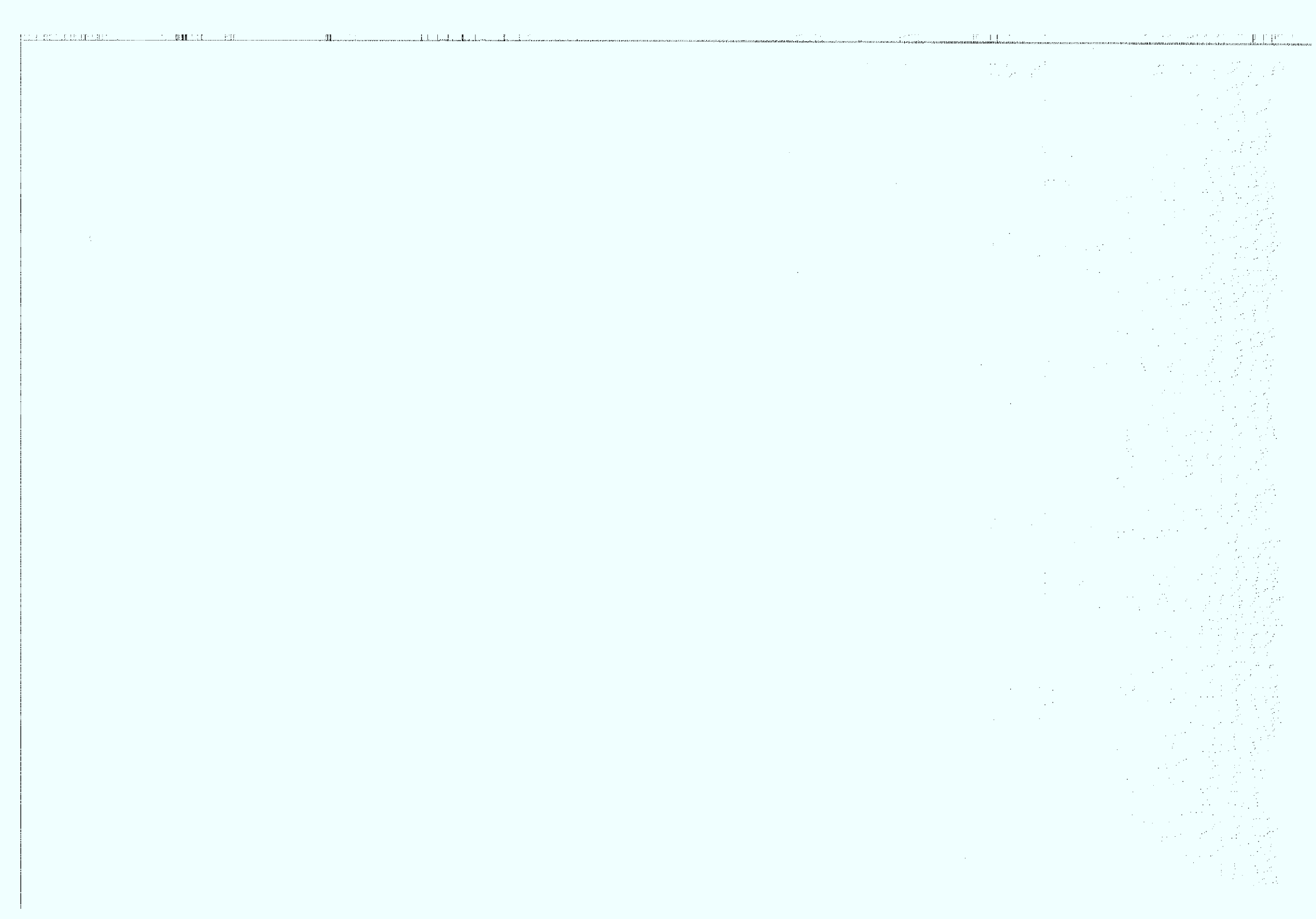
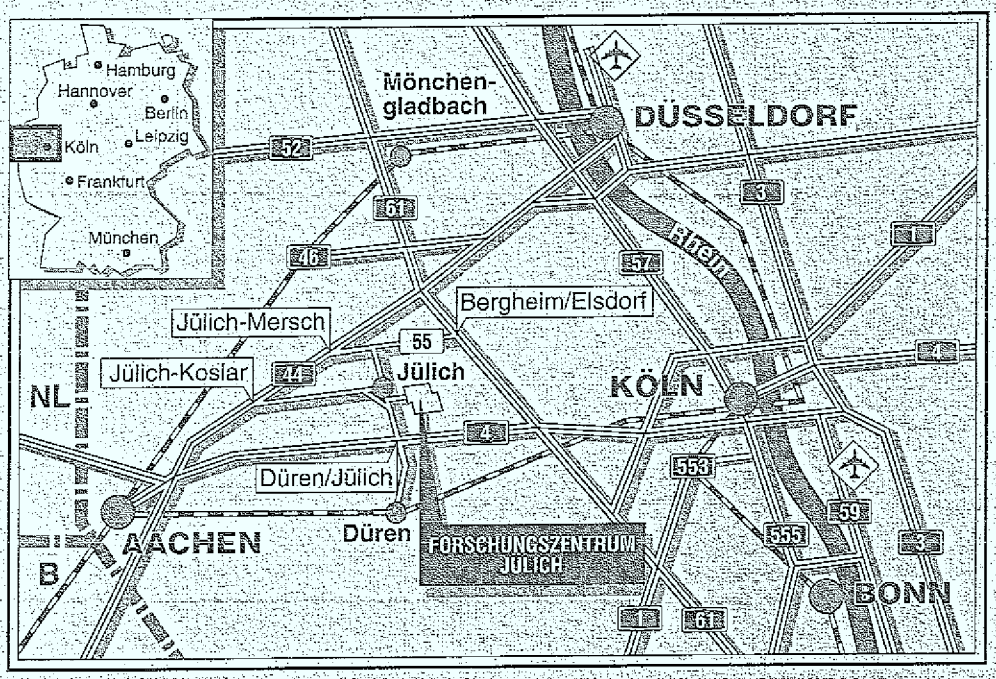
FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH GmbH
KFA

Zentrallabor für Elektronik

Die Silizium-Pad-Detektoren im Experiment COSY-11

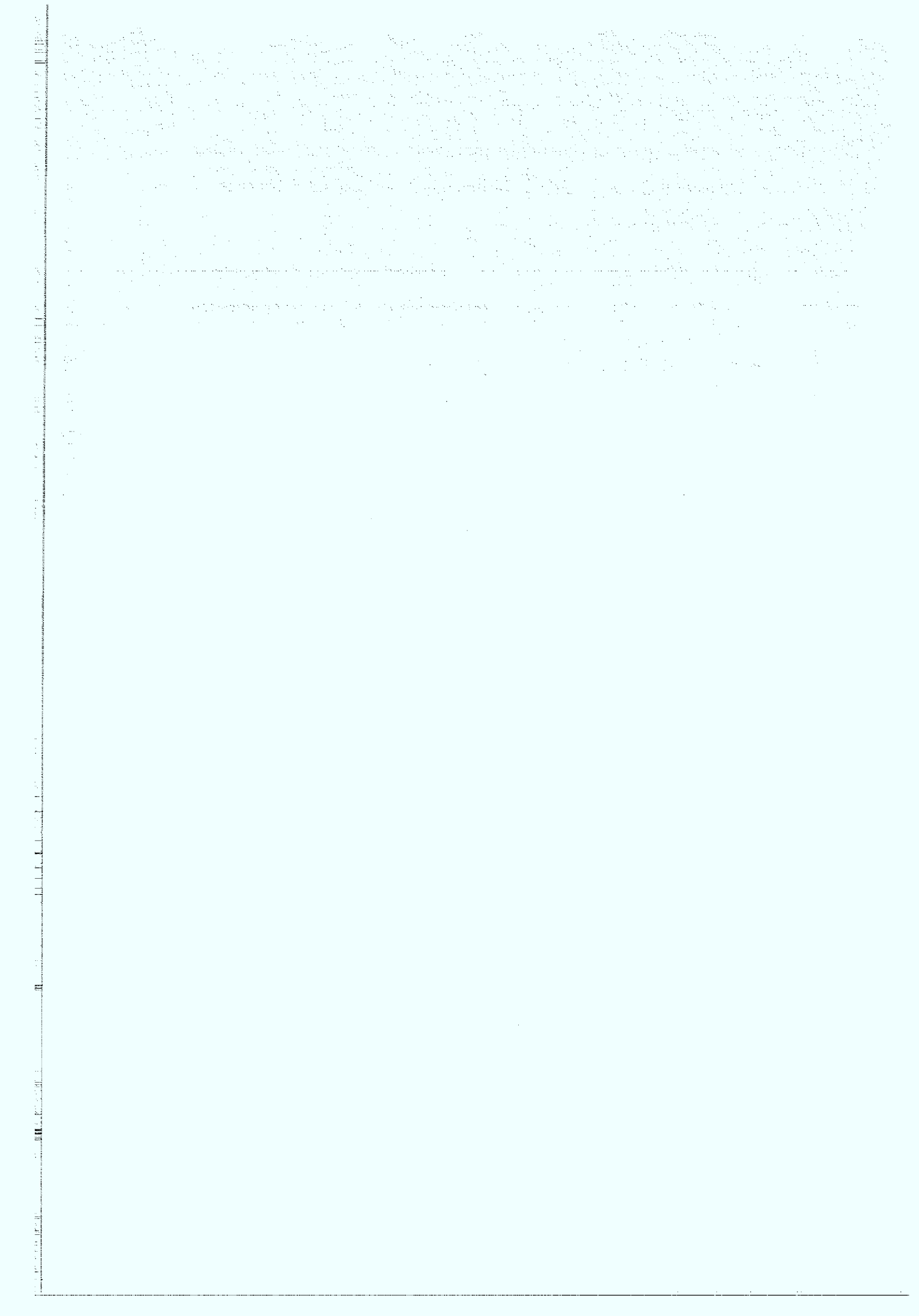
M. Köhler K.H. Diart W. Erven H. Gutschmidt
P. Wüstner K. Zwoll





Berichte des Forschungszentrums Jülich ; 3071
ISSN 0944-2952
Zentrallabor für Elektronik Jül-3071

Zu beziehen durch: Forschungszentrum Jülich GmbH · Zentralbibliothek
D-52425 Jülich · Bundesrepublik Deutschland
Telefon: 02461/61-6102 · Telefax: 02461/61-6103 · Telex: 833556-70 kfa d



Die Silizium-Pad-Detektoren im Experiment COSY-11

M. Köhler K.H. Diart W. Erven H. Gutschmidt
P. Wüstner K. Zwoll

Inhaltsverzeichnis

Einführung:

1. COSY und das Experiment COSY-11 1
2. Die Silizium-Pad-Detektoren 2
3. AMPLEX-16 - Eine Chip-Entwicklung von CERN 2
4. DRAMS Receiver / DRAMS Control : CERN / JETSET-Hardware für Readout großer Mengen von AMPLEX-16-Chips 3

I. Entwicklung und Aufbau der Detektoren 5

HARDWARE:

1. Mechanischer Aufbau der Detektoren

a.) Aufbau und Montage eines Detektorelementes

Siliziumchip und Kontaktplatine 5
Das Bonden 6
Das modulare Detektorelement 9

b.) Das Detektor-Bord 9

Silizium-Seite 10
Elektronik-Seite 10
Montage der Detektorelemente auf dem Detektor-Bord 11
Stickstoff-Versorgung 12

2. Elektronik der Detektoren 12

a. Frontend - Elektronik 13

AMPLEX-Bord 13
CONTROL-Bord 14
Spannungsversorgung für die Si-Pads 15
Temperatur-Kontrolle bei CB-4 und außerhalb des Detektors 16

b. READ OUT -Elektronik in CAMAC/ NIM 16

DRAMS Receiver / DRAMS Control 16
EVENT CONTROL Modul 16

c. Der READ OUT - Zyklus (Timing-Diagramm) 17

3. Das Gesamt-System 19

a. Geographie der HARDWARE, FAN INs und FAN OUTs 19
b. Zuordnung von X/Y-Position und Pad-Nummer 21

SOFTWARE 23

Vorgaben: HEADER-Worte und Datenformat auf dem OUTPUT MEMORY BLOCK des DRAMS Receiver

1. Akkumulieren von LISTMODE-Daten 23

2. Auswerten der LISTMODE-Daten der Silizium-Pad-Detektoren mit SICON 24

Aufruf des Programmes 24
Definierte Buffer 24
Das MENU und seine Funktionen 25

II. Einstellung und Optimierung der Betriebs-Parameter mit Impuls-Generator 34

Signale aus dem Pulser 34

1. Einstell- und Optimierungsarbeiten an Komponenten: 35

a. Shaping der Signale des AMPLEX-16 35
b. Studium des Analog-Ausgangs-Signales des AMPLEX-16 35
Bestimmung des optimalen Tastverhältnisses des CLOCK-Signals 35
Der PAD-Trigger 35
c. Studium der Dynamik des AMPLEX-16 durch Einkoppeln von Ladungen entsprechend der Ionisation von 1 MIP bis 128 MIPs 37

2. Einstell- und Optimierungsarbeiten am Gesamt-System: 38

a. Optimierung der Auslesezeit/Pad 38
b. Optimale Einstellung des TRACK >>>HOLD Timings 39

III. Testverfahren und Testergebnisse am Gesamt-System 42

1. Ohne Teilchen-Nachweis:

a. Kontrolle des Detektor-Zustandes durch Pedestal-Messung und Bestimmung und Interpretation der Sigma-Werte 42
b. Kontrolle der Langzeitstabilität der Pedestals bzw. Analog-Signale durch Langzeitmessung der Pedestals im 5-Sekunden-Takt über einige Tage 43

2. Messungen mit MIPs aus kosmischer Strahlung: 44

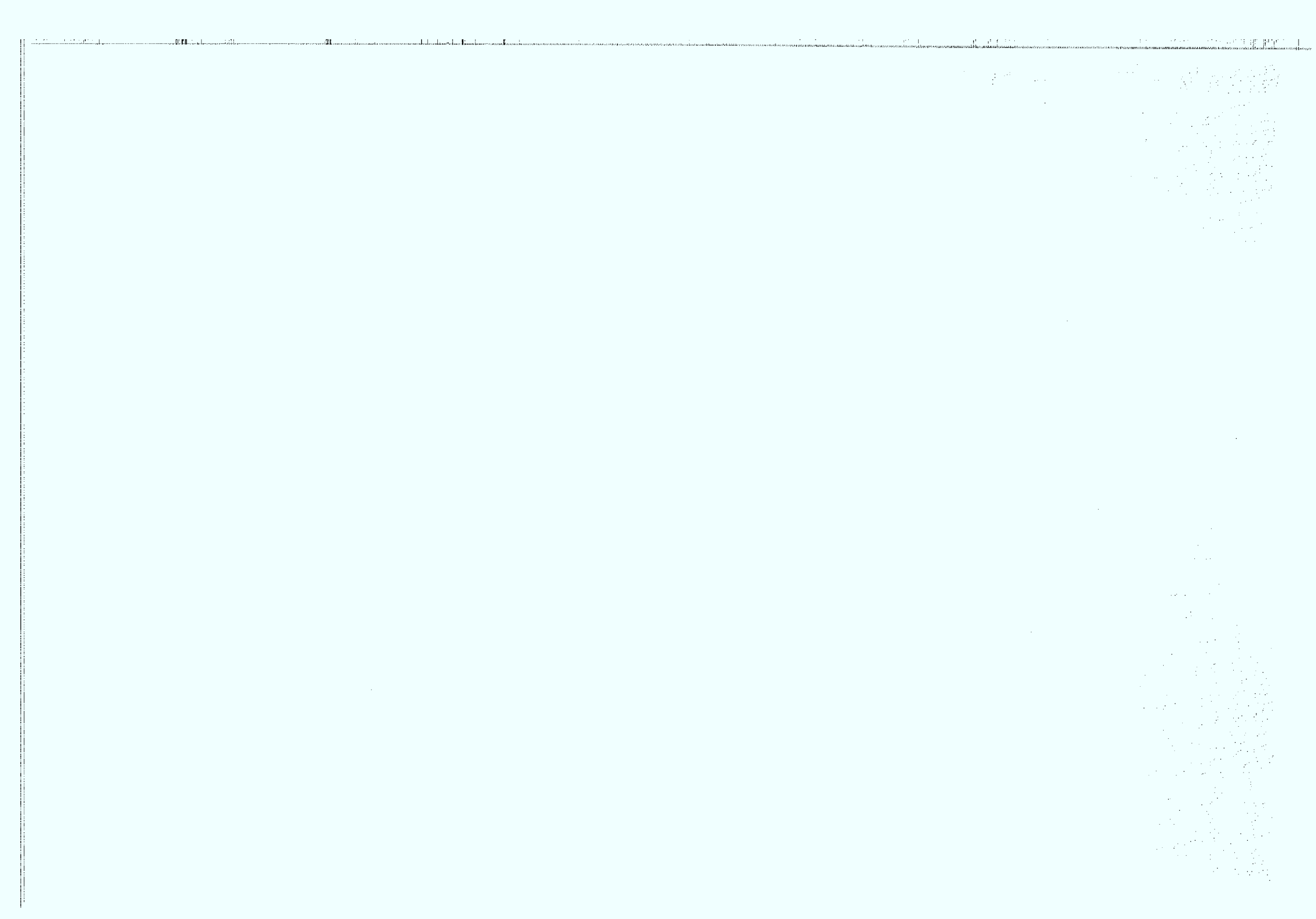
a. Testanordnung 44
b. Kontrolle der Hits / X-Position durch Auswerten der LISTMODE-Daten 44
c. Kontrolle der ΔE-Spektren jedes einzelnen Pads durch Auswerten der LISTMODE-Daten 45

IV. Betrieb des Silizium-Pad-Detektors im COSY-Dipol MDBE8 46

a. COSY-11-Vakuumkammer als Induktivität 46
b. Temperaturentwicklung im COSY-Dipol MDBE8 47

LITERATUR 48

ANHANG (Schaltbilder, technische Details, technische Einrichtungen) 51



Die Silizium-Pad-Detektoren im Experiment COSY-11

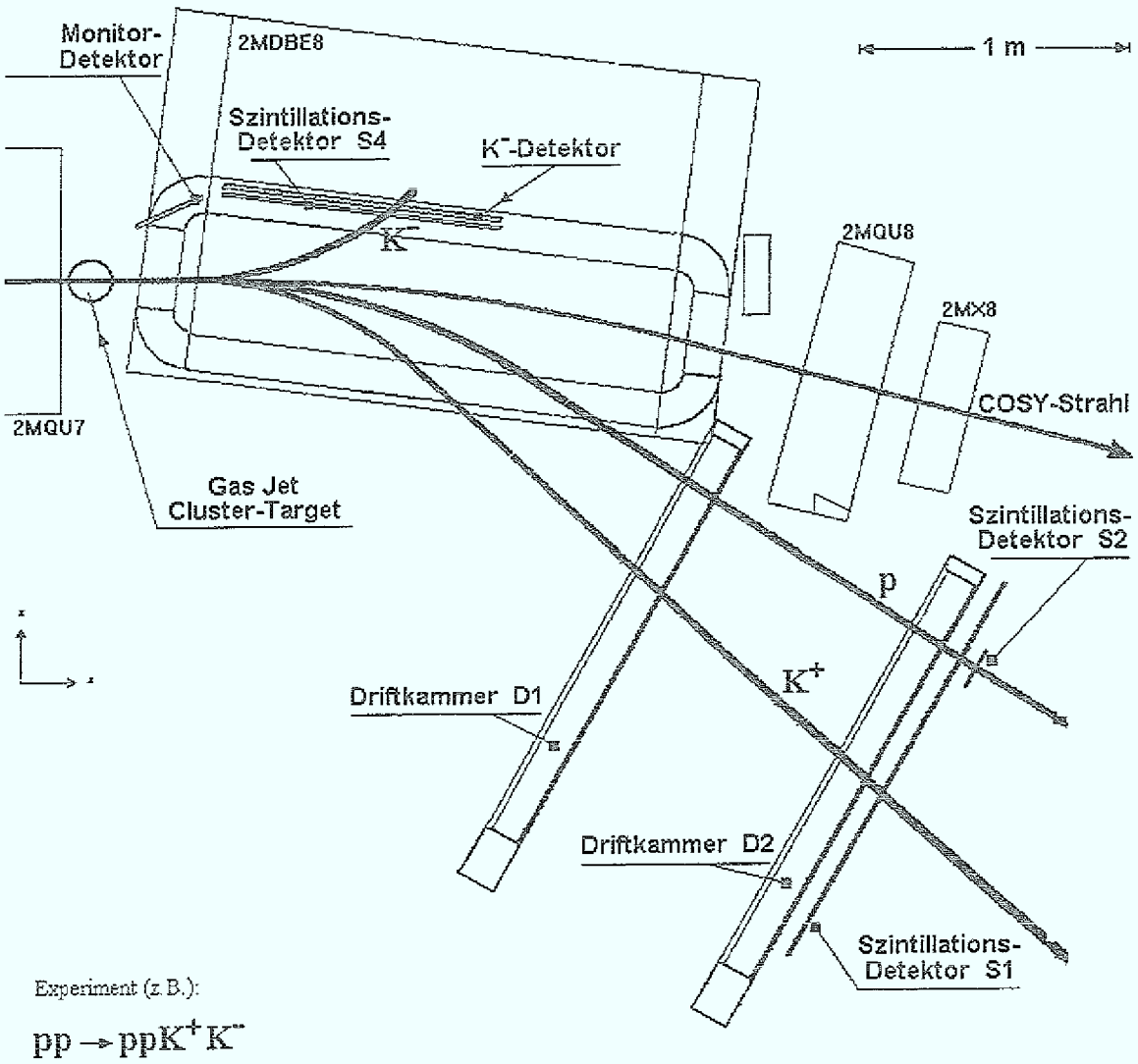


Fig. 1 *Aufbau und Detektor-Ausrüstung des Experimentes COSY-11*

1. COSY und COSY-Experiment Nr. 11

COSY (Cooler Synchrotron) ist ein Synchrotron und Speicherring mit Phasenraum-Kühlung (Electron Cooling, Stochastic Cooling). Im COSY-Experiment Nr. 11 ([1], [2], [3]) wird untersucht: "Threshold Meson Produktion at the Internal COSY Beam in the Range of Scalar Mesons Involving Strangeness"

Das Experiment wird am internen COSY-Strahl durchgeführt. Es ist vorgesehen, zunächst Reaktionen vom Typ $pp \Rightarrow ppX$ systematisch zu untersuchen. Als Target wird ein an der Universität Münster entwickeltes und aufgebautes Cluster-Target [4] eingesetzt, es ist im COSY-Ring vor dem Strahleintritt in den COSY-Dipol 2MDBE8 positioniert und sein Strahl trifft von unten kommend senkrecht auf den COSY-Strahl. Der unmittelbar danach folgende Dipol 2MDBE8, ein C-Typ-Magnet mit der offenen Seite zur Innenseite des COSY-Ringes hin, wird als Spektrometer benutzt. Die in der Reaktion erzeugten positiv geladenen Teilchen werden im Dipol, in Strahlrichtung gesehen, nach rechts abgelenkt, verlassen den Dipol durch ein Fenster und werden auf den nächsten 10 bis 12 m in mehreren hintereinander positionierten Driftkammern und Szintillations-Streifendetektoren nachgewiesen. Die erzeugten negativ geladenen Teilchen werden im Dipol nach links abgelenkt, sie können den Dipol nicht verlassen, da sich auf dieser Seite das Joch des Dipols befindet. Deshalb wurde für den Nachweis von K^- und π^- ein Si-Pad-Detektor entwickelt und aufgebaut, der sich in den Dipol 2MDBE8 einbauen und dort betreiben läßt.
Ein weiterer Si-Pad-Detektor mit gleicher Technik wird für den Nachweis des einen p-Kanals bei elastischer Streuung $pp \Rightarrow pp$ zur Eichung der Driftkammern eingesetzt.

2. Die Silizium-Pad-Detektoren

Die Silizium-Detektoren von COSY-11 werden aufgebaut aus Si-Pad-Detektor-Chips (Fig-2) , einem Design der CERN-Kollaboration PS-202 (JETSET), mit je 4 separaten Pads. Die Chips werden von der Fa. SINTEF, Oslo, Norwegen, produziert und in ihren "Technical Specifications JETSET Detector" neben vielen anderen detaillierten Angaben wie folgt spezifiziert:

Single sided silicon p-i-n diode pad detector:

Chip Size:	19 650 ± 50 µm x 24 100 ± 50 µm	
Active Area:	18 300 µm x 22 600 µm	
Number of Active Elements:	4	
Pad Size:	4 500 µm x 22 600 µm	
Pad Interspacing:	50 µm	
Thickness:	280 µm ± 20 µm	
Depletion Voltage:	60 V	(typical)
Single Pad Leakage Current:	0.75 nA	(typical)
Guard Ring Leakage Current:	5 nA	(typical)
Total Leakage Current:	11 nA	(typical)

The device is to be operated in a nitrogen atmosphere

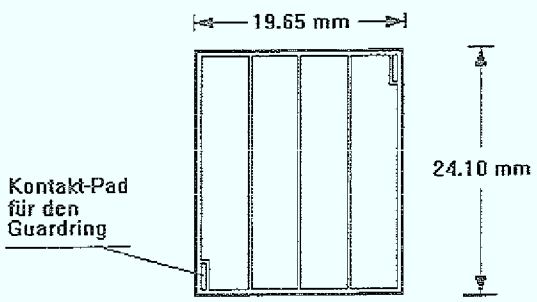


Fig-2: *Silizium-Pad-Detektor-Chip (JETSET-Detektor)*

3.) AMPLEX-16 - Eine Chip-Entwicklung von CERN

Als Frontend-Elektronik für das READOUT der etwa 1000 Silizium-Pads bietet sich der Chip AMPLEX-16 [5], [6] an , eine Entwicklung von CERN.
Der AMPLEX-16 bietet auf einer Fläche von 10.2 x 9.8 mm^2 16 Readout-Kanäle an (Fig-3). Jeder einzelne Kanal besteht aus LADUNGSVERSTÄRKER - FILTERVERSTÄRKER- TRACK/HOLD-Stufe - MULTIPLEXER-Stufe (siehe Anhang Fig. A-1). Mit einem auf alle 16 AMPLEX-Kanäle gleichzeitig wirkenden Signal, genannt TRACK/HOLD, werden mit dem Übergang vom TRACK- zum HOLD-Status, den man naheliegenderweise aus dem MAIN-TRIGGER-Signal des Experimentes ableitet, in jedem AMPLEX-Chip alle 16 Signalamplituden analog gespeichert. Die Analogspeicher werden dann über den MULTIPLEXER in

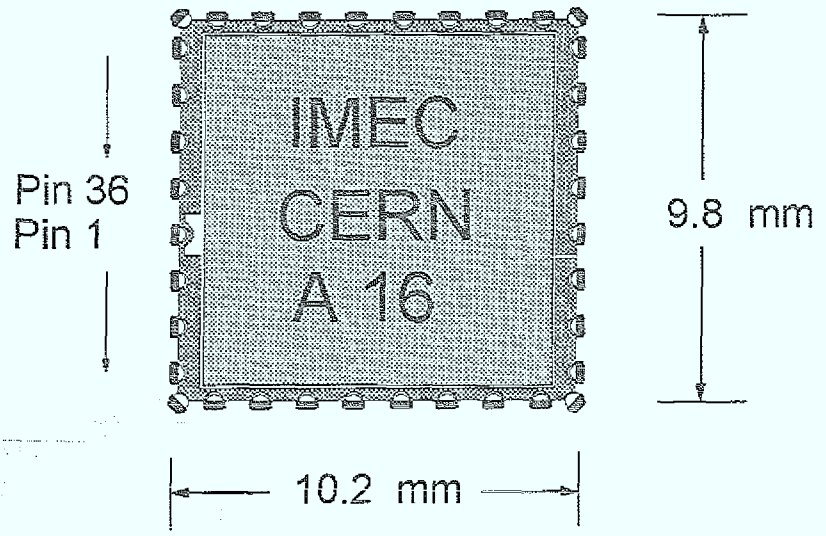


Fig. 3 *AMPLEX-16 READOUT-Chip auf 36-Pin-Chip Carrier*

dem jedem MAIN-TRIGGER-Signal folgenden Readout-Zyklus seriell der Digitalisierung zugeführt. Pin-Belegung und Funktion der Anschlüsse sind im Anhang aus Fig. A-2 zu ersehen.

4. DRAMS Receiver / DRAMS Control - CERN / JETSET-Hardware für Readout großer Mengen von AMPLEX-16-Chips

E.Chesi, EF Division, CERN, entwickelte für das JETSET-Experiment am LEAR CAMAC-Module speziell für das READOUT von großen Mengen von AMPLEX-Chips , genannt DRAMS Receiver und DRAMS Control [7], [8] (DRAMS steht für "Digital Readout of Analog Multiplexed Signals", (Anhang Fig. A-3)). Damit können parallel in zwei Blöcken je 512 Si-Pads seriell ausgelesen, digitalisiert und im Q-Stop-Mode dem EVENTWORD zugeführt werden.
Vor Beginn einer Messung kann man für jedes einzelne Pad die Pedestals mit hinreichender Statistik messen, die Standardabweichung σ der einzelnen Meßwerte bestimmen und eine Schwelle definieren, die $(n \cdot \sigma)$ über dem Pedestal liegt . Wenn man nun die für jedes einzelne Pad gewonnenen Werte für Pedestal und Schwelle auf ganze Zahlen rundet, kann man sie entsprechend der Pad-Adresse im DRAMS-Receiver im sog. Pedestal-Memory bzw. Threshold-Memory abspeichern.
Der Ablauf des Readout-Zyklus der DRAMS-Hardware ist nun der folgende (siehe Fig. 4): Nachdem aus dem MAIN-TRIGGER-Signal ein HOLD-Signal erzeugt wurde, das die Analog-Informationen aller AMPLEX-Kanäle analog in den AMPLEX-Chips gespeichert hat, wird mit einem START READ-Signal der Readout-Zyklus gestartet: Es werden nun, in zwei Kanälen parallel, nacheinander alle Informationen aus den AMPLEX-Speichern den FLASH-ADCs in den beiden Modulen des DRAMS-Receiver zugeführt, der digitalisierte Wert wird danach in der Arithmetik-Logik-Unit mit der Schwelle des entsprechenden Pads verglichen, bei Überschreiten der Schwelle wird vom digitalen Wert aus dem FLASH-ADC das Pedestal des entsprechenden Pads abgezogen und der so gewonnene digitale Wert wird dann zusammen mit der Pad-Adresse in einem Datenwort im Hit-Memory abgelegt. Entsprechend der Modul-Nummer werden die Daten in zwei Blöcken abgelegt, das erste Wort in jedem Block enthält eine Kennung als HEADER, sowie die Modul-Nummer und den WORDCOUNT, d.h. die

Anzahl der in diesem Event abgespeicherten Daten, die die Schwelle überschritten haben. Ist WORDCOUNT=0, dann wird der entsprechende Block beim CAMAC-Readout übersprungen.

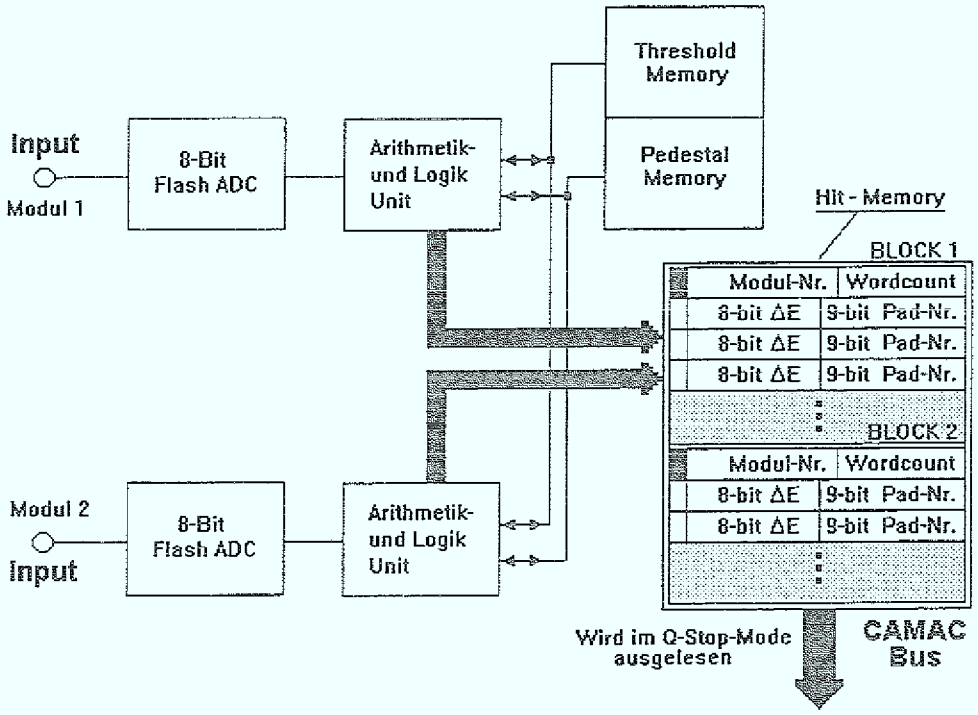


Fig. 4 *Vereinfachtes Blockschaltbild der DRAMS-Hardware*

Das Digitalisieren, die Arithmetik-Operationen und das Abspeichern im Hit-Memory dauern zusammen etwa 2.3 µs pro AMPLEX-Kanal, damit dauert das Readout unserer knapp 1000 Pads in Blöcken von 2 x knapp 500 parallel etwa 1 ms.
Genauere Details zur DRAMS-Hardware und zu deren Funktion können im Anhang der Fig. A-3, sowie der Literatur [7], [8] entnommen werden.

I. Entwicklung und Aufbau der Detektoren

HARDWARE

1. Mechanischer Aufbau der Detektoren

Der Si-Pad-Detektor, der zum Nachweis von K^- und π^- im COSY-Dipol 2MDBE8 positioniert wird, wurde aufgebaut aus den in Fig. 2 gezeigten Detektor-Elementen. Diese Elemente sind segmentiert in 4 Streifen, umgeben von einem gemeinsamen "Guardring", der auf Masse gelegt wird. Über die Rückseite des Detektor-Elementes, die nicht segmentiert ist, wird allen 4 Streifen gemeinsam die Detektorspannung (+) zugeführt.
Die Art und Weise der Montage der Detektoren wird von einigen grundsätzlichen Überlegungen bestimmt:

* Im Bereich des Guardringes sind die Detektorelemente für den Nachweis von Teilchen natürlich unempfindlich. Um Verluste durch solche tote Zonen zu vermeiden, muß man die Elemente nach allen Seiten hin hinreichend überlappen lassen. Unter den Überlappungen werden dann auch Anschlüsse verschwinden.
* Die Anschlüsse der Si-Pads und des Guardringes müssen durch Bonden erstellt werden:
  Die Erfgahrungen mit der BOND-Technologie haben gezeigt, daß Festigkeit und Haltbarkeit der BONDs natürlich mit einer Vielzahl von Bondparametern beeinflußt und optimiert werden können, trotzdem aber immer auch von der Vorgeschichte der Oberflächen abhängen, auf denen gebondet wird, also hier von der Vorgeschichte der Oberflächen der Si-Detektorelemente und der unserer BOND-Pads auf den Kontaktplatinen. Die Vorgeschichte der Si-Detektoren (präpariert für den Betrieb in Stickstoff-Atmosphäre, gelagert und geliefert in Luft) entzieht sich in diesem Sinne ganz unserer Beurteilung, eine risiko-bergende Vorgeschichte unserer BOND-Pads auf den Kontaktplatinen könnten wir nur ausschließen, wenn wir sie z.B. vom Zeitpunkt der Herstellung an (also unmittelbar nach dem Aufbringen der Au-Oberfläche) in einer definierten optimalen Stickstoffatmosphäre gelagert hätten. Auch dies ist nicht kontinuierlich machbar.
* Im Laufe der Zeit ist immer damit zu rechnen, daß die Parameter einzelner Si-Chips sich evtl. dramatisch verschlechtern, und sei es durch Strahlenbelastung.

Deshalb müssen wir im realen Betrieb unserer Si-Detektoren auch ohne besondere mechanische oder elektrische Einflüsse immer damit rechnen, daß einmal die eine oder andere BOND-Verbindung schadhaft ist, der eine oder andere Si-Chip nicht mehr optimal arbeitet. Aus diesem Grunde ist es dringend geboten, die Detektoren so modular aufzubauen, daß auch einmal ein einzelnes Detektorelement ohne unüberwindliche Schwierigkeiten ausgetauscht werden kann.

a.) Aufbau und Montage eines Detektorelementes

Siliziumchip und Kontaktplatine

Die Silizium-Detektorelemente (Fig-2) werden auf ein Kontaktplatinchen geklebt, wie es in Fig-5 zu sehen ist. Die Kontaktplatine (Fig. 5a) hat am oberen Rand fünf zur anderen Seite hin durchkontaktierte Lötaugen (1 - 4, GR) zum Anschluß der 4 Si-Streifen an die AMPLEX-Verstärkereingänge und des Guardringes an Masse; jedem Lötauge ist eine kleine Kontaktfläche angefügt ("Bond-Pads"), von der aus die Bondverbindungen (sicherheitshalber 3 parallel) hin zum Si-Detektorelement hergestellt werden (Fig. 5b). Detektorspannung und Massepotential

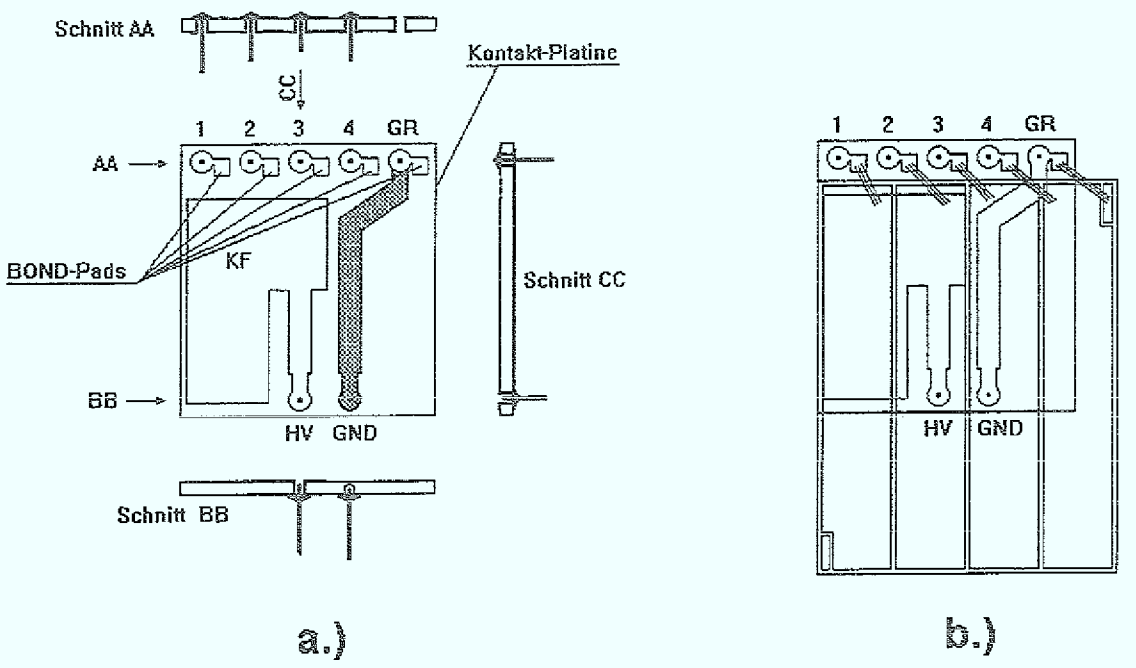


Fig. 5 *Montage des Si-Detektorelementes auf der Kontakt-Platine*

werden an den Lötaugen HV und GND zugeführt. Die Leiterbahn GR-GND und das Lötauge GND befinden sich auf der Platinen-Unterseite, wie durch die dunkle Kaschierung angedeutet wird. Die Montage des Silizium-Chips auf der Kontaktplatine erfolgt nun auf folgende Weise: Durch die 6 Lötaugen 1 - 4, HV und GND wird je ein Silberdraht ($\varnothing = 0.4$ mm) so durchgeführt, daß er auf der Rückseite der Platine 3 - 4 cm senkrecht herausragt. Diese Drähte werden verlötet und auf der Oberseite der Platine möglichst kurz gekappt (Fig. 5a, Schnitt AA), dabei dürfen die Bondpads nicht verunreinigt werden. Danach wird das Si-Detektorelement, wie in Fig. 5b ersichtlich, mit Silberleitkleber (z.B Epo-Tek H 20 F) auf die Kontaktfläche KF der Kontaktplatine asymmetrisch aufgeklebt, sodaß nach unten und nach rechts die Möglichkeit zur Überlappung mit benachbarten Detektorelementen gegeben ist.

Das Bonden

Nach dem Aushärten werden die BOND-Verbindungen hergestellt, je 3 parallel, wie es in Fig. 5b angedeutet ist.
Wie sich unser Bond-Problem einigermaßen maßstäblich darstellt, zeigt Fig. 6. Gebondet wird mit Al-Draht (AlSi(1%), $\varnothing = 25$ µm). Al-Draht ist mechanisch stabiler, als Gold-Draht. Man macht Wedge-Bonding und man braucht dabei keine thermische Zusatzbehandlung (wie etwa 150 °C und mehr bei Verwendung von Gold, und Ball-Bonding). Es wird auf dem MANUAL WEDGE BONDER KULICKE & SOFFA Model 4126 gebondet (siehe Anhang Fig. A-4a, A-4b). Die beiden BOND-Stellen eines Loop liegen auf verschiedenen Höhen, wegen der Überlappung der Detektor-Einheiten muß der Loop außerdem ganz flach gehalten werden. Wie man in Fig. 6 erkennen kann, befindet sich die gemeinsame Elektrode für die Detektorspannung auf der Unterseite des Si-Detektorelementes. Auf der Oberseite bildet der Guard-Ring eine gemeinsame Einrahmung für die 4 Siliziumstreifen. Um nun nicht gleich bei kleinster Verformung eines Loops einen Kurzschluß zu riskieren, wird die Kante des Si-Chips an der Stelle, über die der Loop geführt ist, mit einem hauchdünnen Tropfen Isolierlack versehen.

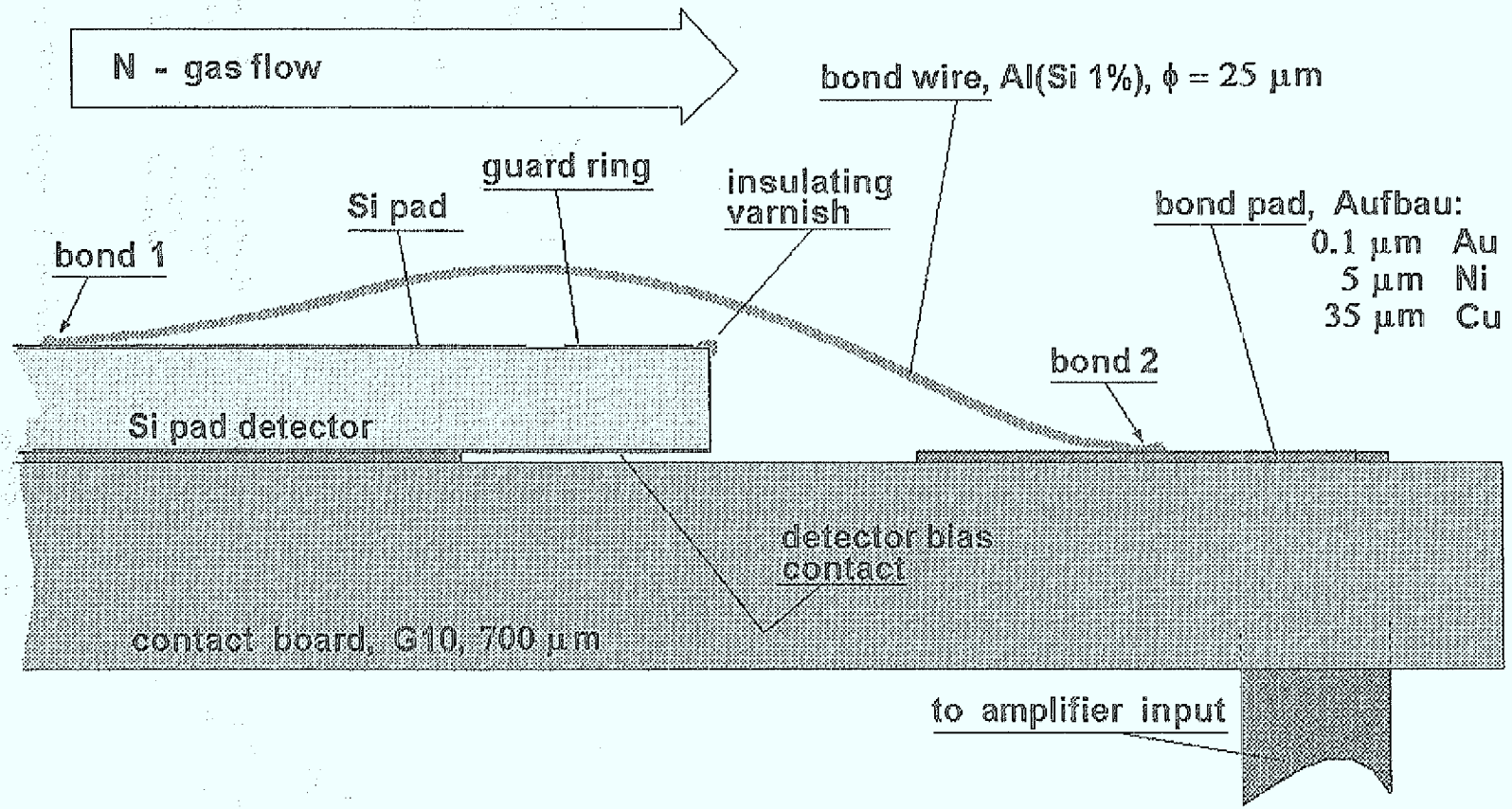


Fig. 6 *Das Bonden vom Silizium-Chip (JETSET-Design) zur Kontaktplatine (einigermaßen maßstäblich)*

BOND-Versuche auf dem Hand-Bonder des IKP (Westbond), Diskussionen mit Herstellern von Bondern und mit Firmen, die im Auftrag, aber nur unter bestimmten Voraussetzungen, das Bonden übernommen hätten, sowie viele Gespräche mit Experten für Mikroverbindungen, für Schweißtechnik und für Galvanik erbrachten schließlich die Erkenntnis, daß man bei der BOND-Technologie auf einige fundamentale Dinge unbedingt sorgfältig achten muß:

* Der AlSi(1%)-Draht korrodiert an Luft innerhalb von 6 - 9 Monaten, und bricht dann.

Deshalb lagert man den Draht entweder im Vakuum, oder in einer gasdichten Box, die möglichst reine und trockene Stickstoff-Atmosphäre (N) enthält. Man kann diese Box auch mit Stickstoff fluten, etwa mit 1 l/h.
Das Problem der Korrosion bleibt natürlich auch beim fertig gebondeten Detektor erhalten. Wo dies ohne Nachteile machbar ist, wird man die ganze Bondverbindung versiegeln (z.B. mit dem Thermoleitkleber Epo-Tek H 70 E-2 der Firma POLYTEC), wo dies, wie in unserem Falle, nur mit großem Aufwand und mit vielen Nachteilen möglich ist, flutet man die Detektoroberflächen mit den Bondverbindungen mit Stickstoff (N), zumal ja auch die Slizium-Chips selbst in Stickstoffatmosphäre betrieben werden müssen.

* Festigkeit und Haltbarkeit der Bonds werden bestimmt mit der Auswahl der richtigen Parameter des Bondkeils (z.B. Bondlänge, Feed-Winkel ...), und mit den Bond-Parametern, die am Bonder einstellbar sind (Ultraschall-Energie, Bond-Druck, Bond-Dauer, Loop-Höhe, Loop-Winkel ...).

Die optimalen Parameter werden in Versuchsreihen gewonnen. Der Effekt bei Änderung eines Parameters muß experimentell festgestellt werden: bei unserer Anwendung ist ein sog. Pull-Tester die beste Test-Einrichtung: Mit diesem Gerät wird ein Mikro-Haken unter den zu testenden Loop eingehängt und elektronisch geregelt der Zug erhöht. Im zerstörenden Test wird der Zug bis zum Bruch erhöht und die Bruchlast auf etwa 1/10 Gramm genau auf dem Display angezeigt oder ausgedruckt. Man macht ganze Serien und macht Statistik darüber, welcher der beiden Bonds vorzugsweise abbricht, ob der ganze Bond abhebt, ob er im Übergang von der Bondstelle zum Loop bricht oder ob der Draht reißt usw. Das Optimieren wird mit dem Pulltester von DAGE, Modell BT-14 gemacht (siehe Anhang Fig. A-5a). Für die Beurteilung der Bondpads und der Bondverbindungen steht ein Auflicht-Mikroskop (ZEISS AXIOSKOP) mit verschiedenen Kontrastverfahren, mit TV-Kamera und Color-Printer zur Verfügung (siehe Anhang Fig. A5b). Beim Bond der Si-Detektorelemente hin zum BOND-Pad der Kontaktplatine wird eine Festigkeit der Bondverbindung von 8 - 10 p (Bruchlast) erreicht.

* Der Aufbau der BOND-Pads ist für die Festigkeit und Haltbarkeit der BOND-Verbindung entscheidend.

Beim Silizium-Chip müssen wir mit der Oberfläche des Detektors leben, so wie sie von der Fertigung kommt und wie sie für den Betrieb an Luft versiegelt ist, oder wie sie eben an ungeschützten Stellen durch Einwirken von Luft, z.B. auf dem Transport, geworden ist. Für den Aufbau der BOND-Pads auf der Kontaktplatine geben viele Experten übereinstimmend folgende Empfehlung:

Bondpad:	Au	0.1 µm	weiches Feingold ("BOND-Gold")
	Ni	5.0 µm	
	Cu	35.0 µm	
Platine:	G 10		Epoxyd-Glas-Hartgewebe

Man bondet hier also im Ni, das Gold soll die Ni-Oberfläche schützen und wird mit den ersten Ultraschall-Schwingungen des Bonders weggeschoben. Man kann natürlich auch auf 5 µm BOND-Gold bonden, dieses muß, beim Aufbau auf Cu-Kaschierung, in jedem Falle mit wenigstens 2 µm Ni vom Cu getrennt sein (sonst Gefahr der "Purpur-Pest" !). Dieses Ni erübrigt sich natürlich, wenn das Gold direkt als Leiterbahn oder Kontakt-Pad z.B. auf einer Keramik-Platine aufgebracht ist.
Bei der Herstellung von bondbaren Flächen müssen Gold- und Nickelbäder möglichst frei sein von Glanz- und Netzmitteln, auch beim Cu muß man auf möglichst glatte Oberfläche achten. - Es empfiehlt sich, die Bondpads kurz vor dem Bonden mit Aceton zu reinigen.

Das modulare Detektorelement

Nach Abschluß der oben beschriebenen Arbeitsgänge hat man nun ein modulares Detektorelement mit 6 Drahtanschlüssen, wie es Fig. 7 zeigt:

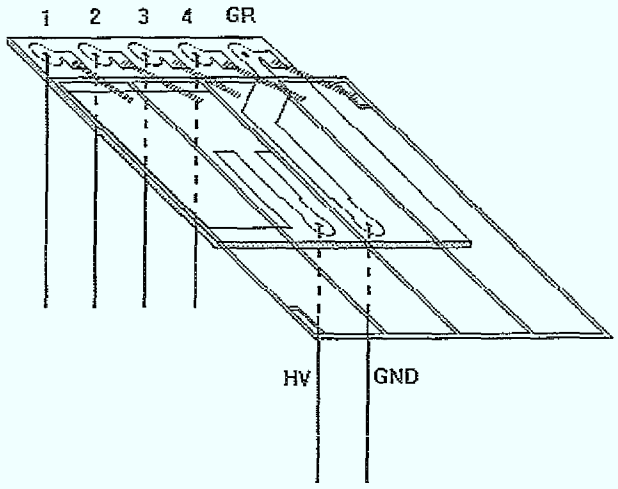


Fig. 7 *Modulares Detektorelement mit 4 Silizium-Pads*

b.) Das Detektor-Bord

Die Detektoren werden nun aus den modularen Detektorelementen aufgebaut. Dazu ist vor allem ein mechanisch stabiles Bord erforderlich, das auf einer Seite, der sog. Silizium-Seite, die Detektorelemente aufnimmt, und auf der Rückseite, der sog. Elektronik-Seite, auf kürzestem Wege angebunden die Platinen mit der Frontend-Auslese-Elektronik trägt. Dabei ist das Wesentliche, die Oberflächenstrukturen dieser beiden Seiten möglichst optimal zu gestalten, um die Überlappung der Si-Chips und Austauschbarkeit der Detektorelemente auf der Silizium- Seite, möglichst geringes Übersprechen zwischen den Detektor-Signalleitungen und optimale Packungsdichte der AMPLEX-Chips auf den Frontend-Platinen, sowie wartungsfreundliche Montage dieser Elektronik- und Stecker-Platinen und damit Austauschbarkeit auf der Elektronik-Seite zu gewährleisten.

Silizium-Seite

Die lichte Höhe der im Dipol 2MDBE8 befindlichen Vakuumkammer beträgt 70 mm, das erlaubt uns, das Detektor-Bord (gefertigt aus PLEXIGLAS) mit vertikal übereinander drei Reihen von Detektorelementen zu belegen.
Die Forderung nach Überlappung aller Elemente und die Notwendigkeit, alle Streifen zu kontaktieren, ohne die kontinuierliche Empfindlichkeit des Detektors zu stören, führte zu einem Profil der Silizium-Seite des Detektor-Bords, wie es Fig. 8 zeigt: Die mittlere Reihe

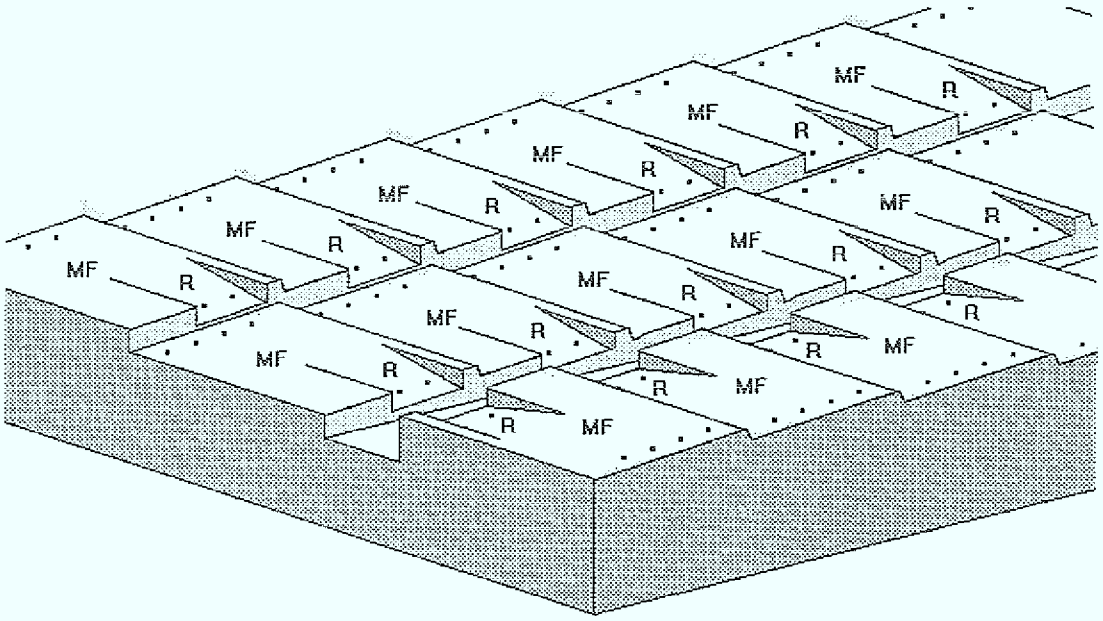


Fig. 8 *Detektor-Board - Silizium-Seite*

liegt 2 mm tiefer, als die beiden äußeren Reihen, die Montageflächen MF für die einzelnen Detektorelemente sind mit einem Winkel von etwa 3,6° schräg gestellt. Die modularen Detektorelemente werden mit ihren Drahtanschlüssen durch die auf den Montageflächen MF erkennbaren Bohrungen gesteckt. Dabei werden die beiden Drähte der Kontakte HV und GND durch die Bohrungen in der Rampen R geführt, die schräg eingefräst sind, um den Lötaugen, die ja auf der Unterseite der Kontaktplatine auftragen (siehe Fig. 5a, Schnitt BB), genügend Platz zu geben.

Die Elektronik-Seite

Die Rückseite des Detektor-Bords erhält seine Struktur durch die beiden fest vorgegebenen Bedingungen: die Vorgabe des Detektorelementes mit seiner festgelegten Geometrie und die Vorgabe des zum Auslesen benutzten Chips AMPLEX-16 von CERN [5], mit seinen 16 Kanälen "Ladungs-Verstärker - Filterstufe - SAMPLE / HOLD - MULTIPLEXER". Das Detektor-Bord muß letztlich alle Si-Elemente tragen und kontaktieren, es muß isolieren und gute elektrische Eigenschaften hinsichtlich des Übersprechens haben, es muß gegen mechanische und thermische Belastungen stabil sein. Andererseits muß die Materialstärke an den Stellen der Drahtdurchbrüche möglichst gering sein, um Übersprechen gering zu halten. Das

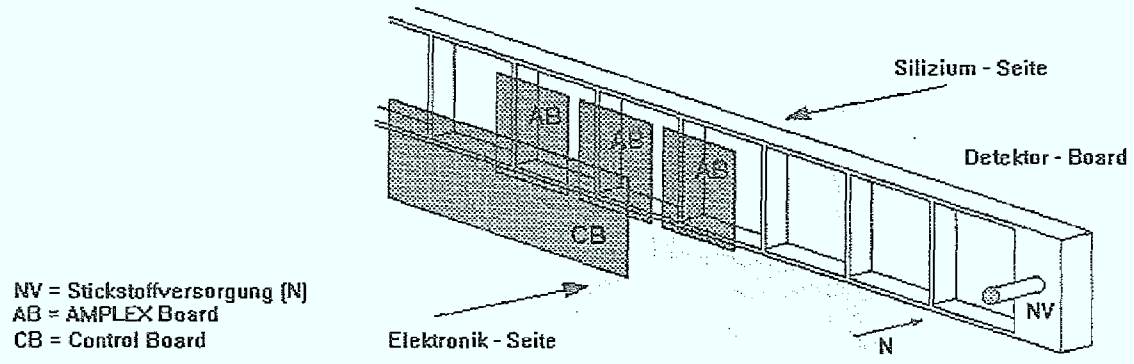


Fig. 9 *Elektronik-Seite des Detektor-Bords: in jeder Kasette sitzt ein AMPLEX-Bord mit Readout - Elektronik für 48 Si-Pads*

Detektor-Bord bekommt seine Stabilität deshalb von einer Art Kasettenstruktur auf der Elektronik-Seite (Fig. 9). Das Maß von 70 mm x 68 mm für ein in gleicher Form immer wiederkehrendes Segment ergibt sich neben der Berücksichtigung der Si-Pad-Geometrie auch aus der mit AMPLEX-Chips erreichbaren Packungsdichte, ohne das eventuelle Übersprechen zwischen den INPUT-Leitungen zum Problem zu machen. Dies führte zu folgendem Design: Die Größe des Segmentes ist so gewählt, daß darin 3 Reihen mit je 16 Signalleitungen von Si-Pads ankommen. In jedes dieser Segmente wird nun eine Grundplatine eingeklebt, die die Bereiche, in denen die Detektor-Anschlußdrähte von der Silizium-Seite her ankommen, frei läßt (Fig.10). In die Grundplatine ist für jeden ankommenden Draht eine kleine Buchse (COMATEL Art. Nr. 312 0128 0 00 40 0, Innen-∅: 0.35 bis 0.5 mm, gefedert, vergoldet) so eingelassen, daß sie noch etwa 1.5 mm aus der Platine herausragt.

Montage der Detektorelemente auf dem Detektor-Bord

Die Detektor Elemente (Fig. 7) werden nun von der Silizium-Seite her durch die Bohrungen gesteckt. Zunächst werden die Drahtanschlüsse der Kontakte 1, 4 und HV des Detektor-Elementes auf der Grundplatine GP (Elektronik-Seite, Fig.10) etwa eine Windung um die Buchse gebogen, um das Detektorelement erst einmal auszurichten und zu fixieren, dann werden die Drähte angelötet. Jetzt verfährt man mit den restlichen Drähten (2, 3, und GND) ebenso.
Auf diese Grundplatine GP wird nun die Platine mit der Frontend-Elektronik, das AMPLEX-Bord AB (Fig. 9, Fig. 10, Fig. 11), aufgesteckt: eine Platine, die ganz in das Segment paßt, auf der sich 3 AMPLEX-Chips (A16) für das READOUT von 48 Kanälen befinden, und über die auch die Detektorspannung zugeführt wird. Für je 3 AMPLEX-Bords (d.h. 9 AMPLEX-Chips) wird nahebei (aber nicht am Detektor-Bord befestigt) ein Control-Bord CB (Fig. 9) bereitgehalten, an das jedes AMPLEX-Bord mit Kabel-Steckverbindung angeschlossen wird. Auf dem Control-Bord befinden sich LEVEL-Konverter für die Steuer-signale TRACK / HOLD, CLOCK für Readout, und RESET, die vom DRAMS-Control- Modul kommen, ein Treiber für die analogen Ausgangs-Signale der AMPLEX-Chips und Siebglieder für die Detektorspannung, die über dieses Control-Bord zu den Si-Detektor-Elementen gebracht wird. Das komplette Arrangement des Detektors mit seiner Frontend-Elektronik ist im Anhang (Fig. A-6a bis Fig. A-6d) zu sehen.

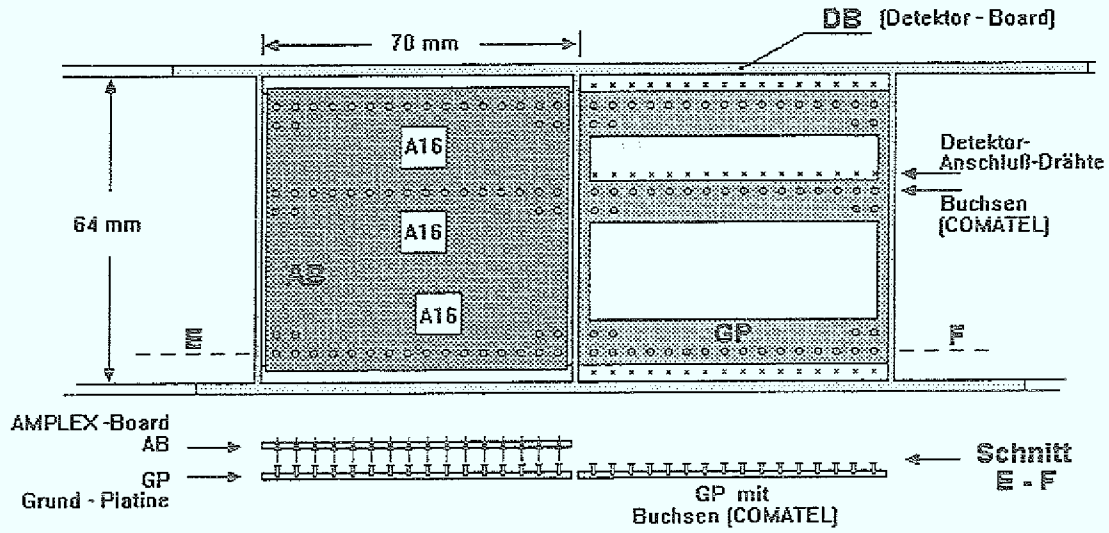


Fig. 10 *Ansicht der Elektronik-Seite des Detektor-Boards. Auf jedem AMPLEX-Bord AB befinden sich 3 Chips AMPLEX-16 (A16).*
Steckerstifte auf dem AMPLEX-Bord AB: COMATEL Art. 312 1594 0 00 50 0
Buchsen auf der Grundplatine GP: COMATEL Art. 312 0128 0 00 40 0

Die Stickstoff-Versorgung

Am rechten Ende des Detektor-Bords sieht man in Fig. 9 einen Rohransatz NV, auf den ein Schlauch aufgesteckt werden kann. Auf diese Weise kann Stickstoff auf die Silizium-Seite des Detektor-Bords geleitet werden. Da vor dem Silizium-Detektor ein großflächiger Szintillationsdetektor einigermaßen gasdicht montiert wird, genügt es, am linken Ende des Detektor-Bords einen ähnlichen Rohransatz als Gas-Auslaß zur Verfügung zu haben, um alle Silizium-Detektorelemente und ihrer Bondverbindungen hinreichend mit Stickstoff zu fluten.

2.) Elektronik der Detektoren

Wie das Auslesen der Silizium-Pads mit dem Chip AMPLEX-16 einerseits und den CAMAC-Modulen DRAMS-Receiver und DRAMS-Control andererseits in groben Zügen abläuft, kann man den entsprechenden Publikationen ([5], [7], [8]) entnehmen. Für den optimalen Einsatz dieser Komponenten an unseren Silizium-Detektoren sind nun folgende Entwicklungen erforderlich:

Mit der Festlegung auf dem CERN-Chip AMPLEX-16 und auf eine endgültige Gestaltung der Detektor-Mechanik, speziell das Detektor-Bord, mußte nun eine Frontend-Platine mit den AMPLEX-Chips, das sog. **"AMPLEX-Bord"**, entwickelt werden, das auf möglichst kurzen Wegen die Signale aus den Silizium-Pads aufnimmt. Die Pin-Belegung des AMPLEX-Chips ist im Anhang (Fig. A-2) gegeben, Angaben zu Signalen und Funktionen findet man in der Literatur [5], [6] und einer Reihe von CERN-Notes von E.H.M. Heijne und P. Jarron.

Da die Frontend-Elektronik in einer Entfernung von 25 m, evtl. auch 100 m, von der standardisierten Auslese-Elektronik in CAMAC/NIM entfernt ist, und da die Steuersignale für das Auslesen der AMPLEX-Chips teilweise so geartet sind, daß sie nicht ohne Schaden über diese

Distanz übertragen werden können, wurde für den Betrieb direkt am Frontend für je drei AMPLEX-Bords ein "CONTROL-Bord" entwickelt, das direkt vor Ort die für das Auslesen der AMPLEX-Chips erforderlichen Signale generiert und andererseits Treiber-Elektronik für das Übertragen der Analog-Signale der Siliziumdetektoren hin zur CAMAC/NIM-Auslese-Elektronik zur Verfügung stellt.

Das Auslesen eines EVENTs wird ausgelöst von einem MAIN TRIGGER-Signal, das nur bei Erfüllung der gestellten Bedingungen erzeugt wird, und das, bei gegebenen Bedingungen, einen festen zeitlichen Bezug zum EVENT hat. Um aus diesem Trigger-Signal die für das Auslesen erforderlichen Steuersignale abzuleiten und zum optimalen Zeitpunkt zu liefern, wurde schließlich das "EVENT-Control-Modul" entwickelt; außerdem erfüllt dieses Modul die Aufgabe, die Steuersignale aus dem DRAMS-Control-Modul zu regenerieren und optimal zu formen, um sie dem CONTROL-Bord am Frontend zuzuführen.

a. Frontend - Elektronik

Das AMPLEX-Bord

Die Dimemsionen des AMPLEX-Bords sind durch die Gestaltung der Kasettenstruktur auf der Elektronik-Seite des Detektor-Bords (Fig. 9) bestimmt. Auf der Fläche des AMPLEX-Bords werden nun 3 AMPLEX-Chips so positioniert, daß einerseits die 3 x 16 ladungsempfindlichen Eingänge möglichst wenig gegenseitig übersprechen, andererseits aber auch die Steuersignale TRACK/HOLD, CLOCK und RESET möglichst nicht auf die Eingänge koppeln können. Da sich dies bei der hier gegebenen Packungsdichte nicht ohne sorgfältige Abschirmung der Steuer-Signale erreichen läßt, wurde das AMPLEX-Bord in 4 Layer-Technik implementiert. Das Schaltbild des AMPLEX-Bords findet man im Anhang, Fig. A-7 (dazu Pinbelegung des

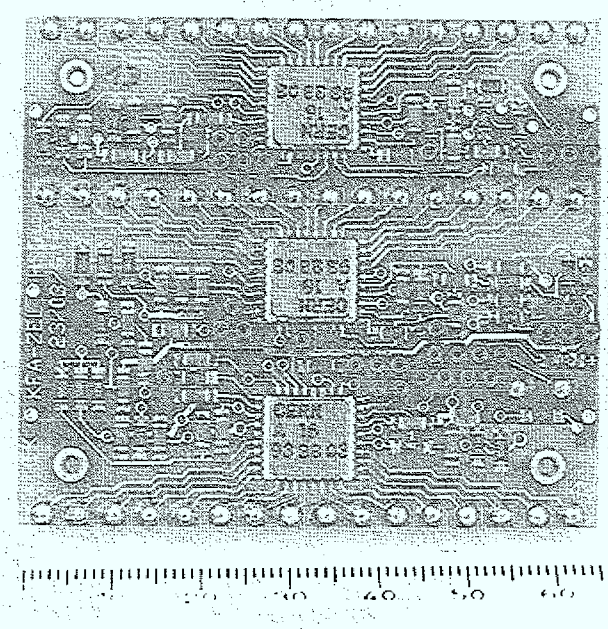


Fig. 11 *AMPLEX-Bord - Man erkennt vor allem die drei Chips AMPLEX-16, man erkennt außerdem die Buchsen, auf die die Steckplatinen aufgesetzt werden, die den Signal-Verkehr von und zum Control-Bord ermöglichen*

AMPLEX-16 in Fig-A-2). Neben der Versorgung aller Teilkreise der AMPLEX-Chips geht es vor allem um die optimale Wahl der Ströme I_{POTA} und I_{NOTA}, die mit den Widerständen R_5 und R_6 erfolgt . Mit I_{POTA} und I_{NOTA} werden Shaping und Dynamik der Analog-Ausgangs-Signale aus der Filterstufe der AMPLEX-Chips festgelegt (siehe auch Abschnitt II. 1.).
Fig-11 zeigt ein Foto des AMPLEX-Bords. In den Silizium-Pad-Detektoren sind zusammen 18 dieser AMPLEX-Bords im Einsatz.

Das CONTROL-Bord

Die Steuersignale, die die AMPLEX-Chips benötigen, sind so gestaltet, daß sie nicht unbeschadet über Entfernungen von 25 m bis 100 m übertragen werden können. Deshalb wurde für die Ansteuerung von je 3 AMPLEX-Bords ein CONTROL-Bord entwickelt , das in einem Abstand von etwa 25 mm hinter den dazugehörigen 3 AMPLEX-Bords sitzt (siehe auch Fig. 9), und hier direkt am Frontend die erforderlichen Steuersignale generiert. Fig. 12 zeigt ein Blockschaltbild des CONTROL-Bords und seine Funktionen:
Um die Signale TRACK / HOLD, CLOCK und RESET zu erzeugen, wird das CONTROL-Bord über eine Entfernung von derzeit 25 m (später evtl. bis 100 m) mit "Fast NIM"-Signalen angesteuert. Daraus wird nun ein TRACK-HOLD-Übergang, der von +5V nach -5V schal-

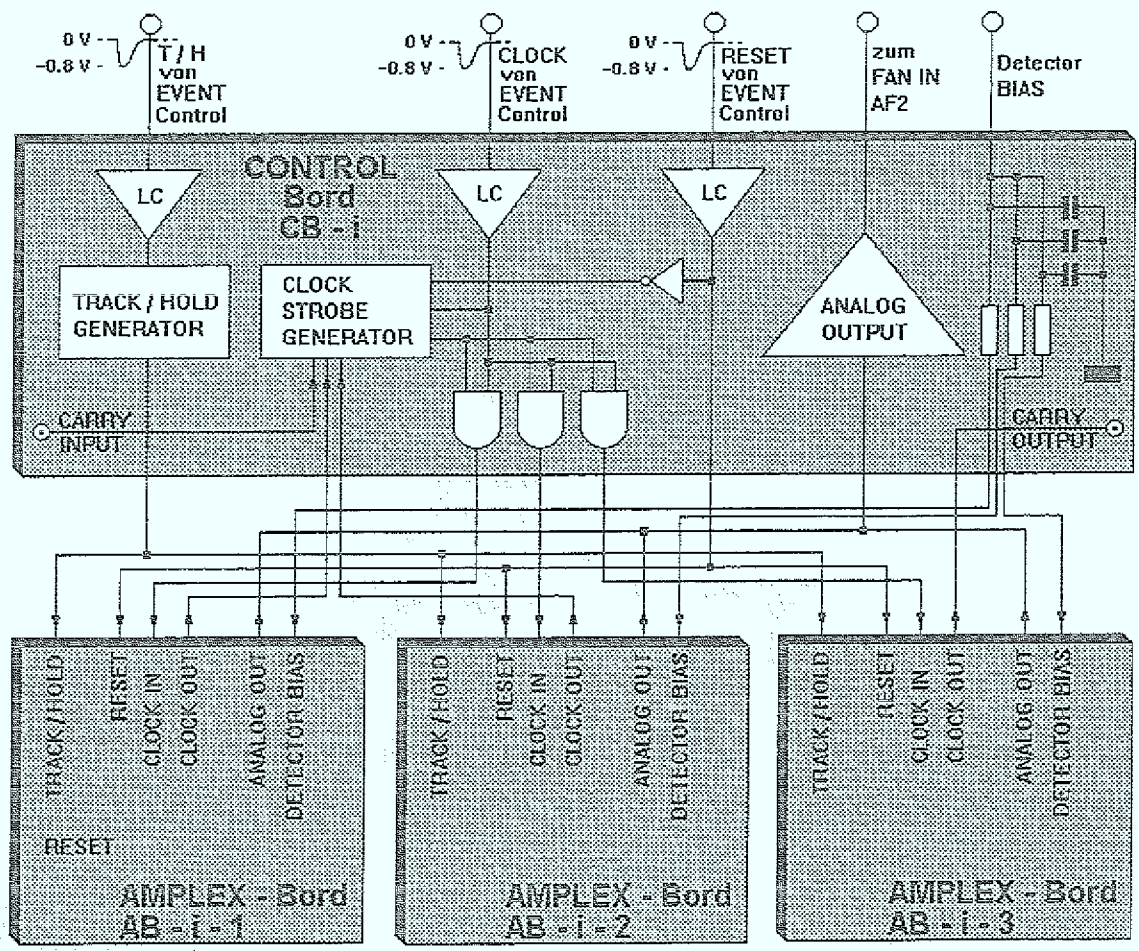


Fig. 12 *CONTROL-Bord - Blockschaltbild und Funktionen*

tet, generiert, daraus werden CLOCK-Signale erzeugt, die für etwa 150 ns von -5V nach 0V schalten und wieder zurück, und daraus entsteht ein RESET-Signal, das für etwa 2 µs von -5V nach 0V schaltet und dann zurück.
Dem CLOCK-Signal mußte besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden:
Die Silizium-Pad-Detektoren haben zusammen 864 Si-Pads. Das DRAMS-Receiver-Modul liest parallel zwei Blöcke von max. 512 Kanälen aus, man kommt also mit 1 DRAMS-Modul aus, mit der Vorwahl von 432 (0 bis 431 !) in jedem Block. Die AMPLEX-Chips werden in zwei Blöcke aufgeteilt. Nach dem Signal START READ an die DRAMS-Control werden die CLOCK-Signale mit einem zeitlichen Abstand von etwa 2.3 µs auf den Eingang "CLOCK IN" jeweils des ersten AMPLEX-Chips eines Blockes gegeben. Nach 16 Clock-Signalen erzeugt der AMPLEX-Chip ein Signal "CLOCK OUT" und gibt die CLOCK-Signale an den nächsten Chip weiter, wobei die Clock-Signale aber nach wie vor durch die bereits ausgelesenen AMPLEX-Chips laufen. Für das Readout der 2 x 432 Pads mit dem DRAMS-Receiver, würde man also je 27 AMPLEX-Chips mit den Anschlüssen "Clock In" und "Clock Out" in einer "Daisy Chain" verbinden.
Aber: Die CLOCK-Signale machen ein CROSS TALK-Signal auf der Analog-Ausgangsleitung des AMPLEX-Chips, durch den sie laufen!
Da einerseits die Analog-Ausgänge aller AMPLEX-Chips eines Blockes spätestens am DRAMS-Receiver-Input eines Blockes zusammengeführt werden, andererseits die CLOCK auch weiterhin durch jeden ausgelesenen AMPLEX-Chip durchläuft, addiert sich für jeden von der CLOCK erfaßten Chip ein gleich großes CROSS TALK-Signal, sodaß bei einer "Daisy Chain" von 27, beim Readout der letzten 16 Analog-Informationen ein 27-faches CROSS-TALK-Signal zu erwarten ist.
Um dieses CROSSTALK-Problem in verträglichen Grenzen zu halten, befindet sich auf dem CONTROL-Bord der sog. "CLOCK STROBE"-Generator, der die CLOCK nur einem einzigen AMPLEX-Bord mit "Daisy Chain" = 3 aufschaltet, nach erfolgtem Auslesen wegschaltet und dem nächsten AMPLEX-Bord aufschaltet.
Schließlich wird auch noch die Detektor-Spannung über das CONTROL-Bord an das Front-end gebracht. Ein Schaltbild des Control-Bord befindet sich im Anhang (Fig. A-8a bis c).

Die Spannungsversorgung der Silizium-Detektor-Elemente

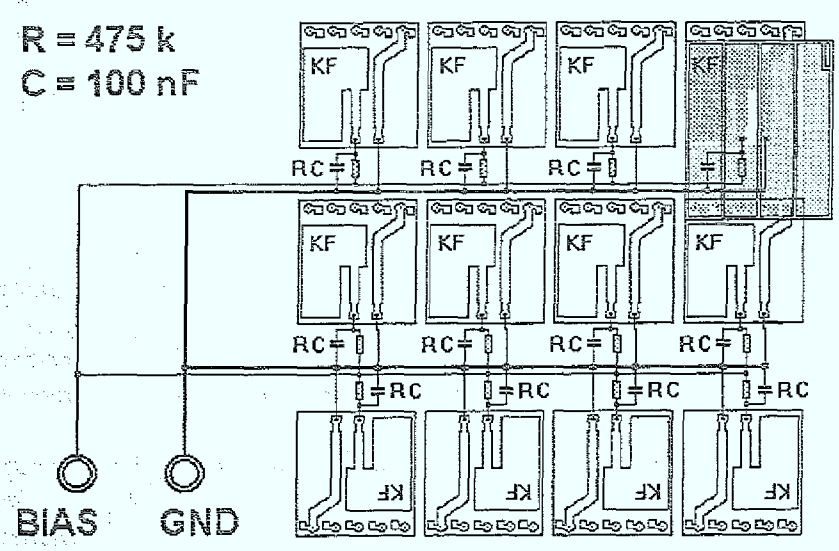


Fig. 13 *Spannungsversorgung der einzelnen Detektor-Elemente*

Jedes Detektor-Element (Fig. 7) wird über einen eigenen Arbeitswiderstand von 475 kΩ mit Spannung versorgt, damit nicht bei plötzlichem Ansteigen des Leckstromes eines einzelnen Detektor-Elementes auch die übrigen Detektor-Elemente wegen des Abfalles der Detektorspannung über dem Arbeitswiderstand in Mitleidenschaft gezogen werden. Einzelheiten sieht man in Fig. 13.
Die Spannungsverteilung mit den Bauelementen R und C ist auf der Grundplatine GP (siehe Fig. 10) montiert.

Temperatur-Kontrolle bei CB-4

Der K^--Detektor wird mit der gesamten Frontend-Elektronik im Gap des COSY-Dipols MDBE8 betrieben. Deshalb wird an zwei ausgesuchten Punkten mit Platin-Temperaturfühlern PT100 (d.h. bei 0 °C $R_0 = 100\ \Omega$) die Temperatur beobachtet: Ein Sensor befindet sich mitten in der Frontend-Elektronik zwischen AMPLEX-Bords und Control-Bord CB4, der andere soll in einiger Entfernung von der Elektronik die allgemeine Temperatur-Entwicklung im Gap des COSY-Dipols und in der COSY-11-Kammer registrieren.

b. Auslese-Elektronik in CAMAC / NIM

Die Auslese-Elektronik, die nicht unbedingt direkt am Detektor stehen muß, und die die gewonnenen Informationen digitalisiert, aufbereitet und dem EVENT BUILDER anbietet, ist in den Standards CAMAC und NIM aufgebaut.

DRAMS Control und DRAMS Receiver

Wie schon in der Einleitung , Abschnitt 4., aufgezeigt, werden für das Auslesen der 864 Silizium-Pads 1 DRAMS-Receiver und 1 DRAMS-Control benutzt. Auch Funktion und Details dieser Module werden in diesem Abschnitt und natürlich ausführlich in Publikationen beschrieben ([7], [8]). Das DRAMS-Control-Modul liefert die Steuersignale für den Auslese-Zyklus, es muß aber zur rechten Zeit ein Start-Signal dafür bekommen, es liefert CLOCK-Signale, diese müssen aber in Level und Tastverhältnis konvertiert und zum Frontend gebracht werde, es liefert BUSY und RESET, auch diese müssen zur rechten Zeit, und nicht nur mit dem DRAMS-Receiver, sondern auch mit allen übrigen Komponenten des Auslese-Systems zusammenspielen.
All diesen Anforderungen muß durch Entwicklung entsprechender Elektronik Rechnung getragen werden.

Das EVENT Control Modul

Die eben beschriebenen Funktionen, die die DRAMS-Module von sich aus nicht bringen können, werden vom EVENT Control-Modul mit übernommen, die Hauptaufgabe dieser EVENT-Control ist es aber generell, nach dem Auftreten eines echten MAIN-Trigger-Signals vom Experiment, das Auslesen der Silizium-Pad-Detektoren zu starten und in der rechten Weise zu steuern:
Der Main-Trigger liefert nach hardwaremäßiger Abfrage einiger für das Experiment typischen Bedingungen etwa 200 - 350 ns nach dem EVENT ein Trigger-Signal (Fast NIM). Daraus nun generiert das EVENT-Control-Modul alle für das Readout erforderlichen Steuersignale (siehe Fig. 14):

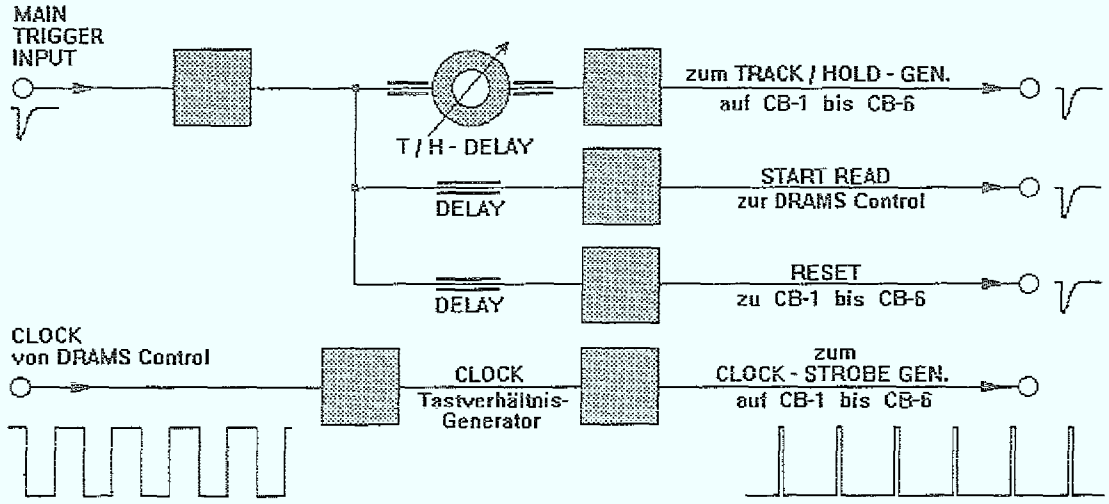


Fig. 14 *Die Funktionen des EVENT-Control-Moduls*

Zuerst wird ein TRACK/HOLD - Signal erzeugt, ein Fast-NIM-Signal, das zu den CONTROL-Bords am FRONT-END geschickt wird. Dort wird es zur Erzeugung des TRACK-HOLD-Überganges von +5V nach -5V benutzt, der an allen AMPLEX-Chips gleichzeitig stattfinden soll. Dieser Übergang muß erfolgen, wenn das Analogsignal aus der Filterstufe des AMPLEX-Chips sein Maximum erreicht hat, und bewirkt, daß die Analoginformation gespeichert wird; das Maximum ist etwa 1.5 µs nach Stattfinden des EVENTs erreicht. Um diesen Zeitpunkt genau einhalten zu können, kann man am EVENT-Control-Modul die Verzögerung für die Erzeugung des T/H-Signals am Helipot "T/H-Delay" einstellen. Diese Möglichkeit ist unabdingbar, da je nach Aufbau des Main-Triggers sehr unterschiedliche Zeiten für die Erzeugung des Main-Trigger-Signals und damit für dessen Ankunft am Trigger-Eingang des EVENT-Control-Moduls angesetzt werden müssen, und nach Änderung an der Main-Trigger-Hardware oder auch nur nach Änderungen an der Verkabelung eine schnelle Optimierung des T / H - Timings möglich sein muß.
Nach erfolgtem T / H - Übergang wird mit ausreichendem Delay ein START READ - Signal (Fast NIM) zur DRAMS-Control geschickt.
Das Tastverhätnis der CLOCK-Signale, wie sie aus der DRAMS-Control kommen, wird in der EVENT-Control verändert (zu -5V/0V : 2.160 µs/140 ns), die Signale gehen dann zur STROBE-Einheit auf den Control-Bords am Frontend.
In sicherem zeitlichem Abstand nach dem letzten CLOCK-Signal wird dann ein RESET-Signal an alle Komponenten des Auslese-Systems gegeben. Danach ist das System bereit das nächste EVENT, wann immer es kommt, auszulesen. Schaltbilder des EVENT-Control-Moduls befinden sich im Anhang, Fig. A-9a - Fig. A-9b).

c.) Der Auslese - Zyklus (Timing-Diagramm)

Der Auslese-Vorgang wird gestartet von einem Fast-NIM-Signal aus dem MAIN-TRIGGER des Experimentes. In einer ersten Konfiguration des MAIN-TRIGGERs von COSY-11 trifft dieses Signal etwa 250 - 350 ns nach Stattfinden des EVENTs am Trigger-Input des EVENT-Control-Moduls ein (siehe Fig. 15). Das EVENT-Control-Modul schickt nach geeigneter Verzögerung ein Fast-NIM-Signal zum TRACK / HOLD - Generator auf den CONTROL-Bords CB-i, der den Übergang vom TRACK- zum HOLD-Status (von +5 V nach -5 V) genau dann

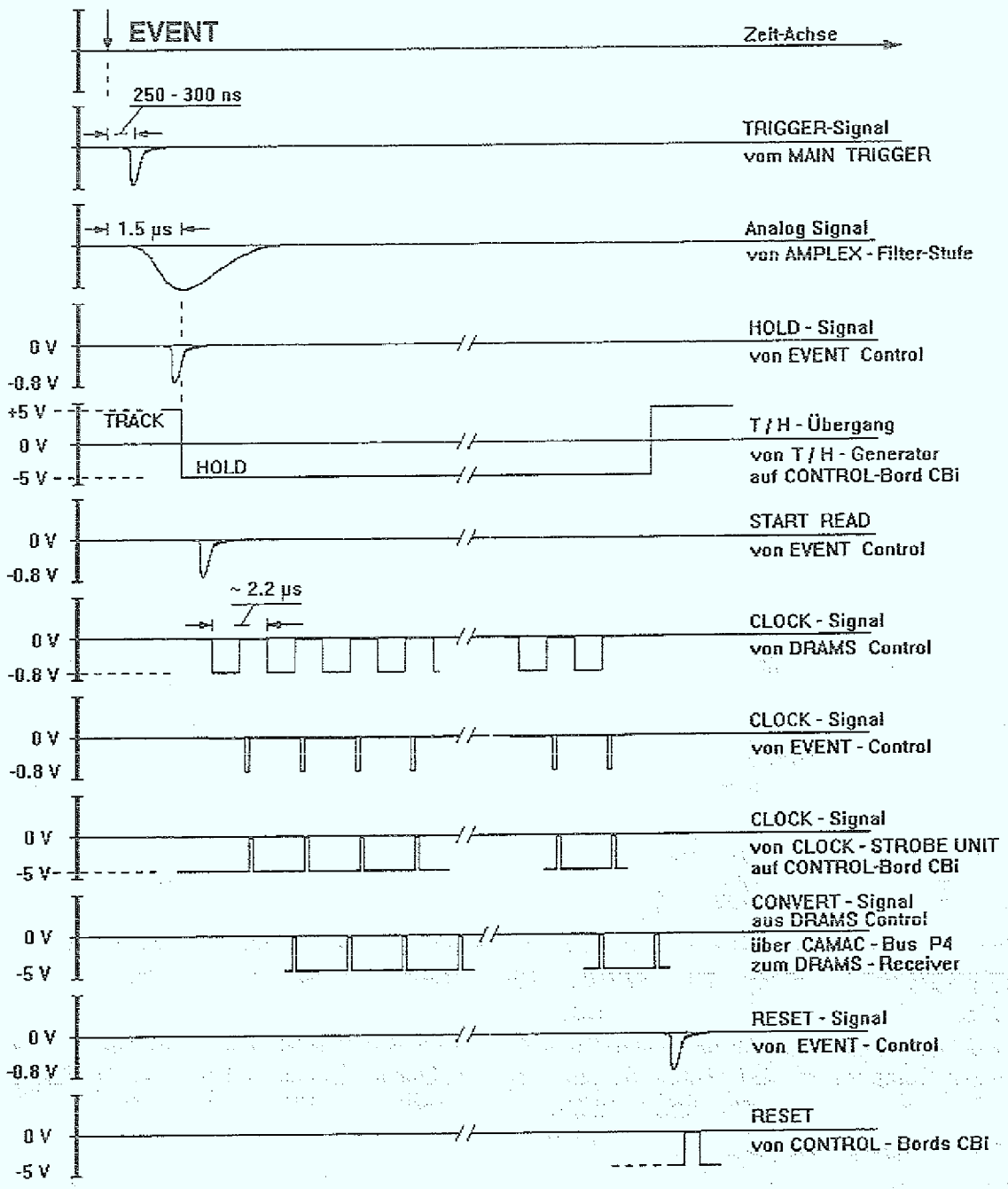


Fig. 15 *Timing-Diagramm des READOUT - Zyklus*

generiert, wenn die Analog-Signale aus den Filterstufen der AMPLEX-Chips ihr Maximum erreicht haben. Damit werden alle ΔE-Informationen in den Speichern der AMPLEX-Chips festgehalten.
Nach Abschluß dieser Aktion schickt das EVENT-Control-Modul ein Fast-NIM-Signal "START READ" zum DRAMS-Control-Modul, das daraufhin mit der Erzeugung von CLOCK-, CONVERT- , BUSY- und RESET-Signalen beginnt:
Die CLOCK-Signale (duty cycle ~ 50%) werden im EVENT-Control-Modul im Tastverhältnis optimiert und dann der CLOCK-STROBE-Einheit auf den CONTROL-Bords CB-i zugeführt, von wo aus sie zu den MULTIPLEXER-Stufen der AMPLEX-Chips geschickt werden, um im zeitlichen Abstand von etwa 2.3 μs nacheinander die Analog-Informationen der AMPLEX-Speicher dem DRAMS-Receiver, und dort dem Flash-ADC, zu übergeben. Nach jedem CLOCK-Signal, einer gewissen Zeit für "settling" und einer am DRAMS-Control-Modul einstellbaren Verzögerung liefert das DRAMS-Control-Modul über die CAMAC-Bus-Leitung P4 ein CONVERT-Signal zum ADC des DRAMS-Receiver, um die Digitalisierung (8 bit) zu starten. Nach der Kontrolle in der LOGIC-Unit (siehe auch Einleitung, Abschnitt 4.) und dem Abspeichern der Daten, die über die Schwelle kamen, bringt dann das nächste CLOCK-Signal die nächsten Signale zum ADC. Wenn alle Pads ausgelesen sind, - die Anzahl der CLOCK-Signale wird am Prescaler im DRAMS-Control-Modul vorgewählt -, liefert das DRAMS-Control-Modul ein RESET-Signal und nimmt dabei HOLD und BUSY zurück.
Danach werden die Daten im Ausgangs-Memory des DRAMS-Receiver im Rahmen des EVENT-Builder-Zyklus abgeholt.

3.) Das Gesamt-System

Geographie der Hardware, FAN INs und FAN OUTs

Das Gesamt-System von Detektoren und Auslese-Elektronik ist in Fig. 16 zu sehen: Am Frontend ist der Monitor-Detektor mit dem Control-Bord CB-1 angedeutet; er hat ganz links einen Testeingang für Optimierungszwecke. Im COSY-Dipol 2MDBE8 erkennt man den fünfmal längeren K^- - Detektor mit den Control-Bords CB-2 bis CB-6.
Das NIM-Crate in unmittelbarer Nähe des Detektors enthält Module zur Spannungsversorgung der AMPLEX- und CONTROL-Bords, enthält FAN OUT - Module zum Treiben der Signale HOLD, CLOCK und RESET, und beherbergt schließlich zwei FAN IN - Module Typ AF2, von der Universität Münster, die die Analog-Signale auf zwei Blöcke zusammenführen und dann über eine Entfernung von derzeit etwa 25 m zu den beiden Eingängen des DRAMS-Receiver übertragen.
Hinter der Beton-Abschirmung des COSY-Ringes befindet sich ein CAMAC-Crate mit DRAMS-Receiver und DRAMS-Control, EVENT-Control-Modul, Logik-Einheiten und Level-Konvertern. Es wird der CAMAC Crate Controller VCC 2117 (CES), Typ A, eine Entwicklung des ZEL, Forschungszentrum Jülich [9], [10], [11] sowie das VIC-Bus-Interface VIC 8250 von CES benutzt. Von diesem CAMAC-Crate holt sich der EVENT-Builder die Daten der Silizium-Pad-Detektoren ab [12], [13].
Die komplette Verkabelung der Module im NIM-Crate und im CAMAC-Crate untereinander und mit der Frontend-Elektronik ist im Anhang Fig. A-10a bis Fig. A-10c wiedergegeben.

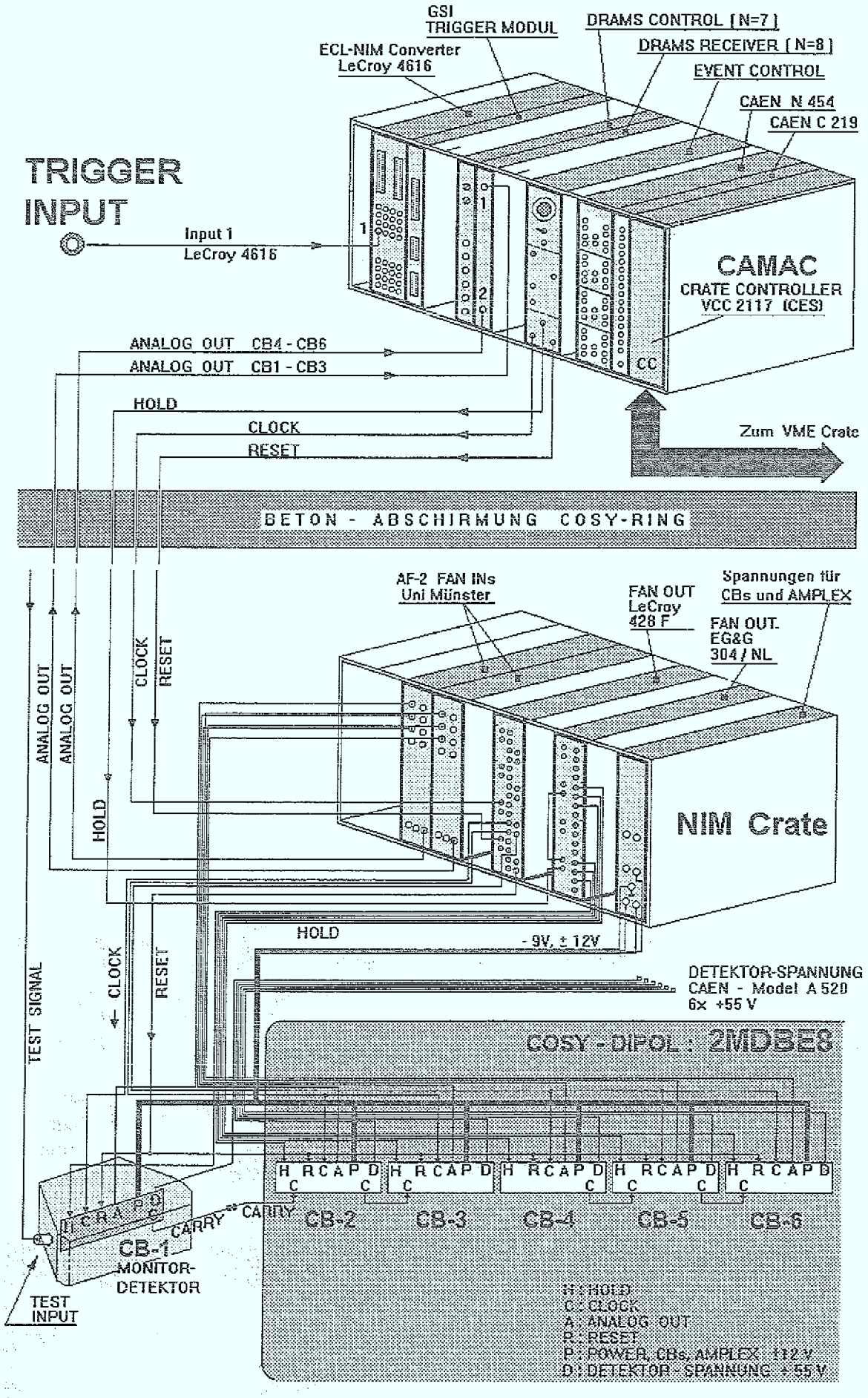


Fig. 16 *Das Gesamt-System der Silizium-Pad-Detektoren*

b.) Zuordnung von X/Y-Position und Pad-Nummer

Durch die Anordnung der Si-Detektorelemente in drei Reihen übereinander, das Zusammenfassen von jeweils 48 Si-Pads mit einem AMPLEX-Bord und die Notwendigkeit, die drei darauf befindlichen AMPLEX-Chips optimal zu positionieren, um z.B. Übersprechen auf den Eingangsleitungen, Störungen durch CLOCK-Signale usw. möglichst gering zu halten, erfolgt die Durchnummerierung der Silizium-Pads wie in Fig. 17 angedeutet, die vollständige Zuordnung von Pad-Nummer und X/Y-Position ersieht man aus Fig. 18.

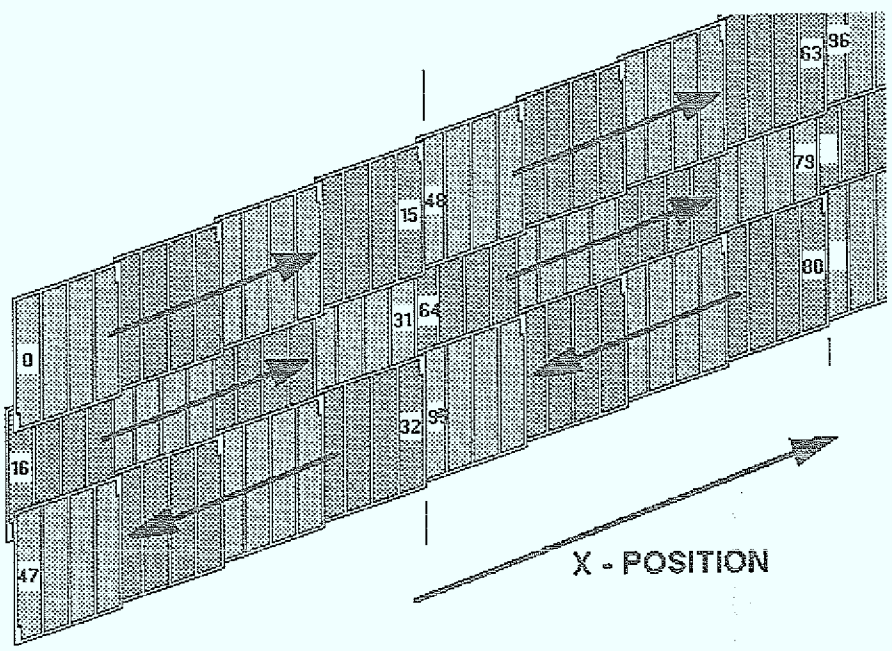


Fig. 17 *Durchnummerierung der Silizium-Pads*

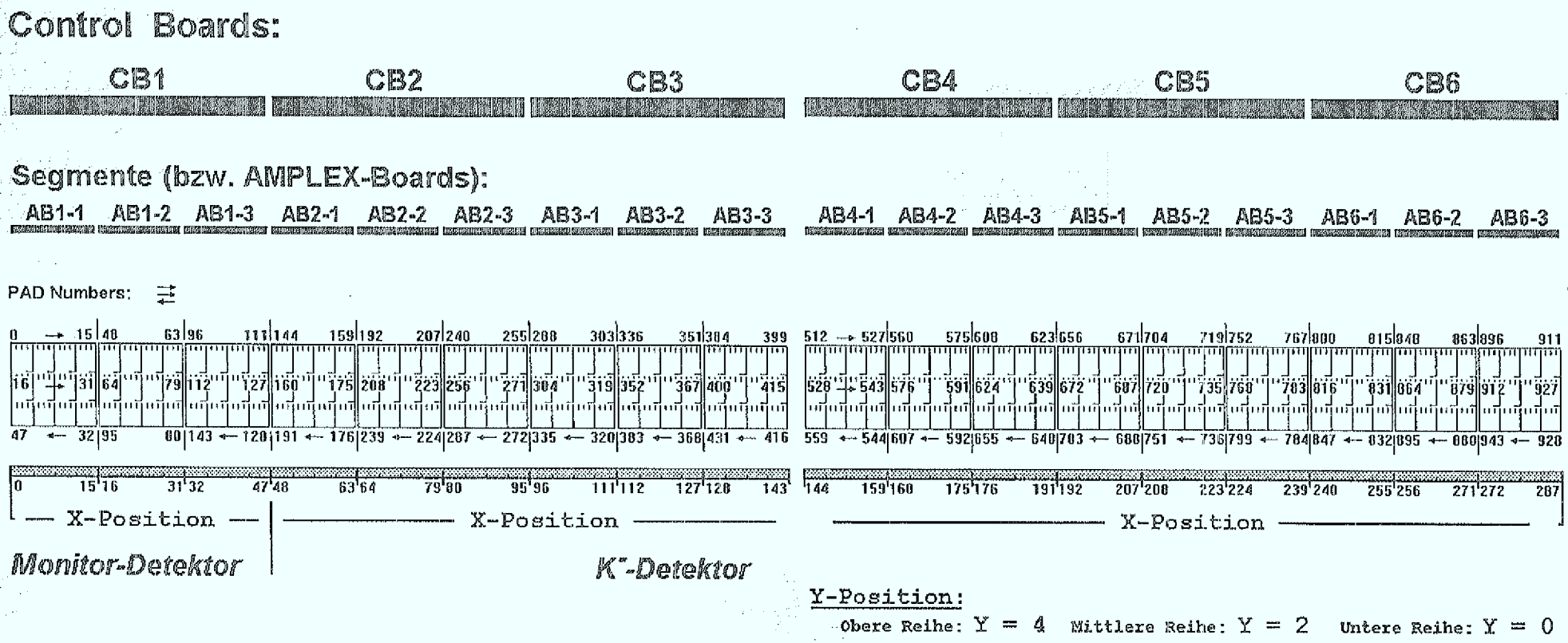


Fig. 18 *Zuordnung von X/Y-Position und Pad-Nummerierung*

SOFTWARE

Mit der Verwendung der CAMAC-Module DRAMS Receiver und DRAMS Control von CERN für das Auslesen der AMPLEX-Chips sind natürlich zwei Dinge festgelegt:

*** die CAMAC-Befehle, mit denen die Module angesprochen werden (siehe [7], [8], [14]).
*** das Format, mit dem die Daten im Ausgangs-Speicher des DRAMS-Receiver stehen, aus dem sie am Ende des Readout-Zyklus im Q-Stop-Mode vom EVENT-Builder abgeholt werden (siehe Fig. 4, sowie [14]).

Durch die Anordnung der Si-Detektor-Elemente in drei Reihen übereinander, das Zusammenfassen von jeweils 48 Si-Pads mit einem AMPLEX-Board und die Notwendigkeit, die 3 darauf befindlichen AMPLEX-Chips optimal zu positionieren, um z.B Übersprechen auf den INPUT-Leitungen, Störung durch die CLOCK-Signale usw. möglichst gering zu halten, ist eine weitere Festlegung erfolgt:

*** die Durchnummerierung der Si-Pads erfolgt auf eine ganz bestimmte Weise, die von der Auslese- und Auswerte-Software berücksichtigt werden muß (siehe Fig. 18).

1. Akkumulieren von Listmode-Daten

Grundlagen

Das Datenaufnahmesystem arbeitet nach dem Client-Server-Prinzip. Auf dem Frontend-Prozessor (CAMAC-Controller) läuft ein Serverprozeß, dem über eine Netzverbindung (meist TCP/IP) von einem oder mehreren Clients Befehle erteilt werden können. Das zugrundeliegende Protokoll ist EMS (Experimental Message Specification [15]), es wurde im ZEL unter Verwendung grundlegender Ideen des MMS (Manufacturing Message Specification ISO 9506 [16]) entwickelt. Während die Auswahl des verwendeten Servers nicht der Willkür des Experimentators unterliegt, stehen mehrere Clients zur Verfügung, die für bestimmte Aufgaben in unterschiedlichem Maße geeignet sind.

Das Programm "klient" [17] bietet für Tests die meisten Möglichkeiten. Es erfordert grundlegende Kenntnisse von EMS. Ein extrem spezialisierter Client ist das Programm "parasit", es ist einfach zu bedienen, erfüllt aber nur einen einzigen Zweck: Mit Hilfe des Programms "parasit" wird dem Eventbuilder mitgeteilt, daß er Daten über einen Socket an einen anderen Rechner schicken soll. Hier wird vorausgesetzt, daß bereits eine Datenaufnahme läuft. Diese Art der Daten-Erfassung wird im Experiment-Betrieb für die Beurteilung der Funktion von Detektor-Komponenten, und für ein erstes Sichten der Daten von Interesse sein.

Es werden drei grundlegende Möglichkeiten betrachtet, Listmode-Daten zu akkumulieren:

*** "normale" Daten-Erfassung
*** Kopieren von Sample-Daten aus einer laufenden Data-Acquisition (z.B. mit "parasit")
*** eigenständige spezialisierte Daten-Erfassung

Bei der ersten Methode geht der Datenfluß direkt auf ein Magnetband, man kann erst nach Abschluß der Messungen darauf zugreifen.

Die zweite Methode läßt sich mit wenigen Vorbereitungen realisieren. Man muß aber darauf achten, daß man die bereits laufende Messung nicht stört.
Die dritte Methode, eine spezialisierte Daten-Erfassung, bietet sich dort an, wo eine sich immer wieder ändernde Hardware-Umgebung genutzt werden muß. Diese Art der Daten-Erfassung wurde bei allen möglichen Test- und Kontroll-Messungen an den Silizium-Pad-Detektoren über Monate im Labor praktiziert.

Die eigenständige spezialisierte Daten-Erfassung

Eine eigene Datenaufnahme kann, wenn man graphische Bedienoberflächen nicht in Betracht zieht, nur mit Hilfe des Programms "klient" konfiguriert werden [17]. Dazu sind , wie oben erwähnt, tiefere Kenntnisse des EMS nötig [15]. Es stehen aber einige Client Scripts zur Verfügung, die als Beispiel dienen können (siehe Anhang Seite 73):

- dramsped : Mißt Pedestals und schreibt sie in einen File
- dramsreadout : Setzt Pedestals und Schwellen und startet das Akkumulieren der Daten
- dramsreset : Stoppt das Akkumulieren der Daten
- dramsnull : Setzt die Pedestals und Thresholds auf Null und mißt unabhängig vom Hardware-Trigger in zeitlich konstanten Abständen das "Null-Signal" (also: Offset, überlagert mit Noise = "Pedestal").

2. Auswerten der Listmode-Daten der Silizium-Pad-Detektoren mit SICON

Um die mit den oben beschriebenen Client Scripts akkumulierten Listmode-Daten-Files sortieren, und damit die Silizium-Detektoren nach den verschiedensten Gesichtspunkten austesten zu können, wurde das Programm SICON (Silicon Control) geschrieben.

Aufruf des Programmes

Das Programm läuft auf einer Workstation unter UNIX. Über ETHERNET oder VIC-Bus und über den CAMAC Crate Controller VCC 2117 (CES), Typ A, eine Entwicklung des ZEL, Forschungszentrum Jülich, [9], [10], [11], werden DRAMS- Receiver und DRAMS-Control von der Workstation aus angesprochen. Auf der Workstation erfolgt das "login" normalerweise vom PC aus über ETHERNET.
Das Programm SICON ist geschrieben in der Sprache "C", es wird aufgerufen mit:

SICON [return]

Nach Aufruf des Programmes erscheinen alle Zeichen "i" , mit denen ein Menu-Punkt aufgerufen werden kann. Nach Eintippen von "1" werden alle Menu-Punkte mit einer Stichwort-Beschreibung ihrer Funktion aufgelistet, mit "z" verläßt man das Programm SICON.

Die definierten Buffer

Wie aus der HARDWARE-Beschreibung ersichtlich, erhält ein Silizium-Pad seine feste Nummer dadurch, daß man ihm die Nummer des CLOCK-Signales, mit dem es auf die Analog-Ausgangsleitung geschaltet wird, zuordnet. Für die Interpretation von Hits ist dann natürlich

die Einführung eines X/Y-Koordinatensystems naheliegend. Wie Pad-Nummern und X/Y-Koordinaten zueinander liegen, kann man in Fig. 18 sehen.
Im Experiment-Betrieb werden die Daten aller Detektorsysteme unter der aktuellen EVENT-Nummer über den EVENT-Builder im Listmode auf Band geschrieben.
Mit dem Programm SICON werden die Listmode-Daten zur schnellen Übersicht, Beurteilung und Darstellung vom Band in verchiedene Buffer sortiert. Wenn es die Kapazität der Workstation erlaubt, wird parallel zur Aufzeichnung der Daten auf Band für die Daten der Silizium-Detektoren ein Listmode-File auf der Workstation angelegt. In diesem optimalen Fall kann man schon während der Messung die Daten der Silizium-Detektoren anschauen, nach gewissen Kriterien auswerten und vor allem die Funktion des Detektor-Systems kontrollieren und beurteilen. Die drei wesentlichen Buffer sind wie folgt definiert:

Mit der Festlegung:	[ADD_LEN]	=	1024	Pad-Nummern
	[CON_LEN]	=	256	256 Kanäle (8-bit aus Flash-ADC)
	[POS_LEN]	=	300	X-Positionen (0 bis 287)
	[Y_LEN]	=	5	Y-Positionen (0 bis 4)

padbuf [ADD_LEN] Für jede Pad-Nummer getrennt werden in diesem Buffer die Hits aufintegriert. Damit kann man u.a. sehr schnell feststellen, wo und mit welcher Verteilung die Teilchen den Detektor treffen

add_buf [ADD_LEN][CON_LEN] In diesen Buffer wird für jedes Pad ein Spektrum mit 256 Kanälen inkrementiert. Damit kann man sich u.a. das ΔE-Spektrum jedes einzelnen Pads anschauen.

pixbuf [POS_LEN][Y_LEN][CON_LEN] Hier werden für jede X/Y-Position Spektren mit je 256 Kanälen angelegt.

Das Menu und seine Funktionen

Nach Aufruf von SICON wird das Menu in folgender Form angeboten:

```
/usr/users/koehler/data>sicon
*************************************************************************

        SICON

 Si-Control          View to Si-detectors of COSY-11

*************************************************************************
dimensions: ADD_LEN =1024, CON_LEN =256, POS_LEN =300
1048576 bytes for addbuf(listbuf) allocated

1= menu functions, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
                    A, B, C, D, E, F, G, I, J, K, O, P, Q, R, S, T, U, V, W
Z= STOP SICON !!!       >>>:
```

Der gewünschte Menu-Punkt wird gestartet mit: "Ziffer" (bzw. "Buchstabe") [return]

Im Folgenden werden die einzelnen Menu-Punkte, bzw. die Operationen, die damit gestartet werden, beschrieben:

MENU: 1 Mit "1" wird die Liste aller Menu-Punkte und eine stichwortartige Beschreibung ihrer Funktionen und evtl. benutzter Buffer auf dem Bildschirm erzeugt.

MENU: 2 Mit dieser Funktion werden die Daten des Buffers add_buf[ ][ ] in den File "spec.dat" geschrieben. Man wird außerdem aufgefordert, evtl. noch einen weiteren File-Namen für die Speicherung der Daten anzugeben, da der File "spec.dat" beim nächsten Aufruf von "2" überschrieben wird.

MENU: 3 Hiermit kann man sich die Spektren (8 Bit = 256 Kanäle) der einzelnen Si-Pads anschauen. Man wird erst nach der Pad-Nr. gefragt, danach nach dem interessierenden Bereich in dem Spektrum (Start-Kanal bis Stop-Kanal). Vertikal wird die Kanal-Nr., horizontal der Kanal-Inhalt aufgetragen:

```
>>>:
3
Give Pad No        ( 823) :
Spectrum, CHAN/CONTENS from START chan_low to END chan_upp
START CHANNEL chan_low (  4) :
STOP CHANNEL chan_upp  ( 35) : 22
PAD-No: 0823
                        Counts / Channel
CHANl 0              00100              00200
-No-l-l----------------------|----------------------|----------------------
0004 l                                            *
0005 l   *
0006 l     *
0007 l         *
0008 l             *
0009 l             *
0010 l             *
0011 l         *
0012 l       *
0013 l       *
0014 l     *
0015 l   *
0016 l  *
0017 l   *
0018 l   *
0019 l  *
0020 l  *
0021 l  *
0022 l  *
```

MENU: 4 Dieser Menu-Punkt liest den File "spec.dat" in den Buffer add_buf[ ][ ] ein, oder einen alternativ angegebenen File, sofern dieser im Format des Buffers add_buf[ ][ ] geschrieben wurde (nämlich mit "2").

MENU: 5 Diese Funktion kann man aufrufen, nachdem man mit MENU "D" Pedestals bestimmt und die mittlere Abweichung σ berechnet hat, die dann noch in einem temporären Buffer stehen: Mit "5" kann man diese Pedestal- und σ-Werte zur Archivierung in einen File schreiben, dessen Namen man auf Aufforderung eingibt.

MENU: 6 Mit "6" wird die Summe aller Teilchen, die ein bestimmtes Pad getroffen haben , gegen die Pad-Nummer, d.h. der Wert von padbuf [ADD_LEN] gegen die Pad-Nummer aufgetragen. Also "Hits / Pad" , Darstellung vertikal: Pad-Nummer, horizontal nach rechts: Anzahl der Hits in diesem Pad.

MENU: 7 Diese Funktion sucht für jedes Pad in dessen Spektrum den Kanal mit dem größten Inhalt; z.B. bei Einkoppeln eines Testsignals in ein Si-Pad (=Erzeugen

eines "Peak") ist das die "Peak"-Lage im Spektrum. Danach wird die "Peak"-Lage (= Amplitudenhöhe) gegen die Pad-Nr. aufgetragen. Man wird nach dem Bereich der interessierenden Pad-Nummern gefragt. Aufgetragen wird vertikal: Pad-Nummer, horizontal: "Peak"-Lage (Kanal-Nummer).
Diese Funktion ist sehr nützlich für HARDWARE- und SOFTWARE-Tests.

MENU: 8 Der Menu-Punkt 8 summiert die Hits der 3 jeweils vertikal übereinander liegenden Pads, d.h. die Hits der Pads an gleicher X-Position (siehe Fig. 18) und stellt sie als als Funktion der X-Position dar. Man wird nach Anfang und Ende des interessierenden X-Positions-Bereiches gefragt.
Im ersten Durchgang erhält man für jede X-Position eine Zeile mit den numerischen Daten (von links nach rechts):
X-Position, Hits/X-Position, Hits im Pad bei (X-Position, Y=0), Pad-Nummer bei (X-Position, Y=0), Hits im Pad bei (X-Position, Y=2), Pad-Nummer bei (X-Position, Y=2), Hits im Pad bei (X-Position, Y=4), Pad-Nummer bei (X-Position, Y=4).
Im zweiten Durchgang kann man den interessierenden X-Bereich aufgrund der Erkenntnisse aus den numerischen Werten des ersten Durchganges neu wählen. Für diesen Bereich erhält man dann die graphische Darstellung: Hits / X-Position als Funktion der X-Position. Vertikal: X-Position, horizontal: Hits / X-Position.

MENU: 9 Mit dieser Funktion werden die Buffer **padbuf** [ ], **add_buf**[ ][ ] und **pixbuf** [ ][ ] gelöscht, außerdem einige damit verbundene temporäre Buffer.

MENU: A Dieser Menu-Punkt gibt die Möglichkeit, für jedes Pad, das hier mit seiner X/Y-Position spezifiziert werden muß, aus dem **pixbuf** [ ][ ][ ] das ΔE-Spektrum herauszusortieren und graphisch darzustellen.

MENU: B Mit dieser Funktion lassen sich, durch Eingabe entsprechender Parameter, verschiedene Versionen bestimmter Routinen wählen (z.B. mit oder ohne Ausdruck von Einzel- oder Zwischenergebnissen u.a.m.). Diese Funktion ist in der Phase der Software-Entwicklung sehr hilfreich ist.

MENU: C Hiermit sortiert man die Daten aus Listmode-Files, die mit dem Client Script "dramsreadout" angelegt und akkumuliert wurden, in die Buffer **padbuf** [ ], **add_buf** [ ][ ] und **pixbuf** [ ][ ][ ]. Dabei gibt man an, welche EVENTs (von EVENT-Nr. bis EVENT-Nr.) sortiert werden sollen, man wird nach einer Zahl n (double, doppelt genauer Gleitkomma-Wert) gefragt, mit der man eine Schwelle ($n \cdot \sigma$) (über das Pedestal, aber das Pedestal ist ja schon abgezogen) legt. In die Buffer werden dann nur die EVENTs mit ΔE-Signalen größer als diese Schwelle sortiert. Zuletzt wird man nach dem Namen des Listmode-Files gefragt, der sortiert werden soll. Z.B: sortiert man den File "listmode_007" evtl. wie folgt:

```
 >>>:
c
load pedestals from file
enter alternative name or <cr> for "pedestals" :
1024 pedestals read.
Sort ab event-no: (      0):1
Sort bis event-no: (      0):200000
Sortier-Schwelle = n * Sigma
Eingabe n =   0.0 : 5.0
enter alternative name or <cr> for listbuf.dat:listmode_007
```

Auf dem Display wird nach jeweils 100 sortierten EVENTs die EVENT-Nummer ausgegeben, damit kann man den zeitlichen Verlauf des Sortier-Prozesses verfolgen.

MENU: D Vorbemerkung:
Pedestal-Messung, σ- und Schwellenberechnung erfolgen normalerweise regelmäßig im Rahmen der Datennahme über den EVENT-Builder (also z.B. mit Client Scripts). Diese Pedestal- und σ-Werte kann man natürlich mit einer Vergleichsmessung im normalen Meß-Mode kontrollieren, indem man Readout-Zyklen mit einer beliebigen Trigger-Folge (z.B. periodisch alle 10 Sekunden) startet, und dabei darauf achtet, daß der Readout-Zyklus nicht von Teilchen gestartet wurde, und die Datennahme mit Pedestals = 0 und n = 0 erfolgt. Eine Messung dieser Art, die auch noch für andere Zwecke, z.B. zur Kontrolle des Langzeitverhaltens des Systems nützlich ist, wird mit dem Client Script "dramsnull" durchgeführt. Der dabei generierter Listmode-File kann dann mit n = 0 in den Buffer **add_buf**[ ][ ] sortiert werden, für jedes Pad also ein "peak" : das Pedestal mit seiner statistischen Streuung.

Mit "D" wird nun der Teil der Software aufgerufen, mit dem aus den Pedestal-Daten, die in den Buffer add_buf[ ][ ] sortiert oder mit "4" geladen wurden, für jedes Pad ein PEDESTAL-Wert, ein σ-Wert und danach ein THRESHOLD-Wert (dazu später auch INTEGER-Werte) berechnet werden.

PEDESTAL-Wert:
Die FAN INs, die die Analog-Informationen von den AMPLEX-Bords zusammenführen, und die Verstärker an den Eingängen des DRAMS Receiver, die die Analog-Informationen auf die Eingänge der Flash-ADCs geben, sind mit einem OFFSET versehen, das die Flash-ADCs etwa in Kanal 10 -35 (OFFSET-Kanal) digitalisieren. Die PEDESTAL-Messung (siehe Vorbemerkung zu Menu "D") liefert also für jedes Pad einen "Peak", der die statistischen Schwankungen um den OFFSET-Kanal herum wiedergibt. Als PEDESTAL wird die exakte Lage des "Peaks" bestimmt. Die exakte Lage gewinnt man, indem man für den betreffenden Peak alle Kanalnummern und deren Inhalt betrachtet und das arithmetische Mittel bildet. Die Statistik wird nun mit folgender Terminologie benutzt:
Gesucht wird das arithmetische Mittel eines Satzes von Werten $X_1, X_2, \ldots X_n$ (dies sind die im Peak vertretenen Kanal-Nummern), wobei die Kanäle $X_1, X_2, \ldots X_n$ mit den Häufigkeiten $f_1, f_2, \ldots f_n$ auftreten (d.h. f_i ist der Inhalt von Kanal X_i). Das arithmetische Mittel $\bar{X}$ ist der gesuchte exakte Pedestal-Wert, er berechnet sich zu:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} f_i X_i}{\sum_{i=1}^{n} f_i}$$

Die Summe Σf_i ist die Summe aller Kanalinhalte des Peaks.

σ-Wert:

Mit Kenntnis des arithmetischen Mittels $\bar{X}$ wird nun die Standard-Abweichung σ für einen Satz von Werten X_i (wieder die Kanalnummern) gebildet, die bekanntlich wie folgt definiert ist:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{k} f_j \left(X_j - \bar{X} \right)^2}{\sum_{j=1}^{k} f_j}}$$

Pedestal-Wert und σ-Wert werden im zweidimensionalen Vektor **pedsig[1024]** abgelegt, der für bis zu 1024 Pads definiert ist:

pedsig [pad_num].r1 = pedestal von Pad mit Nummer "pad_num"
pedsig [pad_num].r2 = σ-Wert von Pad mit Nummer "pad_num"

pedestal, σ-Wert : Gleitkomma-Wert mit doppelter Genauigkeit (double). Diese Werte können mit Menu "5" in einen File geschrieben und auf dem Bildschirm ausgegeben werden.

THRESHOLD-Wert:

Für jedes Pad wird nun mit dem arithmetischen Mittel $\bar{X}$ und der Standard-Abweichung σ eine Schwelle s definiert , mit dem Zusammenhang:

$$s = \bar{X} + (n \cdot \sigma)$$

Nach dem Faktor n (double) wird man gefragt, er wird normalerweise zwischen 3 und 5 liegen, um die Meßwerte möglichst korrekt zu erfassen.

Schließlich wird mit "D" auch noch die Integer-Bildung von "Pedestal" und "Threshold" durchgeführt.

MENU: E Auch der Menu-Punkt "E" greift auf die Listmode-Files zu, die mit dem Client Script "dramsnull" angelegt und akkumuliert wurden, also mit Readout-Zyklen alle 10 Sekunden (oder in anderen Abständen) zur Bestimmung des augenblicklichen Pedestal-Wertes. Mit "E" durchsucht man den Listmode-File und legt für ein bestimmtes Pad (nach dessen Nummer man zuerst gefragt wird), einen File mit den numerischen Werten "Pedestal-Wert gegen EVENT-Nummer" an, gleichzeitig werden diese Werte auf dem Bildschirm ausgegeben. Man gibt an, jedes wievielte EVENT man nehmen möchte. Auf diese Weise kann man sehr schnell sichten, wie sich das Langzeitverhalten der Pedestals in Messungen darstellt, die z.B. tagelang gelaufen sind und zu einer riesigen Datenmenge geführt haben.
Durch die Möglichkeit, einen bestimmten EVENT-Nummern-Bereich (von EVENT bis EVENT) anzugeben, der dann in den Buffer **add_buf** [ ][ ] sortiert wird, kann man durch iterative Anwendung von Menu "D" die Variation der exakten Pedestal- und σ-Werte während der gesamten Langzeitmessung Stück für Stück studieren.

Die angelegten Files mit den numerischen Werten Pedestal = f (EVENT-Nr.) können für graphische Darstellung benutzt werden.

MENU: F Mit "F" werden Listmode-Files sortiert, die mit "dramsreadout" erzeugt wurden. Man setzt wie bei "C" eine Schwelle durch Angabe von n.
Menu-Punkt "F" sortiert nur in den Buffer **pixbuf** [ ][ ][ ] und gibt EVENTs, die an einer X-Position gleichzeitig die Pads mit Y=0 und Y=2 angesprochen haben (wenn ein Teilchen z.B. durch den überlappenden Teil zweier Pads gegangen ist!) die Koordinate Y=1, und solchen, die an einer X-Position die Pads mit Y=2 und Y=4 angesprochen haben, die Koordinate Y=3.
Für die Darstellung "Hits/X-Position" werden dabei Koinzidenzen nur noch einmal gezählt.

MENU: G Mit dieser Funktion kann man sich die bei der Berechnung der PEDESTAL-, σ- und THRESHOLD-Werte mit "MENU: D" angelegten temporären Buffer ansehen, und zwar:

```
n = x.xxxxxx
                    Gleitkomma-Wert:          Integer-Wert:
Pad-Nummer          Pedestal      σ-Wert      Pedestal      Threshold
```

MENU: I Hiermit werden die "Pedestals" und "σ-Werte", wie sie mit Aufruf des Client Scripts "dramsped" gewonnen und im File "**pedestals**" gespeichert wurden, nach Auswahl der gewünschten Pads auf dem Bildschirm ausgegeben:

```
>>>:
i
load pedestals from file
enter alternative name or <cr> for "pedestals" : ped_113
1024 pedestals read.
pedestals und sigmas  aus  PEDESTALFILE:
START PAD ( ): 720
STOP  PAD ( ): 723
PAD-no:  720   Pedestal:  25.871000   Sigma:   1.151000
PAD-no:  721   Pedestal:  27.993999   Sigma:   1.128000
PAD-no:  722   Pedestal:  27.232000   Sigma:   1.115000
PAD-no:  723   Pedestal:  25.792000   Sigma:   1.134000
```

MENU: J Mit diesem Menu-Punkt wird der 10-fache σ-Wert gegen die Pad-Nummer graphisch aufgetragen (jede Pad-Nummer eine neue Zeile, 10-facher σ-Wert nach rechts).

```
>>>:
j
load pedestals from file
enter alternative name or <cr> for "pedestals" : ped_113
1024 pedestals read.
pedestals und sigmas  aus  PEDESTALFILE:
START PAD (  0): 720
STOP  PAD (  0): 725

                          10x SIGMA
 PAD|0      010     020     030     040     050
  -No|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--
0720 |        *
0721 |        *
0722 |        *
0723 |        *
0724 |        *
0725 |        *
```

Damit wird man in einem sehr schnellen Durchgang durch alle 864 Pads auf Unregelmäßigkeiten oder gar Funktionsausfälle an einzelnen Pads oder Pad-Gruppen aufmerksam (siehe auch Abschnitt III, 1. a).

MENU: K Mit dieser Funktion kann man sich die Daten des Listmode-Files in beliebigen Abschnitten direkt anschauen: Man gibt an, von welchem bis zu welchem EVENT, und kann für die Ausgabe von Pad-Nummer und ΔE-Wert durch Angabe von n eine Schwelle setzen.
Dabei muß man sich vergegenwärtigen: Listmode-Daten eines EVENTs werden dem EVENT-Builder nur nach Abzug des Pedestals angeboten, und dies auch nur, wenn ΔE eine Schwelle $(n \cdot \sigma)$ über dem Pedestal übersteigt. Dieses n wird im Client Script "dramsreadout" als Parameter gewählt, und zwar i.Allg. zu n = 2.5, sodaß nur noch ein gewisser "Fuß" des Rauschens um das Pedestal herum in den Listmode-File geschrieben wird. Danach sieht die Bildschirm-Ausgabe nach dem Aufruf von "K" folgendermaßen aus:

```
 >>>:
k
load pedestals from file
enter alternative name or <cr> for "pedestals" : ped_113
1024 pedestals read.
Sort  ab event-no: (   0):118
Sort  bis event-no: (   0):120
Sortier-Schwelle = n * Sigma
Eingabe n =   0.0 : 3.5
load list-data to add-buf
enter alternative name or <cr> for listbuf.dat listmod_113
enter subevent-id: 11

modnum:  28                          wordcount:      11
modnum:  29                          wordcount:      10
evnum:   118 modnum:  29             PAD-no: 717             dE:  4
evnum:   118 modnum:  29             PAD-no: 843             dE:  9
modnum:  28                          wordcount:      11
evnum:   119 modnum:  28             PAD-no: 252             dE:  4
modnum:  29                          wordcount:      11
evnum:   119 modnum:  29             PAD-no: 676             dE:  4
modnum:  28                          wordcount:      12
evnum:   120 modnum:  28             PAD-no: 113             dE:  4
evnum:   120 modnum:  28             PAD-no: 355             dE:  4
modnum:  29                          wordcount:      8
evnum:   120 modnum:  29             PAD-no: 893             dE:  4
```

Den beiden Blöcken des DRAMS-Receiver wurden mit DIP-Switch die Modul-Nummern 28 und 29 zugeordnet. Der Ausdruck bedeutet also:
Modul-Nr. 28 hat vom EVENT 118 11 Counts über der Schwelle des "dramsreadout" (n = 2.5), aber kein EVENT über der hier gewählten Schwelle n =3.5.
Modul-Nr. 29 hat 10 Counts über n = 2.5, davon liegen ΔE von Pad 717 und 843 über n = 3.5 usw. Mit n = 3.5 werden immer noch Signale des Pedestal-Rauschens erfaßt. Hier rührt offenbar nur das Signal an Pad 843 von einem Teilchen her.

MENU: M Hiermit sortiert man wie mit Menu-Punkt "C" die Daten aus Listmode-Files, die mit dem Client Script "dramsreadout" angelegt und akkumuliert wurden, in die Buffer **padbuf** [ ], **add_buf** [ ][ ] und **pixbuf** [ ][ ][ ]. Im Gegensatz zu "C" werden die Buffer beim Aufruf von "M" nicht gelöscht, sondern es wird zum vorhandenen Inhalt der Buffer dazusortiert.

MENU: O Damit sortiert man die Daten aus Listmode-Files, die mit dem Client Script "dramsreadout" angelegt und akkumuliert wurden, in die Buffer **padbuf** [ ], **add_buf** [ ][ ] und **pixbuf** [ ][ ][ ] ohne Angabe von Bedingungen.

MENU: P Mit "P" stellt man für ein bestimmtes Pad, nach dessen Nummer man gefragt wird, auf dem Bildschirm numerisch ganz oder ausschnittweise das ΔE-Spektrum dar: Kanal-Nummer / Kanal-Inhalt. Man gibt auf Anforderung den ersten und letzten Kanal ein.

MENU: Q Hiermit sortiert man wie mit Menu-Punkt "O" die Daten aus Listmode-Files, die mit dem Client Script "dramsreadout" angelegt und akkumuliert wurden, in die Buffer **padbuf** [ ], **add_buf** [ ][ ] und **pixbuf** [ ][ ][ ], und zwar ohne Angabe von Bedingungen. Im Gegensatz zu "O" werden die Buffer beim Aufruf von "Q" nicht gelöscht, sondern es wird zum vorhandenen Inhalt der Buffer dazusortiert.

MENU: R Mit Menu-Punkt "R" wird ähnlich wie bei "P" für ein angegebenes Pad das ΔE-Spektrum ganz oder ausschnittweise numerisch auf dem Bildschirm ausgegeben. Vor allem aber wird ein File mit den numerischen Daten: Kanal-Nr./Kanal-Inhalt angelegt und abgespeichert. Diese Daten können dann OFF LINE zur Erzeugung von Graphiken benutzt werden.

```
>>>:
r
please open file, filename: ?
PAD-840.num
Give Pad No        ( 839) :  840
Spectrum, CHAN/CONTENS from START chan_low to END chan_upp
START CHANNEL chan_low (  1) :
STOP CHANNEL chan_up (  19) :
PAD-No: 0840
  1 |   0
  2 |   0
  3 |  3978
  4 |  345
  5 |  14
  6 |  27
  7 |  57
  8 |  87
  9 |  103
 10 |  88
 11 |  65
 12 |  50
 13 |  36
 14 |  28
 15 |  20
 16 |  12
 17 |  10
 18 |  11
 19 |  8
```

MENU: S Diese Funktion summiert, wie Menu-Punkt "8", die Hits der 3 jeweils vertikal übereinander liegenden Pads, d.h. die Hits der Pads an gleicher X-Position (siehe Fig. 18) und stellt sie als Funktion der X-Position dar. Man wird, wie bei "8", nach Anfang und Ende des interessierenden X-Positions-Bereiches gefragt.
Das Wesentliche bei Menu-Punkt "S" ist, daß die numerischen Daten: X-Position, Hits/X-Position, Hits im Pad bei (X-Position, Y=0), Pad-Nummer bei (X-Position, Y=0), Hits im Pad bei (X-Position, Y=2), Pad-Nummer bei (X-Position, Y=2), Hits im Pad bei (X-Position, Y=4), Pad-Nummer bei (X-Position, Y=4) neben ihrer Darstellung auf dem Bildschirm auch noch in einen

File geschrieben und abgespeichert werden. Diesen File kann man OFF LINE zur graphischen Darstellung der "Hits / X-Position" benutzen.
Wie bei "8" kann man sich im zweiten Durchgang einen aufgrund der Erkenntnisse aus dem ersten Durchgang interessierenden X-Bereich graphisch ansehen.

MENU: T Mit "T" stellt man die Hits als Funktion ihrer X/Y-Koordinaten dar, wie sie mit Menu-Punkt "F" in den Buffer **pixbuf** [ ][ ][ ] sortiert wurden, nämlich mit den Y-Koordinaten y=0, y=1, y=2, y=3 und y=4.

```
>>>:
t
Spectrum, Hits/Position von xpos_low to xpos_up
X-POSITION START ( 230) : 225
X-POSITION STOP  ( 252) : 249
                Hits:       bei:
               Summe        y=0   y=1   y=2   y=3   y=4
xpos: 225      126           29     5    45     8    39
xpos: 226      138           43     3    36     3    53
xpos: 227      150           40     4    47     6    53
xpos: 228      197           62    11    49    12    63
xpos: 229      253           86     4    67     9    87
xpos: 230      292           94    10    82    14    92
xpos: 231      330          100    12    93    22   103
xpos: 232      374          114     6   119    18   117
xpos: 233      459          121     3   152    36   147
xpos: 234      517          170    16   146    28   157
xpos: 235      647          220    15   158    43   211
xpos: 236      789          233    33   230    63   230
xpos: 237      794          247    21   218    50   258
xpos: 238      896          264    29   280    54   269
xpos: 239      985          309    30   293    46   307
xpos: 240     1141          387    31   291    62   370
```

MENU: U Dieser Menu-Punkt "U" dient dazu, das ΔE-Spektrum (Kanal-Nr./Kanal-Inhalt) eines Pixels (angegeben durch X-Position und Y-Position) aus dem Buffer **pixbuf** [ ][ ][ ] zu sortieren und numerisch auf dem Bildschirm auszugeben.

MENU: V Mit "V" berechnet man sich die PAD-Nummer eines Pixels, dessen X- und Y-Position man auf Anforderung angibt.

MENU: W Mit "W" berechnet man die X- und Y-Position eines Pads, dessen Pad-Nummer man auf Anforderung eingibt.

MENU: Z STOP ! Mit dieser Funktion wird das Programm SICON verlassen, dabei gehen die Daten der temporären Buffer, vor allem der Buffer **padbuf** [ ], **add_buf**[ ][ ] und **pixbuf** [ ][ ][ ], verloren!

II. Einstellung und Optimierung der Betriebs-Parameter mit Pulser

Signale aus dem Pulser

Die Analogsignale, wie sie aus der Filterstufe des AMPLEX-Chips kommen, treten im Auslesebetrieb nicht explizit in Erscheinung, gleichwohl muß man die Signalparameter wie Anstiegszeit und den Zeitpunkt, zu dem das Signal sein Maximum hat, kontrollieren und beeinflussen können. Wie man das Signal aus der Filterstufe auf dem Oszilloskop darstellen kann, zeigt Fig. 19. Das Analogsignal aus der Filterstufe kann nur im TRACK-Mode auf den Pin 25 (Analog Out, Anhang Fig. A-2) des AMPLEX-Chips durchgeführt werden, dabei bestimmt der Status der Multiplexer-Stufe, welches der 16 Signale es ist. Man macht also mit dem ersten "One shot"-Signal RESET, unterbricht die RESET-Leitung und wählt mit der Anzahl der nun gegebenen "One shot"-Signale den AMPLEX-Kanal an, dessen Analogsignal man am Pin 25 studieren möchte. Dabei muß der T/H-Eingang des AMPLEX-Chip (Pin 32) auf +5V liegen. Mit einem Signal aus dem Impuls-Generator (ORTEC 448) wird über einen Spannungsteiler und eine Kapazität von 10 pF eine Ladung in den Eingang dieses bestimmten AMPLEX-16-Kanals eingekoppelt, wie sie aus den Silizium-Detektoren zu erwarten ist.

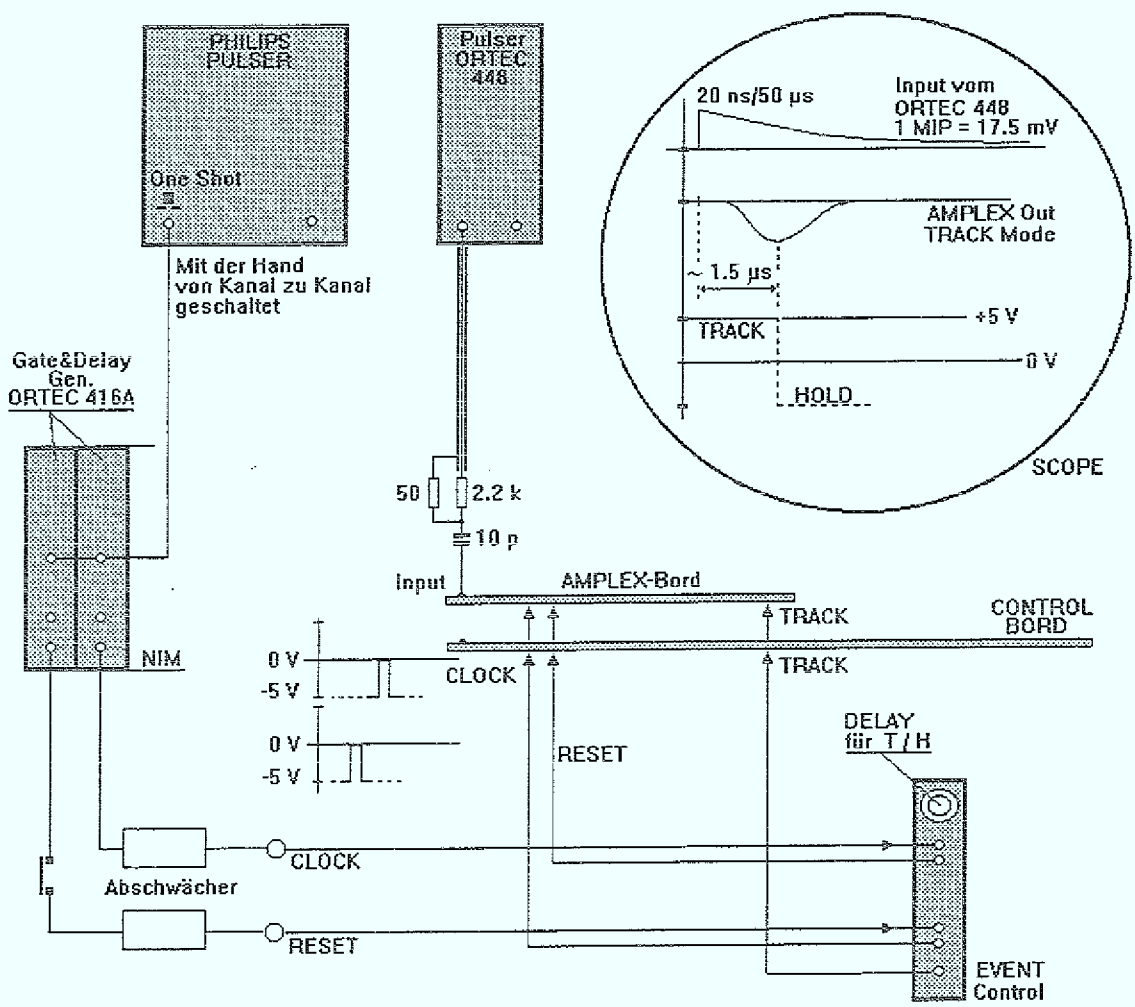


Fig-19 *Aufbau zum Studium der Analog-Signale hinter der AMPLEX-Filterstufe*

1. Einstell- und Optimierungsarbeiten an Komponenten:

a. Shaping der Signale in der Filterstufe des AMPLEX-16-Chips

Die wichtigste Aufgabe der AMPLEX-Chips am Frontend ist ja wohl die, von jedem der Silizium-Detektor-Streifen das ΔE-Signal möglichst sicher und mit optimaler Auflösung an den Flash-ADC im DRAMS-Receiver zu liefern. Dazu ist es natürlich erforderlich, die Impuls-Formung der ΔE-Signale sehr sorgfältig vorzunehmen.
Jeder der 16 Kanäle des AMPLEX-Chips hat als erste Stufe einen Ladungsverstärker POTA (POTA steht für: p-Kanal-MOS-Transistor-Eingang-Operational Transconductance Amplifier), der p-Kanal-MOS-Transistor-Eingang ist mit Hinblick auf minimales Rauschen gewählt, gefolgt von einer Filterverstärkerstufe NOTA (n-Kanal-MOS-Transistor-Eingang-Operational Transconductance Amplifier) [5], [6]. Die Zeitkonstanten von POTA und NOTA, d.h. der Frequenzgang der Kombination dieser beiden Stufen, werden festgelegt mit den beiden Strömen $I_{BIAS,\,POTA}$ und $I_{BIAS,\,NOTA}$, diese wiederum lassen sich mit je einem externen Widerstand im Bereich von 10 bis 100 μA variieren.
Im Schaltbild des AMPLEX-Bords (Anhang Fig. A-7) sind diese beiden Widerstände bezeichnet mit R5 und R6. Mit verschiedenen Wertepaaren dieser Widerstände hatten die Signale aus der Filterstufe folgende Anstiegszeiten (10% >> 90%):

R5	R6	rise time
100 k	220 k	620 ns
220 k	470 k	750 ns
560 k	1 M	900 ns

Nicht nur wegen der Anstiegszeit, sonder auch aus Gründen der Dynamik, erfolgte die Festlegung auf das letzte Wertepaar:

R5 = 560 kΩ
R6 = 1 MΩ

Die eben beschriebenen Untersuchungen wurden mit dem Aufbau nach Fig. 19 gemacht. Dabei ist auch zu sehen, daß das Signal aus der Filterstufe zwar eine Anstiegszeit von 900 ns hat, die Zeit vom Stattfinden des Events (d.h. Vorderflanke des Pulser-Signals) bis zum Erreichen der maximalen Amplitude des Signals aus der Filterstufe aber 1.5 μs beträgt, und diese Zeit ist entscheidend für das optimale Timing des TRACK > HOLD - Überganges.

b. Studium des Analog-Ausgangssignales des AMPLEX-16-Chips

Wenn der MAIN-TRIGGER die Bedingungen für ein echtes EVENT erkennt und das Signal zum Auslesen gibt, dann wird auch das T/H-Signal generiert und die Spannungswerte der Maxima der ΔE-Signale werden in den Analogspeichern der AMPLEX-Chips festgehalten. Wenn dann die DRAMS-Control das Signal "START READ" erhält, schickt sie CLOCK-Signale zu den AMPLEX-Chips, die im zeitlichen Abstand von 2.3 μs nacheinander die gespeicherten Maxima der ΔE-Signale auf die Analog-Ausgangsleitung der AMPLEX-Chips legen: man erhält auf dieser Analog-Ausgangsleitung dann theoretisch eine Treppenfunktion mit der Stufenlänge von 2.3 μs. Die Realität sieht natürlich nicht ganz so ideal aus:
In einer Testreihe wurden auf die Pads mit den Nummern 3, 16, 35 und 39 zur gleichen Zeit (= vom gleichen EVENT) Pulser-Signale unterschiedlicher Amplitude auf die in Fig. 19 ge-

zeigte Weise eingekoppelt. Das Oszilloskop wurde getriggert mit dem CLOCK-Signal, das die Analoginformation von Pad-Nr. 2 auf die Analog-Ausgangsleitung des AMPLEX-Chips legt. Fig. 20a zeigt nun in Kanal A die CLOCK-Signale für Pad 3, 4 und 5, im Kanal B erkennt man, daß Pad 2 und Pad 4 nur den Pedestal-Wert lieferten, während ganz deutlich das gespeicherte Maximum (negativ) des in Pad 3 eingekoppelten Signals zu sehen ist, im Kanal C ist zur Verdeutlichung des Readout-Zyklus noch das CONVERT-Signal für Pad 2, 3 und 4 zu erkennen und wie man dieses legt, um nicht mit den zwar sehr kleinen, aber eben vorhandenen "Cross Talk - Spitzen" von den Flanken der CLOCK-Signale in Konflikt zu kommen. Die Darstellung von Kanal A und B in Fig. 20a war aufgrund der deutlich erkennbaren "Cross Talk"-Effekte gut geeignet, das beste Tastverhältnis für die CLOCK-Signale zu bestimmen: Es ergab sich ein Optimum für das Verhältnis -5V zu 0V von: 2160 ns zu 140 ns.

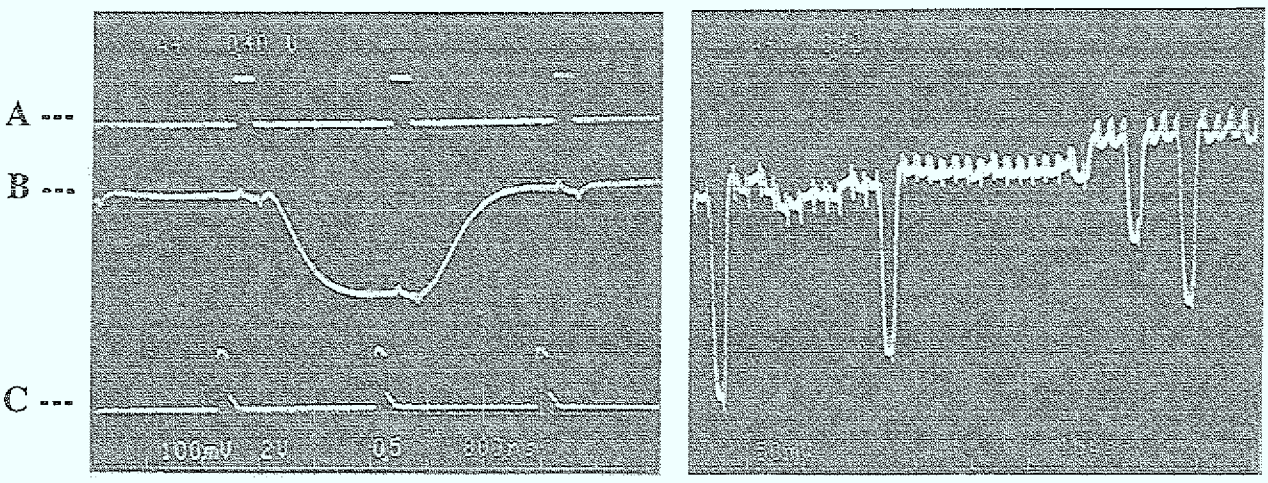


Fig. 20 a) b)

In Fig. 20b ist nun die Zeitachse des Oszilloskopes so verändert, daß auch noch die Maximum-Werte der in Pad 16, 35 und 39 eingekoppelten Signale zu sehen sind. Man sieht hier, daß die Pedestals verschiedener AMPLEX-Chips unterschiedlich hoch sein können, und es ist in dieser Darstellung auch deutlich zu erkennen, wie die "Cross Talk - Spitzen" nach je 16 Kanälen (d.h. immer wenn ein weiterer AMPLEX-Chip von den CLOCK-Signalen erreicht wird) größer werden. Dieser Effekt hat, wie schon beschrieben (siehe Abschnitt I. 2. a CONTROL-Bord) zum Einsatz der sog. CLOCK-Strobe-Einheit auf dem CONTROL-Bord geführt, die praktisch nur noch 3 AMPLEX-Chips in "daisy chain" an der Analog-Ausgangsleitung läßt. Mit dem gleichen Trigger-Signal, mit dem wir uns in Fig. 20a alle Details der ΔE-Information aus Pad 3 ansehen können, können wir in Fig. 20b zwar auch die Informationen aus Pad 16, 35

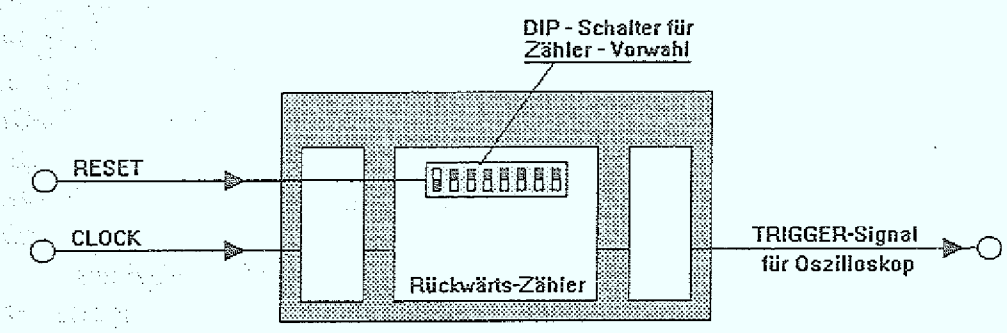


Fig. 21 *Blockschaltbild des Pad-Triggers*

und 39 erkennen, aber weitaus weniger detailliert. Um aber die Information jedes beliebigen Pads mit ausreichender Präzision betrachten zu können, wurde eine spezielle Trigger-Einheit erforderlich, der sog. PAD-Trigger (Fig. 21): Wenn man beispielsweise die Information aus Pad "i" anschauen möchte, wird man das Oszilloskop tunlichst, wie schon in Fig. 20a erkennbar, mit dem CLOCK-Signal für Pad "i-1" triggern. Dieses Trigger-Signal kann man sich mit dem Pad-Trigger erzeugen: Man wählt mit dem DIP-Schalter eine entsprechende Pad-Nummer vor, diese Zahl wird mit RESET im Zähler gesetzt und mit den dann folgenden CLOCK-Signalen wird der Zähler heruntergezählt. Bei Erreichen von Zählerstand 0 wird das gewünschte Trigger-Signal für das Oszilloskop erzeugt und ausgegeben.

c. Studium der Dynamik des AMPLEX-16 durch Einkoppeln von Ladungen entsprechend der Ionisation von 1 MIP bis 128 MIPs

Ein minimum-ionisierendes Teilchen (MIP = minimum ionizing particle) erzeugt beim Durchgang durch einen 300 µm tiefen Silizium-Detektor etwa 24000 Elektron/Loch-Paare, d.h. es setzt eine Ladung frei von:

$$24\,000 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} = 3.8448 \cdot 10^{-15}\,\mathrm{As} = 3.8448\ \mathrm{f\,C.}$$

Diese Ladung sollte ganz deutlich vom Rauschen getrennt nachgewiesen werden können. Deshalb wurden Ladungen verschiedener Größe über eine Kapazität von 10 pF in einen Eingang des AMPLEX-Chips eingekoppelt (siehe Fig. 19), dann wurde mit verschiedenen Filterkonstanten die ganze Dynamik des AMPLEX-16-Chips ausgelotet. Das Ergebnis zeigt die Fig. 22:

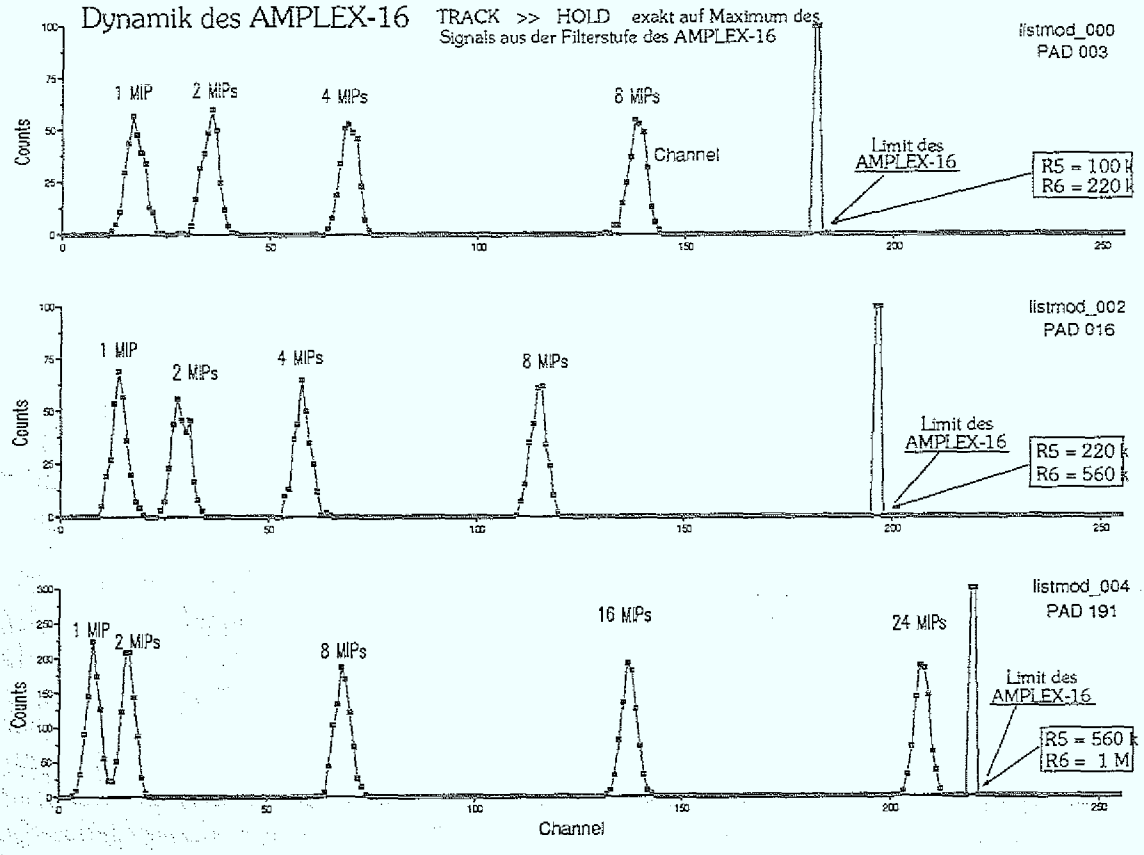


Fig. 22 *Dynamik des AMPLEX-16-Chips in Abhängigkeit von R_5 und R_6 (I_{POTA},I_{NOTA})*

Man sieht deutlich, daß die Ladung, die der AMPLEX-Chip überträgt, oder gar linear überträgt, vom Shaping, d.h. von den Bias-Strömen I_{POTA} und I_{NOTA} abhängt, d.h. von R_5 und R_6 auf dem AMPLEX-Bord (siehe oben). In der Literatur [5], [6] wird der lineare Bereich spezifiziert mit der Ladung, wie sie von 17 - 20 MIPS erzeugt wird.
Mitunter mag es erforderlich sein, Teilchen nachzuweisen, die bei ihrer Passage durch den Siliziumdetektor mehr als das 100-fache der Ladung erzeugen, die ein MIP generiert, man bedenke außerdem, daß manche Teilchen unter bestimmten Umständen den Silizium-Detektor unter sehr flachen Winkeln passieren können. Um für diesen Fall wenigstens nicht ganz blind zu sein, wurde am EVENT-Control-Modul der Bereich für die Verzögerung des T/H-Überganges so erweitert, daß man das Sampling mit dem T/H-Übergang anstatt auf dem Maximum irgendwo auf der Rückflanke des Signales aus der AMPLEX-Filterstufe machen kann, wohl wissend, daß man im gleichen Maße, in dem man den Bereich der übertragbaren ΔE-Signale zu größeren Amplituden hin erweitert, das Signal/Rausch-Verhältnis verschlechtert. Fig. 23 zeigt, mit welchen Verhältnissen man rechnen muß, wenn man Teilchen nachzuweisen hat, die eine Ladung entsprechend etwa 130 MIPs erzeugen.

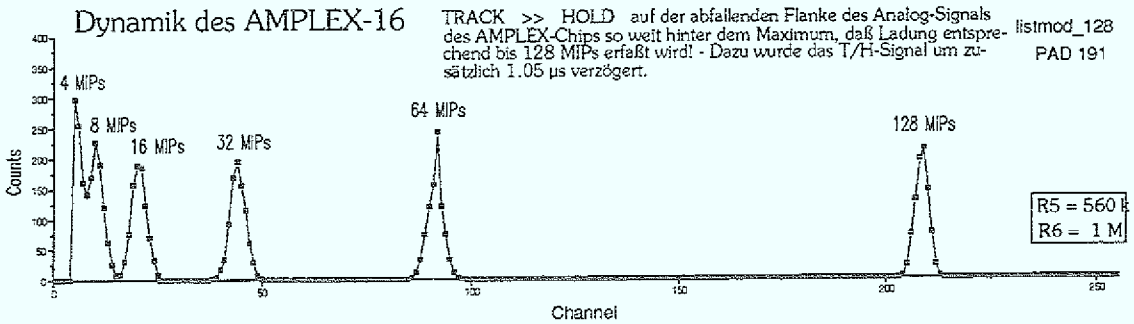


Fig. 23 *Erweiterte Dynamik des AMPLEX-16-Chip mit T/H-Signal auf der Rückflanke des Analogsignales aus der AMPLEX-Filterstufe*

2. Einstell- und Optimierungsarbeiten am Gesamt-System

a. Optimierung der Auslesezeit/Pad

Mit der genauen Kenntnis der Analog-Information aus dem einzelnen Pad, mit Kenntnis der "Cross Talk"-Effekte , mit der Möglichkeit, auf jedes beliebige Pad zu triggern (man muß zumindest in jedem Block Stichproben machen, also unabdingbar auch bei Pad-Nrs. > 511) und nach Einstellen des optimalen Tastverhälnisses der CLOCK-Signale kann man nun die Optimierung der Auslesezeit/Pad vornehmen:
Wie in Fig. 20a betrachtet man das Zusammenspiel von CLOCK-Signal, Signal auf der Analog-Leitung (Kanal B) und CONVERT - Signal. Dabei muß man auf die signifikante Anstiegszeit des Analogsignals achten, und da diese natürlich auch noch von der relativ langen Analog-Leitung (ca. 25 m) hin zum DRAMS-Receiver mitbestimmt wird, nimmt man das Analogsignal (Kanal B) für die nachfolgenden Aktionen am besten vom Eingang des DRAMS-Receiver.
Zuerst wird mit der Feinjustierung der CLOCK-Frequenz (Potentiometer an DRAMS-Control) sichergestellt, daß das Dach der Analog-Information (Fig. 20a, Kanal B) sicher erreicht wird und lang genug ist, um mit dem CONVERT-Signal auf dem besten Teil zu digitalisieren, bevor die "Cross Talk"-Spitzen des nächsten CLOCK-Signales das Analogsignal stören, dann wird

das CONVERT-Signal auf eben diesen vorgesehenen besten Teil des Analogsignals geschoben (Potentiometer an DRAMS-Control). Die so optimierte Auslesezeit/Pad liegt bei 2.3 µs.

b. Optimale Einstellung des TRACK >>> HOLD - Timings

Das ΔE-Signal aus den einzelnen Silizium-Pads wird vor allem benutzt, um die Teilchenart zu identifizieren. Dies erreicht man natürlich umso besser, je besser die ΔE-Auflösung ist, und diese wiederum hat ihren optimalen Wert, wenn das Sampling mit dem T/H-Signal auf dem Maximum des ΔE-Signales erfolgt. Da der MAIN-TRIGGER für das Experiment COSY-11 sicherlich immer wieder abgewandelt und verfeinert wird, und damit natürlich auch die Zeiten für die Erzeugung des Trigger-Signals variieren werden, ist es von größter Wichtigkeit, das T/H-Timing immer wieder kontrollieren, und nach Änderungen am MAIN-TRIGGER problemlos neu optimieren zu können.
Da das Berechnen des optimalen Zeitpunktes für das Generieren des HOLD-Signals (TRACK >>> HOLD-Überganges) mit einigen Unwägbarkeiten verbunden ist, hat sich im Laufe der Testarbeiten folgende, auch am Experiment durchaus praktikable Methode zur optimalen Einstellung des TRACK >>> HOLD - Überganges ergeben:
Am Monitor-Detektor befindet sich seitlich eine Test-Buchse (siehe Fig. 16), die über eine Kapazität von 10 pF an den AMPLEX-Input von Pad-2 angeschlossen ist. Ergänzt man die Kapazität von außen an der Buchse mit dem Spannungsteiler 2.2kΩ/50Ω (z.B. in einer Suhner-Box), so kann man auf die gleiche Weise, wie in Fig. 19, ein (positives) Pulser-Signal entsprechend einem Ladungsstoß (rise time: ~ 20 ns, decay time ~ 50 µs) einkoppeln. Den Trigger-Ausgang des Pulsers (slow NIM) gibt man über einen "Slow NIM/Fast-NIM - Konverter" (z.B. PS 726) einerseits auf den Trigger-Eingang eines Oszilloskopes und andererseits über ein Kabel, dessen Länge man kennen muß, auf den MAIN-TRIGGER-Eingang (Eingang 1 am NIM/ ECL-Konverter LeCroy 4616) im CAMAC-Crate (siehe Fig. 24 und Fig. 16), um ein MAIN-TRIGGER-Signal zu simulieren. Gleichzeitig gibt man die Analog-Ausgangsleitung von CB1 bis CB3 (DRAMS-Receiver-Input 1) auf den Signal-Eingang des Oszilloskopes.
Die Timing-Überlegungen orientieren sich nun am MAIM-TRIGGER-Input, also Input 1 des ECL/NIM-Konverters Le Croy 4616 :
Man sieht sich auf dem so getriggerten Oszilloskop den Analog-Ausgang des (ensprechenden) FAN IN-Moduls (Uni Münster, AF2) aus dem NIM-Crate (Fig-16) an, an dessen Input 1 die Analog-Ausgangsleitung aus CB-1 angeschlossen ist. Man betrachtet den Teil des Signalzuges, der der Information aus dem Analogspeicher von AMPLEX-Kanal 2 entspricht. Wegen der sehr kleinen Pad-Nummer 2 benötigt man dazu auch nicht den Pad-Trigger (Fig. 21). Die Amplitude ist negativ und wird von der Amplitude des Pulser-Signals bestimmt (siehe auch Fig. 20a).
Wenn nun der TRACK/HOLD-Übergang (also das Sampling) nicht auf dem Maximum des Signals aus der Filterstufe des AMPLEX-Kanals erfolgt, wird nicht die volle Amplitude der Information aus Kanal 2 analog gespeichert, sondern eine kleinere. Deshalb dreht man nun, während der Pulser mit 10 - 20 Hz Signale liefert, am DELAY-Helipot des EVENT CONTROL-Moduls, und sucht die Delay-Einstellung, für die die ausgetastete Information des AMPLEX-Kanals 2 ihr Maximum (negativ) hat.
Diese Helipot-Einstellung (genannt: THO = Test-HOLD-Optimum) wird fixiert und festgehalten, und aus der Eichkurve des Event-Control-Moduls (siehe Anhang Fig. A-11) wird die mit dieser HELIPOT-Stellung verbundene, im Event-Control-Modul erforderliche, Verzögerung (die OTD = Optimal Test Delay) in ns abgelesen. Danach bestimmt man die Zeit vom Anstieg des Triggersignals aus dem Pulser (B) bis zur Ankunft des Trigger-Signals am Eingang 1 des NIM/ECL-Konversters LeCroy 4616 und benutzt sie zur Ermittlung der sog. Test-Trigger-Delay TTD, d.h. der Zeit, die zwischen dem Anliegen des EVENT-Signals (ΔE-Sig-

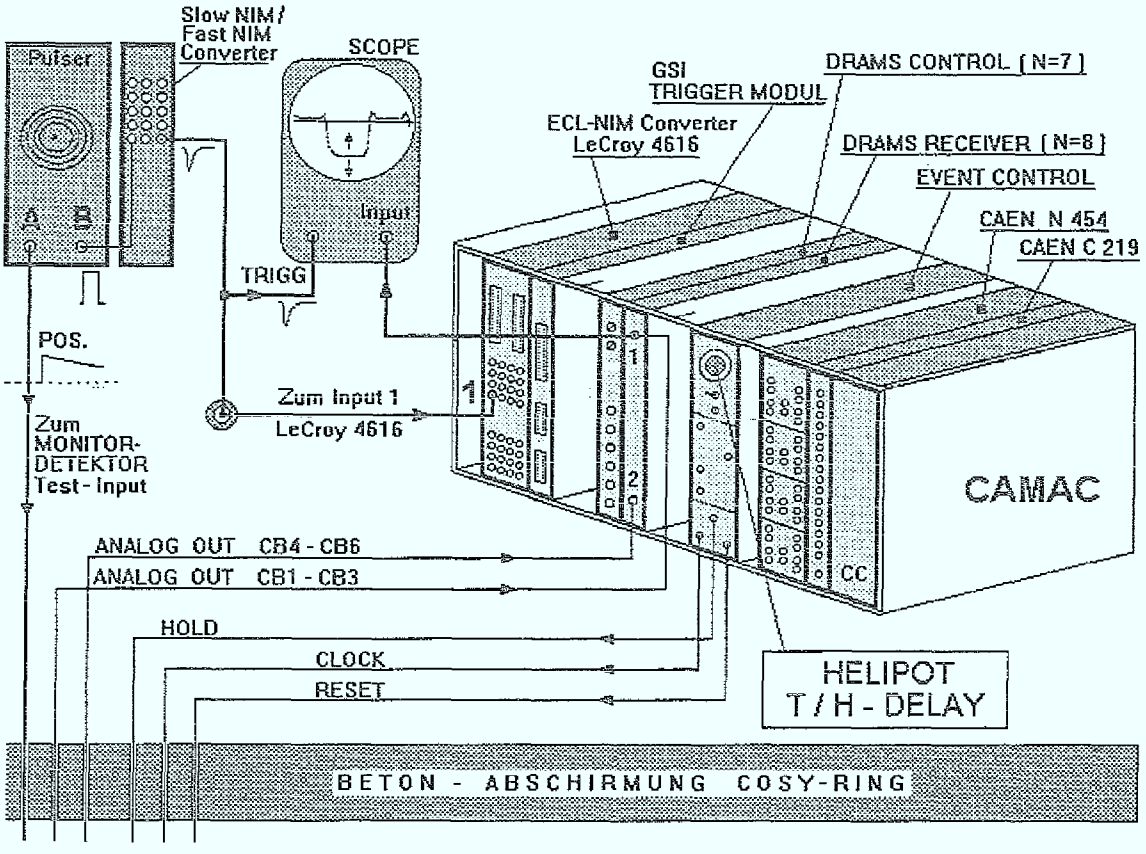


Fig. 24 *Anordnung zur Einstellung des optimalen T/H-Timing*

nals) zur Zeit t=0 am AMPLEX-Input und dem Eintreffen des Trigger-Signals am Eingang 1 des ECL/NIM-Conversters LeCroy 4616 vergeht.
Wie immer nun im Experiment das MAIN-TRIGGER-Signal generiert wird, es muß zum gleichen Eingang 1 des NIM/ECL-Konverters LeCroy 4616 gebracht werden, und der Erzeuger muß angeben, welche Zeit MTD (=Main Trigger Delay) vergangen ist vom Stattfinden des Events bis zur Ankunft des Trigger-Signals an diesem Eingang 1.

Mit OTD (ns), TTD (ns) und MTD (ns) läßt sich nun die Optimum Experiment Delay OED (ns) einstellen:
Man bildet die Differenz Δt = MTD - TTD. Normalerweise gilt MTD > TTD, und damit berechnet man die Optimale Experiment Delay OED, die man im EVENT-Control-Modul einstellen muß, wie folgt:

$$OED = OTD - \Delta t \qquad [ns]$$

Zu der so gefundenen Verzögerung in ns sucht man sich dann auf der Eichkurve des Event-Control-Moduls (Helipot/delay (ns) (siehe Anhang Fig. A-11) die Helipotstellung "Experiment HOLD Optimum" EHO.

Die Geographie der Instrumentierung des Experimentes COSY-11 führt nun sofort zu folgenden Besonderheiten, die zu beachten sind:
Das Analog-Signal aus dem Pulser (A) wurde über 24 m Kabel zum Test-Input am Monitor-Detektor geführt, das dauerte 120 ns. Das zur Simulation eines Trigger-Signals zum Eingang 1 des ECL/NIM-Converters geführte Trigger-Signal des Pulsers (B) benötigte 25 ns (das sind 10 ns propagation delay im "Slow NIM/ Fast NIM"-Converter, 15 ns Laufzeit in 3 m Kabel). Das bedeutet, daß TTD negativ wird. Um zu zeigen, daß die oben beschriebene Optimierungs-Prozedur trotzdem blind angewandt werden kann, sei diese letzte Optimierung nach dem Einbau der Detektoren am COSY-Ring hier als Beispiel vorgeführt (Fig. 25):

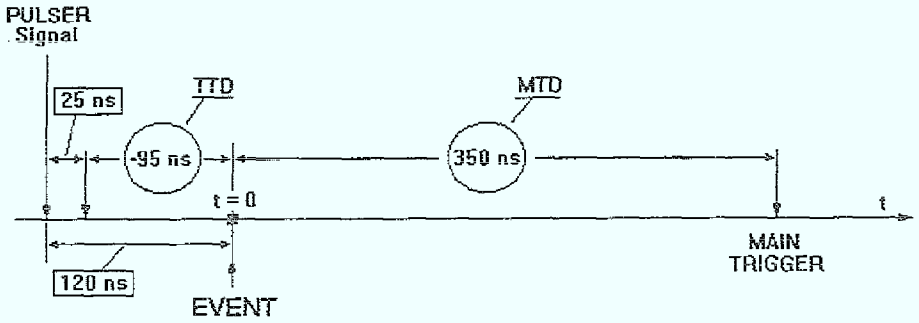


Fig. 25 *Einstellen des optimalen T/H-Timings für ein MAIN TRIGGER - Signal das 350 ns nach dem Event kommt.*

Die Optimierung nach dem obigen Verfahren brachte mit dem Testpulser das optimale Timing mit der HELIPOT-Stellung **5.50** (THO), das entspricht einer Verzögerung im Event-Control-Modul (siehe Anhang Fig. A11) von 920 ns (OTD). Da das Test-Trigger-Signal 95 ns vor der Ankunft des Events (nämlich am AMPLEX-Input) am Eingang 1 des ECL/NIM-Converters LeCroy 4616 eintrifft, gilt: TTD = - 95 ns.
Andererseits vergingen 350 ns vom EVENT bis zur Ankunft des MAIN TRIGGER-Signals am Input 1 des LeCroy 4616, also: MTD = 350 ns. Damit bekommt man:

$$\Delta t = 350 \text{ ns} - (-95 \text{ ns}) = 445 \text{ ns}.$$

Somit berechnet man die Optimum Experiment Delay OED zu:

$$OED = OTD - \Delta t = 920 \text{ ns} - 445 \text{ ns} = 475 \text{ ns}$$

Für diese 475 ns entnimmt man aus der Eichkurve des Event-Control-Moduls die optimale HELIPOT-Stellung für den Experimentbetrieb (EHO) mit diesem MAIN-TRIGGER zu:

$$\text{HELIPOT-Stellung EHO} = \mathbf{1.95}$$

III. Testverfahren und Testergebnisse am Gesamt-System

1. Ohne Teilchen-Nachweis

a. Kontrolle des Detektorzustandes durch Pedestal-Messung und Bestimmung und Interpretation der Sigma-Werte

Eine Pedestal-Messung, wie sie mit dem Client Script "dramsped" in etwa 3 Minuten durchgeführt ist, liefert auch die σ-Werte. Diese geben sehr empfindlich die Leckströme der Silizium-Pads wieder, sie reagieren auf Kapazitäten am ladungsempfindlichen AMPLEX-Eingang, sie weisen durch gravierende Verbreiterung auf Brumm- und Störsignale hin, und auch Fehler an einzelnen AMPLEX-Kanälen melden sich mit signifikant größeren σ-Werten. Es bietet sich deshalb an, die σ-Werte für die Gewinnung einer sehr schnellen Übersicht über den Zustand des gesamten Detektors heranzuziehen.

```
 >>>:
;
load pedestals from file
enter alternative name or <cr> for "pedestals" : ped_146
1024 pedestals read.
pedestals und sigmas  aus  PEDESTALFILE:
START PAD (  0):  10
STOP  PAD (  0): 300
          10x SIGMA
PAD0     010     020     030     040     050

 -No|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
0010 |      *
0011 |      *
0012 |      *
0013 |      *
0014 |      *
0015 |      *
0016 |                  *
0017 |                  *
0018 |                  *
0019 |                  *
0020 |      *
0021 |      *
0022 |      *
0023 |      *
0024 |      *
0025 |      *
0026 |      *
0027 |      *
0028 |      *
0029 |      *
0030 |      *
0031 |  *
0032 |      *
0033 |      *
0034 |      *
0035 |      *
0036 |      *
0037 |      *
0038 |      *
 .
 .
0290 |      *
0291 |      *
0292 |      *
0293 |      *
0294 |      *
0295 |                  *
0296 |      *
0297 |      *
0298 |      *
0299 |      *
0300 |      *
```

Fig. 26 *Kontrolle des Detektorzustandes durch Darstellen des 10-fachen σ -Wertes.*

Wählt man im Programm SICON den Menu-Punkt "J", so wird für jedes der Pads aus dem eingegebenen Bereich der 10-fache σ-Wert nach rechts aufgetragen (siehe Fig. 26). Mit dieser Darstellung der σ-Werte erkennt man schon beim schnellen Durchlauf über den Bildschirm die folgenden gravierenden Effekte:
Pad 16 bis 19 haben wohl Kontaktprobleme mit der Detektorspannung, sodaß Störimpulse, immer auf allen 4 Pads eines Detektor-Elementes gleichzeitig, die σ-Werte vergrößern. Die Bondverbindung von Pad 31 ist unterbrochen, der σ-Wert ist so klein, weil er die Kapazität und den Leckstrom von Pad 31 nicht sieht, sondern nur noch das Rauschen des entsprechenden AMPLEX-Einganges. Als Erklärung für extrem hohe σ-Werte einzelner Pads, wie hier z.B. an Pad 295, wurden bisher immer Defekte am entsprechenden Kanal des AMPLEX-Chips ausgemacht.
Wenn man den 10-fachen σ-Wert aufträgt, registriert man natürlich kleinste Änderungen des Wertes auch dann, wenn keine extremen Strukturen ins Auge fallen, beispielsweise eine generelle Vergrößerung der σ-Werte durch eine driftende Meß-Erde, durch eine Masse-Leitung, die sich gelöst hat und durch andere Effekte, die man nur mit dem Oszilloskop erkennen kann, wie beispielsweise das Einstreuen der Hochfrequenz der Beschleuniger-Kavität.
Der Vorteil der Benutzung von SICON "J" ist aber: etwa 3 Minuten Meßzeit und danach Detektor-Beurteilung in wenigen Sekunden.

Die Silizium-Detektoren können sich im Laufe der Zeit und unter verschiedenen Umgebungsverhältnissen in ihren Parametern ändern und auch die gesamte Auslese-Elektronik muß immer wieder kontrolliert werden. Um den Zustand des Detektor-Systems zu einem bestimmten Zeitpunkt zu dokumentieren und zu archvieren benutzt man am besten den File mit den numerischen Werten von Pedestal- und σ-Werten, wie er beim Aufruf von SICON "J" angelegt wird. Als Beispiel zeigt Fig. 27 die σ-Werte der zweiten Hälfte des Detektor-Systems, Control-Bords CB4 bis CB6 bzw. Pad 512 bis Pad 943 aus der Messund ped_163 vom 9. 2. 95, also nach dem Einbau des K^- - Detektors in den COSY-Dipol-Magneten MDBE8.

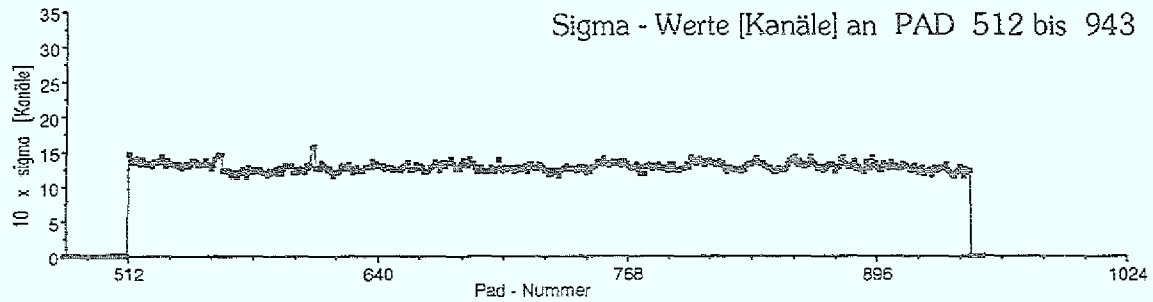


Fig. 27 *σ -Werte der Detektor-Hälfte Control-Bords CB4 - CB6 nach dem Einbau in den COSY-Magneten MDBE8*

b. Kontrolle der Langzeit-Stabilität der Pedestals und der ΔE-Signale durch Messung der Pedstals im 10-Sekunden-Takt über mehrere Tage

Als Langzeiteffekt präsentiert sich zum überwiegenden Teil die Temperaturabhängigkeit von Pedestals und ΔE-Signalen. Mit dem Client Script "dramsnull" startet man eine Messung, bei der im 10-Sekunden-Takt die Pedestals aller Pads gemessen werden, mit jeder Messung wird der Event-Zähler inkrementiert. Mit SICON "E" kann man für ein ausgewähltes Pad die numerischen Werte der Pedestals als Funktion der "Event"-Nummer in einem File ablegen, den man zur Erzeugung einer graphischen Darstellung wie in Fig. 28 benutzen kann. Die Temperaturschwankung im Labor betrug im 24-Stunden-Zyklus etwa 5°C. Man erkennt, daß die Pedestal-Werte in diesem Zyklus um etwas mehr als 1 Kanal schwanken.

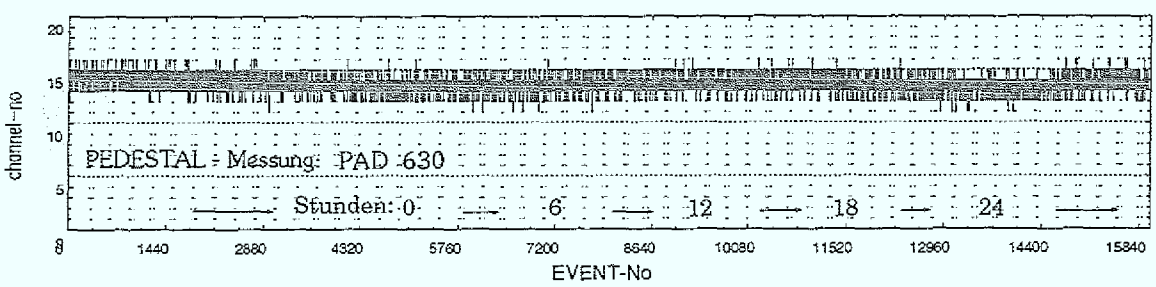


Fig. 28 *Pedestal-Langzeit-Messung bei Labor-Temperaturschwankung von 5° C im 24-Stunden-Zyklus*

2. Messungen mit MIPs aus kosmischer Strahlung

a. Testanordnung

Die Testanordnung (Fig. 29) besteht vor allem aus zwei Plastik-Szintillations-Detektoren einer Fläche von etwa 10 cm x 10 cm und einer Dicke von 5 mm. Diese werden möglichst dicht über und unter den Silizium-Detektoren positioniert; sie werden mit zwei externen Diskriminatoren und einem Koinzidenz-Fenster von 50 ns betrieben. Ein Teilchen aus der kosmischen Strahlung, das in beiden Szintillatoren ein Signal generiert, muß auch den Silizium-Detektor passiert haben, das Signal aus der Koinzidenzstufe wird deshalb zur Erzeugung eines MAIN-TRIGGER-Signales benutzt, das einen kompletten Readout-Zyklus einleitet.

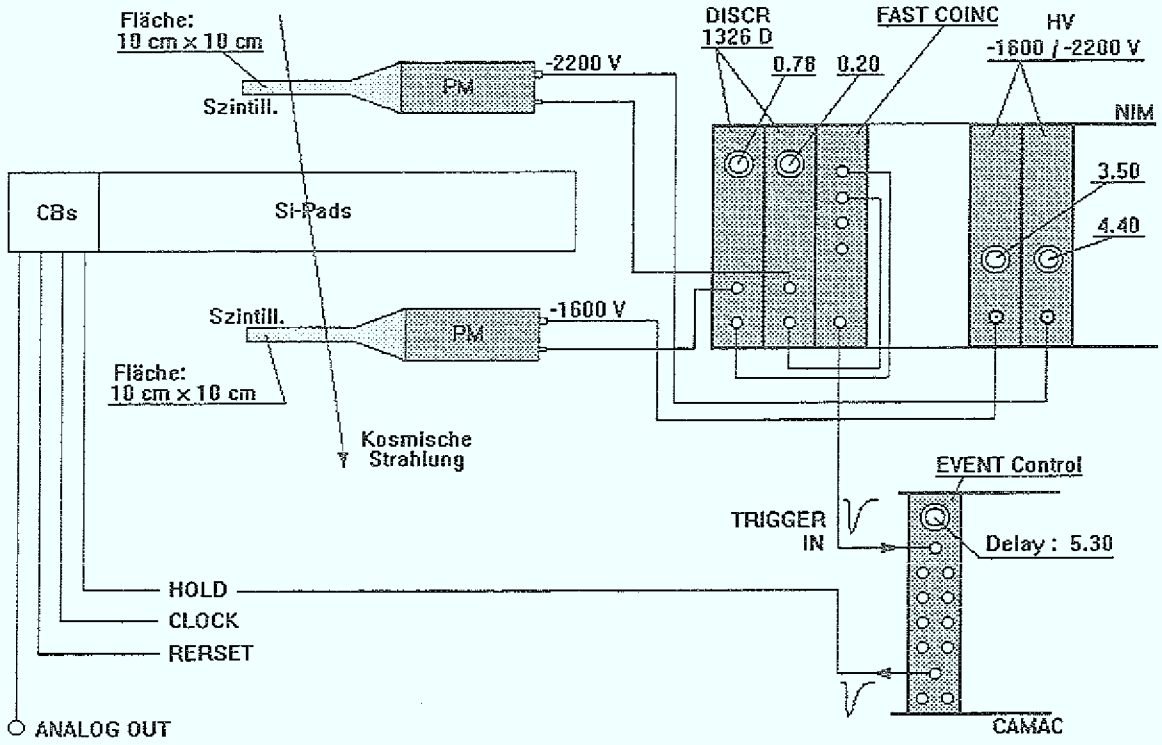


Fig. 29 *Anordnung zum Test der Silizium-Pad-Detektoren mit Teilchen aus der kosmischen Strahlung*

Mit dieser Einrichtung wurden nun Stück für Stück alle Bereiche der Silizium-Pad-Detektoren getestet. Dabei wurden mit "dramsped" die Pedestals aufgenommen und Schwellen gebildet. Danach wurde mit "dramsreadout" eine Messung gestartet, die einen File mit Listmode-Daten anlegte.

b. Kontrolle der Hits / X-Position

Die Auswertung dieser Listmode-Daten-Files erfolgte dann mit SICON. In Fig. 30 sieht man beispielsweise die Hits/X-Position aufgetragen gegen diese X-Position, wobei die Szintillator-Koinzidenz-Einheit mit ihren beschränkten Szintillatorflächen (Fig. 29) nacheinander an zwei verschiedenen X-Positionen positioniert war. Dazu wurde der entsprechende Listmode-File mit SICON "C" und beispielsweise n=5 (einer Schwelle ($n \cdot \sigma$) über dem Pedestal) in die Buffer sortiert. Die Hits/X-Position, also die Summe der Hits der jeweils 3 an einer X-Position liegen-

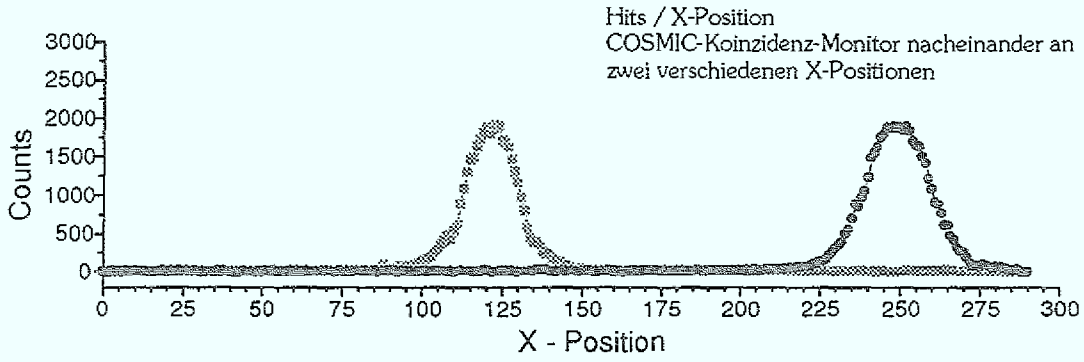


Fig. 30 *Hits/X-Position. Der COSMIC-Trigger stand nacheinander an den zwei verschiedenen Positionen. Die Daten wurden mit einer Schwelle (5· σ) über dem Pedestal sortiert.*

den Pads, wurden mit "S" gebildet und die numerischen Werte wurden in einem File abgelegt, der dann die Erstellung der Graphik der Fig. 30 ermöglichte.

c. Kontrolle der ΔE-Spektren jedes einzelnen Pads

Sortiert man die Daten aus dem gleichen Listmode-File mit der Schwelle, gebildet mit n=0, wobei dann das im "dramsreadout" angegebene n (meist n=2.5) zum Tragen kommt, so kann man sich von jedem einzelnen Pad das ΔE-Spektrum ansehen, wie dies in Fig. 31 für Pad 64 gezeigt ist. Dazu benutzt man nach dem Sortieren mit "C" dann Menu-Punkt "3" bzw. "R".

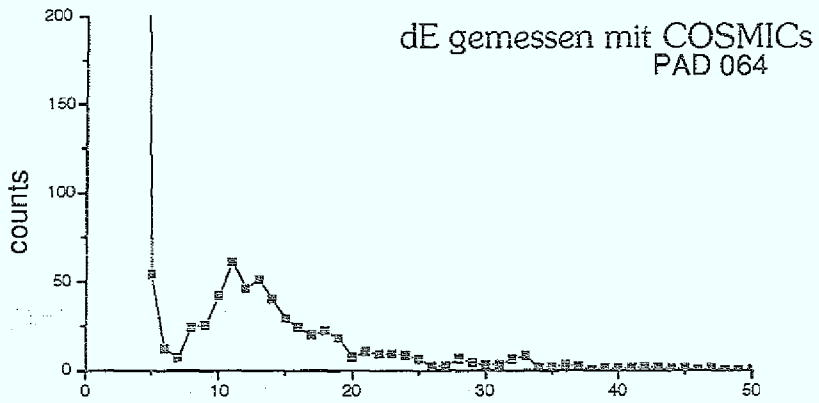


Fig. 31 *Δ E-Spektrum von Pad 64. Die Daten wurden mit SICON "R" für die Graphik zur Verfügung gestellt.*

Da der Nachweis von Teilchen aus der kosmischen Strahlung dem späteren Meßbetrieb schon recht ähnlich ist, und die Teilchen tatsächlich den Detektor in seiner ganzen Tiefe passieren, besteht bei diesem Test jetzt auch die Möglichkeit, nach den erwarteten Koinzidenzen in den überlappenden Bereichen der Silizium-Pads zu suchen, wie dies mit SICON "F" geschehen kann. Da die Pads, die sich überlappen, mit der Nummerierung der Silizium-Pads (Fig. 18) festgelegt sind, ist die Suche nach den Koinzidenzen ein zusätzlicher Test für die Software.

IV. Betrieb der Silizium-Pad-Detektoren im COSY-Dipol MDBE8

Den Silizium-Pad-Detektor mit so vielen Elementen und der gesamten Frontend- und Readout-Kontroll-Elektronik im engen Gap eines Synchrotron-Dipols zu betreiben bringt natürlich zusätzliche Probleme mit sich und verlangt evtl. Bereitschaft zu Kompromissen. Gleichwohl zeigt sich, daß der Detektor zuverlässig arbeitet, wenn man zwei wichtige Dinge berücksichtigt:

*** daß die COSY-11-Vakuumkammer eine Induktivität darstellt, und deshalb mit der Größe dB/dt des COSY-Dipols beaufschlagt ist, und
*** daß die Temperaturentwicklung im Gap des COSY-Dipols eine Funktion der COSY-Maschinen-Zykluszeit ist, und deshalb kontrolliert werden muß.

a. COSY-11-Vakuumkammer als Induktivität

Die COSY-11-Vakuumkammer stellt eine Induktivität dar, die das dB/dt des Dipols sieht. Auf der anderen Seite dient diese Vakuumkammer als Gehäuse für den K^--Detektor, der mit seiner ladungsempfindlichen Frontend-Elektronik sehr sauber abgeschirmt sein muß. Man wird also an dieser Kammer, die als Signal-Null für den K^--Detektor dient, eine Größe proportional zu dB/dt messen. Um sich die Verhätnisse im Detail anzusehen, kann man mit dem Client Script "dramsnull" eine Pedestal-Messung starten, die in möglichst kurzen Abständen (z.B. 22 mal pro Sekunde) für jedes Pad das Pedestal mißt und zusammen mit der Nummer des Trigger-Signals (=Event-Nr.) in einem Listmode-File ablegt. Wertet man diesen File mit SICON Menupunkt "E" aus, so kann man für jedes gewünschte Pad die Pedestals gegen die "Event-Nr." (d.h. gegen die Zeit) auftragen (Fig. 32) und man sieht das Potential von Signal-Null des K^--Detektors als Funktion der Zeit. Man sieht natürlich auch, wie die Datenerfassung

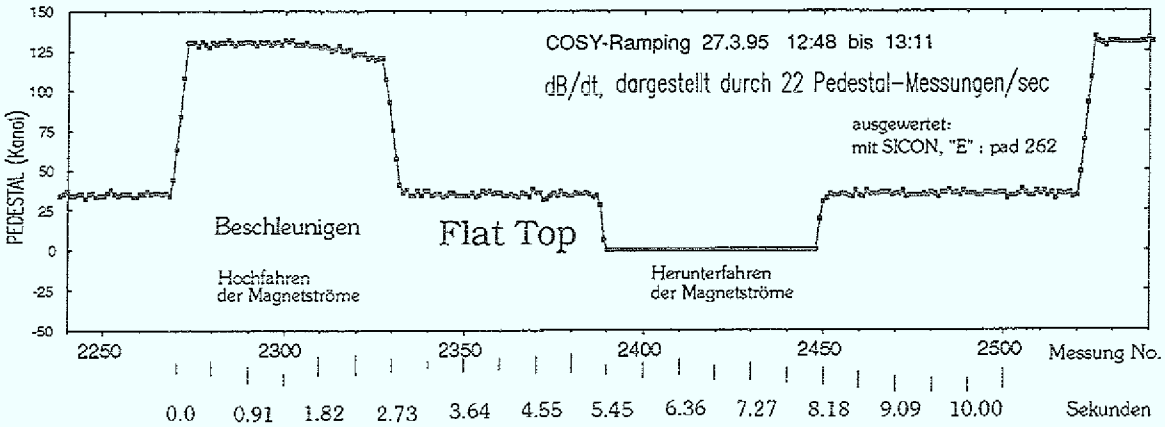


Fig. 32 *Potential der COSY-11-Vakuumkammer als Funktion der Zeit während eines COSY-Maschinen-Zyklus. Auf dB/dt=0 im FLAT TOP kann man sich verlassen, für die Länge des FLAT TOP sucht man sich ein Optimum.*

mit dem K^--Detektor erfolgen muß: COSY beschleunigt die injizierten Teilchen, wenn das FLAT TOP erreicht ist, wird die Datenerfassung gestartet, wenn die Teilchen "verbraucht" sind, wird die Datenerfassung gestoppt, bevor die Ströme der COSY-Magnete wieder zurückgefahren werden. Dabei kann man sich auf das dB/dt=0 im FLAT TOP verlassen, da ja andernfalls die Teilchen in COSY sehr schnell verlorengehen würden.

b. Temperaturentwicklung im COSY-Dipol MDBE8

Da die Elektronik am Frontend doch recht dicht gepackt ist und im engen Gap eines COSY-Dipols steht, ist eine Kontrolle der Temperaturentwicklung unabdingbar (siehe auch I. HARDWARE, 2.a. p. 16). Die Temperaturentwicklung im Gap des Dipols und verstärkt in der Frontend-Elektronik hängt, wie zu erwarten, direkt von der COSY-Maschinen-Zykluszeit ab. Als Beispiel zeigt Fig. 33 das Temperatur-Protokoll der Strahlzeit vom 6.4.95 bis 11.4.95. Die Strahlzeit begann gegen 15.30 Uhr mit Strahleinstellung und -Optimierung.

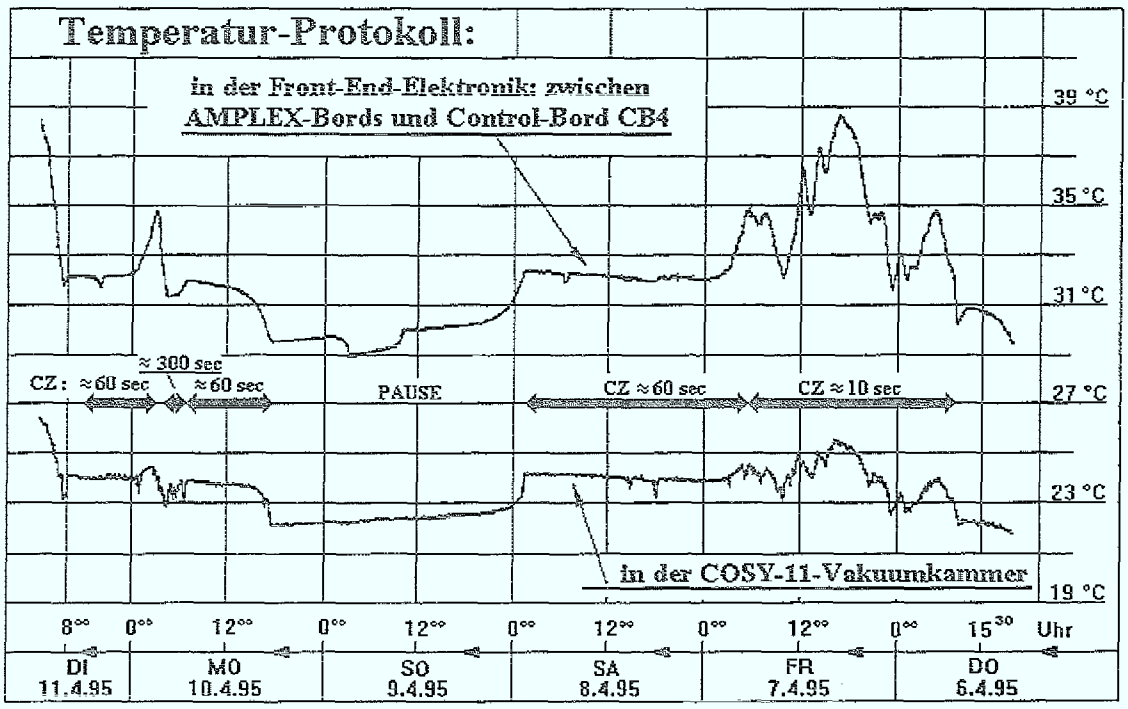


Fig. 33 *Temperatur-Protokoll des K^--Detektors in der Strahlzeit vom 6.-11.4.95. Die Zeitachse geht von rechts nach links. CZ: = COSY-Zykluszeit.*

Diese Arbeiten wurden mit COSY-Zykluszeiten von 6 bis 10 Sekunden durchgeführt. Die Temperatur stieg dabei im Gap auf bis zu 25.5 °C, in der Elektronik bis 38.5 °C an. Am Freitag, 7.4.95 gegen 19.20 Uhr war dann ein erstes Optimum für die Dauer des FLAT TOPs gefunden, die Datenerfassung wurde mit einer COSY-Maschinen-Zykluszeit von etwa 1 Minute gestartet; dabei sanken die Temperaturen dann auf 24 °C bzw. 32 °C ab. Diese Temperaturen liegen nun in einem Bereich, wie er auch bei allen Tests im Labor gegeben war, sodaß festzustellen bleibt: auch die Temperaturentwicklung im Dipol-Gap stellt kein unüberwindliches Problem dar.
Wie exakt die Temperatur mit der COSY-Zykluszeit geht, sieht man noch einmal am Montag, 10.4.95 gegen 18.20 Uhr, wo die Temperaturkurve auf eine COSY-Zykluszeit von hier 300 s mit einem weiteren Temperatureinbruch reagierte.
Natürlich bleibt bei Betriebsweisen, die zu unzulässig hohen Temperaturen am Detektor und in der Elektronik führen, immer auch die Möglichkeit, den Stickstoff, mit dem die Silizium-Pads und die Bondverbindungen, sowie naheliegenderweise bei dieser Gelegenheit auch die Elektronik, mit einer Rate von etwa 1 l/Stunde geflutet werden, um 10 °C bis 15 °C abzukühlen.

LITERATUR

1] **COSY-Proposal Experiment No. 11**
THRESHOL MESON PRODUCTION AT THE INTERNAL COSY-BEAM IN THE RANGE OF SCALAR MESONS INVOLVING STRANGENESS
Collaboration:

D. Grzonka, K. Kilian, W. Oelert, E. Roderburg, M. Rook, T. Sefzick, B. Stugu, P. Turek, M. Ziolkowski
IKP, KFA Jülich, 5170 Jülich, Germany

M. Köhler
ZEL, KFA Jülich, 5170 Jülich, Germany

H. Dombrowski, A. Khoukaz, R. Santo
IKP, University of Münster, 4400 Münster, Germany

L. Jarczyk, B. Kamys, M. Kistryn, A. Kozela, A. Magiera, J. Smyrski, M. Sokołowski, A. Strzalkowski
Institute of physics, Jagellonian University of Cracow,
30059 Cracow, Poland

A. Budzanowski
Institute of nuclear physics, 30059 Cracow, Poland

Spokesman for Collaboration: W. Oelert, IKP, Forschungszentrum Jülich

[2] THRESHOLD MEASUREMENT AT THE EXPERIMENT COSY-11
W. Oelert, representing the COSY-11 Collaboration [3] at COSY-Jülich
Proceedings of the 105th International W E - Heraeus - Seminar "Hadronic Processes at Small Angles in Storage Rings" Physikzentrum Bad Honnef, Feb. 1-3, 1993, and Konferenzen des Forschungszentrums Jülich, Band 12/93,
edited by E. Rössle and O.W.B. Schult

[3] **Autorenliste COSY-11** (Stand: Mai 1995)

S. Brauksiepe, D. Grzonka, K. Kilian, W. Oelert, E. Roderburg, M. Rook, Th. Sefzick, P. Turek, M. Wolke
M. Karnadi, R. Nellen, K.H. Watzlawik
Institut für Kernphysik, Forschungszentrum Jülich, D-52425 Jülich

K.H. Diart, H. Gutschmidt, M. Jochmann, M. Köhler, P. Wüstner, K. Zwoll
Zentrallabor für Elektronik, Forschungszentrum Jülich, D-52425 Jülich

H. Dombrowski, W. Hamsink, A. Khoukaz, T. Lister, R. Santo, G. Schepers
Institut für Kernphysik, Universität Münster, D-48149 Münster

L. Jarczyk, P. Moskat, J. Smyrski, M. Sokolowski, A. Strzalkowski
Institut of Nuclear Physics, Jagellonian University, Krakau

J. Balewski, A. Budzanowski
Institut of Nuclear Physics, Krakau

M. Ziolkowski
CERN PPE, Genf

S. Bowes, A. Hardt
Fachhochschule Jülich

C. Goodman
IUCF Bloomington

[4] STUDIES ON A CLUSTER TARGET
W. Bickel, M. Buschmann, H. Dombrowski, G. Gaul, D. Grzonka, G. Hölker, R. Santo and M. Wähning
NUCL. INSTR. & METH., A 295 (1990), pp. 44-52

[5] AMPLEX, A LOW-NOISE, LOW-POWER ANALOG C-MOS SIGNAL PROCESSOR FOR MULTI-ELEMENT SILICON PARTICLE DETECTORS
E. Beuville, K. Borer, E. Chesi, E.H.M. Heijne, P. Jarron, B. Lisowski and S. Singh
NUCL. INSTR. & METH., A 288 (1990), pp. 157-167

[6] PROGRESS REPORT 1988-1989
DEVELOPMENT OF INTEGRATED CMOS CIRCUITS AND SILICON PIXEL DETECTORS IN THE CERN LAA_PROJECT
CERN - EF 89-14 alias **CERN - LAA/SD 89-11**

[7] DIGITAL READ-OUT FOR ANALOG MULTIPLEXED SIGNALs
E. Chesi (CERN) and P. Martinengo (University of Genova)
CERN - PS 202 Note, 25th January 1988

[8] DIGITAL READ-OUT FOR ANALOG MULTIPLEXED SIGNALs
P. Martinengo (University of Genova)
CERN - Note, 21th March 1990

[9] INTELLIGENT CAMAC CRATE CONTROLLER WITH CC-A2 FUNCTIONALITY AND VIC-BUS INTERFACE
W. Erven, J. Holzer, H. Kopp, H.W. Loevenich, W. Meiling 1 and K. Zwoll (Zentral-labor für Elektronik, Forschungszentrum Jülich, Germany) and J. Bovier, G. Re and F. Worm (Creative Electronic Systems, Geneva)
IEEE Trans. Nucl. Sci., NS - 39 (no. 4), (1992) pp. 853-857

[10] User's Manual VCC 2117 (CES)

[11] VCC 2117 CAMAC - Treiber
W. Erven
Interner Bericht KFA - ZEL - IB - 501492, März 1992

[12] COSY-EXPERIMENT-DATENERFASSUNG
K. Zwoll, W. Meiling, K.-H. Watzlawik
Interner Bericht KFA - ZEL - IB - 500891, April 1991

[13] FLEXIBLE DATA ACQUISITION SYSTEM FOR EXPERIMENTS AT COSY
K. Zwoll, M. Drochner, W. Erven, J. Holzer, H. Kopp, H.W. Loevenich, P.Wüstner
Zenrallabor für Elektronik, Forschungszentrum Jülich, D-52425 Jülich
K.-H. Watzlawik, N. Brummund, M. Karnadi, R. Nellen, J. Stock
Institut für Kernphysik, Forschungszentrum Jülich, D-52425 Jülich
S. Dienel, K.-H. Leege, W. Oehme
Forschungszentrum Rossendorf
IEEE Trans. Nucl. Sci., NS-41 (No. 1), 1994, pp. 37-44

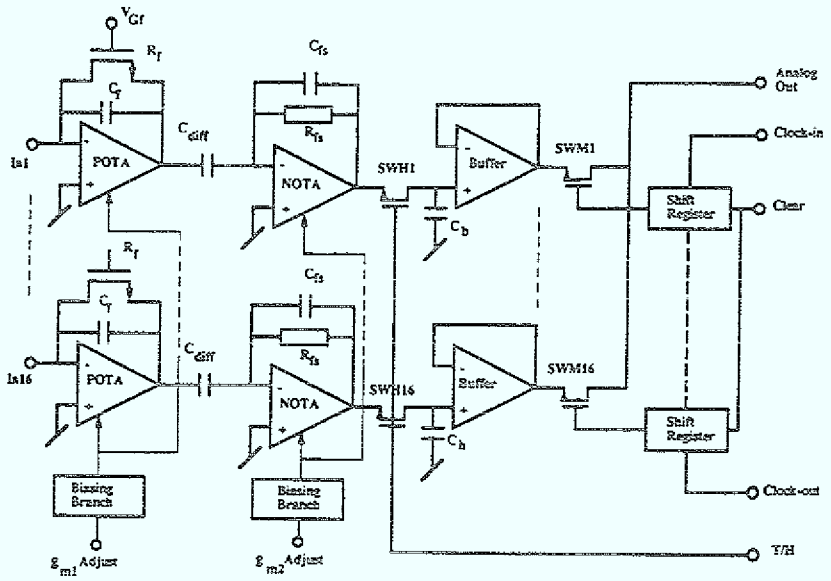
[14] SYSTEMENTWICKLUNG Si-PAD-DETEKTOREN FÜR COSY-EXPERIMENT NR. 11 ZUM NACHWEIS VON π^- UND K^-.
K.H. Diart, W. Erven, H. Gutschmidt, M. Köhler, P. Vaidya, D. Grzonka
Interner Bericht KFA - ZEL - IB - 501592, Dezember 1992

[15] OBJEKTORIENTIERTE MODELLIERUNG DES ON LINE DATENERFASSUNGSSYSTEMS FÜR COSY-EXPERIMENTE V2.0
K. Zwoll, M. Drochner, P. Wüstner
Interner Bericht KFA - ZEL - IB - 501293, November 1993

[16] MANUFACTORING MESSAGE SPECIFICATION
International Organization for Standardization ISO 9506, 1990

[17] DAS EMS-CLIENT-PROGRAMM "klient" - BENUTZERANLEITUNG
M. Drochner
Interner Bericht KFA - ZEL - IB - 501094, Juli 1994

Anhang



Summary of characteristics of AMPLEX

Gain	5 mV/fC for C_{det} = 20 pF 18 mV/min. ionizing part. in 300 μm Si detector (MIP)
Gain uniformity	2% within chip. 5% from chip to chip
Gain versus C_{det}	0.6% gain decrease per pF
Noise	ENC 1000 rms electrons for C_{det} = 20 pF
Linearity	Better than 2% integral up to 70 fC input charge (corresponds to ~ 20 MIP)
Output DC offset	+15 mV
Offset spread	±10 mV
Output droop rate	< 20 mV/s
Maximum acceptable detector leakage current	450 nA
Power consumption	1.1 mW per channel for biasing conditions: I_{bias}(POTA) = 50 μA, I_{bias}(NOTA) = 10 μA
Peaking time	750 ns

Fig. A-1 : Blockschaltbild und Spezifikationen des Chips AMPLEX-16

Entnommen aus:

E. Beuville, K. Borer, E. Chesi, E.H.M. Heijne, P. Jarron, B. Lisowski and S. Singh
AMPLEX, A LOW-NOISE, LOW-POWER ANALOG C-MOS SIGNAL PROCESSOR FOR MULTI-ELEMENT SILICON PARTICLE DETECTORS
NUCL. INSTR. & METH., A 288 (1990), pp. 157-167
(Fig. 1, Table 2)

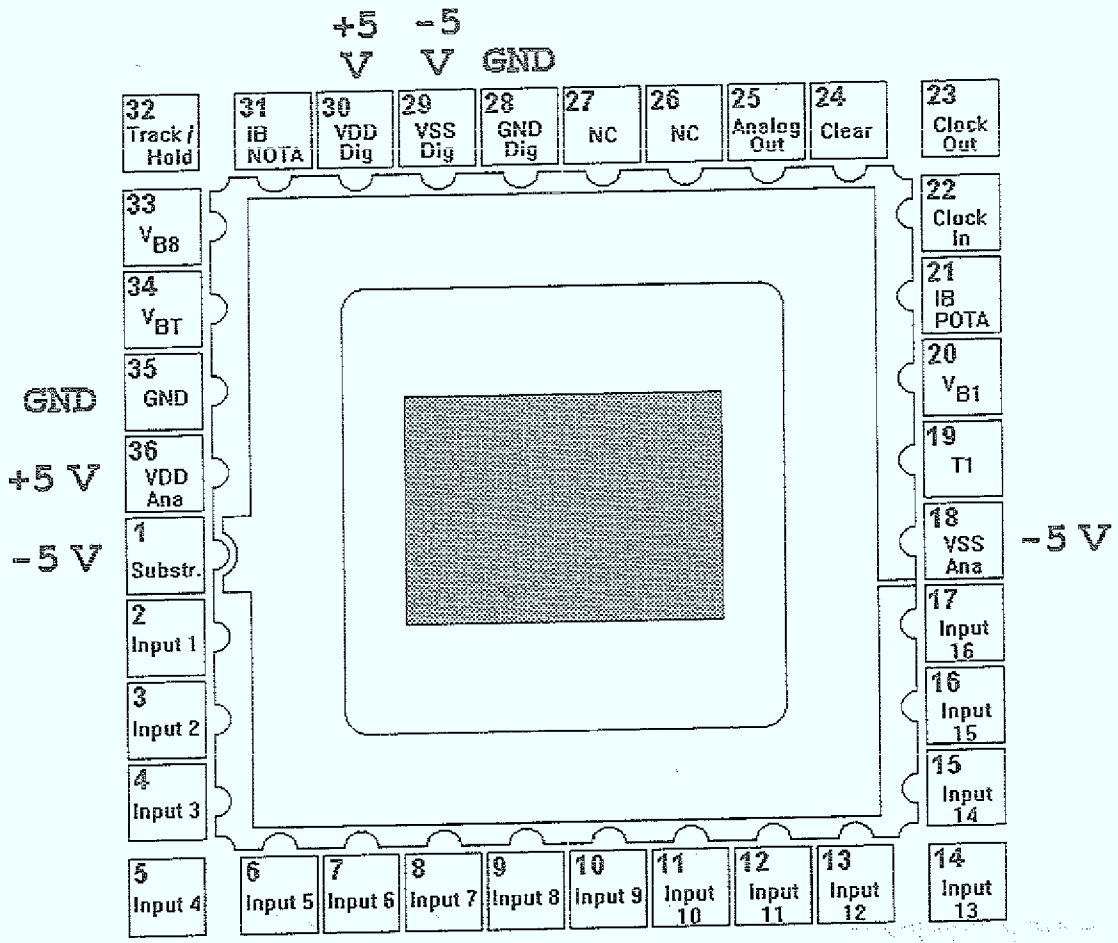


Fig. A-2 Pinbelegung des Chips AMPLEX-16

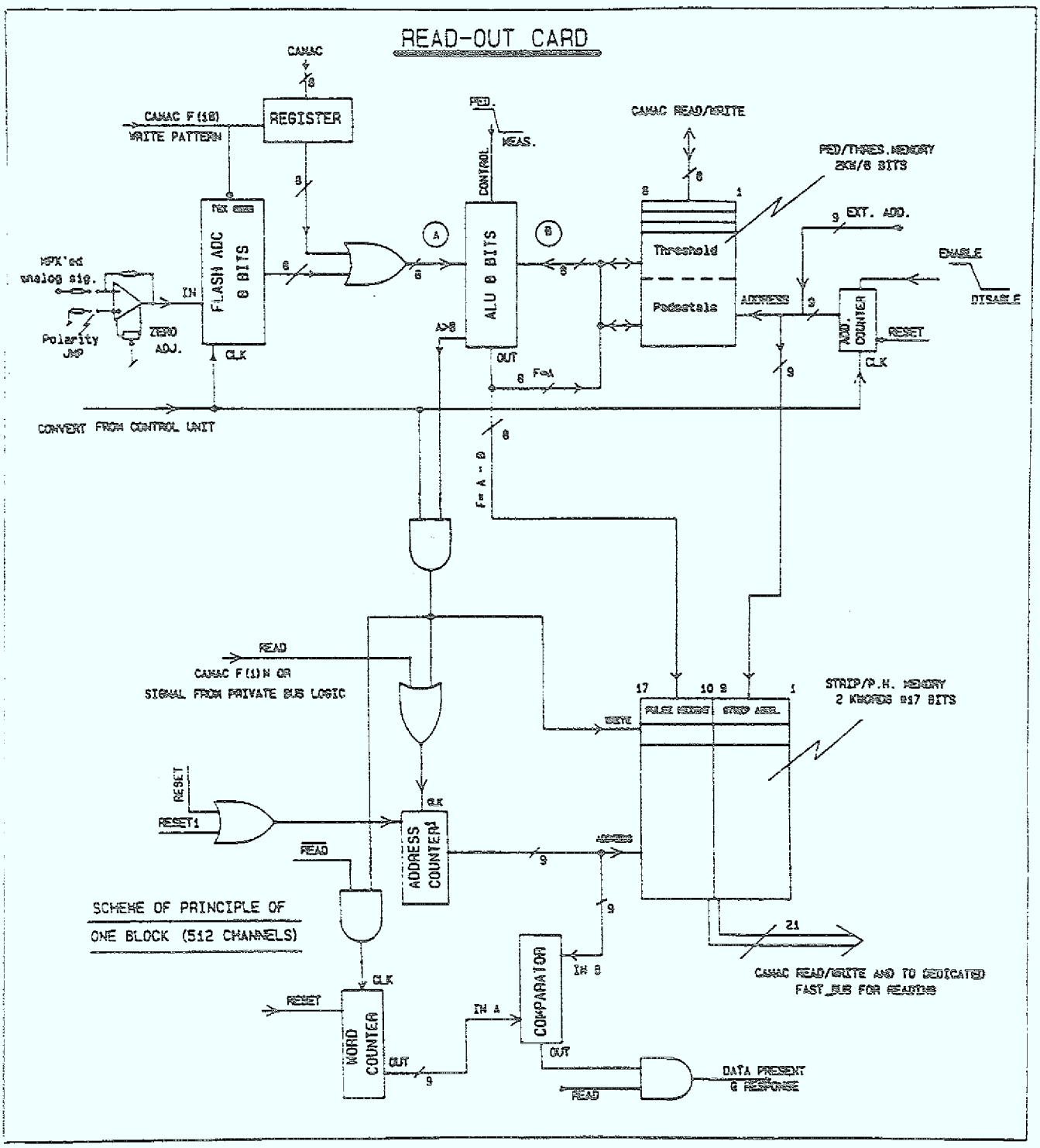


Fig. A-3 : Blockschaltbild des DRAMS Receiver (1 Block von 2)

Entnommen aus:

E. Chesi (CERN) and P. Martinengo (University of Genova)
DIGITAL READ-OUT FOR ANALOG MULTIPLEXED SIGNALs
CERN - PS 202 Note, 25th January 1988
(Fig. 1)

Fig. A-4a Manual Wedge-Bonder der Firma KULICKE & SOFFA, Model 4126

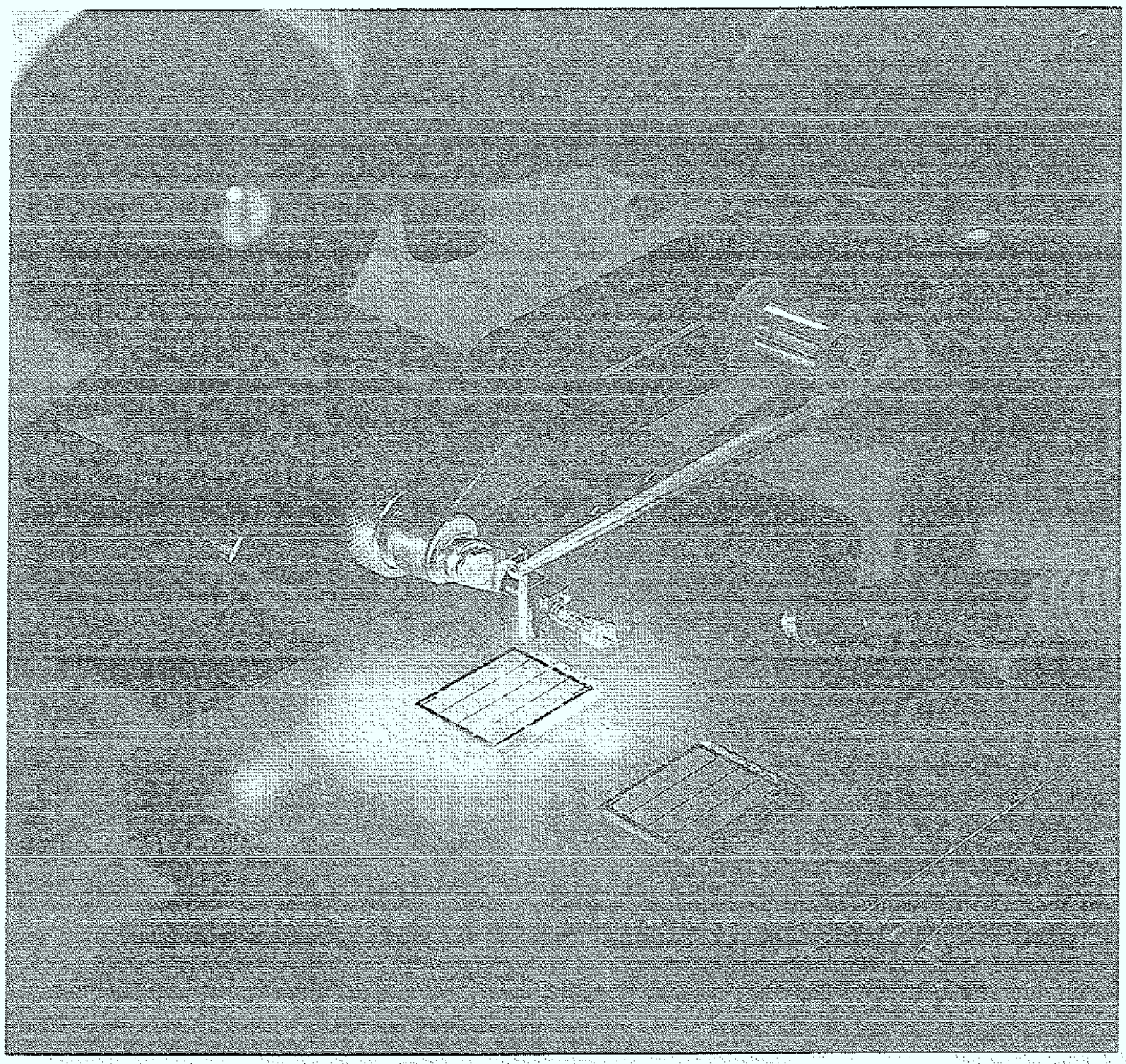


Fig. A-4b Detektormodul auf dem Arbeitstisch des Wedge Bonders

Fig. A-5a Pull-Tester der Firma DAGE, Modell BT-14

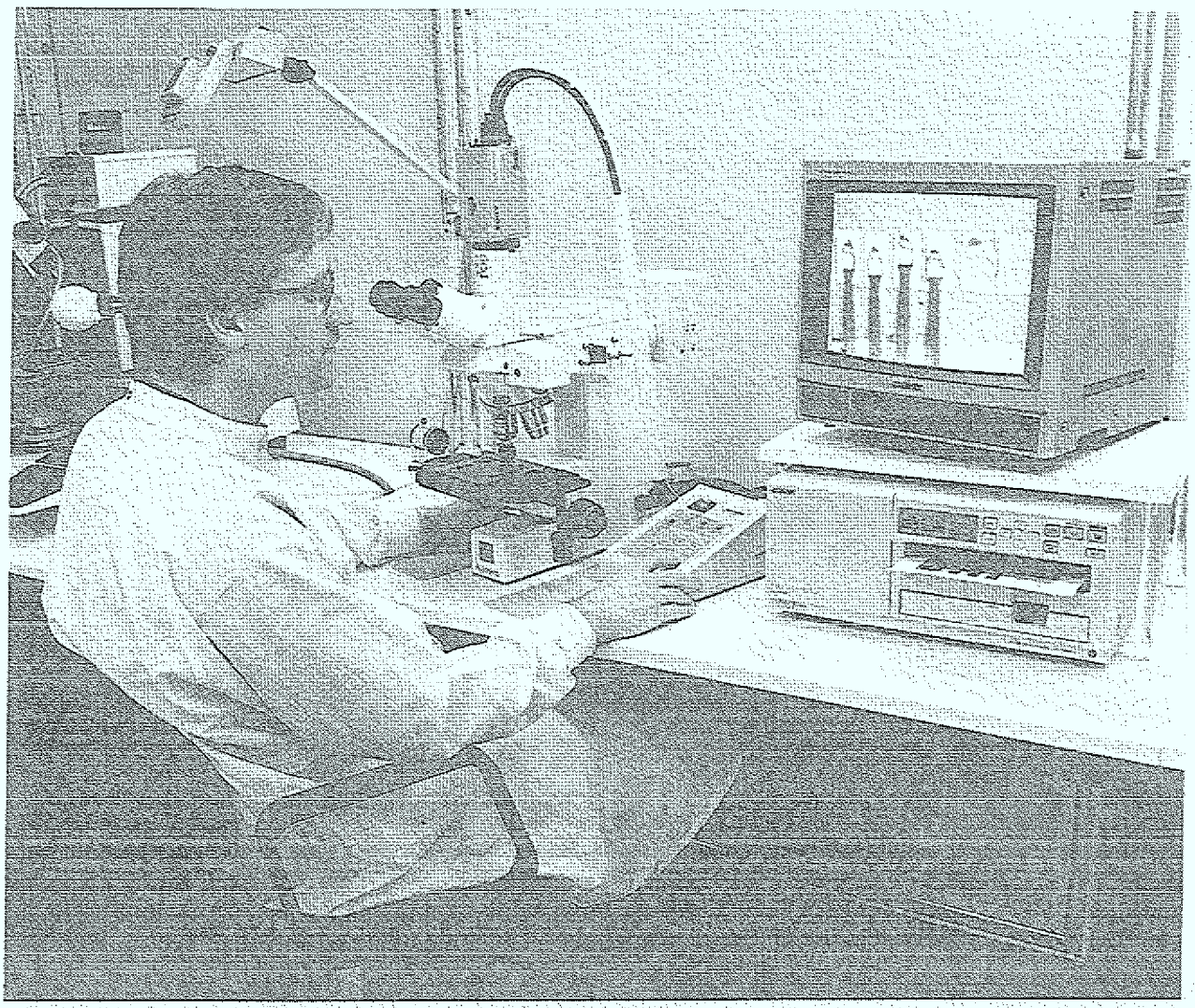


Fig. A-5b Auflicht-Mikroskop ZEISS AXIOSKOP mit TV-Kamera, Monitor und Color-Printer

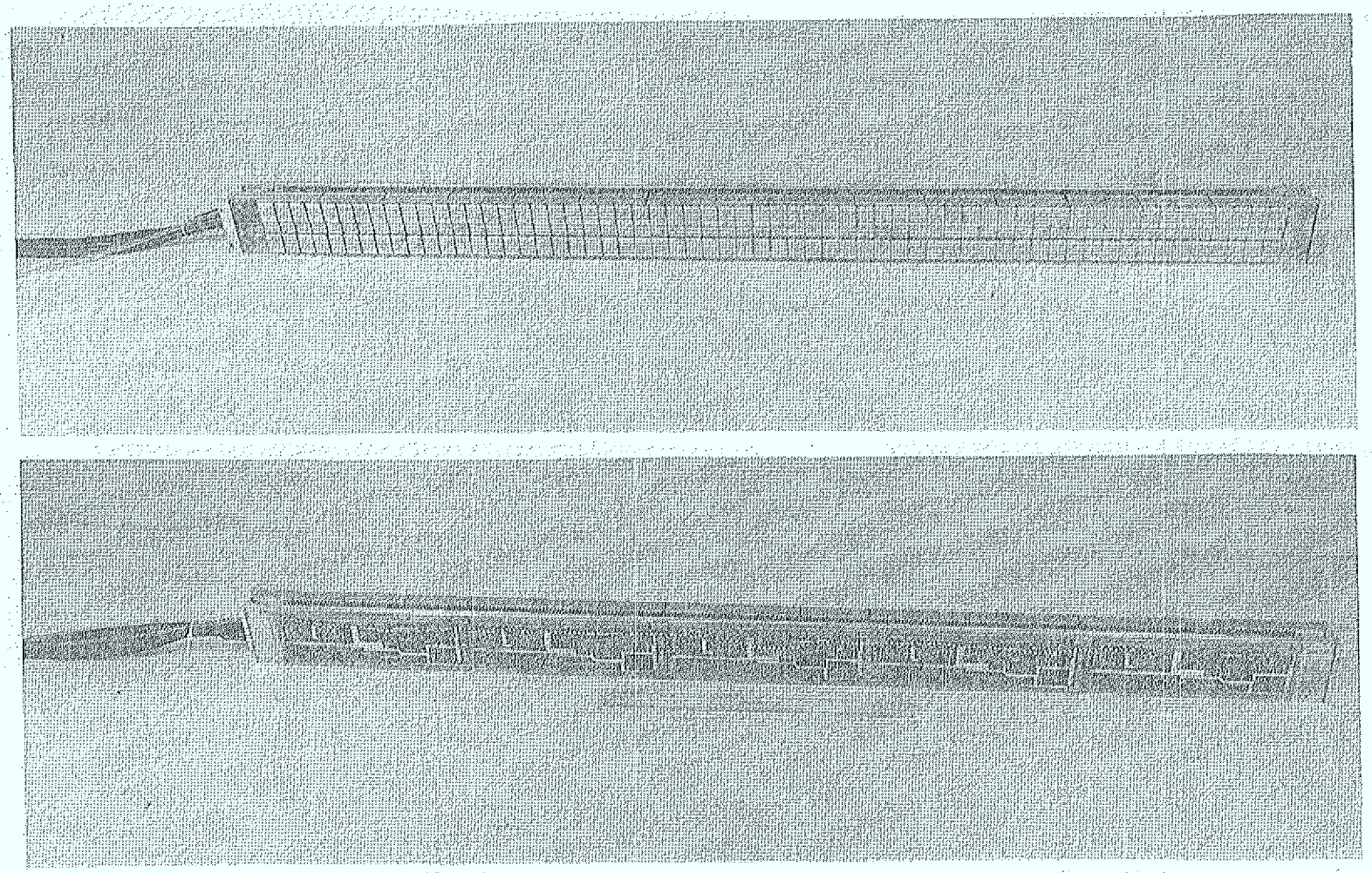


Fig. A-6a Gesamt-Ansicht des K^- - Detektors mit der Frontend-Elektronik: oben: Silizium-Seite
unten: Rückseite der CONTROL-Bords

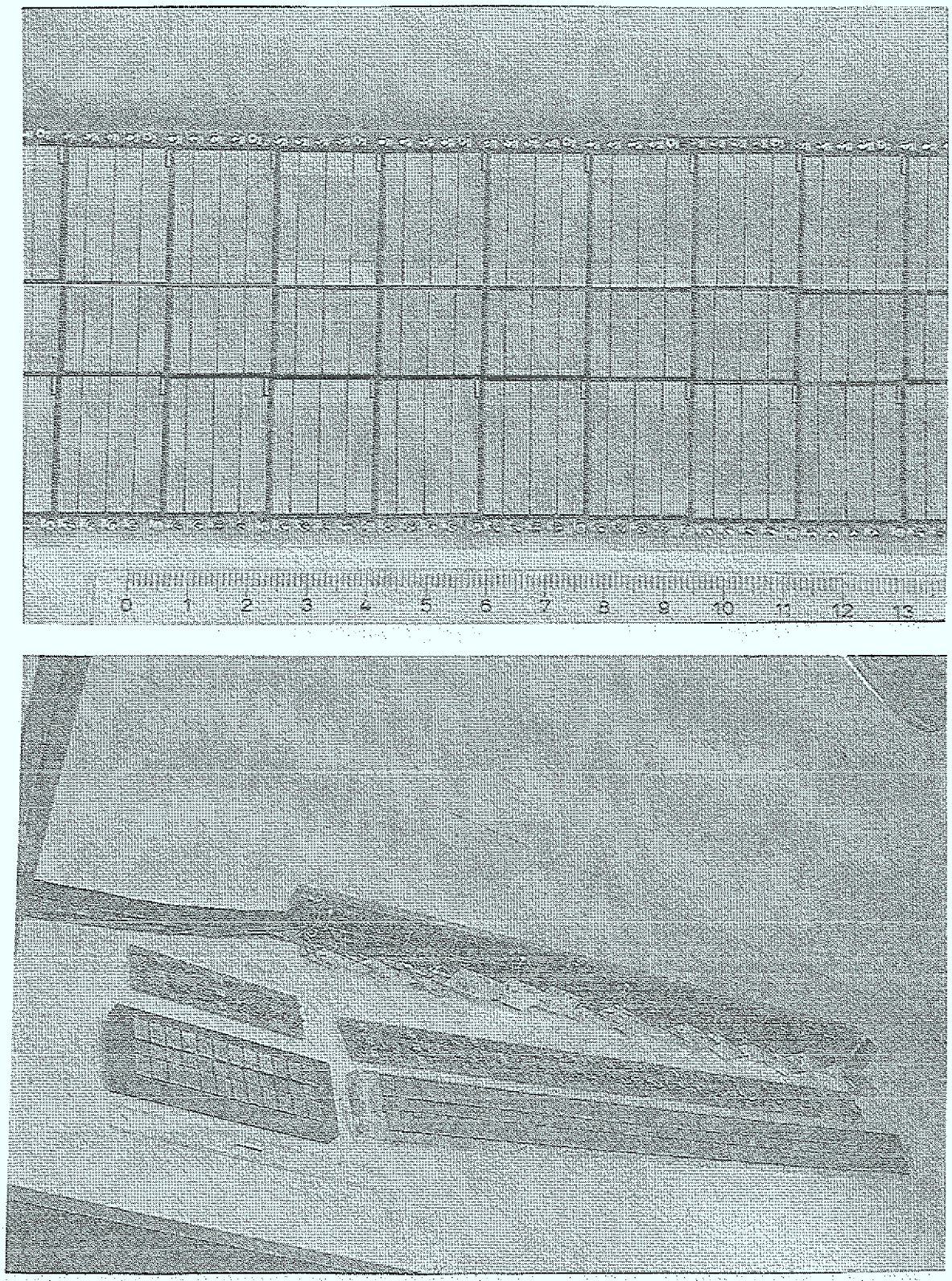


Fig. A-6b Oben: Ausschnitt aus der Oberfläche des K^- - Detektors
Unten: Silizium-Pad-Detektoren, in ihre Komponenten zerlegt

Fig. A-6c Oben: Ausschnitt aus der Elektronik-Seite des Detektor-Bords: auf den Grundplatinen erkennt man die Detektor-Spannungsversorgung, 1 AMPLEX-Bord ist aufgesteckt
Unten: Rüchwärtiger Teil der Frontend-Elektronik: CONTROL-Bord mit Steckplatinen für die Verbindung zu den AMPLEX-Bords

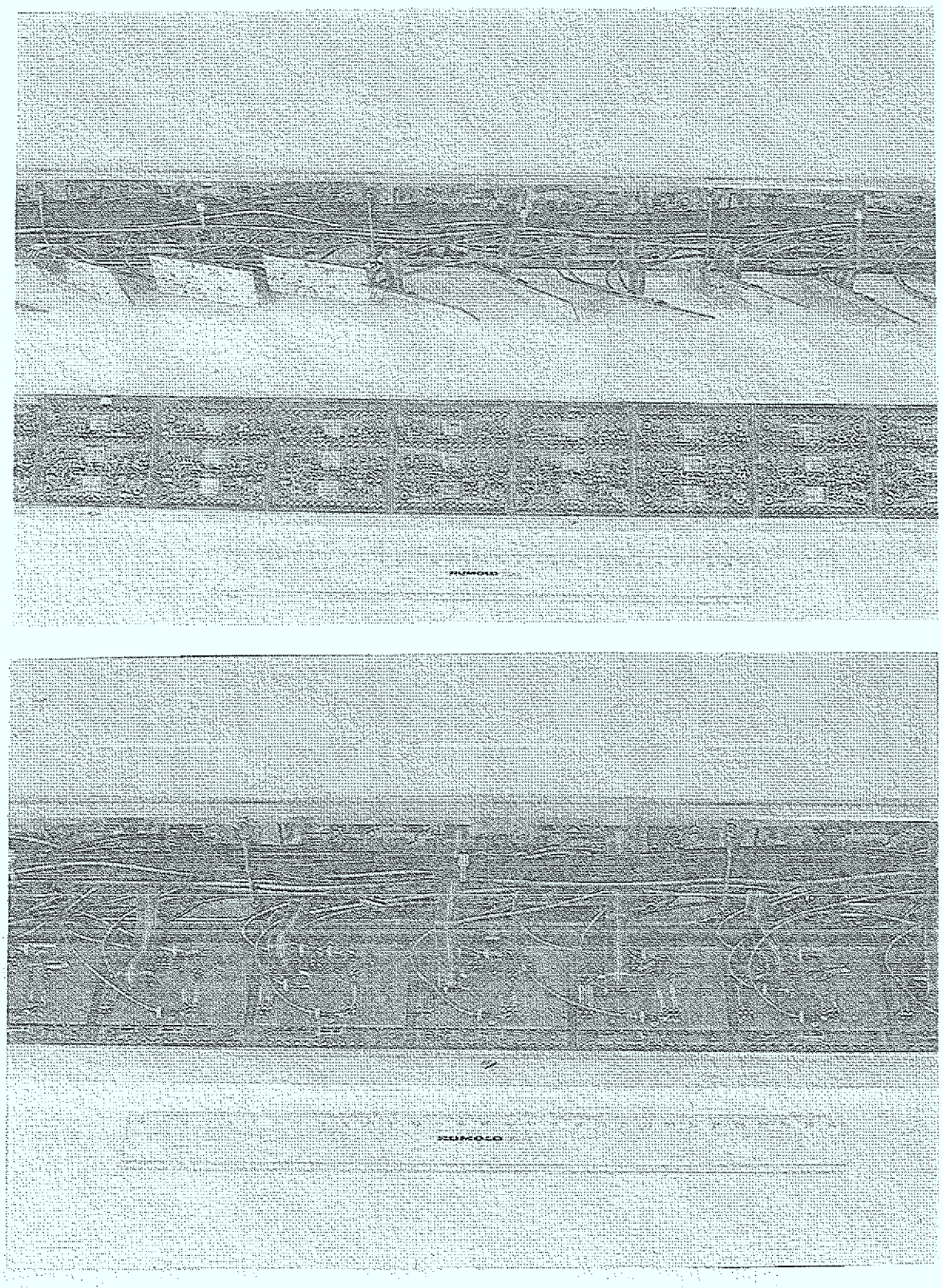


Fig. A-6d Oben: Komplette Frontend-Elektronik mit abgezogenen Steckplatinen
Unten: Komplette Frontend-Elektronik mit aufgesetzten Steckplatinen

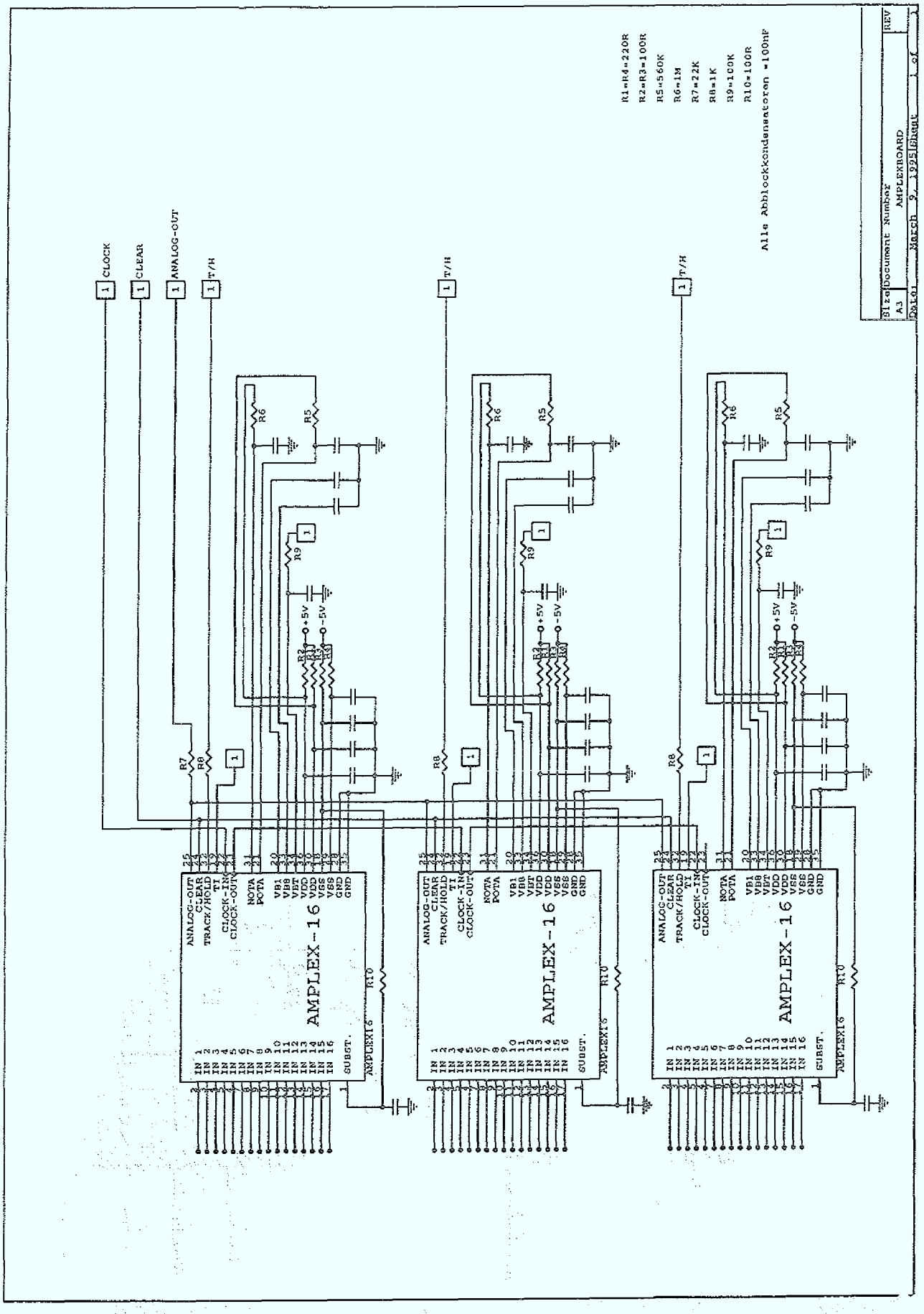


Fig. A-7 Schaltbild des AMPLEX-Bords.

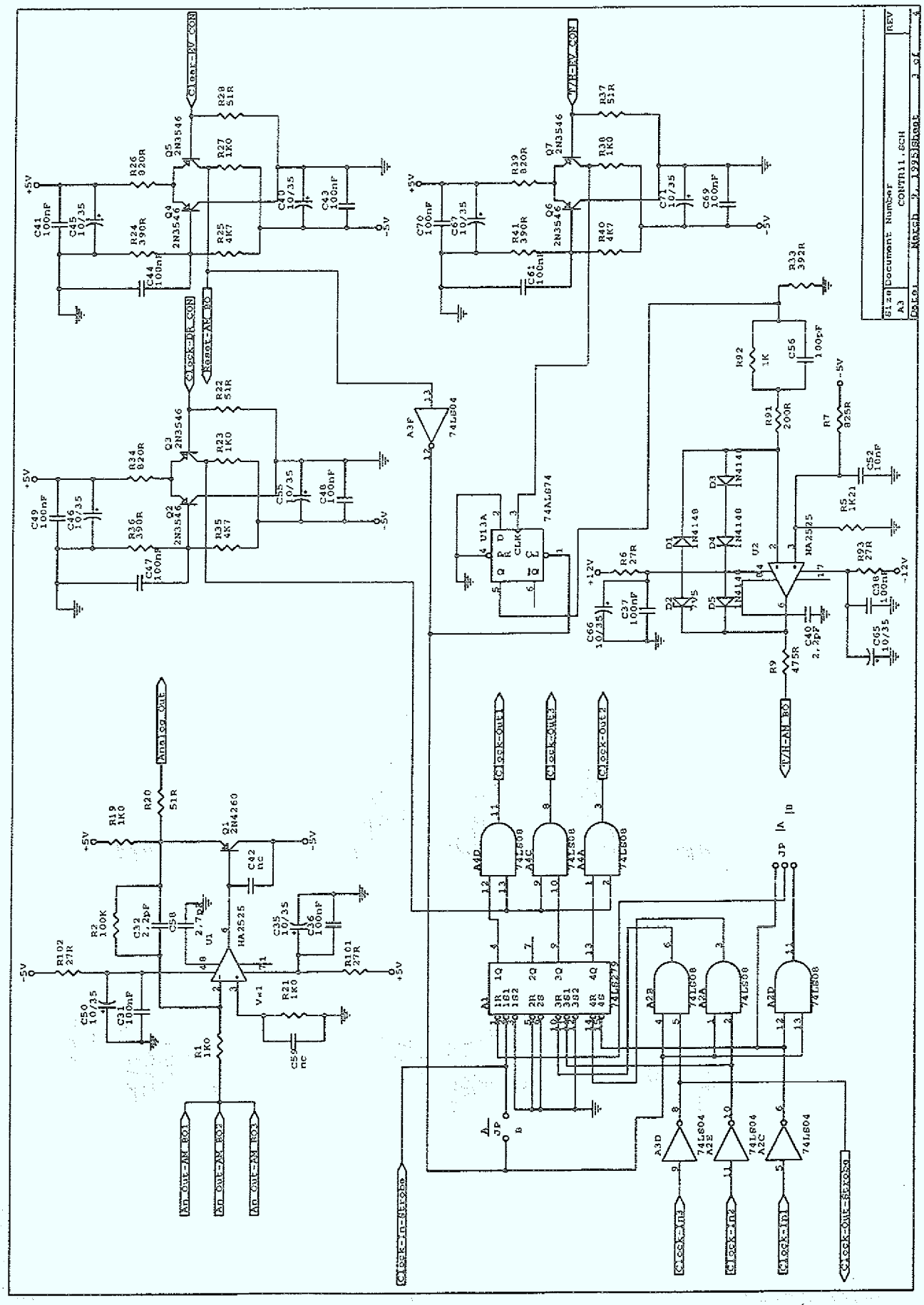


Fig. A-8a Schaltbilder des CONTROL-Bords

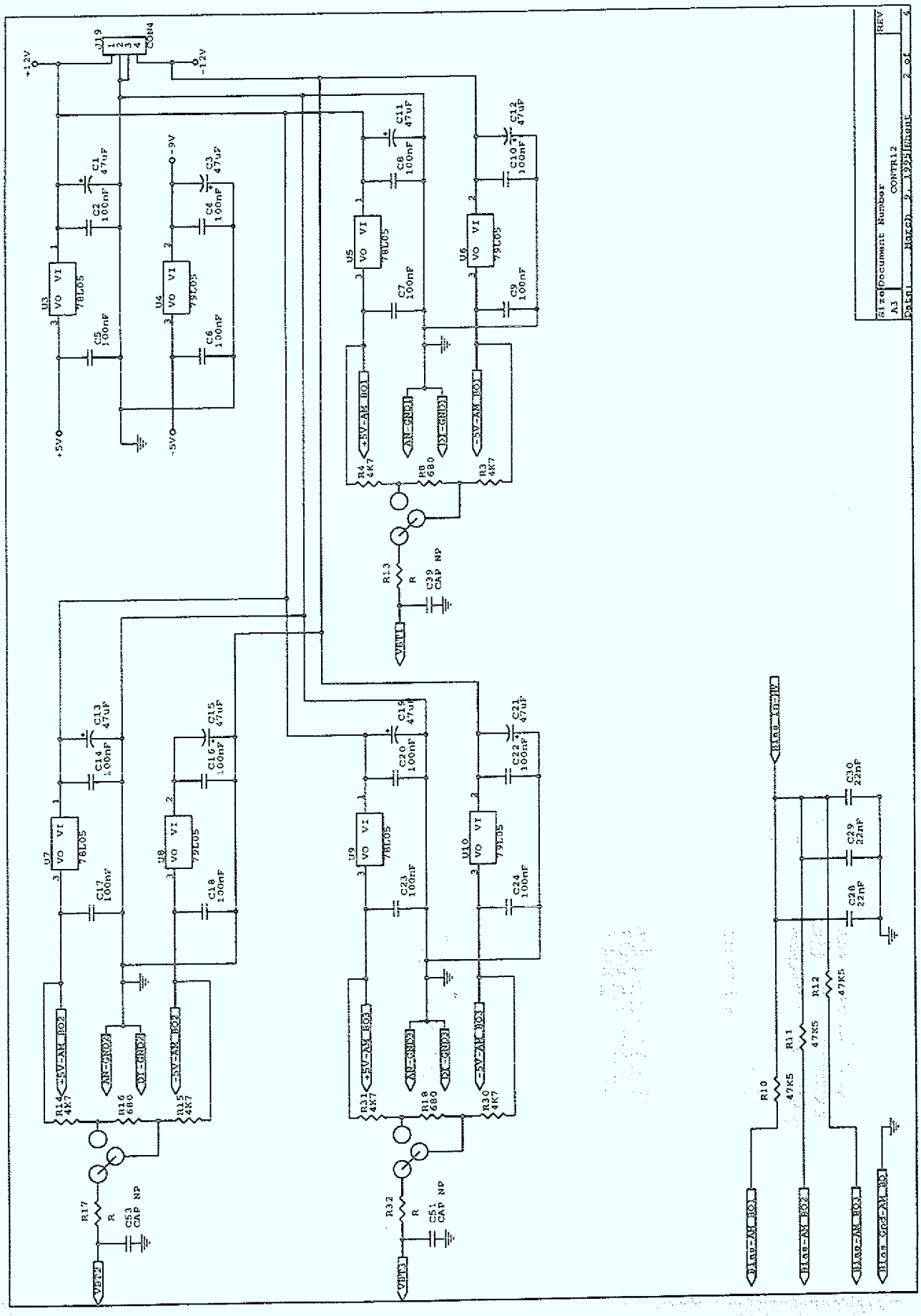


Fig. A-8b Schaltbilder des CONTROL-Bords

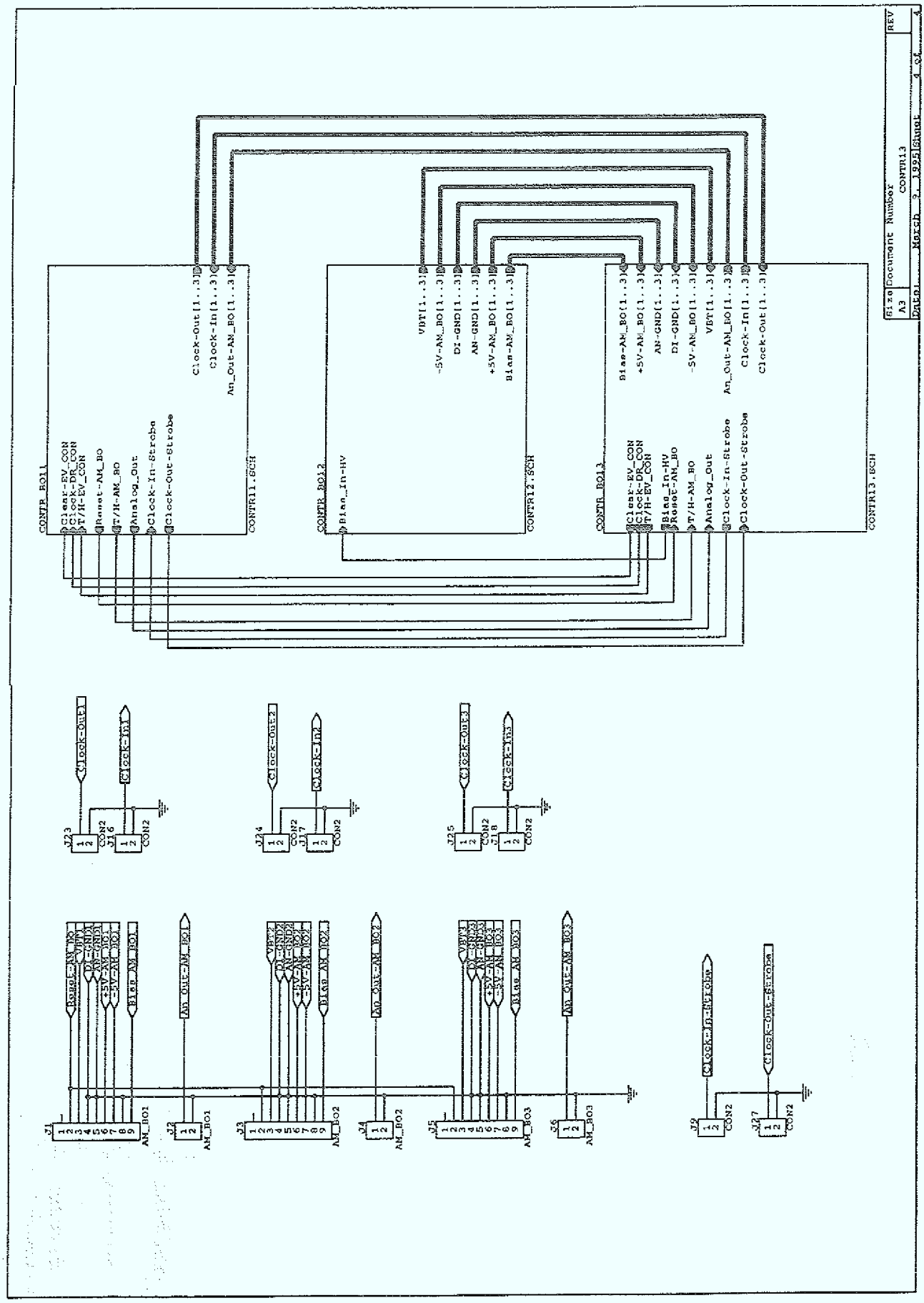


Fig. A-8c Schaltbilder des CONTROL-Bords

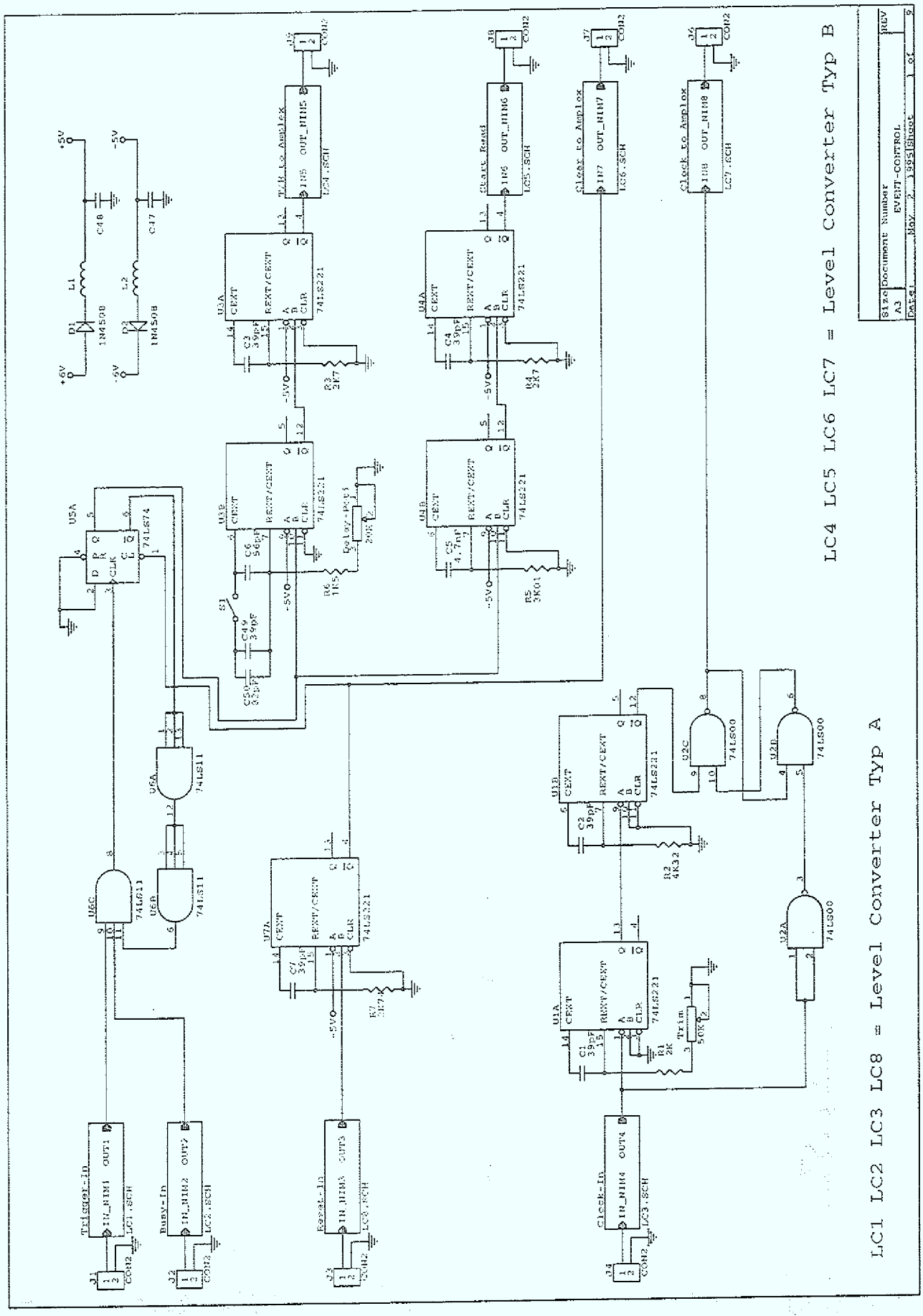


Fig. A-9a Schaltbilder des EVENT-Control-Moduls

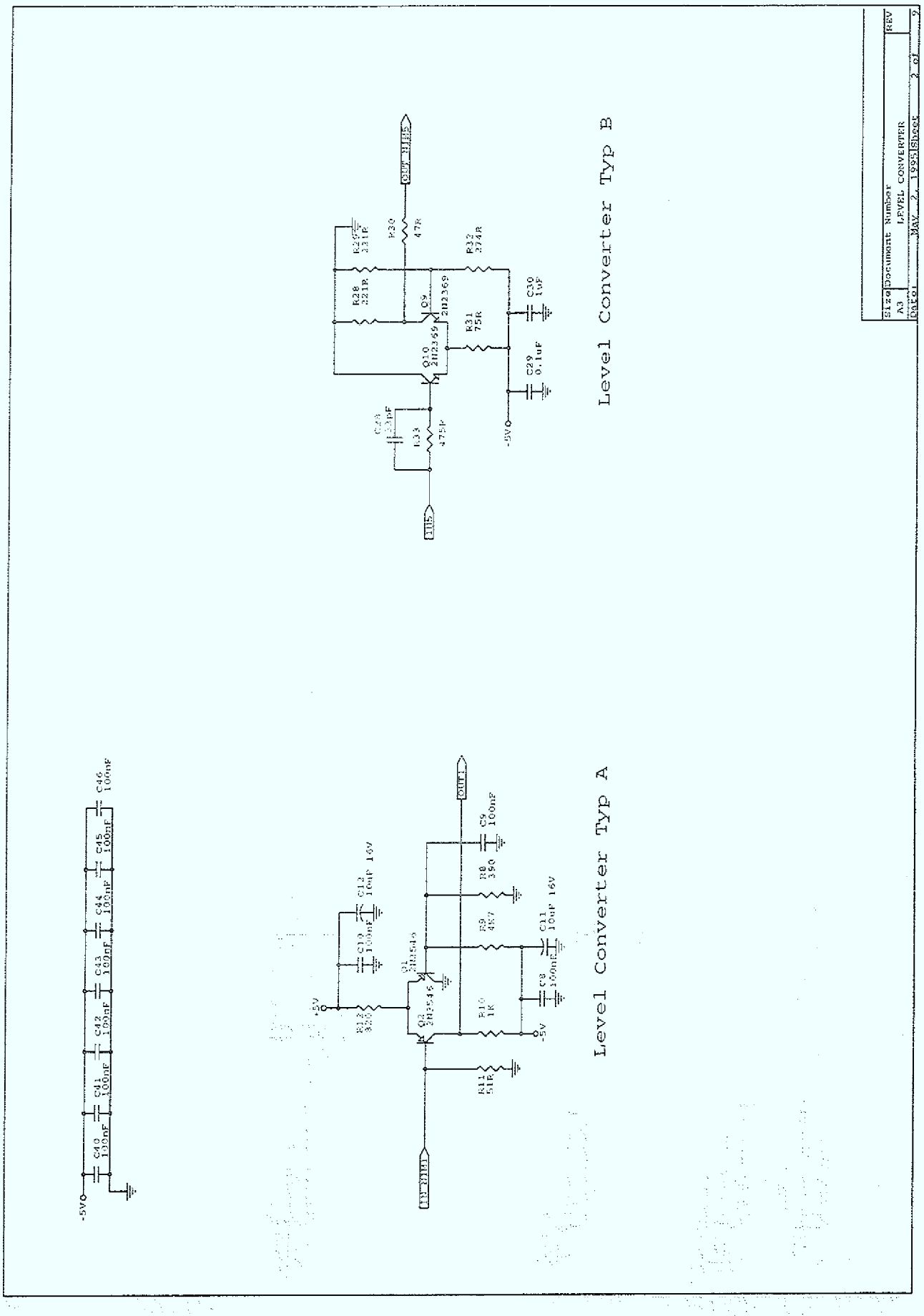


Fig. A-9b Schaltbilder des EVENT-Control-Moduls

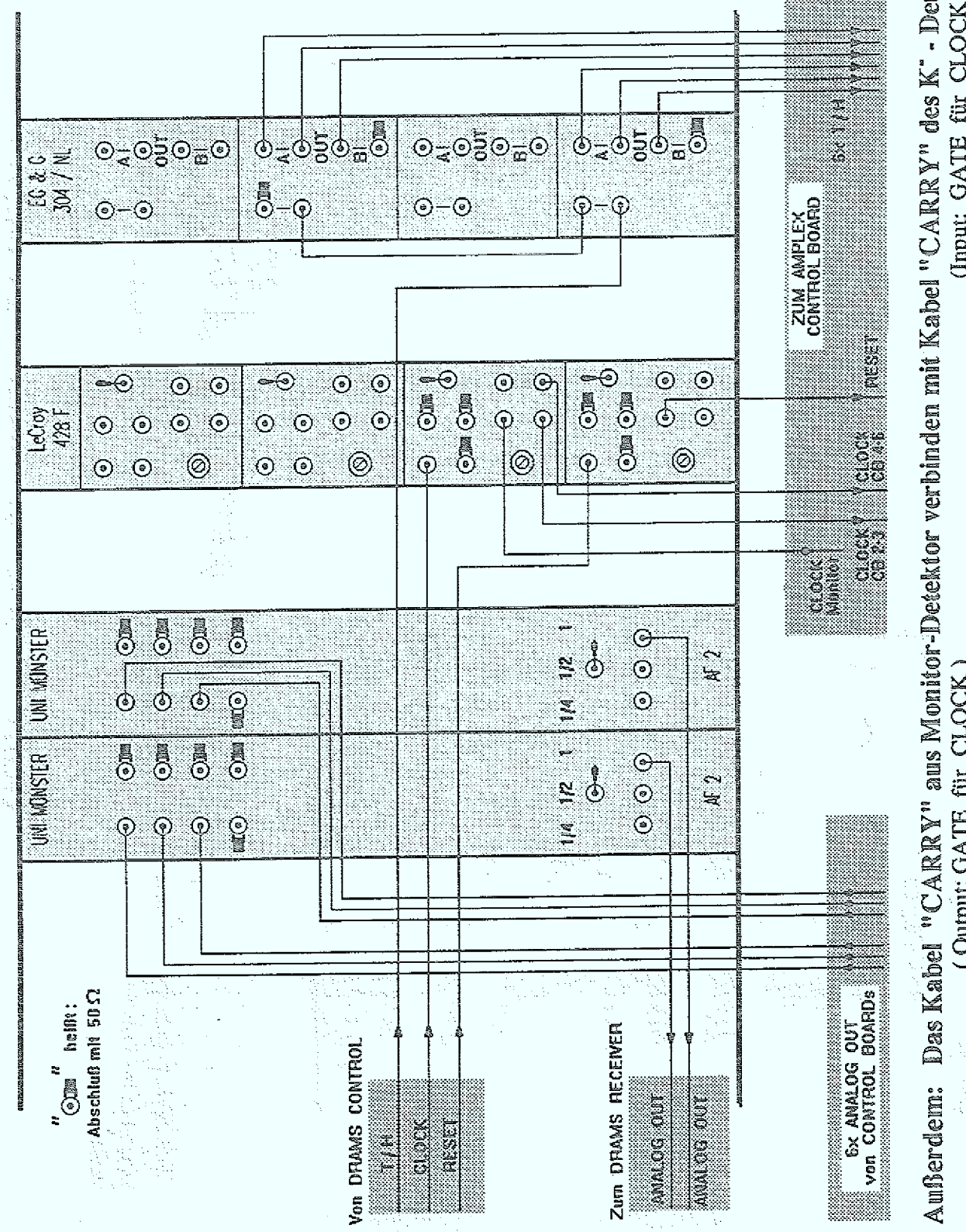


Fig. A-10a Verkabelung von CAMAC- und NIM-Auslese-Elektronik: NIM-Crate

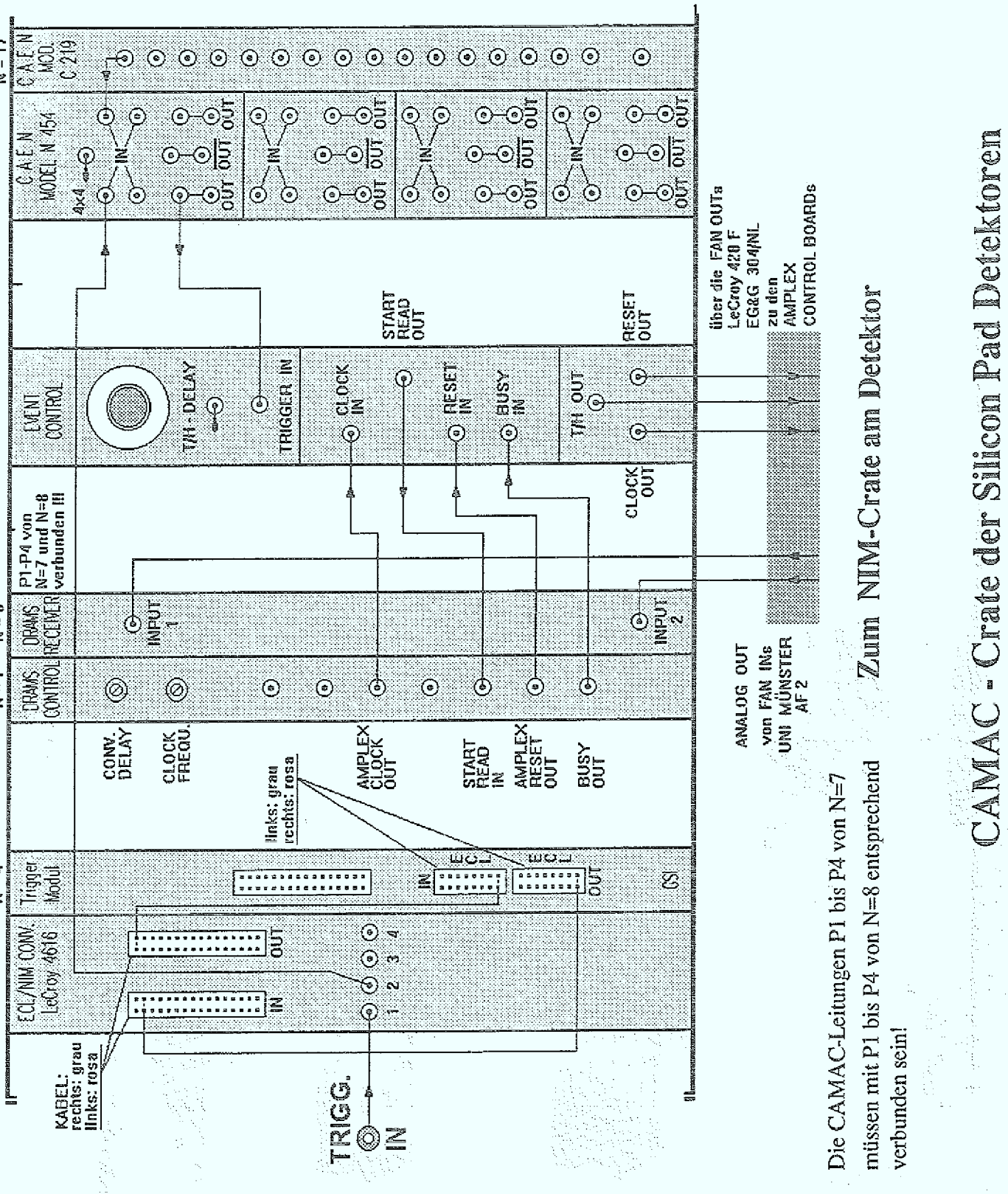


Fig. A-10b Verkabelung von CAMAC- und NIM - Auslese-Elektronik:
CAMAC - Crate, Betrieb mit Test-Trigger

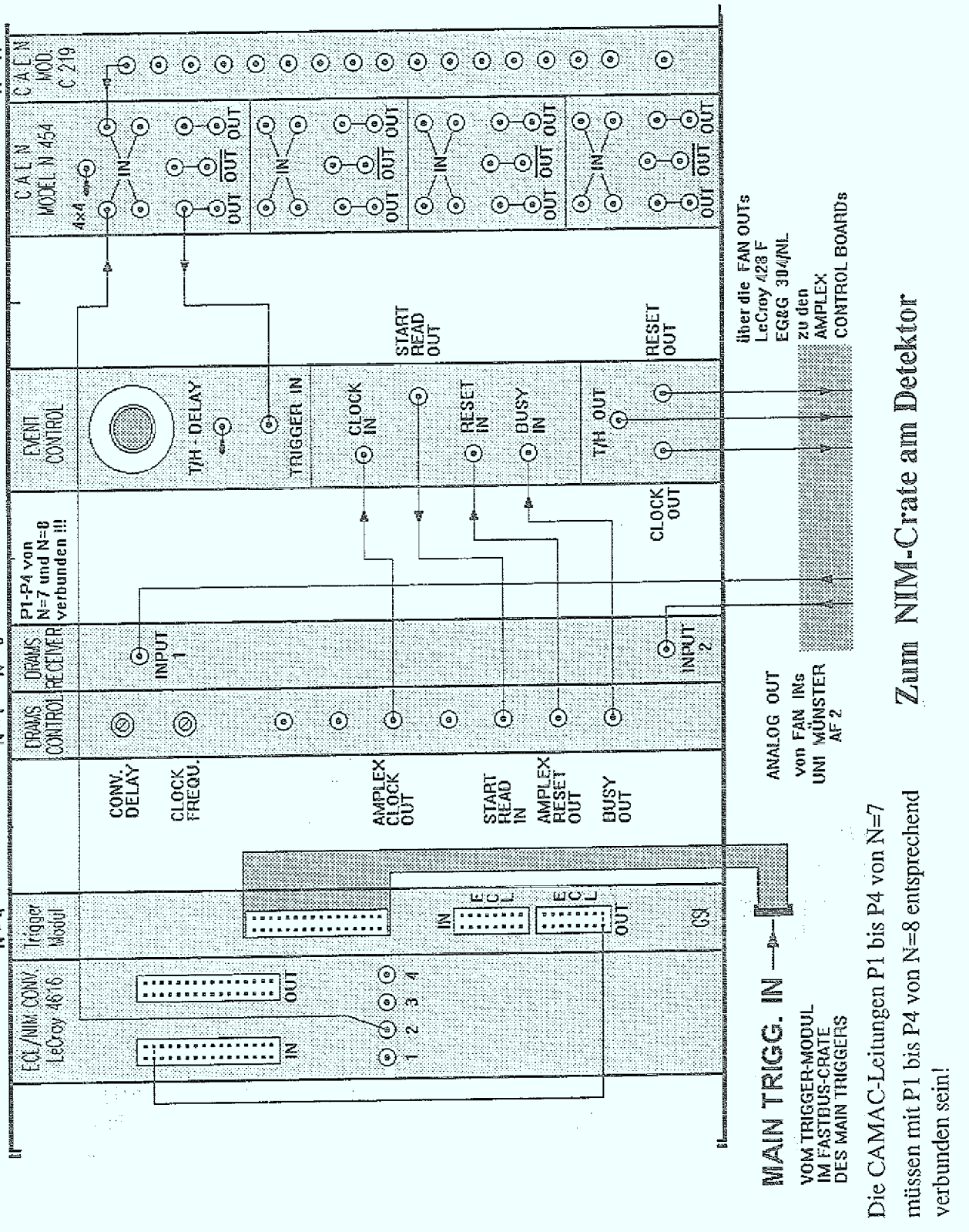


Fig. A-10c Verkabelung von CAMAC- und NIM - Auslese-Elektronik:
CAMAC - Crate, Betrieb mit Experiment-Trigger (MAIN TRIGGER)

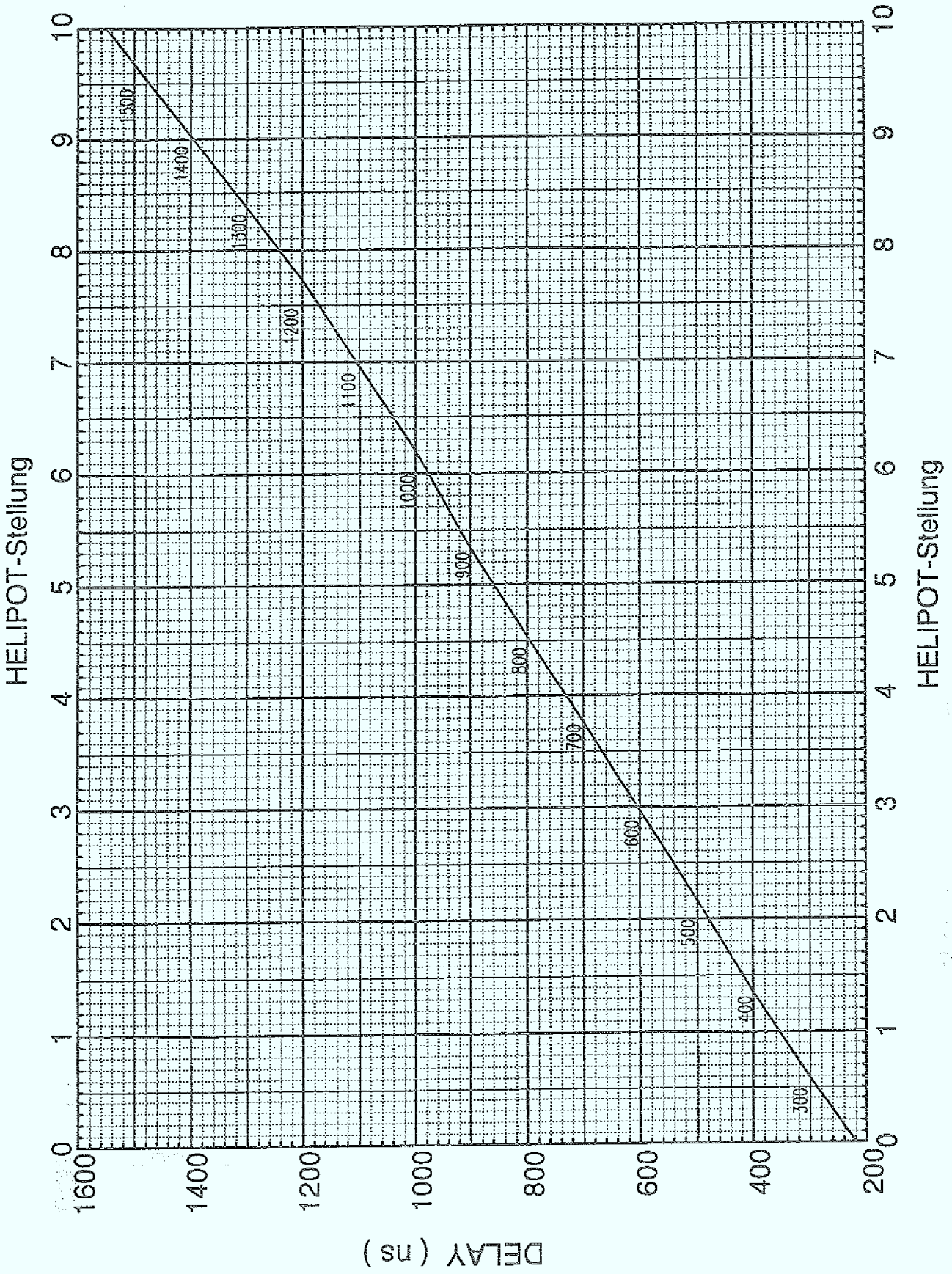


Fig. A-11 Eichkurve für die Verzögerung des T/H-Signals im EVENT-Control-Modul: Verzögerung ns / HELIPOT-Stellung

Anhang:

.klientrc:

```
set T_TRIG 0x1a70c100
set DRAMS_CONTROL 0x168000DC
set DRAMS_RECEIVER 0x1180D512
set DRAMS_EVENT 0x18800ECD
set CAEN_IO 0x1890C219
set MLIST 7 $DRAMS_CONTROL 8 $DRAMS_RECEIVER 4 $T_TRIG 17 $CAEN_IO
set ISMLIST 7 8 17
```

Client Scripts:

dramsreset:

```
#!/usr/local/bin/klient
open ikpc08
reset ro
resetved
flush
open ikpv06
reset ro
resetved
flush
```

dramsped:

```
#!/usr/local/bin/klient -- -vs
open ikpc08
reset ro
resetved
downloaddomain ml 0 $MLIST

createis 1 11
downloadismodullist $ISMLIST
DRAMS_mess_ped(1, 1000, 20)
flush
echo readvariable 1
readvariable 1 >/zelnfs/p3/wuestner/data/pedestals
flush
echo resetved
resetved
```

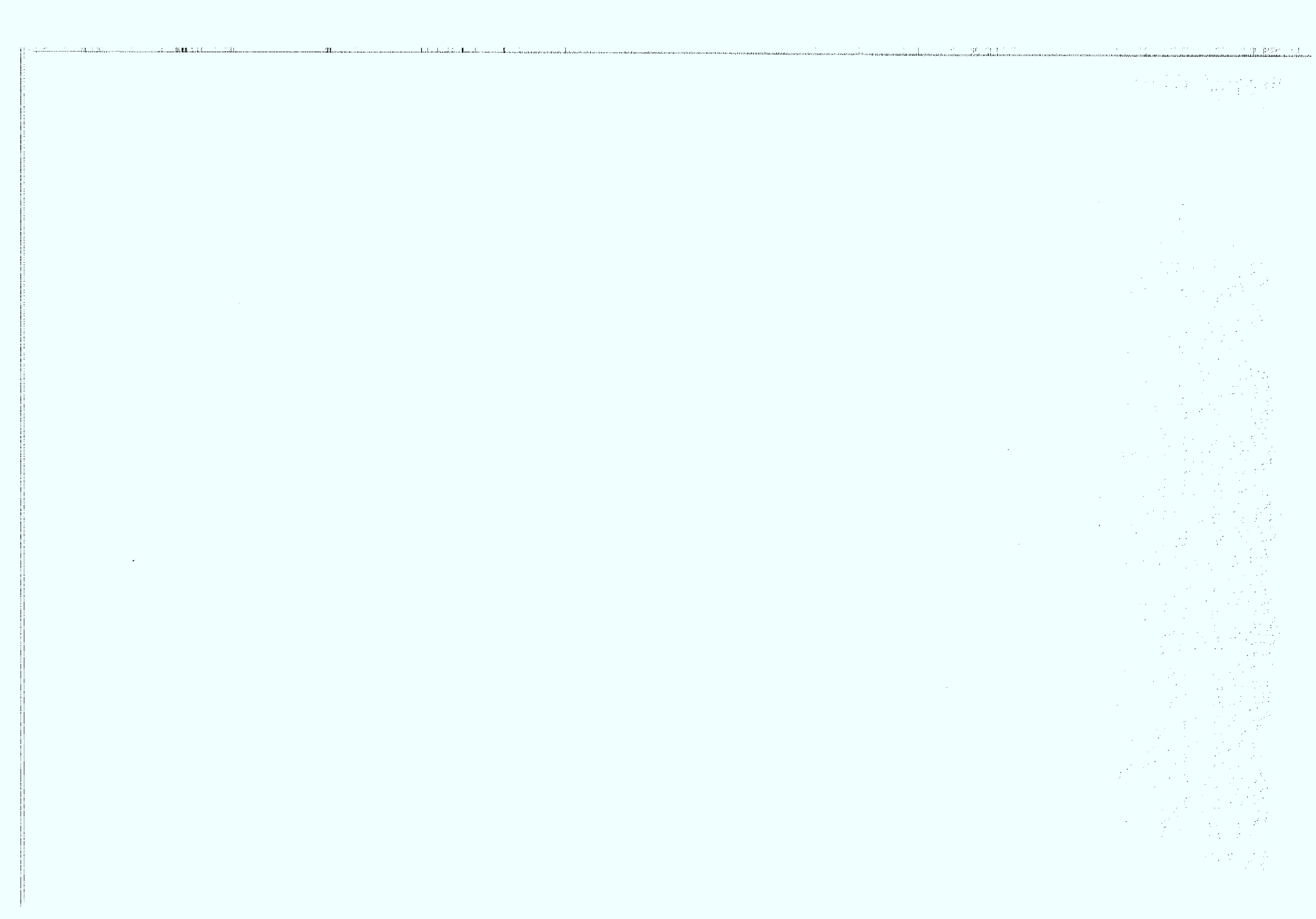
drams_ro:

```
#!/usr/local/bin/klient
echo open ikpc08
open ikpc08

resetved
downloaddomain ml 0 $MLIST
ResetTrigger(4)

createis 1 11
downloadismodullist $ISMLIST
downloadreadoutlist 20 1 {DRAMS_Readout()}
createvariable 1 2048
writevariable 1 </zelnfs/p2/wuestner/data/pedestals
DRAMS_set_ped(1,2500)
DRAMS_prepare()

createis 2 12
downloadismodullist
downloadreadoutlist 10 1 {Timestamp()}

downloaddomain trig 0 C219 17 0 1
start ro

flush

echo open ikpv06
open ikpv06

downloaddomain datain 0 ringbuffer driver_mapped /vic/2 1 0 1
downloaddomain dataout 0 ringbuffer 300000 0 null
#downloaddomain dataout 0 ringbuffer 300000 0 modul mist
#downloaddomain dataout 0 ringbuffer 300000 0 socket zelux7 4444
#uploaddomain dataout 0 :ans_6
#flush
#set ad_6 $ans_6[6:1]
start ro
flush

echo fertig
```

dramsnull:

```
#!/usr/local/bin/klient
open ikpc08
reset ro
resetved
open ikpv06
reset ro
resetved

open ikpc08
downloaddomain ml 0 $MLIST
ResetTrigger(4)

createis 1 11
downloadismodullist $ISMLIST
```

```
downloadreadoutlist 20 1 {DRAMS_Readout()}
DRAMS_zero_ped()
DRAMS_zero_thresh()
DRAMS_prepare()

createis 2 12
downloadismodullist
downloadreadoutlist 10 1 {Timestamp()}

createvariable 2 1
writevariable 2 0
downloaddomain trig 0 GSI_soft_Trig 4 1 30 10 2
flush

open ikpv06
downloaddomain datain 0 ringbuffer driver_mapped /vic/2 1 0 1
downloaddomain dataout 0 ringbuffer 30000 0 socket zelux7 4444

open ikpc08
start ro

open ikpv06
start ro
flush
```



FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH GmbH

KFA

Jül-3071
Juni 1995
ISSN 0944-2952