Bestimmen des Unterdrückungsfaktors der Driftkammern für das B1-Spektrometer

Bachelorarbeit in Physik
von
Viktor Ratza

Angefertigt im Physikalischen Institut

vorgelegt der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bonn

Juli 2010

Gutachter:
 Gutachter:

Prof. Dr. Hartmut Schmieden Prof. Friedrich Klein

Ich versichere, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie die Zitate kenntlich gemacht habe.

Bonn, den Unterschrift

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
	1.1 Aufbau des BGO–OD–Detektors	6
	1.2 Driftkammern und Aufgabenstellung	7
2	Experimenteller Aufbau	8
3	Messung A: Insensitiver Bereich	10
	3.1 Ohne Berücksichtigung des SciFi2–Modules	10
	3.1.1 Auswahlkriterien für gute Treffer	10
	3.1.2 Auswertung \ldots	12
	3.2 Mit Berücksichtigung des SciFi2–Modules	15
4	Messung B: Variation der Hochspannung	18
5	Diskussion	20
6	Zusammenfassung	22

1 Einleitung

Die Atomkerne der uns umgebenden Materie bestehen aus Nukleonen (Protonen und Neutronen). Streuexperimente haben gezeigt, dass die Nukleonen nicht, wie einst gedacht, Elementarteilchen sind, sondern eine Substruktur aus Quarks besitzen. Noch heute ist die Substruktur der Nukleonen nicht vollständig verstanden: Es gibt eine Vielzahl an offenen Fragestellungen. Um solchen Fragen nachzugehen befindet sich in der Experimentierhalle des Bonner Elektronen-Beschleunigers ELSA¹ im Physikalischen Institut das BGO-OD-Experiment im Aufbau². Dort beschießt man ein flüssiges Wasserstoff- oder Deuteriumtarget mit Photonen. Die enthaltenen Nukleonen werden zu kurzlebigen Resonanzzuständen angeregt und zerfallen dann unter Emission von Mesonen. Über die Vermessung solcher Reaktionen lassen sich Informationen über die Anregungszustände und damit über die Struktur der Nukleonen gewinnen.



1.1 Aufbau des BGO–OD–Detektors

Abbildung 1: Geplanter Aufbau des BGO–OD–Experiments [Die]

Zur Erzeugung der Photonen wird der aus dem Beschleuniger extrahierte Elektronenstrahl (Abbildung 1, Strahl von rechts kommend) auf ein Bremsstrahl–Target geleitet. Die Energie der durch Bremsstrahlung erzeugten Photonen lässt sich mittels der Photonenmarkierungsanlage (Tagger) bestimmen. Elektronen, die kaum oder keine Energie durch Bremsstrahlung verloren haben, werden im Elektron–Beam–Dump absorbiert. Der Photonenstrahl trifft darauf auf das eigentliche Experimentiertarget aus flüssigem Wasserstoff bzw. Deuterium.

Im Zentrum der gesamten Detektoranordnung befindet sich der BGO–Ball, welcher als Kalorimeter dient und mit 480 Kristallen den größten Teil des Raumwinkels abdeckt. Der Vorwärtsteil enthält das Magnetspektrometer: Kennt man die Stärke des Magnetfeldes an jedem Ort und die Spuren der geladenen Teilchen vor und nach Durchqueren dieses Feldes, so lassen sich

¹Elektron–Stretcher Anlage

²Stand: Juni 2010. Mehr Informationen hierzu unter http://b1.physik.uni-bonn.de

Impuls und Ladungsvorzeichen bestimmen. Zur Spurbestimmung der Teilchen vor dem Magneten dienen die Detektoren MOMO und SciFi2: Beide Detektoren verfügen über mehrere, sich überlappende szintillierende Fasern und liefern je einen Durchstoßpunkt zur Spurbestimmung. Das Magnetfeld des Dipolmagneten ist durch Feldmessungen bekannt. Die Ortsbestimmung hinter dem Magneten erfolgt über Driftkammern. Diese Gasdetektoren verfügen über eine sensitive Fläche von ca. $2.4 \times 1.2 \text{ m}^2$ [ea08]. Des Weiteren befinden sich am Ende der gesamten Detektoranordnung Szintillatorwände (TOF) zur Flugzeitmessung. Zusammen mit dem bestimmten Impuls eines beobachteten Teilchens lässt sich somit die Masse ermitteln.

Zur besseren Unterscheidung von Pionen und Kaonen befindet sich ein Schwellen-Čerenkov-Detektor vor dem Magneten. Mit einem Brechungsindex von 1.05 sorgt Aerogel als Material für den Čerenkov-Detektor dafür, dass dieser nur auf Pionen anspricht [Ham08].

1.2 Driftkammern und Aufgabenstellung

Die verwendeten Driftkammern besitzen die in Abbildung 2 gezeigte Zellgeometrie der sechseckigen Driftzellen (gestrichelte Linie) aus einzelnen Drähten. Durchquert ein geladenes Teilchen eine Driftzelle, so entstehen durch Ionisation des sich darin befindenen Gases freie Elektronen (Primärionisation), welche durch das elektrische Feld zu dem Anodendraht der Driftzelle beschleunigt werden. In dessen direkter Nähe ist die Feldstärke so hoch, dass die kinetische Energiezunahme der Elektronen zwischen zwei Stößen im Gas ausreicht, um durch weitere Ionisation zusätzliche Elektronen (Sekundärelektronen) zu erzeugen. Auf dem Anodendraht ist der so entstandene Elektronencluster³ durch einen elektrischen Puls und damit der Durchgang eines geladenen Teilchens durch die Driftzelle nachweisbar. Die Driftzellen sind in zwei Lagen⁴ angeordnet und um eine halbe Driftzelle zueinander versetzt. Hierdurch lässt sich unterscheiden, ob ein Teilchen den Anodendraht einer Driftzelle rechts oder links passiert hat. In Richtung des Photonenstrahls gilt: Driftkammer 1 bestehend aus DC1 und DC2, Driftkammer 2 bestehend aus DC3 und DC4. Der Rahmen jeder Driftkammer besteht aus Aluminium, welcher mit einer aluminisierten Folie aus Mylar seitlich abgeschlossen ist. Innerhalb befinden sich die Drähte und das Kammergas, wobei ein Gemisch aus Argon und CO₂ im Verhältnis 70:30 verwendet wird.

Da die Driftkammern entlang ihrer Drähte keine Ortsauflösung bieten, benötigt man zwei Driftkammern mit senkrecht zueinander stehenden Drähten, um eine zweidimensionale Ortsauflösung zu erhalten. Der finale Aufbau des BGO–OD–Experiments (Abbildung 1) sieht insgesamt acht Driftkammern vor. Die zusätzlichen Driftkammern nehmen einen Winkel von $\pm 9^{\circ}$ zur Vertikalen ein und dienen einer Verbesserung der Ortsauflösung und der Effizienz des Nachweises. Zur Zeit der Bachelorarbeit waren zwei Driftkammern mit vertikaler Drahtausrichtung montiert, wobei die hintere Kammer, bestehend aus 144 Anodendrähten, für die Messungen benutzt wurde. Die erste Driftkammer nach dem Magneten war defekt.

 $^{^3{\}rm Abhängig}$ von der Verteilung der Primärionisationen können mehrere Elektronencluster entstehen. $^4{\rm Nachfolgend}$ als DC bezeichnet.



Abbildung 2: Aufbau einer Driftkammer [Mak]: Potentialdrähte (blau, hohes negatives Potential), Anodendrähte (rot, Erdpotential), Feldformungsdrähte (orange, Erdpotential)

Ein gewisser Teil der hochenergetischen Photonen bildet innerhalb des Targets im BGO–Ball e^+-e^- –Paare, welche in den Driftkammern ungewollte Ansprecher verursachen. Um dem Effekt der störenden Paarbildung entgegen zu wirken, wurde in jeder Mitte einer Lage ein 5 × 5 cm² insensitiver Bereich (insensitivity spot) durch Verdickung der Drähte von 25 µm auf 100 µm geschaffen, indem die Drähte an der entsprechenden Stelle mit Gold galvanisiert wurden. Hierdurch reduziert sich das elektrische Feld um die Anodendrähte und damit die Produktion weiterer Sekundärelektronen. Die ungewollten Ansprecher in der Dirftkammer werden unterdrückt.

Aufgabe dieser Bachelorarbeit war es die somit erlangte Signalunterdrückung zu bestimmen, wozu die Effizienz der Driftkammern in dem insensitiven Bereich gemessen wurde.

2 Experimenteller Aufbau

Zur Effizienzbestimmung wurde ein etwa fingerbreiter Plastikszintillator sowohl vor, als auch hinter die zweite Driftkammer montiert. Mittels eines Fadenpendels, welches über die Mitte des Aluminiumrahmens der Driftkammer hinab gelassen wurde, konnten beide Detektoren auf gleicher Höhe (z = 0 cm, Mitte des insensitiven Bereiches) ausgerichtet werden. Der sich überlappende, sensitive Bereich der Szintillatoren ist kleiner als der insensitive Bereich der Driftkammern. Ferner befand sich ein Modul des SciFi2–Detektors hinter der Szintillatoranordnung (siehe Abbildung 3), welches aus 16 einzelnen horizontal angeordneten und szintillierenden Fasern besteht. Zweck dieses Modules war es durch die zusätzlichen Fasern eine bessere vertikale Auflösung zu erhalten. Um den insensitiven Bereich auszumessen, konnte die aus drei Szintillatoren bestehende Detektoranordnung in gleichen Abständen entlang der z-Achse verschoben werden.



Abbildung 3: Schematischer Aufbau der Versuchsanordnung: 16 Fasern des SciFi2–Modules von unten bis oben aufsteigend. Szintillatoren gekreuzt angeordnet. Strahl von links kommend.



(a) Vorderer Szintillator

(b) Hinterer Szintillator und SciFi2–Modul

Abbildung 4: Aufbau zur Vermessung des insensitiven Bereiches

Die Koinzidenz zwischen vorderem und hinterem Szintillator wurde als Trigger zur Auslese der Driftkammern und des SciFi2–Modules benutzt⁵. Hierzu wurden die Signale der beiden Szintillatoren in einem Splitter aufgeteilt. Je ein Signal eines Splitters wurde auf einen Diskriminator gegeben. Die diskriminierten Signale führten auf eine Koinzidenzeinheit, dessen Ausgang auf ein FPGA⁶ ging. Dieses generierte erst ein Triggersignal, sobald nachfolgende Elektronik wieder bereit zur Datenauslese war. Das Triggersignal fungierte als Gate für die ADCs⁷, welche die undiskriminierten Signale nach dem Splitter auslasen. Ferner diente das Triggersignal zur Auslese der TDCs⁸, welche die Driftkammern und das SciFi2–Modul auslasen.

⁵Nachfolgend als Spot–Trigger bezeichnet.

⁶Field Programmable Gate Array

⁷Analog–to–Digital–Converter

⁸Time-to-Digital-Converter

Folgende Messungen wurden gemacht:

- Messung A: Der Spot-Trigger wurde zur Auslese der Daten verwendet. Die Driftkammern wurden mit einer Hochspannung von 3050 V und einer Schwelle von 0x50 betrieben⁹. An den Szintillatoren lag eine Spannung von 1 kV an, während das SciFi2-Modul mit 700 V betrieben wurde. Die Detektoranordnung wurde für jede Messung in 1 cm-Schritten von z = -5 cm bis z = 5 cm verschoben. Ziel der Messung ist es die Unterdrückung im insensitiven Bereich zu bestimmen.
- Messung B: Es wurden Messungen für unterschiedliche Driftkammerspannungen von 3000 V bis 2450 V in 100 V- bzw. 50 V-Schritten bei konstanter Schwelle von 0x50 gemacht. Für jede Spannung wurde einmal auf den Spot und einmal auf die TOF–Wand getriggert. Die Detektoranordnung befand sich im Spot (z = 0 cm). Ziel der Messung ist es die Abhängigkeit von Driftkammereffizienz im insensitiven Bereich und Hochspannung zu bestimmen.

3 Messung A: Insensitiver Bereich

Während der Strahlzeit kam es bei manchen Messungen vor, dass der Strom in einer Driftkammer zu groß wurde und die Messung abgebrochen werden musste. Da dieses aufgrund einer ungleichmäßigen Strahlintensität bei z = 5 cm mehrfach geschah, wurde diese Messung ausgelassen.

Die Auswertung und Analyse der erhaltenen Messwerte erfolgte über die Programmierung von Root-Macros in C++ für die auf Root basierende Software Explora.

3.1 Ohne Berücksichtigung des SciFi2–Modules

3.1.1 Auswahlkriterien für gute Treffer

Als Auswahlkriterien dienen zwei Eigenschaften eines Ansprechers in einer Driftkammer: Zunächst muss die Driftzeit¹⁰ in einem gewissen Bereich liegen. Nach [Ham08][4.2.2] sind die minimale und die maximale Driftzeit u.a. durch die Zellgeometrie und der Anordnung von Signal- und Potentialdrähten bestimmt, welche als Anhäufungen im Driftzeitspektrum zu erkennen sind. Für eine Betriebsspannung von 3050 V findet man in [Sch10][Abbildung 6.7], dass die Driftzeiten ungefähr in einem Bereich von 80 ns bis 350 ns liegen müssen. Des Weiteren muss die Time–over–Threshold¹¹ berücksichtigt werden. Aus [Sch10][Kapitel 6.2] ergibt sich eine untere Grenze von 140 ns. Da die Schwelle für die Bachelorarbeit höher lag, verringert sich die Time–over–Threshold. Diese wurde daher für die nachfolgende Auswertung auf 100 ns gesetzt. Folgende Abbildungen enthalten den gemessenen Zusammenhang zwischen Driftzeit und Time–over–Threshold bei unterschiedlichen z–Positionen der Detektoranordnung für DC3. Abbildung 5 zeigt die gewählten Kriterien für gute Treffer, welche innerhalb des markierten Bereiches liegen. Für DC4 ergibt sich ein analoger Zusammenhang.

⁹Diese Hexadezimalzahl hat eine willkürliche Einheit und wurde an den Diskriminatoren der Anodendrähte festgelegt.

¹⁰Benötigte Zeit, die ein erster Elektronencluster vom Spurabstand zum Draht braucht.

¹¹Zeit, in welcher das Signal eines Driftzellendrahtes über der Diskriminatorschwelle lag.



Abbildung 5: Zur Bestimmung der guten Treffer bei DC3. Messung außerhalb des insensitiven Bereiches (z = -5 cm).



Abbildung 6: Zur Bestimmung der guten Treffer bei DC3. Messung innerhalb des insensitiven Bereiches (z = 2 cm).

3.1.2 Auswertung

Die Bestimmung der Unterdrückung erfolgt durch die Auslese der Anzahl an guten Treffern in den einzelnen Drähten jeder Driftkammerlage. Aufgrund der zentralen Detektoranordnung erwartet man einen Peak in etwa der Mitte der Driftkammerlagen bei Draht 74. Zur Seite sollte der Peak aufgrund des Strahlprofils und der fehlenden Koinzidenz abflachen und durch einen Untergrund beschrieben werden. Abbildung 7 und 8 zeigen die Ansprecher in den Drähten für DC3 exemplarisch an zwei z-Positionen. Man erkennt deutlich, wie der zentrale Peak im insensitiven Bereich, bei z = 1 cm, unterdrückt wird und in die Größenordnung des Untergrundes rückt. Da die Anzahl an Events bei jeder Messung unterschiedlich ist, wurden alle erhaltenen Histogramme auf 100000 Events normiert. Für jede Messung wurde die Trefferverteilung durch eine Summe von drei Gaußfunktionen g(x) beschrieben:

$$g(x) = gauss_1(x) + gauss_2(x) + gauss_3(x)$$
(1)

$$u(x) = gauss_1(x) + gauss_2(x)$$
⁽²⁾

Die ersten beiden Gaußfunktionen in Gleichung 1 beschreiben den breiten Untergrund u(x), die dritte Gaußfunktion den zentralen Peak. Anfangswerte für die Gaußfits werden direkt aus den Histogrammen entnommen. Es zeigt sich, dass gerade die Gaußfunktion zur Beschreibung des Peaks stark von der Wahl der Anfangsparameter abhängt und auch bei leichter Variation zu unterschiedlichen Ergebnissen führt. Hingegen sind Gaußfunktion 1 und 2 nahezu konstant. Aus diesem Grund wird die dritte Gaußfunktion nicht zur Auswertung benutzt, bleibt aber zur Beschreibung der Verteilung enthalten. Zur Effizienzbestimmung wird der Inhalt N von Bin 74, welcher im Zentrum liegt, benutzt. Von diesem Inhalt wird der Untergrund gemäß N' = N - u(x = 73.5) abgezogen, welcher sich aus der Summe von Gaußfunktion 1 und 2, ausgewertet an der Stelle 73.5, ergibt. Zur Auswertung der Gaußfunktionen, sowie zur Fehlerberechnung, werden die Fitparameter von Root benutzt. Die Fehler ergeben sich zu:

$$\Delta u(x = 73.5) = \sqrt{(\Delta \text{gauss}_1(x))^2 + (\Delta \text{gauss}_2(x))^2}$$

$$\Delta N' = \sqrt{N + \Delta u(x = 73.5)^2}$$
(3)

Die untergrundfreie Trefferzahl N'_0 aus der Messung an der Stelle z = -3 cm wird auf 100 Prozent gesetzt, da sich diese Position gerade außerhalb des insensitiven Bereiches befindet und gleichzeitig genügend im Strahlprofil liegt. Alle anderen Trefferzahlen N' werden hierzu in Relation gesetzt. Durch Fehlerfortpflanzung erhält man als Fehler auf die relativen Intensitäten $(I = N'/N'_0)$:

$$\Delta I = \sqrt{\frac{\Delta N'^2}{N'^2_0} + \frac{N'^2 \Delta N'^2_0}{N'^4_0}}$$
(4)



Abbildung 7: Trefferverteilung für DC3 (z = -5 cm) und Gaußfits



Abbildung 8: Trefferverteilung für DC3 (z = 1 cm) und Gaußfits

Die erhaltene Intensitätsverteilung ist für beide Driftkammerlagen in Abbildung 9 dargestellt. Offenbar ist die Intensität im Bereich z = 0.5 cm bis z = 3 cm minimal und beträgt bei beiden Driftkammerlagen etwa ein bis zwei Prozent. Unter der Annahme, dass die relative Intensität innerhalb des insensitiven Bereiches annähernd konstant ist, ergibt sich durch Mittelwertbildung (an den Stellen z = 1 cm und z = 2 cm) für die relative Intensität¹² unter Berücksichtigung der Fehler:

$$I_{DC3} = (1.69 \pm 0.07) \%$$

$$I_{DC4} = (1.45 \pm 0.06) \%$$
(5)



Abbildung 9: Relative Intensität beider Driftkammerlagen innerhalb des insensitiven Bereiches bezogen auf z = -3 cm

Bei obiger Betrachtung ist der erhaltene Fehler symmetrisch, wodurch es Intensitäten, die größer als 1 sind, geben kann. Root bietet speziell für Effizienzmessungen, bei welchen zwei Größen dividiert werden, eine Methode zur Berechnung der Fehler, welche nach [Pat03] auf dem Bayestheorem basiert. Während bei obiger Betrachtung die Fehler auch durch den Gaußfit bestimmt werden (Gleichung 3), wird bei dieser Methode nur der Fehler auf den Bininhalt, gemäß \sqrt{N} , berücksichtigt. Insofern erhält man eine untere statistische Fehlergrenze. Abbildung 10 zeigt die Messwerte mit den so erhaltenen Fehlerbalken.

¹²Dieses beinhaltet nur die statistischen Fehler. Für systematische Fehler siehe Kapitel 5.



Abbildung 10: Relative Intensität beider Driftkammerlagen innerhalb des insensitiven Bereiches bezogen auf z = -3 cm. Fehlerrechnung mit Bayestheorem.

Eine Mittelwertbildung unter Berücksichtigung der Fehler liefert analog wie zuvor:

$$I_{DC3,Bayes} = (1.69 \pm 0.04) \%$$

$$I_{DC4,Bayes} = (1.45 \pm 0.03) \%$$
(6)

3.2 Mit Berücksichtigung des SciFi2–Modules

Um eine genauere Auflösung des insensitiven Bereiches zu erhalten, wird das SciFi2–Modul mit seinen 16 Fasern entlang der z–Achse ausgelesen. Die Auswahlkriterien für gute Treffer einer Driftkammerlage entsprechen denen aus Kapitel 3.1.1. Während bei vorheriger Auswertung *alle* guten Treffer innerhalb eines einzelnen Events gezählt wurden, werden jetzt nur solche Events berücksichtigt, bei denen es genau *einen* guten Treffer in einer Driftkammerlage und in dem SciFi2–Modul gibt. Somit lässt sich zu jedem Ansprecher einer SciFi2–Faser der entsprechende Ansprecher in einem Driftkammerdraht zuordnen. Zur Normierung werden die guten Treffer jeder SciFi2–Faser und die damit verbundenen Treffer in den Driftkammerlagen auf 100000 Events normiert. Wie in Kapitel 3.1.2 findet man im Zentrum einer Driftkammerlage aufgrund der Detektoranordnung und des Strahlprofils einen Peak mit Untergrund. Die von dem vorderen und dem hinteren Detektor abgedeckte Fläche zur Koinzidenzbedingung ist kleiner als die von SciFi2 abgedeckte Fläche (Abbildung 3). Daher werden nicht alle Fasern des SciFi2–Modules zur Auswertung genutzt, sondern lediglich Fasern 1 bis 8 (Abbildung 11).



Abbildung 11: Ansprecherverteilung zwischen Driftkammerdrähten und SciFi2–Fasern 1 bis 16 an der Stelle z = -5 cm.

Ursprünglich geplant sollte der Koinzidenzbereich in der Mitte von SciFi2 liegen. Dieser Bereich ist wohlmöglich nach unten (Faser 1 - 8) gerückt, da sich der vordere Szintillator unter seinem eigenen Gewicht geneigt hat.

Die Auswertung geschieht wie folgt: An allen 10 z-Positionen wird für jede Faser (1 bis 8) die normierte Trefferverteilung einer Driftkammerlage vom Untergrund, analog wie in Kapitel 3.1.2, bereinigt. Somit ergeben sich pro Driftkammerlage $10 \times 8 = 80$ Messwerte, wobei sich manche Fasern entlang der z-Achse überlagern. Als Mittelpunkt für die z-Position der gesamten Detektoranordnung wird Faser 8 angenommen. Jede Faser hat eine Breite von $\Delta z = 2 \text{ mm}$, wodurch sich die in Abbildung 12 und 13 angegebenen z-Positionen der einzelnen Fasern ergeben. Die Fehler ergeben sich entsprechend aus Gleichung 4.

Die erhaltenen Ergebnisse stimmen zumindest im groben Verlauf mit denen aus Kapitel 3.1.2 überein, streuen jedoch in einem weiten Bereich um diese. Insbesondere ergeben sich unterschiedliche Intensitäten an jenen z-Positionen, wo sich zwei unterschiedliche Fasern überlappen (z.B. bei z = 0 cm, Abbildung 12). Aus diesem und weiteren Gründen (siehe Kapitel 5) wird von einer weiteren Untersuchung dieser Resultate abgesehen.



Abbildung 12: Relative Intensität für DC3. Normierung auf Faser 1 bei z = -5 cm.



Abbildung 13: Relative Intensität für DC4. Normierung auf Faser 1 bei $z=-5\,{\rm cm}.$

4 Messung B: Variation der Hochspannung

In diesem Abschnitt soll das Verhalten der Driftkammerlagen DC3 und DC4 im insensitiven Bereich für verschiedene Hochspannungen untersucht werden. Dazu wurde auf die Szintillatoren im Spot getriggert und für jede Hochspannung die Anzahl an guten Ansprechern, gemäß Kapitel 3.1.1, in dem zentralen Draht 74 bestimmt. Analog zu Kapitel 3.1.2 wurden die Ansprecher mittels Gaußfits von dem Untergrund bereinigt, normiert und die statistischen Fehler errechnet. Da die vordere Driftkammer (DC1 und DC2) zur Zeit der Messung nicht betriebsfähig war, kann eine Bestimmung der Effizienz nicht nach [Sch10] geschehen. Insofern ist in Abbildung 14 nicht die Effizienz, sondern die Anzahl der Drahtansprecher in Draht 74 gegen die Hochspannung aufgetragen.



Abbildung 14: Ansprecher für verschiedene Hochspannungen bei z = 0 cm (gute Treffer, ohne Hintergrund).



Abbildung 15: Effizienz der gesamten zweiten Driftkammer (DC3 und DC4) aus [Sch10].

Reduziert man die Hochspannung ausgehend von 3050 V, so sinkt die Anzahl der Drahtansprecher und damit die Effizienz deutlich ab, bis sie ab 2650 V kaum noch von Null zu unterscheiden ist. Es ergibt sich eine Kurve, die zu der in [Sch10] bestimmten Effizienzkurve (Abbildung 15) vergleichbar ist: Der Anfang der Flanke liegt um ca. 300 V über derer von [Sch10]. Es ist allerdings zu beachten, dass die in Abbildung 15 verwendeten Schwellen niedriger sind und eine Erhöhung der Schwelle ebenfalls eine Verschiebung der Flanke verursacht.

5 Diskussion

Systematische Fehlerbetrachtung

Im Rahmen der Bachelorarbeit wurde keine quantitative Betrachtung der systematischen Fehler betrieben. Im Folgenden werden ein paar mögliche und nicht berücksichtigte Fehlerquellen und deren Ursache kurz angesprochen.

Zufällige Koinzidenzen durch ein Teilchen aus der senkrecht eintreffenden Höhenstrahlung sind wegen der waagerechten Detektoranordnung nahezu irrelevant. Ebenfalls ist es ausschließbar, dass zwei Teilchen aus der Höhenstrahlung beide Szintillatoren gleichzeitig treffen und zum Untergrund beitragen.

Der Hauptuntergrund entsteht vor allem durch folgende Fälle:

- Gleichzeitig werden vorderer und hinterer Szintillator von unterschiedlichen Teilchen angesprochen, da sich deren sensitiven Flächen nicht ideal überlappen und leicht zueinander überstehen (Abbildung 3). Insofern kann z.B. das Positron einer e^+-e^- -Produktion den vorderen Szintillator und das Elektron den hinteren Szintillator ansprechen.
- Erlaubte Driftzeiten für einen guten Treffer von bis zu 400 ns nach einem Triggersignal eröffnen ein großes Zeitfenster, in welchem es zufällige Ansprecher durch anderer Teilchen in den Driftkammern geben kann. Insbesondere können zufällige Teilchen oberhalb oder unterhalb der verdickten Drähte Ansprecher verursachen, welche fälschlicher Weise dem insensitiven Bereich zugeordnet werden. Weiterhin kann die Driftzeit eines Ansprechers aufgenommen werden, welche zu einem vorherigem Triggersignal gehörte. Als Beispiel hierzu löse Teilchen A ein Triggersignal aus, welches eine Driftzeit von 600 ns verursache. Ein Teilchen B löse jedoch bereits nach 500 ns ein weiteres Triggersignal aus. Die Driftzeit von Teilchen A wird dann versehentlich für Teilchen B bei 100 ns aufgenommen.

Zur Beschreibung des Untergrundes wurde in Kapitel 3.1.2 und 3.2 die Summe zweier Gaußfunktionen benutzt. Ein systematischer Fehler entsteht unter anderem daher, da die tatsächliche Form des Untergrundes unbekannt ist. Die empirische Beschreibung des Untergrundes durch die Gaußfunktionen ist nicht exakt, wie z.B. in Abbildung 8 zu sehen ist.

Eine weitere systematische Fehlerquelle ergibt sich durch die Bedingungen der guten Treffer in 3.1.1. Die Wahl des Bereiches für eine gültige Time-over-Threshold und einer Driftzeit beeinflusst die unterschiedlichen Trefferverteilungen und damit die bestimmten Ergebnisse.

Effizienz im insensitiven Bereich

Die Effizienzbetrachtung innerhalb des insensitiven Bereiches aus Kapitel 4 zeigt, dass der Anstieg der Effizienz um etwa 300 V zu der allgemeinen Kammereffizienz verschoben ist. Es ist jedoch zu beachten, dass die gewählte Schwelle von 0x50 höher als bei der allgemeinen Effizienzbestimmung aus [Sch10] ist: Bei gleicher Driftkammerspannung und erhöhter Schwelle sinkt die Effizienz, da es automatisch weniger Ansprecher in der Driftkammer gibt. Eine Erhöhung der Spannung bei gleicher Schwelle verursacht eine größere Gasverstärkung und damit eine höhere Rate an Ansprechern. Insofern kann die höhere Schwelle die Verschiebung mit erklären. Ein Effizienzplateau (wie in [Sch10]) lässt sich nicht im insensitiven Bereich erkennen. Wenn es ein Plateau gibt, so liegt dieses oberhalb von 3100 V und konnte, aufgrund zu hoher Ströme in der Driftkammer, nicht bestimmt werden. Da jedoch im insensitiven Bereich eine geringe Effizienz erwünscht ist, sollte die Spannung nicht höher als 3050 V sein und innerhalb des Plateaus der allgemeinen Kammereffizienz liegen.

Signalunterdrückung im insensitiven Bereich

Die Bestimmung der Unterdrückung innerhalb des insensitiven Bereiches unter Berücksichtigung des SciFi2-Modules gestaltete sich, im Vergleich zu der Auswertung ohne SciFi2-Modul, problematischer. Ein Hauptgrund mag darin liegen, dass durch die gestellten Forderungen (gute Treffer, nur ein Treffer in Driftkammerlage und SciFi2 pro Event) eine sehr geringe Statistik zur Auswertung der einzelnen Fasern zur Verfügung steht. Zusätzlich dazu ergibt sich innerhalb des insensitiven Bereiches eine geringere Zählrate. Von daher liegen bei der Betrachtung einer SciFi2–Faser und der damit verbundenen Trefferverteilung in beiden Driftkammerlagen nur wenige Hundert gute Treffer vor. Im Vergleich zu der Betrachtung ohne SciFi2-Modul stellt dieses einen geringen Bruchteil von ein paar Prozent (siehe hierzu Abbildung 8) dar. All dieses wirkt sich negativ auf die Genauigkeit der Messung aus: Die relativen Intensitäten streuen innerhalb des insensitiven Bereiches in einem Wertebereich von ungefähr 2% bis zu 10% (Abbildung 12 und 13). Mehrere Ansätze zur Auswertung dieser Messwerte führten immer wieder zu ähnlichen, nicht brauchbaren, Ergebnissen: Unterschiedliche Fasern wurden bei $z = -5 \,\mathrm{cm}$ auf 100 % gesetzt und alle anderen Werte dazu relativiert. In einem anderen Ansatz wurden alle Fasern bei $z = -5 \,\mathrm{cm}$ als 100 % definiert und nur die Werte der eigenen Fasern entsprechend relativiert. Die Untersuchung des insensitiven Bereiches ohne SciFi2–Modul zeigt, dass dieser in einem Bereich von etwa $z = 0.5 \,\mathrm{cm}$ bis $z = 3 \,\mathrm{cm}$ liegt (Abbildung 9 bzw. 10). Eine Mittelung der in Kapitel 3.2 erhaltenen Werte in diesem Bereich liefert für die Intensität $I_{DC3,SciFi2} = (8.7 \pm 4) \%$ und $I_{DC4,SciFi2} = (6.7 \pm 3) \%$, wobei diese Resultate fraglich sind.

In Kapitel 3.2 wurde pro Event genau ein Ansprecher in dem SciFi2–Modul und ein Ansprecher in der Driftkammer verlangt. Eine weitere mögliche Erklärung für die wenig brauchbaren Ergebnisse könnte daher kommen, da durch diese Bedingung ein nicht bestimmbarer Anteil an guten Treffern außerhalb des insensitiven Bereiches fehlt. Dieser Anteil geht dann für die Relativierung der Intensitäten verloren. In Folge dessen liegt die relative Intensität im insensitiven Bereich (im Vergleich zu Kapitel 3.1.2) bei höheren Werten, wie beobachtet. Ein erzeugtes Elektron–Positron–Paar könnte außerhalb des insensitiven Bereiches zwei gute Treffer erzeugen, jedoch ist dann keine eindeutige Zuordnung zwischen SciFi2–Faser und Kammerdraht möglich.

Die in [ea08] angegebene Signalunterdrückung auf 1 % konnte nicht erreicht werden. Der in Kapitel 3.1.2 zu 1.5 % bestimmte Unterdrückungsfaktor ist, trotz der zusätzlichen systematischen Unsicherheit, für die Bedürfnisse des BGO–OD–Experiments vorraussichtlich hinreichend.

6 Zusammenfassung

Zur Untersuchung von gemischt geladenen Endzuständen in Photoproduktionsexperimenten wird derzeit das BGO–OD–Experiment in der Experimentierhalle des Bonner Elektron–Beschleunigers ELSA aufgebaut. Den zentralen Teil bilden ein Target aus flüssigem Wasserstoff bzw. Deuterium und ein Kalorimeter. In Vorwärtsrichtung befindet sich ein Magnetspektrometer. Zur Spurbestimmung vor dem Magneten werden zwei szintillierende Faserdetektoren verwendet. Hinter dem Magneten erfolgt die Spurbestimmung durch Driftkammern. Aufgrund von e^+-e^- –Produktionen im Target kommt es zu ungewollten Ansprechern in den Driftkammern, welche durch Schaffung eines insensitiven Bereiches unterdrückt werden sollen. Realisiert wird die Unterdrückung durch eine Verdickung der Drähte in dem entsprechendem Bereich. Ziel der Arbeit war es die Signalunterdrückung zu vermessen und zu charakterisieren.

Hierzu wurde eine gleichmäßig verschiebbare Detektoranordnung zur Effizienzmessung innerhalb des insensitiven Bereiches montiert, welche aus zwei Szintillatoren (je vor und je nach einer Driftkammer) und einem Szintillator aus 16 Faser besteht.

Die Auswertung erfolgte zunächst ohne Berücksichtigung der 16 Fasern des Szintillators und liefert eine Unterdrückung auf etwa 1.5% im insensitiven Bereich. Eine Auswertung mit Berücksichtigung des Modules ergab wenig brauchbare Resultate, da die erhaltenen Messwerte eine zu geringe Statistik und damit eine zu große Unsicherheit aufwiesen. Offen bleibt die Frage, ob eine längere Messzeit und die damit verbundene größere Statistik zu genaueren Resultaten geführt hätte.

In einer weiteren Messung wurde die Effizienz im insensitiven Bereich bei unterschiedlichen Driftkammerhochspannungen untersucht. Es zeigt sich eine Verschiebung des Effizienzanstieges um etwa 300 V im Vergleich zu der allgemeinen Kammereffizienz. Um innerhalb des insensitiven Bereiches eine möglichst geringe Effizienz bzw. große Unterdrückung zu erhalten, sollte die Spannung nicht höher als 3050 V sein und gleichzeitig im Effizienzplateau der allgemeinen Kammereffizienz liegen. Eine absolute Bestimmung der Effizienz konnte, aufgrund des Ausfalls der ersten Driftkammer, nicht nach [Sch10] erfolgen.

Literatur

- [Die] Dieter Walther et al., *Technische Zeichnungen*.
- [ea08] I. Lopatin et al., Production of drift chambers and associated readout electronics for the SFB/TR-16/B1 magnetic spectrometer, Design Report, Petersburg Nuclear Physics Institute, Gatchina, Russia, 2008.
- [Ham08] Daniel Hammann, Test und Inbetriebname der Prototyp-Driftkammer für das B1-Spektrometer, Diplomarbeit, Universität Bonn, November 2008.
- [Mak] Makarenkov et al., Technische Zeichnungen.
- [Pat03] Marc Paterno, Calculating Efficiencies and Their Uncertainties, Mai 2003.
- [Sch10] Timothy Schwan, Test und Inbetriebnahme der Driftkammern für das BGO-OD-Spektrometer, Diplomarbeit, Universität Bonn, April 2010.