6. Datenaufnahme

6.1 Übersicht

Die Datenstruktur des **EDDA**-Experiments läßt sich grob in 6 Gruppen aufteilen:

1. Das PCOS III System liefert die Daten aus der inneren Detektorlage.

2. Das FERA System liefert die digitalisierten Pulshöhen aus der äußeren Detektorlage.

3. Die Daten des Triggers werden in "Scaler" geschrieben, aus denen Anregungsfunktionen mit der Auflösung der Granularität der Ringlage gebildet werden können.

4. Das "Histogramming Memory" am Ende der Online-Elektronik enthält Daten, aus denen Anregungsfunktionen mit der Auflösung der Granularität der inneren Lage extrahiert werden können.

5. Daten von **COSY**-Control über den aktuelle Status von Energie, Form, Ort und Intensität des internen Strahls sowie eigene Luminositätsinformationen.

6. Allgemeine Daten, z.B. Runnummern, Uhrzeit, Konfigurationen der Elektronik u.s.w.

Eine schematische Darstellung aller Komponenten zeigt Abbildung 6.1

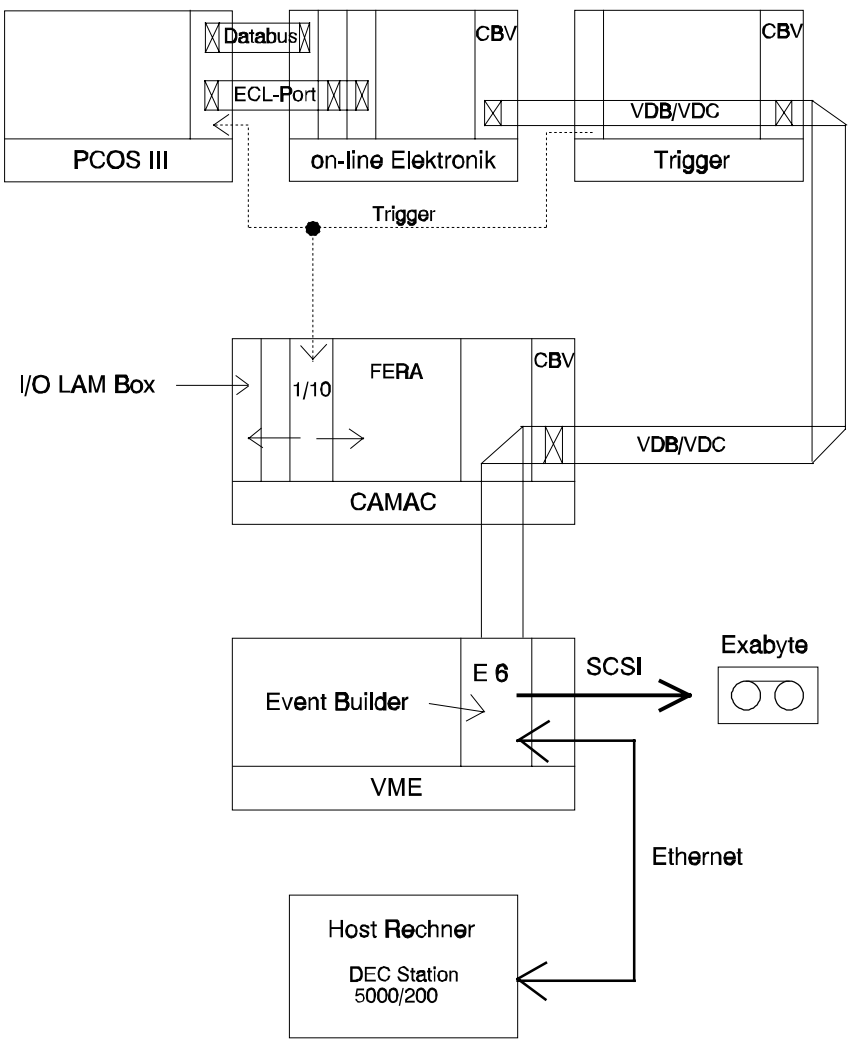

Abb. 6.1 Schematische Darstellung des Datenaufnahmesystems

Abkürzungen:

PCOS:	Proportional Chamber Operating System
FERA:	Fast Encoding and Readout Analog to digital converter
CBV:	spezieller CAMAC Crate Controller zur Verbindung mit VSB
VSB:	VME Subsystem Bus
VDB:	VME differential Bus
VDC:	VME differential Cable
VME:	Versa Module Europe
E6:	Eurocom Computer auf Basis des 68030 mit Betriebssystem OS9 und Datenaufnahmeprogramm TDAS
TDAS:	Temporary Data Acquisition System
SCSI:	Small Computer System Interface

6.2 Datenübertragung

Die Elektronik zur Datenaufnahme der inneren Lage läßt sich in zwei CAMAC Crates unterbringen. Im ersten Crate ist die "PCOS" Elektronik mit eigenem "Crate Controller" untergebracht, während im zweiten "Crate" das "Interface" auf Standard "CAMAC" und die Elektronik, zur Überprüfung der Ereignisse auf koplanare- und kinematische Korrelation, mit dem "Histogramming Memory" untergebracht ist. Die Standard "CAMAC Crates" enthalten alle einen sogenannten "CBV Controller", der im wesentlichen durch zwei Besonderheiten ausgezeichnet ist:

1. Der "CBV Controller" schafft die Verbindung mit dem differentiellen "VSB-Bus", der über relativ große Distanzen (50 m) betrieben werden kann.

2. Der "CBV Controller" reagiert auf das "Look At Me" (LAM) Signal der "I/O LAM Box" mit einem "Interrupt" Befehl an den "E6" Computer, der die Datenaufnahme steuert.Das "Look At Me" (LAM) Signal der "I/O LAM Box" wird dabei nach Erhalt des untersetzten Triggersignals generiert. Diese Form der "Interrupt" Steuerung erlaubt eine optimale Ausnutzung der Rechnerkapazität mit Priorität auf der Datenaufnahme.

Die Elektronik des Triggers ist in einem "CAMAC Crate" untergebracht. Das Triggersignal wird innerhalb von 70 nsec erzeugt, sodaß maximale Zählraten von 14 MHz möglich sind. Nach den Zählratenabschätzungen in Kapitel 2 kann das Triggersignal ohne Totzeiten generiert werden. Die Triggerrate beträgt 50 kHz und liegt mindestens einen Faktor 10 oberhalb der maximalen Rate, mit der die Datenübertragung auf dem "VSB-Bus" möglich ist. Ein zweiter beschränkender Faktor ist die maximale Rate, mit der die Daten abgespeichert werden können. Das "Exabyte" kann 500 kByte/s Datenrate verarbeiten, d.h. bei einer Ereignisgröße von z.B. 64 Byte sind im Idealfall 8 kHz Übertragungsrate möglich. Die maximalen Raten liegen damit in der gleichen Größenordnung, so daß das Gesamtsystem relativ gut aneinander angepaßt ist. Das Triggersignal muß aus diesem Grund für die "I/O LAM Box" untersetzt werden, da jedes Ereignis, das einen "Interrupt" auslöst,

auch auf "Exabyte" geschrieben werden soll. Das gleiche gilt für alle Daten, die ausschließlich auf "Exabyte" geschrieben werden, z.B. das "FERA" System.

Für das "PCOS" System ist die Situation etwas anders. Mit dem "Histogramming Memory" steht am Ende der Online-Datenverarbeitung ein Datenspeicher zur Verfügung, der bis zu 800 kHz Übertragungsrate erlaubt. Das "PCOS" System kann mit Datenraten bis zu 10 MHz betrieben werden und erlaubt daher den Einsatz des Triggers ohne Untersetzung. Ein Problem dabei ist die Synchronisation mit den "FERA" Daten, da nur etwa jedes 10te getriggerte Ereignis des "PCOS" Sytems zusammen mit den "FERA" Daten auf "Exabyte" abgespeichert wird.

Das Herzstück des Datenaufnahmesystems ist der auf Basis des Motorola 68030 entwickelte Computer E6, der in einem "VME Crate" untergebracht ist. Das Betriebssystem auf diesem Rechner ist OS9, ein Echtzeit, Multiuser, Multitasking System, mit dem mehrere Benutzer gleichzeitig auf dem Rechner arbeiten können. Das Datenaufnahmeprogramm ist ein modifiziertes TDAS ("Temporary Data Acquisition System"), entwickelt von der GSI (Gesellschaft für Schwerionenforschung) Darmstadt. Über den differentiellen "VDB-Bus" ist der E6 Rechner mit den "CBV Controllern" in den Standard "CAMAC Crates" verbunden. Das Abspeichern der Daten auf "Exabyte" erfolgt über SCSI ("Small Computer System Interface"). Der Experimentator bedient das Experiment von einem Hostrechner aus, einer DECstation 5000/200, die über "Ethernet" mit dem E6 verbunden ist.

In diesem Rahmen liegt das Datenaufnahmesystem bereits fest, während Detailfragen, wie Totzeiterfassung, Datentransfer von **COSY**-Control, zeitliche Steuerung, Synchronisation usw. noch in der Entwicklung sind.

Anhang

A) Nützliche Beziehungen in der relativistischen Proton-Proton Kinematik

Für die Umrechnung von Streuwinkeln in das Labor- und c.m.-System gilt:

$$\theta_{cm} = \arccos \frac{1 - \gamma^2 \tan^2\theta_{lab}}{1 + \gamma^2 \tan^2\theta_{lab}} \qquad (A\,1)$$

$$\theta_{lab} = \arctan \frac{\sin\theta_{cm}}{\gamma(1 + \cos\theta_{cm})} \qquad (A\,2)$$

Der Lorentzfaktor γ ist dabei gegeben durch

$$\gamma^2 = 1 + \frac{T}{2m_p} \qquad (A\,3)$$

wobei m_p die Ruhemasse des Protons und T die kinetische Energie der Protonen im Einschuß definiert. Für die Gesamtenergie E der elastisch gestreuten Protonen als Funktion der kinetischen Einschußenergie T und des Streuwinkels θ_{lab} gilt:

$$E = m_p \frac{(T + 2m_p)^2 + (T^2 + 2Tm_p)\cos^2\theta_{lab}}{(T + 2m_p)^2 - (T^2 + 2Tm_p)\cos^2\theta_{lab}} \qquad (A\,4)$$

Für die Umrechnung von Raumwinkelelementen gilt:

$$\frac{d\Omega_{lab}}{d\Omega_{cm}} = \frac{(\gamma^2 \sin^2\theta_{lab} + \cos^2\theta_{lab})^2}{4\gamma^2 \cos\theta_{lab}} \tag{A5}$$

Für die Korrelation der Streuwinkel der nach links und rechts gestreuten Protonen gilt:

$$\tan\theta_l \cdot \tan\theta_r = \frac{1}{\gamma^2} = \frac{2m_p}{T + 2m_p} \tag{A6}$$

Übertragen auf die z-Koordinate im **EDDA**-Detektor erhält man mit

$$\tan\theta_i = \frac{R}{z_i} \qquad (i = l, r) \tag{A7}$$

die Korrelation

$$z_l \cdot z_r = R^2 \gamma^2 \tag{A8}$$

B) Die Komponenten des PCOS III Systems

Vorverstärker/Diskriminatorkarte 2735 PC/DC

Zur Auswahl stehen zwei Karten zur Verfügung, eine vom Typ PC für Proportionalkammern und eine vom Typ DC für Driftkammern. Der Unterschied liegt in den Anforderungen an die Abfallszeiten der Eingangspulse, wobei die Karte DC mit 30 ns, gegenüber 100 ns der Karte PC, schnellere Pulse verarbeiten kann. Beide Kartentypen können optional für positive oder negative Signalquellen geliefert werden. Durch diese Option ist man unabhängig von der konkreten Wahl der Vielkanalphotomultiplier, die je nach Hersteller mit beiden Polaritäten angeboten werden. Jede Karte kann 16 einzelne Kanäle verarbeiten, wobei die analogen Eingangspulse verstärkt und anschließend in logische ECL-Pulse konvertiert werden. Die Breite dieser logischen Pulse ist durch die Zeit gegeben, in der der verstärkte Eingangspuls oberhalb einer einstellbaren Schwelle liegt. Die Schwelle kann über CAMAC für alle Kanäle im Bereich 0.5 bis 8 V eingestellt werden. Für die Anwendung mit Photomultiplierpulsen ist die Karte 2735 PC wegen der damit erreichbaren längeren Pulsdauer besser geeignet.

32 Kanal Receiver Modul

Bei diesem Modul handelt es sich um einen CAMAC Einschub, der die über "standard twisted pair" Kabel übertragenen Signale von zwei Karten a 16 Kanälen verarbeiten kann. In einem einzigen CAMAC-Crate können also bei maximal 23 Modulen bis zu 736 Kanäle verarbeitet werden. Die Informationen beider Karten werden dabei als 32 bit Wort gespeichert, wobei ein "Look At Me" (LAM) Signal gesetzt wird, wenn mindestens eins der 32 bits gesetzt ist.

Das PCOS System muß extern getriggert werden. Um der Triggerlogik Zeit zur Entscheidung zu geben, besitzt jeder Kanal eines "Receiver" Moduls eine programmierbare Verzögerung im Bereich 300 bis 680 ns, die in 1.5 ns Schritten eingestellt werden kann. Die Module bieten auch die Möglichkeit, mit einer eingeschränkten Zahl von maximal 16 Kanälen über einen schnellen Ausgang, dem "Prompt Or", eine Triggerlogik aus zusammengefaßten Kanälen aufzubauen. Dazu können in jedem Modul, durch interne "Wire

Wrap" Verdrahtung, die 32 Eingangskanäle vor der Verzögerung beliebig auf maximal 16 Ausgänge gelegt werden. Die über diesen Weg verdrahteten Signale liegen 30 ns nach dem Eingangssignal an. Man könnte sich damit z.B. vorstellen, benachbarte Fasern so zusammenzufassen, daß nur noch 16 Gruppen pro Helix übrigbleiben, mit denen dann eine Logik aufgebaut werden kann, deren Ergebnis das PCOS System triggert. Damit ist man völlig unabhängig von der äußeren Lage.

Um die nachfolgende Elektronik auf ihre Funktionstüchtigkeit prüfen zu können, kann in jedem Modul ein 32 bit "Test Pattern" geladen werden. Diese Möglichkeit wurde benutzt, um die im Anhang C beschriebene Logik zur schnellen Online-Analyse der Daten der Doppelhelix vollständig zu testen.

Der Controller

Der "Controller" ist ein doppelt breiter CAMAC Einschub und wird in die "Slotpositionen" 24,25 eingesetzt. Ein so aufgerüstetes CAMAC-"Crate" nennt sich dann "Dedicated CAMAC Crate", in dem die interne Datenübertragung bis zu 15 mal schneller ist als in einem konventionellem CAMAC-"Crate". Damit sind Zählraten bis zu 10 Mhz möglich. Der "Controller" wird über einen "Front Panel NIM" Eingang (E1) getriggert und liest dann alle Module aus, die ein LAM gesetzt haben. Alle so gültigen 32 Bit Worte werden nach Kanalnummer decodiert und in einem internen Speicher abgelegt. Die decodierte Kanalnummer liegt dann als 16 bit Wort zur weiteren Verarbeitung an zwei unabhängigen Ausgängen an. Zum einen werden die Daten dem "Databus Interface" zur Standard CAMAC Auslese übermittelt. Zum anderen liegen die Daten an einem schnellen ECL-Ausgang an und können von dort z.B. zu Modulen der sogenannten EC-Line Serie übertragen werden. Mit Hilfe der Daten an diesem ECL-Ausgang wurde eine Logik aufgebaut, die eine schnelle Online-Analyse der Daten der Doppelhelix (inclusive Darstellung der Anregungsfunktionen) erlaubt.

Es werden zunächst einige Besonderheiten betrachtet, die die Analyse der Daten wesentlich vereinfacht. Jeder "Slot" im PCOS "Crate", also jedes "Receiver" Modul, kann mit einer logischen Adresse, d.h. neuen Nummer, versehen werden. Damit sind durchlaufende Nummerierungen zusammenhängender Komponenten über die "Crategrenzen"

hinaus möglich (bis zu 16 "Crates" können in einer Kette betrieben werden), aber auch die logische Trennung von Detektorkomponenten innerhalb eines "Crates" kann so erreicht werden. In unserem Fall können damit die Signale der rechts- und linksgewickelten Helix in einem "Crate" untergebracht werden.

Eine weitere Option ist der "Cluster Mode", in dem bis zu 16 benachbarte Kanäle zu einem "Cluster" zusammengefaßt werden. Das ist ein großer Vorteil, da bei der Helix die Zellenbreite nicht an die Kinematik angepaßt werden kann und insbesondere für Vorwärtswinkel immer mehrere benachbarte Kanäle von einem Proton durchdrungen werden. Von jedem "Cluster" wird der Schwerpunkt und die Breite berechnet. Besteht ein "Cluster" aus einer geraden Zahl von Kanälen, so wird der Schwerpunkt durch ein sogenanntes "half wire bit" zwischen zwei Kanäle gelegt. Dies wird durch eine geradzahlige Nummerierung der Kanäle erreicht, d.h. 2,4,6 sind in diesem Sinne benachbarte Kanäle. Wenn der "Controller" einen "Cluster" meldet, liefert er neben dem Schwerpunktswort des "Clusters" ein zusätzliches Wort, das die Breite des "Clusters" angibt. Im Idealfall, d.h. genau zwei elastisch gestreute Protonen erzeugen Signale, gibt es vier Wörter, die die Schwerpunkte der Durchstoßpunkte beinhalten, plus vier Wörter, die die "Clusterbreite" angeben.

Das Databus Interface

Über das "Databus Interface" erfolgt der Datentransfer vom PCOS "Controller" im "Dedicated CAMAC Crate" in ein Standard CAMAC "Crate". Dieses Modul erlaubt damit die Datenaufnahme über den CAMAC Standard. Das Datenformat muß dabei für den "Cluster"- und "Non Cluster-Mode" unterschieden werden. Im "Cluster Mode" besteht ein Ereignis aus den Adresswörtern der Schwerpunkte und den Wörtern für die "Clusterbreite". Nach dem letzten Adreßwort wird ein "Delimiterwort" übertragen, das das Ende des Ereignisses markiert.

Die "Clusterbreite" ist durch H gegeben, S bezeichnet die logische Adresse der "Slotnummern", W die Kanalnummer im durch S definierten "Slot" und A gibt die Nummer des "Controllers" an. Die Größe h ist das sogenannte "half-wire-bit", das in einem "Cluster" mit einer geraden Anzahl von Kanälen gesetzt wird. Der Schwerpunkt liegt dann zwischen zwei Kanälen.

"Cluster Mode":

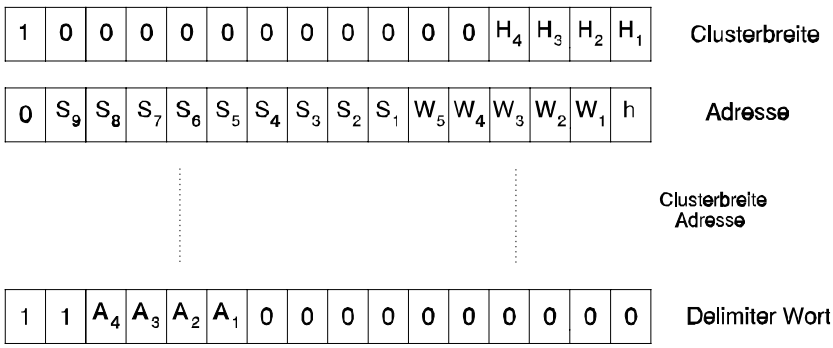

Abb. B1 Datenformat des PCOS "Controllers" im "Cluster Mode"

Im "Non Cluster Mode" besteht ein Ereignis lediglich aus Adresswörtern. Das Delimiterwort markiert auch in diesem Mode das Ende des Ereignisses:

"Non Cluster Mode":

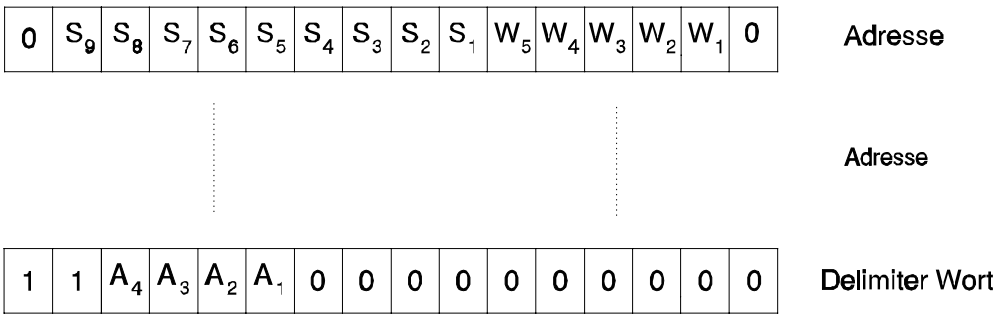

Abb. B2 Datenformat des PCOS "Controllers" in "Non Cluster Mode"

Über das "Databus Interface" laufen auch alle Befehle an das PCOS System, d.h. Einstellen der "Delays" und Diskriminatorschwellen sowei das Setzen von "Testpattern".

C) Die Elektronik zur Online-Aufnahme von Anregungsfunktionen aus den Daten der inneren Lage

Ausgehend von einem idealen Ereignis, d.h. keine zufälligen Koinzidenzen, liefert der PCOS "Controller" am ECL-Ausgang vier Wörter. Im "Cluster Mode" liegen tatsächlich 8 Wörter an, da zu jedem Schwerpunktwort noch die Breite des "Clusters" übertragen wird. Über den ECL-Ausgang wird das Delimiterwort nicht übertragen !

Jeder der vier Schwerpunkte mit seiner Breite hat folgende Bitstruktur:

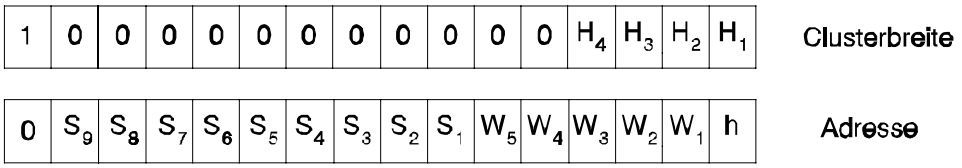

Abb. C1 Datenformat des ECL-Ausgangs

Die Bits H_1 bis H_4 geben die "Clusterbreite" an, S_1 bis S_9 die logische Adresse der "Slots" und W_1 bis W_5 die Fasernummer des entsprechenden "Slots". h ist das "Halfwire bit" und ist bei einer geraden Zahl von Kanälen in einem "Cluster" gesetzt. Die logische Adressierung muß nun so gewählt werden, daß

1. die Trennung nach links- und rechtsgewickelter Helix im ersten Modul der Elektronik möglich ist und
2. das erste Wort, das die "Clusterbreite" angibt, ignoriert wird, da es keine Relevanz für die Analyse auf die kinematische Korrelation besitzt.

Das erste Modul in der Elektronik dient im wesentlichen der Speicherung von 16 bit Wörtern, wobei die 3 obersten Bits als Steuerbits benutzt werden können. Aufgrund dieser Option wird folgende logische Adressierung durchgeführt: Die "Receiver" Module in den "Slots" 1 bis 11 liefern die Signale der linksgewickelten Helix und erhalten folgende Adressen:

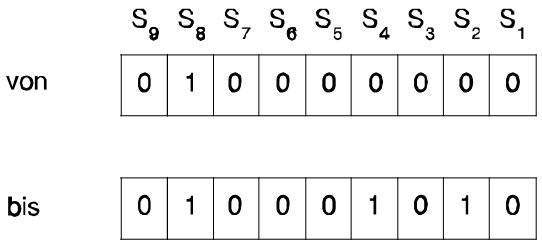

Abb. C2 Logische Adressierung der Module für die Linkshelix

Die "Receiver" Module in den "Slots" 12 bis 22 liefern die Signale der rechtsgewickelten Helix und erhalten folgende Adressen:

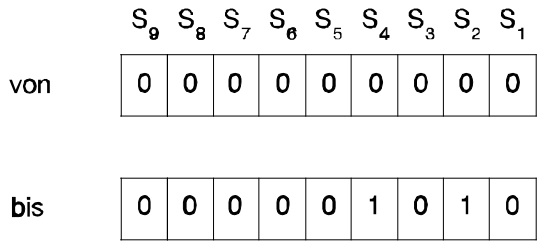

Abb. C3 Logische Adressierung der Module für die Rechtshelix

Der signifikante Unterschied liegt in Bit S_8. Für je einen "Cluster" aus der links- und rechtsgewickelten Helix liefert der "Controller" dann folgende Wörter:

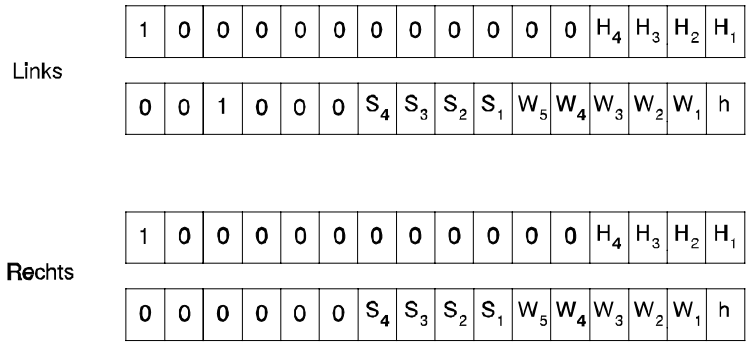

Abb. C4 Datenformat nach logischer Adressierung

Die Adresswörter aus der links- und rechtsgewickelten Helix unterscheiden sich also in Bit Nummer 13. Die Wörter, die die "Clusterbreite" angeben, haben in beiden Helizes Bit Nummer 15 gesetzt. Für die weiteren Betrachtungen ist die Abbildung 4.18 auf Seite 70 eine wertvolle Hilfe.

Die Data Stacks

Das erste Modul in der Elektronik ist ein Rotationsspeicher, der "Data Stack", mit dem bis zu 256 16 bit Worte gespeichert werden können. Wie schon erwähnt können die drei obersten Bits, 13, 14 und 15, als Steuerbits verwendet werden. Benutzt man parallel zwei dieser Module, so können diese Steuerbits zur Trennung der Wörter aus links- und rechtsgewickelter Helix verwendet werden, indem man diese 3 Bits wie folgt kodiert:

Bitnummer	15	14	13
Modul für linke Helix	0	0	1
Modul für rechte Helix	0	0	0

Mit diesen 3 Bits können acht verschiedene Bitmuster eingestellt werden, die über acht "side panel switches" an jedem Modul gesetzt werden. Die so kodierten Module lesen nur solche 16 bit Wörter, deren 3 oberste Bits mit der Kodierung übereinstimmen. Dadurch werden in beiden Modulen die Wörter der "Clusterbreite" ignoriert und nur die "Clusternummer" im jeweiligen Modul gespeichert. Durch die Verwendung logischer ECL Pegel ist das Durchschleifen der Module unproblematisch. In einer Kette von ECL Modulen muß jeweils das erste und letzte Modul mit 110 Ohm Widerständen abgeschlossen sein. Alle Module dazwischen werden durch einfaches "Ziehen" der Eingangswiderstände hochohmig gemacht.

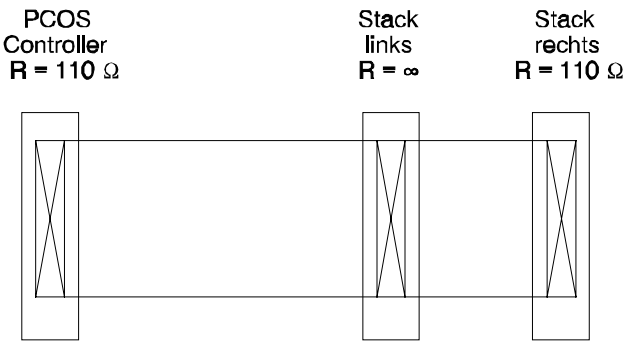

Abb. C5 Durchschleifen von Signalen innerhalb einer ECL-Kette

Die zeitliche Steuerung erfolgt über "Strobe Pulse", die innerhalb aller Module der EC Line Serie und des PCOS "Controllers" abgestimmt sind. Jedes einzelne 16 bit Wort aus dem PCOS "Controller" wird von einem "Data Ready" Puls (DR) begleitet, der die "Data Stacks" über deren "Write Ready" (WR) Eingang taktet. Die Taktfrequenz beträgt dabei 10 MHz, d.h. alle 100 ns wird ein Wort übertragen. Nachdem nun jeder "Stack" zwei Wörter gelesen hat und zur weiteren Verwendung bereithält, kann man zwei getrennte, parallel laufende Zweige aufbauen, die die vier Zahlen l_1,l_2,r_1,r_2 entweder auf Koplanarität oder Kinematik prüfen. Beide Zweige sind aus den gleichen vier Modulen aufgebaut, lediglich Funktion und Adresseninhalte sind verschieden (siehe Abbildung C10).

Es wird zunächst der kinematische Zweig behandelt, der die Differenzen der Zahlenpaare auf ihre kinematische Korrelation nach Gleichung (4.5.19) untersucht. Bevor auf die Einzelheiten im Datenfluß eingegangen wird, sei an dieser Stelle noch einmal kurz das Prinzip erläutert. Für die Überprüfung der kinematischen Korrelation nach (3.1.2) werden die Differenzen von Fasernummern aus links- und rechtsgewickelter Helix benutzt. Mit vier Zahlen aus der Doppelhelix können vier Differenzen gebildet werden:

$$1. \quad (l_1 - r_1) \qquad \text{(C 1)}$$

$$2. \quad (l_1 - r_2) \qquad \text{(C 2)}$$

$$3. \quad (l_2 - r_1) \qquad \text{(C 3)}$$

$$4. \quad (l_2 - r_2) \qquad \text{(C 4)}$$

Diese vier Differenzen müssen nach (4.5.19) auf ihre kinematische Korrelation überprüft werden. Im folgenden Abschnitt über die ALU wird zunächst gezeigt, wie man diese vier Differenzen seriell aus den PCOS Wörtern erzeugt.

Die Arithmetical Logical Unit (ALU)

Eine "**A**rithmetical **L**ogical **U**nit", kurz ALU, kann logische und arithmetische Operationen zwischen zwei 16 Bit Worten ausführen. Welche der Operationen ausgeführt werden soll, wird über einen sogenannten "Operation Code" über CAMAC oder "Front Panel" ECL-Eingänge eingestellt. Die Wörter des linken "Stack" werden auf den Eingang A, die Wörter des rechten "Stack" auf den Eingang B der ALU gegeben. Der "Operation Code" lautet A-B, wobei der "Strobe" Puls von B den Befehl ausführt. Dieser Modus setzt voraus, daß das Wort am Eingang A immer vor dem Wort am Eingang B anliegt. Der PCOS "Controller" liest die "Receiver" Module in der Reihenfolge ihrer "Slotnummern" von 1 bis 23. Da die Signale aus der links gewickelten Helix in die "Receiver" Module in den "Slots" 1 bis 11 laufen, sind die Wörter aus dieser Helix auch als erste in ihrem "Stack". Sobald der linke "Stack" das erste Wort gelesen hat, liegt es sofort an dessen Ausgang an und wird von einem eigenen "Strobe" Pulse, dem "Read Ready" (RR) begleitet. Auf diese Weise liegen die Wörter des linken "Stacks" immer vor denen des rechten "Stacks" am Eingang der ALU an. Diese Anordnung hat noch einen weiteren Vorteil. Es wird immer die Differenz l-r gebildet, wobei im Wort links das Bit Nummer 13 gesetzt ist, während im Wort rechts maximal Bit Nummer 9 gesetzt ist. Die gebildete Differenz ist also, unabhängig von den aktuellen Fasernummern, immer positiv. Die nachfolgenden Betrachtungen in den nächsten Modulen werden dadurch erheblich vereinfacht, da kein "Overflow" Bit auftritt, das in der nachfolgenden Elektronik berücksichtigt werden müßte.

Das Besondere an den "Stacks" ist die Möglichkeit, mit zwei Modulen eine "Hardware-Do-Schleife" aufbauen zu können, die sich selber taktet. Zum besseren Verständnis muß die Funktionsweise eines "Stacks" etwas eingehender betrachtet werden.

Jeder "Stack" hat getrennte "Read-" und "Write-Pointer", mit denen gleichzeitiges Lesen und Schreiben möglich ist. Hat ein "Stack" alle Wörter zu einem Ereignis gelesen, so wird ihm das durch einen "ALL Data In" (ADI) Puls mitgeteilt. Wann dieser Puls zu setzen ist,

hängt spezifisch vom Experiment ab. Für das **EDDA**-Experiment sind im Idealfall zwei Wörter pro "Stack" zu lesen, d.h. bei 100 ns pro Wort könnte der ADI Puls für beide "Stacks", bezogen auf den ersten "Data Ready" Puls des PCOS "Controllers" nach 400 ns gesetzt werden. Im "Cluster Mode" verdoppelt sich dieser Wert aufgrund der vier zusätzlichen Wörter, die die Breite der "Cluster" angeben.

Erreicht der "Read-Pointer" die Position des "Write-Pointers" und ist ADI gesetzt, so wird ein "Read Overflow" (ROF) Puls erzeugt und der "Read-Pointer" wird zurück auf Null gesetzt. Mit diesem so erzeugten ROF Puls kann nun der zweite "Stack" veranlaßt werden, seinen "Read-Pointer" eine Position heraufzusetzen. Auf diese Art und Weise kann man die vier möglichen Differenzen seriell in der ALU berechnen. Anhand der folgenden Abbildung C6 können alle 4 Schritte im Einzelnen durchgegangen werden:

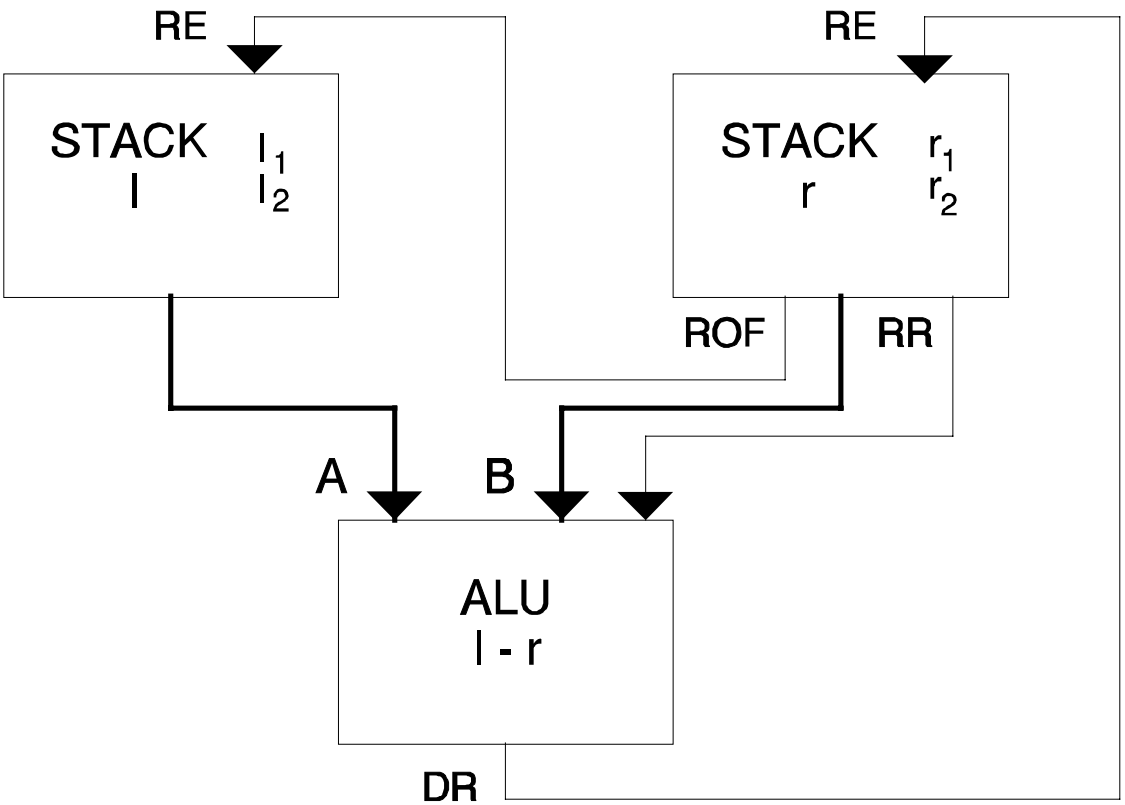

Abb. C6 Vernetzung von zwei Data "Stacks" zu einer "Hardware-Do-Schleife"

1. Im ersten Schritt liegen die Worte l_1 am Eingang A und r_1 am Eingang B an. Die ALU bildet nach Erhalt des "Strobe" Pulses RR des rechten "Stacks" die Differenz l_1-r_1 und erzeugt einen "Data Ready" Puls (DR) am Ausgang, der auf das "Read Enable" (RE) des rechten "Stacks" zurückgeführt wird. Der "Read Pointer" zählt ein Wort weiter und das Wort r_2 liegt am Ausgang an. Der linke "Stack" hat keinen "Strobe" Puls erhalten und das Wort l_1 liegt nach wir vor am Ausgang an.

2. Es wird die Differenz l_1-r_2 nach Erhalt der RR Pulses gebildet. Während die ALU die Differenz berechnet, wird im rechten "Stack" ein "Read Overflow" (ROF) Signal erzeugt, da der "Read Pointer" den "Write Pointer" erreicht hat. Dieser Puls läuft in das "Read Enable" (RE) des linken "Stack", worauf dessen "Read Pointer" ein Wort weiterzählt und jetzt auf l_2 zeigt. Gleichzeitig wird im linken "Stack" der "Read Pointer" zurück auf Null gesetzt und zeigt jetzt auf r_1. Das "Data Ready" (DR) der ALU taktet dann den dritten Schritt.

3. Nach erhalt des "Read Ready" (RR) Pulses wird l_2-r_1 berechnet und das zurücklaufende "Data Ready" (DR) der ALU setzt den "Read Pointer" im rechten "Stack" auf das Wort r_2.

4. Im letzen Schritt wird die Differenz l_2-r_2 berechnet und der Zyklus ist abgeschlossen, da alle möglichen Differenzen gebildet worden sind.

Die Elektronik weiß allerdings noch nicht, daß der Zyklus logisch abgeschlossen ist, denn wiederum wird während des vierten Schrittes ein ROF Signal erzeugt, daß den "Read Pointer" des rechten "Stacks" auf Null setzt. Im linken "Stack" hat dieses Signal keine Funktion, da der "Read Pointer" bereits den "Write Pointer" erreicht hat und nicht weiterlaufen kann. Ohne einen äußeren Eingriff würden sich daher die Schritte 3 und 4 immer wiederholen. Eine geeignete Abbruchbedingung liefert das ROF Signal des linken "Stack", das während des vierten Schrittes gesetzt wird, da der "Read Pointer" den "Write Pointer" erreicht hat. Führt man dieses ROF Signal mit einer kleinen Verzögerung auf das "Master Reset" (MRST) der "Stacks" zurück, so werden alle "Pointer" auf Null gesetzt und

die Schleife bricht an der gewünschten Stelle ab. Die Verzögerung ist nötig, damit die ALU genug Zeit hat, die letzte Differenz im vierten Schritt zu berechnen.

Nachdem gezeigt wurde, wie man sich die vier Differenzen (C1) bis (C4) auf elektronischem Weg seriell beschafft, wird im folgenden beschrieben, wie diese Differenzen aufbereitet und verglichen werden.

Die Memory Lookup Unit (MLU)

Die so gebildeten Differenzen laufen parallel in zwei sogenannte "**M**emory **L**ookup **U**nits", kurz MLU genannt. Diese Module sind adressierbare Speicher, deren Adreßinhalte über CAMAC programmiert werden. Das Wort am Eingang der MLU definiert die Adresse und nach Erhalt eines "Strobe" Pulses wird der Adreßinhalt an den Ausgang der MLU gelegt. Die Zahl der möglichen Adressen, d.h. die Eingangswortbreite und die Wortbreite der Adreßeninhalte, also die Wortbreite am Ausgang hängen von der gewählten Konfiguration ab:

Nr	# Bits am Eingang	# Bits am Ausgang
1	12	16
2	13	8
3	14	4
4	15	2
5	16	1

Das den MLU's folgende Modul im Datenfluß, das "Data Array", benötigt ein 13 Bit Wort am Eingang, d.h. die MLU muß mindestens ein 13 Bit Wort am Ausgang erzeugen. Damit kommt nur die Konfiguration 1 in Betracht, die allerdings die Zahl der Bits am Eingang auf 12 beschränkt. Die Worte am Eingang der MLU sind die von der ALU gebildeten Differenzen, also 16 Bit Worte. Es werden also die obersten vier Bits abgeschnitten und es ist zu prüfen, ob der Verlust dieser vier Bits die Fallunterscheidung nach (4.5.14) und (4.5.15) beeinträchtigt. Für physikalisch positive Differenzen, d.h. l-r > 0, wobei l und r

Zahlen zwischen 0 und N-1 sind, sind bei einer angenommenen Kanalzahl von N = 256 pro Helix folgende Werte für die Differenzen am Ausgang der ALU möglich:

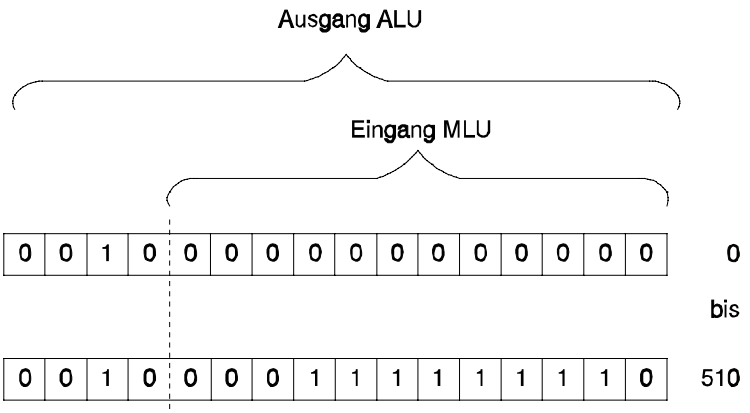

Abb. C7 Verlust der oberen 4 Bit am Eingang der MLU für physikalisch positive Differenzen

Die Zahlen rechts geben die Dezimaldarstellung für die relevanten 12 Bit an. Der Verlust der oberen vier Bits bedeutet, daß am Eingang der MLU gerade das Doppelte der physikalischen Kanaldifferenz anliegt. (Der Faktor zwei kommt durch die geradzahlige Nummerierung des PCOS Systems). Für physikalisch negative Differenzen erhält man folgende Werte:

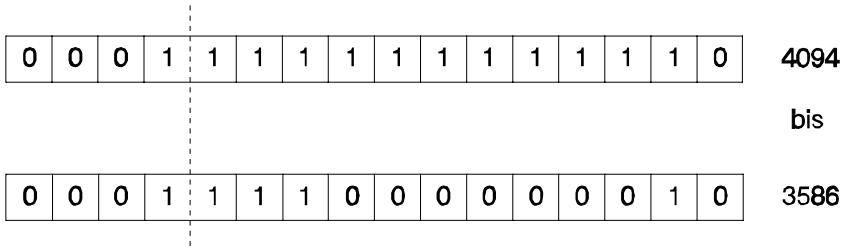

Abb. C8 Verlust der oberen 4 Bit am Eingang der MLU für physikalisch negative Differenzen

Die physikalischen Differenzen Δp erhält man bis auf den Faktor zwei über die einfache Gleichung:

$$\Delta p = 12 \text{ Bit Wort}(\text{AusgangALU}) - 4096$$

Damit kann das Vorzeichen der physikalischen Kanaldifferenzen eindeutig bestimmt werden. Für die Möglichkeit von N physikalisch positiven und N physikalisch negativen Differenzen müssen also insgesamt 2N Adressen in jeder MLU programmiert werden.

In der in Abbildung 4.18 mit "calculation" bezeichneten MLU1 findet lediglich eine Umadressierung statt, die einer logischen Zusammenfassung benachbarter Rauten entspricht. In der Doppelhelix ist die Rautengröße in z-Richtung durch den Steigungswinkel α und den Faserdurchmesser nach (4.3.7) festgelegt. Man erhält dadurch im Gegensatz zur äußeren Lage eine äquidistante Segmentierung entlang der z-Achse. In der äußeren Lage wurde die Segmentierung an die Kinematik angepaßt, indem die Ringbreite zu größeren z-Werten zunimmt. Dadurch erhält man eine gleiche Anzahl von Vorwärts- und Rückwärtssegmenten, mit denen die kinematische Koinzidenz getestet wird. Diese Anpassung kann in der inneren Lage nur durch eine logische Zusammenfassung entsprechend vieler benachbarter Rauten erfolgen, wobei zu größeren z-Werten die Zahl der Rauten pro logischer Einheit zunimmt. Das Prinzip, nach dem diese Gruppen gebildet werden, ist eng verknüpft mit der Funktionsweise des "Data Arrays" und wird daher später beschrieben. An dieser Stelle genügt es zu wissen, daß in der MLU1 lediglich eine Umadressierung durch Zusammenfassung benachbarter Kanäle erfolgt, d.h. verschiedene Adressen am Eingang haben einen identischen Adreßinhalt.

In der MLU2 wird aufgrund von (4.5.19) eine Vorhersage auf die Differenz der MLU1 gemacht. Diese Vorhersage ist also abhängig von der Art der Umadressierung in der MLU1, des Energiebereichs in dem die Koinzidenzbedingung erfüllt sein soll und der Funktionsweise des "Data Arrays". Wenn alle Adreßinhalte richtig programmiert sind, müssen die Wörter am Ausgang der MLU's für die richtige Zuordnung gleich sein. Es bleibt nun noch zu zeigen, wie der Datenfluß so verzweigt wird, daß ein Vergleich durchgeführt werden kann.

Das Data Array

Das Herzstück der Elektronik ist das "Data Array", in dem auch der eigentliche Vergleich durchgeführt wird. Bevor auf die Einzelheiten des Datenflusses eingegangen wird, soll kurz zusammengefaßt werden, was das "Data Array" leisten soll.

Die MLU's liefern seriell umadressierte und nach (4.5.19) vorhergesagte Differenzen in der Reihenfolge nach (C1) bis (C4). Der Datenfluß muß nun so gesteuert werden, daß ein Vergleich von umadressierter und vorhergesagter Differenz möglich wird. Die Differenzen (C1) und (C2) werden dabei umadressiert (charakterisiert durch den Index U), während die Differenzen (C3) und (C4) zur Vorhersage benutzt werden (charkterisiert durch Index V). Damit ist vom "Data Array" folgende Bedingung zu prüfen:

$$1. \quad (l_1 - r_1)_U = (l_2 - r_2)_V \qquad \text{(C 5)}$$

$$2. \quad (l_1 - r_2)_U = (l_2 - r_1)_V \qquad \text{(C 6)}$$

Zur Aufspaltung des Datenflusses besitzt das "Data Array" zwei Eingänge und wird in zwei Zyklen betrieben. Im ersten Zyklus, dem "Load" Modus, wird ein 10 Bit Wort am "Load" Eingang so geladen, daß an dieser Adresse in einem 1 Bit tiefem Speicher das Bit auf 1 gesetzt wird. Den 10 Bit am Eingang entsprechen damit 1023 Speicherplätze, die entweder auf 0 oder 1 stehen. Dabei können beliebig viele Wörter nacheinander geladen werden.

Im zweiten Zyklus, dem "Search" Modus, wird ein 13 Bit Wort am "Search" Eingang angelegt. Die untersten 10 Bit definieren die "Search" Adresse, an der der Vergleich auf 0 oder 1 durchgeführt werden soll. Die drei restlichen Bit definieren die Suchbreite von maximal ± 7 Adressen (entsprechend den drei Bit), mit der um die angegebene Adresse nach oben und unten noch verglichen werden soll. Auf diese Weise kann zu jeder Adresse eine individuelle Suchbreite angegeben werden. Wird zum Beispiel eine Vorhersage auf große z-Werte gemacht, so kommen bei einem vorgegebenen Energiebereich relativ viele benachbarte Adressen in Frage, während bei einer Vorhersage auf kleine z-Werte nur die direkten Nachbaradressen in Frage kommen. Das liegt an der Kinematik und der

Äquidistanz der Segmentierung in der Doppelhelix. Mit einer Verknüpfung von Umadressierung in der MLU1, der Vorhersage in MLU2 und der individuellen Suchbreite für jede Adresse kann die kinematische Korrelation nach (4.5.19) mit maximaler Flexibilität getestet werden. Schematisch erhält man folgendes Bild für die Funktionsweise des "Data Arrays":

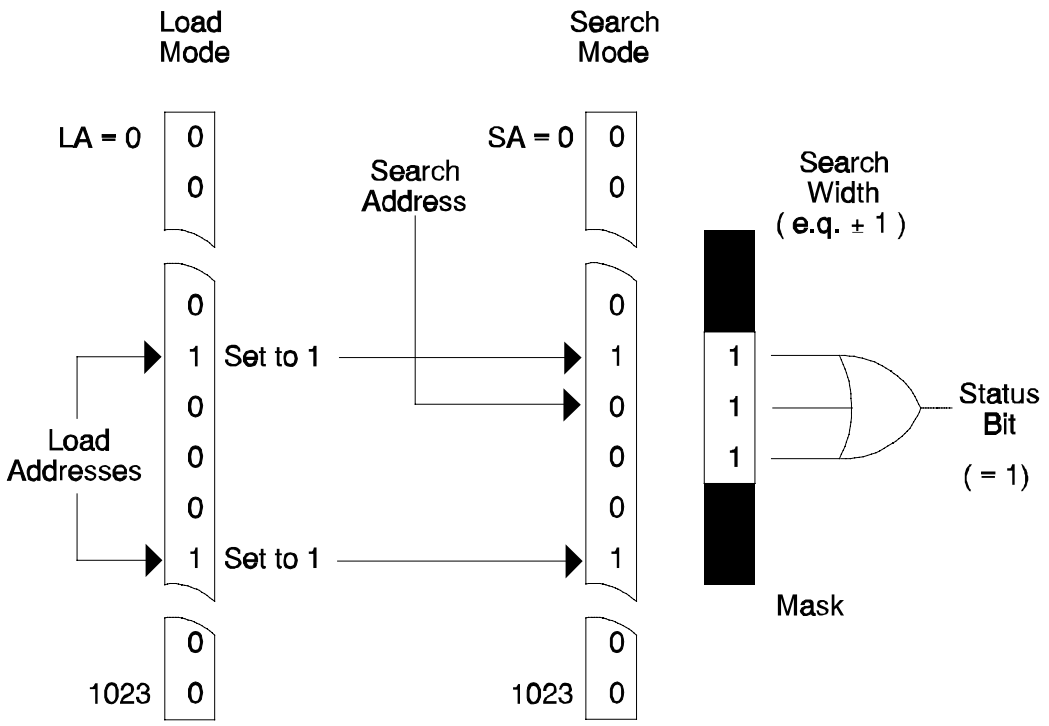

Abb. C9 Funktionsprinzip des "Data Arrays"

Ist innerhalb der Suchbreite um die Suchadresse ein Bit gesetzt, so liefert das "Data Array" ein "Status Bit", das letztlich angibt, ob die in der MLU abgelegte Triggerbedingung erfüllt ist oder nicht. Der Inhalt der MLU's muß so abgestimmt werden, daß innerhalb der Suchbreite, unter Berücksichtigung des Energiehubs, jedes elastische Proton-Proton Ereignis zu einem "Status Bit" führt. Für diesen Zweck wurde ein Algorithmus entwickelt, der für jede beliebige vorzugebende Energievariation die Adreßinhalte beider MLU's berechnet [Gro 92].

Die MLU's liefern ihre vier Wörter, entsprechend den vier Differenzen, parallel am Ausgang ab, wobei die Wörter der "calculation" MLU1 an den "Load" Eingang und die Wörter der "prediction" MLU2 an den "Search" Eingang übertragen werden. Jeder der beiden Eingänge besitzt einen "Strobe" Eingang, den "Load Strobe Enable" (LSTE) und den "Search Strobe Enable" (SSTE), der den aktuellen Mode des "Data Arrays" definiert. Sind diese Eingänge offen, so entspricht das dem logischen Zustand 1 und der entspechende Eingang ist aktiviert. Man muß also dafür sorgen, daß nicht beide Eingänge gleichzeitig auf 1 liegen. Dazu wird der SSTE Eingang mit dem noch zu besprechenden "Load Complete" (LC) Ausgang des "Data Arrays" verbunden und ist dadurch zunächst gesperrt. Zu diesen "Strobe" Leitungen hat jeder Eingang noch eine weiteren "Strobe" Eingang, den "Load Strobe" (LSTB) und den "Search Strobe" (SSTB), der das Modul dazu veranlaßt, das am Eingang liegende Wort zu laden, falls der entsprechende Eingang aktiv ist. Das Modul arbeitet folgende 4 Schritte nacheinander ab:

1. Der "Search" Eingang ist gesperrt und die Wörter der "Prediction" MLU2 haben keine Funktion, das Modul arbeitet im "Load" Modus. Das erste Wort aus der "calculation" MLU1 entspricht einer umadressierten Differenz l_1-r_1 und wird an den "Load" Eingang übertragen. Nach Erhalt des "Load Strobes" (LSTB), der vom "Data Ready" (DR) der MLU kommt, wird die dem Wort entsprechende Adresse im "Data Array" auf 1 gesetzt. Daraufhin wird ein "Load Address Complete" (LAC) Signal erzeugt, das auf den "Read Enable" (RE) Eingang des rechten "Stack" zurückgeführt wird und den zweiten Schritt startet.

2. Das zweite Wort der "calculation" MLU1, die umadressierte Differenz l_1-r_2 wird nach dem gleichen Schema in das "Data Array" geladen, so daß nun zwei Adressen auf 1 gesetzt sind, während alle anderen auf 0 sitzen. Der rechte "Stack" erzeugt ein "Read Overflow" (ROF), das zum einem den linken "Stack" zum Weiterzählen veranlaßt, und zum anderen über eine Verzögerung auf das "All Data In" (ADI) des "Data Arrays" geführt wird. Die Verzögerung ist nötig, damit das zweite Wort noch geladen werden kann. Das ADI Signal sperrt zum einen den "Load" Eingang und erzeugt zum anderen einen "Load Complete" (LC) Signal, das wie schon

erwähnt, den "Search" Eingang aktiviert. Das LC Signal ist kein einfacher kurzer Puls sondern wird permanent auf logisch 1 gehalten bis das Modul in den Ausgangszustand zurückgesetzt wird. Das "Load Address Complete" (LAC) startet dann den dritten Schritt.

3. Der "Load" Eingang ist nun gesperrt und die Wörter der "calculation" MLU1 haben keine Funktion mehr, das Modul arbeitet im "Search" Modus. Das dritte Wort der "prediction" MLU2, eine Vorhersage aufgrund der Differenz l_2-r_1 zusammen mit der Suchbreite, wird an den Search Eingang übertragen. Der "Search Strobe" (SSTB), der vom "Data Ready" (DR) der MLU2 geliefert wird, startet den Vergleich an der angegebenen Adresse ± Suchbreite. Wird keine Übereinstimmung gefunden, so wird lediglich ein "Search Address Complete" (SAC) Signal erzeugt, das genau wie vorher das LAC Signal, auf den "Read Enable" (RE) Eingang des rechten "Stack" läuft und den vierten Schritt startet. Wurde eine Übereinstimmung gefunden, so wird zusätzlich das "Status Bit" gesetzt, das praktisch die korrekte kinematische Korrelation des Ereignisses anzeigt.

4. Im letzten Schritt wird nach dem gleichen Muster das vierte Wort der "prediction" MLU2, eine Vorhersage aufgrund der Differenz l_2-r_2 zusammen mit der Suchbreite, verarbeitet. Der gesamte Zyklus ist nun abgearbeitet und die Abbruchbedingung wird, wie schon erwähnt, vom verzögerten ROF Signal des linken "Stacks" geliefert. Dieses Signal wird auf das "Master Reset" (MRST) des "Data Arrays" gegeben, wodurch alle Speicher gelöscht werden und das Modul in den Ausgangszustand zurückgesetzt wird.

Bisher wurde gezeigt, wie mit dem "Status Bit" eine Entscheidung darüber getroffen werden kann, ob ein Ereignis die kinematische Triggerbedingungen erfüllt oder nicht. Das Ziel der Anstrengungen ist aber eine schnelle Darstellung von Anregungsfunktionen. In diesen Anregungsfunktionen wird die Zählrate gegen die **COSY**-Strahlenergie zu einem konstanten Streuwinkel aufgetragen. Es wird also ein Modul benötigt, das die aktuelle Strahlenergie und den Laborwinkel jedes als richtig erkannten Ereignisses verarbeitet. Ob

ein Ereignis als richtig erkannt wurde, entscheidet das "Status Bit".

Das dazu geeignete Modul ist das "Histogramming Memory", das nicht in die EC-Line Serie gehört, aber relativ einfach in den Datenfluß integriert werden konnte. Dieses Memory ist ein 24 Bit tiefer Speicher mit 2^{14} = 16384 Adressen. In jede dieser Adressen können also bis zu 2^{24} = 16.7 Millionen Ereignisse geschrieben werden. Die 14 Bit am Eingang müssen auf die Winkel- und Energieinformation aufgeteilt werden.

Der Laborwinkel steht in der "prediction" MLU2, denn jede vorhergesagte Differenz l-r entspricht eindeutig einem z-Wert und damit einem festen Laborwinkel. Da die elastische Proton-Proton Streuung symmetrisch um $\Theta_{cm} = 90^o$ ist, genügt die Darstellung einer Hälfte dieses Zweigs. Die Doppelhelix soll in Konsistenz zur äußeren Lage bei $\theta_{lab} = 72^o$ beginnen, das entspricht einem Abstand von z = 2.6 cm zum Target. Der kleinste symmetrische Winkel wird für die maximale Strahlenergie von 2.5 GeV mit $\theta_{lab} = 33.2^o$ erreicht und entspricht einem Abstand von z = 13 cm zum Target. Mit 2.5 mm Fasern beträgt die Ausdehnung einer Raute in z-Richtung nach (4.3.7) 6.0 mm, das sind 18 Rauten bis zum symmetrischen Winkel. Durch die zweilagige Anordnung der Links- und Rechtshelix erhält man noch einmal 18 Rauten um eine halbe Rautenlänge versetzt angeordnet, so daß im Prinzip 36 Rauten zur Verfügung stehen. Davon werden einige durch die Umadressierung in den MLU's zusammengefaßt und man erhält maximal 32 getrennte logische Kanäle. Mit einem 5 Bit Wort können also alle Rauten bis zum symmetrischen Winkel kodiert werden, d.h. die Rückwärtswinkel legen den Laborwinkel fest. Da die MLU2 Vorhersagen auf Rückwärts- und Vorwärtswinkel macht, muß zu diesem Zweck noch eine "projection" MLU zwischen MLU2 und "Histogramming Memory" geschaltet werden, die eine Projektion auf die Rückwärtswinkel durchführt (siehe dazu Abbildung C10). Es bleiben dadurch 9 Bit für die Energiekodierung übrig. Für den Energiebereich von 0.5 bis 2.5 GeV entspricht das einer mittleren Energieauflösung von 3.9 MeV. Es ist natürlich jederzeit auch eine andere Aufteilung der Winkel- und Energieauflösung möglich.

Die Information über die Koplanarität des Ereignisses liefert ein zweites "Status Bit", das aus einem parallelen Zweig, bestehend aus ALU, zwei MLU's und einem "Data Array" in der gleichen Weise generiert wird. Beide "Status Bits" werden dann zur Koinzidenz gebracht.

Der aktuelle Wert der Strahlenergie wird von **COSY**-Control geliefert und kann zur zeitlichen Anpassung in einem "Data Register" zwischenspeichert werden. Da das "Histogramming Memory" mit TTL Pulsen betrieben wird, muß noch ein ECL-TTL Konverter zwischen "projection" MLU und "Histogramming Memory" gesetzt werden, über den sowohl die Datenwörter, als auch das koinzidente "Status Bit" laufen. Das koinzidente "Status Bit" läuft dann parallel auf den "Histogramm Request" (HR) und den "Write Request" (WR) Eingang des "Histogramming Memorys". Die Abbildung C10 zeigt das vollständige Diagramm der Elektronik mit beiden Zweigen.

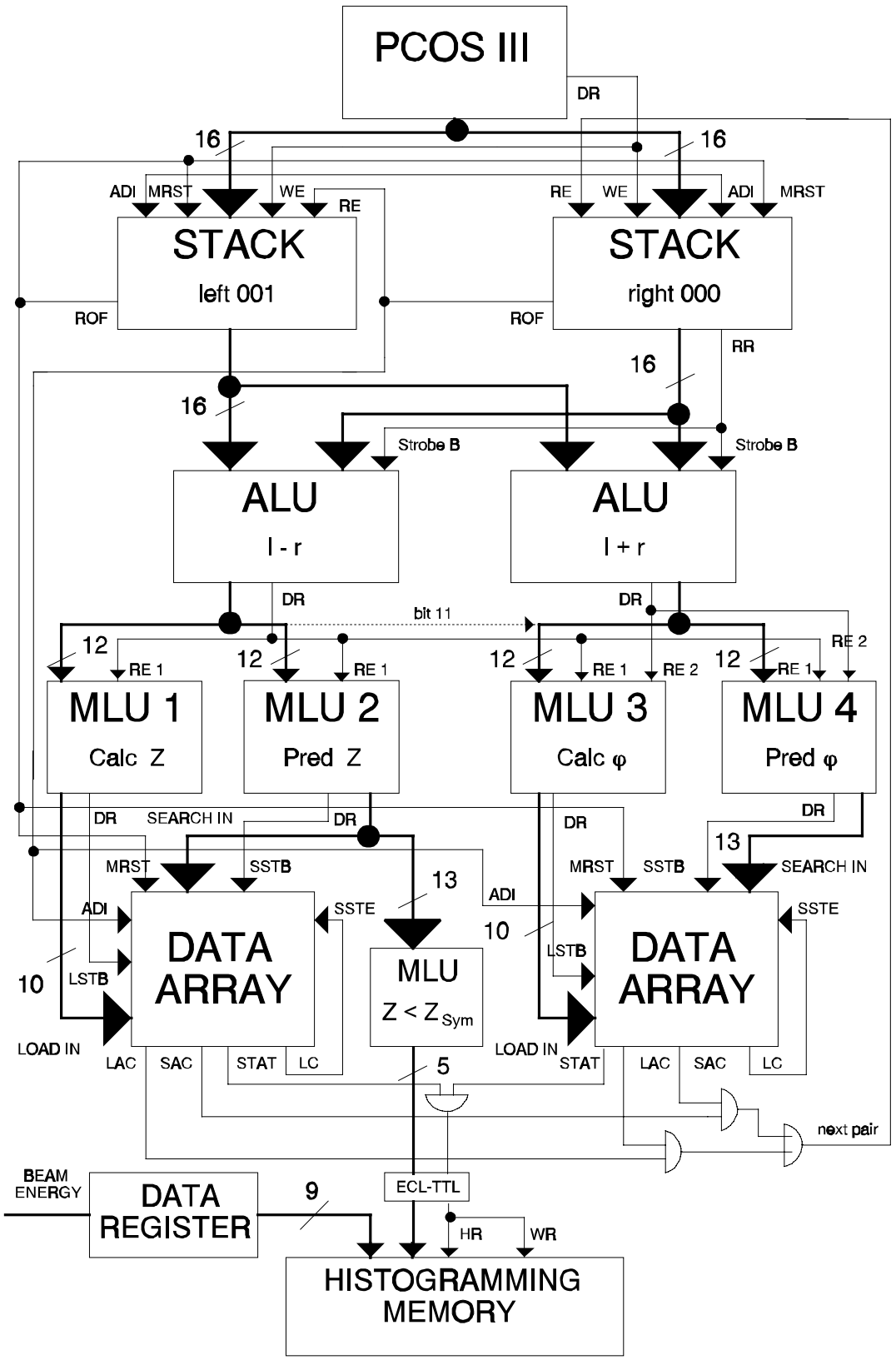

Abb. C10 Diagramm der Elektronik

Der kinematische Zweig der Elektronik nach Abbildung 4.18 wurde mit einem Simulationsprogramm getestet. In der Abbildung C11 ist die NIM Elektronik dargestellt, mit der die zeitliche Anpaßung der externen "Strobe" Pulse durchgeführt wurde.

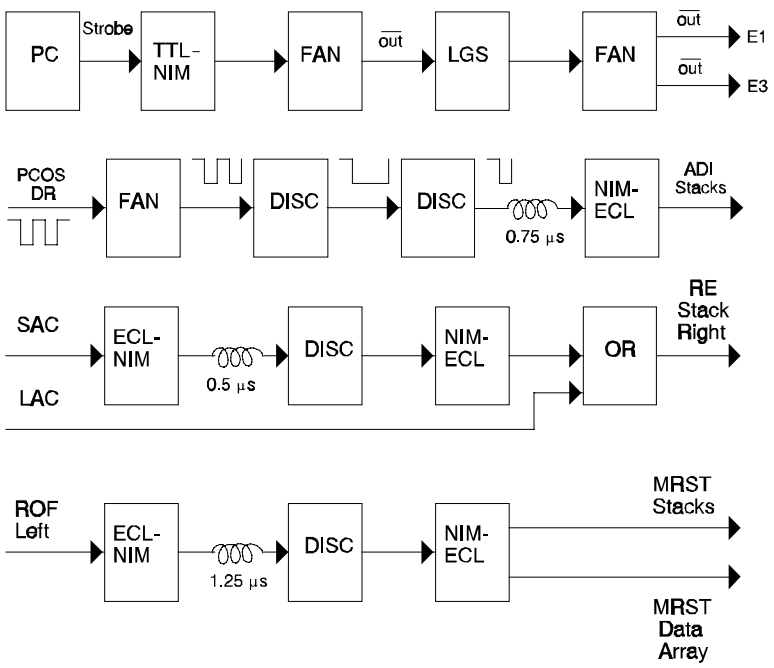

Abb. C11 NIM Elektronik zur Erzeugung externer "Strobe" Pulse

Werden alle externen "Strobe" Pulse nach Abbildung C11 eingestellt, so erhält man das in Abbildung C12 dargestellte "Timing" Diagramm aller "Strobe Pulse" im kinematischen Teil der Elektronik. Die zeitliche Anpassung des "Histogramming Memorys" an die Module der ECL-Kette wird auf folgende Weise erreicht.

Damit das "Histogramming Memory" ein Wort am Eingang lesen kann, muß es mindestens 500 ns nach erhalt des "Histogram Request" anliegen. Dazu wurde das "Search Address Complete" (SAC) um genau diesen Betrag verzögert. Auf diese Weise werden die Schritte 3 und 4 bei der Beschreibung des "Data Arrays" zeitlich soweit getrennt, daß ein problemloses Arbeiten des "Histogramming Memory" möglich wird.

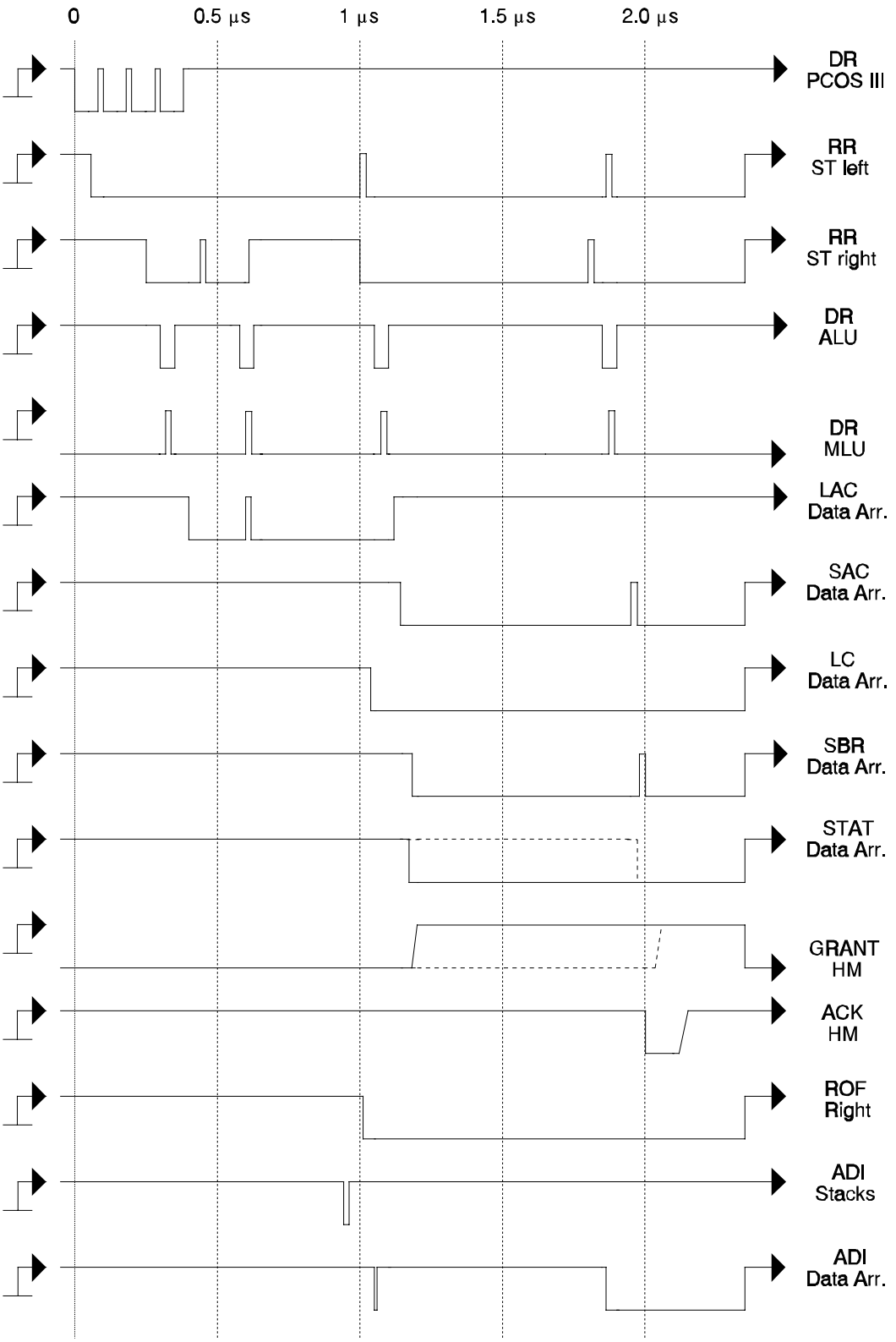

Abb. C12 "Timing" Diagramm aller "Strobe Pulse" der Elektronik nach Abb. 4.18

Literaturverzeichnis

[Ari 87] M. Arignon et al., Apparatus for the measurement of spin dependent observables in pp elastic scattering, Nucl. Inst. and Meth. **A262** (1987) 207

[Arn 89] R. A. Arndt et al., Phys. Rev. **D28** (1983) 97, Computer Code "SAID"

[Bic 89] Bicron Corporation, Plastic Scintillators, Newbury, März 1989

[Bys 85] J. Bystricky et al., A proton and neutron beam polarimeter at Saturne II, Nucl. Inst. and Meth. **A239** (1985) 131

[CER 70] Data Handling Division, Computer Code "FOWL", CERN Program Library (1970)

[COS 86] COSY Study Group, Jül-Spez-370 (1986)

[Dor 92] Georg Dorner, Diplomarbeit in Vorbereitung

[Duf 75] J. P. Dufey, J. D. Wilson, The Romeo vertex package, Romeo information note No.1, NP/OM/75/218 Dezember 1975

[ECL 91] ECL-compatible trigger logic modules, Research Instrumentation Catalog, Le Croy Corporation (1992)

[FER 92] Fast Encoding Readout ADC, Research Instrumentation Catalog, Le Croy Corporation (1992)

[Fis 81] G. Fischer, Lineare Algebra, Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft, Braunschweig 1981

[Gar 85] M. Garcon et al., The continious energy dependence of pp differential elastic cross sections between 500 an 1200 MeV, Nucl. Phys. **A445** (1985) 669-684

[Gro 92] Rüdiger Groß-Hardt, Diplomarbeit in Vorbereitung

[HAM 88] HAMAMATSU Photonics, Photomultiplier Tubes, Japan, März 1988

[Hin 92] F. Hinterberger, D. Prasuhn, The Synchrotron Beam Emittance with

internal Targets, Nucl. Inst. and Meth., to be published

[Käl 65] G. Källen, Elementarteilchenphysik, Bibliographisches Institut, Mannheim 1964

[Küh 91] Lars Kühl, Ein Prototyp stabförmiger Szintillatoren hoher transversaler Ortsauflösung für den EDDA-Detektor bei COSY, Diplomarbeit, I. Exp. Phys., Universität Hamburg 1991

[Leh 90] F. Lehar, Private Mitteilung 1990

[Loc 86] M. P. Locher, M. E. Saino and A. Svarc, Dibaryon Resonances, Adv. Nucl. Phys. **17** (1986) 47

[Mar 91] Andrea Marx, Untersuchung von szintillierenden Fibern und 64-Kanal-Multipliern zum Aufbau einer Vertexwand, Diplomarbeit, ISKP Bonn, 1991

[Mos 91] Frank Mosel, Die Eignung von Polypropylenfasern als Target im internen COSY-Strahl, Diplomarbeit, ISKP Bonn, 1991

[PCO 92] Proportional Chamber Operating System, Research Instrumentation Catalog, Le Croy Corporation 1992

[Phi 90] Philips Components, Data Handbook Photomultipliers, 1990

[RPP 84] Particle Data Group, Review of Particle Properties, Rev. of Mod. Phys. **Vol 56**, No. 2, Part II (1984)

[RPP 90] Particle Data Group, Review of Particle Properties, Phys. Lett. **239B** (1990)

[Schwa 91] Florian Schwandt, Konzeption, Aufbau und Test des Triggersystems für das EDDA-Experiment, Diplomarbeit, ISKP Bonn, 1991

[Shi 90] H. Shimizu et al., Observation of narrow structures in the pp elastic analyzing power, Phys. Rev. **C42,2** (1990) R483

[Sin 91] D. Singy et al., A sextupole magnet system for the production of intense polarized hydrogen atomic beams at low temperature, Nucl. Inst. and Meth. **A306** (1991) 36

[Ste 57] E. J. Sternglass, Theory of secondary electron emission by high-

speed ions, Phys. Rev. **108** (1957) 1

[The 92] Dietmar Theis, Dissertation in Vorbereitung

[Wie 91] Wolf Wiedmann, Der Nachweis minimal ionisierender Teilchen mit szintillierenden Fasern, Diplomarbeit, ISKP Bonn 1991

[Wol 92] Knut Woller, Untersuchung halbringförmiger Plastikszintillatoren für das EDDA-Experiment am COSY Jülich, Diplomarbeit, I. Exp. Phys., Universität Hamburg 1992

[Yon 90] J. Yonnet et al., Measurements of angular distributions of absolute cross sections and analyzing powers of the reaction $pp \rightarrow d\pi^+$ between 1.3 and 2.4 GeV, 7^{th} International Conference on Polarization Phenomena in Nuclear Physics, Les éditions de physique, Paris (1990) C6-379

Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Mitarbeitern bedanken, die zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben.
Insbesondere bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr. T. Mayer-Kuckuk, der es mir ermöglichte, diese Arbeit am Institut für Strahlen- und Kernphysik der Universität Bonn anzufertigen.
Sie entstand unter Leitung von Herrn Prof. Dr. F. Hinterberger. Ihm danke ich für seine ständige Diskussionsbereitschaft und seine vielen wertvollen Anregungen.
Bei Herrn Prof. Dr. J. Bisplinghoff und Herrn Prof. Dr. P. D. Eversheim bedanke ich mich für die gute Unterstützung und zahlreichen Ideen, die wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.
Besonders herzlich bedanke ich mich bei Wolf Wiedmann für die ausgezeichnete Zusammenarbeit bei allen Fragen zur Entwicklung eines guten Detektorkonzepts. Ohne seine konstruktive Kritik, insbesondere zur Problematik der Doppelhelix, wären viele Fragen noch nicht beantwortet.
Den Mitgliedern der Arbeitsgruppe danke ich für die kameradschaftliche Arbeitsatmosphäre und ständige Hilfsbereitschaft: F. Schwandt, R. Gebel, C. Henrich, G. Dorner, R. Groß-Hardt, R. Ziegler, J. Schleef, F. Mosel, H. Scheid, W. Schmitt, D. Theis, H. Stein.
Ein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Rainer Siebert für seine guten Ideen und seinen tatkräftigen Einsatz bei Strahlzeiten am Beschleuniger SATURNE.
Herrn Prof. Dr. R. Maschuw danke ich für seine kritische Durchsicht der Promotionsarbeit.
Herrn Dr. G. Mertler danke ich für seine wichtige Unterstützung bei allen Verwaltungsangelegenheiten.
Herrn Dr. A. Hegerath von der Firma LeCroy danke ich für die Bereitstellung wichtiger Elektronikkomponenten.
Mein Dank schließt auch die Mitarbeiter in den Werkstätten und Elektroniklabors mit ein, die mit Rat und Tat zur Seite standen.

Lebenslauf

Uwe Lahr, geb. am 16.11.1960 in Wesseling

Schulbildung:

1967 - 1971	Grundschule in Köln-Rodenkirchen
1971 - 1980	Städt. Gesamtschule Köln-Rodenkirchen
1980	Abitur

Wehrdienst:

1980 - 1982	Zeitsoldat auf 2 Jahre

Studium:

1982 - 1987	Studium der Physik in Bonn
1987	Mündlicher Teil der Diplomprüfung mit Nebenfach Mathematik
1987 - 1989	Anfertigung der experimentellen Diplomarbeit bei Prof. Dr. F. Hinterberger, Thema: Ein neues Verfahren zur Kalibrierung von Polarisation und Analysierstärke
seit 1987	Mitglied am Institut für Strahlen und Kernphysik
seit 1989	Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Beginn der Promotionsarbeit, Thema: EDDA, ein Detektor zur Messung von Anregungsfunktionen der elastischen Proton-Proton Streuung an COSY
seit 1991	Mitglied im Graduiertenkolleg zur Erforschung subnuklearer Strukturen der Materie

Bonn, den 25.05.1992