



EX 19019  
C2

Physikalisches Institut III der  
Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg

CERN LIBRARIES, GENEVA



CM-P00050544

Untersuchung der  
Reaktionsprodukte bei Messung der  
Hyperon- Antihyperon-Erzeugung  
im Proton-Antiprotonstoss am  
'LEAR' des CERN

DIPLOMARBEIT

Ralph-André M. Kraft

UNTERSUCHUNG DER REAKTIONSPRODUKTE BEI MESSUNG DER  
HYPERON-/ ANTIHYPERON-ERZEUGUNG IM PROTON-/ ANTIPROTON-STOSS  
AM "LEAR" DES CERN

DIPLOMARBEIT  
Ralph-Andre Kraft

Physikalisches Institut Abteilung III  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Februar 1989



"QUARKS. NEUTRINOS. MESONS. ALL THOSE DAMN PARTICLES  
YOU CAN'T SEE. THAT'S WHAT DROVE ME TO DRINK.  
BUT NOW I CAN SEE THEM!"

## INHALTSVERZEICHNIS

1.	EINLEITUNG UND MOTIVATION . . . . .	3
2.	TARGET UND DETEKTOREN DES EXPERIMENTS PS185 . . . . .	7
2.1	CH <sub>2</sub> -Target . . . . .	7
2.2	Drahtkammern . . . . .	8
2.3	Hodoskop . . . . .	9
2.4	Magnet . . . . .	9
3.	TRIGGERLOGIK UND TARGETPATTERNS . . . . .	11
3.1	Der neutrale A $\bar{A}$ -Trigger . . . . .	11
3.2	Beam-Trigger und Elastischer Trigger . . . . .	13
4.	TOPOLOGISCHE EVENTKLASSEN . . . . .	14
4.1	Eventklasse ohne Treffer in den Proportionalkammern . . . . .	15
4.1.1	Kennzeichen der Klasse . . . . .	15
4.1.2	Folgerungen . . . . .	18
4.1.2.1	Annihilationen . . . . .	18
4.1.2.2	Antiprotonen des Strahls . . . . .	21
4.1.2.3	Zusammenhang Häufigkeit - $\bar{p}$ -Energie . . . . .	22
4.1.3	Unterdrückungsmöglichkeiten . . . . .	24
4.2	Eventklasse mit genau einer Spur in den Proportionalkammern . . . . .	26
4.2.1	Kennzeichen der Klasse . . . . .	26
4.2.1.1	Kammersignatur, Cuts, Häufigkeit . . . . .	26
4.2.1.2	Dot-Plots, Winkelverteilungen . . . . .	27
4.2.1.3	Software-TDC-Targetpatterns . . . . .	29
4.2.2	Folgerungen . . . . .	33
4.2.2.1	S2-Vetokomponenten . . . . .	33
4.2.2.2	Polarwinkelverteilung im Vergleich mit elastischen Events . . . . .	38
4.2.2.3	Häufigste und seltenste neutrale Zelle . . . . .	39
4.2.2.4	Beam und Annihilationen . . . . .	43
4.2.3	Tatsächliche Triggerineffizienz . . . . .	43
4.2.4	Unterdrückungsmöglichkeiten . . . . .	44
4.3	Eventklasse mit genau einem Vertex . . . . .	47
4.3.1	Kennzeichen der Klasse . . . . .	47

4.3.1.1	Cuts, Häufigkeit	47
4.3.1.2	Vertex-z-Verteilung	47
4.3.1.3	Häufigste Target-Patterns	50
4.3.2	Folgerungen	51
4.3.2.1	Die Häufigkeit der neutralen Zelle 1	52
4.3.2.2	Mit der Antiprotonenergie variierende Häufigkeit der V-Events	53
4.3.3	Reduktion durch Hodoskoptrigger "2:1"	54
4.4	Eventklasse mit mehr als zwei Spuren in den Proportionalkammern.	56
4.5	Verbleibende Events mit neutralem Trigger	57
5.	ERSTE TESTS FÜR MESSUNGEN DES KANALS $\bar{p}p \rightarrow \bar{\Sigma}^+ \Sigma^+$	58
5.1	Der Schwellentrigger	58
5.2	Test der aufgezeichneten Samples	59
5.2.1	Wirkung des Triggers	59
5.2.2	Verwendete Cuts	62
5.2.3	Die Suche nach $\bar{\Sigma}^+ \Sigma^+$ -Kandidaten	64
5.3	Erkenntnisse	65
6.	ZUSAMMENFASSUNG	67
ANHANG A	Totale Wirkungsquerschnitte in den $\bar{p}p$ -Hyperonkanälen	69
ANHANG B	Abschätzung der zu erwartenden $\Lambda\bar{\Lambda}$ -Rate.	70
ANHANG C	Annihilationsquerschnitte	71
ANHANG D	Wirkungsquerschnitte für elastische $\bar{p}p$ -Streuung	71
ANHANG E	Polarwinkelverteilungen der Spuren der Eventklasse "1TRX"	72
ANHANG F	Verteilung der Azimutalwinkel für "1TRX"	73
ANHANG G	Beispiel für die Fokussuche bei "1TRX"	74
ANHANG H	Laborimpulse und -winkel für elastische $\bar{p}p$ -Streuung bei 1442 und 1900 MeV/c	75
ANHANG I	Laborimpulse und -winkel für $\bar{p}p \rightarrow \bar{\Sigma}^+ \Sigma^+$ , $\Sigma^+ \rightarrow p\pi^0$ bei 1900 MeV/c	76
ANHANG J	Zahl der DC-Treffer pro Event und Ebene	80
ANHANG K	"Sagitta"	81
LITERATURVERZEICHNIS		82

## 1. EINLEITUNG UND MOTIVATION

Im Experiment "PS185" am CERN werden die Reaktionen  $\bar{p}p \rightarrow \bar{Y}Y$  von Antiproton und Proton zu Strangeness tragenden Antihyperonen und Hyperonen ( $\bar{Y}$ ,  $Y$ ) nahe der Schwelle beobachtet. Der Low-Energy-Antiproton-Ring LEAR des CERN liefert den dazu erforderlichen Antiprotonenstrahl mit Impulsen bis zu 2 GeV/c.

Das günstige Phasenraumverhalten des Strahls (Impulsunschärfe nur  $10^{-4}$ , Durchmesser im Fokus weniger als 1.5 mm) wird durch "stochastische Kühlung" der im Ring umlaufenden Antiprotonen erreicht. Die leichtesten, mit LEAR-Energien zugänglichen Hyperonen sind :

$$\begin{aligned}\Lambda^0 &, m = 1115.6 \text{ MeV}/c^2 \\ \Sigma^+ &, m = 1189.4 \text{ MeV}/c^2 \\ \Sigma^0 &, m = 1192.5 \text{ MeV}/c^2 \\ \Sigma^- &, m = 1197.3 \text{ MeV}/c^2\end{aligned}$$

Die Reaktionen  $\bar{p}p \rightarrow \bar{Y}Y$  werden von der starken Wechselwirkung bestimmt. Die Reaktionsschwellen bezüglich des Laborimpulses des Antiprotons betragen für :

$$\begin{aligned}\Lambda\bar{\Lambda} &: p_{\bar{p}} = 1435.1 \text{ MeV}/c \\ \Lambda\Sigma^0 &: p_{\bar{p}} = 1652.7 \text{ MeV}/c \\ \Sigma^+\Sigma^+ &: p_{\bar{p}} = 1853.0 \text{ MeV}/c \\ \Sigma^0\Sigma^0 &: p_{\bar{p}} = 1870.6 \text{ MeV}/c \\ \Sigma^-\Sigma^- &: p_{\bar{p}} = 1898.6 \text{ MeV}/c\end{aligned}$$

Bisher wurden LEAR-Impulse erreicht, die die Produktion von  $\Lambda\bar{\Lambda}$  bis  $\Sigma^-\Sigma^-$  zuließen. Im Experiment PS185 wurde bisher, aus experimentellen und technischen Gründen, hauptsächlich die  $\Lambda\bar{\Lambda}$ -Produktion untersucht.

Die Reaktion  $\bar{p}p \rightarrow \bar{\Lambda}\Lambda$  ist der einfachste Kandidat zur Beobachtung der Quarkdynamik bei Strangeness-Produktion. Die leichten Quarks  $u$ ,  $d$ ,  $\bar{u}$  und  $\bar{d}$  fungieren,

im additiven Quarkmodell, bei diesem Prozeß lediglich als "spectators" (s. Abb. 1.1). Ihre Spins und Isospins müssen im  $\Lambda$  zu Null gekoppelt sein, sodaß die Hyperonen (Antihyperonen) den Spin des Strangequarks tragen. Daher wird die Messung von Polarisation und Spinkorrelation der  $\Lambda$ -Teilchen besonders interessant. Darüber hinaus können differentieller und totaler Wirkungsquerschnitt sowie ein sehr exakter Wert für die  $\Lambda$ -Masse bestimmt werden (/FRA87/).

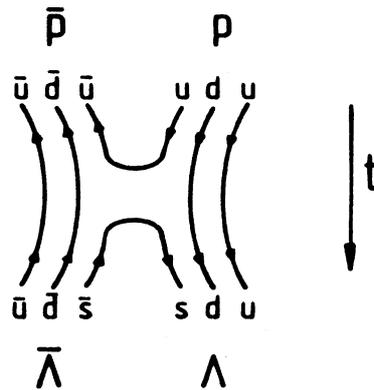


Abb. 1.1 : Quarkliniendiagramm der Reaktion  $\bar{p}p \rightarrow \bar{\Lambda}\Lambda$

Der Zerfall der Hyperonen geschieht über schwache Wechselwirkung, sie leben daher relativ lang (Lebensdauer des  $\Lambda$  :  $2.6 \cdot 10^{-10}$  sec), sodaß ihr Zerfall in Drahtkammern beobachtet werden kann, die hinter einem Produktionstarget plaziert werden.

Das Verzweigungsverhältnis für die verschiedenen Zerfallskanäle ist wie folgt :

$\Lambda\bar{\Lambda} \rightarrow p\pi^-\bar{p}\pi^+$	0.41
$\Lambda\bar{\Lambda} \rightarrow p\pi^-\bar{n}\pi^0$	0.23
$\Lambda\bar{\Lambda} \rightarrow n\pi^0\bar{p}\pi^+$	0.23
$\Lambda\bar{\Lambda} \rightarrow n\pi^0\bar{n}\pi^0$	0.13

Beschränkt man sich auf den Ausgangskanal mit vier geladenen Teilchen, so lassen sich aus deren Spuren in den Kammern die Zerfallsvertices bestimmen, woraus auf die Richtung der Lambdas geschlossen werden kann.

Für die ersten  $\Lambda\bar{\Lambda}$ -Messungen im den Jahren 1984 und 1985 wurden vom LEAR Antiprotonenraten bis zu ca. 500 kHz zur Verfügung gestellt. Für einen "durchschnittlichen" Run von 300 kHz kann man mit einer  $\Lambda\bar{\Lambda}$ -Rate von ca. 1 Hz rechnen (s. Anhang B).

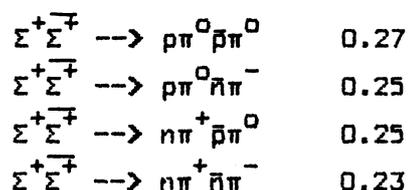
Bezieht man das Verzweigungsverhältnis in den vierfach geladenen Kanal und eine Totzeit der Datenaufnahme von ungefähr 30% in die Rechnung ein, so ergibt sich eine zu erwartende  $\Lambda\bar{\Lambda}$ -Rate von nur 0.1 Hz.

Die durchschnittliche Frequenz des gesamten neutralen Triggers beträgt 50 Hz für einen solchen Run von ungefähr 2400 sec Dauer.

Unter 500 aufgezeichneten Events befand sich also höchstens ein  $\Lambda\bar{\Lambda}$ -Ereignis (s. auch "Rohdatenreduktion" /FRA87/). Um diese Zahlen zu verbessern und die relative Totzeit auch für hohe Zählraten (1988 waren kontinuierliche  $\bar{p}$ -Raten von 1 MHz möglich) in Grenzen zu halten, ist es notwendig, sich mit Untergrundereignissen und der Effizienz des neutralen Triggers zu beschäftigen.

In der vorliegenden Arbeit sollte der physikalische Ursprung der vom neutralen Trigger akzeptierten Ereignisse aufgeklärt und Vorschläge erarbeitet werden, die Rate der aufgezeichneten Events zu reduzieren. Ein weiteres Ziel war, die untere Grenze für die Triggerrate abzuschätzen, die sich ohne kompliziertere kinematische Betrachtungen - also "online" - zumindest prinzipiell erreichen läßt.

Etwas anders verhält es sich bei den geladenen Hyperonen. Nur eines ihrer Zerfallsprodukte trägt Ladung. So gilt etwa für die  $\Sigma^+$ -Teilchen :



In allen Zerfallskanälen bilden die Trajektorien eines neutralen und eines geladenen Teilchens einen Vertex, der jedoch in den Kammern nur als "Knick" beobachtet werden kann, da neutrale Teilchen dort nicht nachgewiesen werden.

Die Lebensdauer der  $\Sigma^+$  ( $\tau = 0.8 \cdot 10^{-10}$  sec) ist jedoch kürzer als die der Lambda-Teilchen, sodaß mehr Hyperonen bereits vor dem Kammerstapel zerfallen. Das Problem besteht darin, aus z.B. nur einem identifizierten Knick in den Kammern,

mithilfe zusätzlicher Information, etwa aus Mikrostreifenpaaren und der Reaktionskinematik, auf die Richtung des zweiten Sigma-Teilchens zu schließen. Als Grundlage künftiger  $\Sigma^+\Sigma^-$ -Messungen mußte zunächst ein "geladener Trigger" getestet werden. Da die produzierten Sigmateilchen gegenüber den Antiprotonen des Strahls einen höheren Energieverlust im Target aufweisen, kann man diesen Kanal, über eine Analyse der Pulshöhen in den Targetzählern (höhere Diskriminatorschwellen), zumindest grob herauspräparieren. Die Ergebnisse aus ersten Testmessungen für die Untersuchung geladener Kanäle werden ebenfalls im Rahmen dieser Arbeit diskutiert.

## 2. TARGET UND DETEKTOREN DES EXPERIMENTS PS185

### 2.1 CH<sub>2</sub>-Target

Seit Sommer 1985 war bei Strahlzeiten des Experiments PS185 das fünfzellige "Sandwich"-Target (s. /WOL85/) im Einsatz. Es besteht aus vier 2.5 mm langen Polyäthylen-Zylindern (Durchmesser ebenfalls 2.5 mm), die von Szintillator-Hohlzylindern ("S2") in derselben Länge und mit 0.75 mm Wandstärke umgeben sind. Sie dienen als Veto-Zähler für das Target verlassende Antiprotonen und geladene Reaktionsprodukte. Zwischen Targetzylindern und S2-Zählern befindet sich 15 µm dicke Aluminiumfolie, um ein Vetosignal aufgrund von Cerenkov-Licht aus dem CH<sub>2</sub>-Material zu vermeiden. Zur simultanen Messung des Kohlenstoffuntergrunds besteht eine fünfte Targetzelle aus Graphit.

Abgeschlossen wird jede Targetzelle von einem kreisrunden, 0.2 mm dicken Szintillatorscheibchen ("S3", Durchmesser 5.0 mm).

Für die Strahldefinition stehen 4 Keilszintillatoren (s. /MAL86/) und zwei weitere, ebenfalls vor dem Target angebrachte Scheibchen mit 5.0 bzw. 2.0 mm Durchmesser (Target-Triggerlogik s. Kap. 3).

Um den Strahlimpuls in kleinen Schritten, entsprechend dem Energieverlust in einigen Targetzellen, zu variieren, kann ein aktiver "Degrader" aus Szintillationsmaterial in den Strahlengang eingeführt werden.

Als grober Anhaltspunkt zur Strahlfindung dienen vier Szintillatorklötze, die sich paarweise gegenüberstehen ("Kreuz") und ein quadratisches Loch von ca. 0.1 cm<sup>2</sup> bilden.

Zwischen den Strahlzeiten wurden einige kleinere Veränderungen am Targetaufbau vorgenommen, so wurden 1988 die vier Keile durch einen 0.5 mm dicken Rundszintillator ("S0") ersetzt - beide Varianten waren mit Hohllichtleitern versehen - und das Veto-Röhrchen der 1. Zelle um 2.5 mm gegen Strahlrichtung verlängert, um den gleichen "Rückwärts"-Vetoeffekt wie für die anderen Zellen zu gewährleisten.

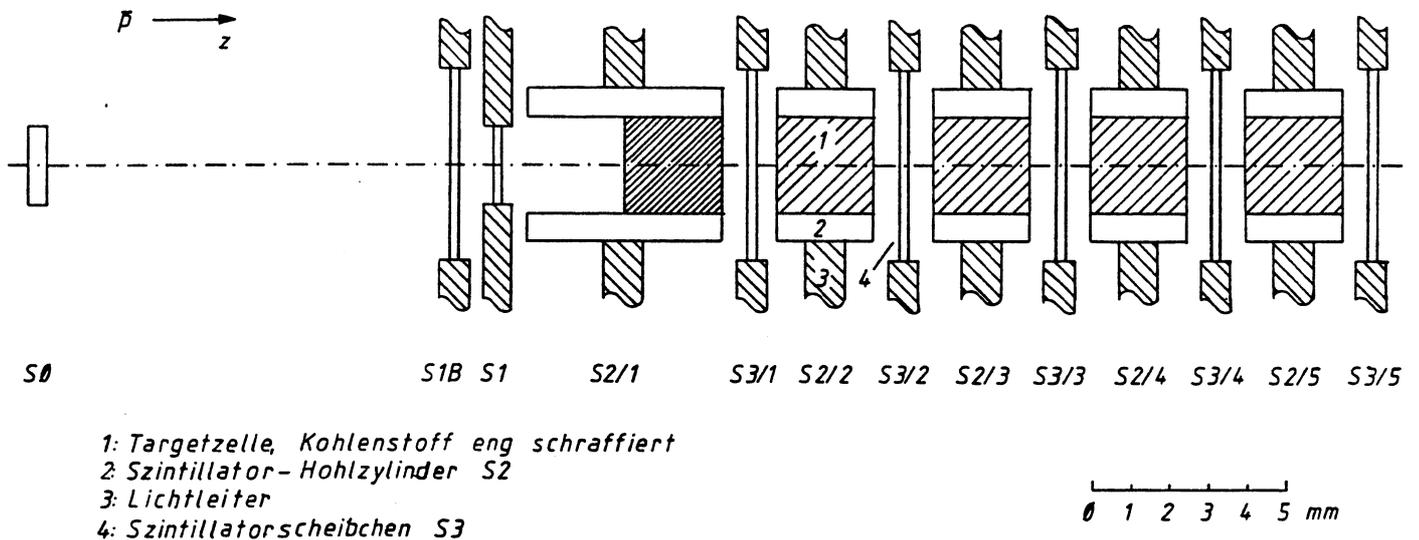


Abb. 2.1 : Target-Aufbau 1988

## 2.2 Drahtkammern

An das Target schließen sich die Vieldraht-Proportional-Kammern (MWPC) an, die 10 abwechselnd gekreuzte Drahtebenen mit jeweils 160 Drähten in 1.27 mm Abstand enthalten. Der Abstand der Ebenen beträgt 1cm.

Die Driftkammern (MWDC) bestehen aus dreizehn Drahtebenen mit je 56 Driftzellen (6 Ebenen in x-, 7 in y-Richtung). Der Driftkammer-Stack ist bezüglich den Proportionalkammerebenen (Koordinaten u und v) um  $45^\circ$  gedreht um die dreidimensionale Spurrekonstruktion eindeutig zu machen.

Beide Kammer-Stacks besitzen in der Mitte der Drähte einen sogenannten "dead spot", um nicht von Antiprotonen des Strahls gefeuert zu werden. Der Durchmesser des "dead spot" vergrößert sich mit zunehmendem Abstand vom Target und beträgt in der ersten PC-Ebene 3 mm, in der letzten DC-Ebene 9 mm.

Der Abstand der Kammer und des Targets von Hodoskop und Magnet kann für verschiedene  $\bar{p}$ -Impulse so verstellt werden, daß der Apparat in jedem Fall 100 % Akzeptanz für die Zerfallsbaryonen aufweist.

### 2.3 Hodoskop

Das Szintillator-Hodoskop besteht aus jeweils 21 Streifen in x- und y-Richtung und wird in den Trigger mit einbezogen, indem es die geladenen Zerfallsprodukte nachweist. Mit Ausnahme der beiden mittleren Elemente, welche 1.5 cm breit sind, besitzen die Streifen die Abmessungen  $(3 \times 0.3 \times 62) \text{cm}^3$ .

Die Streifen werden beidseitig ausgelesen, der elfte (mittlere) Streifen weist in beiden Richtungen eine 1.5 cm große Aussparung in der Mitte auf, die der Strahl wechselwirkungsfrei passieren kann.

Wie die der Targetkomponenten werden auch die ADC- und TDC-Informationen aller Hodoskopstreifen auf Band aufgezeichnet.

### 2.4 Magnet

Zur Ladungsidentifikation der Zerfallsbaryonen dient ein Magnet mit drei Driftkammerebenen, über welche die Krümmung der Spuren und daraus die Ladung des Teilchens bestimmt werden kann (s. Anh. K, "Sagitta"). Der Durchmesser des "dead spot" in der ersten Ebene beträgt 9 mm, in der dritten 12 mm.

Senkrecht zur Strahlrichtung wird der Magnet von Kühlwasserführungen aus Aluminium umspannt. Sie besitzen einen äußeren Querschnitt von  $(1.3 \times 1.3) \text{cm}^2$  und einen zylindrischen Hohlraum von 0.6 cm Durchmesser.

Die Rückwand des Magneten bildet eine 5 cm starke Eisenplatte, die in ihrer Mitte ein Loch mit 5 cm Durchmesser aufweist.

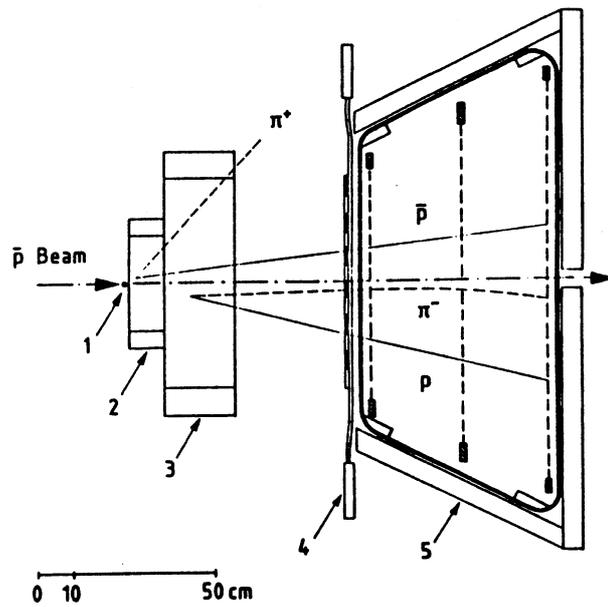


Abb. 2.2 : Der Apparat des Experiments PS185 :

- 1 Target
- 2 Vieldraht-Proportionalkammern
- 3 Driftkammern
- 4 Hodoskop
- 5 Magnet mit drei Driftkammerebenen

### 3. TRIGGERLOGIK UND TARGETPATTERNS

#### 3.1 Der neutrale $\Lambda\bar{\Lambda}$ -Trigger

Der für die Reaktion  $\bar{p}p \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}$  geforderte neutrale Trigger wird durch die Szintillatorsignale der Targetkomponenten gebildet. Diese werden in einem Photomultiplier-Amplifier verstärkt und durch einen Diskriminator in logische Signale verwandelt. Die Höhe der Diskriminatorschwellen hängt, außer vom Pulshöhenspektrum des jeweiligen Zählers, auch davon ab, ob er als Veto- oder aktiver Counter in den Trigger eingeht. In der Regel bewegen sich diese Schwellen zwischen etwa 30 und 200 mV. Anhand der Diskriminatorausgänge wird durch logische Verknüpfung in einer Koinzidenzeinheit für jedes Event entschieden, ob eine Targetzelle "neutral" war, d.h. die sie umgebenden Zähler S2 und S3 keine Ladung nachgewiesen haben.

Die auf diese Weise "online" geforderten Bedingungen ("Hardwarepattern", engl. pattern = muster) für eine neutrale Zelle sind in Tab.1 zu sehen.

Zelle	S2/1	S2/2	S2/3	S2/4	S2/5	S3/1	S3/2	S3/3	S3/4	S3/5
1	-	0	0	0	0	-	0	0	0	0
2	-	-	0	0	0	+	-	0	0	0
3	0	-	-	0	0	0	+	-	0	0
4	0	-	-	-	0	0	0	+	-	0
5	0	-	-	-	-	0	0	0	+	-

Tab. 1.1 : Der neutrale Trigger der Targetkomponenten für die 1988-Runs.

Hierbei bedeuten "+" : muß gefeuert haben  
"-" : darf nicht gefeuert haben  
"0" : keine Bedingung

Zusätzlich zur so geforderten neutralen Zelle beinhaltet der neutrale Targettrigger die strahldefinierenden Zähler S0, S1B, S1 und S2/1. So müssen für ein akzeptiertes Ereignis S0, S1B und S1 gefeuert haben, während S2/1 als Veto in den Trigger eingeht. Der Hohlzylinder S2/1 wird also sowohl in der Strahldefinition als auch für die ersten neutralen Zellen als Veto verwendet. Außerdem muß im Hodoskop mindestens ein Streifen in beiden Richtungen gefeuert haben (Hodoskop-"1:1"-Trigger). Diese Bedingungen zusammen ergeben den "geladen-neutral-geladen"-Trigger für  $A\bar{A}$ -Ereignisse.

In einer sogenannten Patternunit (Inputregister), der die Ausgänge der Koinzidenzeinheiten zugeführt werden, entsteht das binäre Hardware-Patternword, das aufgezeichnet wird und Aufschluß über die aus den Koinzidenzen bestimmte neutrale Zelle gibt. Wird im folgenden von der "neutralen Zelle" gesprochen, so wird sich stets auf dieses Pattern bezogen.

Parallel dazu stoppt der digitale Diskriminatoreausgang - sofern die Komponente gefeuert hat - einen TDC, der von einem strahldefinierenden Zähler (S0) gestartet worden ist. Die TDC-Information wird aufgezeichnet und bietet bei der Auswertung die Möglichkeit, über Setzen von "Zeitfenstern" das Feuern oder Nichtfeuern jedes beliebigen Targetszintillators zu verlangen.

Ferner erhalten ADC's die Analogsignale aller Komponenten als Eingang und liefern so nach Aufzeichnung ihrer Bits die Information über die Pulshöhe jedes einzelnen Targetzählers.

So stehen "offline" nebeneinander drei Targetpatterns zur Verfügung :

"SOFTWAREPATTERNS" : ADC-Pattern  
TDC-Pattern  
"HARDWAREPATTERN" : Patternword

Diese müssen jedoch in der Beschreibung der neutralen Zelle nicht immer identisch sein.

Auftretende Unterschiede (vgl. auch Kap. 4.2.2.1) :

1. TDC wird gestoppt, obwohl ADC-Wert zu klein ist (zu niedrige Diskriminatorschwelle).
2. TDC wird nicht gestartet (nulltes oder erstes Bit wird gesetzt), obwohl der ADC des betreffenden Zählers einen Wert über der ge-

setzten Schwelle besitzt.

3. Patternunit weist nicht die physikalisch neutrale Zelle aus.

Diese Fehler sind allerdings sehr selten (kleiner 3%), und fallen nur bei speziellen Event-Untersamples ins Gewicht. Bei Zurateziehen aller drei Patterns kann eindeutig rekonstruiert werden, welche der Targetzellen für die neutrale Produktion zuständig ist (/STI88/). Hat z.B. ein Target-TDC das Bit 0 gesetzt (kein Start), so läßt sich anhand des ADC-Werts entscheiden, ob die betreffende Komponente gefeuert hat, und somit Hardware- und Softwarepattern zur Deckung bringen.

### 3.2 Beam-Trigger und Elastischer Trigger

Zu Testzwecken werden, in ihrer Zählrate untersetzt, auch Events mit anderem Trigger aufgezeichnet :

	S0	S1B	S1	S2/1	Hodoskop
"BEAMTRIGGER"	+	+	+	-	0
"ELAST. TRIGGER"	+	+	+	-	+

Im Beam-Trigger ist außer der Strahldefinition nichts gefordert, während der elastische den Hodoskoptrigger "1:1" beinhaltet.

Offensichtlich sagt der Name der beiden Trigger nicht notwendigerweise etwas über die Art der damit aufgezeichneten Events aus. Aufgrund der relativ großen Wirkungsquerschnitte für elastische und andere Reaktionen wird aber der "Löwenanteil" der Ereignisse für den Beam-Trigger aus ungestreuten Strahlteilchen und für den elastischen aus elastischer Streuung bestehen.

#### 4. TOPOLOGISCHE EVENTKLASSEN

Für die Untersuchung der Untergrund-Events zum neutralen Trigger wurden zunächst für ein Sample von ca. 500 Ereignissen häufig auftretende Strukturen in den Drahtkammern gesucht. Die Events konnten so 4 größeren Klassen zugeordnet werden (topologische Eventklassen), die daraufhin auf physikalischen Inhalt und Häufigkeit überprüft wurden. Die Ergebnisse werden in den Kapiteln 4.1 bis 4.4 behandelt.

Der Kürze halber sollen für die Eventklassen im weiteren auch folgende Namen gelten :

Charakteristik	Name der Klasse
keine Proportionalkammer-Treffer eine Spur in den Kammer-Stacks zwei Spuren, ein Vertex mehr als zwei Spuren	"DPCHITS" "1TRX" "1VEES" "MULTRX"

## 4.1 Eventklasse ohne Treffer in den Proportionalkammern

### 4.1.1 Kennzeichen der Klasse

Der Name des Eventtyps beinhaltet bereits das augenfälligste Merkmal. Bei der Durchsicht der Eventplots mit neutralem Trigger fielen besonders - aufgrund ihrer großen Häufigkeit und einfachen Struktur - jene Ereignisse auf, bei welchen keiner der 1600 Proportionalkammerdrähte gefeuert hat.

Durch einen Software-Cut auf null Proportionalkammer-Treffer lassen sie sich herausreduzieren und können so weiter untersucht werden. Tab. 4.1 zeigt die Häufigkeit dieser Klasse für mehrere Runs aus drei Strahlzeiten.

Run #	365	439	485	455*	546	630	1118
Strahlzeit	Aug.85	Aug.85	Aug.85	Aug.85	Aug.85	Dez.85	Apr.88
$\bar{p}$ -Laborimpuls (in MeV/c)	1550	1440	1440	1440	1440	1700	1900
Häufigkeit (in %)	50.4	47.6	47.6	47.2	51.7	37.2	27.3

Tab. 4.1 : Häufigkeit (% des neutralen Triggers) der Klasse "OPCHITS"  
(\* : 5 mm Degradier installiert)

Die Häufigkeit der Events, die weder Proportional- noch Driftkammer-Treffer aufweisen beträgt für alle Runs weniger als 1.5 %.

Fragt man über die Auswerte-Software nach der vom Patternword als neutral gemeldeten Zelle, ergibt sich die in Tab. 4.2 dargestellte Verteilung. Zum Vergleich ist die Verteilung für neutralen Trigger, ausgenommen der "OPCHITS"-Events, gegenübergestellt.

	Run 439		Run 630		Run 1118	
	"OPCHITS"	Neut.Tr.	"OPCHITS"	Neut.Tr.	"OPCHITS"	Neut.Tr.
Zelle 1	21.0	21.0	23.9	18.0	20.6	17.9
Zelle 2	21.7	21.9	22.1	30.6	21.9	18.4
Zelle 3	21.9	16.2	20.3	28.6	19.2	23.7
Zelle 4	18.8	13.1	18.6	11.1	18.9	16.2
Zelle 5	16.6	27.8	15.0	11.7	19.5	23.7

Tab. 4.2 : Anteil (in %) der verschiedenen neutralen Zellen am Gesamtaufkommen von "OPCHITS" und neutralem Trigger, ausgenommen "OPCHITS"

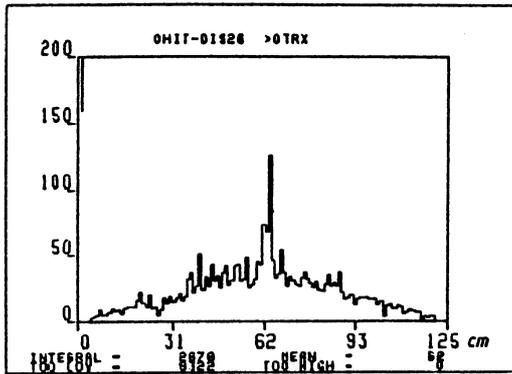
Man erkennt, daß für die "OPCHITS"-Ereignisse die neutralen Zellen - mit leichter Abnahme von Zelle 1 zu Zelle 5 - nahezu gleichverteilt sind, während für den Rest des neutralen Triggers bestimmte Zellen ausgezeichnet zu sein scheinen. Dieser Effekt wird hauptsächlich durch die im letzteren Sample enthaltenen "ITRX"-Events bewirkt und wird in Kap. 4.2 klar werden.

Um die räumliche Verteilung der Driftkammer-Treffer zu erfassen, wurden für sämtliche Ebenen (inklusive Magnet) Histogramme der Trefferkoordinaten erzeugt. Abb. 4.1 zeigt repräsentative Beispiele für Run 439 mit Cut auf mindestens eine Spur in den Driftkammern.

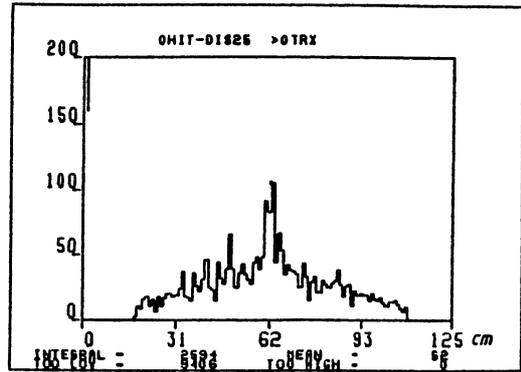
Auffallend ist eine relativ breite Verteilung mit deutlichem, in der letzten Ebene etwa 3.5 cm breiten, Peak in der Mitte, der allerdings auch bei einem Sample auftaucht, das nicht dem Cut für "OPCHITS" gehorcht. Hier liegt der Schluß nahe, daß der divergente Antiprotonenstrahl die aktive Zone der Detektoren (Rand des "dead spot" der Driftkammern und innere Hodoskopstreifen) "streift". Dieses Phänomen wird in Kapitel 4.1.2.2 diskutiert.

a)

MC3

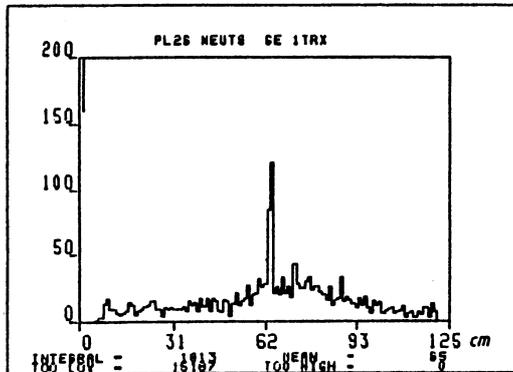


MC2



b)

MC3



MC2

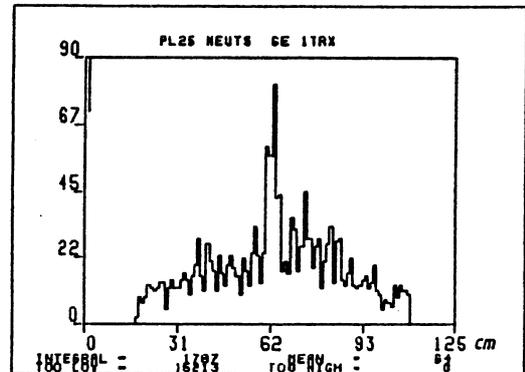


Abb. 4.1 : Driftkammer-Treffer für "OPCHITS" (a) und neutralen Trigger, ausgenommen "OPCHITS" (b)  
 (MC2 = zweite Magnetebene, MC3 = letzte Magnetebene)

Anhang J zeigt eine Tabelle der Trefferzahlen pro Ebene und Ereignis für die Ebenen DC12 bis MC3, wobei deutlich wird, daß die Magnetebenen für "OPCHITS" durchschnittlich mehr Treffer aufweisen als für andere Events, daß also hier Ladung vornehmlich im Bereich des Magneten entsteht.

#### 4.1.2 Folgerungen

Weiterführende Studien dieses Eventtyps weisen darauf hin, daß der Klasse hauptsächlich zwei prinzipiell verschiedene "Reaktionen" zugrundeliegen. Die Indizien dafür werden im folgenden aufgezeigt.

##### 4.1.2.1. Annihilationen

Setzt man einen korrekten Target-Trigger voraus, so muß für diese Art Events eine Reaktion des Antiprotons zu neutralen Teilchen erfolgt sein. Diese neutralen Produkte werden folgerichtig in den Proportionalkammern nicht registriert, rufen jedoch wieder Ladung im Hodoskop hervor, da andernfalls die Ereignisse vom Hodoskoptrigger verworfen würden.

Mit ungefähr 5 mb besitzt  $\bar{p}p \rightarrow \bar{n}n$  im relevanten Energiebereich den weitaus größten Wirkungsquerschnitt der  $\bar{p}$ -Reaktionen mit neutralem Ausgangskanal. Bei einer Annihilation der Antineutronen, die aufgrund der Materiedichte im Magnetbereich am wahrscheinlichsten ist, können entstehende geladene Mesonen das Hodoskop feuern.

Mit einer  $\bar{p}$ -Rate von 300 kHz ergibt sich damit für vier  $CH_2^-$  und eine Kohlenstoffzelle eine Neutron-Antineutron-Rate von

$$(I) \quad \nu_{n\bar{n}} = \epsilon_{n\bar{n}} * j_{\bar{p}} * N_{\text{Target}} = 2100 \text{ Hz}$$

(Rechnung wie in Anh. B, mit  $\rho_C = 1.74 \text{ g/cm}^3$ )

Die aufgezeichnete Rate der "OPCHITS" für Sommer '85 (ca. 50 % des neutralen Triggers) entspricht 25 Events pro Sekunde.

Das Auftreten dieses Eventtyps kann also bereits dadurch hervorgerufen werden, daß ca. 1.2 % der entstehenden Antineutronen annihilieren und dabei erzeugte geladene Mesonen das Hodoskop feuern.

Eine Abschätzung bezüglich der Annihilationsrate der entstehenden Antineutronen im Magneten ergibt :

$$(II) \quad \nu = \nu_0 (1 - e^{-(\sigma_0 d/m)}) = 1420 \text{ Hz}$$

wobei	Antineutronenrate $\nu_0$	=	$0.8 \cdot 2100 \text{ Hz} = 1680 \text{ Hz}$
	Annihilationsquerschnitt $\sigma$	=	$80 \text{ mb}$
	Dichte des Eisen $\rho$	=	$7.86 \text{ g/cm}^3$
	Dicke des Magneten $d$	=	$5.0 \text{ cm}$
	Masse eines Nukleons $m$	=	$1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

Anhand der stark vorwärts "gepeakten" differentiellen Wirkungsquerschnitte der Reaktion  $\bar{p}p \rightarrow \bar{n}n$  (s. /NAK84/) wurde abgeschätzt, daß ca. 80 % der entstehenden Antineutronen den Magneten treffen. Als Näherung für den Annihilationsquerschnitt wird der Wert für 880-MeV/c-Antineutronen an Protonen herangezogen (/CER84/).

Bei einer "OPCHITS"-Rate von 25 Hz würden also 2 % der  $\bar{n}$ -Annihilationen im Magneten mit neutralem Trigger aufgezeichnet. Das bedeutet, daß in 98 % der Fälle die Spuren der geladenen Produkte nicht in Hodoskoprichtung weisen oder aber Treffer in den Proportionalkammern hervorrufen, wodurch die Zuordnung zur Klasse "OPCHITS" entfällt.

Der Beitrag von Hodoskop und Aluminium des Magneten beträgt nach der gleichen Abschätzung maximal 50 Hz.

Einen Hinweis darauf, daß Annihilationen zu den "OPCHITS"-Events beitragen bietet ein Vergleich der Hodoskop-ADC-Spektren für diese Klasse mit denen der Klasse "ITRX" (Kap. 4.2), die aus elastischer Streuung stammen, wobei das Hodoskop von nur einem Teilchen gefeuert wird.

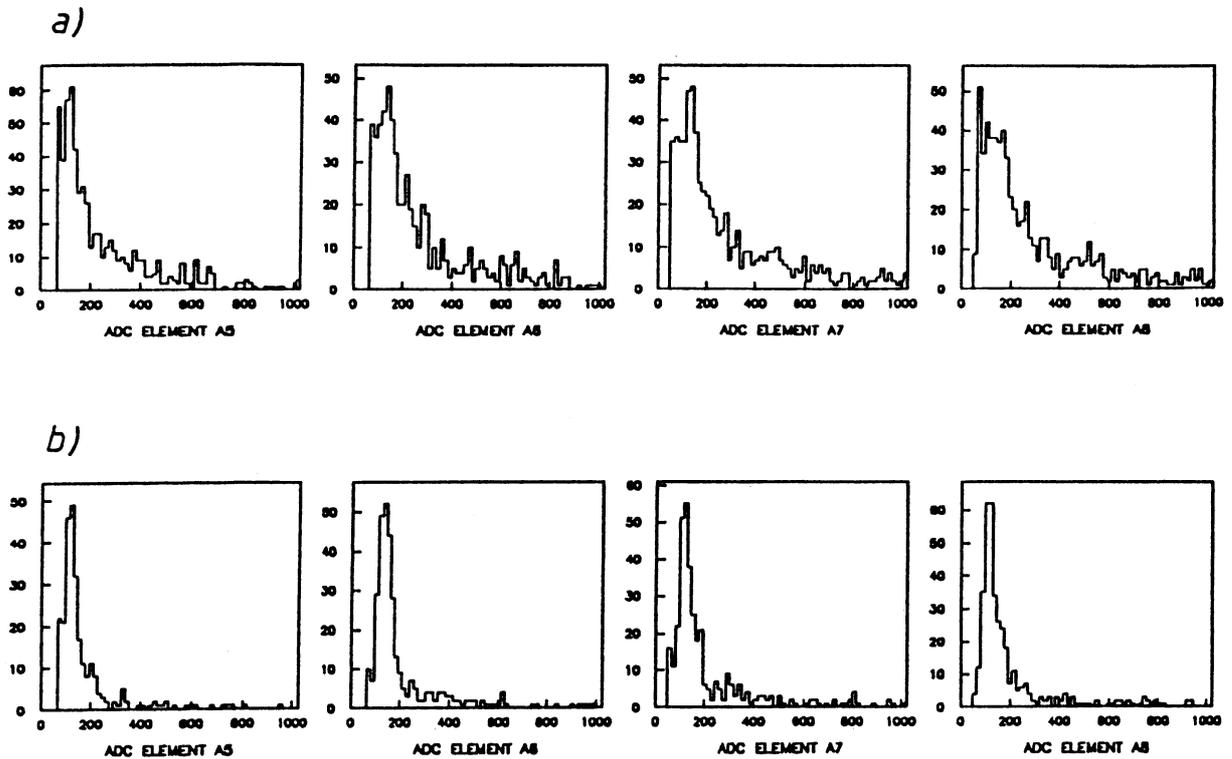


Abb. 4.2 : ADC-Spektren einiger Hodoskopelemente für  
 a) "OPCHITS"-Events  
 b) "ITRX"-Events

Zu erkennen ist, daß bei "OPCHITS" größere Signale auftreten, die ihren Ursprung in dem Energieverlust nicht minimalisierender Teilchen (Annihilationsmesonen) haben. Speziell bei Annihilationen im Hodoskop selbst, die allerdings vergleichsweise unwahrscheinlich sind (s. S. 19), kann auch der Energieverlust mehrerer geladener Mesonen im gleichen Element für die hohen Signale verantwortlich sein.

#### 4.1.2.2 Antiprotonen des Strahls

Ein deutliches Merkmal der DC-Trefferverteilungen ist der Peak in der Mitte der Ebenen. Dieser kann von Strahlteilchen hervorgerufen werden, die im Target einen neutralen Trigger vortäuschen indem sie einen S3-Zähler "ungesehen" passieren (s. auch 4.2.2.3), in den Proportionalkammern noch im "dead spot" verlaufen, aber spätestens nach den Driftkammern nicht mehr innerhalb der Aussparungen liegen und so das Hodoskop triggern können.

Der dazu erforderliche Laborwinkel des Antiprotons  $\theta$  beträgt :

$$(III) \quad \theta = \arctan (b/2l) = 0.7^\circ$$

wobei  $b = 1.5$  cm, Breite des Hodoskoplochs

$l = 60$  cm, Abstand Target/Hodoskop für 1440 MeV/c

Mit Mikrostreifendetektoren (/GEY89/) wurde im April '88 eine Strahldivergenz von  $0.3^\circ$  gemessen, sodaß diese Laborwinkel auftreten können.

Anhaltspunkte für eine Beteiligung von Strahlteilchen liefert ein Vergleich der Trefferverteilungen in den Hodoskop-Slabs für "OPCHITS"-Events, die Treffer in der DC-Mitte aufweisen, mit denen solcher Ereignisse, die mit einfachem Beam-Trigger aufgezeichnet wurden.

Abb. 4.4 verdeutlicht neben diesem Vergleich den Cut auf innenliegende Driftkammer-Treffer. Charakteristisch für die Beam-Teilchen ist hier, daß sie, da der Strahlquerschnitt nicht kreisrund ist, den mittleren Streifen der zwei Hodoskop-Richtungen unterschiedlich oft feuern (Abb. 4.3).

Die Abschätzung des Beitrags der Strahlteilchen für diesen Eventtyp ergibt, nach Abzug des breiten "Untergrunds" in der Trefferverteilung, 5 - 15 % für die Strahlimpulse von 1440 bis 1900 MeV/c.

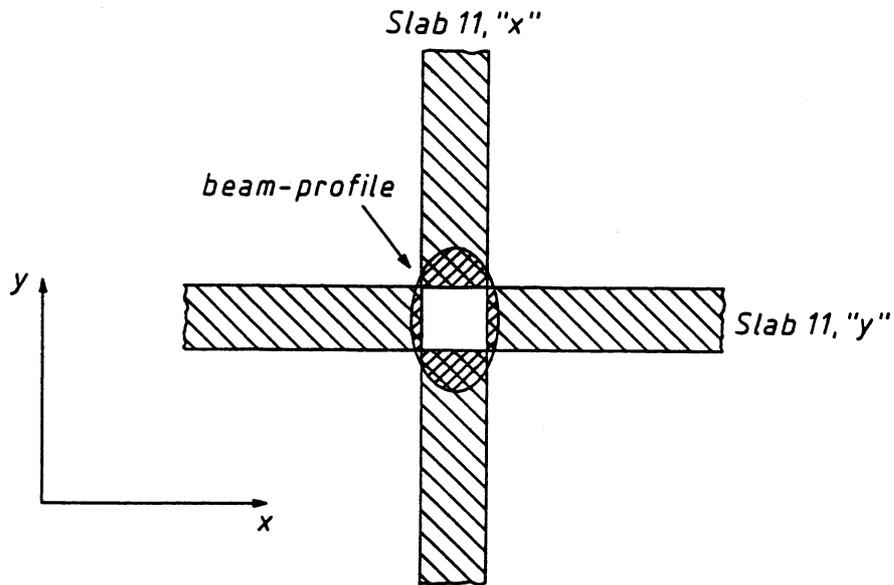


Abb. 4.3 : Schematische Verdeutlichung der Strahlasymmetrie in Bezug auf Feuerung der Hodoskopstreifen in "x" und "y"

#### 4.1.2.3 Zusammenhang Häufigkeit - $\bar{p}$ -Energie

Für die Änderung der "OPCHITS"-Häufigkeit mit der  $\bar{p}$ -Energie sind zwei Effekte verantwortlich. Zum einen nimmt der Wirkungsquerschnitt der Reaktion  $\bar{p}p \rightarrow \bar{n}n$  von 1440 bis 1900 MeV/c um 20 % ab :

$p_{\bar{p}}$ in MeV/c	$\epsilon_{n\bar{n}}$ in mb
1450	4.96
1690	4.43
1900	3.95

Tab. 4.3 : Wirkungsquerschnitte für  $\bar{p}p \rightarrow \bar{n}n$  (/CER84/)

Zum anderen werden mit steigendem Strahlimpuls Hodoskop und Magnet näher an die Kammerstapel geschoben, um zu gewährleisten, daß die  $\Lambda(\bar{\Lambda})$ -Zerfallsbaryonen im Hodoskop noch erfaßt werden können. Der Abstand hintere Magnetwand / Proportio-

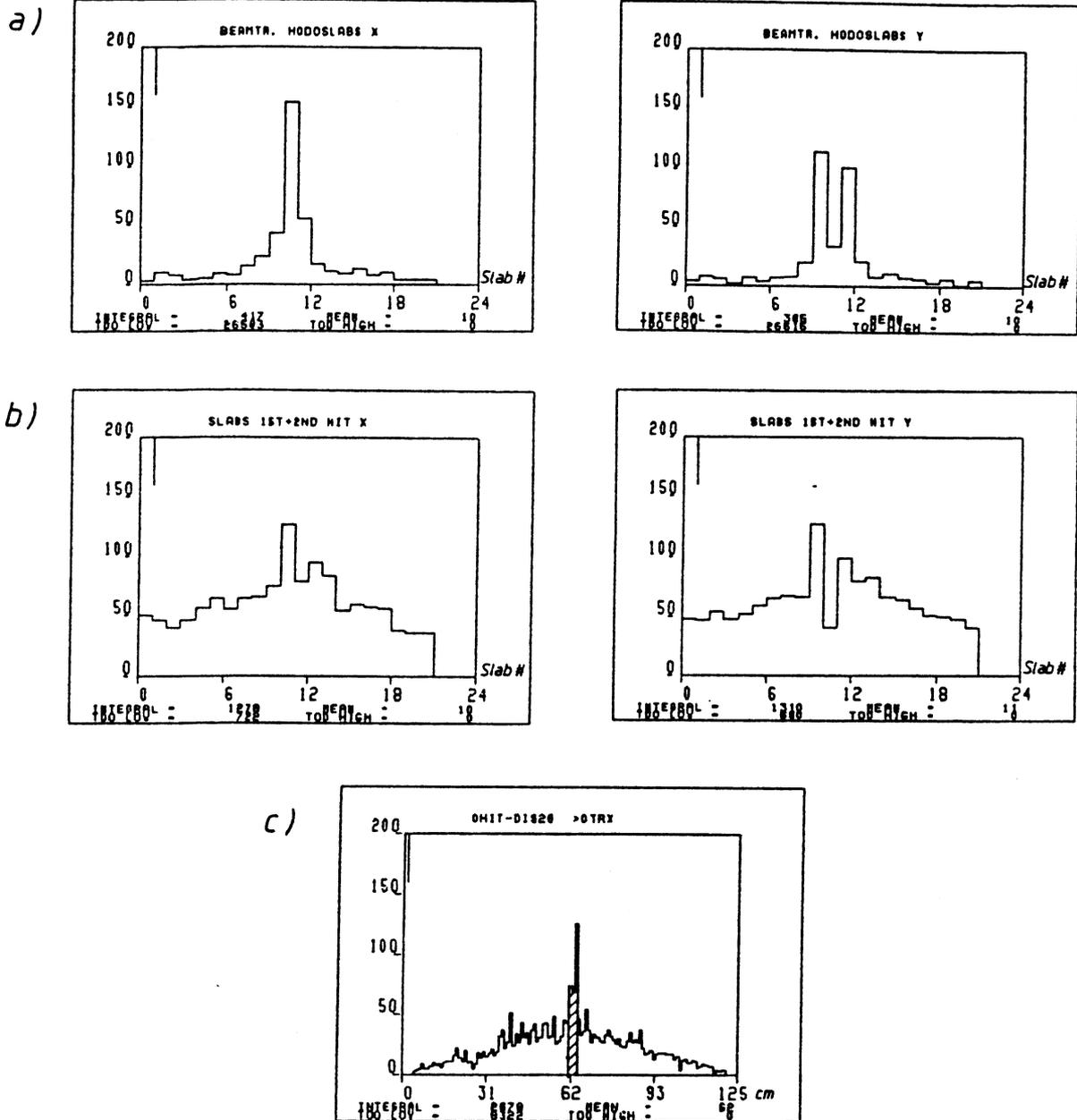


Abb. 4.4 : Trefferverteilungen über die Hodoskopstreifen in "x" und "y"

- a) Beam-Trigger
- b) "OPCHITS" mit Cut auf Treffer in der Mitte der Ebene MC3
- c) gewählter Cut

nalkammern beträgt für 1440 MeV/c ca. 110 cm, für 1900 MeV/c ca. 90 cm.

Durch diese Raumwinkelvergrößerung erreicht bei höheren Antiprotonimpulsen eine größere Anzahl geladener Annihilationsprodukte den Proportionalkammerstack, wodurch die Klasse mit null Kammertreffern abnimmt.

Aus dem gleichen Grund nimmt die Zahl der Beam-Events, die zu dieser Klasse beitragen, für größere Energien ab, da das Hodoskop, aufgrund des kleineren Abstandes vom Strahlfokus, seltener getroffen wird.

#### 4.1.3 Unterdrückungsmöglichkeiten

Die einfache Struktur dieser Events in den Proportionalkammern erlaubt es, die Rate des neutralen Triggers erheblich zu verringern. Durch einen zusätzlichen Trigger, der mindestens einen Treffer in diesen Kammern fordert, verschwindet diese Klasse vollständig und der neutrale Trigger wird, je nach Strahlenergie, um 30 bis 50 % reduziert.

Inwieweit durch das Verwerfen solcher Events die Anzahl der aufgezeichneten  $\Lambda\bar{\Lambda}$ -Ereignisse beeinträchtigt wird, muß in einem Test an einem  $\Lambda\bar{\Lambda}$ -Sample entschieden werden. Als Anhaltspunkt wurde dieser Test bereits für ein reduziertes "2V"-Sample (zwei Vertices ohne weitere kinematische Betrachtungen, s. /FRA87/ ) der Strahlzeit Sommer '85 durchgeführt und ergab, daß lediglich 1.4 % der "2V"-Events einem Cut auf null PC-Treffer genügen.

Für größere Energien wird sich der Anteil allerdings erhöhen, da mit der  $\bar{p}$ -Energie auch die möglichen Geschwindigkeiten der  $\Lambda(\bar{\Lambda})$ -Teilchen steigen, was zu längeren Reichweiten führt, sodaß weniger Lambdas bereits in den Proportionalkammern zerfallen.

Auch das Verwenden eines "2:1"-Hodoskoptriggers (mindestens 2 Treffer in einer der beiden Hodoskoprichtungen) bewirkt eine Reduktion der "OPCHITS"-Klasse. Der Anteil der aufgezeichneten Events dieser Klasse, der mit einem solchem Cut verworfen wird, beträgt

51.5 % für 1440 MeV/c (Run439)  
 45.7 % für 1700 MeV/c (Run630)  
 und 43.1 % für 1900 MeV/c (Run1118).

Hinsichtlich der  $\Lambda\bar{\Lambda}$ -Auswertung ist ein solcher Trigger durchaus vertretbar, da man ja hier - zur Identifikation von Lambda und Antilambda über ihre Zerfallsprodukte im Magneten - ohnehin zwei geladene Teilchen im Hodoskop verlangt. Lediglich ein  $\Lambda\bar{\Lambda}$ -Event, bei welchem beide Pionen nicht das Hodoskop erreichen und beide Protonen sowohl in x- als auch in y-Richtung den selben Streifen treffen, würde dadurch verworfen.

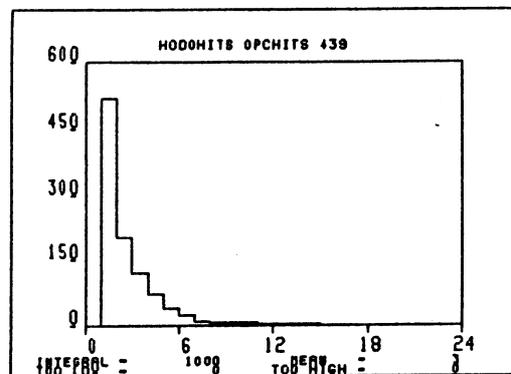


Abb. 4.5 : Anzahl der Hodoskoptreffer für "OPCHITS", Run 439 (1440 MeV/c)

## 4.2 Eventklasse mit genau einer Spur in den Proportionalkammern

### 4.2.1 Kennzeichen der Klasse

#### 4.2.1.1 Kammersignatur, Cuts, Häufigkeit

Diese Eventklasse zeichnet sich durch genau eine Teilchenspur in den Proportionalkammern aus, die sich in den Driftkammern fortsetzt und in Targetrichtung weist. Mit einem Cut, der 9 bis 11 PC-Treffer und eine Spur in beiden Projektionen verlangt, wurden solche Ereignisse herausprojiziert, um näher untersucht zu werden.

Da der gewählte Cut auf die Proportionalkammern beschränkt ist, läßt er auch Sekundärreaktionen zu, die sich in mehr als einer Driftkammer-Spur äußern.

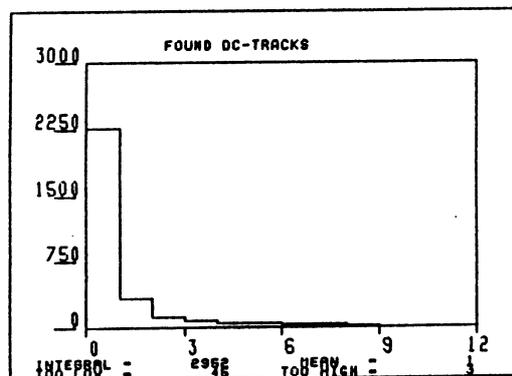


Abb. 4.6 : Anzahl der gefundenen DC-Spuren für Cut auf eine PC-Spur

Im Gegensatz zur Klasse der Events mit null PC-Treffern werden hier in der Verteilung auf die neutralen Targetzellen (Tab. 4.4) für die drei Strahlzeiten verschiedene Zellen bevorzugt, wobei Zelle 1 für alle Runs die seltenste ist. Innerhalb einer Strahlzeit ändert sich allerdings die Zellverteilung nicht, hängt also nicht von der Zählrate ab.

Ebenso ist die Gesamthäufigkeit (Anteil am neutralen Trigger) der Einspur-Klasse

unabhängig von der  $\bar{p}$ -Energie oder der Anwesenheit zusätzlicher Materie im Strahl (Runs mit Degrader).

Run #	365	439	455*	485	509*	546	630	1118
$p_{\bar{p}}$ in MeV/c	1550	1440	1440	1440	1440	1440	1700	1900
mittl. $\bar{p}$ -Rate in kHz	190	240	500	300	250	360	160	460
neut. Zelle 1 in %	8.9	8.9	9.4	10.0	9.4	9.7	6.4	10.0
neut. Zelle 2 in %	21.3	15.3	16.4	18.2	16.7	19.1	26.2	17.8
neut. Zelle 3 in %	14.2	13.0	15.2	13.5	13.8	14.0	45.4	25.9
neut. Zelle 4 in %	9.7	10.2	10.0	10.1	11.3	11.4	8.9	17.3
neut. Zelle 5 in %	45.8	52.7	48.9	48.1	48.9	45.7	13.1	29.0
Ges.häufigkeit in %	13.1	14.7	14.8	15.1	16.0	14.0	20.0	15.2

Tab. 4.4 : Anteil der "ITRX" am neutralen Trigger und Zellverteilung  
 (Die Anzahl der untersuchten Events beträgt jeweils 9000)  
 \* : 5- bzw. 11-mm-Degrader installiert

#### 4.2.1.2 Dot-Plots, Winkelverteilungen

Für die in den Proportionalkammern gefundenen Spuren wurden Dot-Plots in der u/v-Ebene an verschiedenen z-Positionen erzeugt.

Dies wurde - bei Unterscheidung der verschiedenen neutralen Zellen - für sämtliche Einspur-Samples durchgeführt und ist für Run 439 in Abb. 4.7 zu sehen.

Sofort ins Auge fallen hier ovale innere und rautenförmige äußere Strukturen. Bei ersteren handelt es sich um die Abbildung von Umrissen der "runden" Targetkomponenten, die in der graphischen Darstellung Ellipsenform annehmen. Die rautenförmige Struktur läßt sich unter Einbeziehung der maximal auftretenden Polarwinkel (s. Anh. E, Polarwinkelverteilung für Run 1118) auf die äußere Begrenzung des Hodoskops zurückführen. Nur Teilchen, deren Winkel zur Strahlachse (je nach azimuthaler Richtung) kleiner gleich diesen Maximalwinkeln sind, können Hodoskopstreffer hervorrufen. Da für diese Eventklasse nur ein geladenes

Teilchen in Vorwärtsrichtung existiert, ist dies eine notwendige Bedingung, den Hodoskoptrigger zu erfüllen.

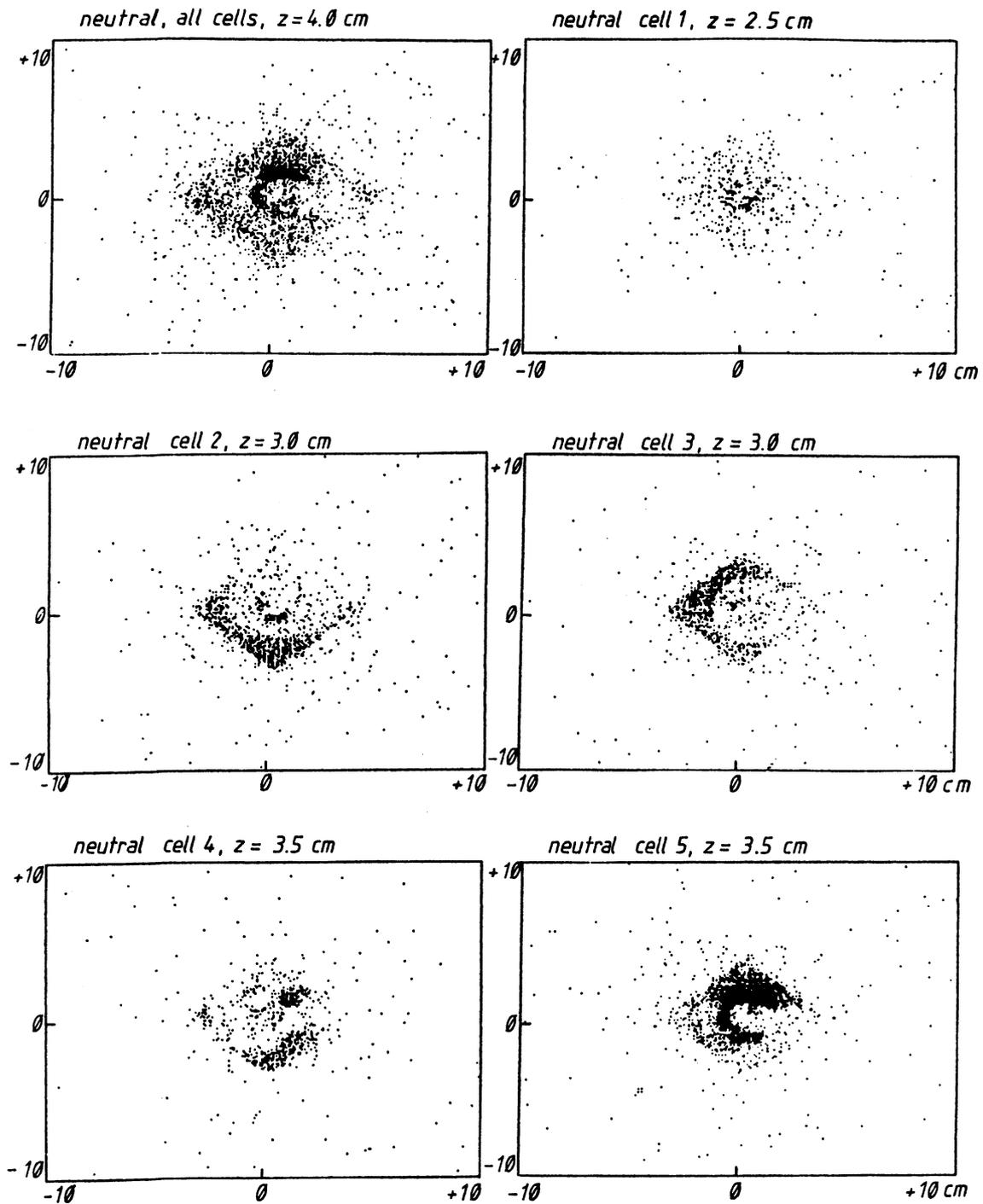


Abb. 4.7 : Dot-Plots für Einspurereignisse mit neutralem Trigger und neutralen Zellen 1 - 5 (Run 439, 1440 MeV/c)

Die Asymmetrien in den Dot-Plots (s. auch Verteilung der Azimutwinkel, Anh. F) lassen darauf schließen, daß die Winkelverteilungen durch geometrische Gegebenheiten "maskiert" sind, da keine physikalische Reaktion Azimutal-Asymmetrien aufweisen kann.

Variiert man nun die z-Position für diese Dot-Plots, so ist für alle neutralen Zellen ein Fokus der Spuren zu erkennen (für Zelle 1 allerdings sehr undeutlich). Als Beispiel sind in Anhang G die Dot-Plots im Fokusbereich bei neutraler Zelle 5 zu sehen. Die Genauigkeit dieser Bestimmung der Fokuslage liegt bei 1 mm.

Die folgende Tabelle zeigt eine Gegenüberstellung der Fokuspositionen mit den, anhand der  $\Delta\bar{\lambda}$ -Auswertung (/FRA87/), bestimmten Orten der Zellmitten, wobei "z=0" als Ort der Proportionalkammer-Eintrittsfolie definiert ist.

	Fokus	Zellmitte
Zelle 1	(-2.8 cm)	-2.1 cm
Zelle 2	-2.3 cm	-1.8 cm
Zelle 3	-1.9 cm	-1.5 cm
Zelle 4	-1.7 cm	-1.1 cm
Zelle 5	-1.4 cm	-0.8 cm

Tab. 4.5 : Vergleich Fokusposition/Zellmitte für "1TRX"

Man sieht, daß die Foki nicht mit den Zellpositionen übereinstimmen, d.h. die Spuren haben ihren gemeinsamen "Entstehungsort" nicht in der vom Trigger als neutral gemeldeten Targetzelle. Diese Tatsache wird in Kap. 4.2.2 erläutert.

#### 4.2.1.3 Software-TDC-Targetpatterns

Für 6000 reduzierte Einspurereignisse des Runs 439 wurden unter Verwendung von

TDC-Cuts die auftretenden Targetpatterns untersucht.

Dabei konnten 80 % aller vorkommenden Muster durch Einteilung in die folgenden Untergruppen a) bis d) abgedeckt werden.

- a) Die am häufigsten auftretenden Targetmuster (67.4 % aller Muster) besitzen die Gemeinsamkeit, daß für alle neutralen Zellen keine S2-Detektoren angesprochen haben, während alle S3-Zähler bis zur neutralen Zelle gefeuert haben, danach keine mehr (Tab. 4.6). Das entspricht genau dem Pattern, das man von einer neutralen Reaktion erwartet. Für Einspurereignisse wird jedoch ein geladenes Teilchen in den Kammern nachgewiesen.

	S2's					S3's					Anteil in %
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
Zelle 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34.0
Zelle 2	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	45.1
Zelle 3	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	45.3
Zelle 4	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	45.4
Zelle 5	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	70.3

Tab. 4.6 : Bevorzugte Targetmuster und ihre Häufigkeit für die verschiedenen neutralen Zellen

Geht man von einem korrekten Trigger aus, so implizieren diese häufigsten TDC-Patterns eine Reaktion "geladen-neutral-geladen" (Antiproton - nicht gefeuerte S3's - ein geladenes Teilchen in den Kammern) innerhalb des Targetbereichs. Hierfür kommen zwei "Kandidaten" in Frage :

1.  $\bar{p}p \rightarrow \bar{n}n$  mit folgender Annihilation des Antineutrons in Mesonen und nur einem geladenen Teilchen in Vorwärtsrichtung

2.  $\bar{p}p \rightarrow \bar{n}n$  mit folgendem  $np$ - oder  $\bar{n}p$ -Stoß, der ein Proton in Richtung der Kammern zur Folge hat.

Beide Reaktionen können ausgeschlossen werden, da die Sekundärreaktion jeweils nach der letzten Targetzelle (S3/5 hat für keine der neutralen Zellen angesprochen) und vor der ersten PC-Ebene (die erste Ebene zeigt bereits einen Treffer) stattzufinden hätte. Hier befindet sich jedoch, neben der Proportionalkammer-Eintrittsfolie, keinerlei Materie. Diese Tatsache führt zu der Erkenntnis, daß bei einem Großteil der Ereignisse mit Einspur-Charakteristik eine Fehlfunktion des neutralen Triggers vorliegt (s. dazu Kap. 4.2.2.1).

- b) Der überwiegende Teil der Targetpatterns, die nicht zur Klasse der häufigsten zählen (26.9 % aller Muster der Zellen 1 bis 4, für Zelle 5 entfallen diese Muster, da keine weiteren Zähler folgen), hat bis zur neutralen Zelle das gleiche Aussehen, während nach dieser genau ein weiterer S2- oder S3-Zähler gefeuert hat.

Beispiel :        S2's    - - - - +  
                   S3's    + + - - -    (Patternword : neutrale Zelle 3)

Beim Vergleich der Polar- und Azimutwinkelverteilungen der Events mit häufigen und anderen Patterns zeigt sich jedoch kein Unterschied (Abb. 4.8), sodaß davon ausgegangen wird, daß der Einspurklasse nur ein dominierender "Mechanismus" zugrundeliegt.

- c) Weiterhin existieren Targetmuster, welchen zu entnehmen ist, daß nach neutraler Reaktion noch innerhalb des Targets wieder mehr als eine Ladung entstanden ist (6.0 % aller Patterns der Zellen 1 bis 4) :

Beispiel :        S2's    - + + + -  
                   S3's    - + - - +    (Patternword : neutrale Zelle 1)

d) Eine Gruppe sehr seltener Muster (weniger als 3% der Muster der einzelnen neutralen Zellen), wie

S2's - - - - -  
 S3's + + - + - (Patternword : neutrale Zelle 5)

kann ebenfalls der Klasse der häufigen zugeordnet werden. Im Beispiel ist Komponente S3/3 nach dem aufgezeichneten ADC-Wert als gefeuert zu betrachten (Patternfehler 2 aus Kap. 3). So konnte ausgeschlossen werden, daß hier mehrfache Umladungen vorliegen.

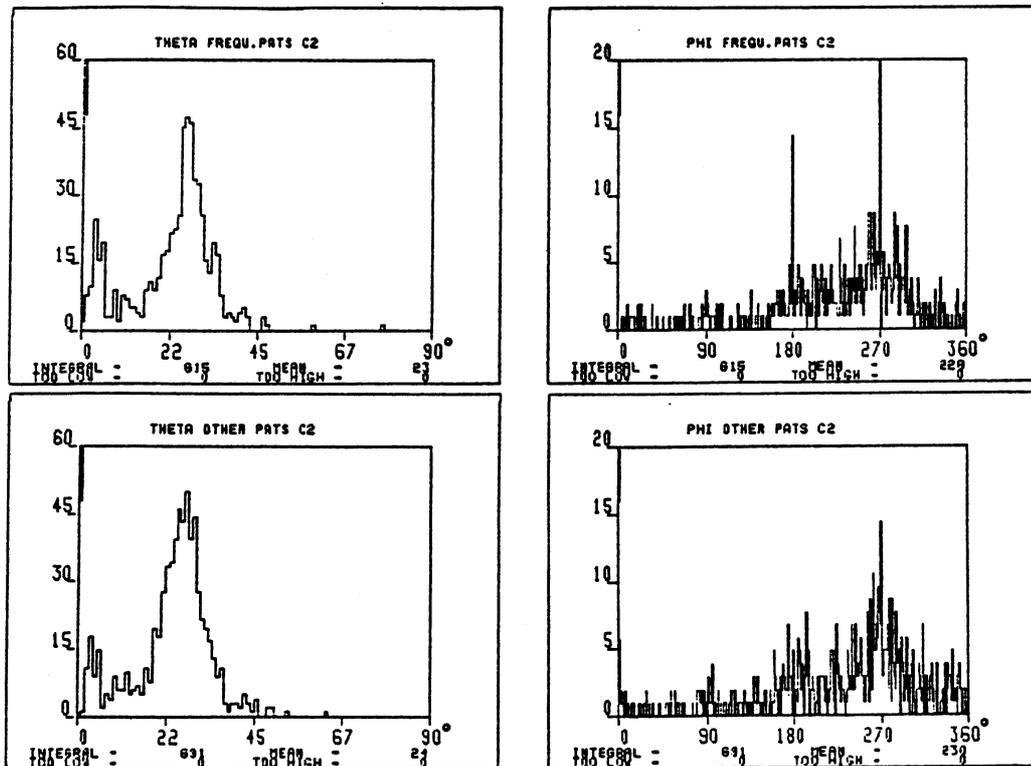


Abb. 4.8 : Polar- und Azimutwinkel für häufigste und andere Targetpatterns (neutrale Zelle 2)

## 4.2.2 Folgerungen

In 4.2.1.3 wird klar, daß für Events der "ITRX"-Klasse mit einem der häufigsten Patterns der Targettrigger versagt haben muß. Im folgenden soll gezeigt werden, daß dies bei elastischer Antiprotonstreuung im Target möglich ist, und wie sich damit auch die weiteren Merkmale der Klasse erklären lassen.

### 4.2.2.1 S2 - Vetokomponenten

Setzt man eine elastische Streuung voraus, so ist zu klären, wie es den Antiprotonen gelingt, eine Targetzelle "ungesehen" zu verlassen, wodurch die S3-Zähler "downstream" nicht mehr feuern und eine neutrale Reaktion vorgetäuscht wird. Dazu lieferten die ADC-Spektren der S2-Zähler klare Hinweise.

So fällt z.B. auf, daß der "noisepeak" der Komponenten S2/2 und S2/3 im Vergleich zu den anderen S2's wesentlich verbreitert ist. Noch deutlicher wird diese Tatsache, wenn die dem betrachteten S2 folgende Zelle als neutrale gefordert wird (Abb. 4.9).

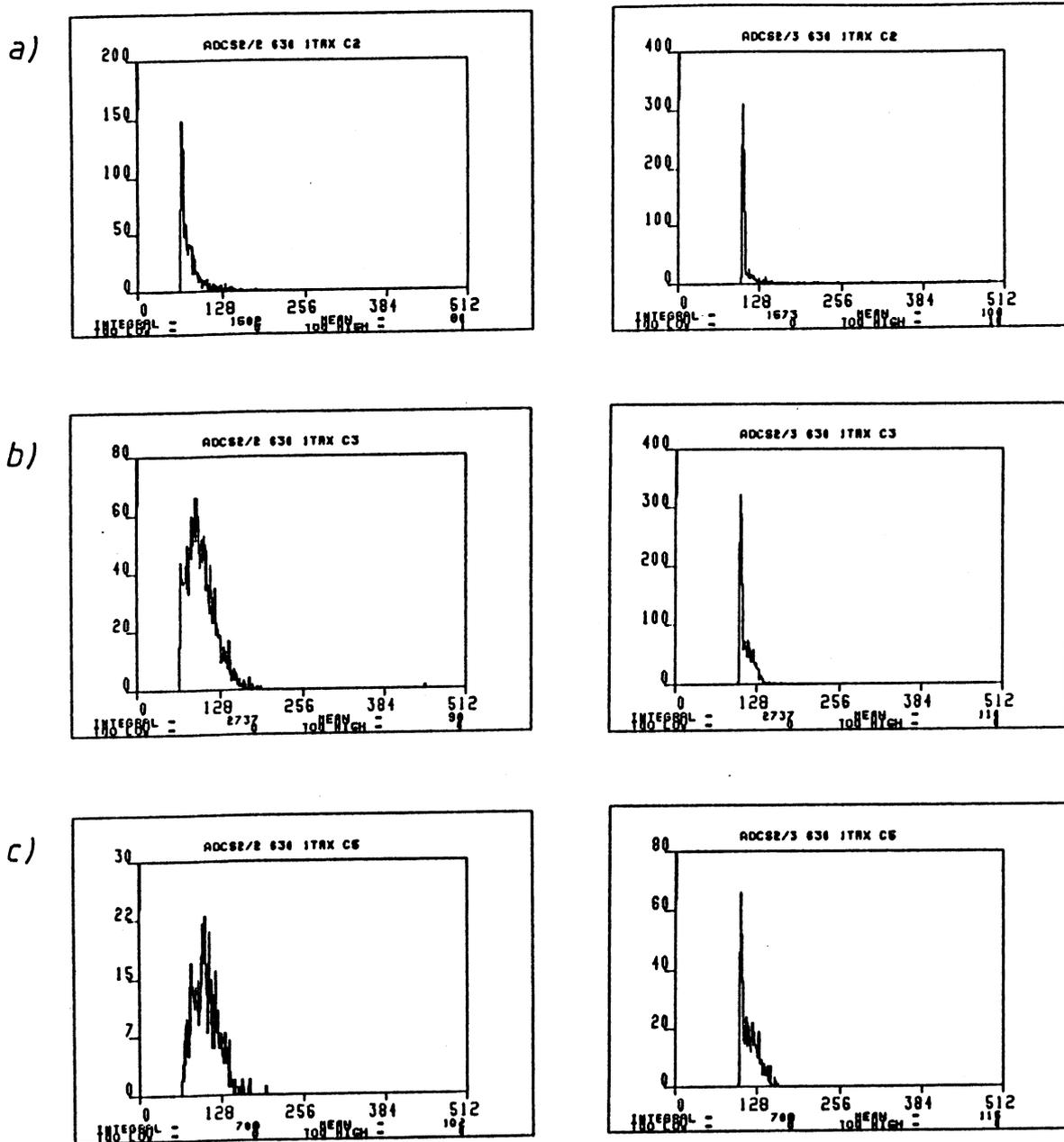


Abb. 4.9 : Peakverbreiterung bei hinter dem S2 liegender neutraler Zelle :  
 ADC-Spektren S2/2 und S2/3 für neutrale Zellen 2 (a), 3 (b)  
 und 5 (c)

Relativ viele Pulshöhen, die vom S2 geliefert werden, erweisen sich also als zu klein um vom Trigger als Vetosignal akzeptiert zu werden. Das gestreute Teilchen verläßt daher den inneren Targetbereich, ohne ein Veto auszulösen und erfüllt den neutralen Trigger dadurch, daß in einer der folgenden Targetzellen der S3 nicht mehr getroffen wird.

Nun gibt es aufgrund der Hohlzylinderform der S2-Szintillatoren, für jede Targetzelle Stellen, wo die Lichtauskopplung über den Lichtleiter ungünstig wird. Am oberen Rand des Lichtleiters nämlich sind in der Regel mehrere Reflexionen - damit verbunden Intensitätsverluste - notwendig, bis das Licht des Szintillators seinen Weg Richtung Photokathode findet (Lichtweg "A" in Abb. 4.10). Die Wahrscheinlichkeit für ein Teilchen, das Vetobarrel in eine bestimmte Richtung zu verlassen, hängt also von der Orientierung der S2-Lichtleiter ab.

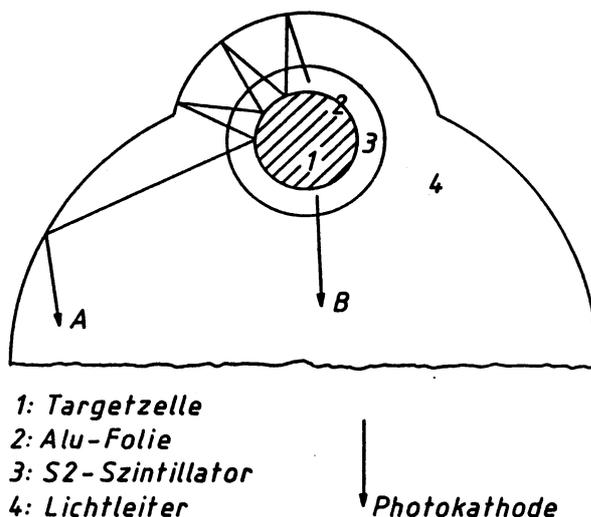


Abb. 4.10 : Reflexionen am oberen Rand des Lichtleiters

Das erklärt die Asymmetrien in den Azimutwinkelverteilungen der einzelnen neutralen Zellen, für welche die Lichtleiter in verschiedene Raumrichtungen - senkrecht zum Strahl weisen (s. /WOL85/). Als typisches Beispiel konnte für die Strahlzeit April 1988 eine Korrelation zwischen der Orientierung des S2-Lichtleiters vor der neutralen Zelle und der Dotplot-Struktur der Spuren mit dieser neutralen Zelle erkannt werden (Abb. 4.11).

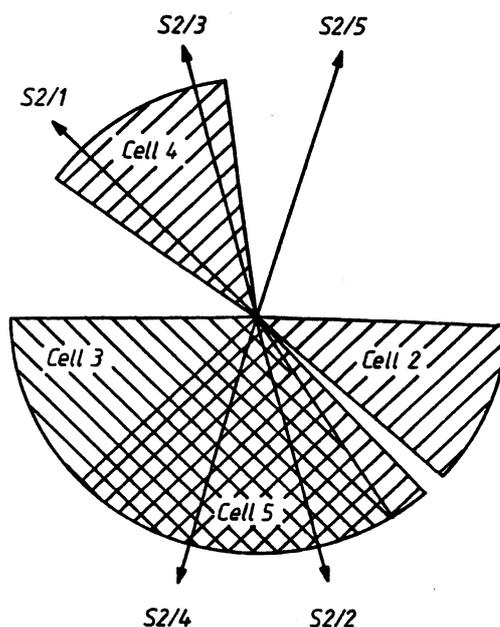


Abb. 4.11 : Stellung der S2-Lichtleiter und dichte Stellen im Dot-Plot

In der Abbildung zeigen die Pfeile in Richtung der von der Photokathode abgewandten (abgerundeten) Lichtleiterseite. Die schraffierten Kreissektoren beschreiben den Bereich der größten Punktdichte im Dot-Plot für Spuren mit der jeweiligen neutralen Zelle. Geht man davon aus, daß die gestreuten Teilchen vor allem den S2 der vor der neutralen liegenden Zelle passieren (Abb. 4.12), so zeigt die Skizze eine Richtungskorrelation für die neutralen Zellen 3, 4 und 5. Diese muß nicht für alle Zellen (oder Strahlzeiten) in dieser Deutlichkeit sichtbar sein, da geometrische Gegebenheiten diesen Effekt teilweise kompensieren können (Lage der einzelnen Targetkomponenten zueinander, die gerade diese Raumwinkel "benachteiligt", speziell eine "Versetzung" der die Targetzellen abdeckenden S3- gegenüber den S2-Szintillatoren).

Hat ein Antiproton den inneren Targetbereich verlassen, so ist es bei den auftretenden Winkeln (s. Polarwinkelverteilungen, Anh. E) zur Strahlachse wahrscheinlich, daß ein weiterer S3-Szintillator gefeuert wird und so frühestens die der Reaktionszelle folgende Targetzelle vom Trigger als neutral erkannt wird (s. auch Abb. 4.12). Diese Tatsache ist in ausgezeichneter Übereinstimmung mit den Abständen der Foki der Spuren vom jeweiligen Zellenort (4.2.1.2).

Der Öffnungswinkel bei elastischer  $p\bar{p}$ -Streuung beträgt - energieabhängig - zwischen  $75^\circ$  und  $90^\circ$  (s. Anh. H). Daraus folgt, daß bei einem Winkel von bis zu  $30^\circ$  des einen Teilchens die Spur des anderen im Kammerstack nicht nachgewiesen werden kann. Der maximale Winkel für das Feuern dreier MWPC-Ebenen in beiden Projektionen beträgt für Teilchen aus dem Target ca.  $50^\circ$ .

Für den unter größerem Winkel austretenden Streupartner ist es, aufgrund der geringen kinetischen Energie (Anh. H), dem damit verbundenen größeren Energieverlust und der Tatsache, daß gleichzeitige Ineffizienz zweier Szintillatoren sehr selten auftritt, wahrscheinlicher, daß er das Target zwischen zwei Zellen verläßt, wobei unter Umständen der betreffende S3-Zähler getroffen wird (Abb. 4.12). Das bedeutet, daß in diesem S3 zwei geladene Teilchen einen Teil ihrer Energie verlieren, was der neutrale Trigger nicht verbietet. Ein Vergleich der S3-ADC-Spektren von Einspurereignissen und Events mit neutralem Trigger (ohne Cuts) bestätigt, daß für den zwei Zellen upstream der neutralen Zelle liegenden S3 bei dem "ITRX"-Sample häufiger hohe Szintillatorsignale auftreten als bei rein neutralen Events. So kann z.B. - bei gleicher Eventzahl und neutraler Zelle - die Zahl der Ereignisse mit ADC-Werten größer als 1024 für "ITRX" mehr als das dreifache der des neutralen Samples betragen.

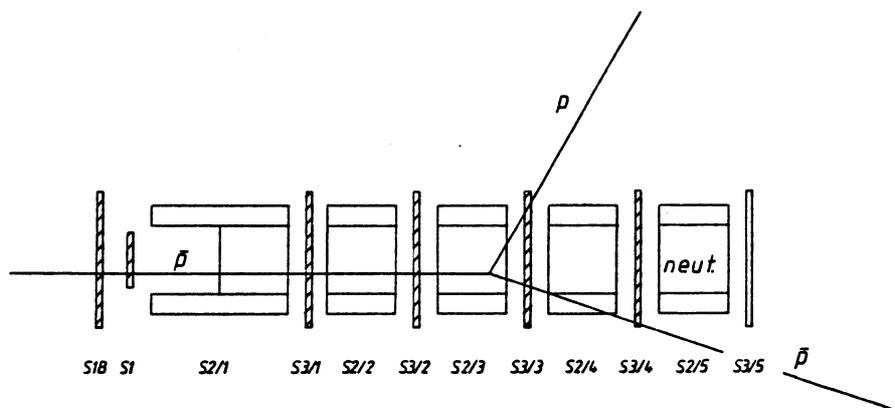


Abb. 4.12 : Skizze zur Verdeutlichung eines Fehltriggers bei elastischer Streuung mit neutraler Zelle 5

Da auf diese Weise in der Regel nach dem letzten getroffenen S3-Szintillator kein weiterer gefeuert wird, sind die häufigsten Targetpatterns (4.2.1.3 a) erklärt.

Andere auftretende Muster, wie 4.2.1.3 b), können dadurch erzeugt werden, daß ein gestreutes Teilchen nach der neutralen Zelle, über Cerenkov-Effekt im Lichtleiter, einen weiteren Targetszintillator feuert. Die Schwellengeschwindigkeit für Cerenkov-Licht in Plexiglas (Brechungsindex  $n = 1.48$ ) beträgt das 0.68-fache der Lichtgeschwindigkeit im Vakuum. Das entspricht bei Einschußimpulsen zwischen 1440 und 1900 MeV/c maximalen Laborwinkeln der gestreuten Teilchen von 45 bis 51 Grad. Alle Antiprotonen, die noch im Kammerstack nachgewiesen werden können, sind daher schnell genug, dieses Cerenkov-Licht erzeugen zu können.

#### 4.2.2.2 Polarwinkelverteilung im Vergleich mit elastischen Events

Als "Offline-Simulation" der Einspurereignisse wurde auf ein mit elastischem Trigger aufgezeichnetes Eventsample ein Cut auf eine Spur in den Drahtkammern angewendet. Vergleicht man die Polarwinkelverteilungen dieser Ereignisse mit solchen von Einspur-Events mit neutralem Trigger Zelle 5, so erkennt man eine gute Übereinstimmung in der Struktur der Verteilung und bezüglich der Minimal- und Maximalwinkel (Abb. 4.13), während die Azimutwinkel für die rein elastischen Ereignisse, aufgrund der fehlenden Triggerfunktion der Targetzellen 2 bis 5, gleichverteilt sind.

Für die neutralen Zellen 1 bis 4 ist diese Übereinstimmung nicht zu sehen, da ihnen weitere Szintillatorkomponenten folgen, welche die Winkelverteilungen "maskieren". So lassen sich die runden Strukturen im Dotplot als "Schatten" von Targetzählern interpretieren.

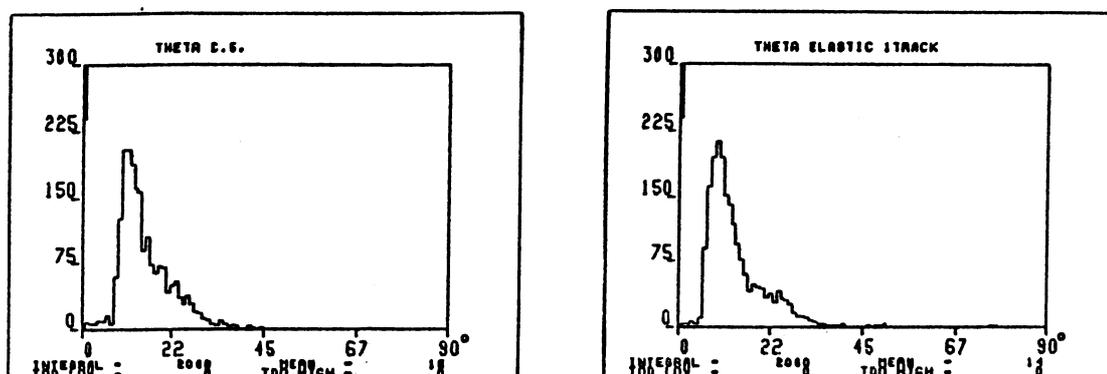


Abb. 4.13 : Vergleich der Polarwinkelverteilungen für Einspur-Events mit neutralem Trigger (Zelle 5) und elastischem Trigger

#### 4.2.2.3 Häufigste und seltenste neutrale Zelle

Eine Ausnahmestellung in ihrer relativen Häufigkeit bezüglich des Gesamtaufkommens an "1TRX" nehmen Zelle 3 (Winter-85-Runs) und 5 (Sommer-85-Runs), bzw. Zelle 1 (für alle Runs) ein.

Für das deutlich häufigere Vorkommen einer neutralen Zelle ist eine vergleichsweise große Triggerineffizienz der betreffenden oder der vor ihr liegenden Targetzelle verantwortlich. Diese tritt auf, wenn, durch relativ großen Abstand zwischen S2- und S3-Komponente oder "Verkippung" bzw. x/y-Verschiebung dieser, der Raumwinkel vergrößert wird, unter dem es Streuteilchen möglich ist, das Targetinnere, ohne Durchqueren eines Szintillators, zu verlassen. Solche "geometrischen Ineffizienzen" aufgrund von Verkippung oder Verschiebung haben sichelförmige Strukturen im Dot-Plot zur Folge (s. Dot-Plot für neutrale Zelle 5, Run439 in Abb. 4.7).

Als weiterer Grund für häufig auftretende neutrale Targetzellen kann eine verminderte Lichtausbeute des betreffenden S3-Szintillators aufgeführt werden. So kann z.B. berechnet werden, daß eine Ineffizienz I des S3/5 von  $10^{-3}$  bereits hinreichend ist, die gesamte Rate der Einspurereignisse mit neutraler Zelle 5 (Run 485) zu produzieren :

$$(IV) \quad I = \frac{\nu_{\text{cell5}}}{\nu_{\text{elast}}} = \frac{r_{\text{cell5}} * r_{\text{1TRX}} * \nu_{\text{Trigger}}}{\sigma_{\text{elast}} * j_p * N_{\text{Target}}} = 3 * 10^{-4}$$

mit :	$r_{\text{cell5}} = 0.5,$	relative Häufigkeit Zelle 5
	$r_{\text{1TRX}} = 0.15,$	Anteil der "1TRX" am neut. Trigger
	$\nu_{\text{Trigger}} = 50 \text{ Hz},$	Neutrale Triggerrate
	$\sigma_{\text{elast}} = 35 \text{ mb},$	Wirkungsquerschnitt $\bar{p}p \rightarrow \bar{p}p$
	$j_p = 300 \text{ kHz/mm}^2,$	p-Stromdichte
	$N_{\text{Target}} = 1.4 * 10^{22},$	Anzahl Protonen innerhalb des Strahlquerschnitts

Trotz sorgfältigster Herstellung und Bearbeitung dieser Miniszintillatoren können statistische Ineffizienzen dieser Größenordnung auftreten (s. /FRA83/ und /WOL85/). Durch Druck- und Temperaturunterschiede können Risse im Material-

entstehen und die Verklebungen mit dem Lichtleiter können am Rande milchig trüb werden, was zumindest zu einer lokalen Verschlechterung der Lichtausbeute führt.

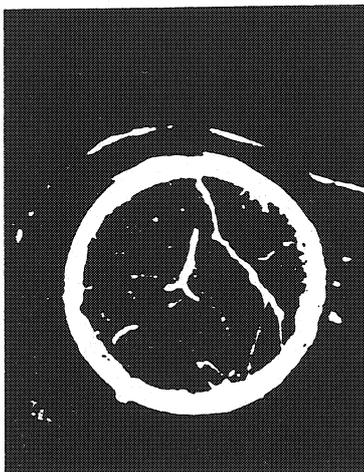


Abb. 4.14 : Fotografie eines S3-Szintillators, der im Sommer '87 ersetzt wurde, nachdem er ca. 1,5 Jahre im Einsatz war.

Die Ausbeute der abgebildeten Komponente betrug noch ganze 8 Photoelektronen, bei sorgfältiger Bearbeitung und Klebung neuer Komponenten konnten bis zu 34 Photoelektronen erreicht werden.

Je "ineffizienter" nun z.B. der S3/5-Zähler ist, desto mehr gleicht die Polarwinkelverteilung der 5. Zelle der der elastischen Ereignisse (vgl. Abb. 4.13 für Run 439 und Anh. E für Run 1118), da so der Anteil der direkt durch den S3 fliegenden den Anteil der das Target "seitlich" verlassenden Antiprotonen überwiegt.

Für Zelle 1 existiert im günstigen Abstand vor der Zelle keine Materie, an der gestreut werden könnte. In den Zellen selbst gibt es nur im vorderen Bereich Orte, von welchen aus (nach der Zweiteilchenkinematik) beide Streupartner in der Lage sind, am S3 vorbeizufiegen (schraffierte Fläche in Abb. 4.15).

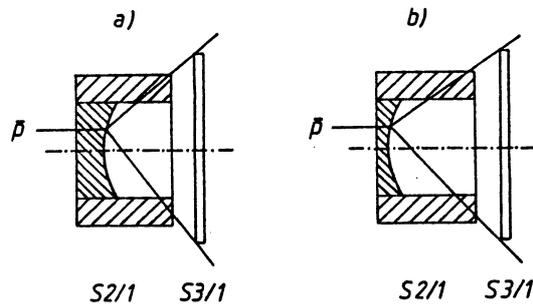


Abb. 4.15 : Orte in der Targetzelle, von welchen aus beide Teilchen am S3-Szintillator vorbeifliegen können; die Öffnungswinkel betragen 90 (a) und 80 Grad (b)

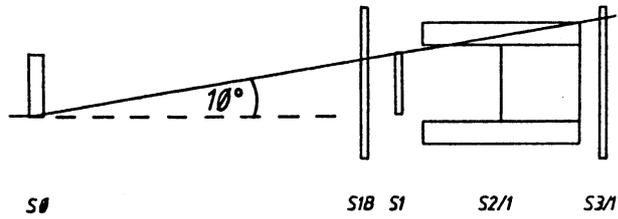
Für solche Ereignisse wären allerdings in der Regel zwei Spuren im Kammerstack zu sehen (s. Kap. 4.3).

Gegen Strahlrichtung sind der ersten Zelle die in Kap. 2 erwähnten Hohllichtleiterkomponenten zur Strahldefinition am nächsten. Bei einer Streuung in diesen Zählern ist, aufgrund des größeren Abstandes zur Zelle, eine neutrale Zelle 1 nur dann möglich, wenn der S1-Szintillator nicht getroffen wird (Abb. 4.16).

Da dieser aber ebenfalls zum Beamtrigger zählt, muß er gefeuert haben. Das kann dann nur über Cerenkov-Effekt im Lichtleiter erfolgen, wofür die Wahrscheinlichkeit wesentlich geringer ist. Diese Lichtleitertreffer machen sich in niedrigeren Signalen für Zelle-1-"1TRX" bemerkbar (Abb. 4.17).

Der Maximalwinkel für diesen Prozeß, bis zu welchem S1B noch regulär durchquert wird, beträgt für den aktuellen Targetaufbau (Abstand S0-S1B ca. 1 cm)  $19^\circ$ . Die aufgeführten geometrischen Bedingungen und die Tatsache, daß der Szintillator S0 nur ein fünftel der Dicke einer Targetzelle aufweist, haben zur Folge, daß die neutrale Zelle 1 am wenigsten zur Klasse der "1TRX" beiträgt.

a)



b)

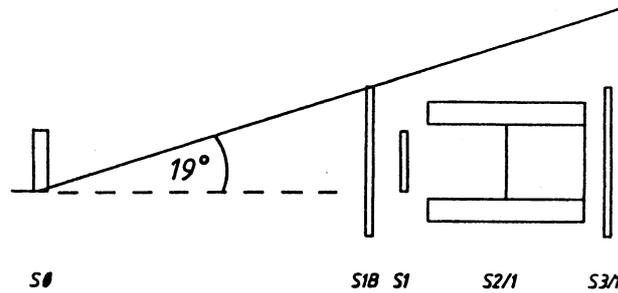
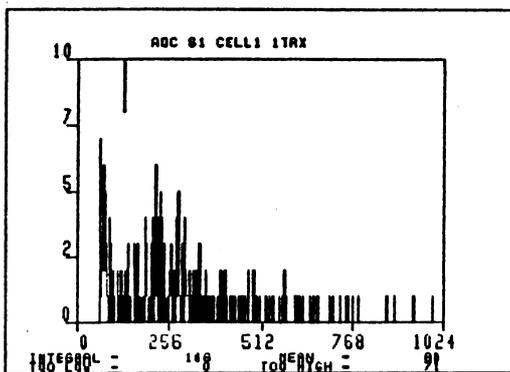


Abb. 4.16 : Geometrische Verhältnisse bei Streuung in "S0"

a) neutrale Zelle 1 unmöglich bei Durchqueren von S1B und S1

b) Maximalwinkel bei Durchqueren von S1B

a)



b)

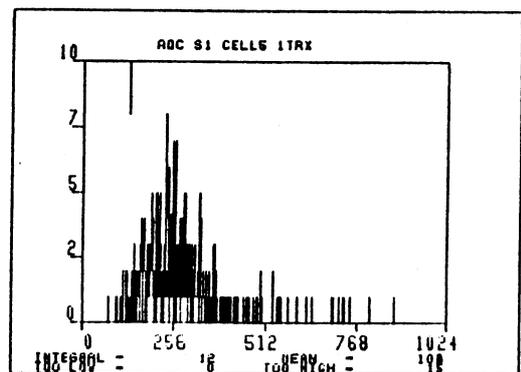


Abb. 4.17 : ADC S1 für "1TRX"; a) neutrale Zelle 1 b) neutrale Zelle 5; deutlich erkennbar ist die größere Anzahl der Events mit minimalen S1-Signalen für neutrale Zelle 1

#### 4.2.2.4 Beam und Annihilationen

Eine Beteiligung von Strahlteilchen bei den Einspurereignissen ist vernachlässigbar, da hierzu die auftretenden Polarwinkel zu groß sind.

Annihilationen betreffend müssen drei verschiedene Arten von Reaktionen betrachtet werden :

Antiproton-Annihilationen in geladene Mesonen innerhalb der Targetmaterie können die geometrischen Bedingungen erfüllen, allerdings sind Wirkungsquerschnitte für z.B. zwei geladene Mesonen im Ausgangskanal, um etwa eine Größenordnung geringer als der elastische (s. Anh. C und D, Wirkungsquerschnitte für  $\bar{p}p \rightarrow \pi$  und elastische Querschnitte). Eine "Überlistung" des Triggers wird aber umso unwahrscheinlicher je mehr Ladung die Targetzelle zu verlassen hat.

Ebenso untergeordnet ist die Reaktion  $\bar{p}p \rightarrow \bar{n}$ , die nach  $\bar{n}$ -Annihilation im Magneten, ebenfalls die Spur eines geladenen Teilchens in den Proportionalkammern hervorrufen kann ("backsplash"). Diese Spuren bilden keinen Fokus im Targetbereich und können daher weitgehend von den elastischen Ereignissen getrennt werden.

Ferner besteht die Möglichkeit einer Antineutronannihilation bereits im Target, der eine "reguläre" neutrale Produktion vorausgeht. Für diese Ereignisse wird sodann nur eines der geladenen Produkte in Vorwärtsrichtung nachgewiesen. Die Existenz solcher Ereignisse innerhalb der "ITRX"-Klasse zeigen die Targetpatterns 4.2.1.3 c).

#### 4.2.3 Tatsächliche Triggerineffizienz

Die in 4.2.2.3 erwähnten "backsplash"-Events mit einer PC-Spur bedeuten insofern keine Triggerfehlfunktion, als tatsächlich eine neutrale Reaktion stattgefunden hat.

Um ein Maß für die tatsächliche Ineffizienz des neutralen Triggers bezüglich der "ITRX" zu erhalten, wurden für Run 439 Cuts so gewählt, daß sie am Ort des Fokus

der jeweiligen neutralen Zelle nur innerhalb des Targetbereichs liegende Spuren zuließen. Da sich jedoch die Auflösung der Proportionalkammern von 1.27 mm bei Verlängerung der Spuren ins Target mit einer Ungenauigkeit in der jeweiligen Koordinate von bis zu 1.5 mm auswirken kann (bei Spuren mit nur drei Kammertreffern in einer Projektion), wurde mit 3 mm, im Vergleich zum Zellenradius von 1.25 mm, ein relativ großer Cut-Radius gewählt, sodaß die Zahl der "1TRX", die diesen Cut erfüllen nur eine obere Grenze für die tatsächliche Triggerineffizienz bei elastischer Streuung liefert (Tab. 4.7).

Zelle 1	47.7 %
Zelle 2	70.7 %
Zelle 3	70.7 %
Zelle 4	64.7 %
Zelle 5	74.3 %

Tab. 4.7 : Anteil der "1TRX"-Events, deren Spur am Fokusort innerhalb des Targetbereichs liegt.

Das Gesamtaufkommen der Einspurereignisse reduziert sich so auf 69 % bzw. auf ca. 10 % aller neutralen Events.

Mit einem Wirkungsquerschnitt für elastische Streuung von 40 mb und einer  $\bar{p}$ -Rate von 300 kHz ergibt sich eine zu erwartende Rate elastischer Ereignisse von

$$(V) \quad \nu_{el} = \sigma_{el} j_{\bar{p}} N_{Target} = 2 \cdot 10^4 \text{ Hz}$$

Bei einem neutralen Trigger von 50 Hz werden davon ca. 5 Hz als "1TRX" akzeptiert.

#### 4.2.4 Unterdrückungsmöglichkeiten

Neben möglichst genauer Justage (relative Lage und kompakte Anordnung der Zel-

len), von der die relativen Häufigkeiten der neutralen Zellen sowie die Gesamthäufigkeit der Einspurklasse abhängt, und dem Verwenden höchst effizienter Mini-Szintillatoren - wobei für beides der quantitative Effekt nicht ohne weiteres berechenbar ist - gibt es eine unkomplizierte Möglichkeit, diese Art Untergrundevents in ihrer Häufigkeit einzuschränken. Wie man anhand ihrer Signatur leicht einsieht, haben die "1TRX" zum Großteil jeweils nur einen Hodoskop-treffer in den x- und y- Slabs (Abb. 4.18).

Wird nun schon "online" statt dem "1:1"- ein "2:1"-Hodoskoptrigger gefordert, so reduziert sich die Gesamthäufigkeit drastisch (Tab. 4.8).

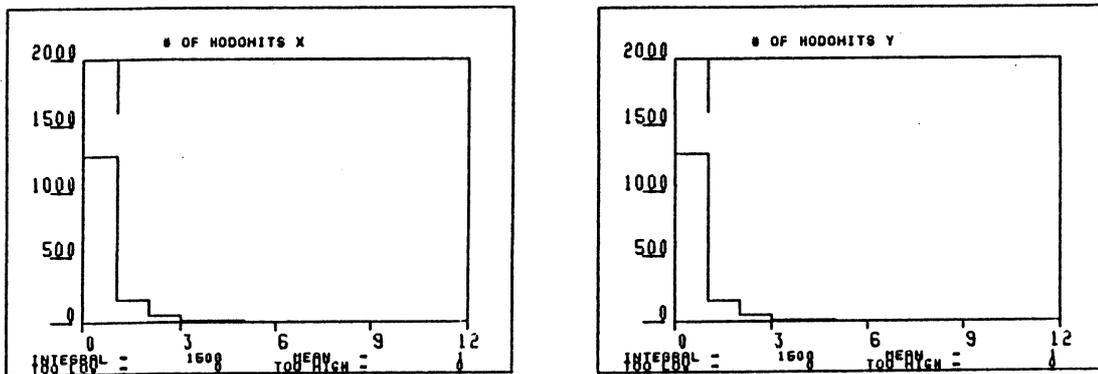


Abb. 4.18 : Hodoskoptreffer-Verteilung der "1TRX" in "x" und "y"

Run #	% der Einspur-Events
439	21.6
630	28.8
1118	34.4

Tab. 4.8 : Anteil aller "1TRX", welcher den Hodoskop-Cut "2:1" erfüllt

Dem Teil der Einspurereignisse, der diesen Hodoskop-Cut erfüllt, müssen kompliziertere Reaktionen als die rein elastische Streuung zugrundeliegen. Diese sind Annihilationen des im Target gestreuten Antiprotons oder eines Antineutrons (s. 4.2.2.4,  $\bar{p}p \rightarrow \bar{n}n$ ) im Magnetbereich, die der Klasse "ITRX" zugerechnet werden, da sich der Einspur-Cut lediglich auf die Proportionalkammern bezieht (s. S. 26).

Eine weitere Möglichkeit den neutralen Trigger im allgemeinen und speziell in Bezug auf "ITRX" zu verbessern, zieht eine Veränderung an den S2-Szintillatoren mit sich. Da es sich als "gefährlich" erweist, die Diskriminatorschwellen für die S2's zu senken, weil auf diese Weise schnelle  $\delta$ -Elektronen ebenfalls ein Veto auslösen können, bleibt die Alternative, die Wandstärke der Hohlzylinder zu vergrößern. Daraus resultieren zwei Vorteile, deren quantitativer Effekt noch zu messen ist:

- gestreute Antiprotonen erleiden im S2 einen größeren Energieverlust und erzeugen so größere Signale im Photomultiplier
- der Raumwinkel, unter dem es ihnen möglich ist, das Vetobarrel ohne Durchqueren der S2-Zähler zu verlassen, wird verkleinert.

Ferner kann die Zahl der Einspurereignisse mit neutraler Zelle 1 dadurch reduziert werden, daß für den S1-Zähler eine höhere Diskriminatorschwelle gesetzt wird (s. Abb. 4.17). Hierbei besteht jedoch die Gefahr, Antiprotonen mit sehr geringem Energieverlust ebenfalls zu verwerfen.

## 4.3 Eventklasse mit einem Vertex

### 4.3.1 Kennzeichen der Klasse

#### 4.3.1.1 Cuts, Häufigkeit

Das charakteristische Merkmal dieser Eventklasse sind zwei Spuren in den Proportionalkammern, die einen Vertex bilden ("V" oder engl. "Vee" steht für "Vertex"). Im Gegensatz zu den Einspurereignissen aus Kapitel 4.2, sind diese Events bezüglich ihrer Kambersignatur zulässige Ereignisse (Zerfälle von  $\Lambda\bar{\Lambda}$  in  $\pi\bar{\pi}\pi^0$  bzw.  $n\bar{n}\pi^+$  liefern ebenfalls nur einen Vertex). Zum unerwünschten Untergrund des neutralen Triggers zählen hier nur die Ereignisse, deren Vertices in oder vor der neutralen Zelle liegen. Ein V-Event, mit Vertex in einer der neutralen folgenden Zelle wird vom Trigger ohnehin nicht verworfen, da auch  $\Lambda(\bar{\Lambda})$ -Teilchen noch innerhalb des Targets zerfallen können.

Zur Feststellung der Häufigkeit dieser Untergrundklasse wurden daher neben der Forderung zweier Spuren auch Cuts auf die z-Positionen der Vertices angewandt. Tab. 4.9 zeigt zum einen die Häufigkeit der V-Events ohne weitere Cuts, zum anderen die der Ereignisse mit Vertex vor der neutralen Zelle ( $z < z_0$ , wobei  $z_0$  die z-Position des "downstream"-Endes der folgenden Targetzelle beschreibt). Die Werte  $z_0$  wurden mithilfe der aus der  $\Lambda\bar{\Lambda}$ -Auswertung bestimmten Zellmitten (/FRAB8/) erhalten.

Aus der Tabelle ist ersichtlich, daß, im Gegensatz zur Klasse der "1TRX", hier Zelle 1 als neutrale eher dominierend ist (s. dazu Kap. 4.3.2.1) und daß die Gesamthäufigkeit der Klasse mit steigender  $\bar{p}$ -Energie von 0.8 bis 5.9 % zunimmt.

#### 4.3.1.2 Vertex-z-Verteilung

Für V-Eventsamples der betrachteten Runs wurden nun, wie in Abb. 4.19 für Run 1118 zu sehen, Verteilungen der Vertex-z-Positionen erzeugt. Zu beobachten sind deutliche Peaks, von welchen mit Cut auf eine bestimmte neutrale Zelle jeweils einer herausprojiziert wird.

Tab. 4.10 wiederum ist zu entnehmen, daß sich die Vertex-Häufungspunkte jeweils am Ort der direkt vor der neutralen gelegenen Zelle befinden.

Run #	Zelle #	$z_0$ in cm	V-Events	V-Events $z < z_0$
439	1	-1.95	29.8	38.2
	2	-1.65	20.0	19.2
	3	-1.24	14.6	13.4
	4	-0.93	10.2	10.2
	5	-0.58	25.4	19.0
Anteil am neut. Trigger			2.7	0.8
630	1	-1.93	23.7	20.5
	2	-1.63	26.0	22.5
	3	-1.33	32.5	42.1
	4	-0.92	8.7	6.3
	5	-0.61	9.2	8.5
Anteil am neut. Trigger			5.5	2.6
1118	1	-2.18	24.9	26.5
	2	-1.88	13.2	8.3
	3	-1.48	21.1	21.1
	4	-1.00	17.0	17.8
	5	-0.63	23.7	26.2
Anteil am neut. Trigger			9.6	5.9

Tab. 4.9 : Anteil der V-Events am neutralen Trigger in % ; für die einzelnen Zellen ist der Prozentsatz bezüglich der gesamten Klasse angegeben

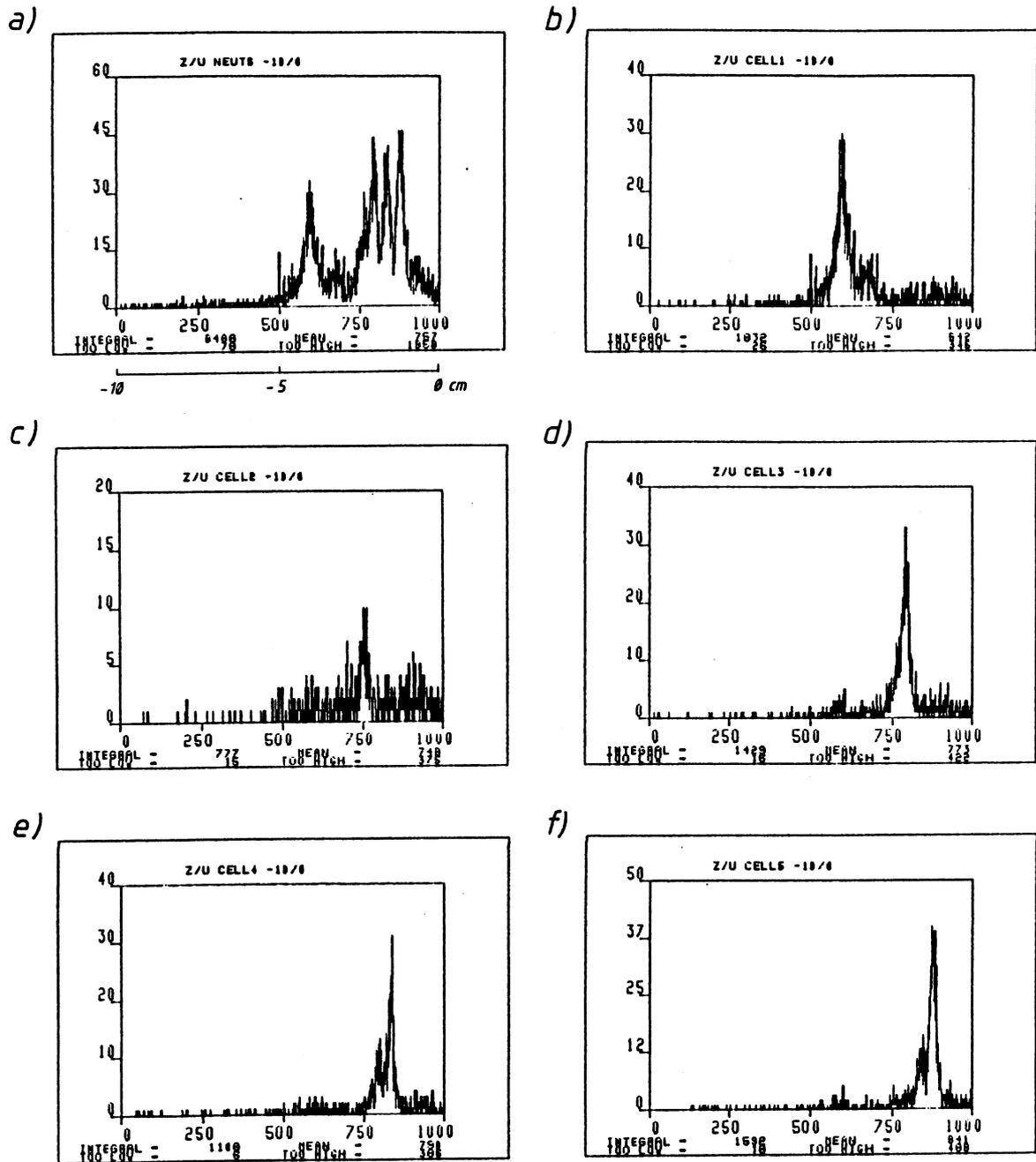


Abb. 4.19 : z-Verteilung der Vertexpunkte, a) V-Events mit neutralem Trigger  
 b) - f) neutrale Zellen 1-5

Zelle #	Peakbreite(mm)	z-Position(cm)	Zellmitte(cm)
1	4.5	-4.0	-2.375
2	3.6	-2.4	-2.075
3	3.3	-2.1	-1.680
4	2.2	-1.6	-1.200
5	2.7	-1.2	-0.825

Tab. 4.10 : Breite (FWHM) und Lage der Vertex-Häufungspunkte im Vergleich mit den Orten der Zellmittelpunkte

#### 4.3.1.3 Häufigste Target-Patterns

Wie für die Einspurklasse wurden hier anhand von TDC-Cuts die auftretenden Targetmuster untersucht und dabei festgestellt, daß auch hier die Patterns überwiegen, bei welchen bis zur neutralen Zelle sämtliche S3's gefeuert, während die Zähler nach der neutralen Zelle kein Signal geliefert haben (4.2.1.4).

Run #	439	630	1118
Zelle 1	33.5%	29.3%	34.1%
Zelle 2	37.0%	32.4%	42.5%
Zelle 3	41.5%	28.8%	42.6%
Zelle 4	52.2%	44.4%	48.8%
Zelle 5	51.7%	74.9%	66.8%

Tab. 4.11 : Bruchteil aller V-Events einer bestimmten neutralen Zelle, der die häufigsten TDC-Patterns aufweist

Für Zelle 5 ist der Anteil dieser Muster am höchsten, da hier im Gegensatz zu anderen neutralen Zellen keine Targetzähler folgen, die nach Verlassen des

Targetbereichs - eventuell durch Cerenkov-Effekt im Lichtleiter - gefeuert werden können und dann ein Muster hervorrufen, welches nicht mehr zu den häufigsten zählt.

#### 4.3.2 Folgerungen

Ein Vergleich der Charakteristika von Einvertex- und Einspur-Events legt nahe, daß ihnen bevorzugt der gleiche Produktionsmechanismus zugrundeliegt und sie sich nur durch die Anzahl der in den Proportionalkammern registrierten Spuren unterscheiden. Hierfür sprechen zum einen die häufigen TDC-Patterns, die für beide Klassen identisch sind. Auch bei V-Events müssen also geladene Teilchen das Target quasi unerkannt verlassen haben. Zum anderen liegen hier - wie bei der "ITRX"-Klasse die Foki der Spuren - die Vertexhäufungspunkte vor der neutralen Zelle, was bedeutet, daß in der neutralen Zelle keine Reaktion zu neutralen (Zwischen-) Produkten stattgefunden hat.

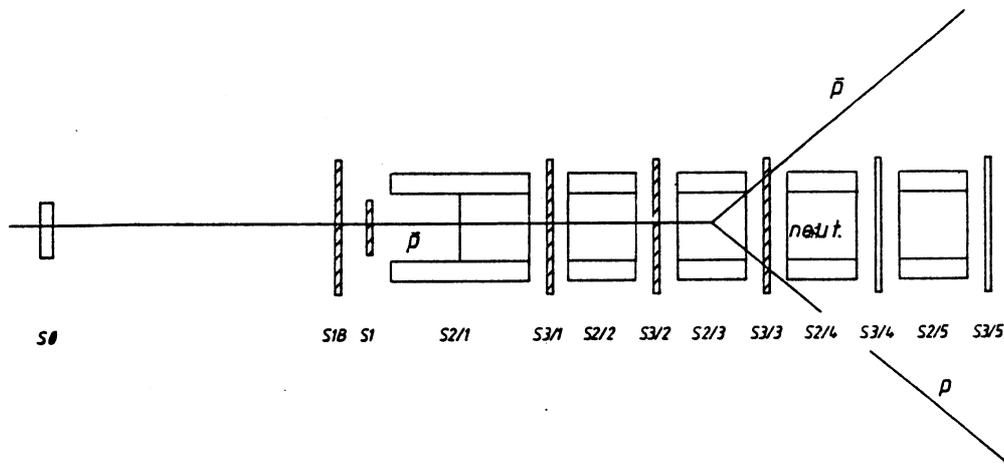


Abb. 4.20 : Elastische Streuung ohne Feuerung des "zuständigen" S2, sodaß die folgende Zelle vom Trigger als neutral erkannt wird

Aus Abb. 4.20 ist ersichtlich, daß die für einen solchen Prozeß günstigen Vertexpositionen der neutralen Zelle näher liegen als für "ITRX" (vgl. Abb. 4.12 in 4.2.2.1). Das ist in Übereinstimmung mit den gemessenen Werten für Zellmitten

Ausgangskanal ("0 prongs") variieren im untersuchten Energiebereich nur um einige Prozent und zwar in der gleichen Richtung, sodaß die Änderung des Verhältnisses neutraler Trigger/V-Events dadurch nicht hervorgerufen werden kann. Dominierend für einen solchen Effekt erscheint jedoch die Veränderung des Abstandes zwischen Target und Hodoskop für die verschiedenen Energien (s. Kap. 4.1.2.3). Da der Öffnungswinkel zwischen den gestreuten Teilchen nahe  $90^\circ$  liegt und mindestens eines im Hodoskop den Trigger auslösen muß, wird klar, daß bei größerer Entfernung Vertex-Hodoskop weniger der V-Ereignisse vom neutralen Trigger akzeptiert werden. Ein Abstand von ungefähr 60 cm (1440 MeV/c) bewirkt gegenüber dem von 40 cm (1900 MeV/c) eine Verkleinerung des "akzeptierenden" Raumwinkels auf ca. 50 %.

Weiterhin wird für steigende Energie der minimale Öffnungswinkel der  $\bar{p}p$ -Streuung kleiner (s. Tabelle zur Zweiteilchenkinematik, Anh. H), was ebenfalls mehr Hodoskopstreifer zur Folge hat.

Diese Effekte werden deutlich anhand der Histogramme der Zählraten der Hodoskopstreifen. Abb. 4.23 zeigt die Zählraten der je 21 Streifen in x für die V-Events der Runs 439 und 1118.

Man erkennt, daß bei der niedrigeren Energie die Verteilung einer Gleichverteilung über die Streifen am nächsten kommt. Mit steigender Energie trifft ein größerer Anteil der auftretenden Spuren ins Hodoskop, die Flanken zu den äußeren Streifen werden steiler. Dieses Phänomen drückt sich auch in der Gesamtzahl der Hodoskopstreifer aus. Bei 1440 MeV/c hat, trotz zweier Proportionalkammerspuren, ein Großteil der Events jeweils nur einen Treffer in x- und y-Richtung.

Für die Einspur-Klasse spielt dies keine Rolle, da dort die zweite Spur ohnehin einen zu großen Winkel zur Strahlachse hat (per definitionem).

#### 4.3.3 Reduktion durch Hodoskop-Trigger "2:1"

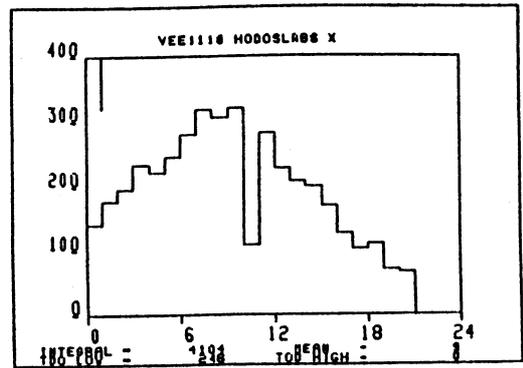
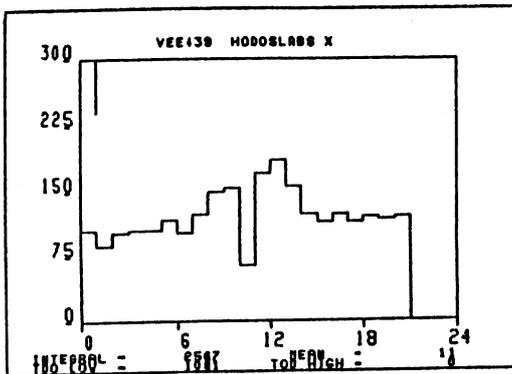
Der Anteil der V-Events mit Vertex vor der neutralen Zelle, die einen Cut auf "2:1" Hodoskopstreifer erfüllen, beträgt für

Run 439 (1440 MeV/c)	49.2 %
Run 630 (1700 MeV/c)	88.3 %
und für Run 1118 (1900 MeV/c)	97.3 %.

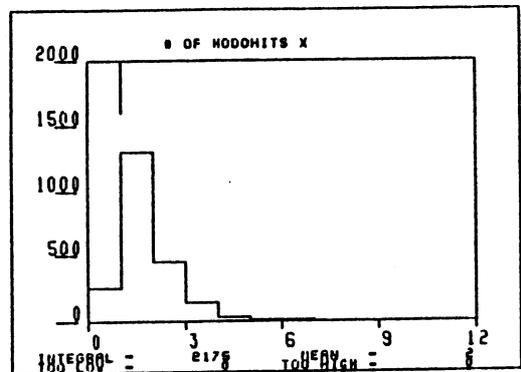
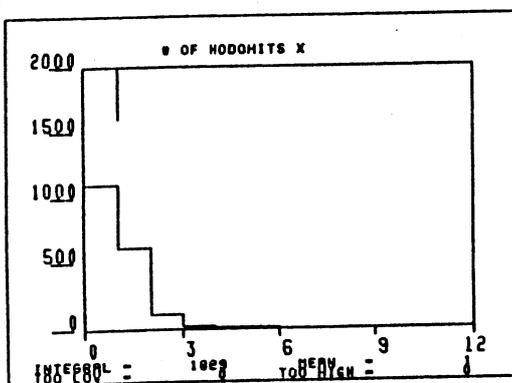
1440 MeV/c

1900 MeV/c

a)



b)



c)

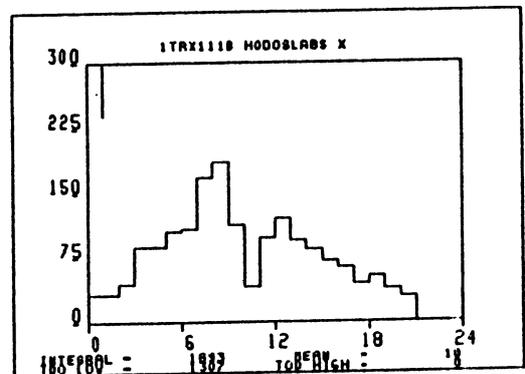
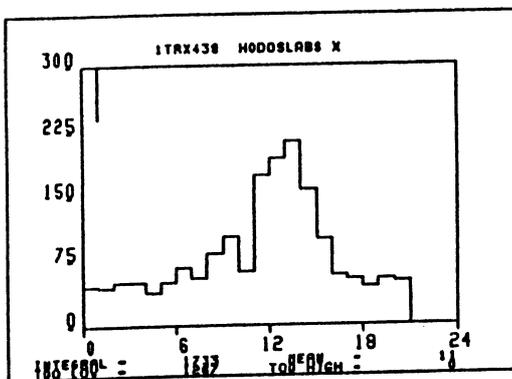


Abb. 4.23 : Vergleich der Hodoskopdaten in "x" für 1440 und 1900 MeV/c :  
a) Zählrate in den Hodoskopstreifen 1-21 für "VEES"  
b) Trefferanzahl pro Event für "VEES"  
c) Hodoskopstreifenzählraten für "ITRX"

#### 4.4 Eventklasse mit mehr als zwei Spuren in den Proportionalkammern

Mit einem Cut auf mindestens drei Spuren in beiden Proportionalkammer-Stacks wurde die Häufigkeit von Events komplizierterer Struktur festgestellt. Sie beträgt für

Run 439 1.5 %

Run 630 4.4 %

und für Run 1118 6.1 % des neutralen Triggers.

Die Verteilung auf die neutralen Zellen in % ist wie folgt :

Run #	439	630	1118
$\bar{p}$ -Impuls (MeV/c)	1440	1700	1900
Zelle 1	26.2	24.6	24.8
Zelle 2	26.0	31.6	17.3
Zelle 3	19.3	21.8	21.8
Zelle 4	15.1	11.8	15.7
Zelle 5	13.3	10.2	20.5

Diese Events haben ihren Ursprung in Annihilationen im Target. Da mindestens drei geladene Teilchen das Target verlassen müssen, ist eine direkte  $\bar{p}p$ -Annihilation, die eine Triggerfehlfunktion bedeutet, auszuschließen. Der wahrscheinlichste Prozeß für die Erzeugung solcher Ereignisse ist  $\bar{p}p \rightarrow \bar{n}n$ , mit nachfolgender  $\bar{n}$ -Annihilation noch innerhalb des Targetbereichs. Dafür spricht auch die Zellverteilung, die wie bei der Klasse der Events mit null PC-Treffern eine Tendenz zur Abnahme nach "downstream" liegenden Zellen aufweist.

Aufgrund der Vielzahl der möglichen geladenen Annihilationskanäle übersteigt eine eingehendere Untersuchung dieser Events den Rahmen dieser Arbeit.

$\Lambda\bar{\Lambda}$ -Ereignisse mit vierfach geladenem Zerfall vor oder in den Proportionalkammern müssen ebenfalls dieser Klasse zugeordnet werden.

#### 4.5 Verbleibende Events mit neutralem Trigger

Alle Ereignisse, die keiner der bisher behandelten physikalischen Untergrundklassen (Annihilationen in Mesonen, elastische Streuung, Trigger durch Strahlteilchen) zuzuordnen sind, müssen zum weiteren Kreis der  $\Lambda\bar{\Lambda}$ -Kandidaten gezählt werden und können "online" nicht ohne weiteres beschnitten werden. Unter ihnen befinden sich auch Konversionsereignisse aus verschiedenen Annihilationskanälen, welche von  $\Lambda(\bar{\Lambda})$ -Zerfällen nur mithilfe einer sorgfältigen kinematischen "offline"-Analyse zu unterscheiden sind ( $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$ ,  $\gamma X \rightarrow e^+e^-X$ ).

Tabelle 4.12 zeigt die Häufigkeiten der Events, die keiner der topologischen Klassen zuzuordnen sind. Da für die Charakterisierung dieser Klassen strenge Cuts gewählt wurden, um die Eigenschaften der beitragenden Ereignisse klar herauspräparieren und diese Untergrund-Events eventuell schon "online" verwerfen zu können, sind diese Zahlen allerdings deutlich größer als der Anteil der physikalisch unbehandelt gebliebenen Events. So müssen zum Beispiel der physikalischen Klasse der elastischen Streuung mit einer Kammerspur ("1TRX") auch Ereignisse mit mehr als 11 oder weniger als 9 Kammertreffern zugeordnet werden.

Run 439	:	35.4 %
Run 630	:	35.8 %
Run 1118	:	45.5 %

Tab. 4.12 : Häufigkeit der Events, die keiner der topologischen Untergrundklassen zuzuordnen sind

## 5. ERSTE TESTS FÜR MESSUNGEN DES KANALS $\bar{p}p \rightarrow \bar{\Sigma}^+ \Sigma^+$

Die konsequente Fortsetzung der  $\Upsilon\bar{\Upsilon}$ -Experimente des PS185 zur Untersuchung der Strangeness-Produktion bei  $\bar{p}p$ -Reaktionen führt zur Betrachtung der nächst schwereren Hyperonen  $\Sigma^+$  und  $\bar{\Sigma}^+$ . Das Verzweigungsverhältnis in die baryonischen Zerfallskanäle ist in der Einleitung angegeben, die Reaktionsschwelle beträgt 1853.0 MeV/c für den Laborimpuls des einfallenden Antiprotons, und liegt damit ebenfalls innerhalb des mit LEAR-Energien zugänglichen Bereichs.

Da die Sigma-Teilchen Ladung tragen, ist, gegenüber den  $\Lambda\bar{\Lambda}$ -Messungen, eine Modifikation des Target-Triggers notwendig.

Die Struktur eines Sigma-Events in Proportionalkammern und Target ist Abb. 5.1 zu entnehmen.

### 5.1 Der "Schwellentrigger"

Um einen Trigger für den geladenen Sigma-Kanal zu realisieren wurde der Tatsache Rechnung getragen, daß bei der gewünschten Reaktion zwei geladene Teilchen entstehen, die in den der Entstehungszelle folgenden S3-Zählern den 3.3- bis 3.9-fachen mittleren Energieverlust (für beide Hyperonen) eines Antiprotons des Strahls erfahren (Rechnung nach Bethe-Bloch-Formel incl. Dichteeffekt s. /STE66/).

Zu diesem Zwecke wurde für die Zähler S3/2 bis S3/5 die Diskriminatorschwelle für erste Tests um das doppelte heraufgesetzt (ca.100 mV, je nach Pulshöhen der Komponenten), wodurch die Zählraten auf 10% der Rate mit kleinerer Schwelle reduziert wurden. Somit ist gewährleistet, daß  $\Sigma$ -Ereignisse "getriggert" werden, deren Produktionsvertex in der zweiten Targetzelle liegt, wobei beide Hyperonen bis zur letzten Zelle innerhalb des Targets verlaufen. Ferner wurde "Strahl" bis zu einschließlich der ersten Targetzelle verlangt, d.h. die vier strahldefinierenden Szintillatoren S0, S1, S1B und S2/1 (Veto) sowie S3/1 mit der niedrigen Schwelle (50 mV) in den Trigger einbezogen. Der Hodoskoptrigger "1:1" wurde weiterhin beibehalten.

Es ergibt sich folgende Triggerlogik für die zehn Targetzähler:

S2/1	S2/2	S2/3	S2/4	S2/5	S3/1	S3/2	S3/3	S3/4	S3/5
-	0	0	0	0	L	H	H	H	H

("L": gefeuert mit niedriger Schwelle, eine Ladung

"H": gefeuert mit hoher Schwelle, zwei Ladungen )

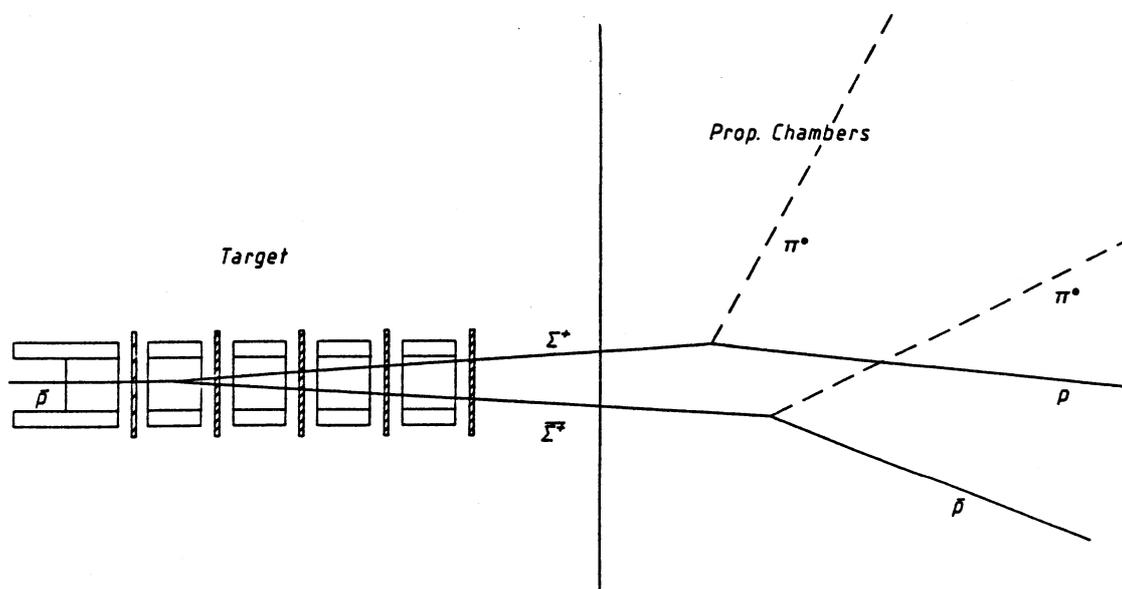


Abb. 5.1 : Beispielskizze der Reaktion  $\bar{p}p \rightarrow \bar{\Sigma}^+ \Sigma^+$

## 5.2 Test der aufgezeichneten Samples

### 5.2.1 Wirkung des Triggers

#### a) ADC-Spektren

Die über Diskriminatorschwellen von vier Targetzählern geforderten größeren Pulshöhen sind an den ADC-Spektren der betreffenden Komponenten zu erkennen (Abb. 5.2). Zum Vergleich sind die Spektren dieser Zähler für einen Run der gleichen Strahlzeit mit neutralem Trigger dargestellt. Auch die niedrige Schwelle für S3/1 als zusätzlichen "beam"-Zähler wird deutlich.

neutraler Trigger

geladener Trigger

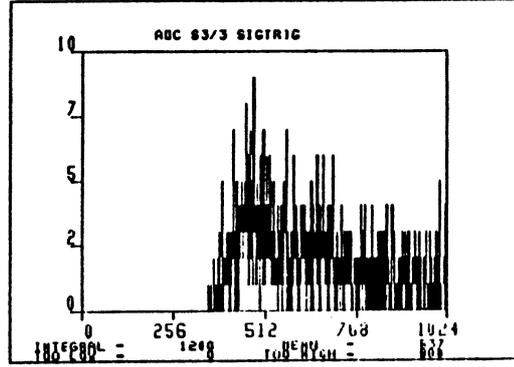
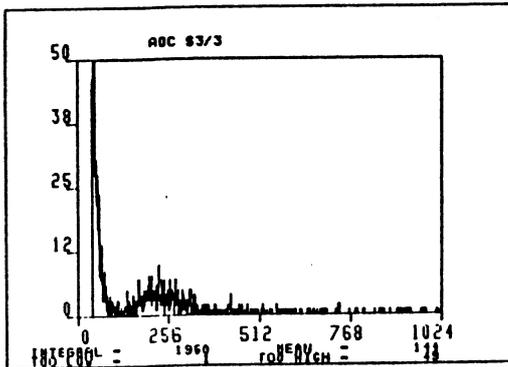
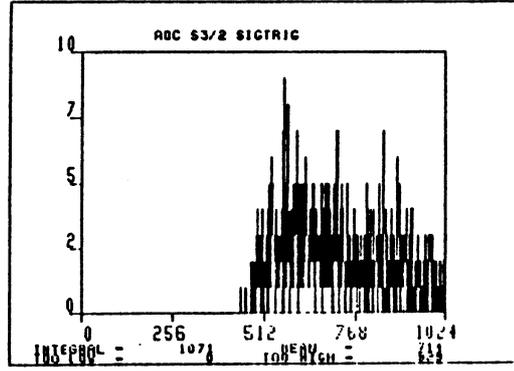
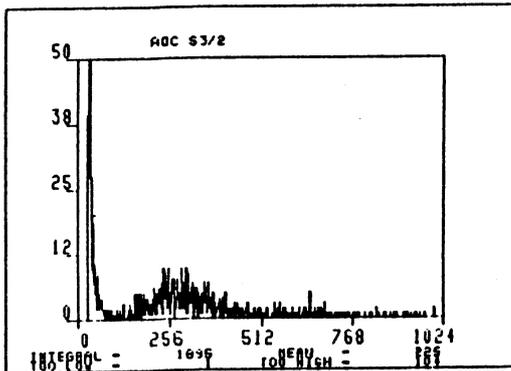
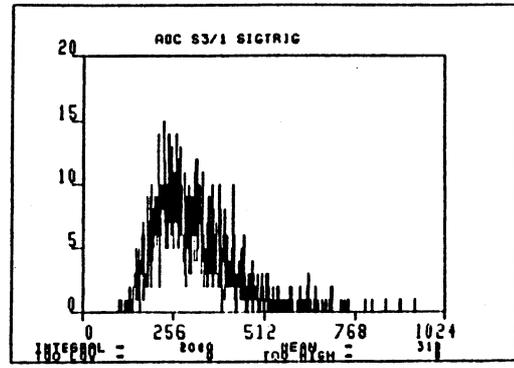
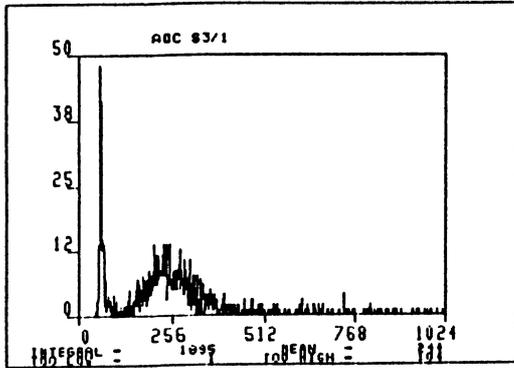


Abb. 5.2 : ADC-Spektren dreier S3-Zähler für neutralen und Schwellentrigger

b) PCOS-Wortlänge

Die Zahl der vom Proportionalkammerauslesesystem PCOS aufgezeichneten binären "Worte" liefert ein Maß für die Anzahl der Spuren durch den Kammerstack. So entsprechen z.B. 10 Treffer einer Spur mit einem gefeuerten Draht in jeder PC-Ebene, 20 Treffer zwei Spuren usw. Aufgrund von Ineffizienzen und "Noise" schwanken diese Zahlen etwas. In Abb. 5.3 wird die Zahl der Kammertreffer bei jeweils 3000 "neutral trigger"- und "Sigma trigger"-Events gegenübergestellt. Daraus ist zu entnehmen, daß durch den Schwellentrigger, wie gewünscht, null und eine Spur stark unterdrückt werden, während der Anteil von zwei Spuren, die ja bei Sigma-Events vorliegen müssen, zunimmt.

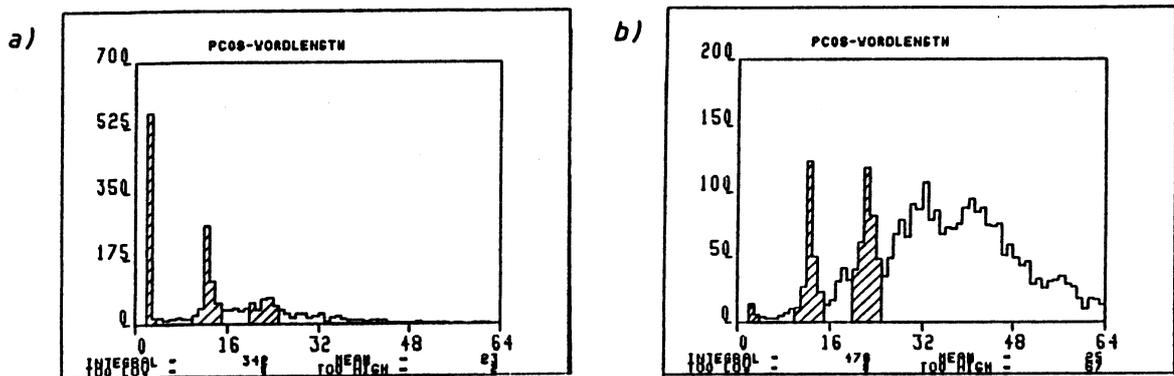


Abb. 5.3 : Zahl der PC-Treffer, schraffiert der Bereich, der 0,1 bzw. 2 Spuren durch den Stack entspricht  
 a) neutraler Trigger  
 b) Sigma-Trigger

### c) Hodoskoptreffer

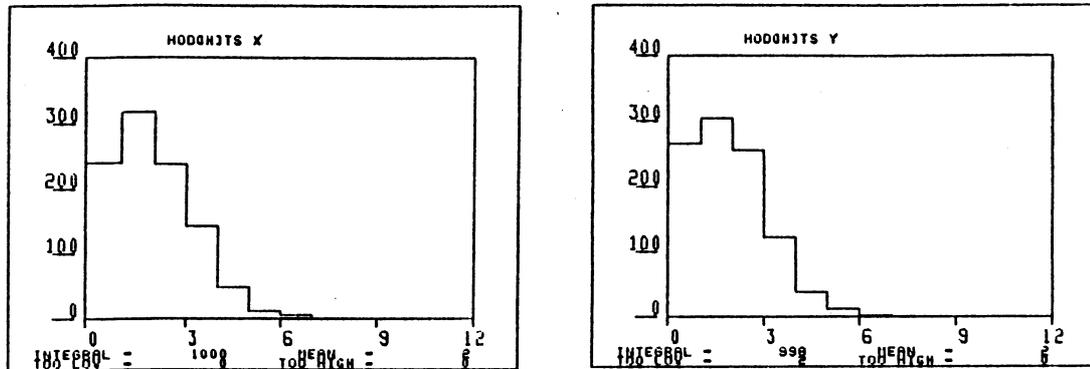


Abb. 5.4 : Zahl der Hodoskoptreffer

#### 5.2.2 Verwendete Cuts

Für die vorläufige Suche nach "Knicks" in den Spuren der Proportionalkammern haben sich folgende Software-Cuts bezüglich der Kammerinformationen als günstig erwiesen :

- 18 - 24 Kammertreffer (MWPC)
- mindestens 8 PC-Ebenen, die 2 - 3 Treffer aufweisen
- mindestens drei Spuren in beiden PC-Stacks  
(Trajektorien mit Knick werden hier als zwei Spuren betrachtet)
- zwei bis drei Vertices in beiden Stacks

Die Spurfindung im Auswerteprogramm wurde dabei so modifiziert, daß bereits eine aus zwei Hits bestehende Spur akzeptiert wird, wobei schon verwendete Treffer nicht mehr zur Kombination mit anderen zugelassen sind.

Der Cut auf die Zahl der Spuren bewirkt zusammen mit den Treffereinschränkungen, daß Ereignisse, die zwei Spuren mit mindestens einem Knick aufweisen, selektiert werden, wobei die Treffer vor und nach dem Knick jeweils als eine Spur erkannt werden. Das bedeutet, daß für diese Reduktion der Zerfall frühestens nach der zweiten Kammerebene stattfinden darf. Die Begrenzung der Trefferzahl pro Ebene

soll Uneindeutigkeiten bei der späteren Bestimmung der Zerfallskoordinaten vermeiden (Ebenen ohne oder mit mehreren Treffern). Der Cut auf zwei oder drei Vertices (ein Produktionsvertex + Zerfallsvertices) brachte keine entscheidende weitere Verminderung der Zahl der reduzierten Events. Die gefundenen "sigmaähnlichen" Kandidaten (5.2.3) wurden sowohl mit als auch ohne diese Einschränkung akzeptiert.

Die oben beschriebenen Cuts reduzierten die vorhandenen Rohdaten-Events auf 0.5 %.

Ein weiterer Cut, der sicherstellt, daß sich mindestens zwei der Proportionalkammerspuren in die Driftkammern fortsetzen lassen (notwendig zur Baryonenidentifikation), verkleinerte dieses Sample um weitere 60 % (324 von 170.000 Rohdatenereignissen).

### 5.2.3 Die Suche nach $\Sigma^+\Sigma^+$ -Kandidaten

Bei der Überprüfung der vorreduzierten Samples wurde zunächst ("visuell") kontrolliert, ob die z-Koordinaten für Produktion und Zerfall in beiden PC-Stacks übereinstimmen. Auf diese Weise verblieben 6 Kandidaten mit zwei abknickenden Spuren, die auch der Impulserhaltung genügten, jedoch bezüglich der Laborwinkel der Hyperonen die Kinematik nicht erfüllten (Als Beispiel siehe Abb. 5.5).

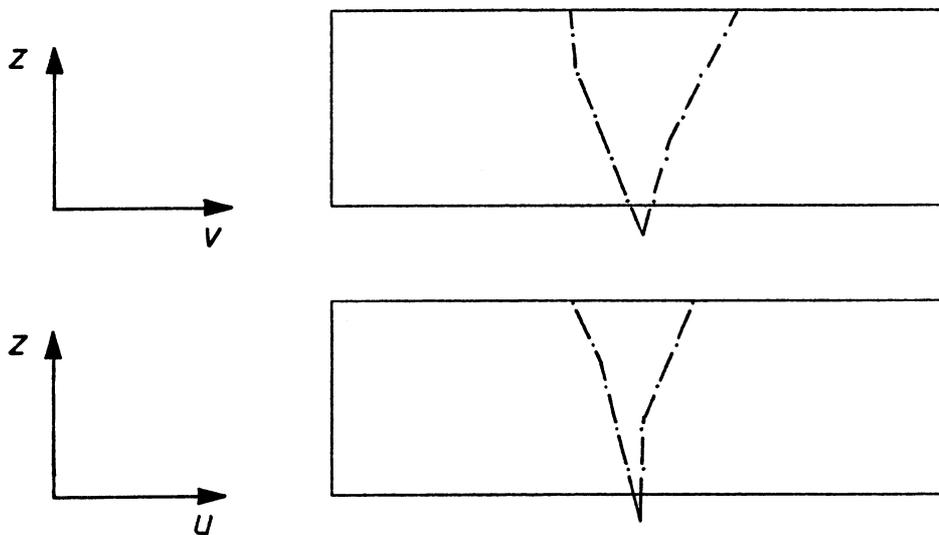


Abb. 5.5 : Struktur eines "Kandidaten" in den Projektionen "u" und "v" der Proportionalkammern; die z-Koordinaten für Zerfälle und Produktion stimmen überein, die Impulserhaltung ist gegeben, die Sigma-Laborwinkel überschreiten jedoch den zulässigen Maximalwert

Im wesentlichen existieren zwei Reaktionsmöglichkeiten, die, neben dem Sigma-Zerfall, solche Knicks hervorrufen können:

- Streuung "weicher" Teilchen an Kammerdrähten (Elektronen, Pionen)
- Zerfall geladener Pionen:  $\pi^+ \rightarrow \mu^+\nu$ ,  $\pi^- \rightarrow \mu^-\bar{\nu}$

Beiden Prozessen geht eine  $\bar{p}$ -Annihilation im Target voraus.

Bei einer Weglänge von  $ct = 7.8$  m zerfallen 1.3 % der Pionen in Vorwärtsrichtung schon innerhalb der Proportionalkammern.

### 5.3 Erkenntnisse

Die Zahl der  $\Sigma^+\Sigma^-$ -Ereignisse, welche, bei dem bisherigen Experimentaufbau, beide Zerfälle erst nach der zweiten Kammerebene aufweisen liegt bei nur 5 % aller entstehenden Sigma-paare. Um eine akzeptable "fishing efficiency" zu erhalten, ist man daher gezwungen, aus bereits einem in den Proportionalkammern registrierten Knick - bei Zerfall des anderen Sigma vor den Kammern - auf die Raumrichtungen beider Hyperonen zu schließen. Zu diesem Zweck sind die Proportionalkammern ungeeignet, da sie mit dem Drahtabstand von 1.3 mm lediglich eine Winkelauflösung von ca.  $5^\circ$  erlauben, wobei die Genauigkeit der Bestimmung des Produktionsortes im Sandwich-Target auf 1.25 mm beschränkt ist (Abb. 5.3). Ferner bewirkt der "dead spot" der Kammern, daß Sigma-Spuren unter Laborwinkeln kleiner als ca.  $3^\circ$  in der ersten Kammerebene keine Treffer erzeugen :

$$(VI) \quad \vartheta_{\max} = \arctan(r/d) = 3.4^\circ$$

wobei Radius des "dead spot"  $r = 1.5$  mm  
Abstand Zelle 2 - Ebene 1  $d = 25.0$  mm

Der maximal mögliche Laborwinkel der Sigma-Teilchen beträgt  $8.6^\circ$  bei einem Antiprotonimpuls von 1900 MeV/c. Anhang I zeigt eine Kinematiktabelle mit auftretenden Produktions- und Zerfallswinkeln.

Mit dem Einsatz zusätzlicher Mikrostreifenpaare vor und nach dem Target (/GEY89/) soll diesen Problemen in Zukunft begegnet werden. Die Detektoren werden eine Ortsauflösung von 200 bzw. 100  $\mu$ m besitzen. Die Streifen nach dem Target liefern so einen Punkt der Sigma-Spur vor dem Zerfall mit hoher Genauigkeit, während 2 Paare vor dem Target die Strahlrichtung festlegen und damit die Auflösung für den Produktionsort im Target verbessern.

So kann anhand der zweiten Kammerspur auch ein Zerfall des anderen Teilchens

zwischen Mikrostreifen und Kammer bestimmt werden, woraus sich dessen Produktionswinkel ergibt.

Unter Einbeziehung der Reaktionskinematik kann dies auch für Zerfall noch vor dem Streifenpaar erfolgen.

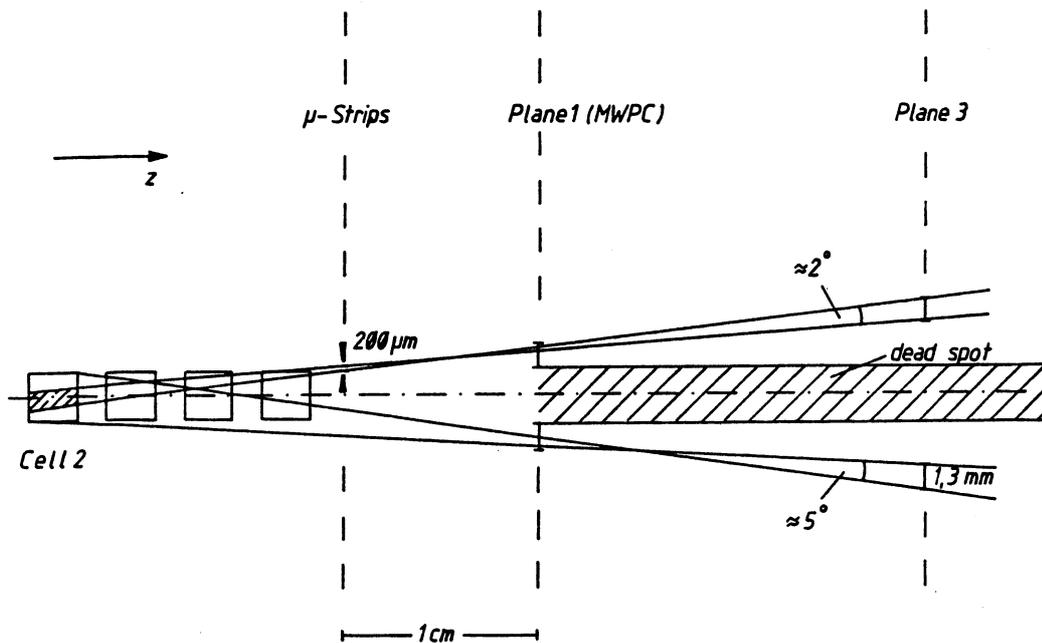


Abb. 5.5 : Verbesserung der Winkelauflösung durch ein Mikrostreifen-Paar zwischen Target und Proportionalkammern (obere Hälfte der Zeichnung) bei Zerfall nach der dritten PC-Ebene. Als Distanz zur ersten Ebene wurde hier 1 cm angenommen.

Die schraffierte Fläche in Zelle 2 beschreibt den Bereich, auf den sich der Produktionsort mithilfe des zusätzlichen Detektors einschränken lässt. Noch nicht berücksichtigt ist die weitere Verbesserung durch Streifen vor dem Target, die ebenfalls für die nächsten Runs des PS185 eingesetzt werden.

## 6. ZUSAMMENFASSUNG

Nach Einteilung der mit neutralem Trigger aufgezeichneten Ereignisse in vier größere, durch ihre Struktur in den Kammern gekennzeichnete Klassen, wurden diese auf ihren physikalischen Hintergrund hin untersucht.

Der Anteil der "topologischen" Eventklassen (s. Kap. 4) am neutralen Trigger beträgt für drei Strahlzeiten mit  $\bar{p}$ -Impulsen zwischen 1440 und 1900 MeV/c :

I	"OPCHITS"	27 - 52 %
II	"ITRX"	13 - 20 %
III	"IVEES"	3 - 10 %
IV	"MULTRX"	2 - 6 %

Die Häufigkeit der Klassen I und III variiert mit der Entfernung Target/Hodoskop, die abhängig von der  $\bar{p}$ -Energie eingestellt wird.

Die Anzahl der Events, die den Klassen II und III zugeordnet werden kann, wird innerhalb einiger Prozent vom Zustand der Targetzähler und deren Justage zueinander bestimmt.

Den wie oben zusammengefaßten Ereignissen konnten folgende physikalische Inhalte zugeordnet werden:

I	ca. 85 - 95 %	$\bar{n}$ -Annihilationen
	5 - 15 %	Beam-Events
II	ca. 70 %	elastische $\bar{p}$ -Streuung
	30 %	$\bar{n}$ -Annihilationen
III	ca. 30 - 70 %	elastische $\bar{p}$ -Streuung vor der neutralen Zelle
	20 - 30 %	$\bar{p}$ -Annihilationen im Target
IV	ca. 100 %	$\bar{n}$ -Annihilationen im Target

Eine Ineffizienz des neutralen Triggers liegt dabei nur für die elastische Streuung der Klassen II und III, die  $\bar{p}$ -Annihilationen in geladene Teilchen und die Beam-Events der Klasse I vor (maximal 25 % des neutralen Triggers).

Mit dieser Einteilung lassen sich weit gefaßte physikalische Klassen in ihrer Häufigkeit bezüglich des gesamten neutralen Triggers abschätzen:

Annihilationen	38 - 52 %
Elastische Streuung	10 - 21 %
Beam-Events oder elastische Streuung unter kleinen Winkeln	1 - 8 %

Zur Reduktion der aufgezeichneten Events bei der Datenaufnahme bietet sich für die Klasse "OPCHITS" ein zusätzlicher Trigger bezüglich der Proportionalkammer-treffer an, dessen Installation ins Auslesesystem PCOS keine Probleme bereitet. Eine weitere Einschränkung des neutralen Triggers bietet ein Hodoskoptrigger, der mindestens zwei Hits in einer der beiden Richtungen verlangt.

Der Anteil der Klassen, der diesem Cut gehorcht, beträgt :

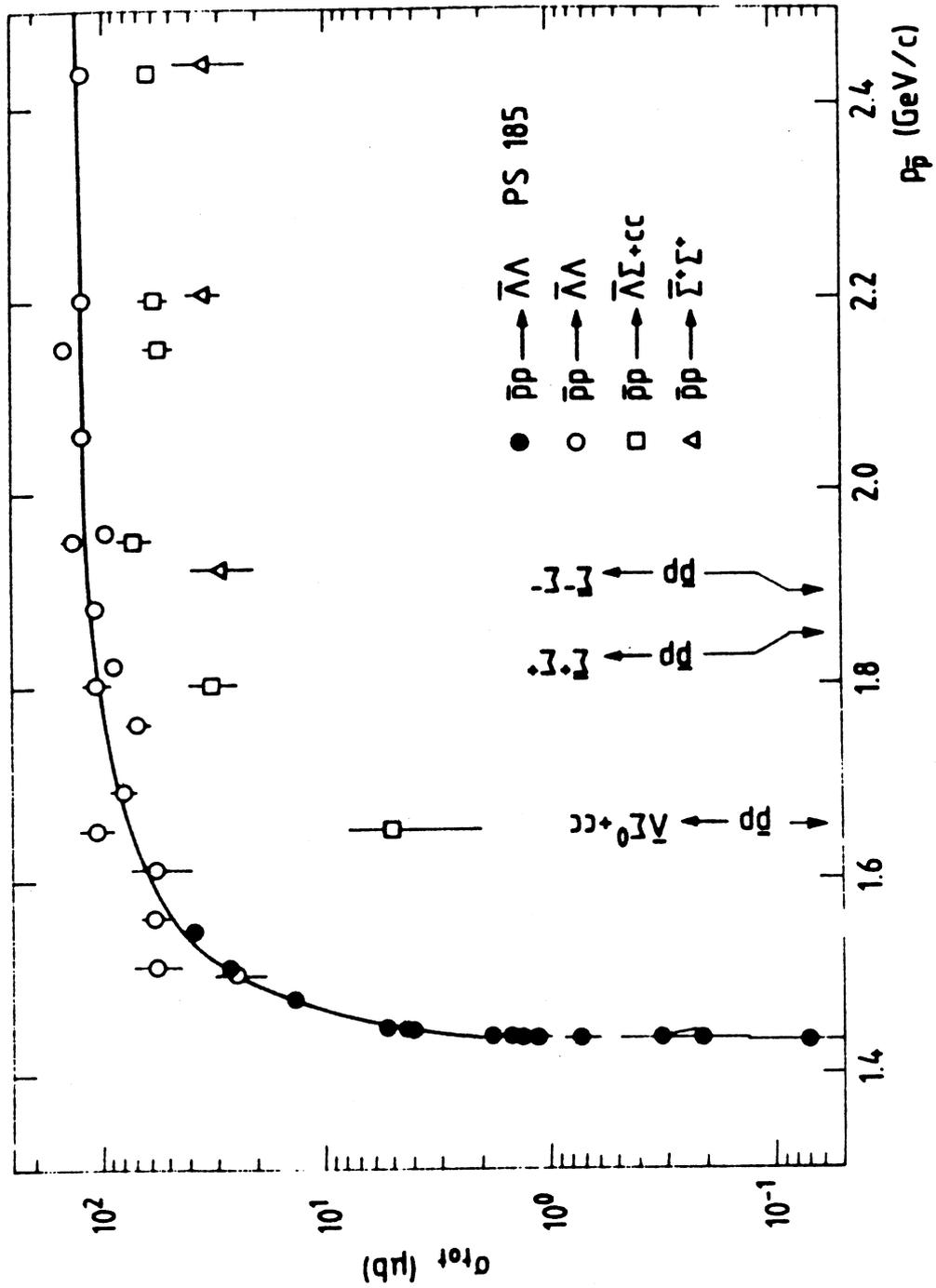
"OPCHITS"	49 - 57 %
"ITRX"	22 - 34 %
"IVEES"	50 - 98 %

Der gesamte neutrale Trigger wird durch diese Forderung um 40 - 60 % reduziert.

Der Test des Schwellentriggers zur Sigma-Messung (Kap. 5) ergab, daß Ereignisse mit mehreren Spuren "online" selektiert werden können und schon durch geeignete Cuts bezüglich der Proportionalkammer-Information die Anzahl der Rohdaten-Events auf 0.5 % reduziert werden kann. Bei den gefundenen Events mit sigmaähnlicher Struktur in den Proportionalkammern ließen sich allerdings entweder die PC-Spuren nicht bis in die Driftkammern fortsetzen oder genügten den kinematischen Bedingungen nicht.

Die Proportionalkammern erwiesen sich aufgrund der bei Sigmaereignissen auftretenden kleinen Winkel als ungeeignet für die genauere Untersuchung von  $\Sigma^+ \Sigma^-$ -Kandidaten. Um bereits bei nur einem Zerfall innerhalb der Kammern genügend Information über die Raumrichtung beider Hyperonen zu erhalten, werden bei künftigen Messungen zusätzliche Mikrostreifen-Paare vor und hinter dem Target angebracht. In einem weiteren Schritt sind Miniaturdriftkammern zum Spurnachweis vorgesehen.

Totale Wirkungsquerschnitte in den  $\bar{p}p$ -Hyperonkanälen (aus /FRA87/)



ANHANG B

Berechnung der zu erwartenden  $\Lambda\bar{\Lambda}$ -Rate

Nach der Definition des totalen Wirkungsquerschnitts

$$\sigma = \frac{\nu}{j * N}$$

mit der einfallenden Stromdichte  $j$  und der Anzahl der Streuzentren  $N$  lässt sich für "dünne Targets", d.h. bei vernachlässigbarer Abnahme der Strahlintensität durch Reaktionen im Target, die Rate der entstehenden  $\Lambda\bar{\Lambda}$ -Paare berechnen :

$$\begin{aligned} \nu_{\Lambda\bar{\Lambda}} &= \sigma_{\Lambda\bar{\Lambda}} * j_{\bar{p}} * N = \\ &= 4 * 2 * \sigma_{\Lambda\bar{\Lambda}} * \frac{\nu}{A} * \frac{gV}{m} = 1.1 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Hierbei ist	$\sigma_{\Lambda\bar{\Lambda}}$	= 50 $\mu\text{b}$	Wirkungsquerschnitt bei 1500 MeV/c
	$\nu$	= 300 kHz	Antiprotonenrate
	A	= 1 $\text{mm}^2$	angenommener Strahlquerschnitt
	g	= 0.92 $\text{g/cm}^3$	Dichte der CH <sub>2</sub> -Targets
	V	= 2.5mm*1mm <sup>2</sup> * $\pi$	
		= 7.85 $\text{mm}^3$	vom Strahl "ausgeleuchtetes"
			Volumen einer Targetzelle
	m	= 14*1.67*10 <sup>-27</sup> kg	Masse eines CH <sub>2</sub> -Moleküls

Die Faktoren 4 und 2 beschreiben die Zahl der CH<sub>2</sub>-Zellen bzw. die Zahl der gebundenen Protonen im CH<sub>2</sub>.

ANHANG C

Annihilationsquerschnitte

Aus /CER84/ wurden folgende Annihilations-Wirkungsquerschnitte für  $\bar{p}$ -Impulse von 1600 MeV/c entnommen :

Reaktion	$\sigma$ in mb	Fehler in mb
Annihilation	51.000	3.000
0 prongs	6.900	0.170
$2\pi^+ \pi^0 2\pi^-$	10.400	1.000
$3\pi^+ \pi^0 3\pi^-$	1.800	0.250
$2\pi^+ 2\pi^-$	1.400	0.300
$\pi^+ \pi^0 \pi^-$	1.260	0.070
$3\pi^+ 3\pi^-$	1.260	0.080
$3\pi^+ 2\pi^0 3\pi^-$	1.050	0.250
$4\pi^+ 4\pi^-$	0.025	0.010
$4\pi^+ \pi^0 4\pi^-$	0.006	0.006

ANHANG D

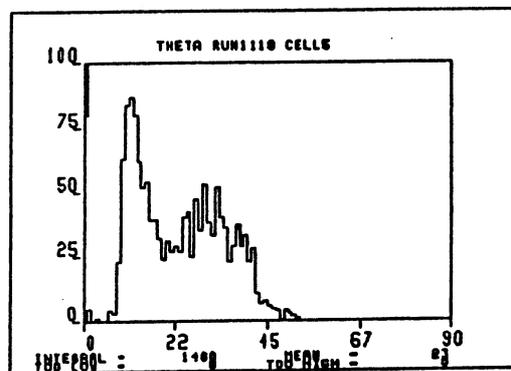
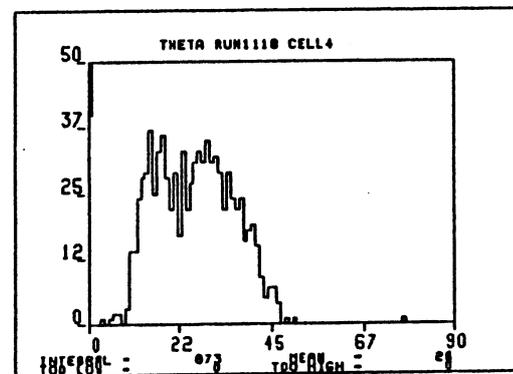
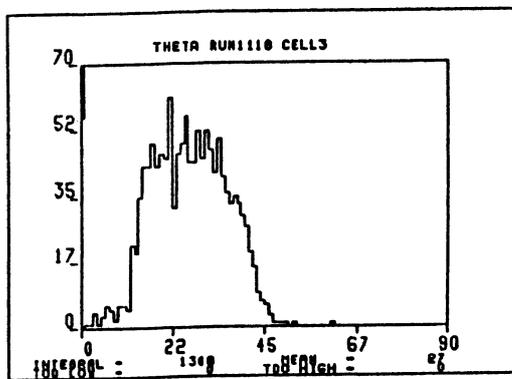
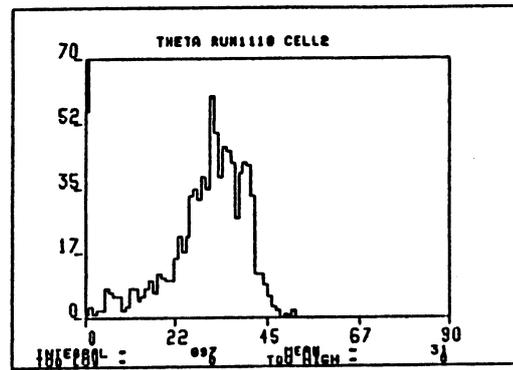
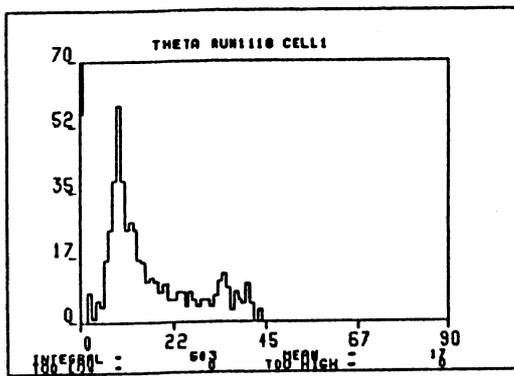
Wirkungsquerschnitte für elastische  $\bar{p}p$ -Streuung (/CER84/)

$P_{\text{Lab}}$ (MeV/c)	$\sigma_{pp}$ (mb)	Fehler (mb)
1360	42.20	1.20
1443	41.80	1.20
1710	37.00	1.50
1910	33.90	1.40

ANHANG E

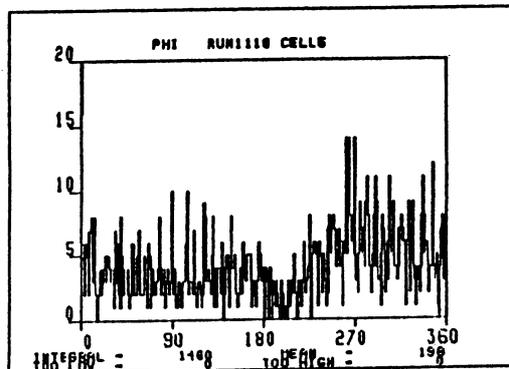
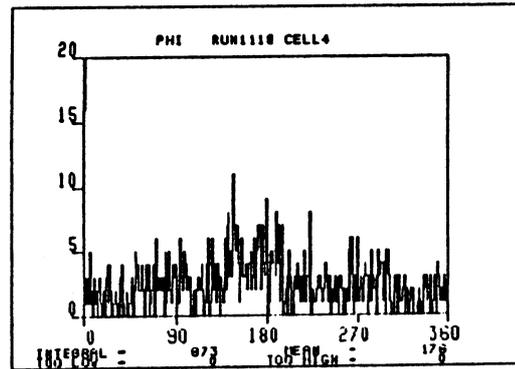
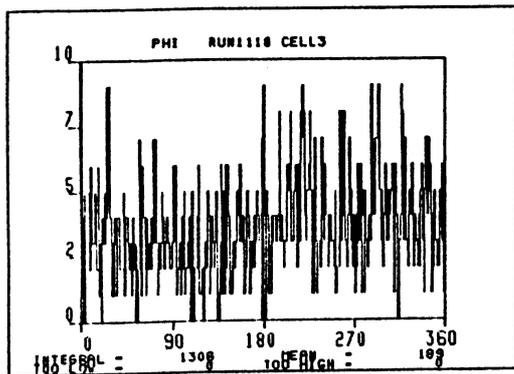
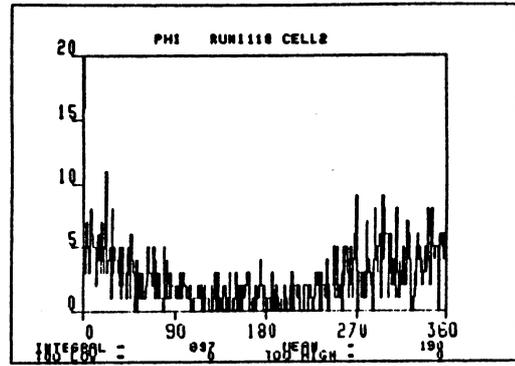
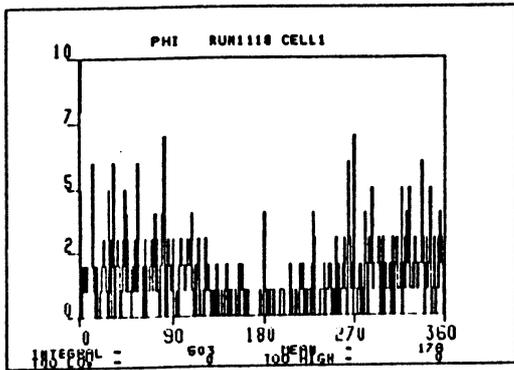
Polarwinkelverteilungen der Spuren der Eventklasse "ITRX"

Aufgetragen ist die Häufigkeit der aus den Proportionalkammerspuren berechneten Winkel zur Strahlachse für die neutralen Zellen 1 - 5, Run 1118 :



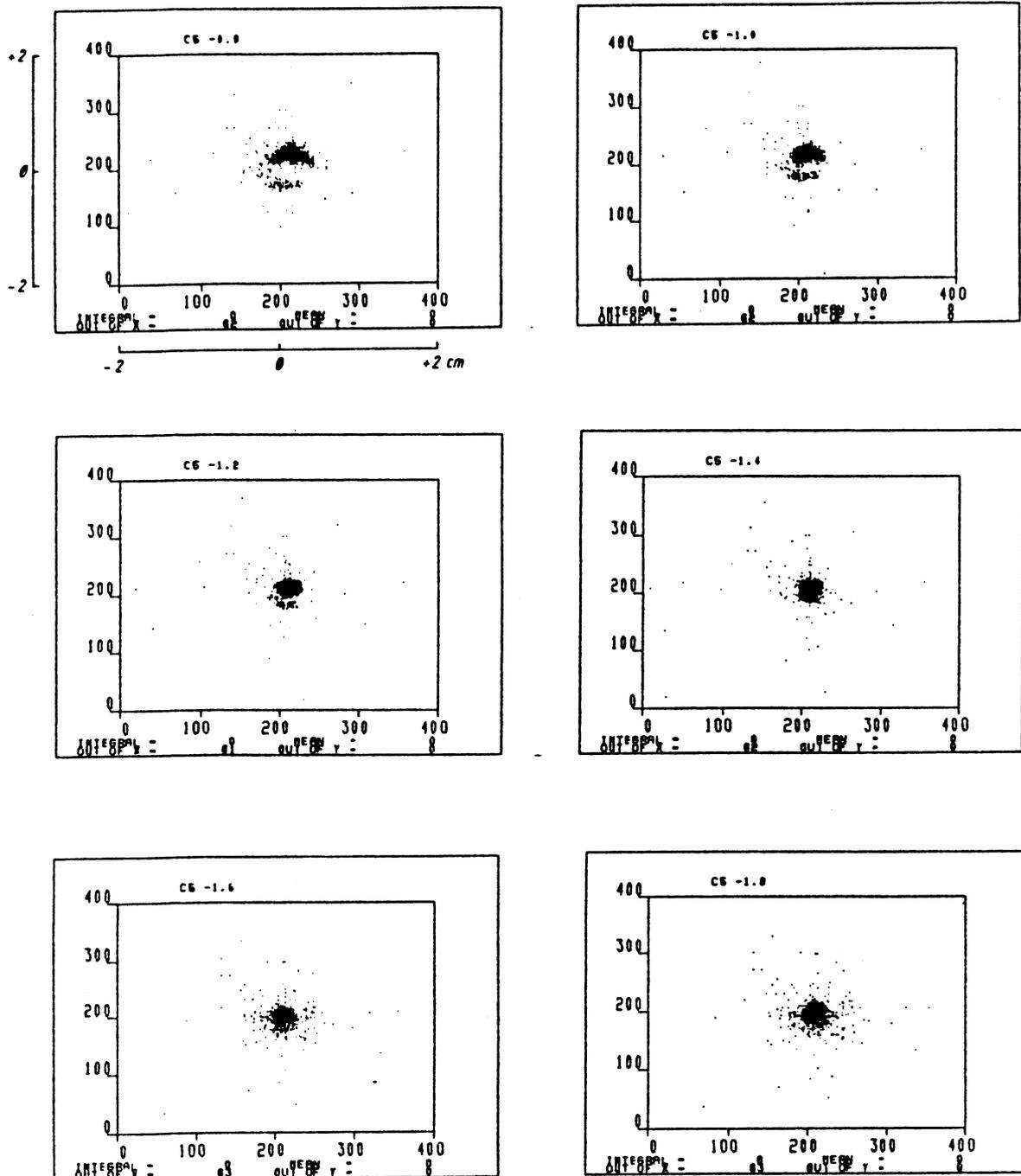
ANHANG F

Verteilung der Azimutalwinkel für "1TRX", Run 1118



Beispiel für die Fokussuche bei "ITRX"

Variation der z-Position für die Dot-Plots neutraler Einspureignisse, Zelle 5, Run 439 (z-Werte : -0.8, -1.0, -1.2, -1.4, -1.6 und -1.8 cm) :



ANHANG H

Laborimpulse und -winkel für elastische  $\bar{p}p$ -Streuung bei 1442 und 1900 MeV/c

$P_{inc} = 1442 \text{ MeV/c}$				$P_{inc} = 1900 \text{ MeV/c}$			
$\bar{p}$		$p$		$\bar{p}$		$p$	
$\theta_{Lab}$ (degr.)	$P_{Lab}$ (MeV/c)	$\theta_{Lab}$ (degr.)	$P_{Lab}$ (MeV/c)	$\theta_{Lab}$ (degr.)	$P_{Lab}$ (MeV/c)	$\theta_{Lab}$ (degr.)	$P_{Lab}$ (MeV/c)
0.0	1442	90.0	0	0.0	1900	90.0	0
5.0	1432	82.9	126	5.0	1884	81.9	166
10.0	1403	76.0	251	10.0	1836	74.0	332
15.0	1355	69.2	375	15.0	1761	66.4	497
20.0	1292	62.7	497	20.0	1663	59.3	661
25.0	1216	56.6	616	25.0	1540	52.8	822
30.0	1131	50.7	731	30.0	1422	46.8	976
35.0	1039	45.2	839	35.0	1290	41.2	1122
40.0	942	40.1	941	40.0	1155	36.2	1258
45.0	844	35.2	1035	45.0	1022	31.5	1381
50.0	745	30.6	1120	50.0	892	27.3	1492
55.0	646	26.3	1195	55.0	766	23.3	1590
60.0	549	22.2	1261	60.0	645	19.5	1673
65.0	454	18.2	1316	65.0	529	16.0	1744
70.0	361	14.4	1362	70.0	418	12.6	1800
75.0	269	10.7	1397	75.0	310	9.3	1844
80.0	178	7.1	1422	80.0	205	6.2	1875
85.0	89	3.5	1437	85.0	102	3.1	1894
90.0	0	0.0	1442	90.0	0	0.0	1900

ANHANG I

Laborimpulse und -winkel für  $pp \rightarrow \Sigma^+\Sigma^+$ ,  $\Sigma^+ \rightarrow p\pi^0$  bei 1900 MeV/c

( 3= $\Sigma^+$  4= $\Sigma^+$  5=p 6= $\pi^0$  )

$\theta_5$  und  $\theta_6$  sind die Laborwinkel relativ zur Richtung von 3

$\theta_3 = 0.0^\circ$		$p_3 = 1129 \text{ MeV/c}$		$\theta_4 = 0.0^\circ$		$p_4 = 771 \text{ MeV/c}$	
	$\theta_5$	$p_5$	$\theta_6$	$p_6$			
	0.0	1170	180.0	40			
	4.8	1138	93.1	95			
	9.0	1052	61.1	187			
	11.8	928	40.6	290			
	11.9	796	25.0	387			
	7.9	690	12.0	456			
	0.0	648	0.0	481			

$\theta_3 = 2.0^\circ$		$p_3 = 1123 \text{ MeV/c}$		$\theta_4 = 2.9^\circ$		$p_4 = 779 \text{ MeV/c}$	
	$\theta_5$	$p_5$	$\theta_6$	$p_6$			
	0.0	1164	180.0	41			
	4.8	1133	93.5	95			
	9.0	1047	61.4	186			
	11.9	923	40.8	290			
	11.9	791	25.1	386			
	8.0	688	12.0	455			
	0.0	644	0.0	480			

$\theta_3 = 4.0^\circ$	$p_3 = 1103 \text{ MeV/c}$	$\theta_4 = 5.5^\circ$	$p_4 = 804 \text{ MeV/c}$
------------------------	----------------------------	------------------------	---------------------------

$\theta_5$	$p_5$	$\theta_6$	$p_6$
0.0	1145	180.0	42
4.9	1115	95.8	95
9.2	1029	62.2	185
12.0	907	41.3	287
12.2	776	25.4	381
8.1	671	12.2	449
0.0	640	0.0	473

$\theta_3 = 6.0^\circ$	$p_3 = 1065 \text{ MeV/c}$	$\theta_4 = 7.5^\circ$	$p_4 = 848 \text{ MeV/c}$
------------------------	----------------------------	------------------------	---------------------------

$\theta_5$	$p_5$	$\theta_6$	$p_6$
0.0	1111	180.0	46
5.0	1081	97.1	95
9.4	998	63.6	183
12.4	878	42.3	281
12.6	749	26.1	373
8.4	645	12.5	438
0.0	604	0.0	462

$\theta_3 = 8.0^\circ$	$p_3 = 993 \text{ MeV/c}$	$\theta_4 = 8.6^\circ$	$p_4 = 928 \text{ MeV/c}$
------------------------	---------------------------	------------------------	---------------------------

$\theta_5$	$p_5$	$\theta_6$	$p_6$
0.0	1045	180.0	52
5.3	1016	101.6	97
10.1	936	66.6	178
13.3	821	44.3	271
13.6	695	27.3	357
9.2	593	13.1	418
0.0	553	0.0	440

$\theta_3 = 8.5^\circ$	$p_3 = 905 \text{ MeV/c}$	$\theta_4 = 7.6^\circ$	$p_4 = 1014 \text{ MeV/c}$
------------------------	---------------------------	------------------------	----------------------------

$\theta_5$	$p_5$	$\theta_6$	$p_6$
0.0	966	180.0	61
5.8	939	107.0	99
10.9	863	70.5	174
14.5	753	46.9	259
15.0	631	29.0	338
10.2	531	13.9	394
0.0	491	0.0	414

$\theta_3 = 8.0^\circ$	$p_3 = 866 \text{ MeV/c}$	$\theta_4 = 6.6^\circ$	$p_4 = 1049 \text{ MeV/c}$
------------------------	---------------------------	------------------------	----------------------------

$\theta_5$	$p_5$	$\theta_6$	$p_6$
0.0	931	180.0	65
6.0	905	109.4	100
11.4	830	72.3	172
15.2	722	48.2	254
15.8	603	29.8	330
10.8	504	14.3	384
0.0	463	0.0	403

$\theta_3 = 6.0^\circ$	$p_3 = 812 \text{ MeV/c}$	$\theta_4 = 4.4^\circ$	$p_4 = 1096 \text{ MeV/c}$
------------------------	---------------------------	------------------------	----------------------------

$\theta_5$	$p_5$	$\theta_6$	$p_6$
0.0	882	180.0	70
6.3	856	112.8	103
12.0	785	74.9	170
16.1	680	50.0	249
16.9	563	31.0	318
11.7	465	14.8	369
0.0	424	0.0	387

$\theta_3 = 4.0^\circ$      $p_3 = 789 \text{ MeV/c}$      $\theta_4 = 2.8^\circ$      $p_4 = 1116 \text{ MeV/c}$

$\theta_5$	$p_5$	$\theta_6$	$p_6$
0.0	860	180.0	73
6.5	835	114.3	104
12.4	764	76.2	169
16.6	661	50.9	244
17.5	545	31.5	313
12.2	447	15.1	372
0.0	407	0.0	380

$\theta_3 = 2.0^\circ$      $p_3 = 775 \text{ MeV/c}$      $\theta_4 = 1.4^\circ$      $p_4 = 1126 \text{ MeV/c}$

$\theta_5$	$p_5$	$\theta_6$	$p_6$
0.0	849	180.0	74
6.6	824	115.0	104
12.5	754	76.8	168
16.9	651	51.3	242
17.8	536	31.8	311
12.5	438	15.3	359
0.0	398	0.0	377

$\theta_3 = 0.0^\circ$      $p_3 = 771 \text{ MeV/c}$      $\theta_4 = 0.0^\circ$      $p_4 = 1129 \text{ MeV/c}$

$\theta_5$	$p_5$	$\theta_6$	$p_6$
0.0	845	180.0	75
6.6	821	115.2	105
12.6	751	77.0	168
17.0	648	51.5	242
17.9	533	31.9	310
12.5	436	15.3	358
0.0	395	0.0	376

Zahl der DC-Treffer pro Event und Ebene

Nach einem Cut auf mindestens eine Spur in Driftkammern (Spurrechnung in den Ebenen 1 - 13) wurde bei jeweils 1000 analysierten Events die durchschnittliche Trefferzahl pro Event zum einen für neutralen Trigger (ausgenommen "OPCHITS"), zum anderen für "OPCHITS" ermittelt :

	neutral					"OPCHITS"				
Run # 439 (1440 MeV/c)										
DC-Ebene	DC12	DC13	MC1	MC2	MC3	DC12	DC13	MC1	MC2	MC3
Treffer pro Event	2.17	2.09	1.40	1.79	1.81	1.98	1.92	2.24	2.59	2.68
Run # 1118 (1900 MeV/c)										
DC-Ebene	DC12	DC13	MC1	MC2	MC3	DC12	DC13	MC1	MC2	MC3
Treffer pro Event	2.13	2.07	1.93	1.76	1.26	2.14	2.08	2.51	2.24	1.59

Hierbei beschreibt "DC12" bzw. "DC13" die beiden letzten Driftkammerebenen während die Magnetebenen mit "MC1" bis "MC3" bezeichnet werden. Die vergleichsweise geringe Trefferzahl der letzten Ebene bei Run 1118, sowohl für neutrale als auch für "OPCHITS"-Events, hat ihre Ursache in einem gerissenen Kammerdraht dieser Ebene.

Die Forderung nach mindestens einer Spur in den Driftkammern erfüllten für Run 439 50 % der neutralen und 43 % der "OPCHITS"-Events, für Run 1118 67 % bzw. 59 %.

## ANHANG K

### "Sagitta"

Die Sagitta ist ein Maß für Vorzeichen und Betrag der Krümmung einer Spur und wird zur Ladungsbestimmung (Baryonenidentifikation) in den drei Magnetebenen herangezogen.

Sie berechnet sich wie folgt :

$$s = x_2 - (x_1 + x_3)/2$$

wobei  $x_i$  den Achsenabschnitt der Treffer der Spur in der  $i$ -ten Magnetebene beschreibt (s. auch /FRAB7/).

## LITERATURVERZEICHNIS

- /BAR81/ P.D. Barnes et al.  
"Study of Threshold Production of  $\bar{p}p \rightarrow \bar{Y}Y$  at LEAR"  
CERN/PSCC/84-69
- /BAR87/ P.D. Barnes et al.  
Phys. Lett. B189(1987), 249
- /CER84/ High Energy Reactions Group  
"Compilation of Cross Sections, III: p and  $\bar{p}$  Induced Reactions"  
CERN-HERA 84-01, Geneva, 1984
- /FRA83/ R. von Frankenberg  
"Aufbau und Test eines triggeraktiven Targetsystems"  
Diplomarbeit, Erlangen, 1983
- /FRA87/ R. von Frankenberg  
"Schwellenmessung der Reaktion  $\bar{p}p \rightarrow \bar{\Lambda}\Lambda$  am LEAR"  
Doktorarbeit, Erlangen, 1987
- /FRA88/ R. von Frankenberg  
private Mitteilungen, 1988
- /GEY89/ R. Geyer  
"Mikrostreifendetektoren für das Experiment PS185"  
Diplomarbeit, Erlangen, 1989
- /MAL86/ D. Malz  
"Keilförmige Szintillatoren als ortsempfindliche Strahldetektoren"  
Diplomarbeit, Erlangen, 1986

- /NAK84/ K. Nakamura et al.  
 "Measurement of the  $\bar{p}p \rightarrow \bar{n}n$  Differential Cross Sections at Low Momenta and Confirmation of the Forward Dip"  
 Phys. Rev. Lett. 53, 1984
- /PAR84/ Particle Data Group  
 "Review of Particle Properties"  
 CERN, Geneva, 1984
- /STE66/ R.M. Sternheimer  
 "Density Effect for the Ionization Loss of Charged Particles"  
 Phys. Rev. 145, 1966
- /STE82/ R.M. Sternheimer  
 "Density Effect for the Ionization Loss of Charged Particles in Various Substances"  
 Phys. Rev. B26, 1982
- /STI86/ F. Stinzing  
 "Entwicklung und Test von Simulationsprogrammen zur Untersuchung von Elementarteilchenreaktionen und ihre Anwendung auf die Prozesse  $\bar{p} + p \rightarrow \bar{\Lambda} + \Lambda$  und  $\bar{p} + p \rightarrow K_S^0 + K_S^0$ "  
 Diplomarbeit, Erlangen, 1986
- /STI88/ F. Stinzing  
 private Mitteilungen, 1988
- /WOL85/ P. Woldt  
 "Entwicklung eines Sandwich-Targets für die Reaktion  $\bar{p}p \rightarrow \bar{\Lambda}\Lambda$  am LEAR des CERN"  
 Diplomarbeit, Erlangen, 1985

Mein Dank gilt :

- \* **Prof. Dr. Alfred Hofmann**  
für die Übertragung dieser Aufgabe und sein Interesse am Fortgang der Diplomarbeit
- \* **Dr. habil. Wolfgang Eyrich**  
für zahlreiche Diskussionen, die die Entstehung der Arbeit sehr positiv beeinflussten, und für das Schaffen einer freundschaftlichen Gruppen-Atmosphäre, auch bei Strahlzeiten
- \* **Dr. Roland "Frängers" von Frankenberg**  
für viel Unterstützung bei Arbeiten am CERN und die sehr abwechslungsreiche sowie unterhaltsame Genf-Erlangen-Korrespondenz
- \* **Dipl. Phys. Friedrich "Fidi" Stinzing**  
einem Betreuer im wahrsten Sinne des Wortes, für die Einweisung in seine Programme und seine unendliche Geduld bei, große und kleine Probleme betreffenden, Diskussionen über viele Teilthemen dieser Arbeit.
- \* **Reiner "Burli" Geyer**  
für an- und erregende Diskussionen, die nicht diese Arbeit betrafen
- \* **allen Mitgliedern der "PSI"- und "KFK"-Gruppen**  
für die erfreuliche Atmosphäre beim Mittagessen und anderen Feiern
- \* **meiner Familie**  
für "alles"
- \* **der Kartlakademie Zirndorf unter Vorsitz von Fritz Hummelmann**  
für die finanzielle Unterstützung während des gesamten Studiums
- \* **der Volleyballabteilung des TSV Zirndorf**  
für sportlichen Erfolg, vielseitiges Freizeitangebot und nur zwei Verletzungen während der Zeit meiner Diplomarbeit
- \* **Elisabeth Fuchs, Helga Hornberger, Igor Belanow und Ritchie Blackmore**

Hiermit bestätige ich, daß ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet habe.

Erlangen, im Februar 1989

Ralph-Andre Kraft