6. Ankopplung des Multianodenphotomultipliers Hamamatsu R 4760 an das LeCroy PCOS III - System

Das LeCroy PCOS III (**P**roportional **C**hamber **O**perating **S**ystem), ursprünglich zur Aufbereitung der Augangssignale von Drahtkammern entwickelt, wird im Rahmen des EDDA - Experiments zur Auswertung der Ausgangspulse der Photomultiplier der inneren Lage verwendet. Im folgenden soll kurz die Funktion des LeCroy PCOS III vorgestellt und die Anbindung des Hamamatsu R 4760 an das PCOS III besprochen werden.

6.1. Das LeCroy PCOS III

Das PCOS III wurde entwickelt, um die Adressen getroffener Drahtkammer - Signaldrähte zu erfassen. Es besteht aus vier Komponenten:

- Vorverstärker- / Diskriminatorkarte 2735 PC (16 Kanäle)
  Sie dient dazu, aus den analogen Ausgangssignalen der Drahtkammern (im Falle des EDDA - Detektors: Ausgangssignale der Photomultiplier) logische ECL - Signale zu gewinnen. Sie beinhaltet je 16 ladungsempfindliche Vorverstärker und Diskriminatoren. Die gemeinsame Schwelle der Diskriminatoren kann über CAMAC-Befehle eingestellt werden.

- Receiver - Modul 2731 A (32 Kanäle)
  dient als Schnittstelle zwischen Vorverstärker- / Diskriminatorkarte und Crate Controller

- Crate Controller 2738
  Gewinnt zur Reduzierung der Datenmenge aus den Signalen der Receiver-Module die Adressen derjenigen Kanäle, die ein Signal melden. Diese werden über zwei Busleitungen an das CAMAC- Interface 4299 und die Elektronik zur Online-Analyse übertragen.

- Buffer / CAMAC Interface 4299
  Befindet sich in einem separaten CAMAC Crate, aus dem die Adressen der Kanäle, die ein Signal melden, zur Offline-Analyse auf Band geschrieben werden.

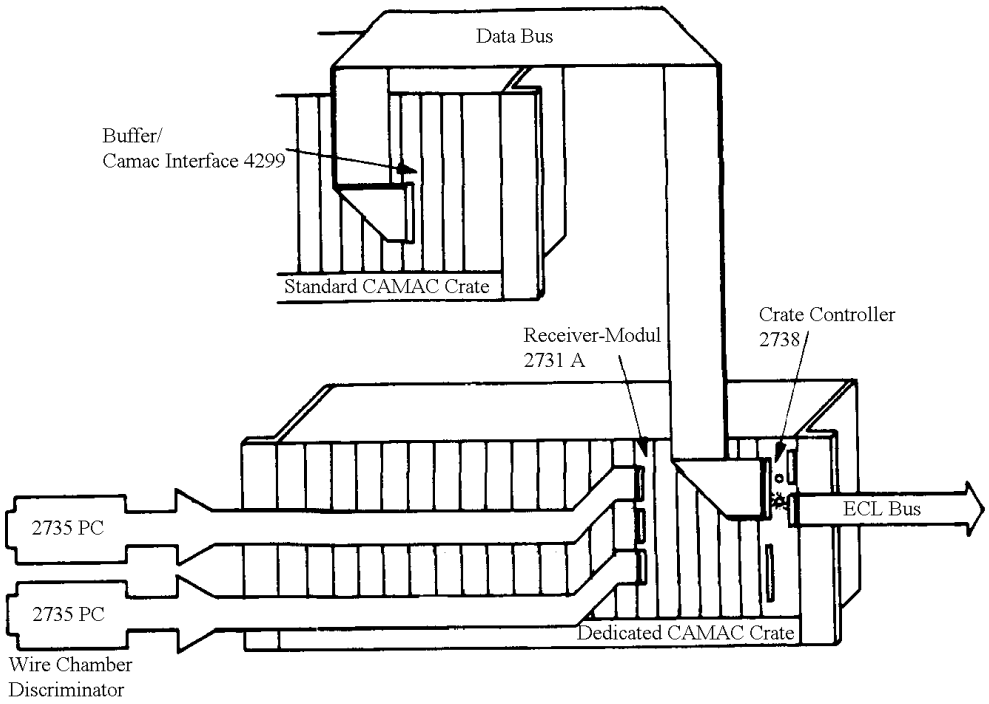

Abb. 6.1 Vernetzung der Komponenten des PCOS III

Weitere Informationen zum LeCroy PCOS III finden sich in [LAH92] und [LCR92]

6.2 Ankopplung des Photomultipliers Hamamatsu R4760 an die Diskriminator- / Vorverstärkerkarte 2735 PC

Im Vergleich zu Drahtkammersignalen haben Photomultipliersignale eine höhere Amplitude. Außerdem kommt es bei gleicher Lichtintensität aufgrund der Unterschiede von Quanteneffizienz und Verstärkung zwischen den Kanälen zu erheblichen Unterschieden der Signalamplituden.
Da die Diskriminatorschwelle für alle 16 Kanäle der Diskriminator-/ Vorverstärkerkarte 2735 PC identisch ist, ist es unumgänglich, die Photomultipliersignale durch einen vorgeschalteten Spannungsteiler so abzuschwächen, daß die Nachweiseffizienz der einfallenden Lichtpulse ausschließlich eine Funktion der Intensität der Impulse, jedoch nicht der individuellen Eigenschaften des betrachteten Photomultiplierkanals ist. Dabei nutzt man aus, daß die Unterschiede zwischen den Signalamplituden der einzelnen Photomultiplierkanäle im wesentlichen von Unterschieden der Verstärkungsfaktoren der einzelnen Kanäle und nicht von Schwankungen der Quanteneffizienz verursacht werden.

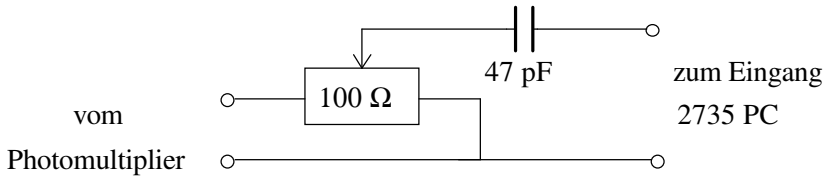

Abb. 6.2 Schaltung zur Ankopplung der Hamamatsu R4760
an die Diskriminator-/Vorverstärkerkarte 2735 PC

Zur Überprüfung dieser Eingangsbeschaltung wurde (unter Verwendung der Prototypröhre ZC 7662) untersucht, inwieweit durch einen geeigneten Abgleich der den einzelnen Photomultiplierkanälen zugeordneten Potentiometer das Verhalten der Kanäle einander angeglichen werden kann.
Dazu wurden drei Lichtquellen (durch Pulsgenerator angesteuerte blaue Leuchtdioden) verwendet. Sie erzeugen auf einem Pixel mit einer Quanteneffizienz von $\eta = 0{,}15$ mittlere Photoelektronenzahlen je Puls von:

- 1 Photoelektron (entspricht dem zu unterdrückenden Rauschen der Röhre)
- 3 Photoelektronen
- 10 Photoelektronen (entspricht der aufgrund von Simulationen [DOR93], [LAH92] erwarteten minimalen Impulsintensität in der inneren Lage des EDDA - Detektors)

Die Intensitätsverteilungen des 1-Photoelektronen-Signals und des 10 -Photoelektronen-Signals überlappen nur geringfügig (ca. 3‰) im Bereich von 3 Photoelektronen. Unter Zuhilfenahme der 3-Photoelektronen-Lichtquelle wurden daher die den einzelnen Röhrenkanälen zugeordneten Spannungsteiler so abgeglichen, daß bei mittlerer Diskriminatorschwelle der Schnitt im Pulshöhenspektrum bei 3 Photoelektronen liegt.

Anschließend wurde die Nachweiseffizienz der Lichtpulse in Abhängigkeit von der an der Diskriminator- / Vorverstärkerkarte 2735 PC angelegten Schwelle bestimmt. Als Nachweiseffizienz η_{PCOS} wurde dabei betrachtet:

$$\eta_{PCOS} = \frac{n_{PCOS}}{n_{LED}} \qquad (6.3)$$

mit: n_{PCOS}: Anzahl der vom PCOS Crate Controller 2738 erkannten Pulse
n_{LED}: Anzahl der LED - Ansteuerpulse

Die Schwellenabhängigkeit der Nachweiseffizienz für den besten (Kanal 7; überdurchschnittliche Quanteneffizienz und Verstärkung) und schlechtesten (Kanal 13,

unterdurchschnittliche Quanteneffizienz und Verstärkung) nach erfolgtem Abgleich zeigt Abb. 6.4.:

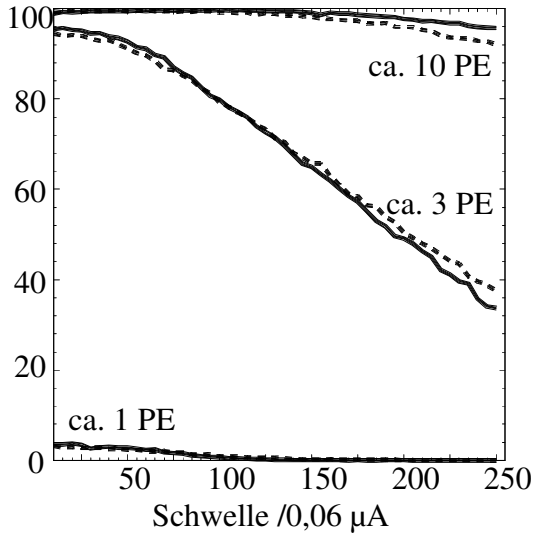

Abb.6.4 Schwellenabhängigkeit der Nachweiseffizienz für die Kanäle 7 (durchgezogene Linie) und 13 (gestrichelte Linie) der Hamamatsu R 4760 Nr. ZC 7662

Es ist also möglich, durch geeigneten Abgleich der Eingangsbeschaltung (vgl. Abb. 6.2) die einzelnen Kanäle der Hamamatsu R 4760 einander so anzugleichen, daß das Setzen einer gemeinsamen Diskriminatorschwelle durch die Diskriminator- / Vorverstärkerkarte 2735 PC möglich ist.

7) Ausblick

Aufgrund der Notwendigkeit der thermoplastischen Deformation kommen zur Realisierung der inneren Lage des EDDA-Detektors nach dem Stand der Untersuchungen dieser Arbeit nur szintillierende Fasern des Typs Kuraray SCSF-81 in Betracht. Gegenüber den für die Untersuchungen dieser Arbeit verfügbaren Fasern des Typs Bicron BCF-12 zeichnen sie sich, insbesondere nach erfolgter thermoplastischer Deformation, durch eine erheblich höhere Lichtausbeute aus. Geeignete Materialien zur EMA-Beschichtung (Bicron Reflective Coating BC 620) und Verklebung (Ciba-Geigy XW-338) der Fasern sind verfügbar. In Verbindung mit diesen szintillierenden Fasern gewährleistet der 16-Kanal-Photomultiplier Hamamatsu R 4760 ausreichende Photoelektronenzahlen für den Einsatz in der inneren Lage des EDDA - Detektors. Eine Ankopplung des Photomultipliers Hamamatsu R4760 an das LeCroy PCOS III ist möglich; ein Adapter zur Ankopplung der Röhrensignale an die Diskriminator-/Vorverstärkerkarte 2735 PC sowie zur Befestigung der Karte in einem NIM - Einschub ist im Rahmen der vorliegenden Arbeit entwickelt und getestet worden.
Bis zur Realisierung der inneren Lage des EDDA-Detektors ist eine Beschleunigung der Verarbeitung der Fasern notwendig um die Alterung der Fasern durch Lichteinfluß während der Verarbeitung zu minimieren. Dazu sind insbesondere ein teilautomatisiertes Verfahren zur thermoplastischen Verformung der Fasern, sowie ein Verfahren zur schnellen Positionierung der Fasern mit der geforderten hohen Präzision [DOR93] wünschenswert. Zur Erhöhung der Präzision der Faserpositionierung ist es zudem notwendig, die Variation der EMA-Schichtdicke durch ein geeignetes Auftragsverfahren zu minimieren.

Anhang A: Photomultiplier Hamamatsu R 1635

Die folgenden Angaben sind dem Herstellerdatenblatt [HAM90]entnommen:

Parameter	Größe
Durchmesser	3/8 "
nutzbarer Kathodendurchmesser	8 mm
Material des Kathodenfensters	Borsilikatglas
Kathodenbeschichtung	Bialkali
nutzbarer Spektralbereich	300 nm bis 650 nm
maximale Empfindlichkeit bei	420 nm
Anzahl Dynodenstufen	8
maximale Betriebsspannung	1500 V
maximaler Anodenstrom	30 µA
Empfindlichkeit der Photokathode ('radiant sensitivity') bei λ=420 nm ('luminous sensitivity')	82 mA / W 90 µA / lm
Empfindlichkeit (Ausgangssignal) ('radiant sensitivity') bei λ=420 nm ('luminous sensitivity')	$1.8 \cdot 10^5$ A/W 200 A/lm
Dunkelstrom	100 Impulse / s
Puls-Anstiegszeit (Anode)	0,8 ns

Anhang B: Photomultiplier Hamamatsu R 4760

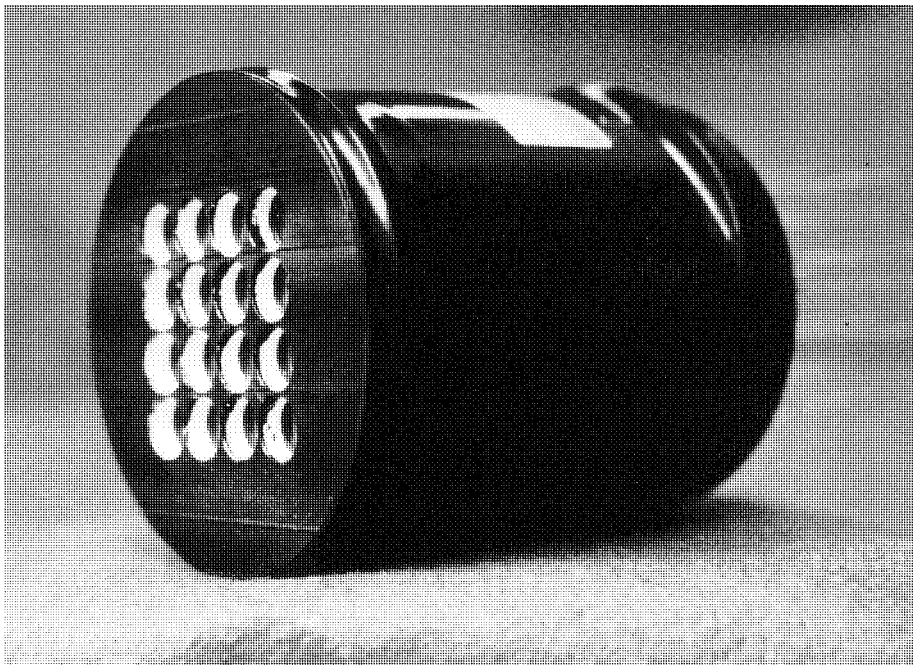

Abb. B1: Ansicht der Hamamatsu R 4760

Technische Daten:

Parameter	Größe
Anzahl Kanäle	16
nutzbarer Kathodendurchmesser	7 mm
Material der Frontplatte	Kovar-Metall
Material des Kathodenfensters	Borsilikatglas
Material der Frontplattenabdeckung	Silikonkautschuk
Kathodenbeschichtung	Bialkali
nutzbarer Spektralbereich	300 nm bis 650 nm
maximale Empfindlichkeit bei	420 nm
Anzahl Dynodenstufen	10
maximale Betriebsspannung	1250 V
Empfindlichkeit der Photokathode ('radiant sensitivity') bei λ=420 nm ('luminous sensitivity')	50 mA / W 50 µA / lm

Abb. B2: Technische Daten der Hamamatsu R4760 [HAM92]

Abmessungen des Photomultipliers Hamamatsu R4760:

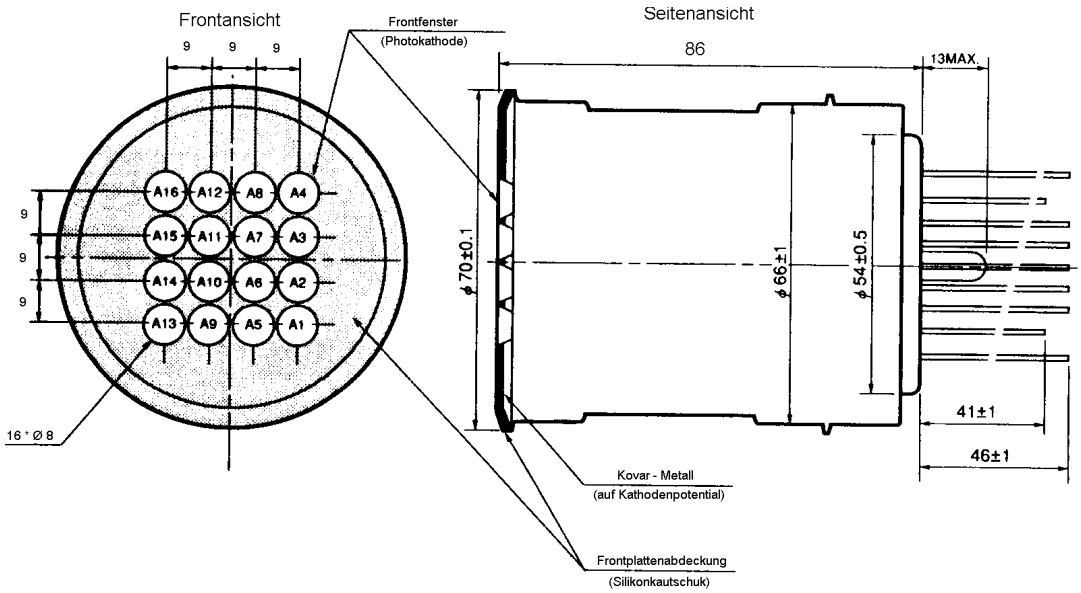

Abb. B3: Abmessungen der Hamamatsu R4760 [HAM92]

Spektrale Empfindlichkeit der Photokathode:

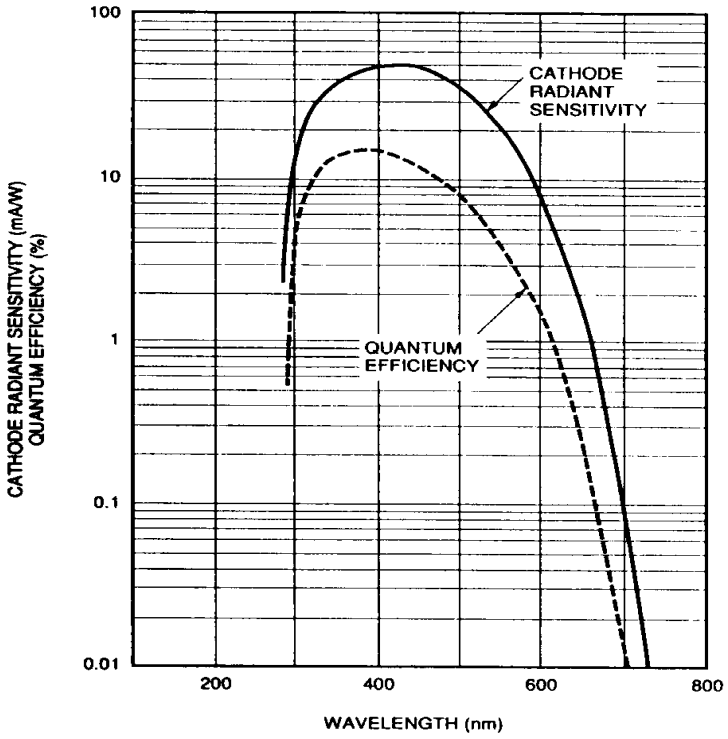

Abb. B4: Spektrale Empfindlichkeit der Quanteneffizienz / Radiant Sensitivity

Layout des verwendeten Spannungsteilers:

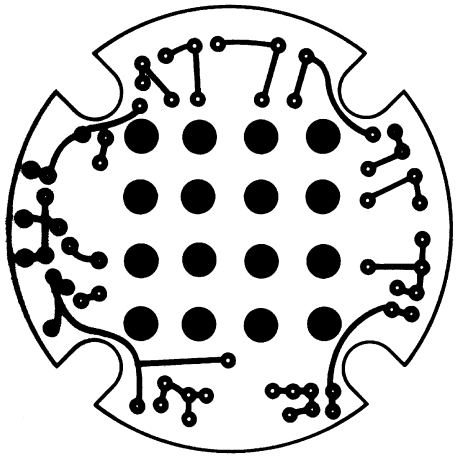

Abb. A.5: Layout des verwendeten Spannungsteilers

Anhang C: Szintillierende Fasern Bicron BCF-12 und Kuraray SCSF-81

Fasertype	Bicron BCF-10	Bicron BCF-12	Kuraray SCSF-81
Durchmesser /mm	2,5	2,5	2,5
Claddingdicke /µm	75	75	75
EMA werksseitig verfügbar	ja	ja	ja*
Schichtdicke des EMA /µm	10 bis 15	10 bis 15	k.A.
Material des Kerns	Polystyrol	Polystyrol	Polystyrol
Brechungsindex des Kerns	1,60	1,60	1,59
Material des Claddings	PMMA	PMMA	"fluoriertes PMMA"
Brechungsindex des Claddings	1,49	1,49	1,42
Winkel der Totalreflexion	69,9°	69,9°	63,3°
Einfangeffizienz für			
-Ereignisse auf der Faserachse	3,4 %	3,4 %	5,3 %
-Ereignisse in Claddingnähe	6,6 %	6,6 %	10,1 %
Emissionsmaximum /nm	432	435	437
Abschwächungslänge /m	†	*≥ 2,2*	*≥ 2,3*

*: nur in kleinen Mengen lieferbar
†: Faser stand für Messungen nur bis 2mm Durchmesser zur Verfügung; Herstellerangabe nicht verfügbar
k.A.: keine Herstellerangaben verfügbar

Angaben in Kursivschrift beruhen auf eigenen Messungen, alle anderen Werte beruhen auf Herstellerangaben [BIC89], [BIC93], [KUR91], [MIT92], [OKA92].

Literaturverzeichnis

[BIC89] Plastic Scintillators, Bicron Corporation, März 1989

[BIC92] F. Kniest, Bicron Corporation European Office, private Mitteilung, Oktober1992

[BIC93] Scintillating Optical Fibers, Bicron Corporation 1993

[DOR93] G. Dorner, Prototypstudien zu einem ortsauflösenden, zylindrischen Detektor aus szintillierenden Fasern, Diplomarbeit, ISKP Bonn, Februar 1993

[FIE68] Fieser und Fieser, Organische Chemie, Chemie-Verlag 1968

[GRO93] R. Groß-Hardt, Simulation des EDDA-Detektors - Erste Ergebnisse, Diplomarbeit, ISKP Bonn, April 1993

[HAM90] Hamamatsu Photonics, Photomultiplier Tubes, Japan, Oktober 1990

[HAM92] Hamamatsu Photonics Deutschland, Vorläufiges Datenblatt des Hamamatsu R 4760, April 1992

[HAM93] Private Mitteilung auf einem Treffen mit Vertretern der Firma Hamamatsu Photonics, Bonn, März 1993

[HAW90] C.M.Hawkes et al., NIM A292 (1990) 329-336

[JOO92] R. Joosten, Test von Vielkanal-Photovervielfachern zur Auslese szintillierender Fasern, Diplomarbeit, ISKP Bonn Mai 1992

[KNO79] G. Knoll, Radiation Detection and Measurement, Wiley & Sons, 1979

[KUR91] Scintillating Fiber Products, Kuraray Co. Ltd, Tokyo 1991

[LAH92] U. Lahr, EDDA - Ein Detektor zur Messung von Anregungs-funktionen der elastischen Proton - Proton - Streuung an COSY, Dissertation, ISKP Bonn, Juli 1992

[LCR92] Proportional Chamber Operating System, Research Instrumentation Catalog, LeCroy Corporation 1992

[MIC63] W. Michaelis et al., NIM 21 (1963) 65-67

[OKA92] Y. Okabayashi, Kuraray Co., Tokyo, private Mitteilung 12/1992

[RPP92] Review of Particle Properties, Particle Data Group,
Phys. Rev. D, Vol. 45, Juni 1992

[SEF87] T. Sefzick, Simulation von schnellen Szintillatorlichtsignalen,
IKP der KFA Jülich November 1987

[SEF90] T. Sefzick et al., NIM A288 (1990) 571-573

[WIE91] W. Wiedmann, Der Nachweis minimalionisierender Protonen mit
szintillierenden Fasern, Diplomarbeit, ISKP Bonn, Januar 1991

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die am Entstehen dieser Arbeit Anteil hatten, insbesondere bei:

Prof. Dr. T. Mayer-Kuckuk für die Möglichkeit, diese Arbeit am Institut für Strahlen- und Kernphysik durchführen zu können,

Prof. Dr. F. Hinterberger, unter dessen Leitung diese Arbeit entstand, für seine ständige Diskussionsbereitschaft und vielfältige Unterstützung,

Prof. Dr. P. D. Eversheim für seine zahlreichen Anregungen und Vorschläge,

Dr. U. Lahr und Dipl.-Phys W. Wiedmann für ihre Mitarbeit und vielfältige Unterstützung,

den Mitgliedern der Arbeitsgruppe Prof. Dr. J. Bisplinghoff, O. Diehl, Dipl.-Phys. G. Dorner, H.-P. Engelhard, Dipl-Phys. R. Gebel, R. Groß-Hardt, Dipl.-Phys. R. Joosten, Dipl.-Phys. F. Mosel, Dipl.-Phys. T. v. Oepen, Dipl.-Phys. H. Scheid, Dipl. Phys. F. Schwandt und Dr. D. Theis für ihre gute Zusammenarbeit,

Dr. T. Sefzick, IKP der KFA Jülich, für zahlreiche Informationen und wertvolle Hinweise,

Dipl.-Phys. F. Dohrmann, I. Inst. f. Experimentalphysik Hamburg, für zahlreiche Anregungen,

den Angehörigen der Werkstätten und des Elektroniklabors

und insbesondere

meinen Eltern, ohne die mir das Studium der Physik nicht möglich gewesen wäre.

Achsenbeschriftungen:

S. 10, Abb. 2.2.4.		Zählrate
S. 11, Abb. 2.3.1.		Anzahl Photoelektronen
S. 14, Abb. 3.1.1.		Anzahl Photoelektronen
S. 15, Abb. 3.1.2.		Zählrate
S. 16, Abb. 3.2.1.		Anzahl Photoelektronen
S. 22, Abb. 4.3.	links	Signalamplitude /mV
	rechts	FWHM /ns
S. 26, Abb. 5.2.3.		Signalamplitude /ADC-Kanäle
		R1 /kΩ
		R2 /kΩ
S. 28, Abb. 5.3.1.		Zählrate