

## 0.1 Untersuchungen von Hadronstruktur und Hadronspektroskopie

COMPASS-Kollaboration , davon Mitarbeiter des Inst. f. Kernphysik, Mainz:

A. Bravar , K. Dehmelt , J. Ehlers , D. von Harrach , M. Jiji , E.M. Kabuß ,  
M. Leberig , G.K. Mallot , U. Müller , J. Pochodzalla , Y. Puhach , Th. Walcher ,

**Abstract.** The NA58 experiment has been set up by the COMPASS collaboration at the CERN SPS M2 beam line to study hadron structure and hadron spectroscopy using high energy muon and hadron beams. The main goal of the muon programme is the measurement of the gluon polarisation in the nucleon via photon gluon fusion in polarised quasi-real photo absorption. Photon gluon fusion is signalled by open charm production (mainly of  $D^0$ 's) which is tagged by the reconstruction of the subsequent decays.

One of the groups from Mainz is involved in the development and construction of the so called GEM detectors for tracking close to the beam area. Groups from Mainz and Bonn are responsible for the design and the construction of the trigger system for the muon programme. It consists out of three parts: a series of scintillator hodoscopes to identify scattered muons, a hadron signal derived from the hadron calorimeter to select quasi-real photo production or deep inelastic scattering events and a beam veto system. In addition, there is a contribution to the COMPASS DAQ system.

### 0.1.1 Das COMPASS-Experiment

Am CERN SPS M2-Strahl wird zur Zeit ein neues Experiment (NA58) [1] aufgebaut, mit dem Untersuchungen zur Hadronstruktur und Hadronspektroskopie durchgeführt werden. Dazu werden Messungen hoher Luminosität mit einer Reihe von Projektilen, die von Myonen bis zu Hadronen mit Energien von 100 GeV bis zu einigen hundert GeV reichen, benötigt. Das Experiment umfaßt drei physikalische Schwerpunkte:

- Untersuchung der Spinstruktur des Nukleons,
- Suche nach gluonischen Anregungen hadronischer Materie,
- Untersuchung von Hadronen mit Charm und Beobachtung von Primakoffreaktionen.

In der ersten Phase des COMPASS-Experiments liegt der Schwerpunkt auf der Messung der Wirkungsquerschnittsasymmetrie von offener Charmproduktion in der tiefinelastischen Streuung polarisierter Myonen an polarisierten Nukleonen, um die Gluonpolarisation  $\Delta G$  zu bestimmen. Alternativ wird die Erzeugung von entgegengesetzt geladenen Hadronpaaren mit hohen Transversalimpulsen [2] verwendet. Zudem sind erste Messungen der transversalen Quarkverteilungen mit transversal polarisiertem Target geplant.

Der COMPASS-Kollaboration gehören ca. 190 Physiker aus Bielefeld, Bochum, Bonn, Burdwan, Calcutta, CERN, Dubna, Erlangen, Freiburg, Heidelberg, Helsinki, Mainz, Moskau, München, Nagoya, Protvino, Saclay, Tel Aviv, Torino, Trieste und Warschau an.

Das NA58-Spektrometer ist als Vorwärtsspektrometer mit zwei unabhängigen Magnet-spektrometerstufen konzipiert, das bei hohen Teilchenraten eine präzise Spurrekonstruktion, Teilchenidentifikation mittels RICH, elektromagnetische und hadronische

Kalorimetrie und Myonnachweis mit großer geometrischer Akzeptanz erlaubt. Trotz der unterschiedlichen Anforderungen konnte ein Apparat entworfen werden, der zu einem großen Teil sowohl für das Myon- als auch für das Hadronprogramm verwendet werden kann (siehe auch [3]).

### 0.1.2 Die GEM-Detektoren

Zur Rekonstruktion von Teilchenspuren in einer Entfernung von 2.5 cm bis ca. 15 cm vom Strahl werden im COMPASS Experiment GEM-Detektoren eingesetzt. An dem Bau und Betrieb dieser GEM-Kammern sind Gruppen vom CERN, der Universität Heidelberg, der TU München und der Universität Mainz beteiligt.

Abb. 1 zeigt eine schematische Aufsicht auf einen GEM-Detektor. Die Detektoren weisen drei GEM-Folien zur Gasverstärkung auf. Um negative Auswirkungen von möglichen Entladungen zu minimieren, sind die GEM-Folien 12-fach segmentiert. Die aktive Fläche der Detektoren beträgt  $31 \times 31 \text{ cm}^2$ . Der unmittelbar vom Strahl getroffene innere Bereich mit einem Durchmesser von 5 cm kann durch Reduktion der angelegten Spannung deaktiviert werden ('Beam-Killer'). Für Eichmessungen mit kleinen Strahlintensitäten können diese zentralen Segmente der GEM-Folien durch Anheben der Spannung während des Meßbetriebs reaktiviert werden. Eine in zwei Dimensionen empfindliche Auslesestruktur erlaubt eine gleichzeitige Bestimmung von zwei senkrecht zueinander stehenden Koordinaten innerhalb eines Detektor.

Zwei um  $45^\circ$  gegeneinander gedrehte Detektoren bilden eine sog. "Station". Zur Zeit sind 10 dieser Stationen, die insgesamt die Messung von 40 Koordinaten gestatten, im COMPASS-Experiment eingesetzt. Während der Messperiode 2001 funktionierten die 14 eingesetzten Kammern einwandfrei ohne die gefürchteten Ausfälle durch Entladungen.

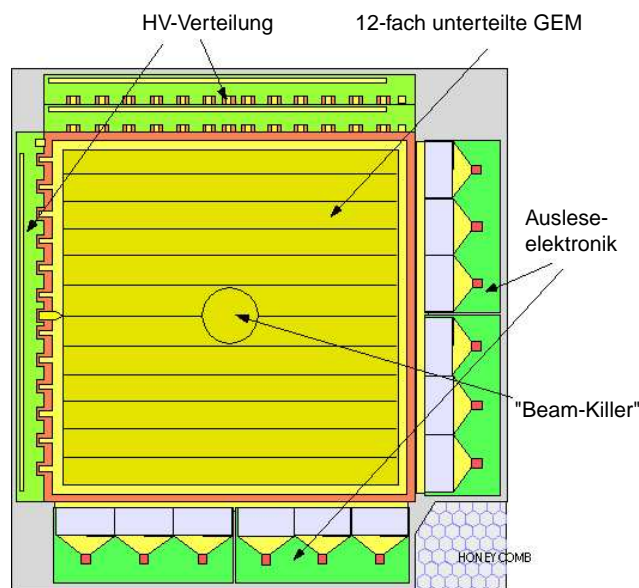


Abb. 1: Schematischer Aufbau eines GEM-Detektor.

## 0.1. UNTERSUCHUNGEN VON HADRONSTRUKTUR UND HADRONSPEKTROSKOPIE3

Abb. 2 zeigt die zweidimensionale Verteilung der Effizienz eines Detektors. Die scheinbar ineffizienten Bereiche in den Ecken sind durch die Koinzidenzbedingung mit einer um  $45^\circ$  gedrehten GEM-Kammer bedingt. In der Mitte ist der inaktive Bereich für den primären Strahl zu sehen. Ebenfalls deutlich ist ein Abfall der Effizienz im Bereich des Abstandsgitters zu erkennen. Gemittelt über die gesamte aktive Fläche liegt die Effizienz der eingesetzten Kammern zwischen 96% und 98%. Berücksichtigt man nur Bereiche, die nicht durch die Abstandshalter beeinflusst sind, ergibt sich eine mittlere Effizienz von ca. 98%.

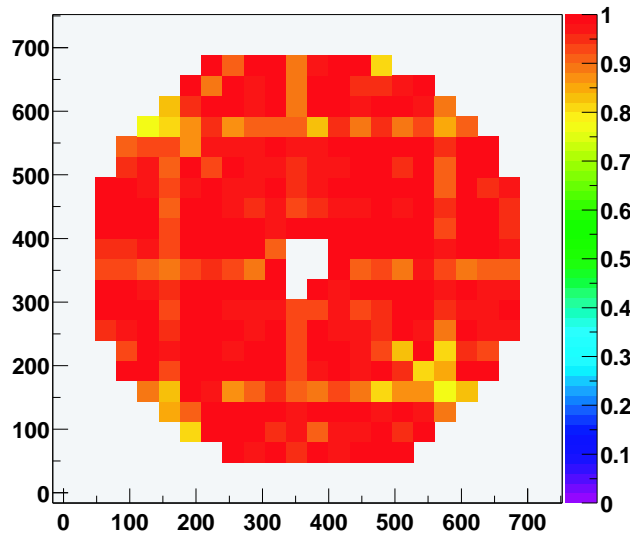


Abb. 2: Die über jeweils 32 Kanäle gemittelte Effizienz eines GEM-Detektors als Funktion der horizontalen und vertikalen Kanalzahl. Deutlich ist die Abnahme der Effizienz im Bereich der Abstandshalter zu erkennen.

### 0.1.3 Das Triggersystem

Von den Gruppen aus Mainz und Bonn wird gemeinsam der Aufbau des Myontriggersystems für das COMPASS-Experiment durchgeführt. Dabei wurde das Triggersystem zunächst für die Auswahl von Ereignissen mit offener Charmproduktion, mit deren Hilfe die Gluonpolarisation gemessen werden soll, optimiert. Charakteristisch für diese Ereignisse ist, daß neben einem gestreuten Myon mit einem Energieverlust von mindestens 20 bis 30 GeV ein hadronischer Schauer erzeugt wird, der in den Hadronkalorimetern des Experiments nachgewiesen werden kann.

Der Trigger auf das gestreute Myon wird mit Hilfe von mindestens zwei schnellen Szintillatorhodoskopen erzeugt. Durch die große Variation der Wirkungsquerschnitte mit dem Streuwinkel und die Intensität des Myonhalos können die Anforderungen nur durch die Aufteilung in mehrere Untersysteme mit verschiedenen Optimierungskriterien erfüllt werden. Zunächst bestand das Triggersystem aus drei Hodoskopsystemen:

- Die inneren Hodoskope (H4VI und H5VI):  
Auswahl von gestreuten Myonen im strahlnahen Bereich mit Streuwinkeln von weniger als 5 mrad und Energieverlusten bis zu 50%. Dieser Teil des Triggersystems besteht aus zwei hochgranularen Hodoskopebenen, mit denen die Korrelation der Ablage der gestreuten Myonen vom Sollstrahl in 15 und 35 m Entfernung vom Ablenkzentrum gemessen wird.
- Die Leiterhodoskope (H5VL und H5VH):  
Auswahl von gestreuten Myonen mit Streuwinkeln von weniger als 5 mrad und großen Energieverlusten, d.h. Myonen, die eine große Ablenkung relativ zum Strahl durch die Spektrometern magneten erfahren.
- Die mittleren Hodoskope (H4HM/H4V und H5HM/H5VM):  
Auswahl von gestreuten Myonen bis zu  $Q^2 \approx 5 \text{ GeV}^2$ , d.h. Streuwinkeln bis zu etwa 15 mrad.

Die Leiterhodoskope und die mittleren Hodoskope bestehen jeweils aus zwei Detektoren im Abstand von 8 m, um die Richtung des gestreuten Myons zu ermitteln. Da mit dem mittleren System auch der Streuwinkel gemessen werden muß, werden sowohl vertikale als auch horizontale Szintillatorstreifen benötigt, um sicher zu stellen, daß die gestreuten Myonen vom Target stammen.

Physikalisch interessante Streueignisse sind an einem korrelierten Durchtritt der Myonen durch mindestens eines der Subsysteme zu erkennen. Zur Abtrennung unerwünschter Ereignisse mit ähnlicher Signatur in den Hodoskopen (z.B. durch den Strahlhalo) wird zusätzlich eine bestimmte Energiedeposition in den hadronischen Kalorimetern gefordert. Dies erforderte die Entwicklung von schnellen Summier- und Diskriminierstufen mit guter Zeit- und Energieauflösung.

### Die Meßperiode 2000

Nachdem im Jahr 1999 Prototypen der Hodoskope im Myonstrahl getestet worden waren [3], begann im Frühjahr 2000 der Aufbau der ersten kompletten Triggersubsysteme am COMPASS-Experiment. So wurden die beiden inneren Hodoskope im Rahmen der Doktorarbeit von M. Leberig fertiggestellt und erfolgreich in Betrieb genommen. Außerdem wurden die mittleren Hodoskope (horizontale und vertikale Streifen) installiert und getestet [4].

Alle Hodoskope arbeiteten auch bei hohen Teilchenraten zuverlässig und erreichten im endgültigen Aufbau die schon zuvor erzielten Zeitaufösungen von etwa 200 ps bei Intensitäten von  $2 \cdot 10^8 \mu/\text{spill}$ . Gleichzeitig wurde die in Bonn entwickelte neue Ausleseelektronik in Betrieb genommen und detailliert getestet.

Für die Hadronkalorimeter wurden 20 Summierboxen und 4 Summier-Diskriminator-Boxen eingesetzt. Erstmals konnte damit ein erheblicher Teil der Hadronkalorimeter ausgelesen und in den Trigger integriert werden. Mit Hilfe der neuentwickelten COMPASS DAQ wurde alle Triggerkomponenten ausgelesen und so für eine offline-Analyse zugänglich gemacht.

Abb. 3 zeigt eines der wichtigsten Ergebnisse der Meßperiode. Verglichen werden Daten mit leerem Target und mit 1.20 m Polyäthylentarget (dies entspricht in etwa der

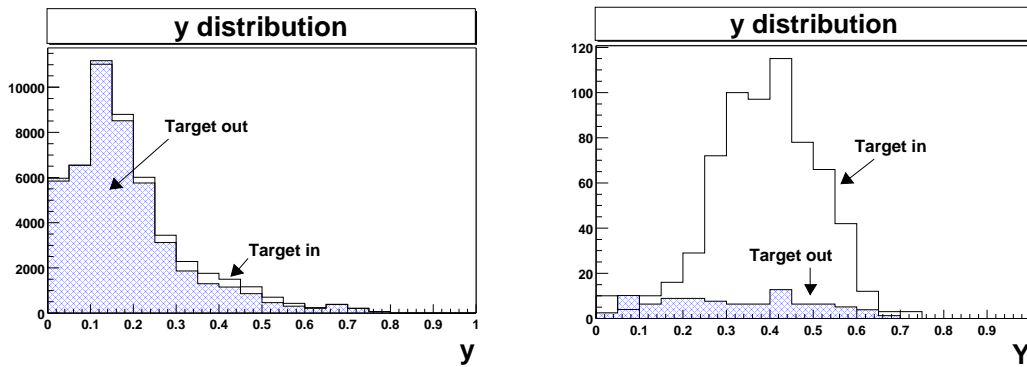


Abb. 3: Gemessener Targeteffekt mit inneren Hodoskopern (links), mit inneren Hodoskopern und Kalorimeter (rechts).

Massenbelegung des zukünftigen polarisierten Targets). In Abb. 3 a) wurden nur die inneren Triggerhodoskope verwendet, während in Abb. 3 b) ein Teil der Kalorimetermodule in den Trigger integriert waren. Der Vergleich zeigt klar die hohe Sensitivität des Triggersystems für Ereignisse mit einem relativen Energieverlust  $y$  von 0.3 bis 0.5, wie sie von den inneren Hodoskopern selektiert werden sollen.

### Vetosystem

Schon im Jahr 1999 hatte sich angedeutet, daß auf Grund der großen Strahldivergenz von etwa 1 mrad und des 10%igen Strahlhalos eine erhebliche Anzahl falscher Trigger vor allem im mittleren Hodoskopsystem ausgelöst werden. Dies ist vor allem problematisch, wenn neben offener Charmproduktion auch inklusive Myonstreuung ohne Kalorimetertrigger gemessen werden soll. Daher wurde in der Meßperiode 2000 im Rahmen einer Diplomarbeit [5] untersucht, wie sich durch Erweiterung des Triggersystems falsche Trigger unterdrücken lassen.

Hier wurden zwei Optionen verfolgt. Die eine besteht im Einsatz schneller Strahlhodoskope, die den zentralen Bereich des Myonstrahls zu selektieren erlauben. Hier können durch die Wahl des Standorts Anteile mit hoher Divergenz und der Strahlhalo unterdrückt werden. Auf Grund der hohen Raten ist neben einer sehr feinen Segmentierung eine sehr gute Zeitauflösung des Gesamtsystems (Strahlhodoskop plus Triggerhodoskope) von 200 ps wesentlich, die wegen der vor dem Target notwendigen geringen Massenbelegung nur sehr schwer realisierbar ist. Auf Grund der sehr hohen Raten ( $\sim 10^8$ ) ergaben sich außerdem eine sehr große Anzahl von Zufallskoinzidenzen, so daß sich der Einsatz eines Strahlhodoskops als problematisch erweist.

Die andere Möglichkeit besteht im Einsatz von Vetozahlern, d. h. großflächigen Szintillatoren mit einem Loch für den Myonstrahl. Betreibt man die Vetoähler in Antikoinzidenz zu den Triggerhodoskopern läßt sich sehr effektiv der Strahlhalo und bei Einsatz von zwei Zahlern auch divergente Strahlteilchen unterdrücken. Wie Messungen mit alten Zahlern von der SMC zeigten, führt der Einsatz von Vetozahlern zu einer zusätzlichen Totzeit bis zu 20%.

## Die Meßperiode 2001

Für die 2001er Strahlzeit wurde das oben beschriebene Triggersystem fertiggestellt. Die wichtigsten neuen Komponenten, die in den Wintermonaten nach Ende der Strahlzeit des Jahres 2000 in Mainz aufgebaut wurden, waren:

### 1. *Die Triggerhodoskope*

Durch den Bau der sog. Leiterhodoskope, die den Trigger für quasi-reelle Photoneereignisse komplettieren, und die Fertigstellung der in der 2000er Meßperiode nur teilbestückten vertikalen Hodoskope des Mitteltriggers wurde die Triggerakzeptanz deutlich vergrößert. Das Hodoskopsystem der 2001er Strahlzeit deckte damit den für eine Messung der Gluonpolarisation interessanten kinematischen Bereich vollständig ab.

### 2. *Der Kalorimetertrigger*

Ein wichtiger Fortschritt im Aufbau des Triggersystems wurde durch die Fertigstellung von zwei der vier Lagen der Kalorimerelektronik erreicht.

### 3. *Das Vetosystem*

Nach den erwähnten Tests im Jahr 2000 wurde ein mehrstufiges Vetosystem aufgebaut. Neben drei Vetowänden an verschiedenen Stellen vor dem Target wurde ein zusätzliches Vetosignal mittels einer Koinzidenz einzelner Teile der Strahlhodoskope erzeugt.

Das gesamte Triggersystem konnte während der Meßperiode 2001 erfolgreich in Betrieb genommen werden. Der Triggeraufbau ermöglichte aufgrund seiner Flexibilität nicht nur die Erzeugung von Triggern zur Selektion von physikalisch interessanten Ereignissen, sondern die einzelnen Triggerkomponenten konnten auch sehr erfolgreich zur Aufnahme von Kalibrationsdaten verwendet werden.

Die Strahlzeit 2001 betrug etwa vier Monate. Während die ersten 3.5 Monate verwendet wurden, um die einzelnen Detektoren in Betrieb zu nehmen und zu optimieren, wurden die letzten beiden Wochen unter stabilen Bedingungen zur Datennahme benutzt. Im folgenden sollen beispielhaft einige Ergebnisse aus der Meßperiode gezeigt werden. Es handelt sich vor allem um Triggeruntersuchungen, bei denen teilweise auch Informationen von anderen Detektoren des COMPASS-Spektrometers verwendet wurden.

### 1. *Der Hodoskoptrigger*

Wie schon erwähnt wurden im Jahre 2001 zwei neue Hodoskope zum Triggersystem hinzugefügt und zusätzlich zwei weitere Hodoskope komplettiert. Insgesamt waren damit acht Hodoskope mit etwa 400 Szintillatoren im Einsatz. Die Eigenschaften der Hodoskopsignale erfüllten die Erwartungen:

- Zeitauflösungen von weniger als 300 ps. Diese Zeitauflösungen erlauben eine Koinzidenzbreite von etwa 3 ns. Abbildung 4 zeigt die erreichte Koinzidenzauflösung für das strahlnächste innere Hodoskopsystem. Je zwei Hodoskope werden zur Bildung des Triggers durch eine Koinzidenzmatrix verknüpft. Die Abbildung zeigt – nach eingestelltem Koinzidenztiming – die Koinzidenzrate in Abhängigkeit von der Breite der Eingangspulse. Man sieht, daß zunächst ein Überlapp von 1.6 ns nötig ist,

bevor überhaupt Koinzidenzen erzeugt werden, bei größeren Eingangspulsbreiten steigt die Koinzidenzrate stark an, um dann in Sättigung zu gehen. Der moderate lineare Anstieg bei großen Pulsbreiten stammt von zufälligen Koinzidenzen. Man kann aus dem Graphen ablesen, daß das System bei einer effektiven Koinzidenzbreite von nur 2.8 ns bereits eine Effizienz von über 95 % aufweist.

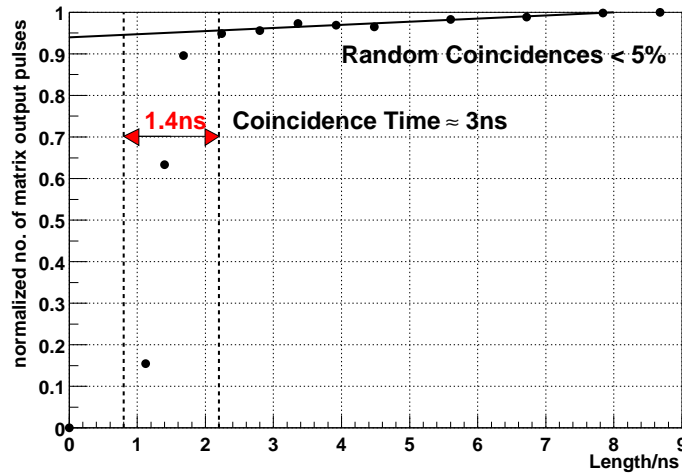


Abb. 4: Test des Zeitabgleichs der Koinzidenz. Aufgetragen ist die Koinzidenzrate gegen die Länge der Eingangspulse der Koinzidenzmatrix. Man kann ablesen, daß eine Koinzidenzzeit von 2.8 ns eine Effizienz von 95 % garantiert.

- Mit Hilfe der Spurrekonstruktionsdetektoren des COMPASS Aufbaus konnte die Effizienz der Hodoskope überprüft werden. Dazu wurden Spuren ausgewählt, die die entsprechenden Hodoskope durchqueren. In der Nähe des Durchtrittspunkts wurde dann nach Treffern in den Hodoskopen gesucht. Abbildung 5 zeigt für eine Hälfte eines inneren Hodoskops und ein Leiterhodoskop die Effizienz in Abhängigkeit vom Durchtrittsort. Wie man sieht, wird in beiden Fällen eine Effizienz von etwa 98 % gemittelt über die ganze Szintillatorebene erreicht.

Abbildung 6 zeigt die gemessene  $x$ - $Q^2$ -Verteilung der Ereignisse, die von den einzelnen Hodoskopsystemen akzeptiert wurden. Eine Ergänzung der Akzeptanz zu großen  $Q^2$  ist für das nächste Jahr geplant, hat aber nur wenig Einfluß auf die Bestimmung der Gluonpolarisation.

Abbildung 7 zeigt die Energieverlustverteilung der von den beiden  $\Delta G$  Triggern ausgewählten Ereignisse. Das innere Triggersystem (IT) reagiert auf Ereignisse mit einem Energieverlust zwischen 0.1 und 0.5. Die Leiter ergänzt das Triggersystem und akzeptiert Ereignisse mit  $y \geq 0.5$ .

## 2. Der Kalorimetertrigger

Die Aufgabe des Kalorimetertriggers ist die Unterdrückung von unerwünschten Ereignissen, bei denen zwar ein Myon den Hodoskoptrigger auslöst, aber keine inelastische Streuung stattfand. Solche Ereignisse können auf der einen Seite durch Bremsstrahlung und Myon-Elektron-Streuung verursacht werden, auf der anderen Seite können

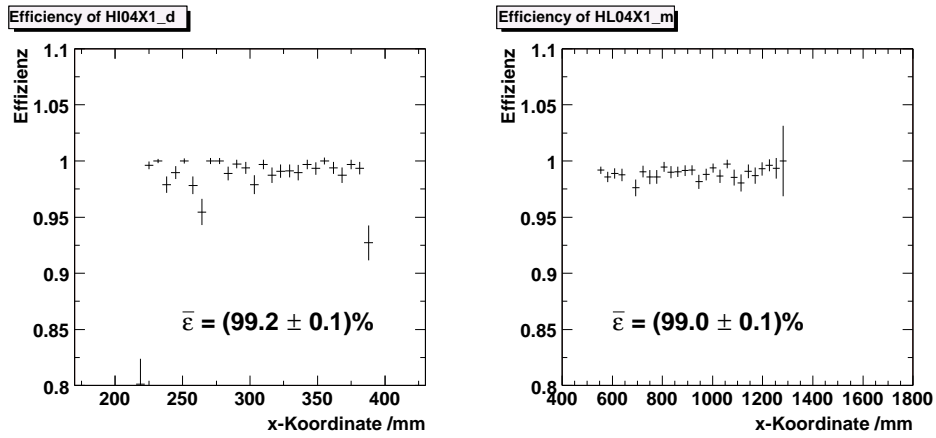


Abb. 5: Effizienzen zweier Hadroskopebenen. Die Hadroskopeffizienz ist gegen den Durchtrittsort des Teilchens aufgetragen. Der gewichtete Mittelwert der Effizienz beträgt rund 98 %.

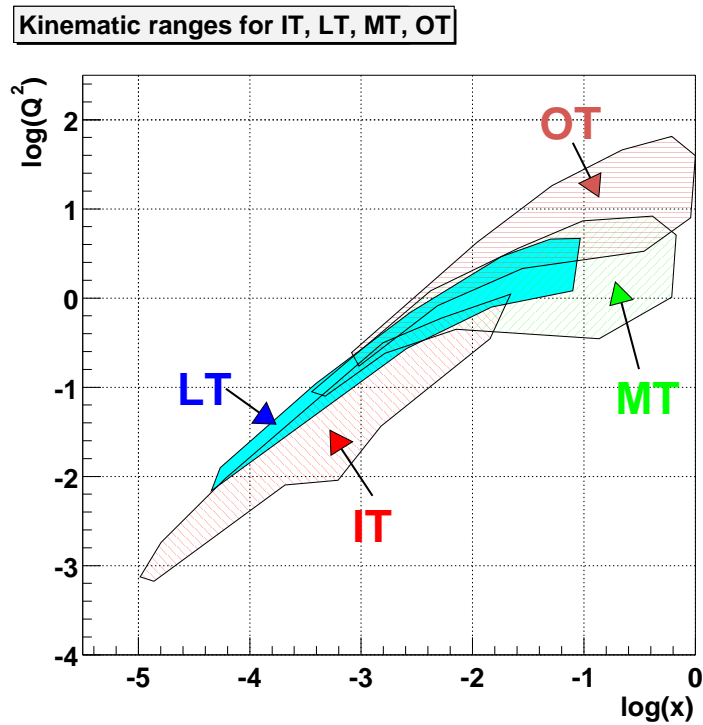


Abb. 6:  $x$ - $Q^2$ -Verteilung der akzeptierten Ereignisse für die verschiedenen Hadroskopsysteme. Der mit OT bezeichnete äußere Trigger wird im Jahr 2002 fertiggestellt werden. Die übrigen drei Hadroskopsysteme Inner- (IT), Leiter- (LT) und Mitteltrigger (MT) decken die für eine Messung der polarisierten Gluonverteilung interessante Kinematik ab.



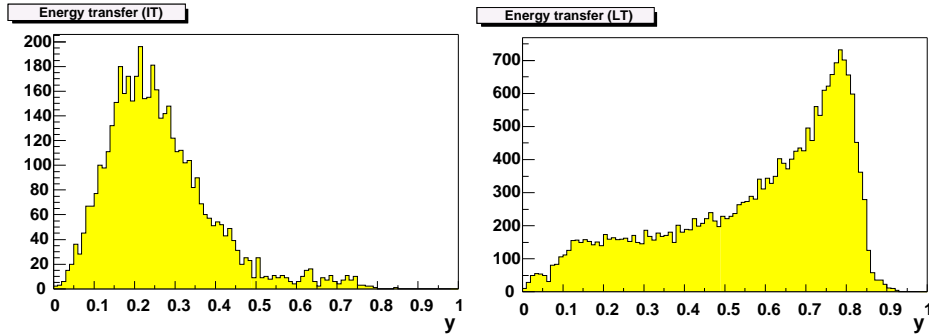


Abb. 7: Energieverlustverteilungen für die beiden Triggersysteme, die auf den Nachweis von quasi-reellen Photonen spezialisiert sind (rechts: Leiter, links: Innerer Trigger). Zusammen erfassen die beiden Trigger Ereignisse mit  $0.1 \leq y \leq 0.85$ .

auf Grund der Energieunschärfe des Strahls auch ungestreute Myonen eine zu kleine Energie aufweisen und so den Hodoskoptrigger täuschen.

Allen diesen unerwünschten Ereignissen ist ein Unterschied zu den erwünschten Streuergebnissen gemein: Es werden keine zusätzliche Hadronen produziert. Durch den zeitlich korrelierten Nachweis von Hadronen können also solche Ereignisse unterdrückt werden. Zu diesem Zwecke werden die Signale der Hadronkalorimeter durch eine spezielle Elektronik aufgearbeitet und zur Erzeugung eines Triggersignals verwendet. Die allgegenwärtigen Myonen des Strahlhalos, die in großer Zahl die Hadronkalorimeter durchfliegen, müssen durch eine Energieschwelle von den Hadronen separiert werden.

Dazu wird im Trigger auf der Basis einer einfachen Signaldiskrimination zwischen Hadronen und Myonen unterschieden. Wegen der lateralen Ausdehnung der Hadronschauer ist zur Bestimmung der Hadronenergie eine Summation der Signale mehrere Kalorimetermodule nötig. Dazu werden die Signale von jeweils vier Kalorimetermodulen zeitrichtig und relativ zueinander kalibriert aufsummiert. Diese Signale werden im Meßraum in vier gleichartige Signale aufgespalten und dann mit anderen zu Gruppen summiert. Diese Summen entsprechen nun der Energiedeposition in einem Block, der aus 16 Kalorimetermodulen besteht. Dabei können vier verschiedene Parkettierungen realisiert werden, so daß ein Teilchen immer im Zentrum wenigstens eines Blocks von  $4 \times 4$  Modulen liegt.

Im Jahre 2001 wurden zwei Überdeckungen realisiert, die diagonal um zwei Module gegeneinander verschoben sind. Dazu wurden insgesamt 10 VME Module mit je 8 16fach-Summierkanälen mit je zwei Diskriminatorschwellen pro Kanal und einer Multiplizitätslogik eingesetzt.

Abbildung 8 zeigt die Pulsladungsverteilung einer 16er Summe der Kalorimerelektronik. Im oberen Teil ist das freilaufende Spektrum zu sehen, in dem das Myonsignal zu erkennen ist. Im unteren Teil ist dasselbe Spektrum unter der Bedingung, daß dieses 16er Modul einen Trigger ausgelöst hat, gezeigt. Deutlich ist zu erkennen, daß die Schwelle bei der zweifachen Myonenenergie lag. Obwohl bei dieser Schwelle noch rund 10 % der 160 GeV Myonen einen Trigger auslösen können, wurde diese Schwelle beibehalten, da die erreichten Triggerraten, wie im folgenden Abschnitt ersichtlich wird, auch mit dieser Kalorimeterschwelle ausreichend klein waren.

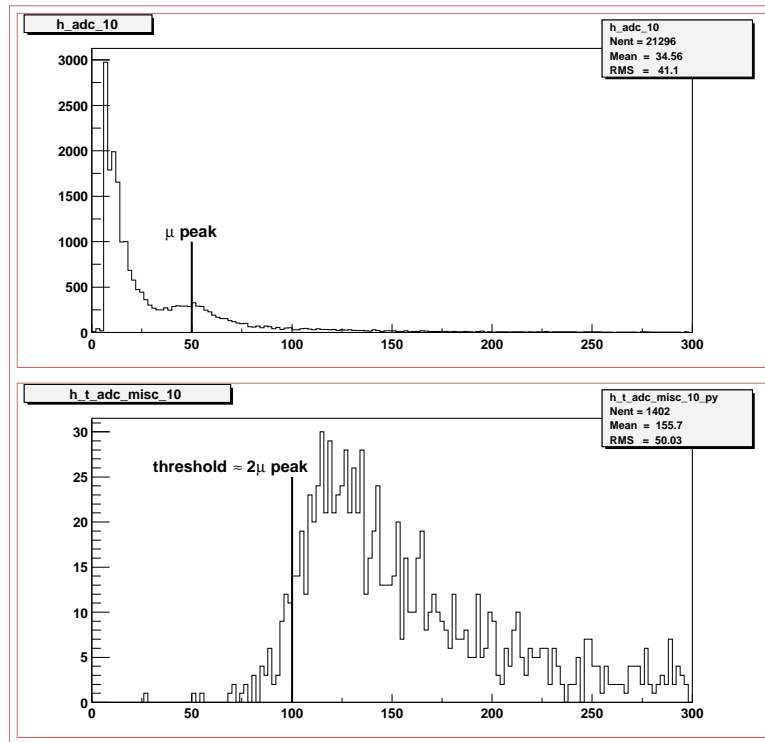


Abb. 8: oben: Die ADC-Verteilung einer 16er Summe. Bei Kanal 50 ist das Myonsignal zu erkennen. unten: Die ADC-Verteilung der gleichen 16er Summe mit Kalorimetertrigger in diesem Modul.

Abbildung 9 zeigt die Reinigungswirkung des Kalorimeters auf den Trigger. Die beiden Spektren zeigen die Häufigkeitsverteilung der kinematischen Variablen  $x_{Bj}$ . Der Peak, der im linken Spektrum deutlich zu sehen ist, entspricht Elektron–Myon–Streuungen. Während das linke Spektrum alle Ereignisse zeigt, bei denen der Hodoskoptrigger ausgelöst wurde, wurden im rechten nur Ereignisse ausgewählt, bei denen zusätzlich das Kalorimetersignal detektiert wurde. Wie man sieht ist, wurde eine deutliche Reduktion des Beitrags der Myon-Elektron-Streuung erzielt.

### 3. Das Vetosystem

Zur weiteren Reduktion der falschen Trigger wurde für das Jahr 2001 ein System aus drei Vetozahlern aufgebaut. Dessen Aufgabe war es in möglichst allen Fällen, in denen ein Myon, daß nicht das Target trifft, in das Experiment fliegt, den Trigger zu blockieren. Zwei kleine Zähler mit jeweils vier Elementen und einem zentralem Loch von 4 cm 2 bzw. 8 m vor dem Target dienen vor allem dazu, Strahlteilchen mit hoher Divergenz zu eliminieren. Hinzu kommt 8 m vor dem Target ein großflächiges Vetohodoskop ( $1.20 \times 1.50 \text{ m}^2$ ), mit dem der strahlferne Myonhalo unterdrückt wird. Dieses Hodoskop kann gleichzeitig für den Aufbau eines Kalibrationstriggers für großflächige Spurdetektoren im ersten Spektrometer verwendet werden. Aus Zeit und Kostengründen bestanden die meisten Detektoren des Vetos aus Szintillatoren des Vorgängerexperiments SMC. Auch die Elektronik wurde aus Restbeständen dieses Experiments aufgebaut. Es war klar, daß der verwendete Aufbau noch Raum für Verbesserungen lassen würde.

0.1. UNTERSUCHUNGEN VON HADRONSTRUKTUR UND HADRONSPEKTROSKOPIE11

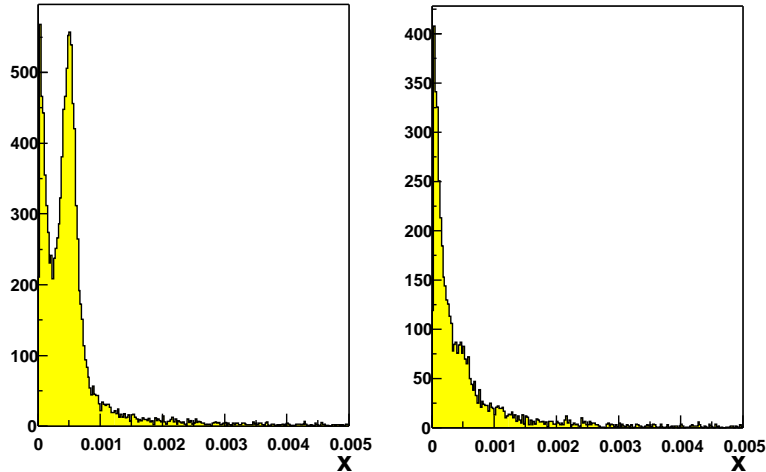


Abb. 9:  $x_{Bj}$ -Verteilung der vom inneren Trigger ausgewählten Ereignisse (links),  $x_{Bj}$ -Verteilung mit Kalorimetertrigger (rechts). Bei  $x_{Bj} \approx 5 \cdot 10^{-4}$  ist der Beitrag der Elektron-Myon-Streuung deutlich sichtbar, der mit Kalorimetertrigger stark unterdrückt ist. Der Unterdrückungsfaktor beträgt etwa 0.1.

Trotz allem war die Leistung des Vetos zufriedenstellend. Der wesentliche Preis, für die Wiederbenutzung des Materials, war eine erhöhte Totzeit, die bei voller Strahlintensität etwa 20 % betrug. Abgesehen von diesem Problem, daß bis zur nächsten Strahlzeit durch verbesserte Elektronik und neue Szintillationszähler deutlich reduziert werden wird, hat das Vetosystem einen entscheidenden Beitrag dazu geleistet, daß die Triggerrate auf die gewünschte Anzahl reduziert werden konnte.

Triggerbedingung	IT	MT	LT
Hodoskope mit Matrixschnitten =Hod	701	796	391
Hod · $\overline{\text{Veto}}$	109	<b>11</b>	20
Hod · Kalorimeter	12	41	30
Hod · Kalorimeter · $\overline{\text{Veto}}$	<b>5.3</b>	1.2	<b>3.1</b>

Tab. 1: Die Raten der verschiedenen Trigger in 1000/spill bei nominaler Strahlintensität von  $2 \cdot 10^8 \mu/\text{spill}$ .

Tabelle 1 zeigt die durch die verschiedenen Kombinationen von Triggerbedingungen erreichten Triggerraten. Das erklärte Ziel, lediglich die Trigger für quasi-reelle Photonen mit dem Kalorimetertrigger zu kombinieren und das mittlere Triggersystem ohne diese Zusatzbedingung zu betreiben, wurde erreicht. Die gewünschte Zusammensetzung des Triggers ist in Tabelle 1 durch Fettdruck hervorgehoben. Alle drei Trigger produzieren zusammen eine Triggerrate von 20000 Triggern/Puls. Diese Rate ist niedrig genug, um von der Datenerfassung verarbeitet werden zu können.

### 0.1.4 Das Compass-Datennahmesystem

Gemeinsam mit einer Gruppe der TU München beteiligt sich eine Gruppe aus Mainz an dem Datennahmesystem (DAQ) von COMPASS. Das COMPASS Datennahmesystem basiert auf schneller Netzwerktechnologie und nutzt den Beschleunigerzyklus des SPS aus, um die kontinuierliche Datenrate zu reduzieren. Das System gliedert sich in drei Ebenen:

- Direkt mit der Ausleseelektronik verbunden sind VME-Module zur Formatierung und zum Transfer der Ereignisdaten, die CATCH-Module sowie die GeSiCA-Module (für GEM- und Silizium-Detektoren).
- Die Daten werden via optische S-Links weitergeleitet an Zwischenspeicher (*Spillbuffer* PCI-Karten), welche in ROB (Readout-Buffer) genannten Computern eingebaut sind.
- Die ROB-Computer leiten die Daten über ein schnelles Gigabit-Ethernet Netzwerk weiter an sog. Eventbuilder-Computer, welche die Ereignisdatenblöcke zu einem kompletten Datensatz kombinieren und abspeichern.

Zur Steuerung der Datenauslese dient das TCS (Trigger Control System), welches die zur Ereignisspeicherung nötigen Informationen zur eindeutigen Identifikation der Detektorereignisblöcke liefert.

In der vorausgegangenen Jahren wurde das DAQ-System konzipiert und die prinzipielle Funktionalität der einzelnen Komponenten erfolgreich nachgewiesen. In den Jahren nach 2000 bestand die Aufgabe darin das System so weit zu optimieren und zu vervollständigen, daß ein voll funktionsfähiges System für erste physikalische Messungen im Jahr 2001 zur Verfügung stand. Das DAQ-System ist so ausgelegt, daß es den Bedürfnissen des Experiments entsprechend erweitert und durch modernere Komponenten verbessert werden kann.

#### Stand 2001

Als ROB-Computer wurden im Jahr 2001 16 leistungsfähige Server-PCs in rackmount Gehäusen neu angeschafft. Diese Rechner verfügen über zwei Prozessoren, zwei 64-bit PCI-Busse zu entkoppelter gleichzeitiger Auslese und Netzwerktransfers, sowie 1 GB Arbeitsspeicher. Jeder ROB-Computer kann bis zu 4 Spillbuffer-Karten beherbergen. Insgesamt kamen 54 Spillbuffer in der Datennahme 2001 zum Einsatz, davon 23 mit 64 MB Speicher und 31 neue mit 512 MB Speicher. Im Jahr 2002 sollen alle Spillbuffer mit 512 MB Speicher ausgestattet sein. Zur Anpassung der Datenraten und Reduktion der S-Links und Spillbuffer kamen in 2001 20 S-Link-Multiplexer zum Einsatz, welche bis zu 4 CATCH-Module mit einem S-Link verbinden. Jeder S-Link kann bis zu 160 MB/s übertragen.

Als Eventbuilder-Computer wurden 8 Server-PCs aus dem Datennahmesystem des Jahres 2000 verwendet. Sie sollen im Jahr 2002 durch leistungsfähigere Computer ersetzt werden, die auch Datenfilterung vornehmen können.

## 0.1. UNTERSUCHUNGEN VON HADRONSTRUKTUR UND HADRONSPEKTROSKOPIE13

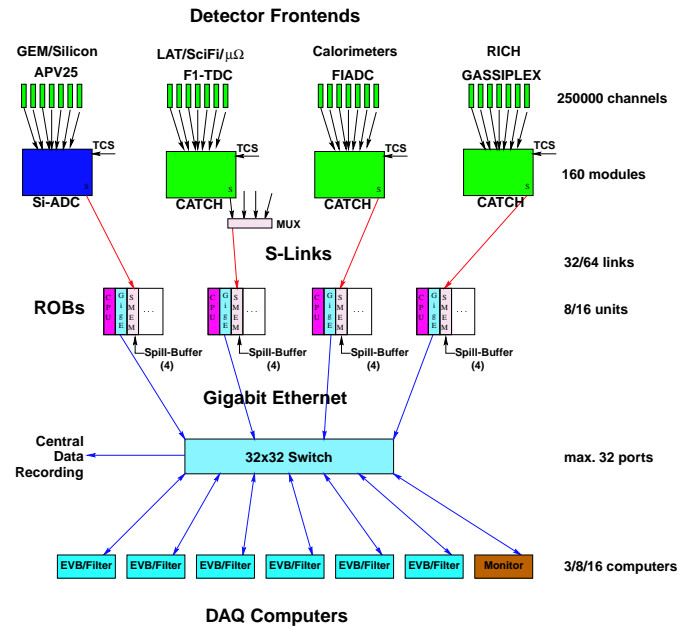


Abb. 10: Architektur des COMPASS Datennahmesystems.

Das Netzwerk bestand im Jahr 2001 aus drei Gigabit-Ethernet Switches, die zu einer Switchmatrix zusammengeschlossen sind. An zwei der Switches sind die DAQ-Computer angeschlossen, der dritte Switch dient zur Verbindung der zwei ersten sowie zur Kommunikation mit dem CERN-Rechenzentrum, wo die Datensicherung auf Band zentral vorgenommen wird. Die Netzwerkinstallation wurde in Zusammenarbeit mit der IT-Abteilung des CERN durchgeführt.

Die maximale Bandbreite des Systems in 2001 betrug 800 MB/s, die Datenrate zum Rechenzentrum ca. 30-40 MB/s (kontinuierlich). Im Experiment betrug die Ereignisgröße 30 kB, die maximale bisher getestete Rate 5 kHz, mit geringerer Zahl von Detektoren bis 10 kHz. Somit werden pro SPS-Spill bis zu 750 MB Daten aufgezeichnet.

- [1] G. Baum et al., COMPASS-Proposal, CERN/SPSLC/96-14; SPSLC/P297.
- [2] A. Bravar, D. v. Harrach, A. Kotzinian, Phys. Lett. B 421 (1998) 349.
- [3] A. Bravar et al., Jahresbericht 1998/1999.
- [4] M. Jiji, Diplomarbeit, Mainz 2000.
- [5] A. Huf, Diplomarbeit, Mainz 2001.