universität innsbruck
Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Produktion von rho o-Mesonen an Wasserstoff mit linear polarisierten Photonen im Energiebereich zwischen 2. - 2.4 GeV

Löffler, Gerd

1970

Anhänge

urn:nbn:at:at-ubi:2-1838

Anhang A1 Zusammenhang zwischen verschiedenen Bezugssystemen zur Analyse der ϱ^0-Zerfallsverteilung

Die in Abschn. 2 erwähnten Bezugssysteme sind folgendermaßen definiert: Im Gottfried-Jackson-System (GJ) ist die z-Richtung durch das einlaufende Photon im ϱ^0-Ruhesystem, im Adair-System (A) dagegen durch die Richtung des Photons im Schwerpunktsystem der Reaktion festgelegt. Die z-Achse im Helizitäts-System (H) fällt mit der entgegengesetzten Richtung des Rückstoßprotons im ϱ^0-Ruhesystem zusammen. Durch Rotation um eine Achse senkrecht zur Reaktionsebene lassen sich die Systeme ineinander überführen. Die Transformationsgleichungen lauten:

$$\alpha_{H\to GJ} = \arccos\left(\frac{\beta_\varrho^* - \cos\Theta_\varrho^*}{\beta_\varrho^* \cos\Theta^* - 1}\right)$$

$$\alpha_{H\to A} = \Theta_\varrho^*$$

Dabei bedeuten Θ_ϱ^* den Produktionswinkel und β_ϱ^* die Geschwindigkeit des ϱ^0-Mesons im Schwerpunktsystem.

Der Zusammenhang zwischen dem in dieser Arbeit gewählten Bezugssystem (S. Abb. 1 u. Abschn. 2) und dem Helizitätssystem ergibt sich durch eine Drehung der Reaktionsebene um ihre Normale. Für den Rotationswinkel erhält man

$$tg\,\Theta_H = \frac{K_\gamma \cdot \sin\Theta_\varrho}{\gamma_\varrho \cdot \beta_\varrho \cdot M_P - \gamma_\varrho \cdot K_\gamma \cdot (\cos\Theta_\varrho\, \beta_\varrho)}$$

K_γ : Photon-Energie im Laborsystem (LS)
β_ϱ : Geschwindigkeit des ϱ^0-Mesons im LS
γ_ϱ : $1/\sqrt{1-\beta_\varrho^2}$
Θ_ϱ : Winkel zwischen ϱ^0- und Photon-Flugrichtung im LS
M_P : Masse des Protons

Typische Werte für Θ_H liegen bei 10°, d.h. das gewählte Bezugssystem ist annähernd mit dem Helizitätssystem identisch.

Anhang A2 Aufbau und Eigenschaften der Drahtfunkenkammern

Die wichtigsten konstruktiven und physikalischen Eigenschaften der im Experiment verwendeten Drahtfunkenkammern sollen erläutert werden.

a) Konstruktion der Funkenkammern

Die Funkenkammern wurden nach dem System von Blieden[45] entwickelt. Die Rahmen der Kammern bestehen aus glasfaserverstärktem Epoxydharz. Anstelle von gespannten Drähten benutzten wir mit 35μ kupferbeschichtete Epoxydharzfolien von 0,15 - 0,2 mm Stärke. Auf diesen Folien waren im Abstand von 1 mm Leiterbahnen von 0,6 mm Breite herausgeätzt worden. Die Leiter auf der Hochspannungsseite verlaufen senkrecht zu denen auf der Erdseite. Der Abstand dieser beiden Folien beträgt 6 mm. Dieses "Gap" ist beiderseits von einem Schutzvolumen eingeschlossen, um Gasverunreinigungen durch Diffusion möglichst niedrig zu halten.

Die Kammern eines Teleskops wurden parallel von einem Gasgemisch aus 70% Ne und 30% He mit einem Zusatz von 12 Torr Athylalkohol durchspült. Die Flächendichte der Kammern varriert zwischen 0,085 und 0,134g/cm^2.

Folgende Kammerngrößen wurden im Experiment eingesetzt:

effektive Fläche	Kammer-Typ	Kammer-Kapazität pF
256 x 416	X1 bzw. Y1	250
416 x 640	X2 bzw. Y2	630
512 x 800	X3 bzw. Y3	960

Die beiden Typen einer bestimmten Größe (s. Abb.6 u.7) unterscheiden sich darin, ob die x- bzw. die y-Koordinate eines Funkens ausgelesen wird.

Eine Ausnahme bilden die ersten vier Kammern im Protonen-Teleskop (s. 3.4. und Abb. 6), die doppelseitig, also auch auf der Hochspannungsseite, ausgelesen wurden. Dieser Kammertyp, der in seinen Abmessungen den kleinsten Kammern entspricht, wird mit XY1 bezeichnet.

b) Eigenschaften der Drahtfunkenkammern

Nachdem ein Teilchen die Kammer durchquert hat, wird ein Hochspannungspuls an eine Drahtebene gelegt. Ein Funke bricht längs der Teilchenbahn durch. Die Leiterbahnen der Erdebene wurden durch Ferritkerne geführt, die durch den Funkenstrom gesetzt werden. Da jedem Draht der Erdebene ein Kern zugeordnet ist, kann eine Ausleseelektronik (Anhang A5) die Kerne abfragen und die Koordinaten der Funkenposition einem Rechner übertragen. Die Güte einer Kammer ist durch ihren Wirkungsgrad gegeben. Er ist durch das Verhältnis der zu einem gesetzten Kern führenden Triggersignal zu der Gesamtzahl der Koinzidenzsignale definiert.

Der Wirkungsgrad kann durch viele Parameter beeinflußt werden, z.B.

1) Anstiegzeit, Höhe und Dauer des Hochspannungsimpulses
2) Größe des Klärfeldes
3) Verzögerung, das ist die Zeit zwischen Durchgang des Teilchens und Anlegen der Hochspannung
4) Zusammensetzung des Gases.

Hier sollten kurz die Punkte 1) bis 3) diskutiert werden:

Der Hochspannungsimpuls:

Von einem Fan-out der schnellen Logik (s. 4.3.) wird über einen Verstärker ein Hochspannungsimpulsgenerator getriggert. Er dient als Vorpulser für einen sekundären (Tochter-) Pulser. Beide Pulser haben Luftfunkenstrecken zwischen zwei Wolframelektroden. Der Tochterpulser besitzt eine Aufladezeit von 50 msec und ist in seiner Leistung für 2 Funkenkammern vom Typ X1 bzw. Y1 ausgelegt.

Die Ankopplung des Impulses ist entscheidend für das Verhalten der Kammer. Vom Experiment her wurde eine optimale Nachweiswahrscheinlichkeit für Einzelfunken verbunden mit einem geringen Anteil an Mehrfachfunken gefordert.

Wirkungsgrad und Mehrfachfunken sollen ein Plateau als Funktion der Hochspannung zeigen. Außerdem soll der Funkendurchmesser möglichst gering sein. Um diese Bedingungen zu erfüllen, wurde ein

exponentieller Hochspannungspuls mit 10 nsec Anstiegszeit und einer Halbwertsbreite von ca. 80 nsec gewählt. Dieser Puls wurde über einen Vorwiderstand von R_v = 10-60 Ω auf ein spezielles Hochspannungsbord gelegt, auf dem für je acht Leiter ein Koppelwiderstand von R_K = 1,8 KΩ montiert war.

Die Anstiegsflanke des Hochspannungspulses beeinflußt sehr stark die Ansprechwahrscheinlichkeit der Kammer. Die Flankensteilheit ist durch den Widerstand R_v und der Gesamtheit der Widerstände R_K bestimmt, d.h. durch Variation des Vorwiderstandes ist die Möglichkeit gegeben, mehrere Kammern aufeinander abzugleichen, um einen gemeinsamen Arbeitspunkt festzulegen (s. 5.1.).

Wie unter a) erwähnt wurde, nehmen die ersten vier Kammern im P-Teleskop eine Sonderstellung ein, da sie sowohl auf der x- als auch auf der y-Seite ausgelesen wurden. In diesem Fall wurde die Hochspannung über einen Vorwiderstand direkt an die Drahtebene gelegt. Die Abfrage- und Leseleitungen wurden zum Schutz der Ausleseelektronik induktiv durch Ferrit-Kerne entkoppelt[39].

Bedingt durch zusätzliche Leiterinduktivitäten beträgt bei Anstiegszeit des Hochspannungspulses an der Kammer etwa 20-30 nsec.

Klärfeld und Verzögerung:

Durch Anlegen eines Klärfeldes wird die Totzeit, Gedächtniszeit und die Ansprechwahrscheinlichkeit einer Funkenkammer beeinflußt. Wir wählten eine Absaugspannung von 50 Volt mit einer Polarität entgegengesetzt der des Hochspannungspulses. Damit liegt die Totzeit bei 12 msec[38] und ist kürzer als die Aufladezeit des Tochterpulsers. Die Abhängigkeit des Wirkungsgrades der Kammer von der Verzögerung ist in Abb. 17 dargestellt (s. auch Ref.[46]). Als Parameter ist die Klärfeldspannung angegeben. Daraus ergibt sich eine Gedächtniszeit, das ist die Zeit,in der der Wirkungsgrad auf 50% absinkt, von ca. 540 nsec. Die Verzögerung in unserem Experiment betrug ca. 330 nsec (s. 4.3.).

In Abb. 18 ist eine typische Hochspannungskurve, d.h. der Wirkungsgrad und der Mehrfachfunkenanteil in Abhängigkeit von der die Spannung am Pulser, dargestellt.

Anhang A3 Vermessung und Justierung der Funkenkammerpositionen

Für jedes Teleskop wird ein kartesisches Koordinatensystem mit dem Ursprung im Target festgelegt. Die z-Achse (Teleskoprichtung) verläuft durch die Mitte der letzten Kammer, die x-Achse in der Synchrotronebene. Vermessen werden die Abstände zwischen den Funkenkammern und die Entfernung der ersten Kammer eines jeden Teleskops vom Target. Die relative Lage des mittleren Drahtes einer Kammer senkrecht zu einer Achse (Teleskopachse), die durch zwei andere Kammern definiert ist, wird mit einem Spurenerkennungsprogramm ermittelt. Mit diesem Programm werden die Kammerpositionen so korrigiert, daß die mittlere Abweichung der Funken einer Kammer von den Teilchenspuren, die durch die festgelegten Drahtebenen fixiert sind, ≤ 0.1 mm ist. Anschließend wird das Kammersystem in der x- und y-Projektion um den Mittelpunkt der letzten Drahtebene gedreht. Der Winkel ergibt sich aus der Forderung, daß die nachgewiesenen Teilchen ihren Ursprung im Target haben müssen. Das Ergebnis dieser Korrekturen ist an den Targetverteilungen (s. Abb. 19a u. b) zu erkennen. Sie stellen die Verteilung der drei Raumkoordinaten (im Teleskopsystem) der gefundenen Spuren am Ort des Targets dar. Es wurden Ereignisse verwertet, denen in jeder Projektion der Teleskope einer Spur zugeordnet werden konnte (Six-View-Ereignisse).

Zum Vergleich sind die Targetverteilungen kinematisch identifizierter $\pi\pi p$-Ereignisse (Def. s. 6.4.) dargestellt. Die Halbwertsbreite der Verteilungen läßt sich durch die Vielfachstreuung der π-Mesonen bzw. Protonen erklären. Der Untergrund im Protonen-Teleskop, der bei einem Targetabstand von ca. 35 mm beobachtet wird, rührt von der Wechselwirkung des γ-Strahls mit der Folie des Streukammerfensters (s. Abb. 5) her.

Anhang A4 Das Interface der C90-10

In diesem Abschn. sollten die Funktionen der wichtigsten Ein- und Ausgabe-Einheiten des Interface anhand der Abb. 9 erläutert werden.

a) Eingabe-Einheiten

1) BPI-Multiplexer:

Der Multiplexer läßt eine parallele Eingabe von 16 x 12 Bits zu (PBI = block parallel input). Bei der langsamen Auslese (s. Anhang A5) wird der Inhalt von 32 Funkenkammerkernen auf einmal angeboten.

Weiterhin läuft über diese Kanäle die Zählereinlese (4x12 bit $\triangleq$ 8 Dekaden), das Einlesen des Paarspektrometerstromes über ein Digitalvoltmeter und der Position und Winkelstellung des Diamanttargets ab.

2) PIN (parallel input) - Eingänge:

Direkt an den Input-Coupler sind die ADC's der drei dE/dx-Zähler, die Antikoinzidenz und die Anodensignale der Zähler Z13 und Z14 im Proton-Teleskop über Flip-Flop-Speicher angeschlossen.

3) Breakpoints:

Verschiedene Breakpoints dienen zum externen Eingriff des Operateurs, wie z.B. START, STOP und Programmvorwahl.

b) Ausgabe-Einheiten

1) Flip-Flop-Ausgänge:

Hier werden die Adressen der Kerne (12 Bit) für den Fall der langsamen Auslese (s. Anhang A5) sowie die Zähler- (12 bit) und die ADC-Adressen (12 bit) angeboten.

2) Relais-Ausgänge:

Die Relais-Ausgänge zeichnen sich durch eine höhere Belastbarkeit aus (100 V, 1 A). Sie werden über Digital-Analog-Konverter zur Steuerung der Hochspannungsgeräte benutzt. Außerdem ist an diesen Ausgängen eine Schreibmaschine angeschlossen.

3) Single-bit-Ausgänge:

An den Single-Bit-Ausgängen stehen die Signale für das Quantameter (start, stop, reset), für die Zähler (start, stop, reset) und das Mastergate (start, stop) an. Außerdem wird von hier aus für den Fall der langsamen Auslese eine Strobe-Signal und für den Fall der schnellen Auslese das Signal "Adresse akzeptiert" an die Ausleseelektronik weitergegeben.

c) Der W-Kanal:

Der Wort-Kanal dient zur Ein- und Ausgabe. Ihm angeschlossen sind der Teletype und Puncher. Das Ende einer Ein- oder Ausgabe wird der Zentraleinheit über ein System-Interrupt (I1, I2) mitgeteilt.

d) Interrupt-System:

Neben den System-Interrupts stehen dem Experimentator 16 äußere Interrupts zur freien Verfügung. Diese Interrupts sind nach Prioritäten geordnet und dienen dazu, das laufende "Funken"-Programm[47] zu unterbrechen und ein spezielles Unterprogramm zu aktivieren. Nach Ablauf dieses Unterprogrammes wird das Hauptprogramm fortgesetzt und der Interrupteingang wieder freigegeben.

Das wichtigste Interrupt ist das "Funken"-Interrupt (I3). Es wird durch die Masterkoinzidenz (s. 3.7.) gesetzt und veranlaßt das Einlesen aller Funkenadressen. Der genauere Ablauf des Programms ist in der Arbeit von Franke[46] beschrieben worden. Weitere Interrupts werden vom Quantameter (I4) und z.B. von einem Scaleradapter nach Eingabe einer Vorwahl akzeptiert (I5).

Anhang A5 Die Ausleseelektronik

Während der Durchführung des Experiments wurden zwei verschiedene Versionen der Ausleseelektronik eingesetzt, die sich abgesehen von technischen Details hauptsächlich in ihrer Zykluszeit unterscheiden. Der prinzipielle Aufbau beider Typen soll hier erläutert werden.

1) Die langsame Version der Ausleseelektronik:

Das Blockschaltbild der Ausleseelektronik ist in Abb. 20a) dargestellt. Nach dem Eintreffen des Funkeninterrupts (s. 4.3.) wird vom "Funken"-Programm eine Gruppenadresse von 12 Bit über einen Flip-Flop-Ausgang und ein Strobe-Signal über einen Single-Bit-Ausgang angeboten. Die Funkenkammerzentraleinheit setzt ein 32-stufiges Flip-Flop-Register auf den Ausgangszustand ("0") und konvertiert die Eingangssignale an die von den Teleskopeinheiten verlangten Pegel.

Die Teleskopelektronik decodiert die Gruppenadresse und gibt einen gestrobten Abfragepuls von 5 μsec und 0.6 A auf eine der Abfrageleitungen.

Die Antworten "0" oder "1" der Kerne dieser adressierten Gruppe treffen auf den 32 Leseleitungen ein und werden über Integrationsverstärker [45] auf das oben erwähnte Flip-Flop-Register gegeben. Von hier aus werden diese Kernadressen über den BPI-Multiplexer (s. Anhang A3) dem Input-Coupler,der per Programm aktiviert wurde, angeboten, in den Kernspeicher eingelesen und in einem internen Schieberegister auf ihren Inhalt geprüft. Entsprechend der Gruppenzahl (s. 4.2.) wiederholt sich dieser Zyklus 641 mal.

Der gesamte Auslesevorgang benötigt in dieser Version eine Zeit von 230 μsec/leere Gruppe und 155 μsec/gesetztem Kern . Die gesamte Auslesezeit ergibt sich damit bei 47 Funken im Mittel zu 153 msec. Die mittlere Funkenzahl bezieht sich auf eine γ-Strahlintensität von ungefähr $3 \cdot 10^9$ effektiven Quanten/min.

2) Die schnelle Version der Ausleseelektronik:

In Abb. 20b) ist das Prinzip der schnellen Auslese dargestellt. Die Teleskopelektronik erfüllt dieselben Funktionen wie unter 1) beschrieben. Im Unterschied zur langsamen Version werden die Gruppenadressen nicht mehr von der Rechenmaschine, sondern über Binärzähler einer Suchlaufelektronik dem Rechner und der Teleskopelektronik angeboten. Der logische Ablauf stellt sich im einzelnen folgendermaßen dar:

Beim Eintreffen der Masterkoinzidenz wird die Suchlaufelektronik (Abb. 20c) über einen Signalverteiler der schnellen Elektronik gestartet. Gleichzeitig erhält die C90-10 ein Funkeninterrupt und aktiviert den PIN-Eingangskanal. Über einen 40 KHz-Taktgeber werden sukzessiv die Gruppenadressen von einem mehrstufigen Binärzähler dem PIN-Eingang und der Teleskopelektronik angeboten. Über ein Strobe-Signal werden die gesetzten Kerne der vorgewählten Gruppen geklappt und die dabei induzierten Lesesignale verstärkt der Suchlaufelektronik auf 32 Leitungen zugeführt. Wegen der Erholzeit der Leseverstärker von 25 μsec erfolgt dieser Zyklus im Takt von 40 KHz. Hierzu dient ein Schieberegister (32-Flip-Flop), dessen Schiebetaktimpulse einem fünfstufigen Binärzähler zugeführt werden. Die Suchlaufunterbrechung erfolgt, wenn am Ausgang des Registers ein Informationspotential (Flag Bit) erscheint. Der Rechner erhält die Information "Adresse gefunden" und liest sie ein. Nach ca. 160 μsec gibt er die Nachricht "Adresse akzeptiert" an die Suchlaufelektronik zurück, die daraufhin wieder startet. Sind alle Gruppen abgefragt, so geht das Signal "Ende der Übertragung" an die C90-10. Von dieser Ausleseelektronik können maximal 2048 Gruppen in 57 msec abgefragt werden, wenn kein Kern gesetzt wurde.

Werden die Ansteuerimpulse für nicht vorhandene Gruppen unterdrückt (kurzer Suchlauf), so benötigt diese Einheit für 641 vorhandene Gruppen 18 msec. Pro gesetztem Kern erhöht sich diese Zeit um 16 μsec. Die Auslesezeit ist also stark von der Anzahl der gesetzten Kerne abhängig. Sie beträgt im Mittel für den kurzen Suchlauf 26 msec bei einer mittleren Funkenzahl/Mastertrigger von 47.

Anhang A6 Die Impulshöheninformation

Die Protonenenergie im Bereich von 27,8 - 64 MeV wurde über die $\frac{dE}{dx}$-Zähler Z11, Z12 und Z13 bestimmt. Die untere Grenze ist durch die Triggerbedingung des P-Teleskops gegeben. Bei jedem Master-Trigger (s. 3.7.) wurden die Gate-Eingänge von drei Analog-Digital-Konvertern angesteuert und die Dynodensignale (max 1V, 10 nsec auf 50 Ω) konvertiert. Als Konverter wurde der Typ 143A der Fa. Le Croy eingesetzt, der im "Area Mode" (Integration des Dynodensignals) betrieben wurde. Die Impulshöheninformation wurde über je 7 bit dem Interface der C90-10 angeboten. Der Rechner führte die Vielkanalsortierung durch und zeigte die Impulshöhenspektren auf dem Display.

Die Nachweisschwelle der ADC's für Protonen ist durch die Zählerspannung und die Schwelle der Diskriminatoren (200 mV) gegeben. Beide wurden so gewählt, daß neben den gewünschten Protonen auch noch schnelle π-Mesonen nachgewiesen wurden. Ein Verlust an Protonen wurde dadurch vermieden.