# 7. Diskussion und Ausblick

## 7.1 Diskussion der Meßdaten

In Kapitel 2 wurden unterschiedliche Konzepte zur Überwachung der Luminosität vorgestellt. Einige dieser Methoden wurden bei Testmessungen angewendet. Dabei wurden zwei Verfahren besonders intensiv getestet. Beide liefern relative Luminositätssignale auf Grund von aus dem Target ausgelösten Elektronen. Zusätzlich wurde untersucht, ob PIN-Dioden zur Stöchiometrieüberwachung des Feststofftargets geeignet sind. Mit dem Pikoamperemeter wurden Profilmessungen am COSY-Strahl durchgeführt.

Die Messungen zur Luminositätsüberwachung mit PIN-Dioden zeigen eine grobe Übereinstimmung der Elektronenzählrate mit den Prognosen aus Kap. 2. Die durch Koinzidenz mit zwei hintereinanderliegenden Dioden bestimmte Protonenrate entspricht ebenfalls der erwarteten Größenordnung.
Unbefriedigend ist hingegen der Verlauf der Pulshöhenspektren der Elektronen im Vergleich zu den Simulationsdaten. Die hochenergetischen Einträge konnten als Pile-up-Effekt identifiziert werden. Durch eine diesbezügliche Auswertung konnte auch die Auflösung im unteren Bereich der Spektren verbessert werden. Der Schwerpunkt der Spektren liegt bei den theoretisch erwarteten Energien. Dies gilt auch für die Energieverluste der Protonen. Bei den Simulationen der Spektren wurde bisher die Randzone hinsichtlich einer geringeren Effizienz gemäß Abschnitt 3.3.1 nicht berücksichtigt. Dadurch müssen voraussichtlich die Schwerpunkte in den simulierten Spektren zu niedrigeren Energien korrigiert werden.
Insgesamt zeigen die bisherigen Auswertungen, daß die PIN-Dioden in der getesteten Konstellation für den Einsatz als Luminositätsmonitor geeignet sind.

Die relative Zählratenbestimmung des totalen Wirkungsquerschnitts der Proton-Proton-Wechselwirkung erfolgte mit einem Szintillator in Targetnähe (TPM=Target Photo-Multiplier). Da dessen Effizienz bezüglich der Ausgangskanäle und die Abhängigkeit von der Strahlenergie nicht bekannt sind, sind derartige Messungen nur bei konstanter Strahlenergie sinnvoll. Als Ergebnis erhält man ein relatives Lumiositätssignal, das zu Redundanzzwecken mit anderen Monitoren verglichen werden kann.

Die Messung des integralen Emissionsstroms mit dem Pikoamperemeter liefert je nach Experimentkonstellation Ströme im Bereich von Piko- bis Nanoampere. Dies entspricht den Erwartungen und auch den Erfahrungen aus Teststrahlzeiten am Bonner Zyklotron.
Da das Stromsignal zur Normierung bei der Vermessung der Anregungsfunktion verwendet werden soll, wurde ein besonderes Augenmerk auf die Kenngrößen des Pikoamperemeters gerichtet. Die Auflösung liegt bei etwa 5 pA mit einer Linearität von besser als 1%. Die minimale Bandbreite beträgt im empfindlichsten Meßbereich bereits 2 kHz. Damit werden die für das Experiment erforderlichen Bedingungen eingehalten.
Eine Kalibrierung des Sekundärelektronenstroms mit genau vermessenen hadronischen Wirkungsquerschnitten wurde noch nicht vorgenommen, da bisher sowohl die für die Kalibrie-

rung erforderliche Strahlenergie nicht zur Verfügung stand als auch die äußere Lage des Detektors noch nicht komplett installiert war.

Abb. 7.1 zeigt im Vergleich die Zählraten[1] verschiedener Monitore gemäß Kap. 2 für zwei Targets.

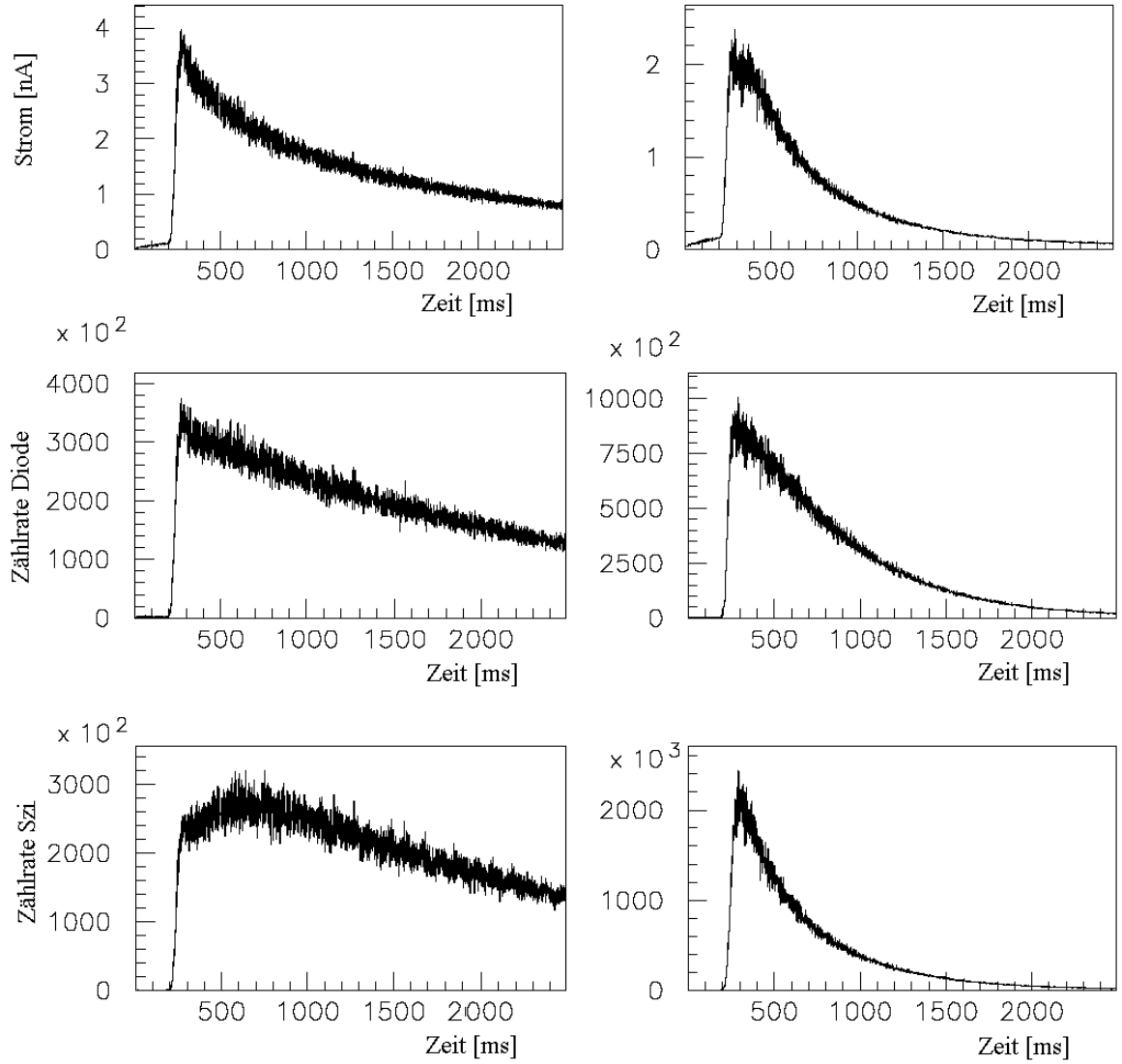


Abb. 7.1 : Vergleich der Zählraten aus Pikoamperemeter (oben),
PIN-Diode (mitte) und Szintillator (unten) , Daten aus 500 Miniruns
linke Spalte : Kohlenstofftarget
rechte Spalte : $CH_2$-Target

Das jeweils obere Teilbild zeigt den integralen Strom der aus dem Target stammenden Elektronen. In der Mitte ist die Zählrate einer PIN-Diode aufgetragen. Die unteren Teilbilder zeigen die mit dem TPM in Targetnähe ($\theta \approx 90°$) registrierte Gesamtzählrate. Zur Verbesserung der statistischen Schwankungen wurden die Daten mit der bereits mehrfach

[1] Dabei bedeutet Zählrate im Falle des Pikoamperemeters eine dem Emissionsstrom proportionale Frequenz, bezogen auf ein festes Abtastintervall.

erwähnten Multipass-Technik gewonnen. Dazu wurden 500 Miniruns aufsummiert. Als Target diente zum einen ein Kohlenstoffaden, da hier Pile-up-Probleme in der PIN-Diode am wenigsten auftreten. Zum Vergleich ist in der zweiten Spalte eine Messung mit einem $CH_2$-Target dargestellt.
Zunächst muß für die Daten des Pikoamperemeters beachtet werden, daß bis zum Zeitpunkt des Strahlkontakts mit dem Target (nach ca. 200 ms) die Werte keine physikalische Bedeutung besitzen. Zum einen sind die Werte noch nicht um den Offset korrigiert, zum anderen wird durch die Bewegung des Targets bei der Positionierung kurzfristig ein Störsignal erzeugt.
Auffällig ist das unterschiedliche Verhalten der Raten des Kohlenstofftargets während der ersten 300-400 ms. Insbesondere der Anstieg der Rate im Szintillator ist derzeit unverstanden. Hingegen zeigen die Daten, die mit dem CH2-Target aufgenommen wurden, ähnliche Verläufe und Zeitkonstanten. Die zu geringe Steigung in der Zählrate der PIN-Diode zu Beginn der Messung (200-500 ms) ist auf die zu hohe Rate (Pile-up) zurückzuführen, so daß in diesem Zeitraum die Meßwerte nur bedingt aussagekräftig sind.

Unter der Annahme, daß die obigen Daten einer relativen Luminosität entsprechen, sollte sich das Verhältnis der Signale zueinander zeitlich nicht verändern. Da jeder der Monitore nur ein relatives Signal liefert, kann allerdings nicht der Wert 1, sondern nur ein konstanter Wert erwartet werden. Werden $CH_2$-Daten (Abb. 7.1 rechts) dahingehend ausgewertet, so zeigt sich besonders im Vergleich der Halbleiterdetektoren zum Stromsignal eine anfängliche Abweichung vom konstanten Wert von z. T. mehr als einem Faktor 2, was aber auf Grund der Pile-up-Effekte zu erwarten ist. Im weiteren Verlauf des Miniruns ist das Verhältnis der Meßwerte hingegen konstant. Eine entsprechende Auswertung der Daten aus einem Kohlenstofftarget (Abb. 7.1 links) zeigt hingegen starke Abweichungen von einer Konstanten. Dieses Verhalten ist derzeit nicht verstanden und wird noch untersucht.

Die Überwachung der Stöchiometrie mit Hilfe der PIN-Dioden ist nach Testmessungen am Bonner Zyklotron mit den Dioden als ΔE-Zähler möglich. Da am EDDA-Experiment nicht mit der in Kapitel 6 beschriebenen Teleskopanordnung gemessen werden kann, birgt die ungerichtete Empfindlichkeit der Detektoren die Gefahr eines hohen Untergrundanteils. Allerdings besteht für diese Messung die Möglichkeit, mit Hilfe der Fiberlagen ein Teleskop zu definieren. Nach Tabelle 6.2 ist die Energie der Protonen ausreichend für Messungen im Koinzidenzbetrieb.
Die Sekundärelektronen bilden für diese Messung kein Problem, da deren Energie im Vergleich zu den Protonensignalen von etwa 2 MeV vernachlässigt werden kann.
Für die Abschätzung der Linientrennung mit PIN-Dioden ist zu beachten, daß am Zyklotron Daten mit senkrechtem Auftreffen der Protonen auf den Detektor genommen wurden, was zu einer Verringerung des Linienabstands bei den Testmessungen führt. Da die Dioden am EDDA-Experiment unter 40° montiert sind und so die Auflösung verbessert wird, steht zusammen mit den Messungen in Kapitel 6 der Verwendung von PIN-Dioden zur Stöchiometrieüberwachung nichts im Wege.

## 7.2 Ausblick

Die derzeitige Anbindung des Pikoamperemeters an die Datenverarbeitung ist insofern unbefriedigend, als die Meßbereiche manuell gewählt und in die Datenverarbeitung eingetragen werden müssen. Um diese potentielle Fehlerquelle auszuschließen, wurde für die Meßbereichsanwahl eine Steuerung über den Eventrechner vorgesehen, aber noch nicht in Betrieb genommen. Über ein Interface im VME-Einschub soll der gewünschte Meßbereich künftig vom OS9-Rechner an die Remote-Box übertragen werden. Gleichzeitig wird der aktivierte Meßbereich automatisch auf Band dokumentiert. Für die benötigte Schnittstelle zur Software des Eventbuilders kann ein modifiziertes Programm der von Diehl [D94] entwickelten Steuerprozesse verwendet werden. Ein Vorteil dieses Konzepts besteht darin, daß eine dauerhafte Über- oder Untersteuerung des Pikoamperemeters vom Auswerte-Rechner automatisch erkannt werden kann. Ein in ähnlicher Technik realisiertes Interface soll künftig die momentane Targetposition erfassen. Das bereits als analoger Spannungswert vorliegende Positionssignal wird hier in gewissen Zeitabständen digitalisiert und protokolliert, so daß nach Abschnitt 2.1 eine weitere indirekte Größe zur Luminositätsüberwachung (Targetposition bzgl. der Strahlsollachse) zur Verfügung steht.

Inzwischen sind neue Operationsverstärker auf dem Markt erschienen [DE94b], die einen Eingangs-Biasstrom von nur 25 fA produzieren (bisher 75-150 fA). Dies entspricht einer Anzahl von etwa 150 Elektronen pro Millisekunde am Eingang. Die daduch mögliche Verbesserung des Signal-zu-Rausch Verhältnisses kann verwendet werden, um die zweite Verstärkerstufe des Pikoamperemeters zu vermeiden. Insgesamt sollte sich bei gleichbleibender Bandbreite eine weitere Verbesserung der Auflösung ergeben. Zusätzlich sollte die Abschirmung des Analogteils noch weiter optimiert werden, um so eine Verbesserung der periodischen Störungen im Signal (vgl. Abb. 4.16) zu erreichen.

In Kap. 2 wurde darauf hingewiesen, daß für eine sichere Luminositätsbestimmung die Messungen der Sekundärelektronen mit gut vermessenen Wirkungsquerschnitten der elastischen Proton-Proton-Streuung kalibriert werden müssen. Sowohl der bisherige Experimentaufbau als auch der Beschleuniger ließen diese Kalibrierung noch nicht zu. Sobald die Voraussetzungen geschaffen sind, muß dies bei Strahlenergien geschehen, bei denen präzise Daten in der Literatur vorhanden sind. Sodann muß sich die Konsistenz der verschiedenen Luminositätssignale über den gesamten interessierenden Energiebereich erweisen.

Um ein besseres Verständnis der aus dem Target ausgelösten Elektronen zu erhalten, scheinen weitere Simulationen unerläßlich. Dies gilt sowohl für das Target zur Simulation des integralen Emissionsstroms als auch für die Diodenspektren. Hier sollte ein besonderes Augenmerk auf die in Kap. 3 beschriebenen Rückstreueffekte gerichtet werden.

Die Zählraten der PIN-Dioden im Maximum der Miniruns werden durch Pile-up-Effekte gestört. Falls die Verwendung dünnerer Targets und / oder der Einsatz der Mikropulsung dieses Problem nicht beseitigen, muß die Datenaufnahme der Dioden duch eine Pile-up-Unterdrückung erweitert werden.

Wenn zur genaueren Festlegung der Diskriminatorschwellen eine bessere Auflösung der Pulshöhenspektren erforderlich ist, so kann versucht werden, den Vorverstärker zwischen Aluminium- und CFK-Rohr zu plazieren (Möglich mit den Modulen der Fa. Vitrohm.). Die dadurch erreichbare Verkürzung der Zuleitung kann das Rauschen erheblich reduzieren.

Zwar wurde ein Wechselmechanismus für den Austausch der Dioden ohne Abbau des Experiments entwickelt, es liegen aber außer der sehr groben Abschätzung in Kap. 3 noch keine gesicherten Erkenntnisse über die Zeitintervalle vor, in denen die Dioden durch Strahlung am Experiment unbrauchbar werden. Einzelne Dioden sollten über einen längeren Zeitraum am Experiment belassen werden und die Auflösung sollte als Indiz für Strahlenschäden in regelmäßigen Abständen vermessen werden.

Alle diese Maßnahmen zur Weiterentwicklung können Zug um Zug erprobt und implementiert werden. Die grundsätzlichen meßtechnischen Probleme - Nachweis der aus dem Target ausgelösten Elektronen mit PIN-Dioden und schnelle Messung des Emissionsstroms - sind dagegen gelöst. Die beiden genannten Verfahren bilden mit den anderen diskutierten Methoden ein redundantes System der Luminositätsüberwachung im EDDA-Experiment.