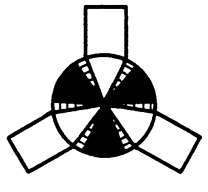
Szintillierende Fasern und Photomultiplier für den EDDA-Detektor

Diplomarbeit
von
Ralf Ziegler
April 1993

Referent: Prof. Dr. F. Hinterberger
Korreferent: Prof. Dr. P. D. Eversheim

INSTITUT FÜR STRAHLEN - UND KERNPHYSIK

DER UNIVERSITÄT BONN



Zusammenfassung

Am Cooler Synchrotron COSY des Forschungszentrums Jülich werden mit Hilfe des EDDA-Detektors die Anregungsfunktionen der elastischen Proton-Proton-Streuung in einem Strahlenergiebereich von 250 MeV bis 2,5 GeV gemessen. Die innere Lage des zweilagigen EDDA-Detektors wird eine gegenläufige Doppelhelix aus 640 szintillierenden Fasern sein. Sie wird zur Untergrundunterdrückung und Vertexrekonstruktion - auch im Hinblick auf ein projektiertes polarisiertes Atomstrahltarget - benötigt. Thema dieser Arbeit ist der Test verschiedener Typen szintillierender Fasern und des Multianodenphotomultipliers Hamamatsu R4760 auf ihre Eignung zum Einsatz in der inneren Lage des EDDA - Detektors. Hierzu wurde ein Pulsgenerator zur Simulation schneller Szintillatorlichtsignale und eine Schaltung zur Anpassung der Photomultiplier an die PCOS III Ausleseelektronik entworfen und gebaut. Die Untersuchungen erstreckten sich auch auf das Verhalten szintillierender Fasern bei thermoplastischer Deformation, Klebung und längerer Raumlichtexposition. Zusammenfassend kann man feststellen, daß sich nur ein Fasertyp (Kuraray SCSF-81, 2,5 mm Durchmesser) zur Verwendung in der inneren Lage des EDDA - Detektors eignet. Der untersuchte Photomultiplier ist zur Auslese dieser szintillierenden Fasern geeignet und läßt sich an die vorhandene Ausleseelektronik ankoppeln.

Inhalt

1) Einleitung **3**

1.1 Motivation 3

1.2 Thema 4

2) Szintillierende Fasern **6**

2.1 Aufbau und Funktionsweise 6

2.2 Messungen mit minimalionisierenden Elektronen 7

2.2.1 Versuchsaufbau 7
2.2.2 Eichung der Pulshöhenspektren 9
2.2.3 Bearbeitung und Ankopplung der Fasern 10

2.3 Abschwächungslänge szintillierender Fasern 11

3) Verwendung szintillierender Fasern im EDDA-Detektor **13**

3.1 Eignung verschiedener Fasern 13

3.2 Alterungsbeständigkeit der Fasern 15

3.2.1 Alterung durch Lichteinwirkung 16
3.2.2 Alterung durch Feuchtigkeit 17
3.2.3 Alterung durch Klebstoffe 17

4) Pulsgenerator zur Simulation schneller Szintillatorlichtsignale **20**

5) Der Multianodenphotomultiplier Hamamatsu R 4760 **24**

5.1 Aufbau des Hamamatsu R 4760 24

5.2 Spannungsversorgung des Photomultipliers 25

5.3 Eigenschaften 27

5.3.1 Single Electron Peak 27
5.3.2 Quanteneffizienz 30
5.3.3 Crosstalk 33

5.4 Zusammenfassung 35

6) Ankopplung des Multianodenphotomultipliers Hamamatsu R4760 an das LeCroy PCOS III - System 36

6.1. Das LeCroy PCOS III 36
6.2. Ankopplung des Photomultipliers Hamamatsu R 4760 an die Diskriminator-/Vorverstärkerkarte 2735 PC 37

7) Ausblick 40

Anhang A: Daten des Hamamatsu R 1635-02 41

Anhang B: Daten des Hamamatsu R 4760 42

Anhang C: Daten der untersuchten szintillierenden Fasern 45

Literaturverzeichnis 46

1. Einleitung

1.1. Motivation

Am neuen **Co**oler **Sy**nchrotron COSY des Forschungszentrums Jülich wird der EDDA-Detektor (**E**xcitation Function **D**ata Aquisition **D**esigned for **A**nalysis of Phase Shifts) zur Messung der Anregungsfunktionen der elastischen Proton-Proton-Streuung ($p + p \rightarrow p + p$) mit hoher Energie- und Winkelauflösung als erstes Experiment mit internem Target zum Einsatz kommen. Insbesondere im Energiebereich oberhalb 1 GeV ist eine Verbesserung der experimentellen Situation wünschenswert. Das Ziel des Experimentes sind Anregungsfunktionen mit einer hohen relativen Genauigkeit, die eine detaillierte Streuphasenanalyse zu höheren Energien hin ermöglichen. Dank seiner hohen Auflösung ist der EDDA-Detektor auch zur Suche (und gegebenenfalls zur Vermessung) nach im Energiebereich von 1,9 GeV bis 2,9 GeV durch das Quark-Bag-Modell vorausgesagten dibaryonischen Resonanzen geeignet. Die Datenaufnahme des EDDA - Detektors erfolgt während der Beschleunigungsphase von COSY im Energiebereich von 250 MeV bis 2,5 GeV. Angestrebt wird eine Energieauflösung von $\Delta E = 1$ MeV. Der EDDA - Detektor deckt ca. 87% des gesamten C.M.S. - Raumwinkels ab, so daß für jedes Energieintervall die Anregungsfunktionen im Winkelbereich von $30° \leq \Theta_{CM} \leq 150°$ mit einer hohen Winkelauflösung gemessen werden können.

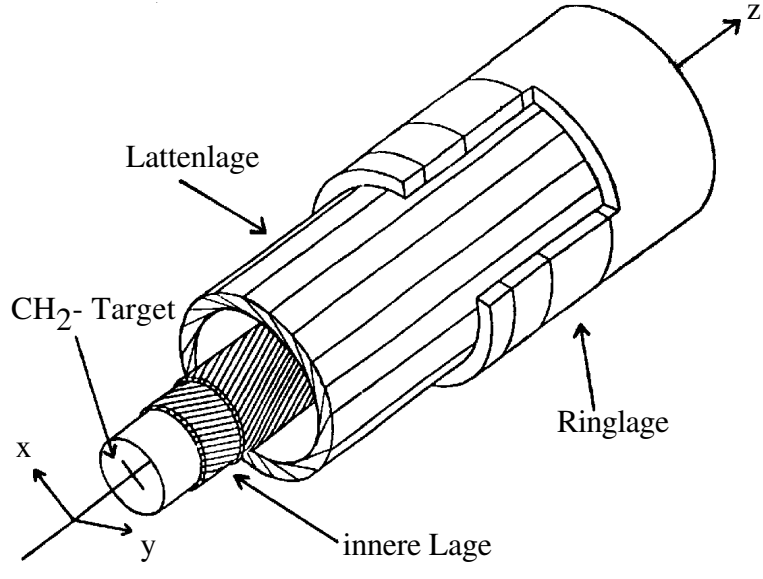


Abb. 1.1. Schemazeichnung des EDDA - Detektors

In der ersten Phase werden unpolarisierte differentielle Wirkungsquerschnitte mit einem 8 µm dicken Polypropylen - ($(CH_2)_n$) Fädchentarget gemessen. Aufgrund der geringen Ausdehnung des COSY - Strahls ist die Wechselwirkungszone nahezu punktförmig. Daher ist es möglich, aus den Durchstoßpunkten der Ejektile durch die Latten- und Ringlage aus schnellen Plastikszintillatoren (Bicron BCF 408) die Ereignisse kinematisch zu rekonstruieren. Zur Messung von Polarisationsobservablen wird zu einem späteren Zeitpunkt ein polarisiertes Atomstrahltarget zur Anwendung kommen. Aufgrund der räumlichen Ausdehnung der Wechselwirkungszone ist in diesem Fall eine zusätzliche, ortsauflösende Detektorlage notwendig, um eine Vertexrekonstruktion zu ermöglichen. Außerdem dient diese innere Lage, die aus 640 szintillierenden Fasern besteht, zur Unterdrückung des Untergrunds. [LAH92]. Bereits in der ersten Phase ist die innere Lage zur Diskriminierung von inelastischen Ereignissen und Streuprozessen am Kohlenstoffanteil des Fädchentargets von Interesse.

1.2. Thema

Die innere Lage des EDDA - Detektors besteht aus 640 szintillierenden Fasern in Form einer gegenläufigen Doppelhelix [DOR93]. Die Fasern werden gegen die Strahlrichtung in Rückwärtswinkeln ausgelesen. Daher ist es unausweichlich, die Fasern um die vier Targetstutzen des EDDA-Strahlrohrs herumzuführen.
Die Fasern werden mit Hilfe von Photomultipliern einzeln ausgelesen. Multianodenphotomultiplier sind aufgrund ihres im Vergleich zu einkanaligen Photomultipliern geringeren Platzbedarfs und der niedrigeren Kosten pro Kanal besonders geeignet für diese Anwendung. Allerdings waren bisher erhältliche Multianodenphotomultiplier (z.B. Philips XP 4702 / XP 4722 [WIE91] [JOO92]) aufgrund ihres unbefriedigenden Übersprechverhaltens sowie ihrer z.T. unbefriedigenden Quanteneffizienz und Inhomogenität der Verstärkungskanäle nicht für den Einsatz in der inneren Lage des EDDA-Detektors geeignet.

Daraus resultieren folgende Fragestellungen mit denen sich die vorliegende Arbeit beschäftigt:

- Welche Fasern sind unter den gegebenen Bedingungen zum Einsatz im EDDA - Detektor geeignet?

  Dazu wurden szintillierende Fasern der Marken Bicron und Kuraray mit minimalionisierenden Elektronen einer ^{90}Sr - Quelle untersucht. Lichtausbeute und Abschwächungslänge der Fasern wurden miteinander verglichen.

- Unter welchen Bedingungen und mit welchen Hilfsmitteln lassen sich die Fasern verarbeiten?

  In diesem Zusammenhang wurde insbesondere der Einfluß thermoplastischer Deformation auf die Eigenschaften der Fasern untersucht. Zur Minimierung des Übersprechens benachbarter Fasern ist eine Beschichtung des Fasern mit EMA (Extra Mural Absorber) notwendig. Daher wurden verschiedene Materialien und Verfahren zur Beschichtung der Fasern verglichen. Außerdem wurde der Einfluß der Verarbeitung auf die Fasern betrachtet. Schwerpunkte waren der Einfluß von Klebstoffen und unvermeidbarer Lichteinwirkung auf die Fasern.

- Ist der neuartige Multianodenphotomultiplier Hamamatsu R 4760 zum Einsatz in der inneren Lage des EDDA-Detektors geeignet?

  Untersucht wurden insbesondere Quantenausbeute und Verstärkung der einzelnen Photomultiplier-Kanäle sowie die Anbindung an die nachfolgende Elektronik.