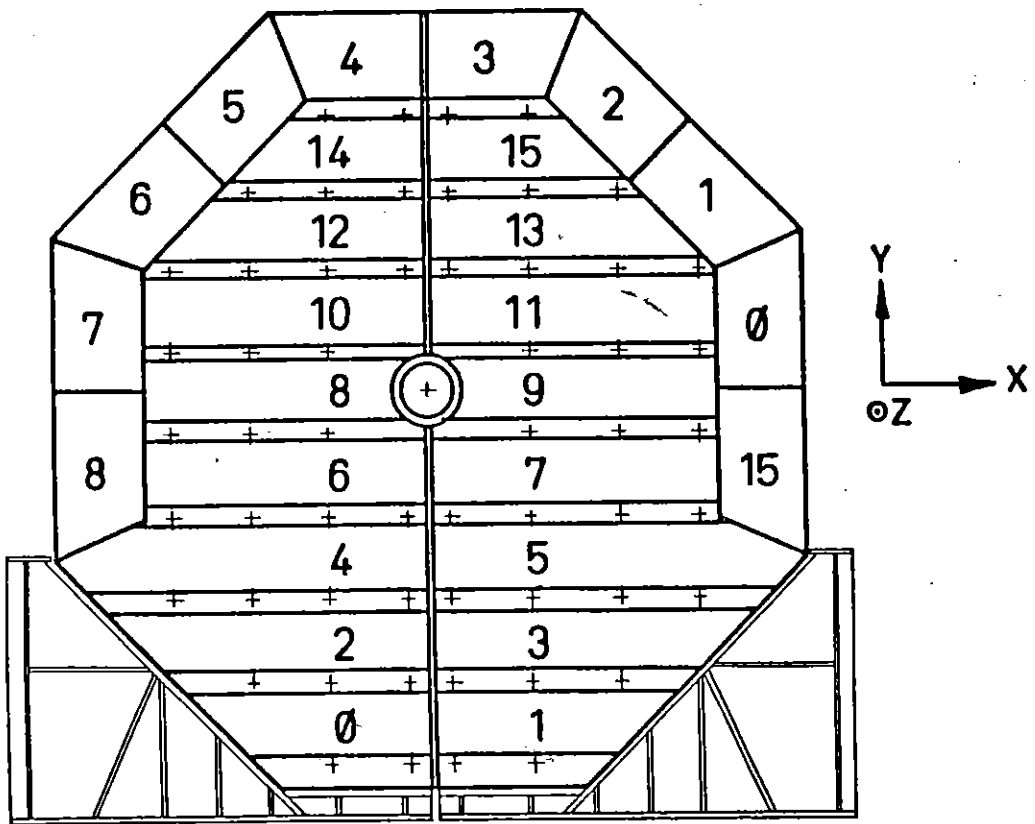


Abbildung 12: Aufbau des STS durch die Module in der Endkappe

8

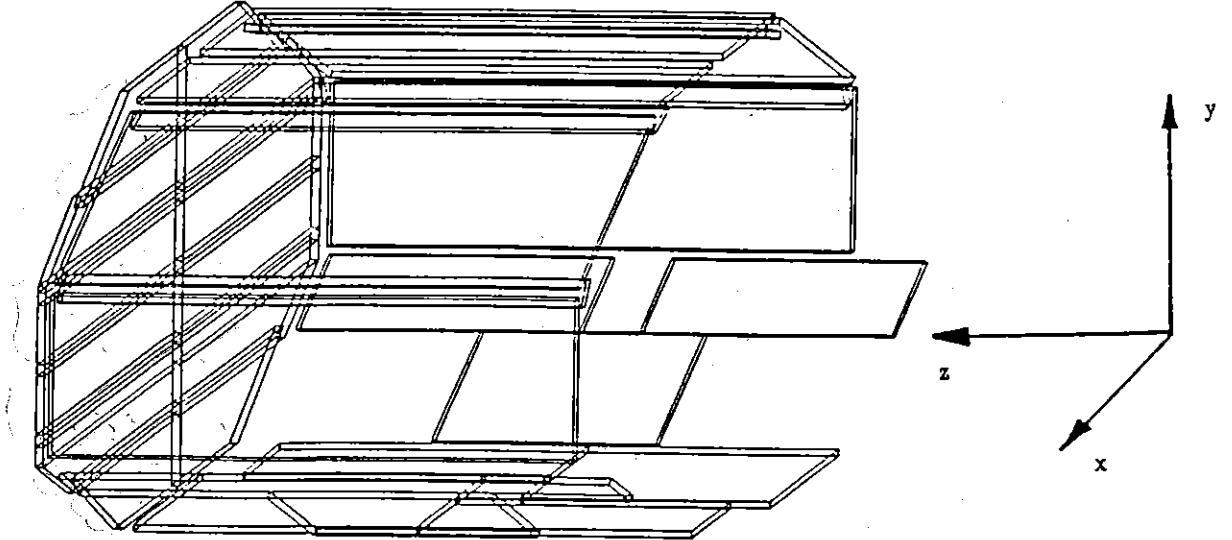


Abbildung 13: Aufbau der inneren Myonlage des H1-Detektors

8

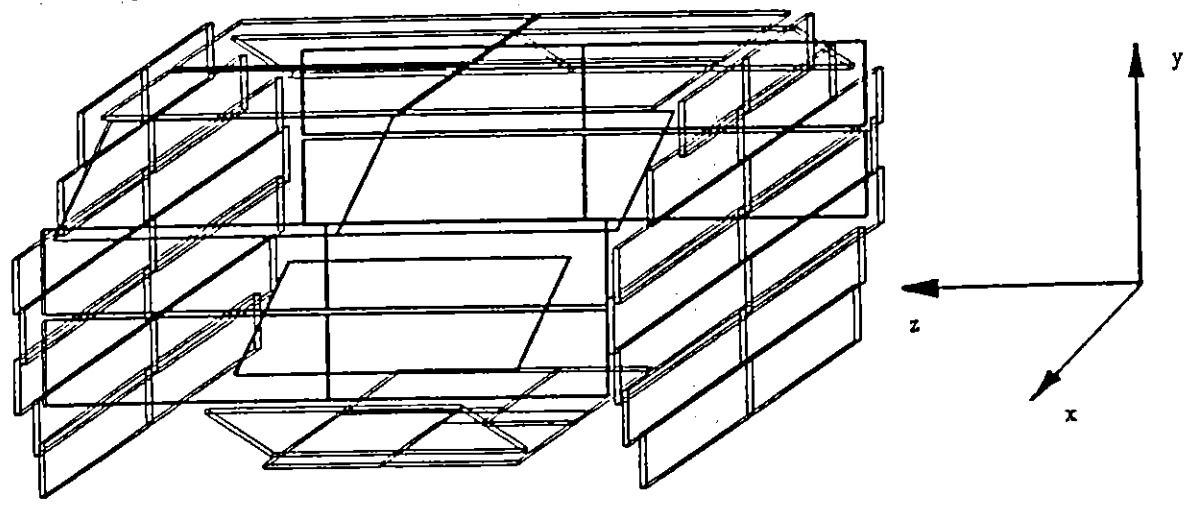


Abbildung 14: Aufbau der äußeren Myonlage des H1-Detektors

2 Digitalisierung der Spurdaten

2.1 Aufgabenstellung

Das Digitalisierungsprogramm ist ein Teil von dem H1-Simulationsprogramm, das den zugehörigen Detektor vollständig simuliert. Dies bedeutet, daß mittels Eventgeneratoren Ereignisse im Detektor erzeugt werden. Die bei diesem Ereignis erzeugten Teilchen durchlaufen nun den Detektor. Um das Ziel der Simulation zu erreichen wird das Simulationsprogramm in drei Schritte unterteilt (siehe [9]).

1. **Bestimmung der Teilchenspur:** In diesem Schritt werden die einzelnen Wechselwirkungen der Teilchen mit dem Detektormaterial mittels einem Simulationspaket "Geant" [10] im Detektor simuliert. Hierfür wird der Detektor in die verschiedenen Detektorkomponenten, entsprechen im Geant *Untervolumina*, unterteilt. Für diesen schematisierten Detektor werden die Daten der Teilchen für die verschiedenen Detektorkomponenten in *BOS*-Bänke gespeichert. (BOS ist ein internes dynamisches Datenverwaltungssystem von DESY [13].) Der Aufbau und die Einträge der *BOS*-Bänke sind für alle Detektorkomponenten ähnlich.

Die einzelnen Detektorkomponenten sind weiterhin in Untervolumina dargestellt, die den Raum zum Nachweis der Teilchen und den Raum der Wechselwirkungen repräsentieren. Somit enthalten die *BOS*-Bänke im wesentlichen den Ort, Impuls, Energie, Teilchenart und Energieverlust in den jeweiligen Detektorvolumina (zum besseren Verständnis siehe Abb. 15 und Anhang B1).

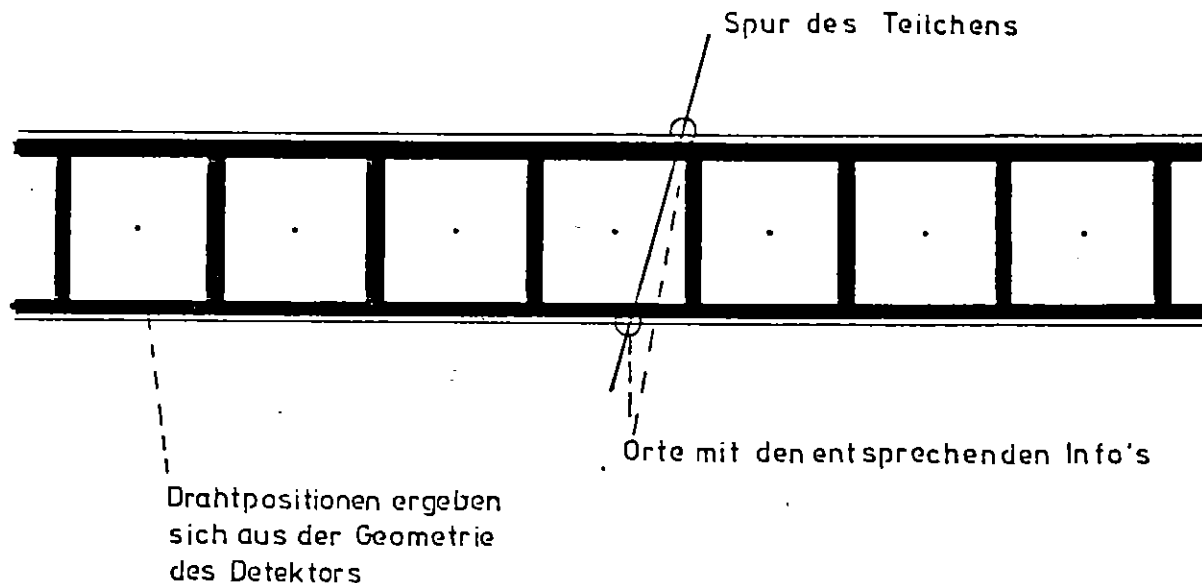


Abbildung 15: Inhalt der 'iron-hit-track-bank'

2. **Schritt zur Digitalisierung:** Aus den oben beschriebenen *BOS*-Bänke für die Spurbestimmung, werden nun *BOS*-Bänke erstellt, welche die Signalantwort des Detektors auf die Teilchen wiedergeben. Der Inhalt dieser Bänke

sollte also den Daten entsprechen, welche beim tatsächlichen Experiment vom Detektor geliefert werden.

3. **Triggerung:** Die digitalisierten Daten liefern nun die Argumente, die zum Triggern des Detektors dienen. Dieser Schritt ist erforderlich um später beim Experiment eine geeignete Datenauswahl vornehmen zu können. Dies bedeutet, daß hier untersucht wird, welche Schnitte die Richtigen sind, um nachher die physikalisch interessanten Ereignisse herauszufiltern. Ansonsten wird die Datenmenge bzw. die benötigte Rechenzeit zu groß.

Die Aufgabe dieser Arbeit war es, den zweiten Schritt des Simulationsprogrammes für das gesamte STS auszuführen. D.h. daß die Daten der Spuren [11] in die digitalisierten Daten für die Drähte, Streifen und Türme umzuwandeln waren. Um die einzelnen Schritte, die hierzu notwendig sind, zu verdeutlichen, wird das Programm mit Hilfe von SASD erläutert.

2.1.1 SASD

SASD (Structure Analyse Structure Design) [12] ist ein System, welches die Entwicklung von Programmen unterstützt. Dieses System bietet sich insbesondere bei komplexen Programmen an. Dieses Kriterium wird vom H1-Simulationsprogramm erfüllt. Schon anhand der Zielsetzung wird ersichtlich, wie komplex das Simulationsprogramm sein wird. Da die H1-Kollaboration ein internationales Forschungsteam darstellt, ist es erforderlich, die Dokumentation von diesem Programm möglichst detailliert anzufertigen, damit die Arbeit mit dem Simulationsprogramm für jedes Mitglied dieser Kollaboration möglich sein sollte. Die Forderung nach einer Dokumentation wird von SASD ebenfalls erfüllt. Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird des öfteren auf SASD spezifische Begriffe zurückgegriffen. Deswegen hier eine kurze Begriffserklärung:

- Der SA-Teil dient, wie der Name schon sagt, zur Problemanalyse. In diesem soll eine Strategie gefunden werden, um das gesteckte Ziel zu erreichen. Dies bedeutet, daß sich der Programmierer Gedanken machen muß, was er alles benötigt, um aus seinen Anfangsbedingungen die gewünschte Lösung zu erhalten. Dies wird mit Hilfe von Datenflußdigrammen (DF) graphisch dargestellt. In diesen DF's werden die Datenflüsse mittels Pfeile dargestellt. Die "Blasen" sind die Orte (Prozesse), in denen die Daten in andere umgewandelt werden. Datenspeicher werden durch einen Streifen kenntlich gemacht.
- Im SD-Teil soll die logische Struktur des Programmes angegeben werden. Hierzu verwendet man die Strukturkarten (SC) als graphische Darstellung. In diesem Teil sollen alle verwendete Routinen aufgeführt werden, und außerdem soll die Hierarchie des Programmes klargemacht werden. Dies bedeutet, daß hier, im Gegensatz zu SA, der Aufruf von Routinen in den einzelnen Routinen zu erkennen ist. Wird die Strukturkarte von links nach rechts gelesen, so wird dem Leser die zeitliche Abfolge vom Programm vermittelt. Analog zu den

DF's sind in den SC's die einzelnen Elemente durch Symbole dargestellt. Eine Routine wird durch ein Rechteck, ein Datenspeicher durch ein Sechseck wiedergegeben. Die kleinen Pfeile geben die Parameter wieder, welche von einer Routine in die andere übergeben wird. Iterative Prozesse werden durch Pfeile, direkt unterhalb der jeweiligen Routine, kenntlich gemacht, welche von links nach rechts zeigen.

- Mittels des Lexikons (DD = Data Dictionary) kann die Bedeutung der Abkürzungen im DF oder SC nachgelesen werden. Das Lexikon ist auch das verbindende Element zwischen den Datenflußdiagrammen und den Strukturkarten.

2.1.2 Zielsetzung

Die oben gestellte Aufgabe wird in Abb. 16 durch die entsprechenden Datenflüsse dargestellt. In diesem Datenfluß ist zu erkennen, daß die Digitalisierung der Daten für das STS genau wie für die anderen Detektorkomponenten auch, aus den entsprechenden Spurdaten, welche ja mittels Geant generiert wurden, erfolgt. Die gewonnenen Daten werden auf BOS-Bänke geschrieben. Wie dies im einzelnen geschieht ist in dem darauffolgenden DF gezeigt (siehe Abb. 17).

In den folgenden Abschnitten wird die Strategie des Programmes kurz erläutert. In Abb. 17 erkennt man, daß aus den gegebenen Spurdaten (iron hit track bank) die Streamer in den Streamerrohrkammern ermittelt werden. Die Daten der Streamer, werden gebraucht, um die Auslese, Signale der Drähte, Streifen und Türme, zu simulieren. Dies wird erreicht, indem die betreffenden Drähte, Streifen und Pads herausgesucht werden und der Einfluß des Streamers auf diese untersucht wird. Die Orte dieser Komponenten sind in der H1-Datenbasis abgespeichert, welche also u.a. die Geometriebänke des STS enthalten. Hiernach erfolgt mit Hilfe von außen gesetzter Parameter die eigentliche Simulation der Auslese. Zum Schluß werden die Daten der angesprochenen Drähte, Streifen und Türme in die zugehörigen BOS-Bänke gespeichert.

Da der Einfluß der Geometrie, bzw. die Bestimmung der geometrischen Orte von den Drähten, Streifen und Türmen, einen wesentlichen Einfluß auf das Digitalisierungsprogramm beinhaltet, wird ein kurzer Abschnitt über die Geometriebänke erfolgen, in dem insbesondere auf den Speicherbedarf derselben eingegangen wird.

2.2 Speicherung der geometrischen Daten

Wie in der Einleitung erwähnt, kann das STS mit den Streifen und den Drähten den Ort eines durchlaufenden Teilchens bestimmen. Mit den Türmen und ihren Pads wird die deponierte Energie des durchgehenden Teilchens anhand der Summenladung innerhalb der Türme gemessen. Hierzu ist es erforderlich, die genauen Positionen der Drähte, Streifen und Pads zu wissen. Aus diesem Grund werden die geometrischen Daten dieser drei Komponenten in BOS-Bänke gespeichert.

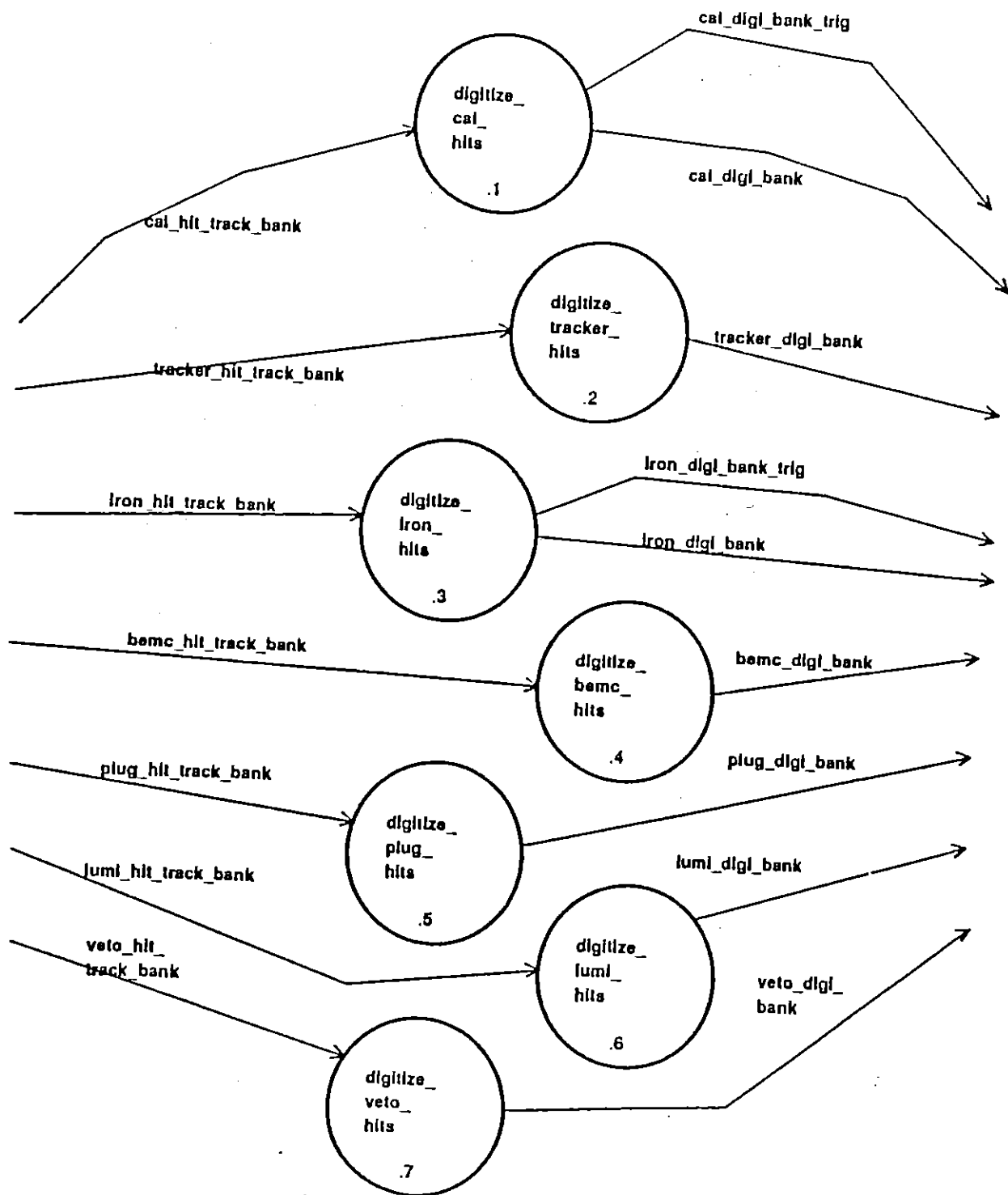


Abbildung 16: Datenfluß-Diagramm zur Aufgabenstellung

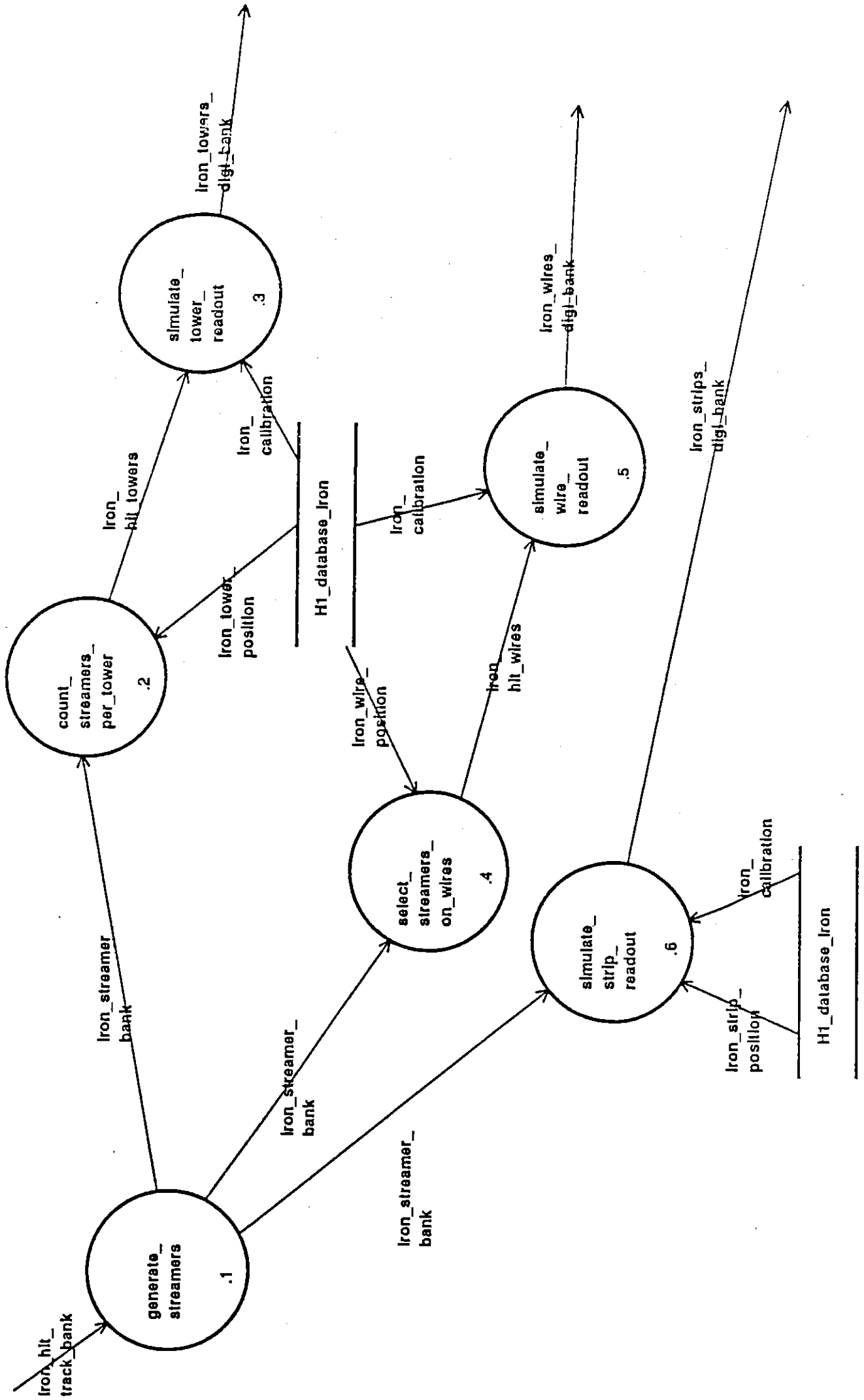


Abbildung 17: Datenfluß-Diagramm zur "Digitalisierung des STS"

Mit BOS ist es möglich große Datenmengen zu verwalten. Der Vorteil von BOS liegt in seiner Kompatibilität mit Fortran 77 Programmen. Die Daten selbst befinden sich in den BOS-Bänken, welche durch einen Namen und eine Nummer wohldefiniert sind. Bei H1 werden die Daten der Geometrie des Detektors in *Textbänke* abgespeichert. Bei Textbänke werden nicht nur die reinen Datenwörter sondern auch sämtliche Kommentare abgespeichert. Der damit verbundene Nachteil eines erhöhten Speicherbedarfs wird durch die bessere Handhabung der Bänke aufgehoben.

Die BOS-Bank kann als ein eindimensionales Feld angesehen werden, wobei in jedem Feldelement ein Datenwort steht. Das Datenwort erhält man, indem man auf den Inhalt des zugehörigen Index abfragt.

2.2.1 geforderte Daten

Ein Draht ist eindeutig durch sechs Koordinaten festgelegt: Drei Koordinaten für den Anfangspunkt und drei für den Endpunkt. Dies gilt natürlich auch für die Streifen, wobei hier noch die Breite des Streifens und der Abstand zwischen zwei Streifen bekannt sein muß. Bei den Pads braucht man sämtliche Koordinaten der Eckpunkte.

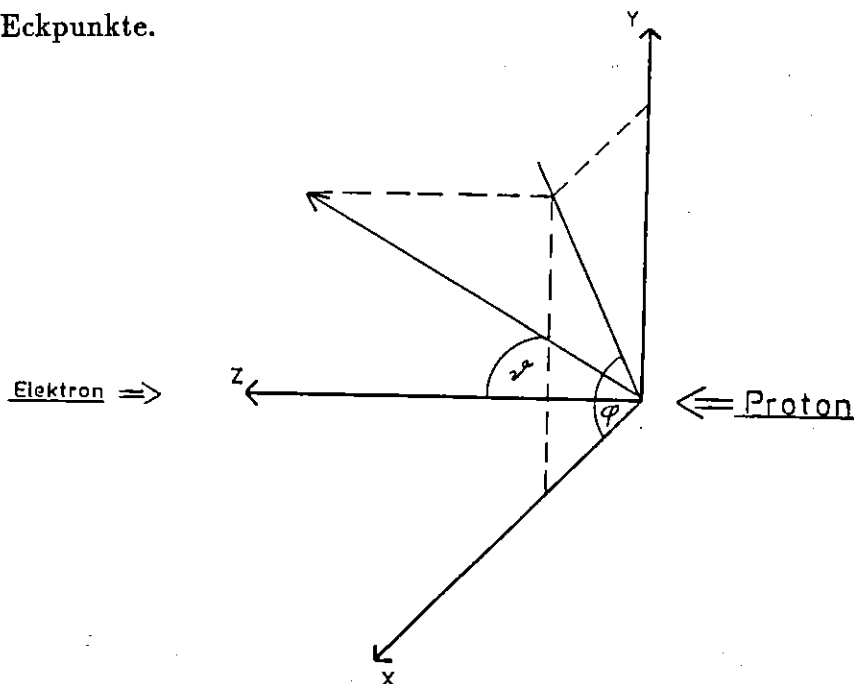


Abbildung 18: Das globale Koordinatensystem des H1-Detektors

Die Einführung von lokalen Koordinatensystemen (vgl. Abb. 18 und Abb. 19) hat den Vorteil, daß die unterschiedlichen Subdetektoren (siehe Abb. 10) "gleich" behandelt werden können. So läuft z.B. der Draht entlang der v-Koordinate, senkrecht dazu in der gleichen Lage verläuft die u-Koordinate und die Lagen selbst unterscheiden sich allein durch die w-Koordinate.

Demnach kann also ein Draht (Streifen) durch sechs Datenwörter charakterisiert werden:

- 4 Ortskoordinaten

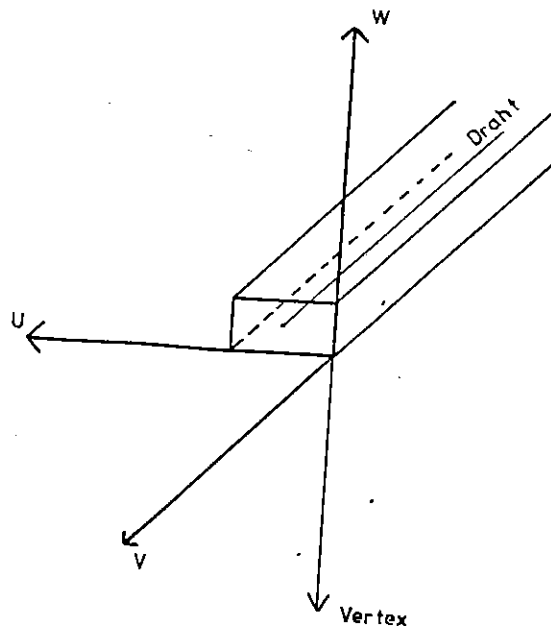


Abbildung 19: Das lokale Koordinatensystem des H1-Detektors

1. 3 Ortskoordinaten für den Anfangspunkt
2. Die Länge des Drahtes (also die v-Koordinate für den Endpunkt (für die Streifen die u-Koordinate))

- "Drahtnummer" (Streifennummer)
- Transformationsnummer

Bei den Pads sind sieben Datenwörter notwendig:

- 5 Ortskoordinaten
 1. 3 Ortskoordinaten für den Mittelpunkt
 2. 2 Längenangaben für die 2-dimensionale Ausdehnung
- "Turmnummer"
- Transformationsnummer

Bei der sehr großen Anzahl von Drähten (102432), Streifen (23868) und Türmen (4800 $\hat{=}$ 52800 Pads) würde der Speicherbedarf für die BOS-Bänke den Speicherplatz der IBM in DESY überschreiten. Daher war es notwendig sich eine geeignete Struktur für die Bänke zu überlegen, um den Speicherbedarf möglichst klein zu halten. Auch sollte die Struktur der Bänke flexibel sein, d.h. daß bei Änderungen in der Geometrie des Detektors, also z.B. die Anordnung der Elemente im Eisenjoch, die Bänke leicht zu korrigieren sind und das Programm zum Lesen der Bänke weiterhin funktionstüchtig bleibt ohne im Programm Änderungen vornehmen zu müssen.

Ein Aufbau der geometrischen Bänke, welcher beiden Bedingungen genügt, ist weiter unten erklärt.

Um die unten angegebene (komplizierte) Struktur der Geometrie – Bänke zu motivieren, wird eine Betrachtung über den benötigten Speicherplatz gemacht.

2.2.2 Speicherbedarf

Wie schon oben erwähnt enthält das STS 102432 Drähte. Bei den geforderten sechs Datenwörtern pro Draht würden 717024 Wörter notwendig sein, um die Drähte zu beschreiben. Mit der weiter unten angegebenen Struktur ergeben sich für die Bänke der Drähte insgesamt 9577 Wörter. Dies bedeutet einen Faktor 75, um die sich die Anzahl der Wörter verringert hat. Dies wurde einmal erreicht, indem die 16 Drähte in einem Element zusammengefasst wurden, was sich ja auch vom Elementaufbau her anbietet.

Aber auch die Geometrie des Detektors wurde berücksichtigt. So sind z.B. die Beschreibungen der Lagen von verschiedenen Modulen in einer zusammengefasst. Deshalb werden in einem Block Layer und Block Element Modultypen beschrieben und nicht die einzelnen Module selbst. Als Beispiel dienen die Module 1,5,7,9, (Abb. 11) welche alle denselben Aufbau haben und somit mit einer Beschreibung bezüglich der Lagen und Elemente auskommen. Deshalb besitzen diese Module einen Pointer im Block Module, der in die gemeinsame Beschreibung der Lagen zeigt. Daß aber trotzdem die richtigen globalen Koordinaten bestimmt werden können, liegt an den unterschiedlichen Transformationsnummern, welche im Block Module gelesen werden, so daß die gleichen lokalen Koordinaten in die verschiedenen richtigen globalen Koordinaten transformiert werden können.

Das gleiche gilt auch für die Beschreibung der einzelnen Lagen. So sind z.B. in den Endkappen die Elemente in den einzelnen Lagen in der gleichen Weise angeordnet. Deshalb kommen die Endkappen mit einer Beschreibung (von den mittleren Myonlagen abgesehen) der Lagen im Block Element aus, daher enthalten diese Module im Block Layer die gleichen Pointer (im Block Layer sind die unterschiedlichen w-Koordinaten aufgeführt und somit sind die Lagen eindeutig charakterisiert). Diese geometrische Ausnutzung bringt ungefähr einen Faktor fünf für die Verringerung der Datenwörter.

Für die Streifen und Pads ist das Prinzip des Findens der Positionen von denselben analog. Eine detaillierte Beschreibung über deren Bankaufbau ist im Anhang zu finden.

Was von Interesse ist, ist der Gewinn an Speicherplatz dieser Bänke. So ergibt sich bei den Streifen Folgendes:

23868 Streifen würden 167076 Datenwörter benötigen bei den geforderten sechs Wörtern pro Streifen. In den zugehörigen BOS-Bänken sind aber nur 2773 Wörter vorhanden. Somit ist hier die Bank um einen Faktor 60 verringert worden.

Die 4800 Tüme bestehen aus insgesamt 52800 Pads, so daß die BOS-Bank 369600 Wörter beinhalten müßte, bei den geforderten sieben Datenwörtern pro Pad. Die tatsächliche Menge an Datenwörter ist aber 4883. Somit wurde diese Bank um einen

Faktor 76 gekürzt.

Insgesamt ist die benötigte Datenmenge um die Geometrie des STS zu beschreiben um einen Faktor 70 gesunken, gegenüber der rechnerisch benötigten Menge. Im nächsten Abschnitt wird die Struktur der Geometrie-Bänke detailliert vorgestellt.

2.2.3 Struktur der Bänke anhand eines Beispieles

Wie auch für das STS, ist eine Unterteilung für die Bänke vorgenommen worden. So wurden für die Drähte und Streifen der inneren Myonkammer, instrumentiertes Eisen und äußere Myonkammer jeweils eigene BOS-Bänke erstellt. Bei den Pads ist dies nicht der Fall, da diese ja eine logische Einheit, nämlich die Türme, bilden, so daß nur eine BOS-Bank für die Pads existiert. Die Strukturen der Bänke sind gleich, nur die Inhalte sind verschieden. Um die Struktur der BOS-Bänke zu erklären, wird als Beispiel die BOS-Bank

IGWY = Iron Geometry Wire Yoke

genommen. Die Bänke für die inneren und äußeren Myonkammern besitzen exakt den gleichen Aufbau und Begriffe, nur die Zahlenwerte sind unterschiedlich (z.B. besitzen diese nur drei Lagen im Gegensatz zu den zehn Lagen im Eisenjoch). Der Aufbau der anderen Geometrie-Bänke ist im Anhang aufgeführt. Die Erklärung der einzelnen Begriffe in der folgenden Liste erfolgt im Anschluß an diese.

Header

- Länge des Headers = Anzahl der Datenwörter im Header (= 2)
- Anzahl der Module (= 64)
- Datum

Block Module

- Header
 - Länge des Block Module = Anzahl der Datenwörter im Block Modul
 - Länge des Headers (= 2)
 - Anzahl der Module (= 64)
 - Anzahl der Wörter zur Beschreibung eines Modules (= 4)
- 0. tes Module
 - Nummer des Modules
 - Pointer in den Block Layer
 - Anzahl der Lagen im Module (= 10)
 - Nummer des lokalen Koordinatensystems
- ...
- 63. tes Module
- ...

Block Layer

- Header
 - Länge des Block Layer
 - Länge des Headers (= 1)
 - Anzahl der Modultypen (= m+1)
- subblock 0. ter Modultype
 - Header

- * Länge des 0. ten Modultypes
- * Länge des Headers (= 2)
- * Anzahl der Lagen (= n+1)
- * Anzahl der Wörter zur Beschreibung der einzelnen Lage
- 0. te Lage
 - * Nummer der Lage
 - * Pointer in den Block Element
 - * Anzahl der Elemente in der Lage
 - * w-Koordinate
- ...
- n. te Lage
- subblock m. ter Modultype
- ...

Block Element

- Header
 - Länge des Block Elements
 - Länge des Headers (= 19)
 - Anzahl der Modultypen (= m+1)
 - Anzahl der Rohre pro Element (= 16)
 - Breite eines Elementes (= 16.3 cm)
 - relative Koordinate des 0. ten Drahtes
 - ...
 - relative Koordinate des 15. ten Drahtes
- subblock 0. ter Modultype
 - Header
 - * Länge des subblocks 0. ter Modultype
 - * Länge des Headers (= 0)
 - subsubblock 0. te Lage
 - * header
 - Länge des subsubblocks 0. te Lage
 - Länge des Headers (= 2)
 - Anzahl der Elemente
 - Anzahl der Wörter zur Beschreibung des einzelnen Elementes (= 5)
 - * 0. tes Element
 - Nummer des Elementes
 - Anzahl der direkt folgenden Elemente (= fe)
 - v-Startkoordinate
 - v-Endkoordinate
 - u-Koordinate
 - ...
 - * e+1. tes Element
 - ...
 - ...
 - subsubblock n. Lage
 - ...
- subblock m. ter Modultype
- ...

Dieser Aufbau ist dank seiner Blockstruktur sehr modular. Um die Positionen eines bestimmten Drahtes zu erfahren ist ein Programm erforderlich, welches sich durch die einzelnen Blöcke "hindurchhangelt" und sich die geforderten Daten notiert. Hierbei spielen die Pointer eine wesentliche Rolle, welche gewährleisten, daß das richtige Element in der zugehörigen Lage im korrektem Module gefunden wird.

Außerdem sind die Pointer so aufgebaut, daß das Programm erkennen kann, ob es sich im richtigen Block befindet.

Die Drahtnummer ergibt sich aus den Nummern des Modules (MONR), der Lage (LANR), des Elementes (NREL) und des Rohres (NRTU) zu dem der jeweilige Draht gehört. Diese vier Zahlen werden folgendermassen in einen "binären Code" umgesetzt.

$$\text{Drahtnummer} = \text{NRTU} + \text{NREL} \times 2^4 + \text{LANR} \times 2^9 + \text{MONR} \times 2^{13}$$

Damit ergibt sich eine eindeutige Zuordnung der Drähte und Nummern. Um zu wissen in welchem System der Draht sich befindet (Instrumentierungssystem, innere- oder äußere Myonkammern), wird auf die Lagenummer abgefragt.

(0-2 = innere Myonkammer)

(3-12 = Instrumentierungssystem)

(13-15 = äußere Myonkammer)

2.2.4 Vorteile der Struktur

Auch wenn diese Struktur auf den ersten Blick sehr kompliziert und Benutzerunfreundlich aussieht, ergeben sich mit ihr sehr große Vorteile.

Der eine des geringen Speicherbedarfs ist oben aufgeführt. Der andere liegt in der Programmierfreundlichkeit, der zweiten Forderung an den Bankaufbau.

Programmfreundlich: Um zu verdeutlichen, warum das Programm bei Änderungen in der Geometrie zeitlich konstant bleiben kann, wird anhand eines Beispiels das Prinzip des Drahtfindens aufgeführt.

Gegeben sei die Drahtnummer, welche ja aus Modulenummer, Lagenummer, Elementnummer und Rohrnummer zusammengesetzt ist. Zu Beginn wird der Anfangsindex der Bank abgefragt. Hiernach fragt man ab, wie groß der Header der Bank ist und wieviele Module diese Bank enthält. Durch das Wissen der Länge des Headers kann in den Block Module gesprungen werden, in dem das entsprechende Modul gesucht wird. Nach Erhalt des zugehörigen Pointers wird in den Block Layer gesprungen, da die Länge des Block Module ebenfalls aus dem Header des Block Module gelesen wurde.

In dem Block Layer springt man nun vom Header eines Modultypen zum anderen solange, wie es der Pointer angibt. So gelangt man schließlich in den korrekten Modultyp. In diesem wird nun die entsprechende Lage gesucht, und die entsprechende w-Koordinate und Pointer für den Block Element gelesen.

Nun beginnt die gleiche Prozedur für den Block Element wie für den Block Layer. D.h. es wird in den richtigen Modultypen im Block Element gesprungen. Im richtigen Modultypen wird nun wiederum von einer Lage zur nächsten gesprungen, so wie es der Pointer angibt, analog dem Suchen des Modultypen. In der richtigen Lage wird nun das entsprechende Element gesucht und von diesem die v-Start-, v-End- und u-Koordinate des Drahtes im nullten Rohr notiert. Die richtige u-Koordinate für den gesuchten Draht erhält man, indem die relative u-Koordinate für das ent-

sprechende Rohr (steht im Header des Block Elements) zur u-Koordinate des nullten Drahtes hinzuaddiert wird. Mit dem Wissen über die Transformationsnummer (steht im Block Module) können nun die lokalen Koordinaten der Start- und Endpunkte des Drahtes in die globalen transformiert werden.

Analog läuft der umgekehrte Prozeß: Bestimmung des Rohres, welches einen Punkt $P(x,y,z)$ enthält.

Was man an diesem Beispiel erkennt, ist, wie schon erwähnt, daß das Programm von Änderungen im geometrischen Aufbau unberührt bleibt. Dies hat sich während dieser Arbeit schon oft als zeitsparend herausgestellt, da solche Änderungen des öfteren vorgekommen sind. Wird z.B. ein neues Modul eingefügt, so wird dieses in dem Block Module beschrieben. Die Pointer müssen entsprechend korrigiert werden. Das gleiche gilt natürlich für die anderen Blöcke soweit diese die Beschreibung des neuen Modules nicht enthalten. Wichtig ist auch die Korrektur der Header, insbesondere die Längenangaben der einzelnen Blöcke, Subblöcke usw.

2.2.5 Überprüfen der Bänke

Um sich Gewißheit zu verschaffen, daß die Daten in den Bänken auch richtig sind, ist es notwendig, die Bänke durch geometrische Darstellung der Daten auf ihre Richtigkeit zu prüfen. Die einzelnen Drahtpositionen wurden ermittelt und in ein Raumwinkelplot eingetragen (siehe Abb. 20–22, hier ist als Beispiel jeweils eine Lage der drei Myonlagen aufgeführt). Des besseren Verständnisses wegen sind die Drähte auch in einem kartesischen Koordinatensystem (siehe Abb. 23 und Abb. 24) dargestellt. Jeder Draht ist hier eine schwarze Linie bzw. Punkt welche aber durch die geringe Auflösung als schwarze Fläche bzw. Linie erscheinen. Sämtliche fehlerhafte Daten sind sofort zu erkennen, da mit Ausnutzung der Eigenschaften des Graphikprogrammes [14] Teilbereiche vergrößert dargestellt werden können. Hiermit kann eine falsche Positionierung der Elemente sofort erfasst werden. Mit diesen Informationen können die falschen Daten in den Bänken korrigiert werden.

Um einen Einblick zu geben, wie die Streifen bzw. Pads in einer Lage angeordnet sind, ist hierfür jeweils die 7.te Lage dieser beiden Komponenten in Abb. 25–26 gezeigt.

2.3 Streamergenerierung

2.3.1 physikalische Grundlagen

Nun zurück zur eigentlichen Aufgabe dieser Arbeit, der Digitalisierung der Spurdaten im STS. Der Hauptanteil des Programmes ist die Streamergenerierung. Wie der Streamermechanismus funktioniert ist in [7] ausführlich erklärt. Wie ein Streamer simuliert werden kann, welche Parameter maßgebend sind, ist in [17] behandelt worden. Zusammenfassend kann daraus entnommen werden, daß ein Streamer folgendermaßen simuliert werden kann:

Das Streamerrohr wird in einzelne Zellen längs des Drahtes unterteilt. Jede Zelle

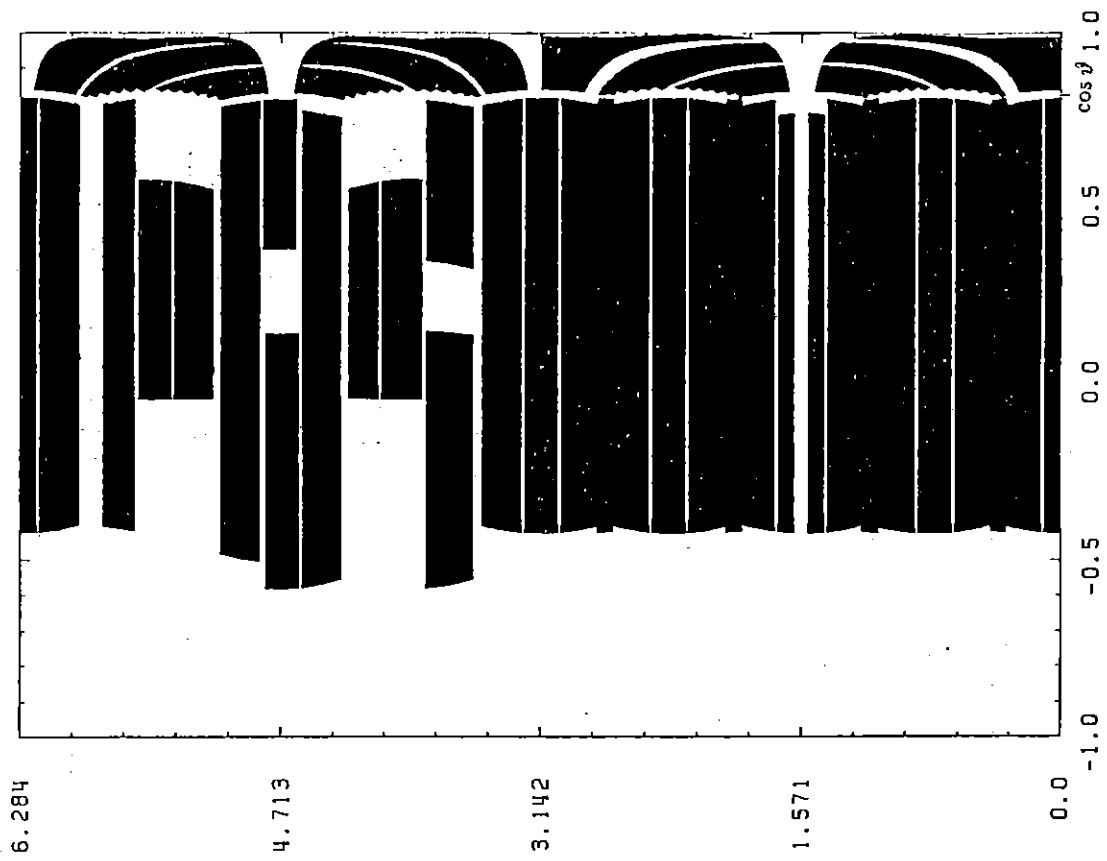


Abbildung 20: Drahtpositionen im Raumwinkel: Beispiel innere Myonlage

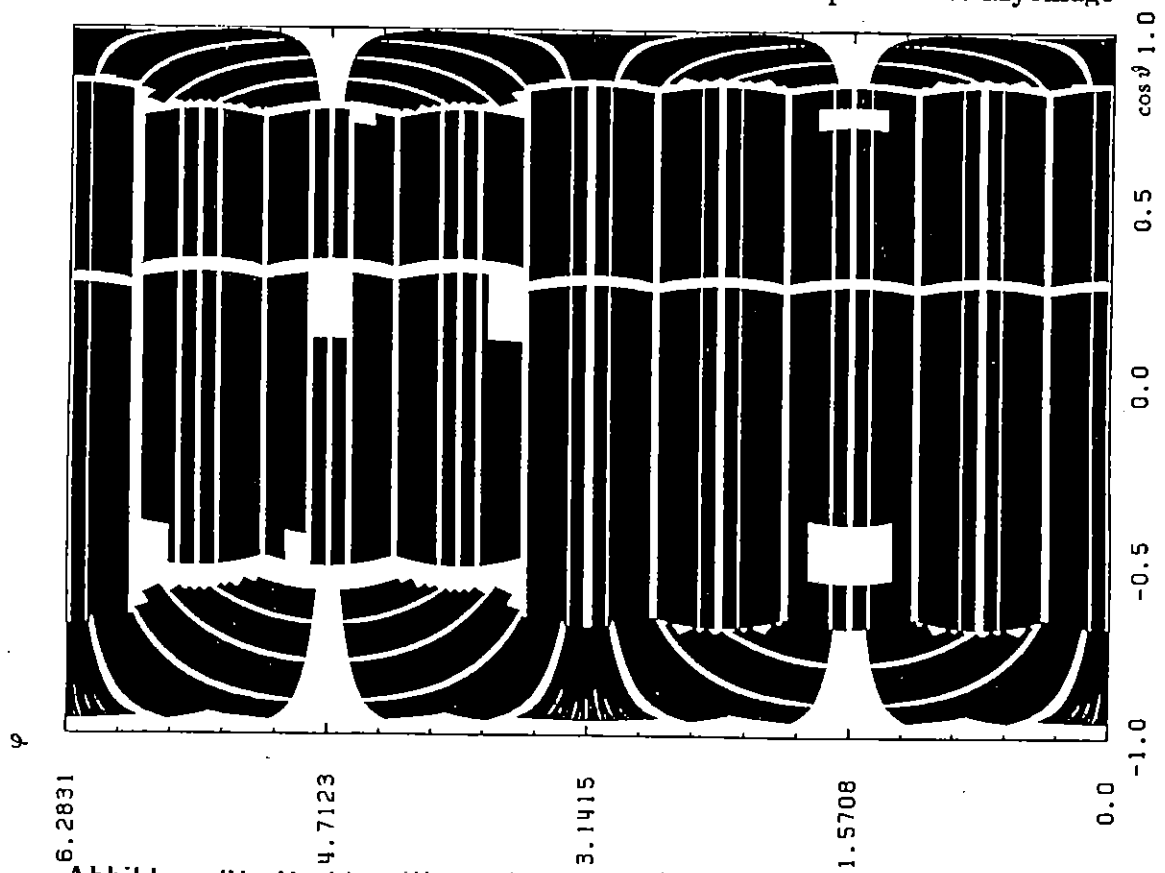


Abbildung 21: Drahtpositionen im Raumwinkel: Beispiel mittlere Myonlage

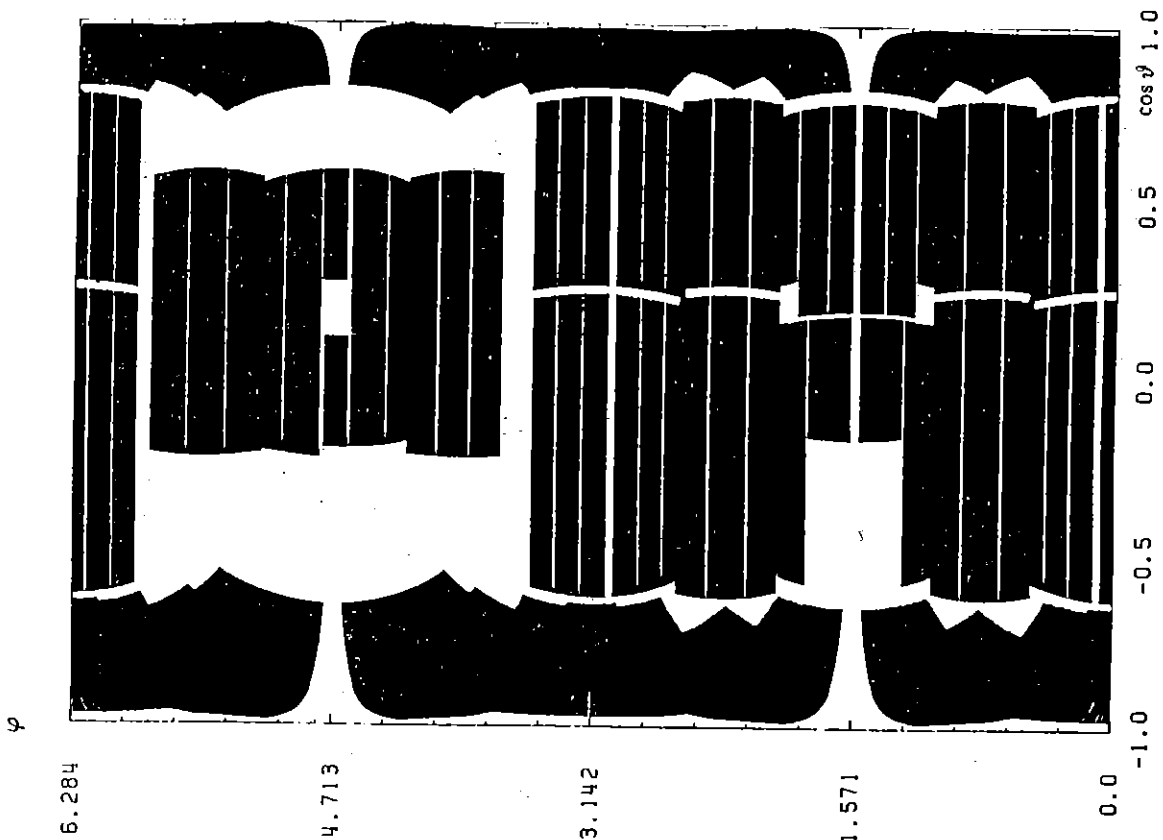


Abbildung 22: Drahtpositionen im Raumwinkel: Beispiel äußere Myonlage

kann bei einem Event nur einmal gezündet werden. Die Zellgröße entspricht also dem toten Raum im Rohr, den ein Streamer verursacht. Hierbei ist die Anordnung der Streamerzellen unerheblich, d.h. es macht bei der Simulation keinen großen Unterschied, ob die Orte der Zellen fest vorgegeben sind oder sich nach dem Durchgang der Teilchen richten, vorausgesetzt man mittelt über eine genügend große Anzahl von Ereignissen.

Die Simulation der Streamer ist von weiteren Parametern abhängig. Mit [18] kann der Streamer in einem Streamerrohr vollständig simuliert werden, wenn folgende Faktoren berücksichtigt werden:

- Energie des Teilchen
Wenn das Teilchen durch eine Trennwand der Streamerrohrkammern läuft, so ist es von der Energie des Teilchen abhängig, ob das Teilchen die Wand durchdringen kann oder von dieser absorbiert wird. Somit muß ein Parameter angegeben werden, der über diese Energieschwelle Auskunft gibt.
- minimale Spurlänge
Um auszuschließen, daß das durchlaufende Teilchen auch dann einen Streamer setzt, wenn es nur die Zelle tangiert (siehe Spur 2 in Abb. 27), wird ein Parameter eingeführt, welcher angibt, wie lang die Spur des Teilchens innerhalb des aktiven Raumes des Streamerrohres mindestens sein muß, um einen Streamer zu erzeugen.

Diese drei Parameter, Energieschwelle, Zellgröße und minimale Spurlänge, sind ex-

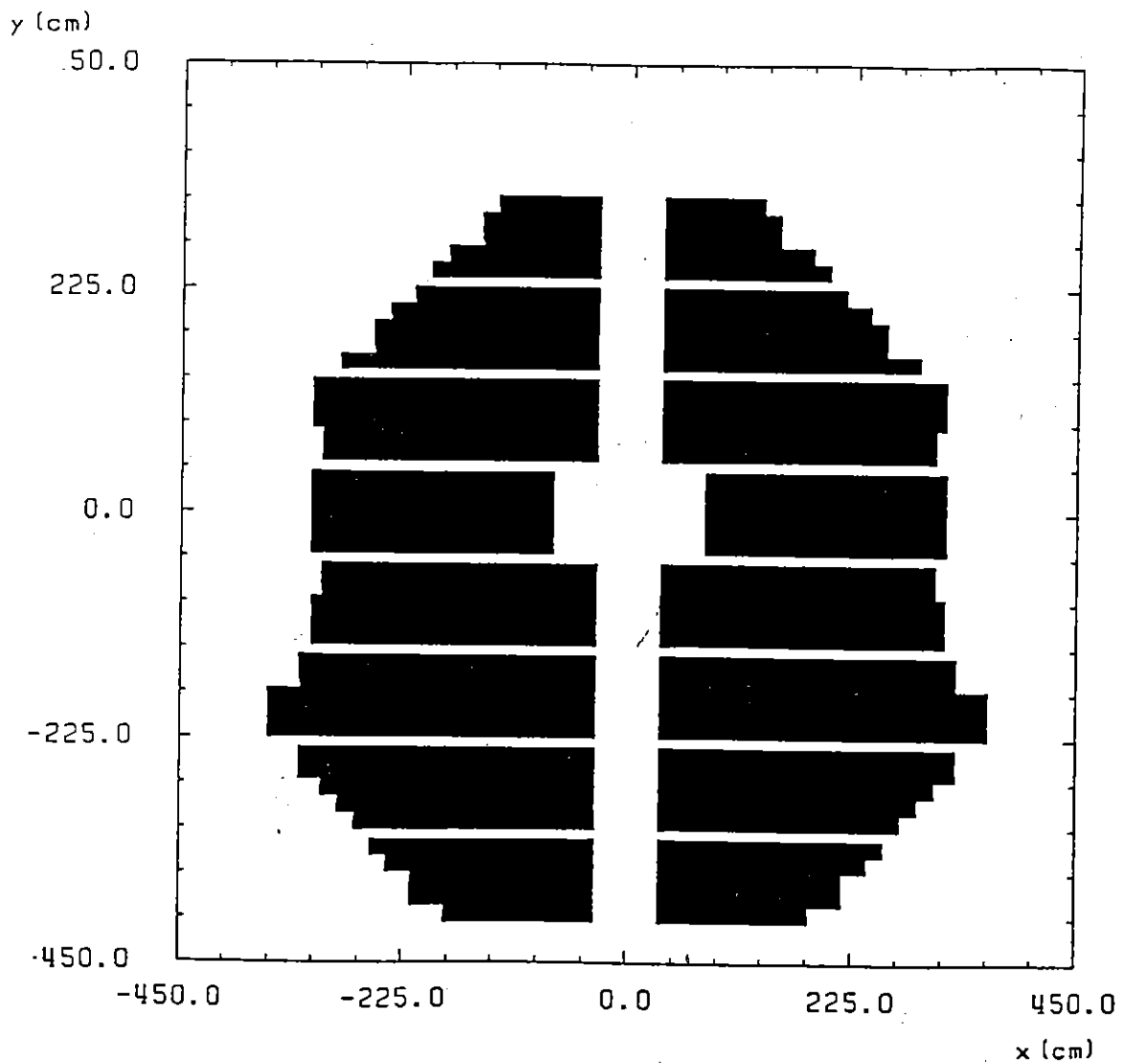


Abbildung 23: Drahtpositionen in der Endkappe (kartesisch x,y Sicht)

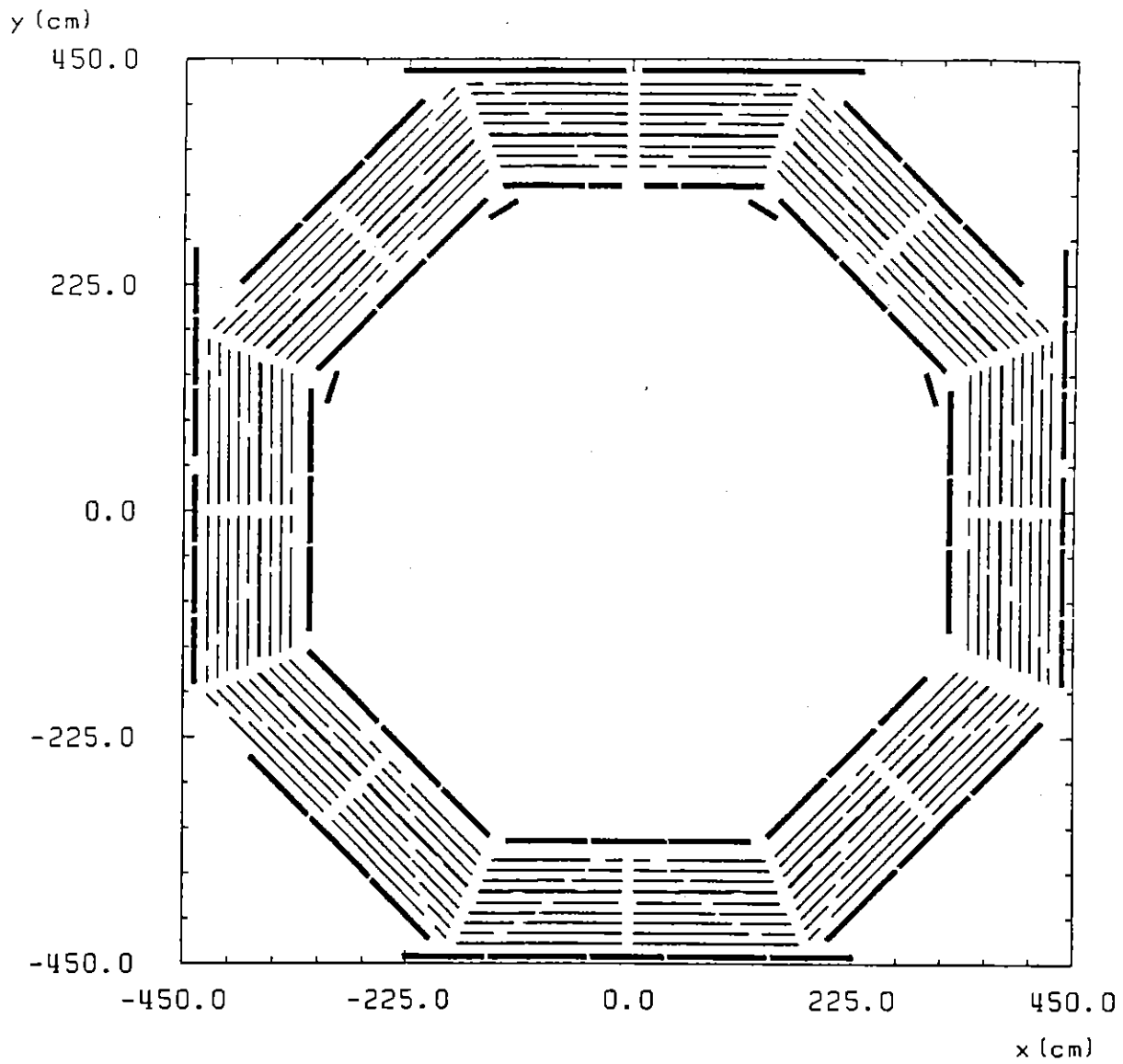


Abbildung 24: Drahtpositionen im Barrel (kartesisch x,y Sicht)

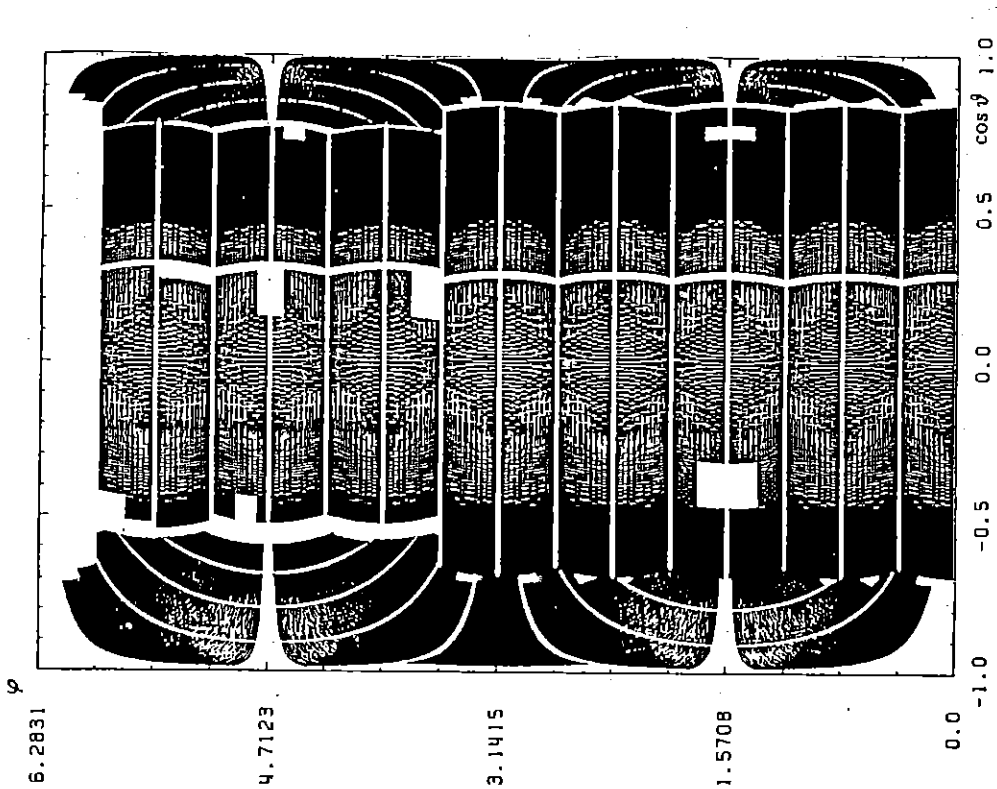


Abbildung 25: Streifenpositionen im Raumwinkel: Beispiel mittlere Myonlage

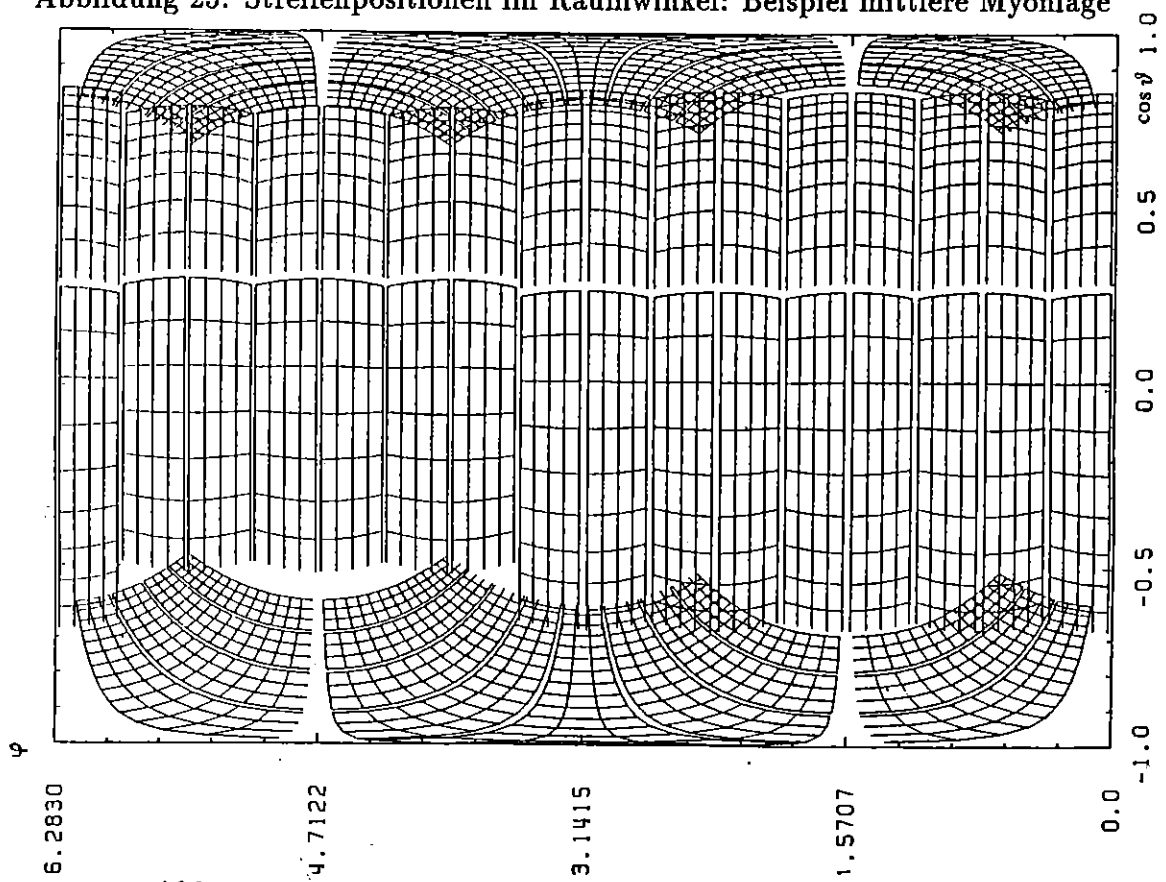


Abbildung 26: Padpositionen im Raumwinkel: Beispiel 7. Lage
 perimentell zu ermitteln, d.h. das in einem Monte-Carlo diese Parameter solange

variiert werden, bis die Daten des Monte-Carlo mit den experimentellen Daten übereinstimmen. Die Parameter für die Zellgröße und Energieschwelle ist in [18] und [15] bestimmt worden. Für die minimale Spurlänge müssen noch experimentelle Daten gesammelt werden, doch können anhand von [19] vernünftige Werte jetzt schon eingesetzt werden. Für die verschiedenen Größen wurden in der Simulation folgende Werte verwendet:

Energieschwelle = 0.1 GeV

Zellgröße = 0.3 cm

minimale Spurlänge = 0.05 cm

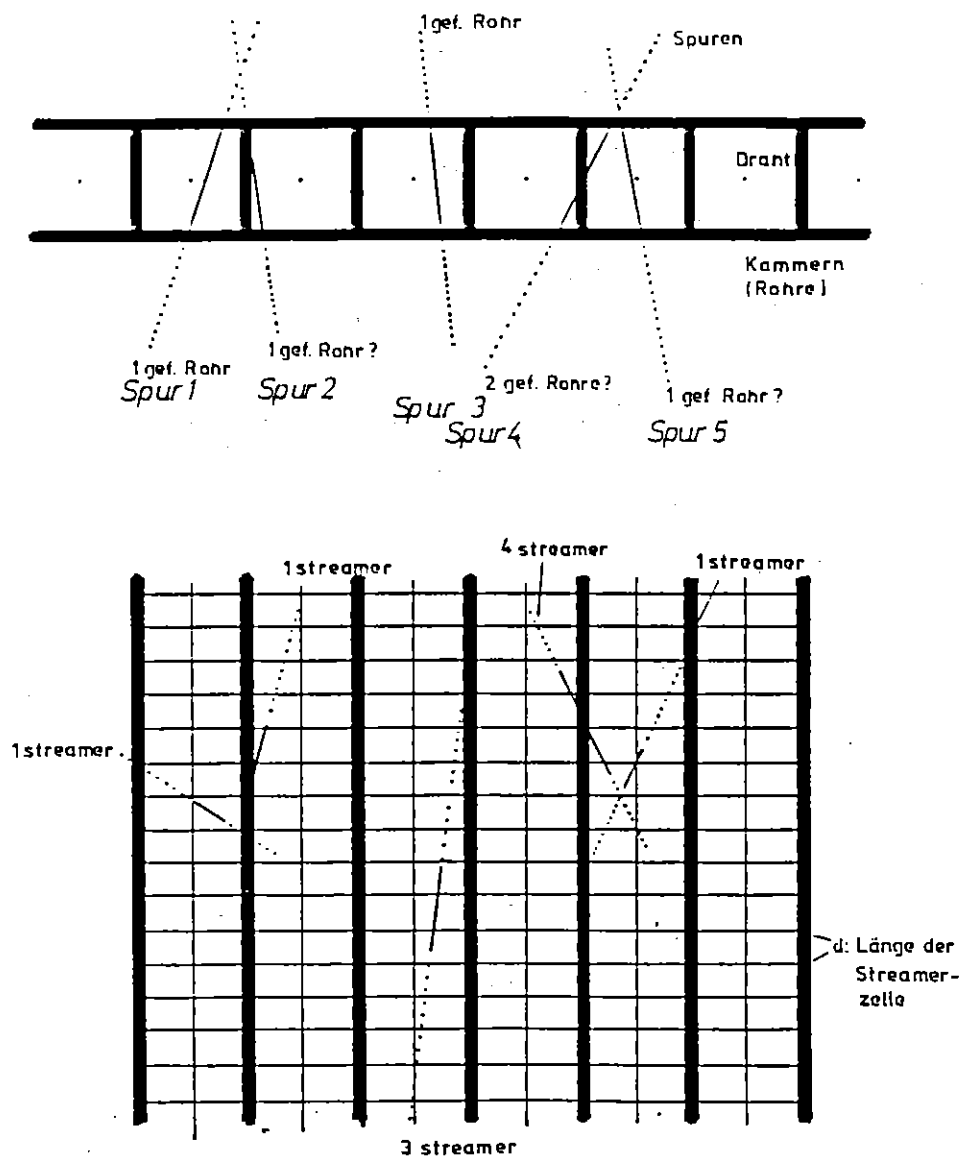


Abbildung 27: Mögliches Aussehen der Tracks innerhalb einer Lage

In Abb. 27 ist eine Möglichkeit aufgeführt, wie ein Durchgang von Teilchen während eines Events innerhalb einer Lage aussehen kann. Hierbei bedeuten die

durchgezogenen Linien den Teil der Spur, welcher durch eine aktive Zone in einer Streamerrohrkammer liegt. Die punktierten Linien geben den weiteren Verlauf der einzelnen Spuren wieder. Die durchgezogenen dünnen horizontalen Linien sollen die Grenzen der Streamerzellen darstellen. So kann z.B. die Spur 4 zwei Streamerrohrkammer zünden und vier einzelne Streamer setzen, während die Spur 5 keinen Streamer setzt, da sie durch die gleiche Zelle läuft wie Spur 4.

2.3.2 Setzen eines Streamers

In Abb. 28 ist das DF-Diagramm zur Streamergenerierung aufgeführt. Zu sehen ist der zweimalige Gebrauch der Anfangsdaten "iron hit track bank", welche ja wie oben schon erwähnt die Daten der durchlaufenden Teilchen enthalten. Zum einen werden sie benutzt, um die globalen Koordinaten in lokale zu transformieren und einmal, um das durchlaufene Modul zu finden. Um dieses Modul zu finden, wurde eine BOS-Bank (IGMD) erstellt, welche die Eckpunkte und die Nummer des lokalen Koordinatensystems sämtlicher Module enthält. Als Kriterium ob ein Punkt innerhalb eines Modules (= Polyeder) liegt, wurde folgendes verwendet:

Der zu untersuchende Punkt wird in eine Grundfläche des Polyeders projiziert. Diese Grundfläche muß ein konvexes Vieleck sein, damit der folgende Satz Gültigkeit besitzt:

Ein Punkt liegt genau dann innerhalb eines konvexes Vieleckes, wenn die Summe der Innenwinkel genau 360° ergibt. Mit diesem Satz kann dann entschieden werden ob der Punkt innerhalb des Vieleckes liegt oder nicht. ² Durch das Wissen über das Modul kann auch die entsprechende Transformationsmatrix ermittelt werden. Die Transformationsmatrizen werden anhand einer BOS-Bank generiert, die die Koordinaten des Koordinatensystemursprungs und die relativen Winkel der lokalen Achsen zu den globalen Achsen enthalten. Diese Daten können mittels Vermessungen ermittelt und in der zugehörigen BOS-Bank gespeichert werden.

Die Transformationsmatrix ist natürlich notwendig um die globalen Koordinaten in lokale zu transformieren. Mit diesen lokalen Koordinaten erfolgt die weitere Untersuchung der Spur. Nachdem die Lagenummer bestimmt wurde, ist der Ort des Teilchens innerhalb des Modules eindeutig bestimmt.

Wie nun bestimmt wird, ob das Teilchen einen Streamer setzt, wird in "determine intersection of tracks and tube walls" näher erläutert. Hierzu ist in Abb. 29 das zugehörige DF-Diagramm aufgeführt. Um entscheiden zu können, ob ein Streamer gesetzt wird oder nicht sind folgende Informationen notwendig:

1. Koordinaten des Startpunktes von der Spur innerhalb eines einzelnen Streamerrohres
2. Koordinaten des Endpunktes von derselben
3. Energie des Teilchen

²Dieses Verfahren wird auch im nächsten Kapitel verwendet.

3.3.1:15
generate_streamers

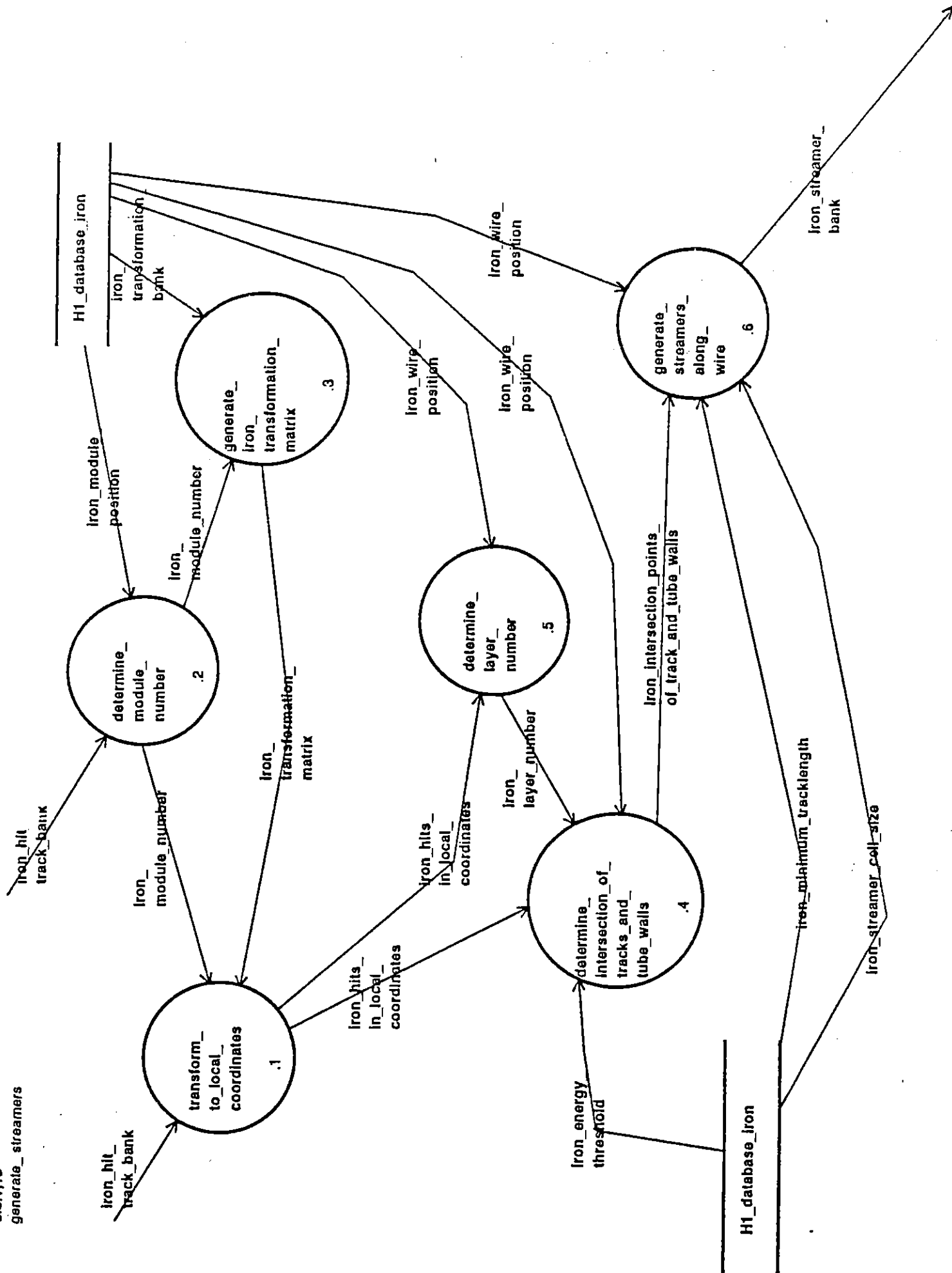


Abbildung 28: DF für Streamergenerierung

3.3.1.4.9
determine_intersection_of_tracks_and_tube_walls

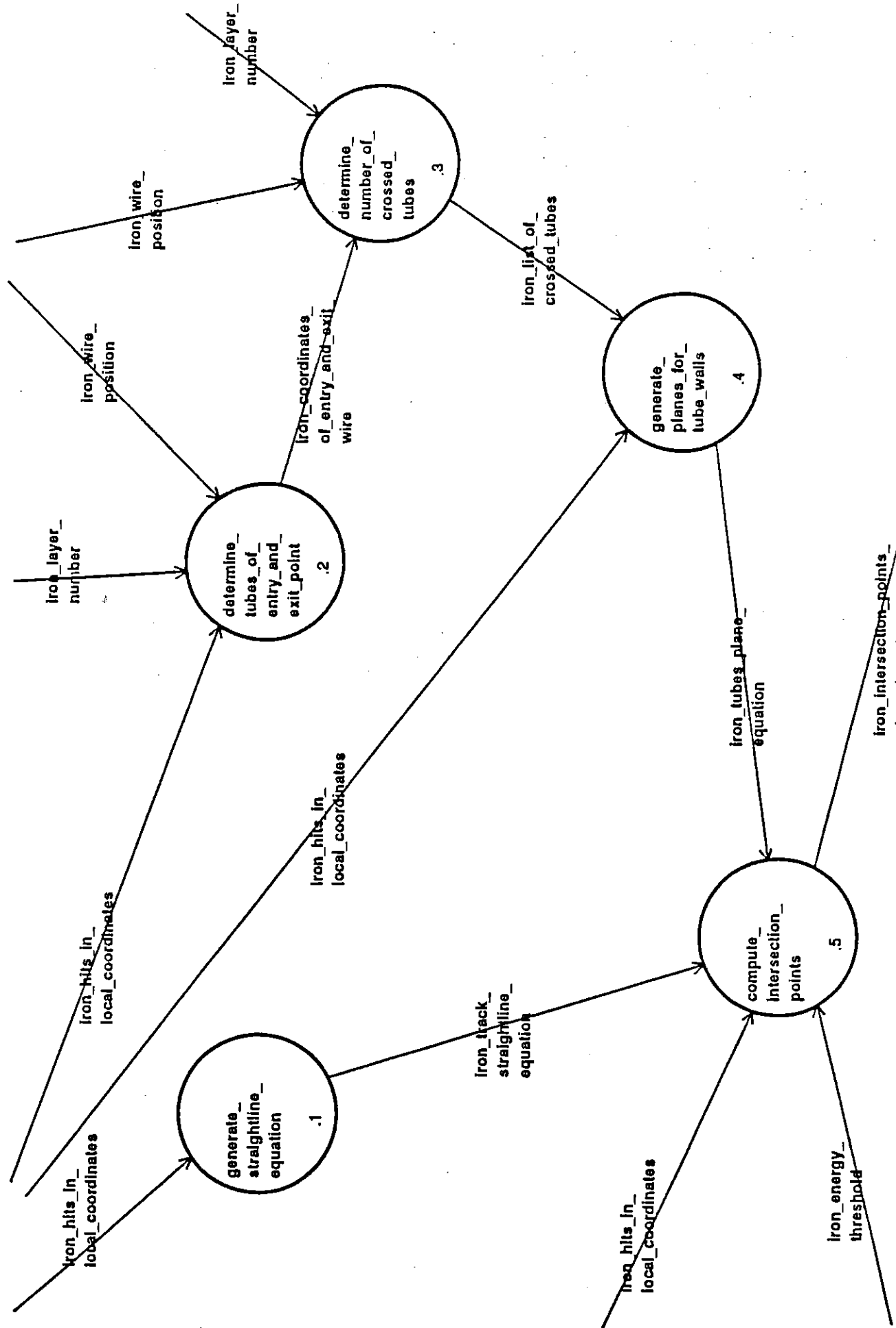


Abbildung 29: DF für die Bestimmung der "Durchstoßpunkte" von der Spur mit den Streamerrohrkammern

Um die Koordinaten zu erhalten, werden durch die lokalen Koordinaten der Start- und Endpunkte der Spur innerhalb der Lagen eine Gerade gelegt. Anhand der Geometriebänke ist zu erfahren, in welchem Element und welchen Rohren sich die Spur befindet. Nun wird durch jede Trennwand der Streamerrohre, welche von der Spur durchquert werden, eine Ebene gelegt. Die Schnittpunkte der Geraden mit den Ebenen geben die gesuchten Punkte wieder. Hierbei wird auch abgefragt, ob das Teilchen genügend Energie besitzt, um die Trennwand zu durchqueren. Die einzelnen Punkte mit den zugehörigen Drahtnummern werden zur weiteren Untersuchung zwischengespeichert.

Schaut man wieder in Abb. 28 so erkennt man, daß mit den gewonnenen Daten nun die Streamer generiert werden. Hierzu wird auch auf die Spurlänge abgefragt, um der Forderung nach der minimalen Spurlänge zu genügen. Die gesetzten Streamer werden in einer intermediären BOS-Bank IRIE abgespeichert. Der Inhalt dieser BOS-Bank sind die Daten der einzelnen Streamer:

1. Drahtnummer
2. Ort des Streamers in Drahtrichtung (v -Koordinate der Streamerzelle)
3. Anzahl wie oft die Streamerzelle getroffen wurde.

Im Gegensatz zur Forderung, wonach eine Streamerzelle nur einmal pro Event gezündet wird, wird hier in der BOS-Bank angegeben, wie oft die Zelle getroffen wurde. Diese Information wird mitgenommen, um eventuell später Sättigungseffekte zu studieren. Mit den drei Daten kann die Simulation der drei Komponenten des STS, Drähte, Streifen und Türme, durchgeführt werden.

2.4 Die Bänke der Digitalisierung

Nachdem nun relativ ausführlich die Generierung der Streamer vorgestellt wurde, wird nun die Simulation der Auslese von Drähte, Türme und Streifen kurz erklärt. In Abb. 17 wird ersichtlich, daß alle drei Komponenten die intermediäre BOS-Bank IRIE zur Auslese benutzen. Zu erwähnen ist an dieser Stelle noch, daß jede Streamerzelle nur einmal untersucht wurde, so wie dies zu Anfang des Kapitels gefordert wurde (das dritte Datenwort in IRIE, Anzahl der getroffenen Streamerzelle, findet also in den folgenden Auslesesimulationen keine Beachtung).

2.4.1 Drahtauslese

Aus der intermediären BOS-Bank IRIE werden die einzelnen Drahtnummer herausgelesen und in der BOS-Bank IRWE (Digitalisierungsbank für die Drähte) gespeichert. Dies entspricht einem idealen Detektor, d.h. das andere Effekte, wie z.B. Untergrund, Übersprechen oder keine 100%ige Nachweiswahrscheinlichkeit, nicht berücksichtigt wurden. Der so gewonnene ideale Detektor in der Simulation ist hervorragend geeignet für den nächsten Schritt, nämlich der Rekonstruktion von Myonen.

Natürlich wird der Einfluß der oben genannten Effekte später noch in das Programm implementiert. Hierzu ist es aber erforderlich, daß genügend experimentelle Daten vorhanden sind, um diese „Verschmierung von Daten“ erfolgreich zu simulieren. Es besteht also keine Schwierigkeit den Untergrund u.s.w. in das Programm einzubeziehen.

2.4.2 Streifenauslese

Die Simulation der Streifenauslese ist mit Hilfe des DF in Abb. 30 dargestellt. Zuerst muß natürlich der Ort des Streamers ermittelt werden. Dies wird erreicht indem die Daten aus IRIE gelesen werden. Durch die Drahtnummer und den Ort des Streamers in Drahrichtung kann mittels der Geometriebank für die Drähte, der Ort eindeutig bestimmt werden. Als nächstes folgt das Finden der Streifen, welche den Streamer "sehen" können. Ob nun ein Streifen anspricht oder nicht, ist abhängig von der influenzierten Ladung auf den Streifen. Aus diesem Grund wird die influenzierte Ladung auf den Streifen berechnet.

Mit dem Ansatz

$$\frac{Q_{\text{Streifen}}}{Q_{\text{Quelle}}} = \int \frac{\sigma(r)}{q} dA = \int \frac{-w_0}{2\pi(w_0^2 + r^2)^{3/2}} dA \quad (1)$$

σ ist die Flächenladung auf dA

r gibt den räumlichen Abstand zwischen Streamer und dA an

q gibt die Ladung des Streamers wieder

$dA = dudv$ Flächenelement

somit gilt: $\sigma(r)dA = dq$

welcher in [15] begründet ist, ergibt sich für das Ladungsverhältnis:

$$\int_{\text{Fläche}} \frac{\sigma(r)}{q} dA = \int_v^{v+\Delta v} \int_{-u_+}^{+u_+} \frac{\sigma(r)}{q} dudv \quad (2)$$

$$= \frac{-1}{2\pi} \left\{ \arcsin \left[\frac{2(v + \Delta v)^2 u_+^2}{(w_0^2 + u_+^2)(w_0^2 + (v + \Delta v)^2)} - 1 \right] - \arcsin \left[\frac{2(v^2 u_+^2)}{(w_0^2 + u_+^2)(w_0^2 + v^2)} - 1 \right] \right\} \quad (3)$$

Die einzelnen Variablen sind aus der Abb. 31 zu entnehmen.

w_0 ist der Abstand Streifen - Draht (= 0.9 cm)

Δv ist die Breite des Streifens (= 1.7 cm)

u_+ ist die halbe aktive Rohrbreite also 0.45 cm

Daß nur der Streifenabschnitt, der direkt über dem Rohr liegt, betrachtet werden braucht, liegt daran, daß die Profilwände für die Signale undurchlässig sind (siehe [15]). Der Verlauf der analytischen Funktion aus 3 stimmt mit dem numerisch berechneten Verhältnis aus [15] überein. In dieser Arbeit wurde die Richtigkeit des Ansatzes und der Rechnung anhand von Messungen gezeigt.

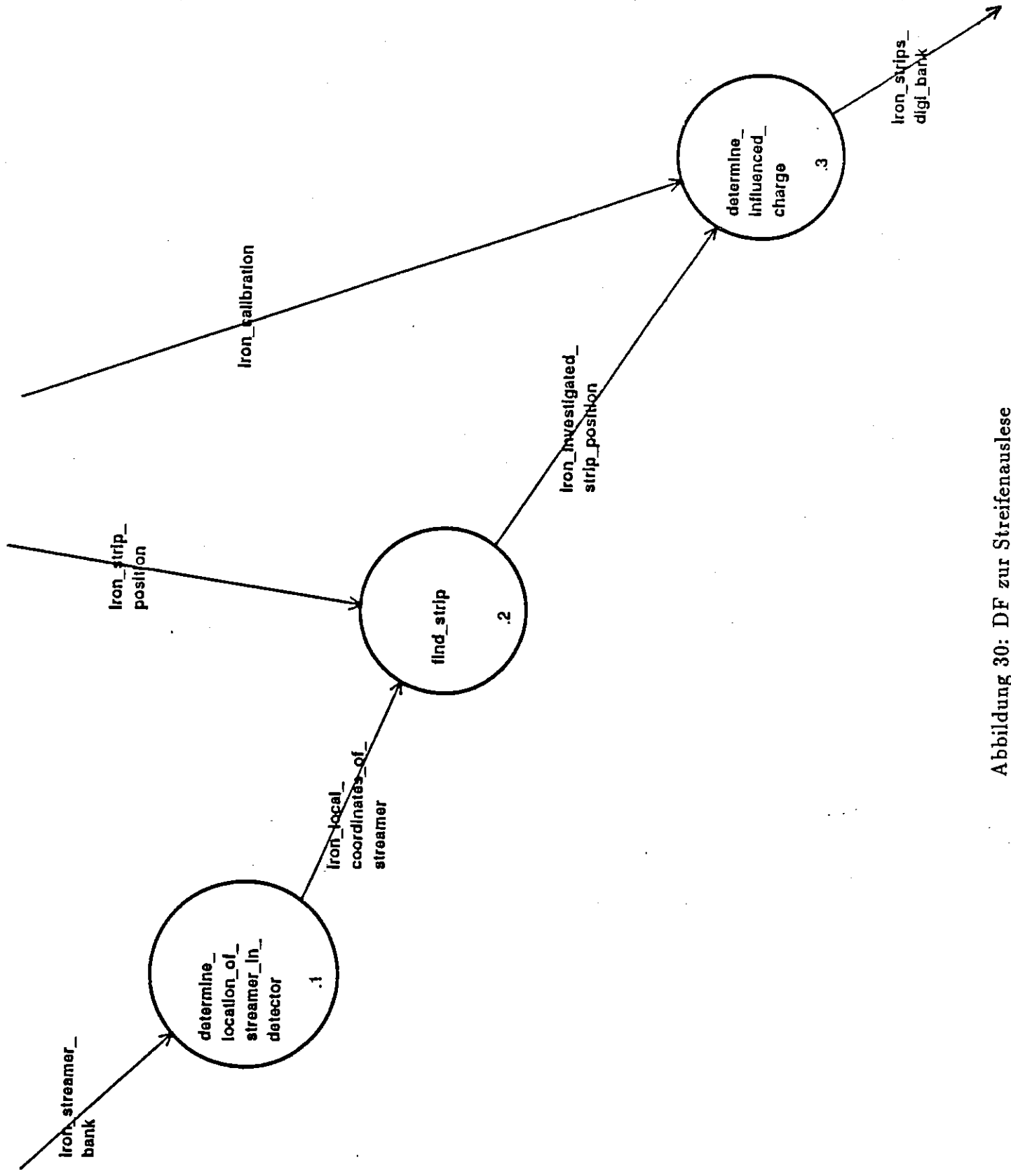


Abbildung 30: DF zur Streifenauslese

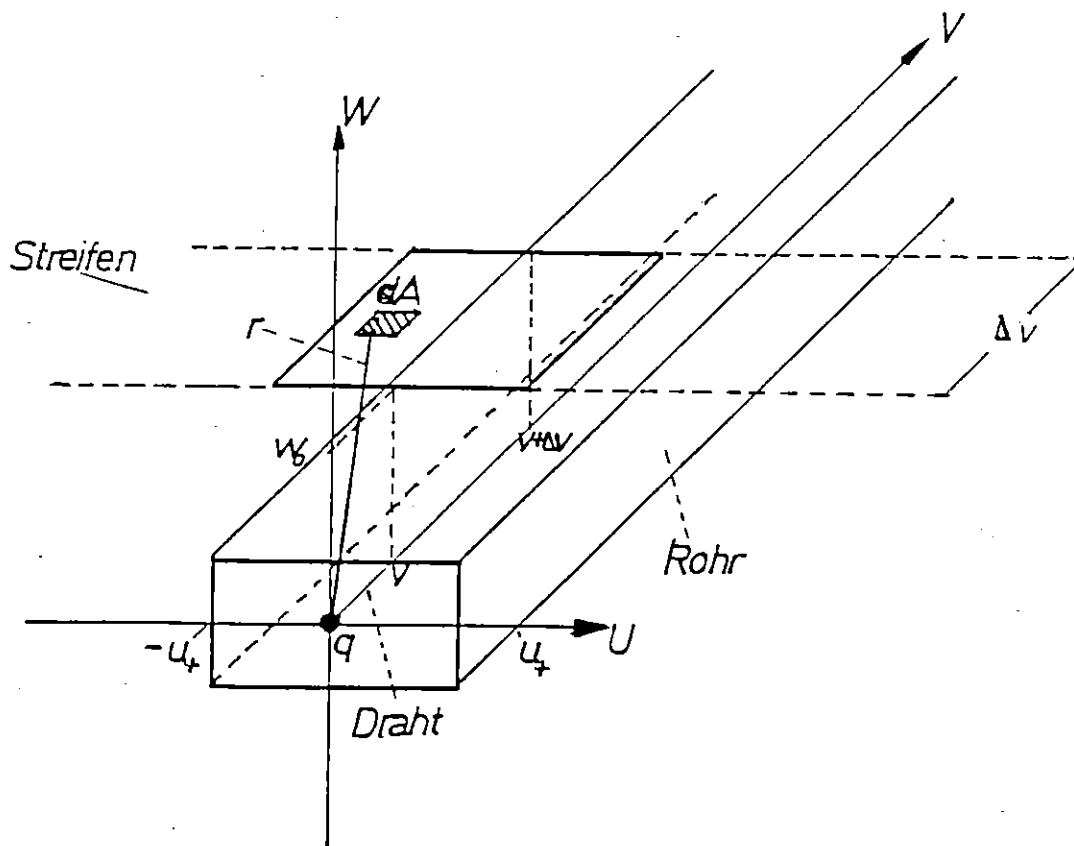


Abbildung 31: Berechnung der induzierten Ladung

Da ein Streifen mehrere Streamer sehen kann, muß über die einzelnen Influenzladungen durch die verschiedenen Streamer summiert werden. Deswegen wird erst am Ende eines Events entschieden, also nach der Summation, ob die induzierte Ladung ausreicht, um den Streifen als getroffen anzusehen. Die Streifenauslese kann also vollständig für das STS simuliert werden.

2.4.3 Turmauslese

Da die Türme zu kalorimetrischen Messungen genutzt werden, muß neben der Turmnummer die induzierte Ladung auf dem Pad und somit innerhalb des Turmes mit in der Digitalisierungsbank abgespeichert werden. Auch hierzu wurde zunächst ein idealer Detektor simuliert. D.h. daß ein Übersprechen (Crosstalk) nicht berücksichtigt wurde.

Da die Anzahl der Streamer innerhalb eines Turmes mit der Größe der deponierten Ladung gut korrespondieren sollte, kann man davon ausgehen, daß die induzierte Ladung durch den Streamer auf ein Pad immer die gleiche sein sollte (die Pads sind im Jochmantel $\approx 50 \times 35 \text{ cm}^2$ und in den Endkappen $27 \times 27 \text{ cm}^2$ groß).

Was die simulierte Auslese gegenüber einem realen Detektor etwas verfälscht ist natürlich die Vernachlässigung des Übersprechens. Doch sollte es ebenfalls kein

Problem sein, dies später mit im Simulationsprogramm zu berücksichtigen, sobald genügend experimentelle Daten vorhanden sind.

2.4.4 Verwirklichung der Simulation

Die Realisierung dieser Simulation von Draht-, Streifen- und Turmauslese läßt sich am besten mit den Strukturkarten zeigen. In diesen ist ja die zeitliche Abfolge und die Hierarchie des Programmes zu sehen. Noch einmal zur Erinnerung: Der zeitliche Ablauf eines Programmes wird durch das Lesen von links nach rechts einer Strukturkarte ersichtlich.

In den vorherigen Abschnitten wurden schon einige Bemerkungen gemacht, was den Ablauf des Programmes betrifft, so daß im folgenden nur das Wesentliche explizit erläutert wird.

In Abb. 32 ist die Strukturkarte auf dem Level angegeben, wo das hier beschriebene Programm aufgerufen wird. Zu erkennen ist, daß "digitize iron hits" von einer Routine aufgerufen wird, welche die Steuerparameter aus einer Bank liest, und die verschiedenen Digitalisierungsprogramme in der Abfolge aufruft, wie sie im Detektor von innen nach außen angeordnet sind.

Schaut man nun in das niedrigere Level (Abb. 33) so erkennt man den Aufbau des Digitalisierungsprogramm für das STS. Viele Ausdrücke in dieser Strukturkarte findet man auch in dem dazugehörigen DF wieder. Somit sollte der Leser in der Lage sein, sich relativ leicht zurechtzufinden. Es werden auf folgende Besonderheiten hingewiesen:

1. Wie oben schon erwähnt, wird die Transformationsmatrix während des gleichen Experiments (= RUN) nur einmal generiert. Dies kommt in der Strukturkarte dadurch zum Ausdruck, daß die entsprechende Routine am weitesten links steht. Auch ist hier ersichtlich, daß die Bank IGTR benutzt wird, um die Bank mit den Transformationsmatritzen IGTM zu erstellen. Anhand dieses Beispieles wird ein weiterer Unterschied zu den DF's klar. Während in den Datenflußdiagrammen die H1-Datenbasis als Gesamtspeicher für die Bänke, insbesondere die Geometrie-Bänke, diente, ist in den SC's jede Bank einzeln aufgeführt, so daß der Leser ebenfalls einen Überblick über die benutzten Bänke bekommt.
2. Die Parameter wie z.B. die Streamerzellgröße, Energieschwelle oder minimale Spurlänge erhält das Programm durch Lesen der dafür kreierten BOS-Bank IDSP.
3. Genau wie bei den Datenflußdiagrammen, wurde für die Prozedur der Streamergenerierung eine eigene Strukturkarte angelegt. Dies ist durch den "Connector" wiedergegeben, der in der SC als Fünfeck auftaucht. Die Abb. 34 enthält diese Strukturkarte. Wirft man einen Blick auf diese so findet man:
 - (a) Die Daten über die Spur des untersuchten Teilchens wird durch Lesen der Bank IRHT erfahren. Da die Art des Teilchens „verschlüsselt“ ange-

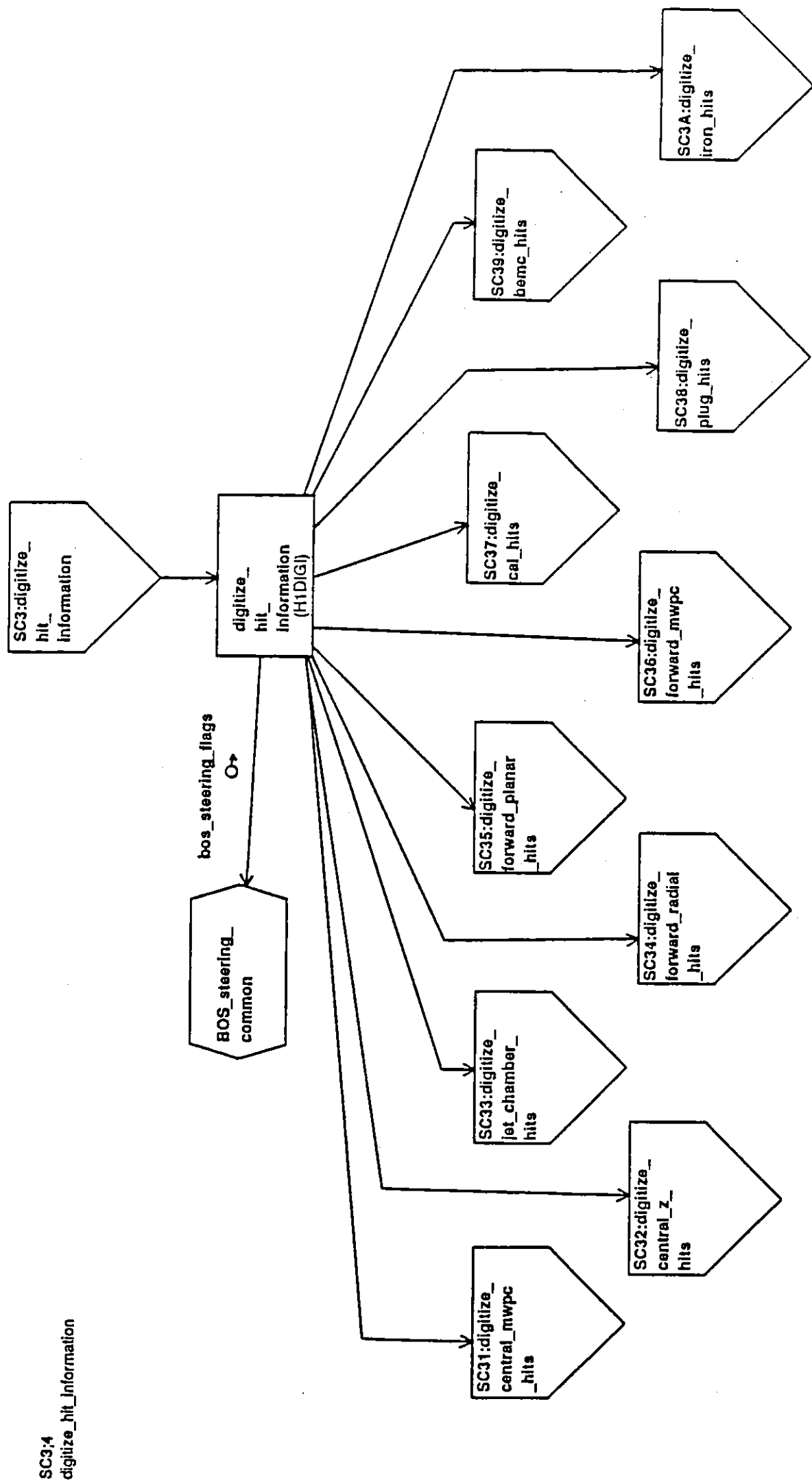


Abbildung 32: Strukturkarte für die gesamte Digitalisierung des H1-Detektors

SC3A:14
digitize_iron_hls

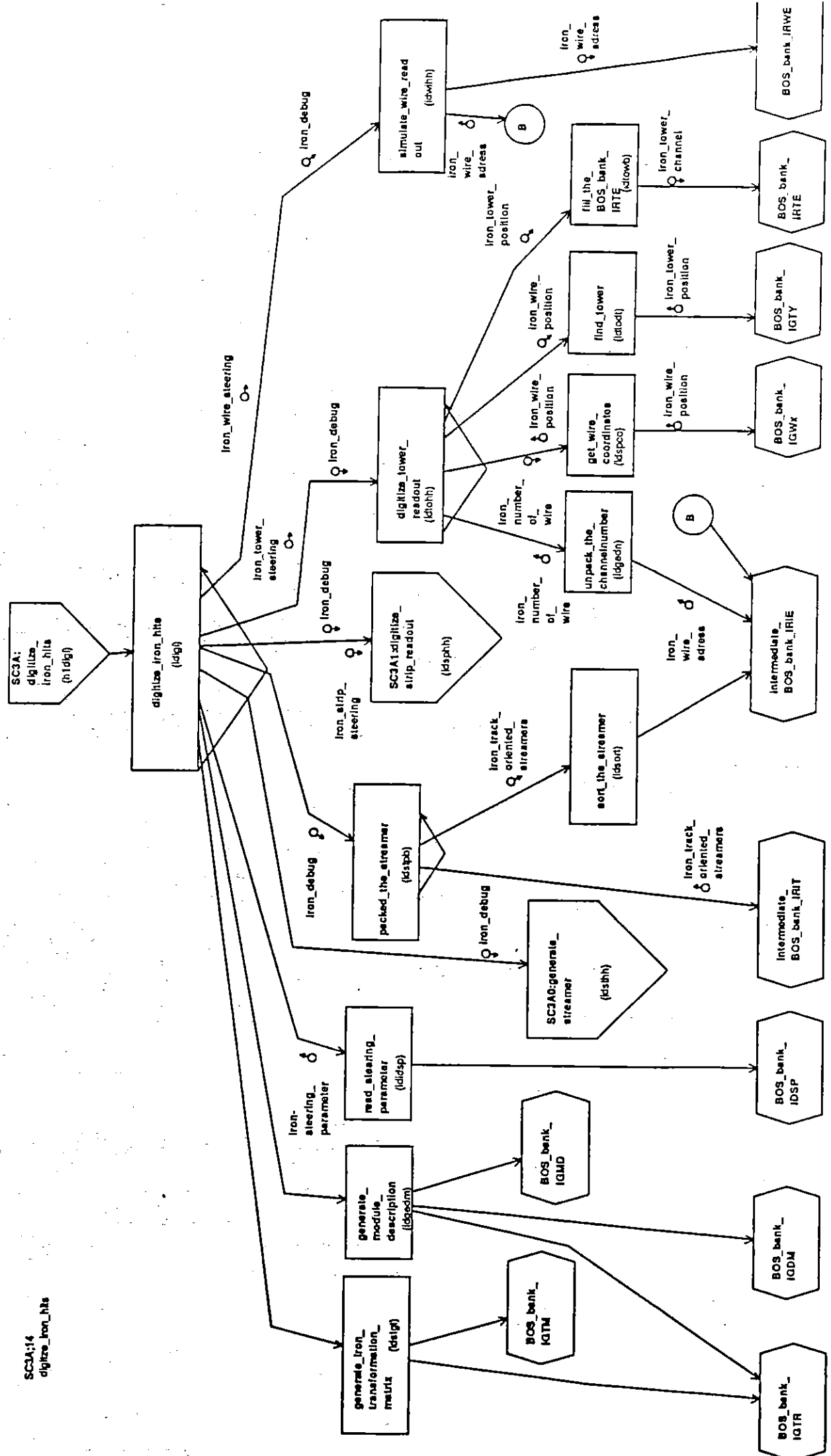


Abbildung 33: Strukturkarte zur Digitalisierung der Daten für das STS

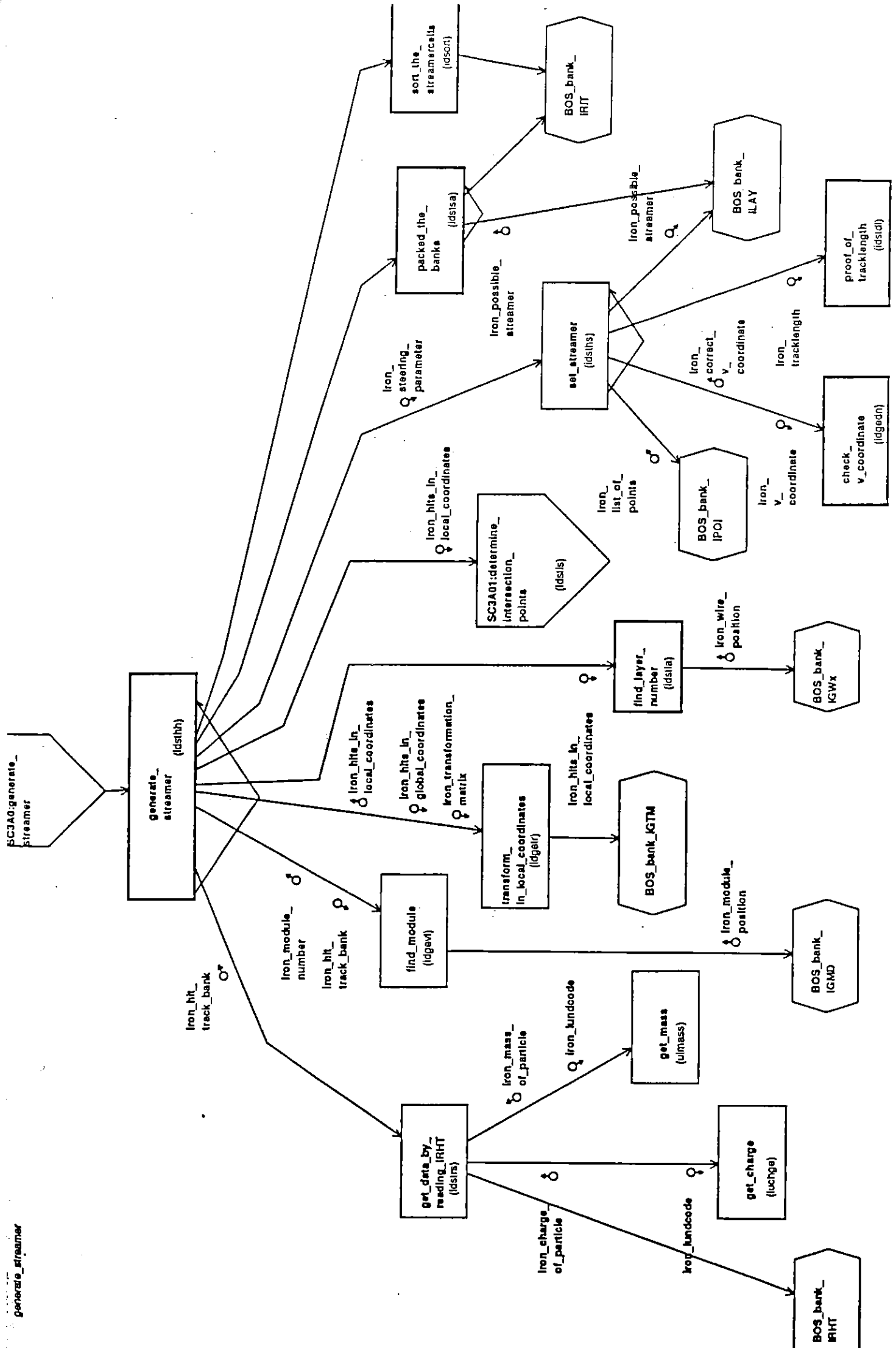


Abbildung 34: Strukturkarte zur Generierung der Streamer

geben ist (nämlich im Lundcode: den Teilchen werden bestimmte Zahlen zugeordnet), muß die Ladung und Masse des Teilchens anhand eines „Schlüssel“ extra ermittelt werden.

- (b) Als nächstes werden mittels des Wissens der Modulnummer, und damit der richtigen Transformationsmatrix, die Koordinaten ins lokale System transformiert. Der darauffolgende Schritt ist die Lösung des geometrischen Problems, sämtliche Schnittpunkte der Spur mit dem Boden, Deckel und den Wänden von den Streamerrohrkammern zu bestimmen. Dies ist in Abb. 35 mittels der zugehörigen Strukturkarte dargestellt.

In dieser fällt auf, daß die Routine "find wire nearest u-coordinate" (= den Draht finden, welcher der u-Koordinate am nächsten liegt) von zwei Routinen aufgerufen wird. Dies ist kein logischer Fehler, da das Finden des Drahtes eine Prozedur ist, welche quasi nur innerhalb der Geometriebank passiert. Somit können die zwei Routinen "Ebenen generieren" und "Rohr bestimmen", obwohl sie zeitlich nacheinander folgen, die gleiche Routine aufrufen.

Anhand dieser SC erkennt man, daß das Ergebnis, nämlich die Schnittpunkte mit ihren zugehörigen Drahtnummern, auf einer BOS-Bank (IPOI) abgespeichert werden. Wie noch nachher zu sehen ist, werden sämtliche Zwischenergebnisse auf diese Weise abgespeichert. Dies hat zweierlei Gründe:

- i. Diese Art der Speicherung bietet sich nach durchlaufen von Schleifen einfach an, da der Speicherbedarf von BOS-Bänken relativ gering ist.
- ii. Dieser Speicherplatz wird wieder freigegeben, sobald die Bank nicht mehr gebraucht wird (also nach den jeweiligen Schleifen).
- iii. Die Überprüfung von einzelnen Programmschritten ist somit gut gewährleistet.

- (c) Nun zurück zur SC der Streamergenerierung (Abb. 34) Die oben erwähnte Bank IPOI wird hier aufgegriffen und deren Inhalte, nämlich die Schnittpunkte, zur Bearbeitung herangezogen. In "setzen eines Streamers" werden die Spurlängen in den einzelnen Streamerrohren berechnet und mit Hilfe der Parameter entschieden, ob die Kriterien zum Setzen eines Streamers erfüllt sind.

- (d) Die gesetzten Streamer werden nun in der Bank ILAY notiert. Diese Bank speichert sämtliche Streamer, welche in einer Lage gesetzt wurden, ab. Beim folgenden Schritt werden sämtliche Bänke ILAY genommen und deren Streamer nach ihrer Drahtnummer sortiert. Die so erhaltene Bank IRIT enthält alle Streamer, die von den in der Bank IRHT gespeicherten Spuren erzeugt wurden.

4. Diese Streamergenerierung ist also mit Erstellen der Bank IRIT abgeschlossen. Nachdem alle IRHT Bänke für das Event abgearbeitet wurden, folgt die Erstellung der intermediären BOS-Bank IRIE, welche die gesamten Streamer für

SC3A01:3
determine_intersection_points

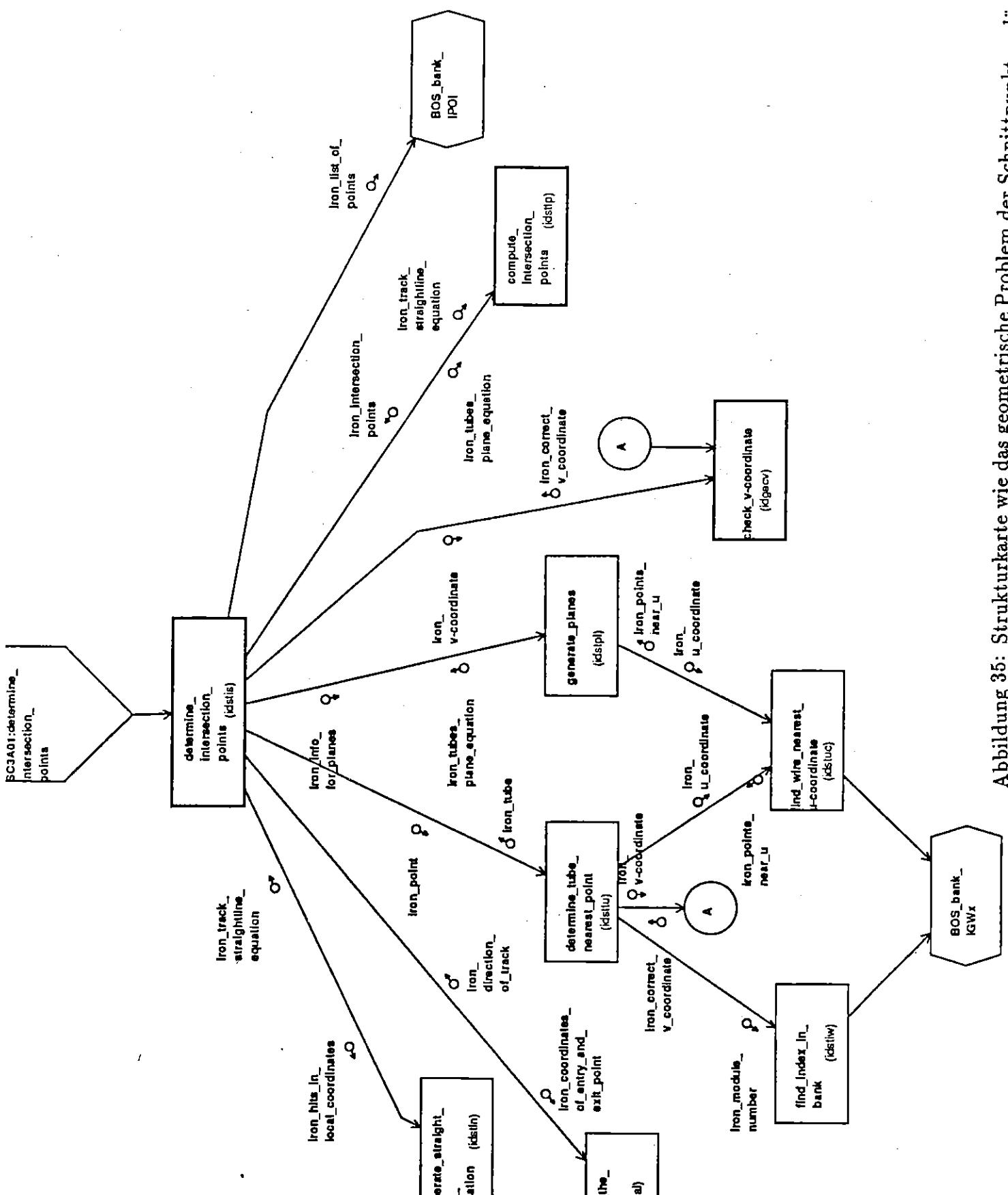


Abbildung 35: Strukturkarte wie das geometrische Problem der Schnittpunkte gelöst wird

das Event enthält. Dies ist gleichbedeutend mit der Zusammenfassung aller IRIT Bänke.

5. Wie aus Abb. 33 ersichtlich, dient diese Bank als Quellenspeicher für die Simulation der Auslese. Während die Simulation für die Drähte und Türme auf dieser Strukturkarte abgebildet ist, befindet sich die Simulation für die Streifen in der Abb. 36.
6. In dieser Abbildung wird ersichtlich, daß die Abfrage auf die influenzierte Ladung erst am Ende dieser Prozedur geschieht, also kurz bevor die Streifen auf die Bank IRSE geschrieben werden. Zuerst wird wieder das rein geometrische Problem des Streamerfinden und Streifenfinden gelöst. Hiernach erfolgt die Physik, nämlich die Berechnung der influenzierten Ladung auf die entsprechenden Streifen, welches ja schon bei dem zugehörigen Datenflußdiagramm gezeigt wurde.
7. Bei der Simulation zur Auslese der Türme (Abb. 33) ist noch zu sagen, daß bei der Schleife über die angesprochenen Pads auch die Anzahl der von den Pads gesehenen Streamer notiert wird.

2.4.5 Resultat

Um den Schritt der Digitalisierung deutlich zu machen, wurden sowohl die Spurdaten als auch die Daten der Digitalisierung graphisch dargestellt. In der Abb. 37 sind die Spur-Daten von Myonen zu sehen, welche eine Energie von 1.5 GeV beim Eintritt ins STS besitzen (damit ist gewährleistet, daß die Myonen durch das Magnetfeld eine sichtbare Ablenkung erfahren). Diese Myonen wurden nur in den Jochmantel geschossen, um die zugehörige graphische Darstellung übersichtlich zu gestalten. Sehr gut ist die Ablenkung durch das Magnetfeld für die verschieden geladenen Myonen erkennbar. Wird nun die Digitalisierung "über diese Daten gelegt" so erhält man die Abb. 38. In dieser Abbildung sind die angesprochenen Drähte dargestellt. Ersichtlich wird, daß tatsächlich nur die Orte registriert wurden, wo Drähte vorhanden sind.

Um dies deutlich zu machen ist in der Abb. 39 ein Ausschnitt des Jochmantels gezeigt, in dem sowohl die Drähte als auch die Spurdaten sowie die „digitalisierten Daten“ eingetragen sind.

digitize_strip_readout

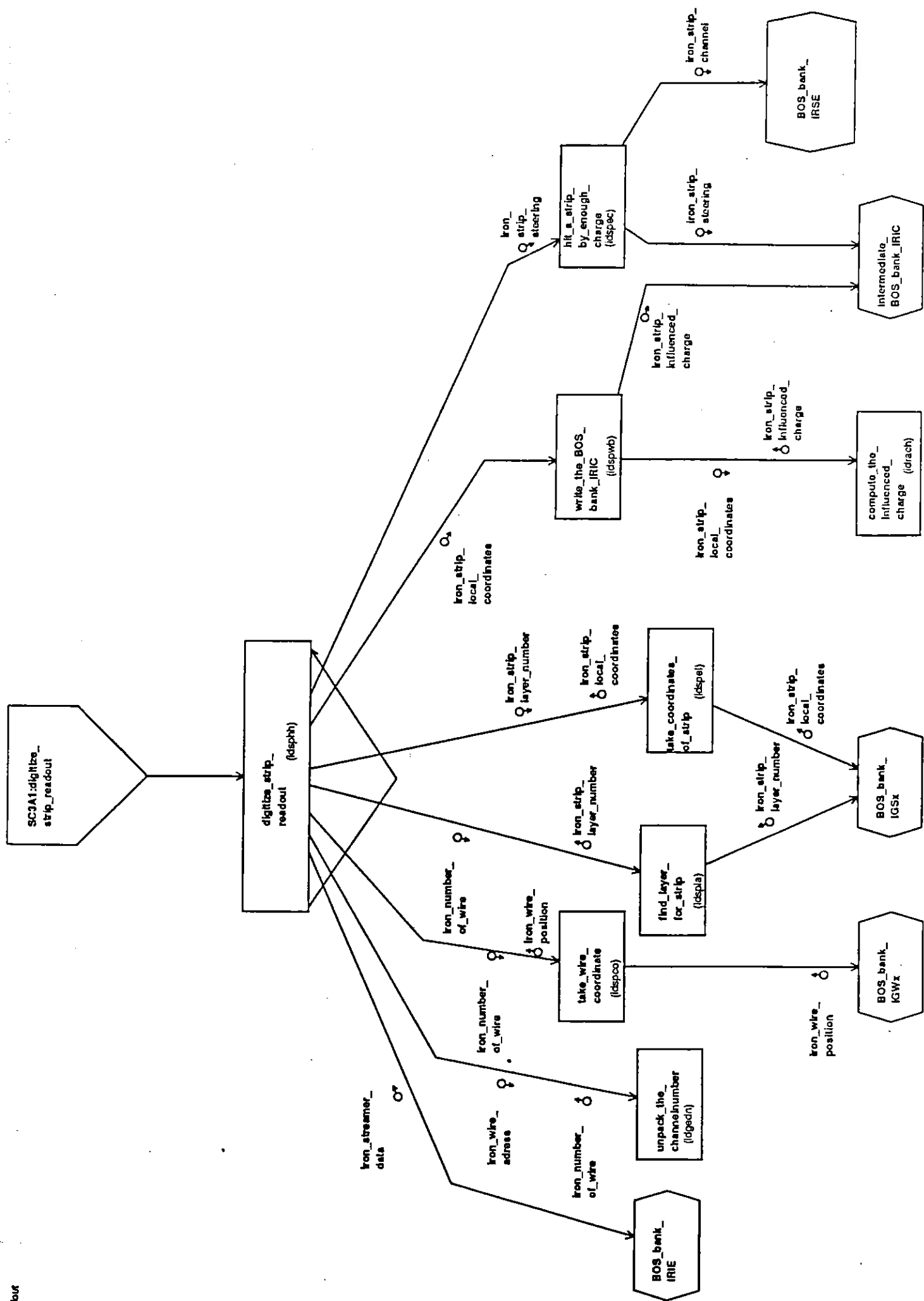


Abbildung 36: Strukturkarte zur Simulation der Auslese für die Streifen

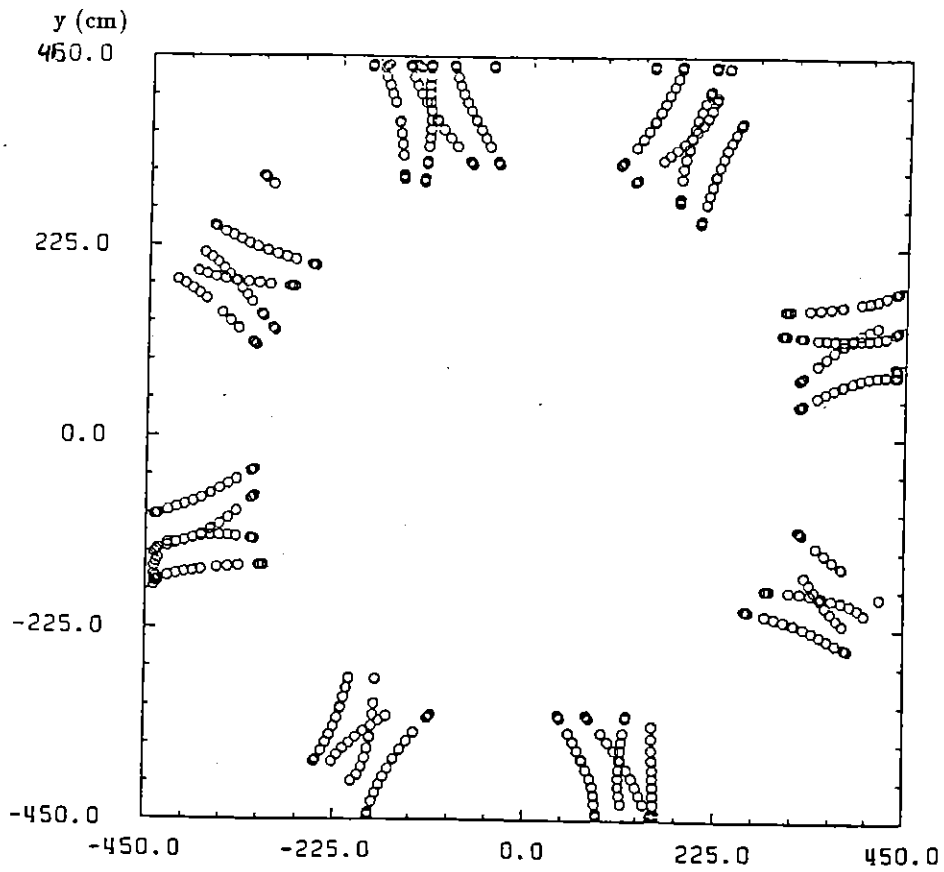


Abbildung 37: Track-Daten im Barrel. x-y Ansicht

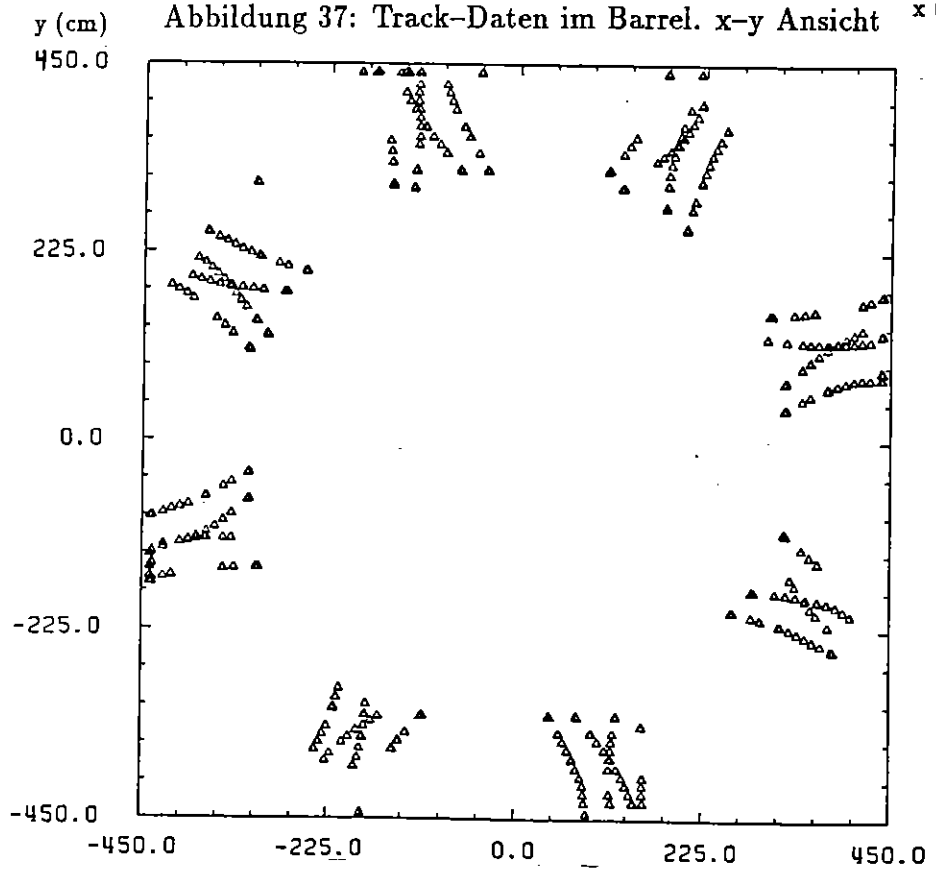


Abbildung 38: Digi-Daten im Barrel. x-y Ansicht

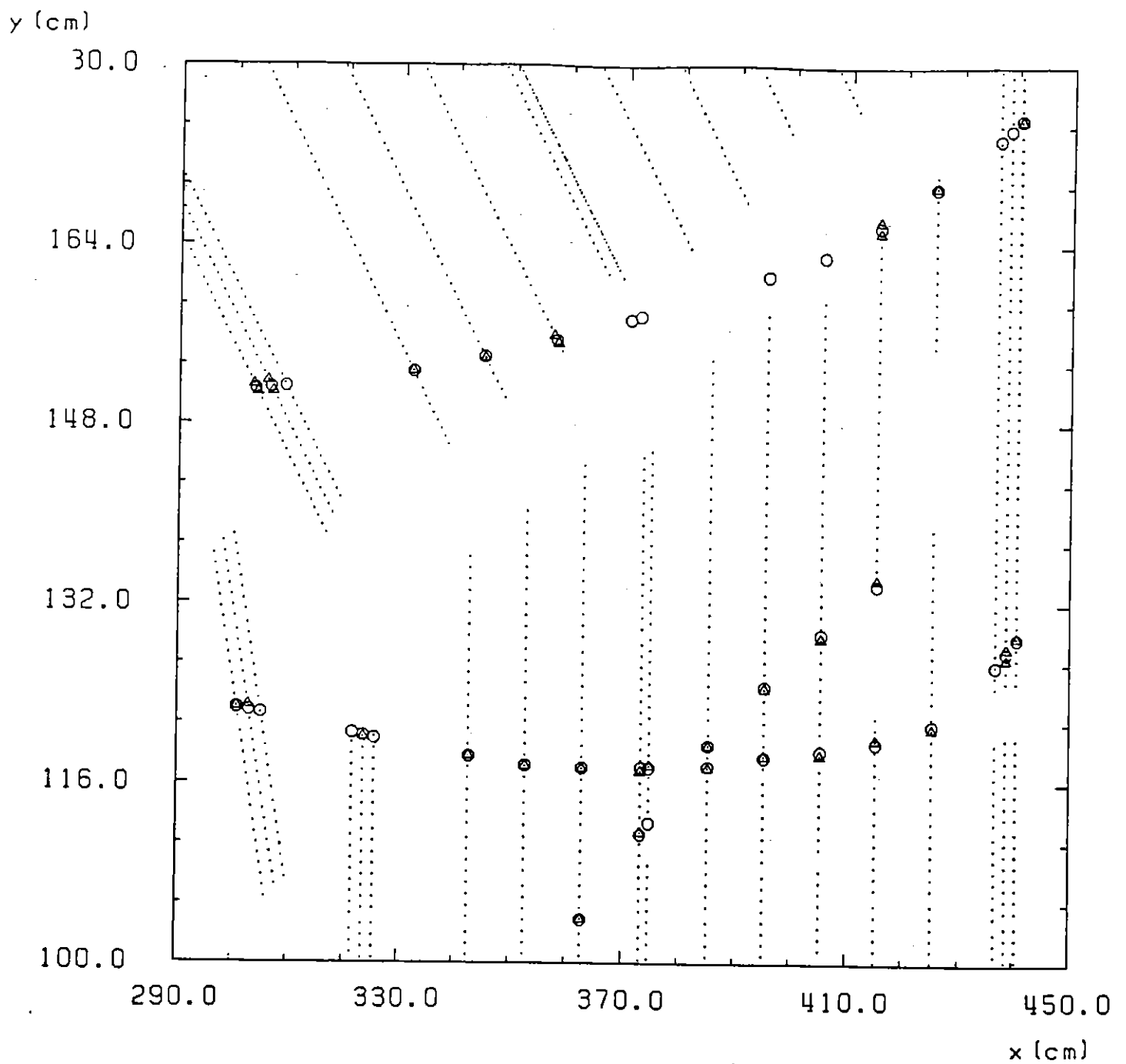


Abbildung 39: Ausschnitt des Jochmantels mit den Spur- und „Digidaten“.
 Hierbei geben die Kreise die Punkte an, welche sich aus dem Schritt der Spurfinding
 ergeben.
 Die Dreiecke geben die tatsächlich gefeuerten Drähte an.

2.5 Test des Programms

Um sicher zu gehen, daß tatsächlich die Streamer an den richtigen Stellen gesetzt wurden, wurde der Abstand der Drähte zum Streamer untersucht. Hierbei wird also das Programmteil "Streamergenerierung" benutzt und am Ende dieses Programmteils der Abstand Streamer-Draht berechnet. Die einzelnen Abstände wurden histogrammisiert (siehe Abb. 40). Da die aktive Fläche des Rohres $9.0 \times 9.0 \text{ mm}^2$ groß

der Streamer

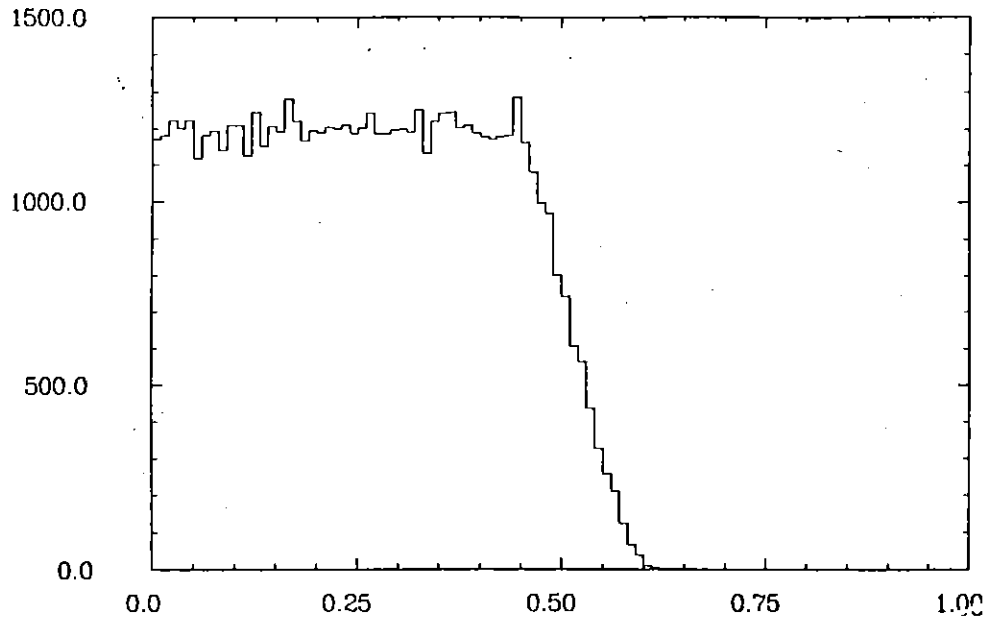


Abbildung 40: Abstand Draht - Streamer Abstand(cm)

ist, folgt daß der maximale Abstand, Streamer - Draht $\sqrt{2} \times 4.5 \text{ mm} \approx 6.4 \text{ mm}$ sein darf. (hier ist zu beachten, daß nur die halbe aktive Rohrbreite in die Abstandsrechnung eingeht.) Wie in dem Histogramm ersichtlich ist dies erfüllt. Auch sieht man, daß die Anzahl für die Abstände bis 4.5 mm ungefähr gleich groß ist, welches man auch erwartet, da die Streamerrohrkammern ein Rechteckprofil besitzen.

3 Die geometrische Akzeptanz des STS für durchdringende Teilchen, die vom Wechselwirkungspunkt ausgehen

Von Interesse ist die geometrische Akzeptanz des Detektors bzw. in diesem Fall die des STS. Aus diesem Grund wurde ein Monte-Carlo Programm erstellt, welches die Nachweiswahrscheinlichkeit des STS untersucht. Hierbei handelt es sich um eine Untersuchung ob ein Teilchen von einer Lage registriert werden kann und wieviele Lagen dieses Teilchen registrieren.

In diese Untersuchung sind die meisten Gedanken vom vorherigen Kapitel eingeflossen. Insbesondere was die Lösung zur geometrische Problemstellung betrifft. Allerdings war ein privates Verfahren zur Spurfindung des Teilchens für die Akzeptanzuntersuchungen notwendig, da der erste Schritt im H1-Simulationsprogramm (Spurfindung und Wechselwirkungen der Teilchen mittels GEANT) zu viel Rechenzeit benötigte, um eine ausreichende Anzahl von Teilchen für eine aussagekräftige Statistik zu untersuchen .

3.1 Methode zur Untersuchung der geometrischen Akzeptanz

3.1.1 Was wurde berücksichtigt?

Um eine vollständige Aussage zu machen, wie groß die geometrische Akzeptanz des STS ist, müssen natürlich sämtliche inaktive Bereiche des Detektors berücksichtigt werden. Dies sind:

- Eisenstege, welche die verschiedenen Halbkontanten des Eisens abschließen bzw. verbinden.
- Aussparungen für die verschiedenen Zuführungsleitungen.
- Dummies. Dies sind nicht instrumentierte Orte in den einzelnen Lagen, welche sich dadurch ergeben, daß der zur Verfügung stehende Platz in den einzelnen Lagen nicht immer ein Vielfaches der Elementbreite ist (siehe Abb. 41).
- die einzelnen Wände der Rohre und Elemente.

All diese inaktiven Zonen sind in den jeweiligen BOS-Bänken berücksichtigt. Dies ist in Abb. 20-26 gut zu erkennen, insbesondere für den Jochmantel ($-0.7 < \cos \vartheta < 0.8$), wo sich die Eisenstege als breite weiße Linien zwischen den relativ großen schwarzen Rechtecken, die die einzelnen Module darstellen, bemerkbar machen. Die dünneren weißen Linien innerhalb der Rechtecke stellen die Dummies dar.

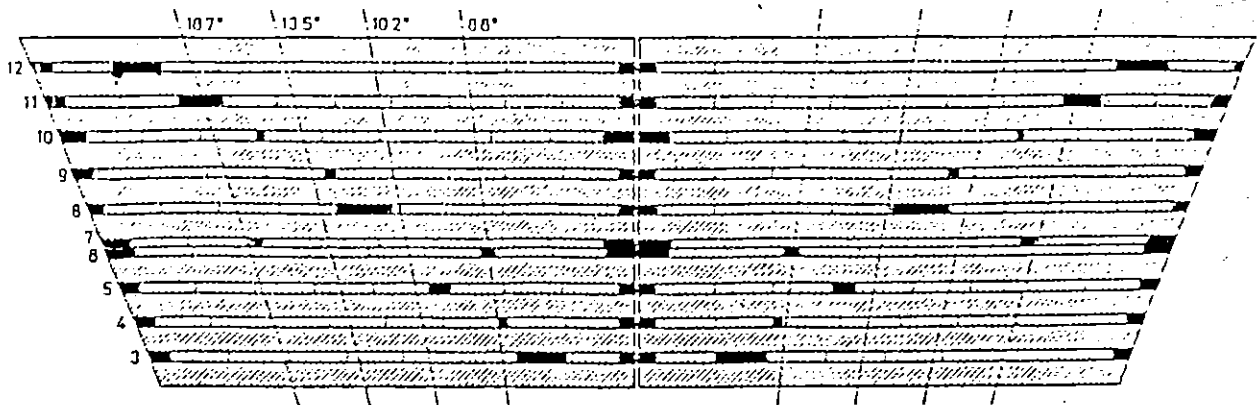


Abbildung 41: Die Verteilung der Dummys (geschwärzt) in den verschiedenen Lagen des Eisenjochs

3.1.2 Teilchengenerierung

Die geometrische Akzeptanz wurde bestimmt, indem ca. 60000 Teilchen generiert wurden, welche geradlinig durch den Detektor gingen. Diese Teilchen entsprechen Myonen mit einem Impuls von $p = \infty$. Daher erfahren diese Myonen weder durch die Vielfachstreuung noch durch das Magnetfeld eine Ablenkung. Die Myonen wurden mit Hilfe eines Zufallsgenerators gleichverteilt über den Raumwinkel generiert. Mit (4 und (5 ergibt sich eine homogene Verteilung innerhalb eines Quadrates mit der Seitenlänge 2π .

$$\varphi = 2\pi \times rn(\text{Zufall}) \quad (4)$$

$$\cos \vartheta = 2\pi \times rn(\text{Zufall}) - 1 \quad ; \quad \cos \vartheta = x \quad (5)$$

Da $\cos \vartheta$ nur von -1 bis $+1$ läuft, dürfen nur alle Punkte $P(x, \varphi)$ mit $x \leq 1$ untersucht werden.

3.1.3 Bestimmung der Spur durch den Detektor

Wie eingangs erwähnt, konnte eine sinnvolle Anzahl von Teilchen nur dadurch simuliert werden, indem ein anderes Verfahren als GEANT genommen wurde. Da die Myonen weder eine Ablenkung durch Vielfachstreuung noch durch das Magnetfeld erfahren, können die Spuren der Myonen mittels Geraden durch den Detektor simuliert werden. Da mit den Winkel φ und ϑ die Richtung der Myonen eindeutig bestimmt ist, folgt, daß die Geradengleichung für die Spuren damit eindeutig gegeben ist.

Das Problem der Spurbestimmung innerhalb des Detektors reduziert sich somit auf ein rein geometrisches Problem, dessen Lösung in den nächsten Abschnitten skizziert wird.

Als erstes muß das zugehörige Modul gefunden werden. Hier wird wieder das gleiche Prinzip verwendet wie im vorherigen Kapitel (siehe Streamergenerierung). Innerhalb des Modules wird das Teilchen dann von einer Lage in die nächste geführt, wobei jedesmal eine Abfragung erfolgt, ob der Ort in der Lage noch zum Modul gehört oder nicht. Innerhalb der Lage wird untersucht ob ein Streamer durch die Spur erzeugt werden kann oder nicht.

3.1.4 Ansprechen der Drähte

Zuerst etwas zur Namenskonvention:

- Eine Lage registriert ein Teilchen genau dann, wenn mindestens ein Draht in der Lage getroffen wurde.
- Ein Draht wird als getroffen bezeichnet, wenn das Teilchen die aktive Querschnittsfläche des zugehörigen Rohres durchläuft. Für die geometrische Akzeptanzuntersuchung ist es unerheblich, wie lang die Spur innerhalb der aktiven Zone ist.

Mittels der Spurdaten kann eine Abfragung erfolgen (genau wie bei der Streamergenerierung), ob ein Teil des aktiven Raumes innerhalb einer Lage durchquert wird oder nicht.

3.2 Ergebnisse

Vorab einige Bemerkungen zu den aufgeführten Ergebnissen:

- (a) Die folgenden Ergebnisse insbesondere die auftauchenden Zahlenwerte beziehen sich auf den Status der Instrumentierung vom 1.1.1989 [8].
- (b) Somit ist nicht gesagt, ob die Zahlenwerte absolute Gültigkeit für den nachher fertig instrumentierten Detektor besitzen. Doch sollten sich die Werte nicht gravierend verändern, d.h. die angegebenen Prozentwerte können noch um 2% schwanken.
- (c) Das Programm welches die Akzeptanz untersucht, ist, genau wie die Digitalisierung des STS auch, nicht von der Geometrie des Detektors abhängig. Es ist also leicht möglich diese Untersuchungen mit verschiedenen Geometrien auszuführen.
- (d) Bem.: Aufgrund dieser Rechnungen werden nun Untersuchungen angestellt, welche die Instrumentierung des STS zu optimieren versuchen.

3.2.1 Akzeptanz der einzelnen Lagen

In der Tab. 1 sind die einzelnen Akzeptanzen der 14 Lagen³ aufgeführt. Zusammenfassend über diese Auflistung läßt sich sagen:

³zur Erinnerung: 14 der 16 Lagen werden zur Drahtauslese verwertet.

Nr. der Lage	Akzeptanz der Lage (%)	zugehöriger Fehler (%)
0	55.03	0.21
1	54.83	0.21
2	keine Drahtauslese	—
3	73.41	0.18
4	77.85	0.17
5	76.56	0.18
6	73.60	0.18
7	73.50	0.18
8	70.51	0.19
9	73.62	0.18
10	72.13	0.19
11	69.44	0.19
12	68.00	0.19
13	keine Drahtauslese	—
14	70.07	0.19
15	69.82	0.19

Tabelle 1: Akzeptanz der einzelnen Lagen

1. Die innere Myonlage hat eine Akzeptanz von knapp 55%. Dies braucht einen nicht zu verwundern, da doch in dieser Lage die Rückwärtsendkappe nicht zur Instrumentierung vorgesehen ist. Dies ist auch in den "Drahtkarten" deutlich zu erkennen (siehe Abb. 20-22), da hier keine schwarze Flächen zu sehen sind. (Die Rückwärtsendkappe entspricht $\cos \vartheta \simeq -1$).
2. Die mittleren Myonlagen und die Lagen des instrumentierten Eisens haben eine Akzeptanz von 68%-78%. Die Schwankungen sind leicht zu erklären:
 - Der Platz innerhalb der einzelnen Lagen kann durch die Elemente verschieden gut ausgenutzt werden, d.h. die Dummys sind unterschiedlich groß (siehe Abb. 41).
 - Der "Überlapp" der Elemente ist bei den kleineren Lagennummern größer, bedingt durch den Raumwinkel (siehe Abb. 42-43).
3. Die äußeren Myonlagen schließlich besitzen eine Nachweiswahrscheinlich von gut 70%.

So kann man festhalten, daß jede der einzelnen Lagen eine Nachweiswahrscheinlichkeit von ca. 70% besitzen (mit Ausnahme der inneren Myonlagen). Interessant ist natürlich das Zusammenspiel der einzelnen Lagen. Da die einzelnen Lagen (aufgrund ihrer unterschiedlicher Entfernung vom Wechselwirkungspunkt) in verschiedenen ϑ - φ -Bereichen ineffizient sind, ist ein „Oder“ über mehrere Lagen wesentlich effizienter als die einzelne Lage.

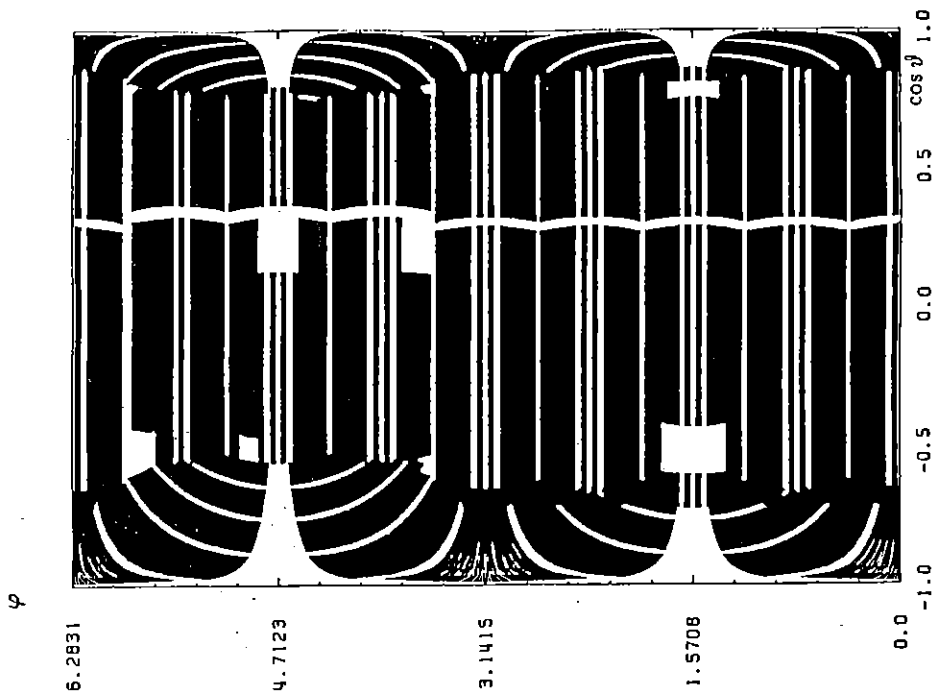


Abbildung 42: Drahtkarte für die dritte Lage

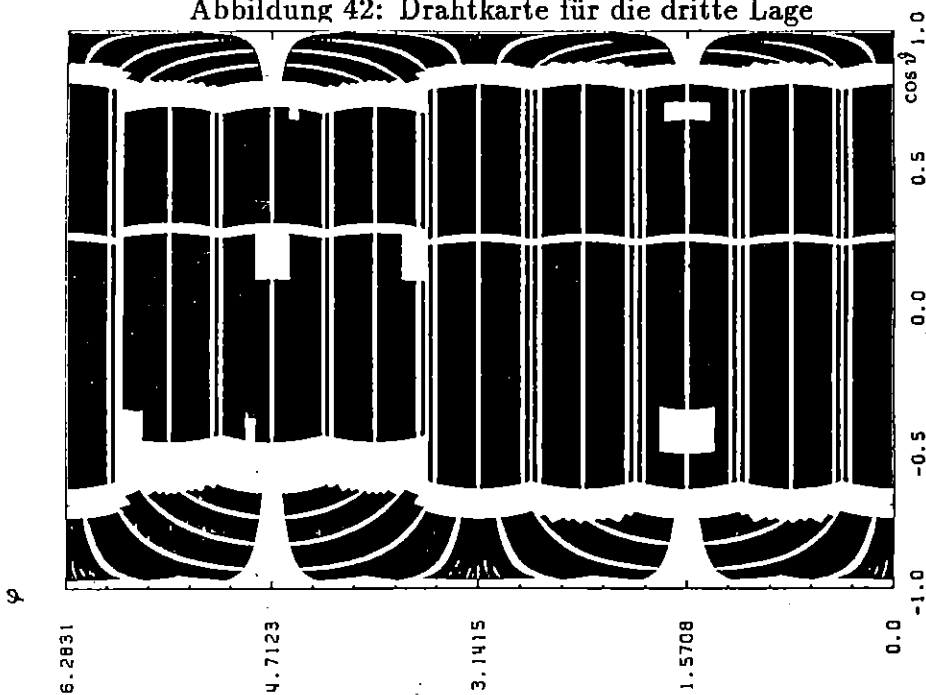


Abbildung 43: Drahtkarte für die zwölfte Lage

3.2.2 Anzahl der getroffenen Lagen

Hier erfolgt eine Untersuchung der Nachweiswahrscheinlichkeit für die Anzahl der "gesehenen" Lagen pro Teilchen. Zuerst wird keine Unterscheidung zwischen den Myonlagen und den instrumentierten Lagen gemacht.

In der Tab. 2 sind die einzelnen Werte zusammengetragen. Eine graphische Darstellung findet sich in der Abb. 44 wieder.

Bemerkung: Die Werte geben die Mindestanzahl der Lagen an, welche das Teilchen registriert haben. Damit ist einsichtig, daß alle Teilchen, also 100% der Teilchen,

# oder mehr gesehene Lagen	Anzahl der Teilchen (%)	Fehler (%)
0	100.00	0.00
1	94.03	0.01
2	93.32	0.01
3	90.73	0.01
4	88.88	0.01
5	86.06	0.01
6	84.20	0.02
7	81.99	0.02
8	79.43	0.02
9	75.47	0.02
10	68.78	0.02
11	59.12	0.02
12	45.15	0.02
13	28.56	0.02
14	12.60	0.01
15	2.07	0.01
16	0.94	0.00

efficiency % Tabelle 2: Anzahl der getroffenen Lagen pro Teilchen

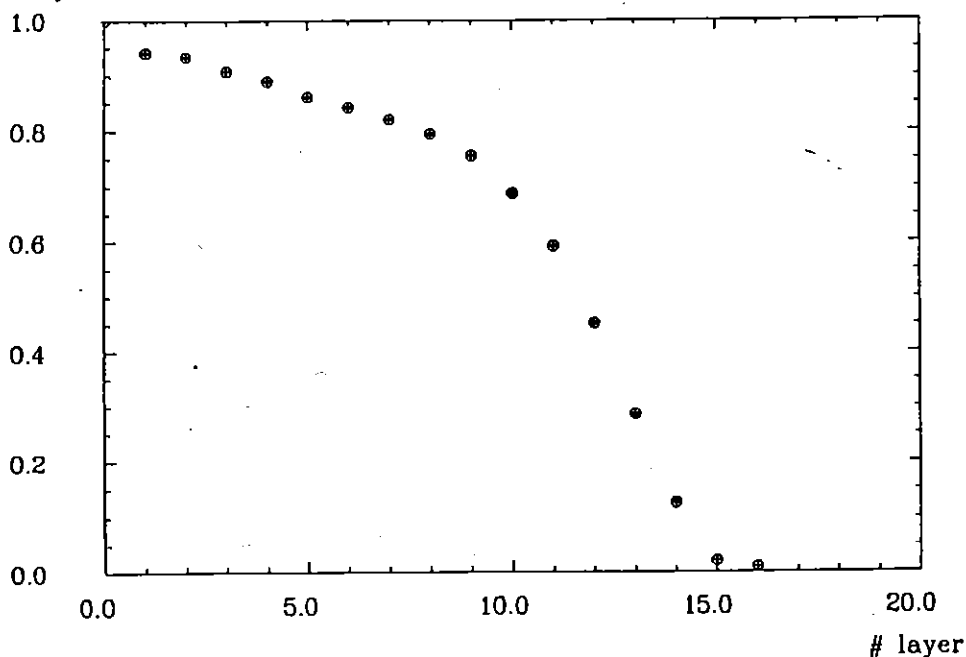


Abbildung 44: Anzahl der getroffenen Lagen pro Teilchen

erfaßt sind, in der Sparte ' 0 oder mehr gesehene Lagen '. Wie zu sehen ist, ist die Nachweiswahrscheinlichkeit der Teilchen relativ gut. Werden doch fast 90% der Teilchen von mindestens vier Lagen registriert und immerhin 3/4 der simulierten Myonen von 9 oder mehr Lagen gesehen. Daß es Teilchen gibt, die von mehr als 14 Lagen gesehen wurden, obwohl nur diese Anzahl von Lagen zur Auslese verwendet

wird, hängt damit zusammen, daß die Lagen sich teilweise überlappen. Zu erkennen ist dies in den Drahtkarten (Abb. 42-43) und beim Querschnitt des Detektors (Abb. 5).

beam
 $10.0 \cdot 10^3$

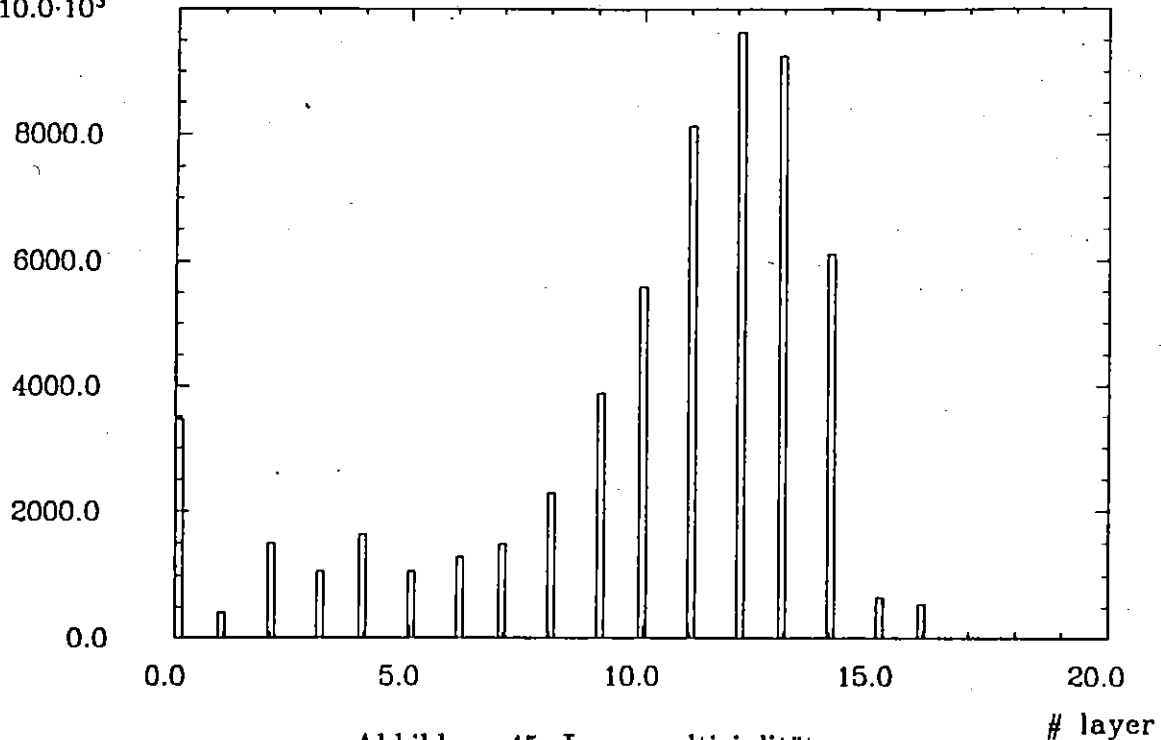


Abbildung 45: Lagenmultiziplität

Die Lagenmultiplizität gibt die wahre Anzahl der gesehenen Lagen pro Teilchen an. Diese ist in Abb. 45 graphisch dargestellt. Hier sind zwei Schlüsse zu ziehen:

1. Der häufigste Wert liegt bei 12 Lagen, d.h. daß der Großteil der simulierten Teilchen 11-13 Lagen gesehen haben. Dies bedeutet, daß die meisten Teilchen sehr gut vom STS erfaßt werden.
2. Knapp 5% der Teilchen konnten nicht registriert werden. Von physikalischem Interesse sind die Orte, an welchen das STS "blind" ist. In der Abb. 46 sind diese Orte in Polarkoordinaten dargestellt. Hierbei stellt jeder Punkt ein simuliertes Teilchen mit seinen Polarkoordinaten dar. Evident ist, daß vor allem der untere Teil des Detektors eine relativ große Zone der Nichtnachweisbarkeit besitzt. (Der untere Teil des Detektors erscheint in den Abbildungen in Polarkoordinaten immer oben.)

Solange diese Orte sich nicht über ein konstantes $\cos \vartheta$ erstrecken oder nicht überhand nehmen, sollten die Signaturen von bestimmten Ereignissen trotzdem zu erkennen sein, da die physikalischen Ereignisse symmetrisch in φ sein sollten. Ein Überhandnehmen der ineffizienten Orte ist nicht der Fall, da wir nur in insgesamt 5% des Raumwinkels "blind" sind. Der Wunsch nach einem 4π Detektor ist hier fast realisiert.

6.2831

4.7123

3.1415

1.5708

0.0

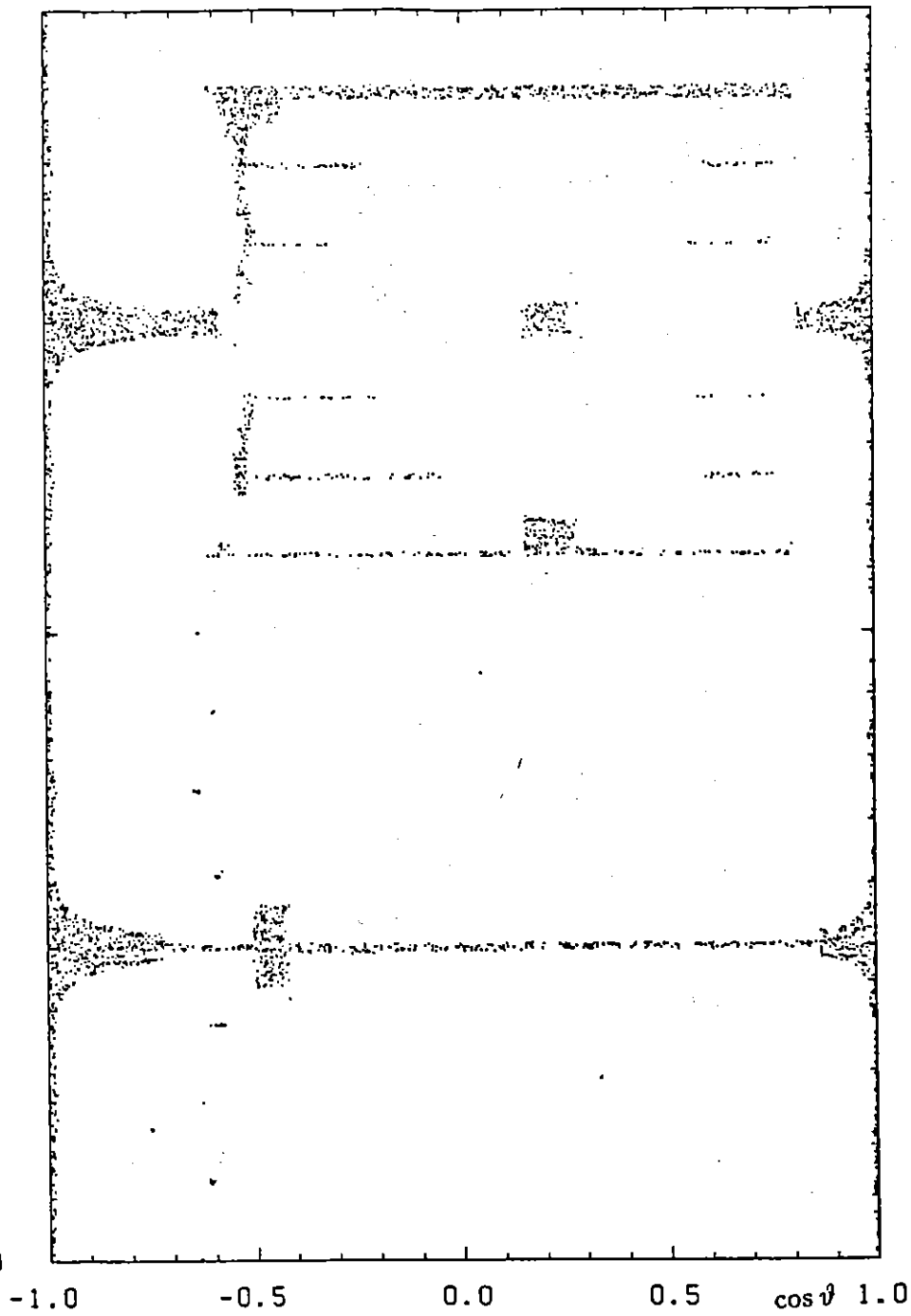


Abbildung 46: Bereich des Raumwinkels, in dem die Teilchen nicht nachgewiesen werden können.

3.2.3 getrennte Betrachtung der Myonlagen und der instrumentierten Lagen

Diese Betrachtung ist sinnvoll, da in den Myonlagen die Streifen angebracht sind und somit nur in diesen die dritte Ortskoordinate zu messen ist. Die nun anstehende Betrachtung ist also zugleich eine Untersuchung über die Möglichkeit, die Spuren von Myonen im STS rekonstruieren zu können. Weiterhin besteht eine Myonlage immer aus einer Doppellage, wobei diese um eine halbe Rohrbreite untereinander verschoben sind. Damit ergibt sich eine nahezu 100%ige Nachweiswahrscheinlichkeit in den Myonlagen.

Mit dieser getrennten Betrachtung werden also die 14 zur Drahtauslese verwendeten Lagen in drei Myonlagen und acht Instrumentierungslagen unterteilt. Die geometrische Akzeptanz ist in der Tab. 3 für die unterschiedlichen Möglichkeiten aufgeführt und in der Abb. 47 graphisch wiedergegeben. Hierbei wurden folgende Kriterien untersucht:

1. Teilchen, welche nicht unbedingt eine Myonlage gesehen haben. (Kreise)
2. Teilchen, die mindestens eine Myonlage gesehen haben. (Quadrate)
3. Teilchen, die mindesten zwei Myonlagen gesehen haben. (Rauten)
4. Teilchen, die alle Myonlagen gesehen haben. (Dreiecke)

# der Instr.-lagen	0 oder mehr Myonlagen	1 oder mehr Myonlagen	2 oder mehr Myonlagen	3 Myonlagen
0	100.0	91.95	77.47	39.61
1	88.63	86.55	74.44	39.61
2	87.39	85.71	74.10	39.60
3	85.72	84.50	73.52	39.52
4	82.40	81.77	72.08	39.19
5	78.77	78.40	69.85	38.60
6	73.65	73.44	66.09	37.38
7	61.05	60.90	55.25	32.13
8	27.40	27.38	25.02	14.43
9	0.001	0.001	0.001	0.000

Tabelle 3: Die Akzeptanz des STS bei getrennter Betrachtung von Myonlagen und Instrumentierungslagen

Aufgetragen ist in der Abb. 47 die geom. Akzeptanz gegen die Anzahl von zusätzlich gesehenen Instrumentierungslagen. Aus dieser Abbildung entnimmt man folgendes:

1. Der Verlauf aller vier Funktionen ist der gleiche, was das Aussehen angeht. Alle sind ziemlich konstant bis zusätzlich sechs Instrumentierungslagen.

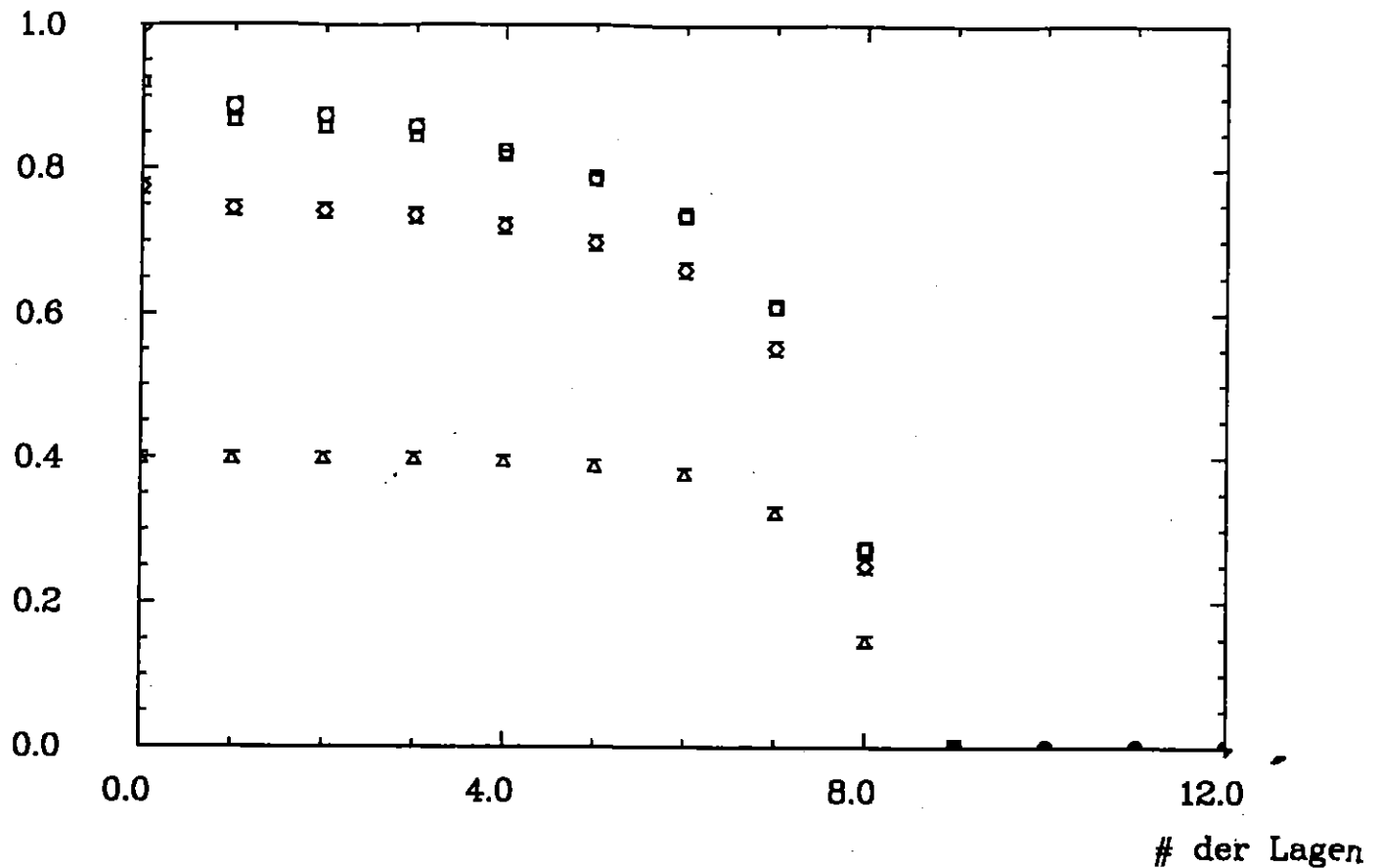


Abbildung 47: Nachweiswahrscheinlichkeit der Teilchen in Bezug auf die Myonlagen,
 0 oder mehr Myonlagen = Kreise
 1 oder mehr Myonlagen = Quadrate
 2 oder mehr Myonlagen = Rauten
 3 Myonlagen = Dreiecke

2. Zwischen 1 und 2 besteht auch betraglich kaum ein Unterschied. Dies ist ein-
 sichtig, wenn man sich die Positionen der Myonlagen anschaut (siehe Abb. 20,
 42 und 43). Dort wo sich Instrumentierungslagen befinden, befinden sich in der
 Regel auch die Myonlagen. Die Nachweiswahrscheinlichkeit beträgt ca. 85%.
 Wenn man als Minimalforderung zur Myonidentifikation mindestens eine
 Myonlage plus zusätzlich 2 Instrumentierungslagen fordert, so bedeutet dies,
 daß man für 85% des Raumwinkels ein Myon identifizieren kann. Der Ort in
 dem dies gilt, ist in der Abb. 48 zu sehen.
3. Für 73% des Raumwinkels werden die Teilchen von mindestens zwei Myonlagen
 und zusätzlichen vier Instrumentierungslagen erfaßt. Wenn für die Rekonstruk-
 tion dieses Kriterium erforderlich ist, so ist der H1-Detektor in der Lage für
 diesen Bereich die Myonen auch zu rekonstruieren. Der Ort für den dies gilt
 ist in Abb. 49 zu sehen.
4. Die "geringe" Nachweiswahrscheinlichkeit für Teilchen, die alle drei Myonlagen
 sehen, ist wiederum damit zu erklären, daß die innere Myonlage nicht in der
 Rückwärtsendkappe instrumentiert ist.

φ

6.2831

4.7123

3.1415

1.5708

0.0

-1.0

-0.5

0.0

0.5

1.0

$\cos \vartheta$

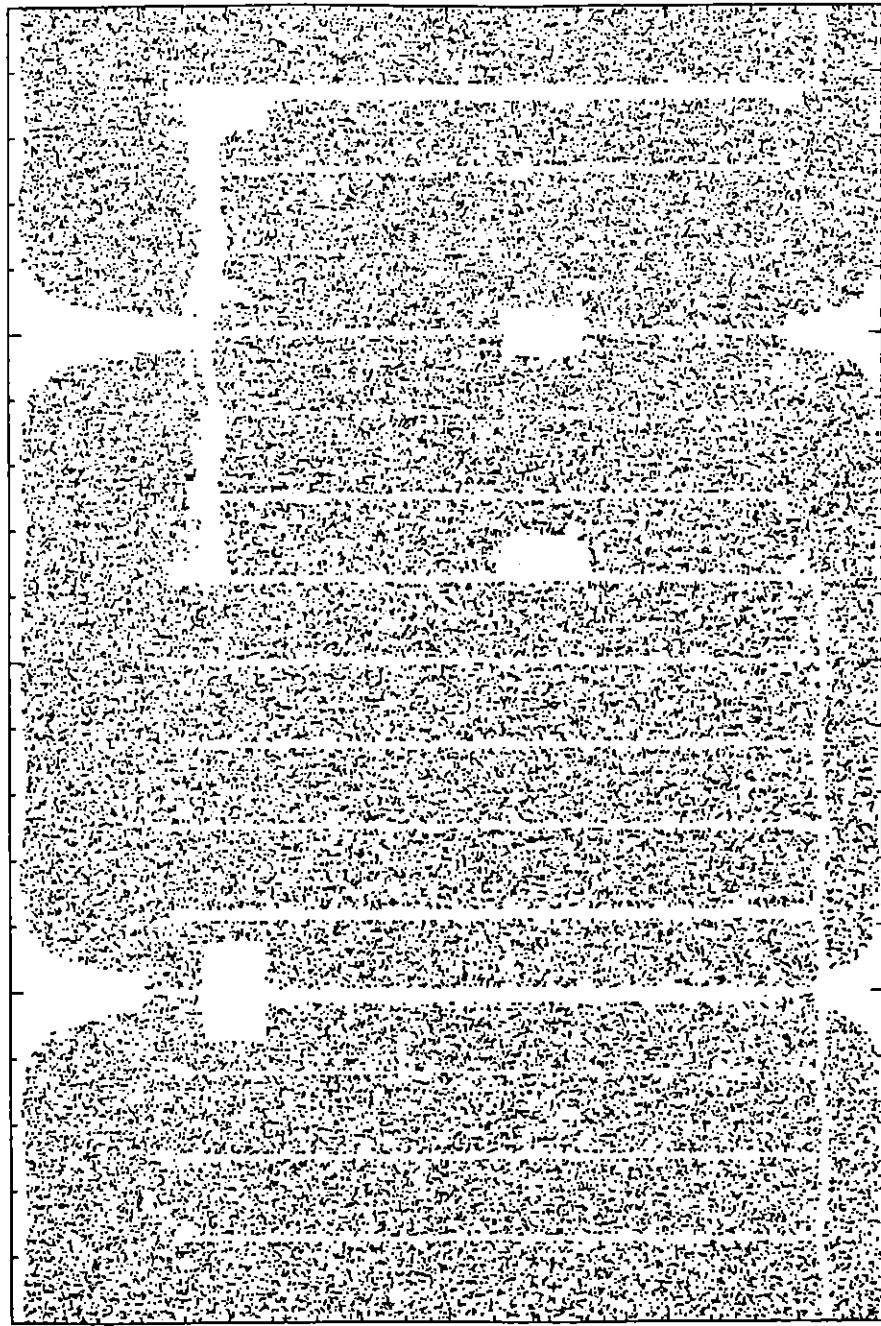


Abbildung 48: Ort, wo eine Myonidentifikation möglich ist

φ

6.2831

4.7123

3.1415

1.5708

0.0

-1.0

-0.5

0.0

0.5

1.0

$\cos \vartheta$

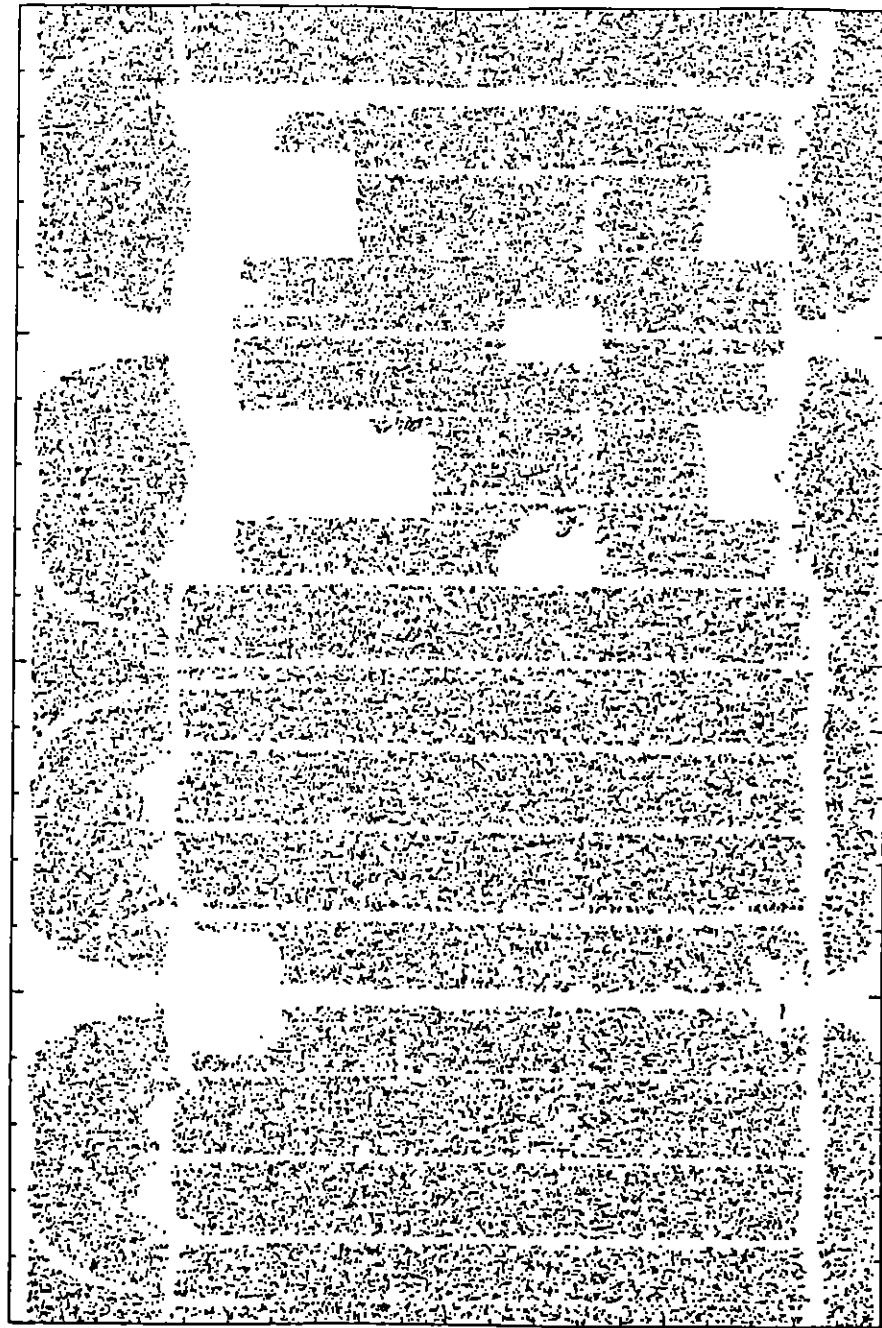


Abbildung 49: Ort, wo eine Rekonstruktion möglich sein sollte

4 Zusammenfassung

Die Simulation von Myonen im STS (= Streamerrohrkammersystem) wurde folgendermaßen durchgeführt:

Im ersten Schritt wurden mittels dem Programmpaket GEANT Spuren durch den H1-Detektor verlegt. Im zweiten Schritt des H1-Simulationsprogramm wurden für das STS die Spuren daraufhin untersucht, ob Streamer in den neu für H1 entwickelten Streamerrohrkammern erzeugt werden oder nicht. Die erzeugten Streamer dienen als Ausgangspunkt für die Simulation der Auslese von Drähte, Streifen oder Türme. Hierzu wurde ein idealer Detektor angenommen, d.h. daß Signalverschmierungen durch Untergrund, Übersprechen u.s.w. noch nicht berücksichtigt wurden. Die Berücksichtigung von diesen Effekten in der Simulation kann aber bei Kenntnis von experimentellen Daten leicht vorgenommen werden.

Während für die Auslese ein idealer Detektor angenommen wurde, wurde für die Streamergenerierung die volle Geometrie berücksichtigt. Dies bedeutet, daß sämtliche inaktive Bereiche des STS (Eisenstege, Aussparungen für Zuführungsleitungen, Dummies und die Wände der Streamerrohrkammern) bekannt waren und somit auch in die Simulation eingegangen sind.

Für die Speicherung der geometrischen Daten, den Drähten, Streifen und Türmen, konnte mittels einer geeigneten Bankstruktur der Speicherplatz um einen Faktor 70 gesenkt werden. Diese Bankstrukturen sind extrem Programmfreundlich, und garantieren eine volle Unabhängigkeit von der Geometrie.

Das beschriebene Simulationsprogramm für das STS findet seine Anwendung einmal im

H1-Simulationsprogramm und einmal in der

Untersuchung zur geometrischen Akzeptanz desselben. Hierzu wurde im Gegensatz zum H1-Simulationsprogramm GEANT nicht verwendet, sondern eine private Spurfindung im Detektor erzeugt. Damit war gewährleistet, daß die Simulation von Myonen schnell genug war, um mit der zur Verfügung stehenden CPU-Zeit eine ausreichende Statistik zu erhalten. Diese Untersuchung diente vor allem

- der Abschätzung über die Akzeptanz des STS für Myonen. Diese ist stark abhängig von den Bedingungen, die für die Rekonstruktion gestellt werden. Verlangt man z.B. hierfür mindestens eine Myonlage und zusätzlich mindestens zwei Instrumentierungslagen, so ergibt sich als geometrische Akzeptanz (für eine geradlinige vom Wechselwirkungspunkt ausgehende Spur) ein Wert von 86%.
- der Optimierung des Design des gesamten STS im Hinblick auf große Akzeptanz.

Für den zweiten Punkt gilt noch, daß momentan eine Änderung im Design der Endkappenbereiche vorgenommen wird, welche die Akzeptanz in diesem Bereich erheblich vergrößern soll.

A Geometrie Bänke

A.1 Aufbau der Bänke für die Streifen

IGSY = Iron Geometry of Stripes in the Yoke

Header

- Länge des Headers = Anzahl der Datenwörter im Header
- Anzahl der Module (= 64)
- Datum

Block Module

- Header
 - Länge des Block Module = Anzahl der Datenwörter im Block Modul
 - Länge des Headers (= 2)
 - Anzahl der Module (= 64)
 - Anzahl der Wörter zur Beschreibung eines Modules (= 4)
- 0. tes Module
 - Nummer des Module
 - Pointer in den Block Layer
 - Anzahl der Lagen im Module (= 1)
 - Nummer des lokalen Koordinatensystems
- ...
- 63. tes Module
 - ...

Block Layer

- Header
 - Länge des Block Layer
 - Länge des Headers (= 1)
 - Anzahl der Modultypen (= m+1)
- subblock 0. ter Modultype
 - Header
 - * Länge des 0. ten Modultypes
 - * Länge des Headers (= 2)
 - * Anzahl der Lagen
 - * Anzahl der Wörter zur Beschreibung der einzelnen Lage
 - 0. te Lage
 - * Nummer der Lage
 - * Pointer in den Block Element
 - * Anzahl der Streifen in der Lage
 - * w-Koordinate für die erste Lage
 - * w-Koordinate für die zweite Lage
 - ...
 - n. te Lage
- subblock m. ter Modultype
 - ...

Block Element

- Header
 - Länge des Block Elements
 - Länge des Headers (= 3)

- Anzahl der Modultypen (= $m+1$)
- Breite eines Streifens (= 1.7 cm)
- Abstand zwischen zwei Streifen (= 0.3 cm)
- subblock 0. ter Modultype
 - Header
 - * Länge des subblocks 0. ter Modultype
 - * Länge des Headers (= 0)
 - subsubblock 0. te Lage
 - * header
 - Länge des subsubblocks 0. te Lage
 - Länge des Headers (= 2)
 - Anzahl der Streifen
 - Anzahl der Wörter zur Beschreibung des einzelnen Streifens (= 7)
 - * 0. ter Streifen
 - Nummer des Streifens
 - Anzahl der direkt folgenden Streifen (= e)
 - Änderung der u-Startkoordinate
 - Änderung der u-Endkoordinate
 - u-Startkoordinate
 - u-Endkoordinate
 - v-Koordinate
 - ...
 - * s. ter Streifen
 - ...
 - subsubblock n. Lage
- subblock n. ter Modultype
- ...

A.2 Aufbau der Bank für die Türme

IGTY = Iron Geometry of Towers in the Yoke

Header

- Länge des Headers = Anzahl der Datenwörter im Header
- Anzahl der Module (= 64)
- Datum

Block Module

- Header
 - Länge des Block Module = Anzahl der Datenwörter im Block Modul
 - Länge des Headers (= 2)
 - Anzahl der Module (= 64)
 - Anzahl der Wörter zur Beschreibung eines Modules (= 2)
- 0. tes Module
 - Nummer des Module
 - Pointer in den Block Tower
 - ...
- 63. tes Module
- ...

Block Tower

- Header

- Länge des Block Tower
- Länge des Headers (= 1)
- Anzahl der Modultypen (= m+1)
- subblock 0. ter Modultype
 - o - Header
 - * Länge des 0. ten Modultypes
 - * Länge des Headers (= 2)
 - * Anzahl der Türme
 - * Anzahl der Wörter zur Beschreibung eines Turmes (= 4)
 - 0. ter Turm
 - * Nummer des Turmes
 - * Pointer in den Block Layer
 - * Anzahl der Türme in Richtung der u-Koordinate
 - * Anzahl der Türme in Richtung der v-Koordinate
 - ...
 - n. ter Turm
- subblock m. ter Modultype
- ...

Block Layer

- Header
 - Länge des Block Layer
 - Länge des Headers (= 1)
 - Anzahl der Türme (= 2)
- subblock 0. ter Turm
 - Header
 - * Länge des subblocks 0. ten Turmes
 - * Länge des Headers (= 1)
 - * Anzahl der Modultypen
 - subsubblock 0. ter Modultype
 - * header
 - Länge des subsubblocks 0. ten Modultypes
 - Länge des Headers (= 2)
 - Anzahl der Turmtypen
 - Abstand zwischen zwei Türme (= Abstand zwischen den Pads)
 - * 0. ter Turmtype
 - Header
 - Länge des 0. ten Turmtypes
 - Länge des Headers
 - Anzahl der Lagen, welche zur Turmbildung beitragen
 - Anzahl der beschriebenen Lagen
 - Länge zur Beschreibung einer Lage
 - Beschreibung der Pads in einer Lage
 - Nummer der Lage
 - Ausdehnung in u-Richtung
 - Ausdehnung in v-Richtung
 - u-Koordinate
 - v-Koordinate
 - Nummer des lokalen Koordinatensystems
 - ...
 - Beschreibung der Pads in der letzten Lage
 - ...
 - * n. ter Turmtype ...
 - Subsubblock m. ter Modultype
 - ...
- Subblock 1. ter Turm
- ...

A.3 Aufbau der Bank für die lokalen Koordinatensysteme

IGTR = Iron Geometry of TRansformation

Header

- Länge des Headers = Anzahl der Datenwörter im Header (= 2)
- Anzahl der lokalen Koordinatensysteme (= s)
- Datum

1. tes Koordinatensystem

- Länge der Beschreibung (= 9)
- x-Koordinate des Ursprunges vom lokalen Koordinatensystem
- y-Koordinate des Ursprunges vom lokalen Koordinatensystem
- z-Koordinate des Ursprunges vom lokalen Koordinatensystem
- Winkel ϑ der u-Achse
- Winkel φ der u-Achse
- Winkel ϑ der v-Achse
- Winkel φ der v-Achse
- Winkel ϑ der w-Achse
- Winkel φ der w-Achse

...

s. tes Koordinatensystem

...

A.4 Aufbau der Bank für die Transformationsmatritzen

IGTM = Iron Geometry of TransformationMatrix

Die Bank IGTR enthält den Ortsvektor zum Ursprung des lokalen Koordinatensystems und die Winkel der Achsen bezüglich des globalen Koordinatensystems. Der allgemeinen Konvention folgend, läßt sich ein Punkt im globalen Koordinatensystem durch

$$\vec{U} = R^{-1} \times (\vec{X} - \vec{P}) \quad \text{mit } \vec{U} \text{ Punkt im lokalen Koordinatensystem}$$

R Transformationsmatrix

\vec{X} Punkt im globalen Koordinatensystem

\vec{P} Ortsvektor zum Ursprung des lokalen Koordinatensystem

in lokale Koordinaten transferieren. Die Bank IGTM gebraucht für die Matrix die Richtungs cosini der lokalen Koordinatenachsen zu den globalen Koordinatenachsen. Die Winkel in Grad stehen in der Bank IGTR. Somit ergibt sich für die Bank IGTM folgendes Aussehen:

Header

- Länge des Headers = Anzahl der Datenwörter im Header (= 2)
- Anzahl der lokalen Koordinatensysteme (= s)
- Datum

1. te Matrix

- Länge der Beschreibung (= 12)
- x-Koordinate des Ursprunges vom lokalen Koordinatensystem
- y-Koordinate des Ursprunges vom lokalen Koordinatensystem
- z-Koordinate des Ursprunges vom lokalen Koordinatensystem
- $\cos u_x$
- $\cos u_y$
- $\cos u_z$
- $\cos v_x$
- $\cos v_y$
- $\cos v_z$
- $\cos w_x$
- $\cos w_y$
- $\cos w_z$

...

s. te Matrix

...

wobei Γ_ξ mit $\Gamma = u, v, w$; und $\xi = x, y, z$; den Winkel zwischen der Γ -Achse und der ξ -Achse angibt.

B Bänke zur Ereignisbeschreibung

B.1 Bank mit den Teilchenspuren

Der "Startpunkt der Digitalisierung" ist die BOS-Bank IRHT (= Iron Response in Hit Data per Track).

Diese Bank enthält alle spezifische Daten um eine Spur eines Teilchens zu beschreiben. Aufbau:

Header

- Länge des Headers (= 2)
- Anzahl der gespeicherten Spuren (= N_{Spur})
- Länge der Beschreibung für eine Spur (= 10)

1. te Spur

- Kanalnummer (gibt an, in welchem Module und Lage sich das Teilchen befindet; braucht nicht richtig zu sein)
- x-Koordinate des Eintrittspunktes (Eintritt in die instrumentierte Zone)
- y-Koordinate des Eintrittspunktes
- z-Koordinate des Eintrittspunktes
- x-Koordinate des Austrittspunktes

- y-Koordinate des Austrittspunktes
- z-Koordinate des Austrittspunktes
- Impuls des Teilchens
- Teilchentype, angegeben im Lundcode
- Energieverlust des Teilchens innerhalb der instrumentierten Zone

...

N_{Spur} te Spur

...

B.2 Die intermediären Streamerbänke

Die intermediären BOS-Bänke

IRIT (= Iron Response Intermediate Bank, Track oriented) und

IRIE (= Iron Response Intermediate Bank, Event oriented)

dienen der Speicherung für die Streamer. Der Aufbau der beiden Bänke ist identisch. Sie unterscheiden sich lediglich dadurch, daß die bank IRIT nach jeder untersuchten Spur und IRIE erst nach jedem Ereignis erzeugt wird. Es existieren also genauso viele IRIT-Bänke wie IRHT-Bänke.

Aufbau:

Header

- Länge des Headers (= 2)
- Anzahl der gespeicherten Streamer (= $N_{Streamer}$)
- Länge der Beschreibung für einen Streamer (= 3)

1. ter Streamer

- Drahtadresse
- gefeuerte Streamerzelle im Draht (= v-Koordinate)
- Anzahl wie oft die Streamerzelle getroffen wurde

...

$N_{Streamer}$ te Streamerzelle

...

B.3 Bank der angesprochenen Drähte

In **IRWE** (= Iron Response of Wires, Event oriented) werden die angesprochenen Drähte pro Ereignis gespeichert. Hier der zugehörige Aufbau:

Header

- Länge des Headers (= 2)
- Anzahl der gezündeten Drähte (= $N_{\text{Drähte}}$)
- Länge der Beschreibung für einen Draht (= 1)

1. ter Draht

- Drahtnummer

...

$N_{\text{Drähte}}$ ter Draht

...

B.4 Bank der angesprochenen Streifen

In IRSE (= Iron Response of Stripes, Event oriented) werden die angesprochenen Streifen pro Ereignis gespeichert. Hier der zugehörige Aufbau:

Header

- Länge des Headers (= 2)
- Anzahl der gezündeten Streifen (= N_{Streifen})
- Länge der Beschreibung für einen Streifen (= 1)

1. ter Streifen

- Streifennummer

...

N_{Streifen} ter Streifen

...

B.5 Bank der angesprochenen Türme

In IRTE (= Iron Response of Towers, Event oriented) werden die angesprochenen Türme pro Ereignis gespeichert. Hier der zugehörige Aufbau:

Header

- Länge des Headers (= 2)
- Anzahl der angesprochenen Türme (= $N_{\text{Türme}}$)
- Länge der Beschreibung für einen Turm (= 2)

1. ter Turm

- Turmnummer

• influenzierte Ladung im Turm

...

N_{Tuerme} ter Turm

...

model name : hl_event_simulation date of creation : Tue Nov 29 16:40:45 1988

subtree : 0 keyword : (no key defined)

HL

<p>iron_calibration (primitive dataflow) *calibration constants for iron instrumentation: conversion of analogue to digitized tower signals † dead channels † cross talk † noise*</p> <p>iron_chamber_number (primitive dataflow) *chamber number in instrumented iron. NC = NSUBmodule x 256 + MODULE x 16 + layer *</p> <p>iron_coordinates_of_entry_and_exit_wire (primitive dataflow) *coordinates of the wire(s), which contain the the entry and exit point of a track in the sensitive volume.*</p> <p>iron_digi_bank (subdivisible dataflow) iron_towers_digi_bank † iron_wires_digi_bank † iron_strips_digi_bank</p> <p>iron_digi_bank_trig (subdivisible dataflow) iron_towers_digi_bank † iron_wires_digi_bank</p> <p>iron_digi_steering_parameters (subdivisible dataflow) *steering parameters for iron digitisation *</p> <p>iron_energy_threshold (primitive dataflow) *steering parameter for iron digitisation: minimal energy of a particle to produce a streamer*</p> <p>iron_geom (subdivisible dataflow) *geometry banks of iron instrumentation*</p> <p>iron_materials † iron_media † iron_mixtures_layers † iron_materials_inner_muon_chambers † iron_materials_outer_muon_chambers</p>	<p>† iron_materials_yoke † iron_wire_position † iron_strip_position † iron_tower_position † iron_module_position † iron_transformation_bank † iron_tracking_parameters † iron_volumes_names † iron_plates_media_numbers</p> <p>iron_hits_in_local_coordinates (primitive dataflow) *Coordinates of iron hits in local system, similar to the track element in the iron_hit_track_bank. xyz_entry † xyz_exit † EDEP † particle_type † particle_momentum *</p> <p>iron_hit_coordinate (primitive dataflow) *entry and exit point of a track traversing a sensitive gap in a chamber of the instrumented iron (X † Y † Z)_entry † (X † Y † Z)_exit *</p> <p>iron_hit_towers (subdivisible dataflow) *List of streamers which fired the streamer tube pads of the iron instrumentation *</p> <p>BOS_bank_IRTE</p> <p>iron_hit_track_bank (subdivisible dataflow) *Iron Response Hit Track bank. Hits are recorded for each sensitive layer of the iron instrumentation. Dead regions and chamber walls will be considered during the digitisation step, where also the correct software addresses of towers, strips and wires are calculated. *</p> <p>BOS_bank_IRHT</p> <p>iron_hit_wires (primitive dataflow) *List of wires which fired the streamer tubes or muon</p>	<p>chambers of the iron instrumentation *</p> <p>iron_intersection_points_of_track_and_tube_walls (primitive dataflow) *coordinates of the intersection points of a track and the walls of a hit tube*</p> <p>iron_investigated_strip_position (primitive dataflow) *position of the strip under investigation which is fired by a track, coordinates † channel no.*</p> <p>iron_layer_number (primitive dataflow) *layer_number † module_number in iron instrumentation*</p> <p>iron_list_of_crossed_tubes (primitive dataflow) *A list of tubes which are fired by a track excluding the entry and exit tubes. It means all tubes between the entry and exit tubes. The data contain the tube addresses.*</p> <p>iron_local_coordinates_of_streamer (primitive dataflow) *local coordinates of a streamer u = azimuthal direction vertical to wire v = direction along wire w = radial direction vertical to wire *</p> <p>iron_materials (subdivisible dataflow) *Iron_Geometry_Materials*</p> <p>BOS_bank_dGMA</p> <p>iron_materials_inner_muon_chambers (subdivisible dataflow) *Iron_geometry_materials_inner_muon_chambers*</p> <p>BOS_bank_ICM1</p> <p>iron_materials_outer_muon_chambers (subdivisible dataflow) *Iron_geometry_materials_outer_muon_chambers*</p>
---	--	---

subtree : 0

keyword : (no key defined)

BOS_bank_ICWO

iron_materials_yoke (subdivisible dataflow)

*iron_materials_yoke *

BOS_bank_IGHY

iron_media (subdivisible dataflow)

iron_Geometry_Media

BOS_bank_dGME

iron_minimum_trackinglength (primitive dataflow)

*iron_digitisation parameter:

minimal trackinglength to produce a streamer along a wire*

iron_mixtures_layers (subdivisible dataflow)

iron_geometry average materials/mixtures of layers

BOS_bank_dGHL

iron_module_number (primitive dataflow)

Module number of instrumented Iron, inner muon chamber and outer muon chamber

iron_module_position (primitive dataflow)

*coordinates to describe a module position in the Iron (XYZ for all edge points of a module) *

iron_plates_media_numbers (primitive dataflow)

media no. of Iron plates used in GEANT

iron_streamer_bank (subdivisible dataflow)

intermediate bank of streamers produced from the iron hit track bank. There is one streamer bank per event.

BOS_bank_IRIE

iron_streamer_cell_size (primitive dataflow)

*iron_digitisation parameter:

size of dead region produced by a streamer along wires*

iron_strips_digi_bank (subdivisible dataflow)

digitized strip signal in the instrumented iron

BOS_bank_IRSE

iron_strip_position (subdivisible dataflow)

position of strips of the Iron muon chambers

BOS_bank_ICSY

+ BOS_bank_ICSI

+ BOS_bank_ICSO

iron_towers_digi_bank (subdivisible dataflow)

digitized tower signal in the instrumented iron

BOS_bank_IRTE

iron_tower_position (subdivisible dataflow)

*position of towers in the streamer tube system of the Iron Instrumentation *

BOS_bank_IGTY

iron_tracking_parameters (subdivisible dataflow)

GEANT track parameters for tracking in iron

iron_track_straightline_equation (primitive dataflow)

*Mathematical equation of a straight line for a track.

The data consist of a space point and the direction of the line in 3 dimensions.*

iron_transformation_bank (subdivisible dataflow)

*transformation of global HI to local coordinates in the Iron Instrumentation *

BOS_bank_IGTR

iron_transformation_matrix (subdivisible dataflow)

*transformation matrix from global HI to local coordinate

system of the iron_instrumentation*

BOS_bank_IGTN

iron_tubes_plane_equation (primitive dataflow)

Equation of a plane of a tube wall given by a space point and a vector normal to the plane.

iron_volumes_names (primitive dataflow)

volume names of iron used in the GEANT geometry

iron_wires_digi_bank (subdivisible dataflow)

digitized wire signals in the instrumented iron

BOS_bank_IRWE

iron_wire_position (subdivisible dataflow)

geometrical position of wires in iron instrumentation

BOS_bank_IGHY

+ BOS_bank_IGHI

+ BOS_bank_IGWO

III_database_iron (subdivisible store)

fast_iron_geom

+ iron_geom

+ iron_calibration

+ iron_energy_threshold

+ iron_minimum_trackinglength

+ iron_streamer_cell_size

I3_bemc_trig_data (subdivisible dataflow)

not-defined.

I3_cal_trig_data (subdivisible dataflow)

early_I3_cal_trig_data

+ late_I3_cal_trig_data

I3_dc_trig_data (subdivisible dataflow)

not-defined.

Abbildungsverzeichnis

1	Der Beschleunigerring HERA bei DESY	3
2	Lepton Quark Streuung	4
3	Erzeugung der schweren Quark-Antiquarkpaare	5
4	Der H1-Detektor längs der Strahlachse	6
5	Der H1-Detektor senkrecht zur Strahlachse	7
6	Querschnitt durch ein Element	9
7	Schnitt durch das STS	11
8	Die Turmanordnung vom H1-Detektor im Längsschnitt	12
9	Die Turmanordnung vom H1-Detektor im Querschnitt	13
10	Unterteilung des H1-Detektors in die Subkomponenten	13
11	Aufbau des STS durch die Module im Jochmantel	14
12	Aufbau des STS durch die Module in der Endkappe	14
13	Aufbau der inneren Myonlage des H1-Detektors	15
14	Aufbau der äußeren Myonlage des H1-Detektors	15
15	Inhalt der 'iron-hit-track-bank'	16
16	Datenfluß-Diagramm zur Aufgabenstellung	19
17	Datenfluß-Diagramm zur "Digitalisierung des STS"	20
18	Das globale Koordinatensystem des H1-Detektors	21
19	Das lokale Koordinatensystem des H1-Detektors	22
20	Drahtpositionen im Raumwinkel: Beispiel innere Myonlage	28
21	Drahtpositionen im Raumwinkel: Beispiel mittlere Myonlage	28
22	Drahtpositionen im Raumwinkel: Beispiel äußere Myonlage	29
23	Drahtpositionen in der Endkappe (kartesisch x,y Sicht)	30
24	Drahtpositionen im Barrel (kartesisch x,y Sicht)	31
25	Streifenpositionen im Raumwinkel: Beispiel mittlere Myonlage	32
26	Padpositionen im Raumwinkel: Beispiel 7. Lage	32
27	Mögliches Aussehen der Tracks innerhalb einer Lage	33
28	DF für Streamergenerierung	35
29	DF für die Bestimmung der "Durchstoßpunkte" von der Spur mit den Streamerrohrkammern	36
30	DF zur Streifenauslese	39
31	Berechnung der influenzierten Ladung	40
32	Strukturkarte für die gesamte Digitalisierung des H1-Detektors	42
33	Strukturkarte zur Digitalisierung der Daten für das STS	43
34	Strukturkarte zur Generierung der Streamer	44
35	Strukturkarte wie das geometrische Problem der Schnittpunkte gelöst wird	46
36	Strukturkarte zur Simulation der Auslese für die Streifen	48
37	Track-Daten im Barrel. x-y Ansicht	49
38	Digi-Daten im Barrel. x-y Ansicht	49
39	Ausschnitt des Jochmantels mit den Spur- und „Digidaten“	50
40	Abstand Draht - Streamer	51

41	Die Verteilung der Dummys (geschwärzt) in den verschiedenen Lagen des Eisenjochs	53
42	Drahtkarte für die dritte Lage	56
43	Drahtkarte für die zwölfte Lage	56
44	Anzahl der getroffenen Lagen pro Teilchen	57
45	Lagenmultiziplität	58
46	Bereich des Raumwinkels, in dem die Teilchen nicht nachgewiesen werden können.	59
47	Nachweiswahrscheinlichkeit der Teilchen in Bezug auf die Myonlagen	61
48	Ort, wo eine Myonidentifikation möglich ist	62
49	Ort, wo eine Rekonstruktion möglich sein sollte	63

Tabellenverzeichnis

1	Akzeptanz der einzelnen Lagen	55
2	Anzahl der getroffenen Lagen pro Teilchen	57
3	Die Akzeptanz des STS bei getrennter Betrachtung	60

Literatur

- [1] Proceeding of the HERA Workshp, Oktober 87
- [2] ZEUS Kollaboration, K. Edwards et al., The ZEUS Detector, Technical Proposal Hamburg 1986 (unveröffentlicht)
- [3] Hera Proposal Report, DESY HERA 81/10, Hamburg 1981 (unveröffentlicht)
- [4] G. Wolf, Physics at HERA, DESY 85-052 (unveröffentlicht)
- [5] H1 Kollaboration, Ch. Berger et al., Technical Proposal for the H1 Detector, Hamburg 1986 (unveröffentlicht)
- [6] H1 Kollaboration, W. Braunschweig et al.,
The Performance of a Pb-Cu Liquid Argon Calorimeter with an Iron Streamer Tube Tail Catcher
DESY 88-073 (1988), zur Veröffentlichung eingereicht bei Nucl. Instr. & Meth.
- [7] M. Atac, Self Quenching Streamers, Nucl. Instr. & Meth. 202 (1982) (345-354)
- [8] B. Koppitz Interner H1 Bericht H1-TR 402, 'Geometrical Arrangement and Sizes of the H1 Chambers for Iron Instrumentation and Muon Detection, Hamburg 1987 (unveröffentlicht) (plus den aktualisierten Fassungen)
- [9] Dokumentation zum H1-Simulationsprogramm
- [10] DATA Handling Devison DD/EE 84-1 September 87

- [11] J. Martyniak, private Mitteilung
- [12] Structured Analysis and Structured Design, A Five Day Course (interim Version), Allan Kennedy 1986
- [13] V. Blobel, The BOS System, Interner Bericht DESY R1-88-01 (unveröffentlicht)
- [14] E. Bassler, GEP Graphical Editor Program for presenting user data Interner Bericht DESY R02-81/02 (unveröffentlicht)
- [15] H. Bergstein, Untersuchungen zur Auslese von Gaszählern im Streamerbereich, Diplomarbeit, Aachen 1987 (unveröffentlicht)
- [16] S. Zitzen, Untersuchungen an den Streamerkammern des H1-Myon-Detektors im Hinblick auf eine geeignete Wahl der gasparameter, Diplomarbeit, Aachen 1987 (unveröffentlicht)
- [17] C. Helmuth, Untersuchungen zur Struktur eines Hadronkalorimeters, Diplomarbeit, Aachen 1985 (unveröffentlicht)
- [18] E. Vogel, Test eines Eisen-Streamerrohrkammer Kalorimeter im Hinblick auf einen Einsatz im H1-Detektor am e-p Speicherring HERA, Dissertation, Aachen 1988
- [19] E. Vogel, Test eines Eisen-Streamerrohrkammer Kalorimeter im Hinblick auf einen Einsatz im H1-Detektor am e-p Speicherring HERA, Dissertation Aachen 1988
und W. Braunschweig et al., Results from a Test of Pb-Cu Liquid Argon Calorimeter, Nucl. Inst. & Meth. A 265 (1988) 30

Darstellung des Bildungsganges

Im Jahr 1969 wurde ich in die katholische Grundschule Herzogenrath-Straß eingeschult. Von 1973 ab besuchte ich das städt. Gymnasium Herzogenrath, wo ich 1983 die allgemeine Hochschulreife erwarb. Mein Studium der Physik begann im Wintersemester 1983 an der RWTH Aachen. Im Herbst 1985 legte ich dort meine Vordiplomprüfung ab. Nach weiteren zwei Jahren begann ich mit meinem Hauptpraktikum am 1. phys. Institut. Die Diplomarbeit erfolgte im Anschluß des Praktikums am gleichen Institut und wurde im April 1989 fertiggestellt.

Danksagung

An erster Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. W. Braunschweig für die Ermöglichung dieser interessanten Arbeit danken. Des weiteren möchte ich mich bei Herrn Dr. H. U. Martyn für seine freundliche Unterstützung insbesondere für die Arbeit mit dem SASD bedanken.

Herrn Dr. E. Vogel danke ich für die vielen informativen Gespräche, welche ich mit ihm geführt habe und daraus resultierend für die Zeit die er für mich bzw. für die Arbeit aufgebracht hat. Weiterhin danke ich ihm für seine konstruktive Kritik mit der er mich zur Optimierung dieser Arbeit angehalten hat.

Bei meinen Eltern möchte ich mich für die Ermöglichung des Studiums bedanken.