Verbesserung der Datenspeicherung im EDDA-Experiment

Diplomarbeit
in Physik

von
Reinhard Daniel
aus
Wuppertal

angefertigt im
Institut für Strahlen- und Kernphysik
der Universität Bonn

vorgelegt der
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der
Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn im März 1997

Referent:	Prof. Dr. J. Bisplinghoff
Koreferent:	Prof. Dr. J. Ernst

Ich versichere, daß ich diese Arbeit selbstständig verfaßt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet und Zitate kenntlich gemacht habe.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Kapitel 1

Einleitung

Die fundamentale Theorie zur Beschreibung der starken Wechselwirkung ist die Quantenchromodynamik (QCD). Zwar wird die Nukleon-Nukleon-Wechselwirkung im Prinzip durch die QCD vollständig beschrieben, konkrete Rechnungen sind jedoch nur für sehr hohe Impulsüberträge mit Hilfe der Störungsrechnung möglich. Für niedrige Energien ist man auf vereinfachende Modelle angewiesen, die sich in ihren Vorhersagen unterscheiden, und bei unterschiedlichen Energien unterschiedliche dibaryonische Zustände voraussagen. Sie werden im Quark-Bag-Modell durch Resonanzen aus sechs Quarks erklärt. Es gilt die Frage zu klären, welches Modell die Wechselwirkung am „besten" vorhersagt. Eine übliche Schnittstelle zwischen Theorie und Experiment ist ein Vergleich der Streuphasen der Nukleon-Nukleon-Streuung, da sie den Streuprozeß vollständig beschreiben. Eine solche Analyse erfordert allerdings einen möglichst lückenlose und präzise Daten im untersuchten Energiebereich. Als Konsequenz aus dem Aufbau herkömmlicher Streuexperimente als externe Experimente sind die gegenwärtig zur Verfügung stehenden Daten (Weltdatensatz) jedoch für detaillierte Streuphasenanalysen bei Energien jenseits der Pionenschwelle unzureichend [LAH92]. Die herkömmliche Meßtechnik erfordert bei der Energievariation jeweils eine zeitaufwendige Neueinstellung von Strahlführung und Extraktion am Beschleuniger. Bei jeder Energie muß relativ lange gemessen werden, um die nötige Statistik zu erreichen. Zur Umgehung dieser Schwierigkeiten bieten sich Messungen bereits während der Beschleunigungsphase des Teilchenstrahls an. Dabei entspricht jeder Beschleunigungszyklus der Messung einer vollständigen Anregungsfunktion. Die geringe Statistik während eines Durchganges wird durch Mittelung über viele Beschleunigungszyklen ausgeglichen („multipass-technique"). So läßt sich der Einfluß zufälliger Instabilitäten, z.B. des Teilchenstrahls, minimieren und eine hohe relative Genauigkeit zielen. Die absolute Normierung kann dann unter zu Hilfenahme von Datenpunkten anderer Experimente durchgeführt werden, wenn diese über eine hohe absolute Genauigkeit verfügen.

Ein einfaches System zum Studium der starken Wechselwirkung ist die elastische Proton-Proton-Streuung. Sie läßt sich vergleichsweise „leicht" im Experiment realisieren.

$$p + p \rightarrow p + p$$

Zu diesem Ziel wurde das EDDA-Experiment („**E**xitation Function **D**ata Acquisition **D**esigned for **A**nalysis of Phase Shifts“ oder auch inoffiziell „**E**lastic **D**ibaryon **D**ead or **A**live“) am internen Strahlplatz TP2 des Beschleunigers **COSY** (**Co**oler **Sy**nchrotron) des Forschungszentrums Jülich (s. Abb. 1.1) konzipiert und aufgebaut. Mit EDDA kann die elastische Proton-Proton-Streuung im Bereich von 500 bis 2500 MeV kinetischer Strahlenergie untersucht werden. Das Experiment wird in zwei Phasen durchgeführt. In der ersten Phase wird der spingemittelte und in der zweiten Phase der spinabhängige Wirkungsquerschnitt gemessen.

Thema dieser Arbeit ist die Konzipierung einer verbesserten Datenspeicherung im EDDA Experiment durch die Integration eines neuen Massenspeichermediums. Diese war notwendig, da das bisherige Exabyte 8500 Band-System veraltet ist. Ersatzteile oder Neugeräte werden in Zukunft nicht zur Verfügung stehen. Als Ersatz bot sich das C1533A DAT System von Hewlett Packard an, das bereits bei der Datenauswertung mit Erfolg eingesetzt wird.

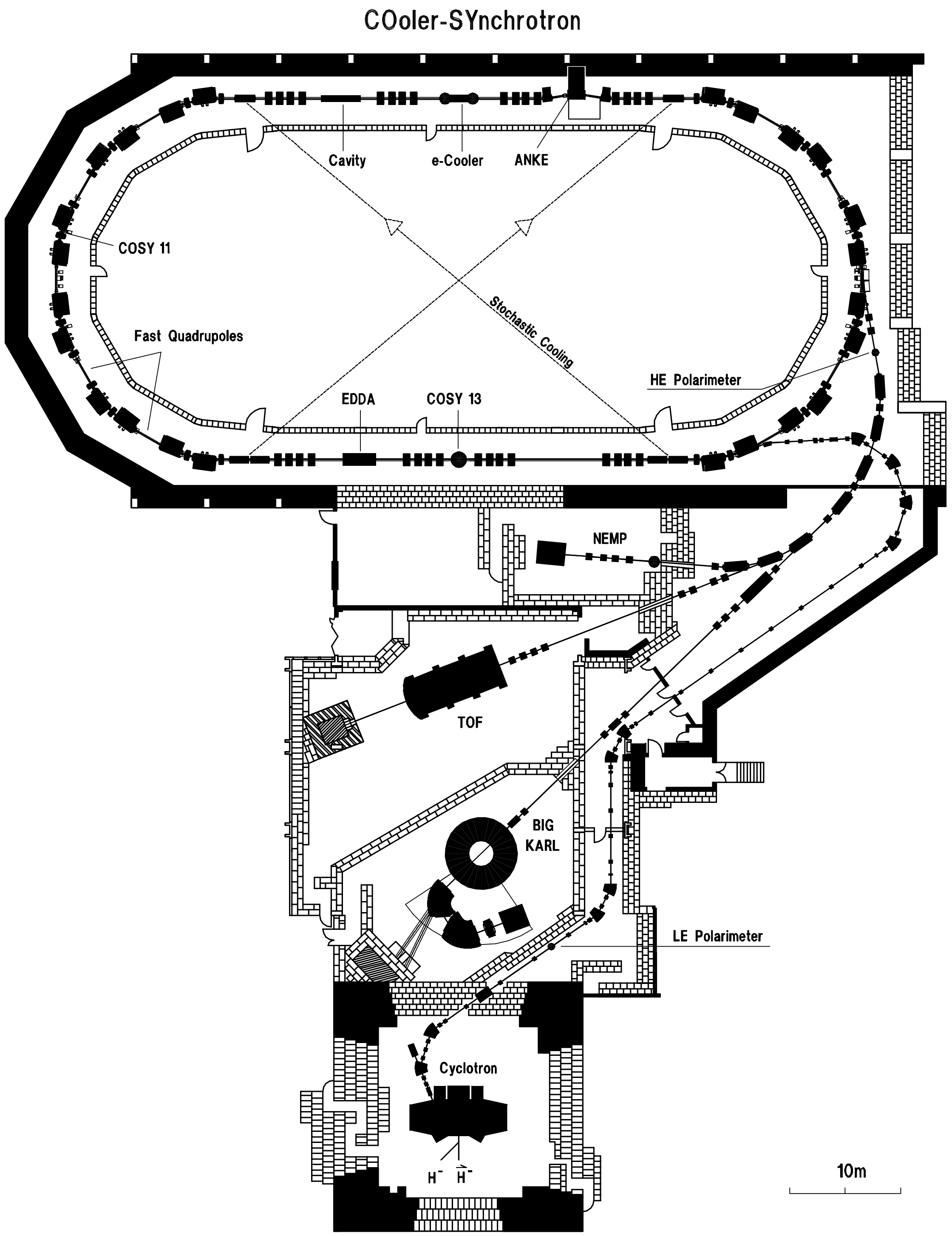

Abbildung 1.1: Schematische Darstellung des Beschleuniger COSY im Forschungszentrum Jülich mit verschiedenen internen und externen Experimenten.

Kapitel 2

Das EDDA-Experiment

2.1 Der Detektor

Das Experiment wird in zwei Phasen mit unterschiedlichen Anforderungen an den Detektor durchgeführt. Der Detektor besteht aus einer großen Zahl von zylinderförmig um das Strahlrohr aufgebauten Szintillatoren (s. Abb. 2.1).

In der ersten Phase des Experimentes wird der unpolarisierte Wirkungsquerschnitt der Proton-Proton-Streuung gemessen. Das Target besteht aus einem nur wenige μm starken Polypropylenfaden $(CH_2)_n$, der über einen Linearmotor in den Strahl gefahren wird. Die geringen Abmessungen sind nötig, weil ein Target mit größerer Massenbelegung die Lebensdauer des Strahls zu sehr verkürzen würde. Der Wechselwirkungspunkt ist bei diesem Aufbau sehr gut bekannt, weshalb durch die Messung der Auftreffpunkte in einer Detektorlage die Trajektorien der gestreuten Protonen festgelegt werden können. Deshalb war die im Bild 2.1 abgebildete innere Lage in dieser ersten Phase noch nicht eingebaut. Die äußere Ringlage besteht aus 32 beidseitig auslesbaren Stäben [ACK93] und 29×2 Halbringen [SCO93].

Der Detektor erfaßt einen Raumwinkelbereich von 360^o im Azimutwinkel und von 10^o bis 72^o im Polarwinkel. Die Winkelauflösung ist zunächst durch die Granularität des Detektors bestimmt. Sie beträgt 11^o azimutal und etwa 3^o polar. Um die Auflösung über die Granularität der Szintillatorelemente hinaus zu vergrößern, sind diese überlappend angebracht. So durchquert ein Teilchen jeweils mindestens 2 Szintillatoren. Dabei ist der durch die jeweiligen Szintillatoren zu nehmende Weg vom Durchstoßpunkt abhängig. Das Verhältnis der Lichtausbeute ist dann vom Durchstoßpunkt abhängig. Dieses Verfahren verbessert die Winkelauflösung zu $\Delta\theta_{lab} \approx 1.5^o$ bzw. $\Delta\phi \approx 0.6^o$ Halbwertsbreite [BIS93].

In der zweiten Phase von EDDA sollen die Vektoranalysierstärke A_y und die Polarisationskorrelationsparameter A_{xx}, A_{yy}, A_{xz} [WIE94] gemessen werden. Dazu wird der COSY-Strahl polarisiert und als Target dient ein polarisierter Atomstrahl. Die Ausdehnung des

Atomstrahls ($\simeq$ 1 cm) bewirkt leider, daß der Reaktionsbereich erheblich größer als im ersten Teil des Experimentes ist. Zudem ist die Targetpolarisation ortsabhängig. Deshalb muß in der zweiten Phase zusätzlich der Primärvertex festgestellt werden. Zu diesem Zweck wurde die zweite innere Lage aus Szintillatorfasern (Ø 2.5 mm) in Form von gegenläufigen Doppelhelixen angebracht. Sie ermöglichen die Bestimmung eines zweiten Durchstoßpunktes entlang der Ejektiltrajektorie und erlauben so die Rekonstruktion des Primärvertexes [LAH92] auf wenige mm genau.

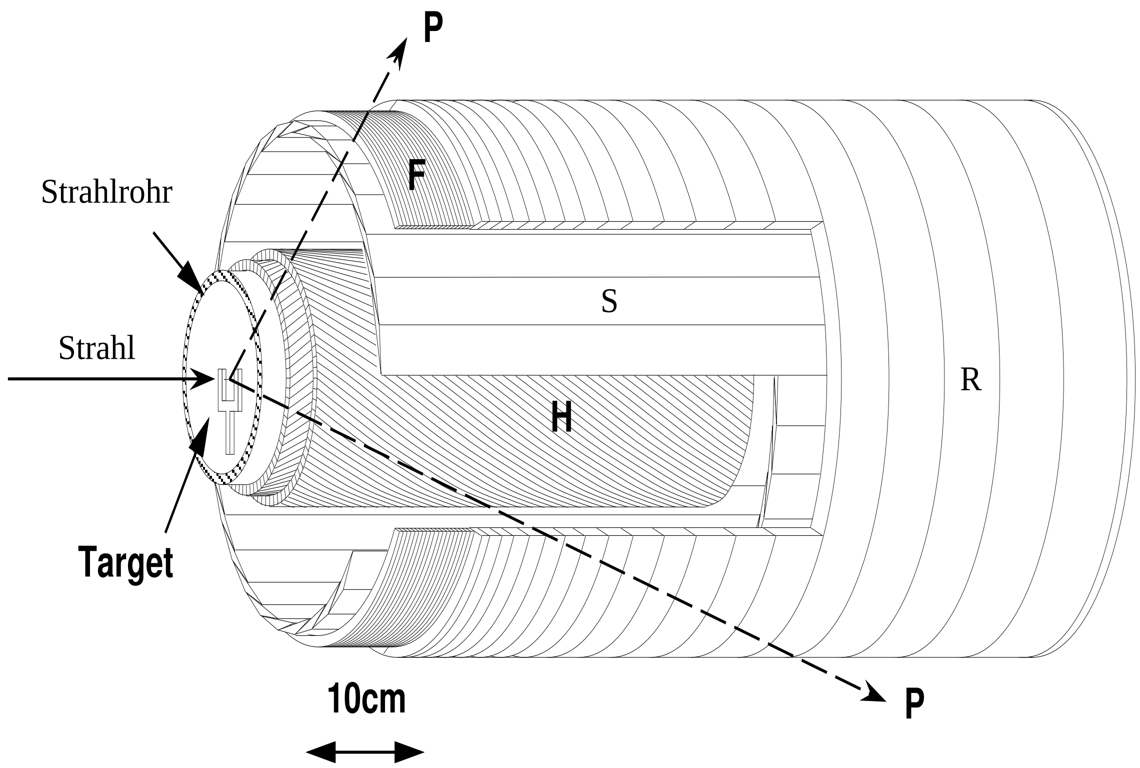

Abbildung 2.1: Eine schematische Darstellung des EDDA-Detektors. Von links kommt der Strahl und trifft in der Targetregion auf einen Polypropylenfaden bzw. einen Atomstrahl. Die Protonen (P) durchqueren dann die Szintillatoren (H) der inneren Lage und (S,F,R) der äußeren Lage.

2.2 Das Datenaufnahmesystem

Das Datenaufnahmesystem (s. Abb. 2.2) digitalisiert die Signale des Detektors und macht sie weiterer Datenanalyse zugänglich. Wie dies geschieht, wird im folgendem beschrieben.

Die in den Szintillatoren erzeugten Lichtimpulse werden über Photomultiplier in analoge Spannungssignale umgewandelt und an die Digitalisierungselektronik weitergegeben. Sie

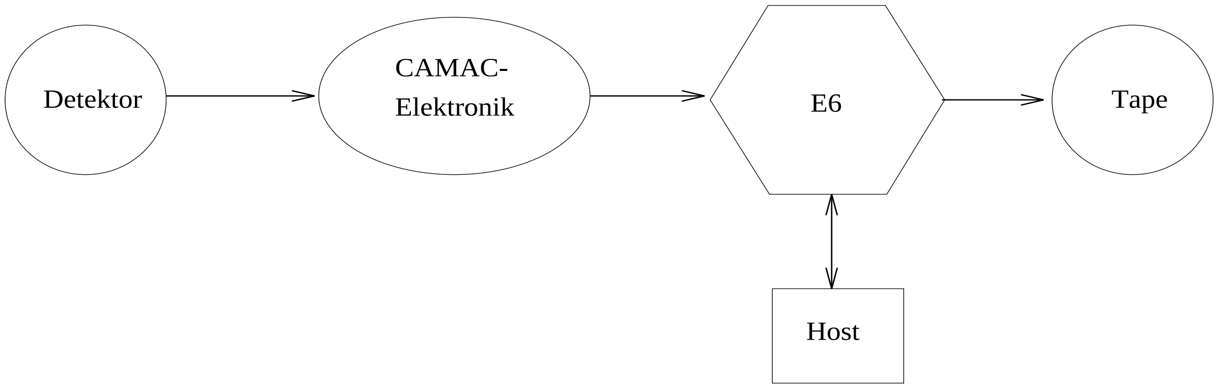

Abbildung 2.2: Schema der Hardware der Datenaufnahme

ist im **CAMAC**-Standard (**C**omputer **A**pplication to **M**easurement **a**nd **C**ontrol) realisiert. CAMAC bietet normierte Module zur Signalverarbeitung und Spanunngsversorgungen sowie die Möglichkeit, mit Hilfe von CAMAC-Controllern (speziellen CAMAC-Modulen) Daten über verschiedene Bussysteme an Rechner zu senden.

Die CAMAC-Elektronik erfüllt verschiedene Aufgaben. Sie digitalisiert die Signale über **ADC**'s (**A**nalog **D**igital **C**onverter). Zudem muß sie aus der Fülle der Detektorsignale die elastischen Proton-Proton-Ereignisse heraus filtern. Dies geschieht durch den Einsatz eines Trigger genannten Filters, der zwei Eigenschaften der Reaktion nutzt.

- Der **koplanare Trigger** nutzt es aus, das die elastisch gestreuten Protonen einen azimutalen Winkel von $\Delta\phi = 180^0$ zueinander haben müssen. Es müssen also zwei gegenüberliegende Stäbe getroffen werden. Hierzu läßt sich leicht eine Koinzidenzabfrage als Trigger nutzen.

- Der **kinematische Trigger** prüft, ob die Emissionswinkel der Protonen die kinematische Signatur

$$\tan\theta_1 \tan\theta_2 = 1/\gamma^2 = 1/(1 + \frac{T}{2m_p})$$

  der elastischen Streuung erfüllen. Allerdings ist diese Beziehung von der Einschußenergie abhängig, die sich während der Beschleunigungsrampe stark ändert. Deshalb legt man für einen größeren Energiebereich eine Tabelle an („Lookup-Table“), in der die Halbringe verzeichnet sind, die bei einer Einhaltung der obigen Beziehung jeweils koinzident getroffen werden müssen. Diese Vorhersage wird mit den tatsächlichen Treffern verglichen. Diese Tabellenwerte gelten jeweils für einen bestimmten Energiebereich und werden während der Beschleunigungsrampe je nach Bedarf neu eingelesen.

Beide Bedingungen werden im Trigger [SCH91] und für die Datenanalyse genutzt. Ein Ereignis („Event“), das die beiden Triggerebenen passiert, wird über die **IOLAM**box („**I**nput **O**utput - **l**ook **a**t **m**e“) an den Datenaufnahmerechner („**Eventbuilder**“) weitergegeben, wo über die Auslösung eines Interruptes das Auslesen des Events eingeleitet wird. Die Daten der einzelnen Detektorkomponenten werden im „Eventbuilder“ zu Events zusammengefaßt (s. Seite 3.1). Als Eventbuilder dient ein **ELTEC Eurocom-6** Computer („**E6**“) mit einem Motorola 68030 Prozessor, der als **VME**-Modul (**V**ersa **M**odul **E**urocard) realisiert ist. Auf dem Eventbuilder läuft das Datenaufnahmeprogramm, das im Wesentlichen folgende Aufgaben zu bewältigen hat:

- das Sichern der Daten auf Band,
- das Einstellen und die Kontrolle von verschiedenen Experimentparametern wie z.B. Spannungsversorgung oder Signalverzögerungen,
- das Bereitstellen von Daten für Hostrechner zur „Online Datenanalyse“
- und die Darstellung wichtiger Experimentkontrolldaten für den Experimentator.

Die Software wird im nächsten Abschnitt genauer beschrieben.

2.3 Software

Die Vielzahl von unterschiedlichen Anforderungen an den Eventbuilder stellen einige spezielle Bedingungen an die Software:

- Schnelle Reaktion auf ein Triggersignal von der CAMAC-Elektronik, um Datenverlust durch Totzeit zu vermeiden.
- Gleichzeitiges Abarbeiten von mehreren verschiedenen Aufgaben, die unterschiedliche Prioritäten haben.
- Austausch von Daten zwischen unterschiedlichen, parallel laufenden und verschiedenen Zwecken dienenden Aufgaben zu ermöglichen, und diese Aufgaben (z.B. Datenspeicherung, Experimentüberwachung, ...) zu koordinieren.

Dies führte zur Wahl des Betriebssystems **OS/9** (**O**perating **S**ystem **9**) und des Datenaufnahmeprogramms **TDAS**. OS/9 ist ein Betriebssystem, das Signalverarbeitung in Echtzeit- und Multitasking-Betrieb erlaubt. „Echtzeit“ bedeutet, daß eine maximale Antwortzeit auf eine Anfrage garantiert ist. „Multitasking“ sagt aus, daß mehrere Prozesse „gleichzeitig“ bearbeitet werden können. Ein Prozeß ist dabei ein Programmteil, welcher vom Betriebssystem separat verwaltet wird. Da mehrere Prozesse abwechselnd Prozessorzeit zugewiesen bekommen, entsteht der Eindruck, das sie gleichzeitig laufen. Die

Aufgabenteilung kann dadurch geschehen, daß verschiedene Prozesse jeweils eine Aufgabe zugewiesen bekommen. Über die Vergabe von Prioritäten ist es möglich, zeitkritische Prozesse zeitunkritischen gegenüber zu bevorzugen. Eine besondere Rolle spielt das Betriebssystem bei der im Kapitel 3 u.a. dargestellten SCSI-Schnittstelle. Daher folgt eine detaillierte Darstellung von OS/9 dort.

Das Datenaufnahmeprogramm TDAS wurde 1990 von der GSI Darmstadt (**G**esellschaft für **S**chwer**i**onenforschung) übernommen [LIN89]. Dort war es ursprünglich als Provisorium entwickelt worden und erhielt deshalb auch den Namen TDAS (**T**emporary **D**ata **A**cquisition **S**ystem) [TDA94]. Das System wurde an die Erfordernisse der COSY-Experimente angepaßt und erweitert. TDAS nutzt die Möglichkeiten von OS/9 aus, da es aus mehreren konkurrierenden Prozessen besteht, auf die die Teilaufgaben verteilt sind. Damit ist es möglich, die Effizienz des Programms zu maximieren, da die ungenutzte Prozessorzeit eines wartenden Prozesses an einen anderen übergeben werden kann. Die wichtigsten Prozesse sind in der Grafik 2.3 dargestellt. Die Daten vom Detektor werden über die CAMAC-Elektronik an den Prozeß TDASacquire gegeben. Der „füllt“ sie in die Subevent- und Containerevent-Strukturen ein (deshalb auch Eventbuilder) und schreibt sie in einen leeren Ringbuffer. In den Ringbuffern werden die Daten zwischengespeichert. Der Prozeß TDASarchive liest die Daten aus einem vollem Ringbuffer und schreibt sie über eine SCSI-Schnittstelle auf ein Bandlaufwerk. Der Prozeß TDASaccess erlaubt während der Datenaufnahme auch anderen Rechnern Zugriff auf die Daten, auf denen dann Analyseprogramme laufen können. So ist es möglich, direkt („online“) Daten auszuwerten und den Experimentverlauf zu bewerten.

Daneben gibt es noch andere Prozesse, die Steuerungs- und Überwachungsaufgaben wahrnehmen. Dazu gehören die (nicht dargestellten) Kontrollprozesse TDASthrcontrol (Steuerung der Diskriminatorschwellen), TDASdlycontrol (Steuerung der Signalverzögerung) und TDAShvcontrol („high voltage control“, Steuerung der Hochspannungsversorgung). Sie ermöglichen die komfortable Steuerung der jeweiligen Hardware. Das Datenaufnahmesystem wird über das „Shell-Script“ TDASmenu bedient. Eine „Shell“ [ZSH88] ist ein Kommandointerpreter des Betriebssystems. Mit „Shell-Script“ wird eine Datei mit einer Liste solcher Kommandos bezeichnet. Mit der Hilfe von TDASmenu ist es möglich, TDAS komfortabel zu starten, zu stoppen, die Hardware zu steuern und Optionen sowie Parameter zu ändern. Von hier aus kann auch das Programm TDASmonitor aufgerufen werden. Es stellt periodisch den Status der Systeme zur Verfügung und ermöglicht so eine schnelle Information über den Zustand des Datenaufnahmesystems.

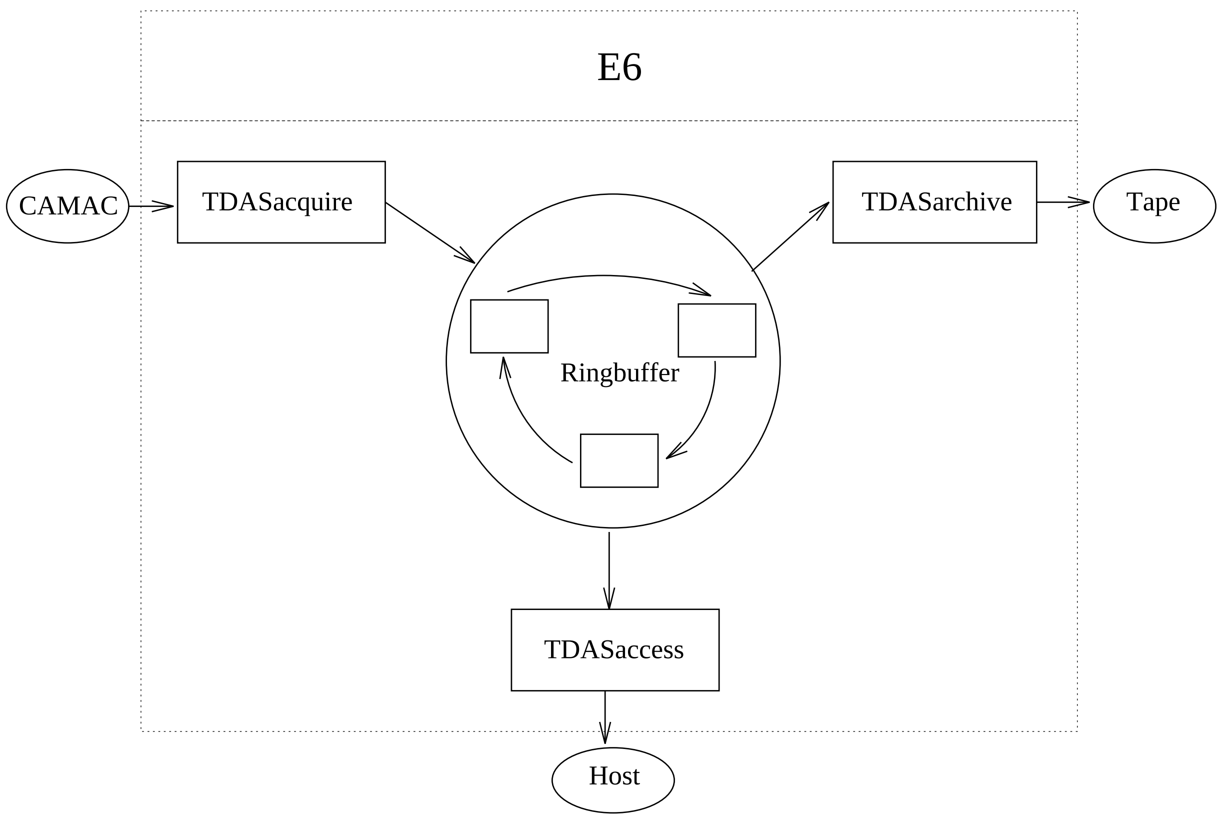

Abbildung 2.3: Struktur von TDAS

Kapitel 3

Aufbau der Datensicherung

3.1 Datensicherung

Am Ende der Datenaufnahme steht die Datenspeicherung. Ihre Aufgabe liegt darin, die Daten der späteren Datenanalyse ohne Datenverlust zugänglich zu machen. Die Datenraten betragen mehrere hundert Kilobyte pro Sekunde und es fallen im Laufe einer Strahlzeit etwa 10 Gigabyte am Tag an. Im folgenden werden die einzelnen Komponenten erläutert und die Einbindung des DAT-Laufwerks in das System dargestellt:

Datenstrukturen

Im EDDA-Experiment fallen große Datenmengen an. Sie machen Aussagen über so unterschiedliche Versuchsparameter wie z.B. Treffermuster in den Detektoren, das Zeitsignal, Totzeit usw. Sie müssen formatiert abgespeichert werden, um später die jeweils benötigten Daten aus einer größeren Menge identifizieren zu können. Eine Strukturierung über die Triggerimpulse einzuführen ist naheliegend (s. Abb. 3.1). Die zu einem Triggersignal gehörenden Daten bestehen aus Datensätzen, die ein Ereignis („Event") bilden. Die einzelnen Datensätze werden in „**Subevents**" abgespeichert, die ihrerseits in einem „**Containerevent**" gesammelt werden. Für die Datenanalyse wird im Eventkopf die für die Entscheidung nötige Information bereitgestellt, ob dieses Event für die jeweilige Analyse interessant ist. Diese Unterscheidung von Eventtypen (z.B. PARAMETER, CAMAC_DATA, TIME,...) spart viel Rechenzeit.

Massenspeichermedium

An das Massenspeichermedium sind eine Reihe von Anforderungen zu stellen, dazu gehören eine hohe Speicherkapazität bei geringen Kosten, schneller Datenzugriff, und einfacher

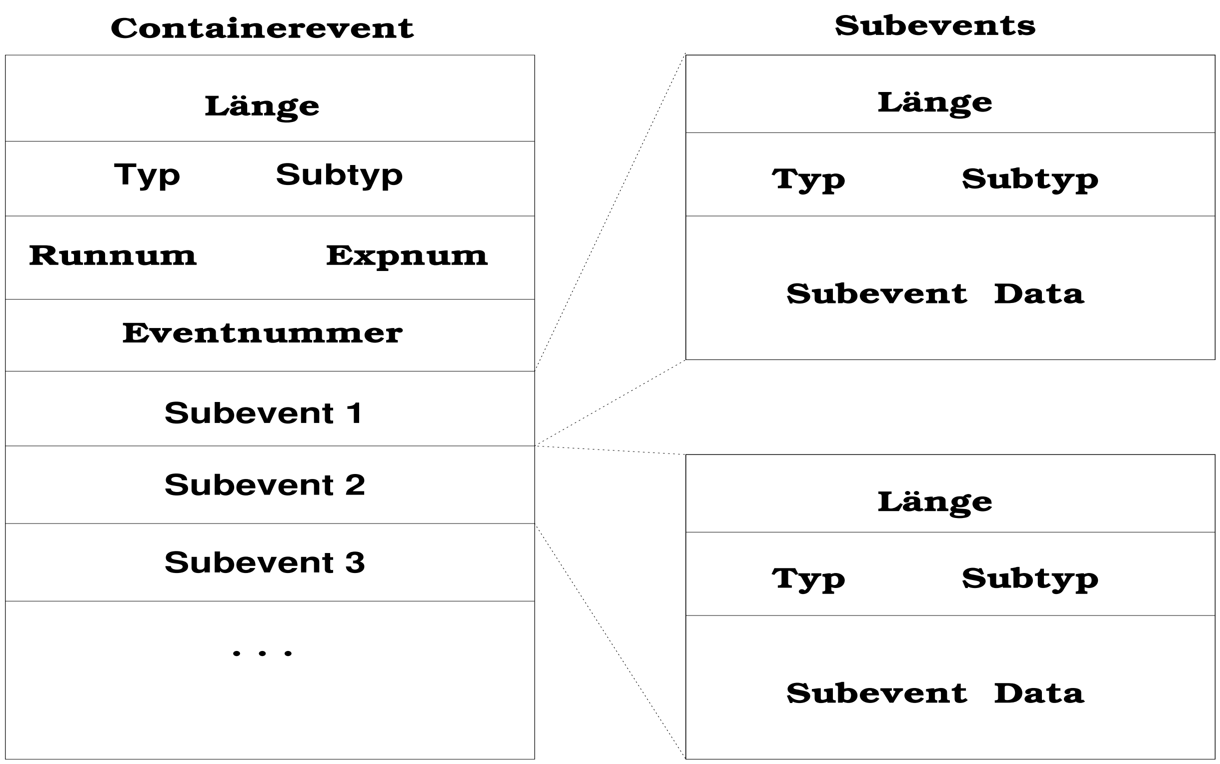

Abbildung 3.1: Datenstruktur [TDA94]

Transport. Eine Einschränkung auf sequentiellen Zugriff ist für die spätere Datenanalyse kein Problem. Aus diesen Gründen werden im EDDA-Experiment Bandlaufwerke verwendet. Durch ihre große Speicherkapazität und einfache Handhabung können die Daten einfach und bequem gespeichert und transportiert werden. Bisher wurde das **Exabyte 8500** [EXA90] Bandlaufwerk verwendet. Dieser Typ wird in der benötigten Spezifikation nicht mehr hergestellt und sollte durch ein neues, kompakteres Medium ersetzt werden. Bandlaufwerke vom Typ **C1533A DAT** (**D**igital **A**udio **T**ape) der Firma Hewlett Packard [DAT94] boten sich an. Sie werden auch in der Datenanalyse verwendet und sind billiger als die Nachfolgemodelle des Exabyte 8500. In Tab. 3.1 wird das Exabyte 8500 mit dem DAT verglichen.

3.2 SCSI

Der Eventbuilder ist über das **SCSI**-Bussystem (**S**mall **C**omputer **S**ystem **I**nterface) mit seinen Peripheriegeräten verbunden. Das zu einem Industriestandard gewordene Bussystem wurde 1986 vom **ANSI** (**A**merican **N**ational **S**tandardisation **I**nstitute) entwickelt. Es dient zur herstellerunabhängigen Verbindung von einzelnen Systemen in einer Datenverarbeitungsumgebung. Voraussetzung war die Entwicklung einer Norm, die den sehr

	Exabyte 8500	DAT
Datenrate [kByte/s]	500	bis 1500
Kapazität [GByte]	5	bis 9
Ladezeit [s]	30	14
SCSI-Befehle	19	27
Technologie	Video 8	digital
Kompression	–	vorhanden
Partitionierung	–	2 Partitionen möglich
Fehlerbehandlung	–	RAW (Read After Write)

Tabelle 3.1: Vergleich der Bandlaufwerke Exabyte 8500 und C1533A DAT

heterogenen Anforderungen an Datenraten und Datentypen gerecht wird und gleichzeitig so flexibel ist, daß neu hinzukommene Geräte jederzeit in den Standard aufgenommen werden können. Vor diesem Hintergrund wird die Busverwaltung von SCSI-Controllern vorgenommen, die jeweils über eine Schnittstelle mit dem Endgerät verbunden sind. Der Hersteller eines Gerätes muß so nur die Schnittstelle konzipieren, um sein Gerät an den Bus anschließen zu können.

In der Abbildung 3.2 ist die im vorliegenden Fall verwirklichte Konfiguration dargestellt. Die E6 ist mit der Festplatte, dem Diskettenlaufwerk und mit dem Bandlaufwerk über SCSI verbunden. Die Controller wickeln den Datentransfer über den Bus nach einem festgelegten Protokol ab. Es läßt sich grob in vier Phasen unterteilen und wird in der Abbildung 3.3 mit den erlaubten Übergängen zwischen den Phasen dargestellt [REN93]:

1. in der **Bus Free**-Phase kann jeder Teilnehmer den Bus anfordern.
2. In der **Arbitration**-Phase wird der Zugriff auf den Bus dem anfordernden Teilnehmer zugewiesen, der die höchste SCSI-Nummer hat. Diese Nummer wird den Geräten bei der Installation zugewiesen.
3. In der **Selection-/Reselection**-Phase wird der Zielpartner adressiert und die Verbindung aufgenommen.
4. In der **Information Transfer**-Phase werden die SCSI-Befehle, Daten, Statusinformationen oder Fehlermeldungen übertragen.

Das Gerät übergibt das Kommando bzw. die Daten an den SCSI-Controller, der sie dann an das Zielgerät weiterleitet. Die Kommandos werden in Form von Command-Descriptor-Blöcken (s. Abb. 3.4), an den Controller weitergereicht. Von diesen Command-Descriptor-Blöcken gibt es drei unterschiedliche Gruppen, die sich unter anderem in der Länge unterscheiden. Gruppe 0 besteht aus sechs Byte langen Datenwörtern, während die Gruppen 1

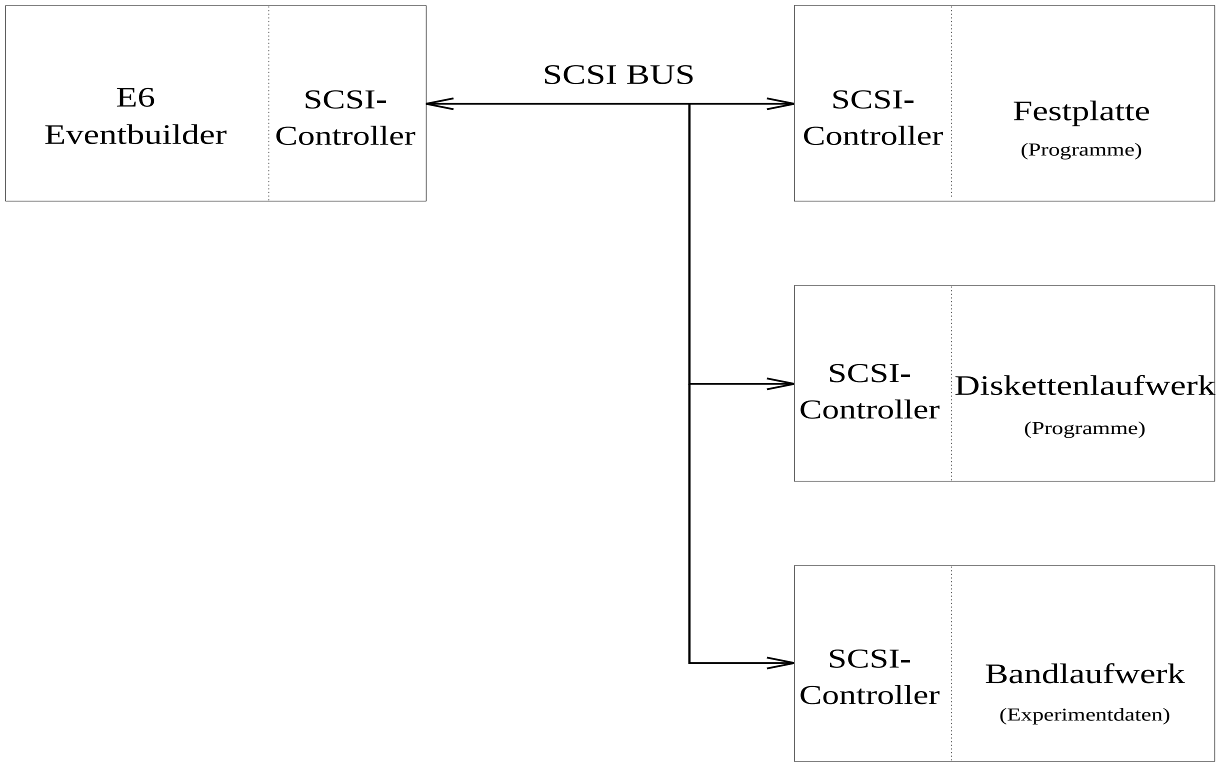

Abbildung 3.2: SCSI-Struktur im EDDA-Experiment

und 2 aus zehn Byte langen Datenwörtern bestehen. Die Gruppe 0 wurde mit dem SCSI-1 Standard 1986 festgelegt. Die beiden anderen Gruppen sind in den späteren Erweiterungen SCSI-2 und SCSI-3 dazugekommen.

Das verwendete Betriebssystem OS/9 wurde 1984 entwickelt, zwei Jahre vor der Schaffung des SCSI-Standards. Der Hersteller (ELTEC) unterstützt mit seiner SCSI-Schnittstelle für das Betriebssystem OS/9 Festplatte und Floppy unterstützt, Bandlaufwerke jedoch nur rudimentärer Form. So ergibt sich die Notwendigkeit, selbst eine SCSI-Schnittstelle für das jeweilige Bandlaufwerk zu schreiben.

Für das ursprüngliche TDAS wurde in der GSI von Volker Lindenstruth ein erster SCSI-Treiber geschrieben [LIN89]. Dieser ist 1992 von Florian Schwandt [SCH95] an das Exabyte 8500 System angepaßt worden. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde das Betreiben eines DAT-Bandlaufwerkes mit dieser Schnittstelle ermöglicht.

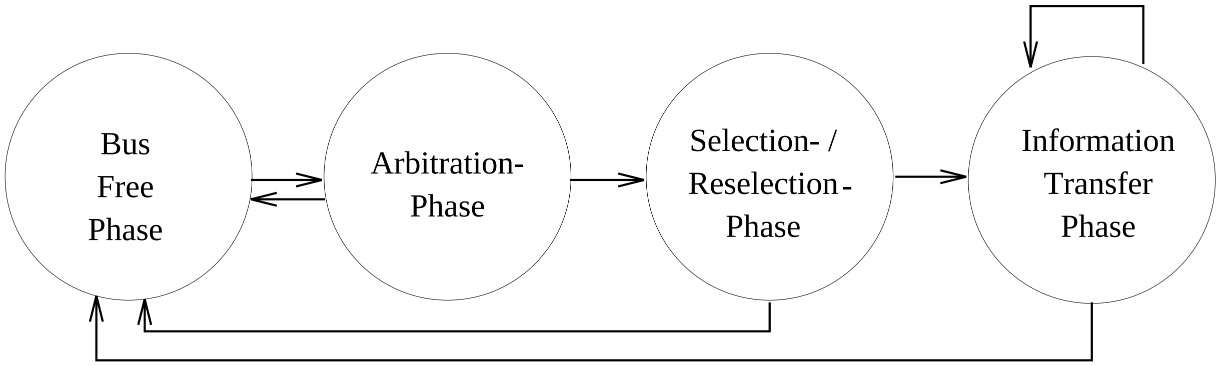

Abbildung 3.3: Das SCSI-Protokoll mit den erlaubten Übergängen. [REN93]

Byte \ Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
0	Group Code			Operation Code				
1	LUN			(MSB)				
2	Logical Block Address							
3				(LSB)				
4	Transfer Length							
5	Control Bits							

Abbildung 3.4: zeigt einen 6-Byte Command-Descriptor-Block. Das erste Byte enthält den eigentlichen Befehl und die Bezeichnung der Befehlsgruppe (Festplatte, Band...). Die Bytes eins bis drei dienen der Bezeichnung der Untereinheit (LUN) und der logischen Block-Adresse. Das vierte Byte legt die Länge eines eventuell folgenden Blocktransfers fest, und im letzten Byte folgen schließlich noch einige Status- und Kontrollbits.

3.2.1 Das Betriebssystem OS/9

Im Erscheinungsbild ähnelt das Betriebssystem OS/9 Unix. Es ist mehrstufig aufgebaut. Die unterste Stufe wird **Kernel** genannt und verwaltet die wichtigsten Systemaufgaben [0S/9]. Dazu gehören unter anderem auch die Ein- und Ausgaberoutinen. Die nächsthöhere Stufe stellen die **File Manager** dar. Sie verwalten die prinzipiell erlaubten Datenformate:

- Der Random Block File Manager verwaltet Magnetplatten oder Disketten,
- der Sequential Block File Manager ist z.B. für Magnetbänder und andere Formen sequentieller Daten zuständig,
- der Sequential Character File Manager für Terminals und Drucker
- der Interprocess Communications File Manager oder auch Pipe File Manager erlaubt den Transport von Daten zwischen Prozessen.

Die File-Manager behandeln zwar den grundsätzlichen Datentransport, wissen aber nichts über die technischen Einzelheiten spezieller Controller. Hierfür sind **Device-Driver** erforderlich. Als Device-Driver wird die Software bezeichnet, die die physikalischen Ein- und Ausgaben für die verschiedenen Controller und sonstigen Module bewirkt. Die oberste Stufe von OS/9 stellen schließlich die **Device-Descriptors** dar. Dabei handelt es sich um Tabellen, die die logischen Ein- oder Ausgabeports verknüpfen mit:

- einem logischen Namen,
- einem Device-Driver,
- einem File-Manager,
- einer physikalischen Adresse und
- einem Datensatz mit den Initialisierungsdaten.

Eine Ein- oder Ausgabe findet nun wie folgt statt (s. Abb. 3.5): die Daten werden zunächst vom Datenaufnahmeprogramm eingelesen, formatiert und an das Betriebssystem weitergegeben. Das Betriebssystem bekommt dann über den Device Descriptor die nötigen Daten, um den SCSI-Controller richtig anzusteuern. Dieser sendet schließlich über den SCSI-Bus die Daten an das gewünschte Endgerät.

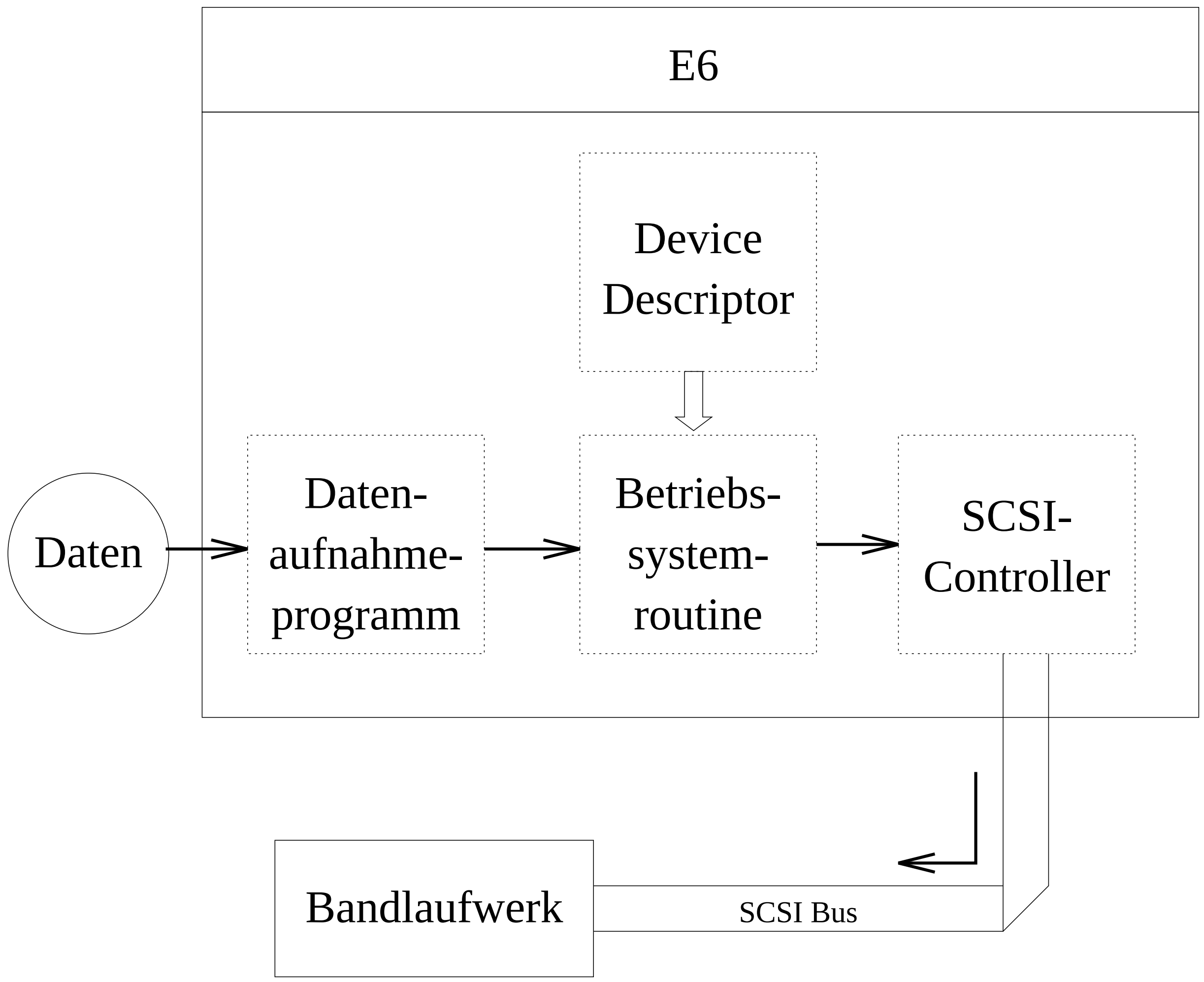

Abbildung 3.5: Datenfluß

3.3 Einbindung des DAT-Laufwerks

Das DAT-Laufwerk sollte zusätzlich zum schon bestehenden Exabyte 8500 in das Datensicherungssystem eingebunden werden. So wird der Übergang von einen System zum anderen ohne Bruch möglich. Da aber beide Laufwerke über unterschiedliche Befehlssätze verfügen, muß die Schnittstelle zwischen ihnen unterscheiden können. TDAS erhält beim Start über das Shellscript `tdassymbols` (s. Anhang S. 28) die Optionen für den jeweiligen Betrieb des Programms. Da beim Start das zu benutzende Laufwerk schon feststeht und während des Programmablaufes nicht gewechselt wird, kann die Einstellung von SCSI-Nummer und Laufwerkstyp über eine Startoption festgelegt werden. Bisher gab es lediglich die Option **TDASarchiveopt**. Sie teilt der Schnittstelle mit, ob die Daten auf ein Bandlaufwerk geschrieben werden sollen, oder es sich um einen Testlauf des Programms ohne Datenspeicherung handelt. Die möglichen Werte der Option sind:

1. **-thX**, wobei X für die SCSI-Nummer des Laufwerks steht und die Werte 2 und 3 annehmen kann.
2. **-nr=XXX**, wobei XXX für die zu simulierende Datenrate in Kilobyte steht.

Ich habe nun eine neue Option eingeführt, die den Bandlaufwerkstyp festlegt. Sie lautet TDAStapeopt und kann folgende Werte annehmen:

1. **EXA** für den Exabyte 8500 Befehlssatz,
2. **DAT** für den DAT-Laufwerk Befehlssatz,
3. **GEN** falls die E6 den Bandlaufwerkstyp selbst herausfinden soll („PLUG AND PLAY“).

Während der Startsequenz von TDAS werden die Optionen aus dem Shellskript gelesen und auf ihre Gültigkeit hin überprüft. Dabei stellt die Schnittstelle im Falle des DAT-Laufwerks auch fest, welches Band in das Laufwerk eingelegt wurde. Da sich diese in der Länge und damit in der Speicherkapazität unterscheiden, ist dies wichtig für die spätere Bestimmung der verbrauchten Bandkapazität. Anschließend wird der dem Laufwerk entsprechende Befehlssatz in der neuen Funktion **iniz-tape-command** eingelesen.

Um die Befehle und Daten vom Betriebssystem an den SCSI-Controller zu übergeben, verwendet man die Betriebssysstemroutine „Setstatus“. Diese kann nur 6 Byte lange Datenworte übermitteln, womit man auf SCSI-Befehle der Gruppe 0 beschränkt wird. Erstaunlicherweise führt das Exabyte 8500 Laufwerk auch einen Gruppe-1-Befehl aus, der über diese Schnittstelle weitergereicht wird. Offensichtlich ist eine genaue Einhaltung der SCSI-Norm für dieses Laufwerk nicht unbedingt erforderlich. Das DAT-Laufwerk, das über einen deutlich größeren Befehlssatz als das Exabytelaufwerk verfügt, läßt sich allerdings auf keine solchen Ungeneauigkeiten ein. Das ist jedoch keine wesentliche Einschränkung, weil die Gruppe 0 über die meisten Kommandos verfügt. Von diesen Kommandos aber funktionieren diejenigen nicht, die einen Rückschluß auf die Schreibposition des DATlaufwerks geben würden. Da diese Probleme aus dem mangelhaften Zusammenspiel zwischen Betriebssystem und SCSI-Controller resultieren, lassen sie sich nicht ohne weiteres beheben.

Um dennoch immer über den vorhandenen Platz auf dem Band informiert zu sein, mußte ein anderer Weg gefunden werden, die Schreibposition des Laufwerkes herauszufinden. Dieser Weg liegt darin, die weggeschriebene Datenraten zu memorieren, und anhand dieser die Schreibposition des DAT-Laufwerks zu errechnen. Vor diesem Hintergrund wird im Programmteil TDASarchive mitgezählt, wieviel Daten auf das Band geschrieben wurden. Zusammen mit der Annahme einer für die „EDDA-Daten“ typischen Kompressionsrate läßt sich daraus errechnen, wieviel Platz noch auf dem Band zur Verfügung steht. Die geschriebene Datenmenge wird in der Variablen **data-size-on-media** abgespeichert, die dem **MainModul** angehört. Die Variablen im MainModul können auch von den anderen

TDAS-Prozessen gelesen werden. Der TDAS-Prozeß TDASmonitor entnimmt dem Main Modul die Information bezüglich der Schreibposition (s. Seite 19) und informiert den Experimentator über den noch vorhandenen Platz auf dem Band und die bereits abgespeicherte Datenmenge.

3.4 Tests

Die SCSI-Schnittstelle wurde in 3 Phasen getestet:

> Erstens wurde ein Testprogramm geschrieben, welches auf die SCSI-Schnittstelle zurückgriff. So konnten alle SCSI-Befehle schnell und einfach ausgetestet werden. Weil eine ausführliche Beschreibung des Betriebssystems und des SCSI-Controllers fehlte, mußten in dieser Phase „alle“ möglichen Varianten ausgetestet werden.
>
> Zweitens wurde die Schnittstelle in das gesammte TDAS-Programm eingebaut und dann an einem „Teststand“ getestet. Dieser Teststand simulierte Triggerimpulse, die dann mit simulierten Daten weggeschrieben werden konnten. So konnte das Funktionieren der Schnittstelle mit verschiedenen Datenraten und im Zusammenspiel mit TDAS getestet werden.
>
> Drittens wurde die Schnittstelle im Experimentbetrieb selber erprobt. Sie hat sich dort bewährt.

Prinzipiell erlaubt das DAT-Laufwerk eine höhere Datenrate als das bisher verwendete EXABYTE. Dies kommt im Experiment allerdings nicht zum Tragen, da die Detektorauslese die Datenrate auf ca. 2 kHz beschränkt.

Kapitel 4

Überwachung der Datensicherung

Im Experimentbetrieb sind hinsichtlich einiger Parameter kontinuierliche Informationen notwendig. Sie sollten daher regelmäßig und möglichst einfach zur Verfügung stehen. Zu diesem Zweck wurde der Prozeß TDASmonitor entwickelt. Er stellt in periodischen Abständen (1 s) die ausgewählten Parameter auf dem Bildschirm dar (s. Abb. 4.1). Bei der Auswahl der Parameter kommt es darauf an, die im normalen Betrieb benötigten zu wählen. Zusätzlich können die für eine eventuelle Fehlerbehandlung benötigten dargestellt werden. Aus den Erfahrungen der letzten Strahlzeiten hat sich eine solche Auswahl entwickelt (s. Anhang S. 29). Um die Arbeit mit dem Bandlaufwerk zu erleichtern, habe ich zu der schon erwähnten Variablen **data-size-on-media** noch zwei weitere neu hinzugefügt:

- **data-size-on-media** gibt die Datenmenge, die sich auf dem Band befindet, in Gigabyte an. So läßt sich der noch vorhandene Platz abschätzen, und man kann sehen, ob überhaupt auf Band geschrieben wird.
- Während der Versuchsdurchführung wird zwischen Kohlenstoff- (C) und Polypropylenfädchen $(CH_2)_n$ gewechselt . Dies dient dazu, den Untergrund, den der Kohlenstoff verursacht, von den eigentlichen Proton-Proton-Ereignissen subtrahieren zu können. Mit den jeweiligen Kohlenstofftargets muß man eine ausreichend große Datenmenge („Statistik“) erzielen. Natürlich möchte man die Kohlenstofftargets nur solange wie notwendig benutzen. Es gibt ein optimales Verhältnis zwischen den Datenmengen, die mit $(CH_2)_n$-Target bzw. C-Target aufzunehmen sind. Der Wert **data-after-run-start** gibt die Datenmenge an, die seit dem letzten Runstart auf Band geschrieben wurde. Sie entspricht im Normalfall der pro TARGET auf das Band geschriebenen Datenmenge, da bei einem Targetwechsel jeweils ein manueller Runstart durchgeführt wird. Ein „Kohlenstoff-Run“ kann jetzt einfacher nach der benötigten Datenmenge gestoppt werden.
- **time-to-change-media** gibt die Zeit an, während der bei gleichbleibender Datenrate auf das Band geschrieben werden kann. So kann der Experimentator sehen, ob es sich lohnt weiter auf das Band zu schreiben, oder ob er es wechseln sollte.

```
                    TDAS status at 12.02.1997 11:02:52
-----------------------------------------------------------------------------
system up time            0 00:00:00   run up time                0 00:00:00

readout mode      NO_SCALER/interrupt   run number                   test run
number of buffers                   3   current deadtime (%)                0
maximum event size              65536   maximum parameter event size    16384
TDASacquire's buffer#  ( 0% used),  0   TDASarchive's buffer#  ( 0% used),  2
run data size (MB)           0.000000   events during busy                  0
data size on media (GB)      0.000000   time to change media       0 00:00:00
current data rate                   0   data after start run                0
-----------------------------------------------------------------------------
Trigger 1                           -   Trigger 5                           -
Trigger 2                           -   Trigger 6                           -
Trigger 3                           -   Trigger 7                           -
Trigger 4                           -   Trigger 8                           -
total hard trigger                  0   soft trigger                        0

CAMAC scaler too low                0   CAMAC scaler too high               0
readout type 0                      0   total # of errors                   0
-----------------------------------------------------------------------------
```

Abbildung 4.1: TDAS-Monitor

Kapitel 5

Zusammenfassung

Im Rahmen des EDDA-Experimentes wurde eine Erneuerung und Erweiterung der Datenspeicherung benötigt. Das bisher benutzte **Exabyte 8500** Bandlaufwerk ist veraltet. Ersatzgeräte sind deshalb nicht mehr zu beschaffen. Aus diesem Grund mußte ein neues System in das TDAS-Datenaufnahmeprogramm eingebunden werden. Es bot sich das **HP C1533A DAT** (**D**igital **A**udio **T**ape) Bandlaufwerk von Hewlett Packard an, weil es in der Datenanalyse schon mit gutem Erfolg benutzt wird und überdies preisgünstiger als das Nachfolgemodell des Exabyte 8500 ist.

Aufgrund von Schwierigkeiten im Zusammenspiel des Betriebssystems **OS/9** mit dem **SCSI-Controller**, ist es nicht möglich, vom DAT-Laufwerk einen Statusbericht über die Schreibposition zu erhalten. Die Schreibposition wird daher über die bekannte Kapazität des Bandes und die geschriebene Datenmenge errechnet.

Um den Experimentierbetrieb zu erleichtern, wurden in **TDASmonitor** zwei neue Variablen eingeführt. Sie machen Aussagen über die Zeit, während der noch auf das jeweilige Band geschrieben werden kann, und über die Datenmenge, die mit dem aktuellen Target erzielt wurde.

In mehreren Testphasen wurde die neu konzipierte SCSI-Schnittstelle an das DAT-Laufwerk angepaßt. Dazu wurde in der ersten Phase ein Testprogramm geschrieben. In der zweiten Phase wurden Triggerimpulse und Daten über einen Teststand simuliert. Schließlich wurde das Programm in einer Strahlzeit getestet und hat sich inzwischen gut bewährt.

Anhang A

Die Prozessoreinheit E6

Standard-Konfiguration der E6:

Lokal :	Eltec-E6
	8 MB Ram
	SCSI-Festplatte mit ca. 180 MB (ID.6, LUN 0)
	SCFL-Floppy (5.25 oder 3.5 Zoll) DD, 600 kB
	Exabyte- oder DAT-Tape
	Terminal-Konsole
CAMAC :	VSB-Interface
	CBV-Controller oder
	CVI-Controller
per Netz :	Internet-(Ethernet)-Anschluß
	NFS-Drive auf der Unix-Station Merlin
	übliche Verbindung via FTP und Telnet
	TFTP-Bootmöglichkeit

Die Software ist in folgender Struktur abgelegt :
/n0 - Hauptverzeichnis mit Update und Backup
/h0 - Arbeitsverzeichnis mit eigenverantwortlichem Backup

Anhang B

HP C1533A DAT

B.1 Eigenschaften

Das HP C1533A DAT hat folgende Eigenschaften[DAT94]:

- Standard $3\frac{1}{2}$-inch Kassetten
- Ein typische Kapazität von bis zu 8 Gigabyte für ein 120 m Band mit technischen Daten, und bis zu 16 Gigabyte für ein 120 m Band mit kommerziellen Daten
- Eine Datentransferrate von 510 bis 1500 Kilobytes pro Sekunde
- Ein 1 Megabyte großer Speicher
- Ein DCLZ Daten-Kompressions- und -Dekompressionssystem
- automatische Fehler-Erkennung und -Korrektur
- Read-after-write Fehler-Erkennung und -Korrektur
- Drei Ebenen des Fehlerkorrekturcodes (ECC)
- Synchroner und Asynchroner Datentransfermodus
- „Single-ended“ SCSI-Verbindung
- Kompatibilität mit dem SCSI-2-Standard
- Unterstützt die „disconnect“ und „reselect“ Modi von SCSI
- geringe Kosten

B.2 Zuverlässigleit des DAT-Laufwerks

Definition eines Ausfalls

Ein Ausfall des Laufwerks ist definiert durch jede Fehlfunktion, die verhindert, daß man die Daten vom Band lesen kann. Das beinhaltet Versagen der Stromversorgung, des Lade- oder Entladevorganges einer Kassette, Versagen beim Schreiben bzw. Lesen vom Band, und setzt gleichzeitig voraus, daß Laufwerk und Band im Rahmen ihrer Spezifikationen gebraucht werden.

Ein Fehler durch den Benutzer und System-bedingte-Fehler (Kabelprobleme, nicht gewartete Systeme, Fehlfunktionen der Software usw.) und Transportschäden sind keine Fehler in diesem Sinne.

Mittlere Zeit zwischen Versagen

Die mittlere Zeit zwischen Ausfällen (Mean Time Between Failures (MTBF)) für das HP C1533A ist 200.000 Betriebsstunden bei einer 12 prozentigen Nutzung, wobei $MTBF \cong \frac{Zahl \quad der \quad Betriebsstunden}{Zahl \quad der \quad Ausfälle}$ in dem Zeitraum entspricht.

Ausfälle werden nur gezählt, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- Nur DDS-zugelassene Kassetten wurden benutzt.
- Die Kassetten waren in einwandfreiem Zustand.
- Die Umgebungsbedingungen (eingeschlossen die Spannungsversorgung) waren im jeweils zulässigen Bereich

Lebensdauer

Die Lebensdauer des Laufwerks liegt bei 10 Jahren mit einer Schwankungsbreite von 8 bis 12 Jahren.

Der dafür vorausgesetzte Modellbetrieb:

- 2 Stunden Bandspulen pro Tag
- 6 Tage Betrieb pro Woche

Dieses Modell entspricht 6.000 Stunden Bandspulen mit einer Schwankungsbreite von 4.800 bis 7.200 Stunden.

B.3 Leistungsdaten

Datenkapazität

Die ursprüngliche (unkomprimierte) Kapazität der verschieden langen Bänder:

Länge	Format	Kapazität
60m	DDS-1	1.3 Gb
90m	DDS-1	2.0 Gb
120m	DDS-2	4.0 Gb

Mit Datenkompression kann die Kapazität für technische Daten verdoppelt und für kommerzielle Daten vervierfacht werden. Allerdings hängt das von der Natur der Daten ab.

Datentransferraten

Die Datentransferraten vom und auf Band betragen:

Ohne Kompression:	510 Kb/s
Typische Kompression:	1.0 Mb/s
Maximale Kompression:	1.5 Mb/s

Ladeprozedur

Die Ladeprozedur dauert 14 Sekunden von dem Augenblick, in dem das Band eingelegt wird, bis zu dem Augenblick, indem das Laufwerk bereit ist, den nächsten Befehl entgegen zunehmen. Während dieser Zeit wird das Systemlog am Anfang des Bandes eingelesen.

Die benötigte Zeit für ein Entladen des Bandes ist stark von der Laufwerksposition abhängig. Zuerst wird das Band zurückgespult, was bis zu 80 Sekunden dauern kann. So dauert ein Entladevorgang zwischen 30 bis 120 Sekunden.

Datenformat

TDAS schreibt das Datenformat historisch nach dem ltf (labeled tape facility) Format aufs Band. Dieses Format basiert auf [TDA94]:

1. American National Standard Institute magnetic tape labels and file structure for information interchange ANSI X3.27-1978

2. Das Arbeitspapier: Draft Proposed Revision to ANSI X3.27- 1978 Public Review Comment on ANSI X3L5/83-28T 15-Oct-84 (beschreibt den ANSI 4 Standard)

Basierend auf diesen Definitionen gibt es Programme, mit denen die Daten geschrieben und gelesen werden. Das Format selber ist sehr einfach. Eine kurze Beschreibung folgt:

- Ein 128 Byte langer Eintrag, das in den Bytes 4 bis 9 den Volumennamen enthält.
- Ein Filemark
- 4 „header“ Einträge, die jeweils 128 Bytes lang sind. Sie enthalten neben anderen Dingen auch die Block-, Gesamtlänge und den Namen des Files.
- ein Filemark
- Dateneinträge für das erste File mit einer variablen Länge von bis zu 16 1024 Bytes maximal
- ein Filemark
- 4 File Trailer Einträge, die jeweils 128 Bytes haben
- ein Filemark
- Die Sequenz wird mit den „header“ Einträgen für das zweite File wiederholt

Da üblicherweise die Software für das Kopieren und Editieren der Daten vorhanden ist, braucht der Nutzer sich um diese „low-level“-Struktur nicht zu kümmern.

Anhang C

TDAS

TDAS ist ein Datenaufnahmeprogramm, das entworfen wurde um Daten in kleinen bis mittelgroßen Experimenten aufzunehmen und zu archivieren. Siehe dazu [TDA94]. Es folgen Erläuterungen zur Datensicherung und zum Umgang mit TDAS.

C.1 TDAS-Struktur

TDAS besteht aus mehreren „unabhängigen“ Prozessen, die jeweils eine von mehreren Teilaufgaben wahrnehmen. Die Prozesse sind hierarchisch gegliedert (s. Abb. C.1). Die Struktur spiegelt sich auch in der Verzeichnis Struktur wider (s. Abb. C.2). **TDASROOT** ist das Hauptverzeichnis, das vom Nutzer beliebig benannt werden kann.

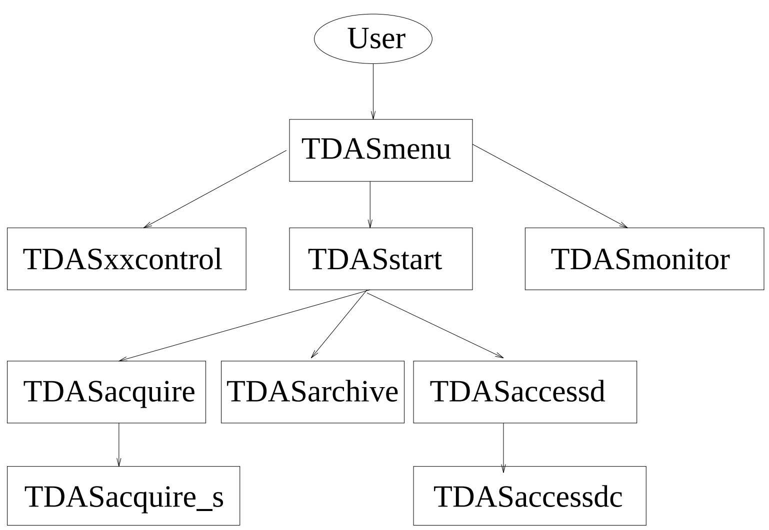

Abbildung C.1: Hierarchie der TDAS-Prozesse

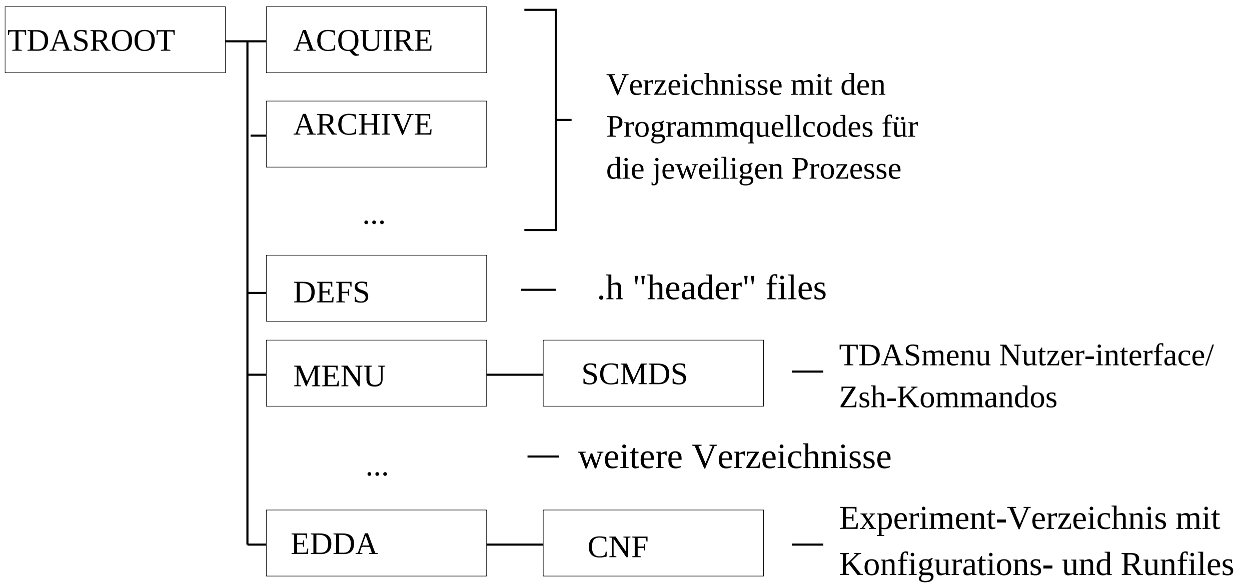

Abbildung C.2: Struktur der Verzeichnisse

C.2 tdassymbols

Im Shell-Skript tdassymbols werden die Startoptionen von TDAS gesetzt. Das geschieht durch auskommentieren der nicht gewünschten Optionen. Das Skript **tdassymbols** befindet sich im Verzeichnis TDASROOT – EDDA. Es folgt ein Beispiel:

```
* ! TDASarchiveoptions. select tape or dummy archiving here
* ! activate the tape via -th3 - tape unit with driver /h3
* ! activate the tape via -th2 - tape unit with driver /h2
* ! activate dummy archiving (*no* data storage) with -n. simulated transfer-
* ! rate is then given by -nr=RATE, RATE in kbyte/sec
*TDASarchiveopt  == "-th3"
TDASarchiveopt  == "-th2"
*TDASarchiveopt  == "-nr=500"

* ! TDAStapeoption. select tape species
* ! EXABYTE 8500 via -oEXA or
* ! DAT via -oDAT
*TDAStapeopt == "-oEXA"
TDAStapeopt == "-oDAT"
*TDAStapeopt == "-oGEN"
```

In diesem Beispiel wurden für die Option TDASarchiveopt auf „-th2“ gesetzt, während die Option TDAStapeopt auf „-oDAT“ gesetzt wurde.

C.3 SCSI-Schnittstelle

Die SCSI-Schnittstelle besteht hauptsächlich aus den C-Funktionen die im File exabyte-lib.c stehen, welches unter TDASROOT – LIBSRC zu finden ist. In diesen Funktionen wird jeweils die Funktion **SCSICom** aufgerufen. Sie wiederum übergibt den SCSI-Befehl an das kurze Maschinenspracheprogramm **@DoCommand** welches schließlich die Betriebssystemroutine **SETSTT** (**„Set-Status“**) aufruft.

C.4 Variablen im TDAS-Monitor

Im TDAS-Monitor werden in regelmäßigen Abständen ausgewählte Parameter des Versuchs dargestellt. Diese Informationen ermöglichen Entscheidungen bzgl. des Versuchsablaufs bzw. der Behandlung evtl. auftretender Fehler. Im folgenden werden die Werte beschrieben:

- **TDAS status at** - Datum und aktuelle Uhrzeit
- **system up time** - seit dem Start von TDAS vergangene Zeit
- **run up time** - seit dem letzten Runstart vergangene Zeit
- **readout mode** - Modus von TDAS
- **run number** - Nummer des aktuellen Runs
- **number of buffers** - Anzahl der Buffer
- **current deadtime** - der Prozentsatz an Totzeit
- **maximum event size** - größter Eventumfang
- **maximum parameter event size** - größter Parameter Eventumfang
- **TDASacquire's buffer#** - Der Buffer, der von TDASacquire beschrieben wird und seine prozentuale Benutzung
- **TDASarchive's buffer#** - Der Buffer, der von TDASarchive gelesen wird und seine prozentuale Benutzung
- **run data size (MB)** - Datenumfang des aktuellen Runs
- **events during busy** - die Anzahl der Ereignisse, die wegen der Totzeit nicht bearbeitet werden
- **current data rate** - die pro Sekunde gelesenen Ereignisse
- **Trigger 1-8** Die Anzahl der verschiedenen Triggerereignisse
- **total hard trigger** - alle vom CAMAC ausgelösten Trigger

- **soft trigger** - alle von der Software ausgelösten Trigger
- **CAMAC scaler too low/high** - Zu große oder zu kleine Zählerstände
- **readout type 0** - Interrupts („Auslesen") ohne Trigger
- **total # of errors** - Anzahl der aufgetretenen Fehler
- auf der letzten Zeile wird der jeweils zuletzt aufgetretene Fehler mit Angabe von Datum, Uhrzeit und Prozeß angezeigt

Literaturverzeichnis

[ACK93] K. Ackerstaff et al., Nucl. Inst. and meth. A 335 (1993) 113-120

[BIS90] J. Bisplinghoff et al., Nucl. Instr. and Math. A 329 (1993) 151

[BIS93] C.A.E.N.: Model SY 127 High Voltage System, Technical Information Manual, C.A.E.N. 1991

[COS90] COSY Projektleitung, COSY-Jülich User Guide, KFA Jülich (1990)

[DAT94] Hewlett-Packard-Simited: The HP C1533A OEM Product Manual, H.P. 1994

[EXA90] EXABYTE Corporation, EXB-8500 S, Product Manual, EXABYTE Corporation 1990

[GRO93] R. Groß-Hardt: Simulation des EDDA-Detektors erste Ergebnisse, Diplomarbeit, ISKP der Universität, 1993

[LAH92] U. Lahr: EDDA-Ein Detektor zur Messung von Anregungsfunktionen der elastischen Proton-Proton Streuung an COSY, Dissertation, ISKP der Universität Bonn, July 1992

[LIN89] V.Lindenstruth, TDAS-Temporary Data Acquisition System, GSI-internal report, GSI Darmstadt 1989

[LOC86] M.P.Locher, M.E.Seino, A. Svare, Dibaryon Resonences, Adv. Nucl. Phys. 17 (1986) 47 and references therein

[MIC84] Microware Systems Corporation: OS-9/68000 Language Manuals, Microware 1984

[MIC89] Microware Systems Corporation, OS-9 Advanced System Software: Language Manuals, Microware 1989

[0S/9] Microware Systems Corporation, OS-9 Advanced System Software: Operating System Manuals, Microware 1989

[REN93] B. Renck, Teubner Studienbücher, Meßdatenerfassung in der Kern- und Teilchenphysik, Stuttgart 1993

[SCH95] F. Schwandt, Datenaufnahme und Datenanalyse im EDDA-Experiment, ISKP der Universität Bonn, Januar 1995

[SCH91] F. Schwandt, Konzeption, Aufbau und Test eines Triggersystems für das EDDA-Experiment, Universität Bonn, 1991

[SCO93] W. Scobel et al., Status of the EDDA-Experiment at COSY, Physika Siripta Vol. 48.S.92-94, 1993

[TDA94] F. Schwandt, TDAS/ISKP User's Guide, ISKP internal report, Bonn University, 1994

[WIE94] W. Wiedmann, Ein zylindrischer Detektor aus szintillierenden Fasern und erste Messungen zum EDDA-Experiment an COSY, Dissertation, Universität Bonn, 1994

[ZSH88] L. Zeller, ZSH An Advanced Shell for OS9/68k, MPL AG, CH-8708 Männedorf

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen danken, die zum erfolgreichen Abschluß meines Studiums beigetragen haben. Mein besonderer Dank gilt:

Prof. Dr. R. Maschuw für die Möglichkeit diese Arbeit am Institut für Strahlen und Kernphysik durchführen zu können.

Prof. Dr. J. Bisplinghoff, unter dessen Anleitung diese Arbeit entstanden ist, für seine Unterstützung und für den Aufbau seiner kompetenten Arbeitsgruppe.

Prof. Dr. J. Ernst für seine wertvollen Hinweise bei der Erstellung dieser Arbeit.

Außerordentlichen Dank an Dipl.-Phys. O. Diehl und Dr. H. Rohdjess für ihre Zusammenarbeit. Ihre Anregungen haben sich in Detailfragen als sehr wertvoll erwiesen.

Den jetzigen und ehemaligen Mitarbeitern der EDDA-Kollaboration in Bonn und Hamburg für die gute Zusammenarbeit.

Den Dipl.-Phys. A. Dieball, Dipl.-Phys. H. Müller, Dipl.-Phys. A. Grunert, die mir durch so manche Prüfungsvorbereitung geholfen haben.

Besonderer Dank gilt den Familien Finkenbusch, Graf und Wodarz sowie Frau Forsbach für ihre liebevolle Unterstützung.