

11.12.72  
Interner Bericht  
DESY F56-72/2  
November 1972

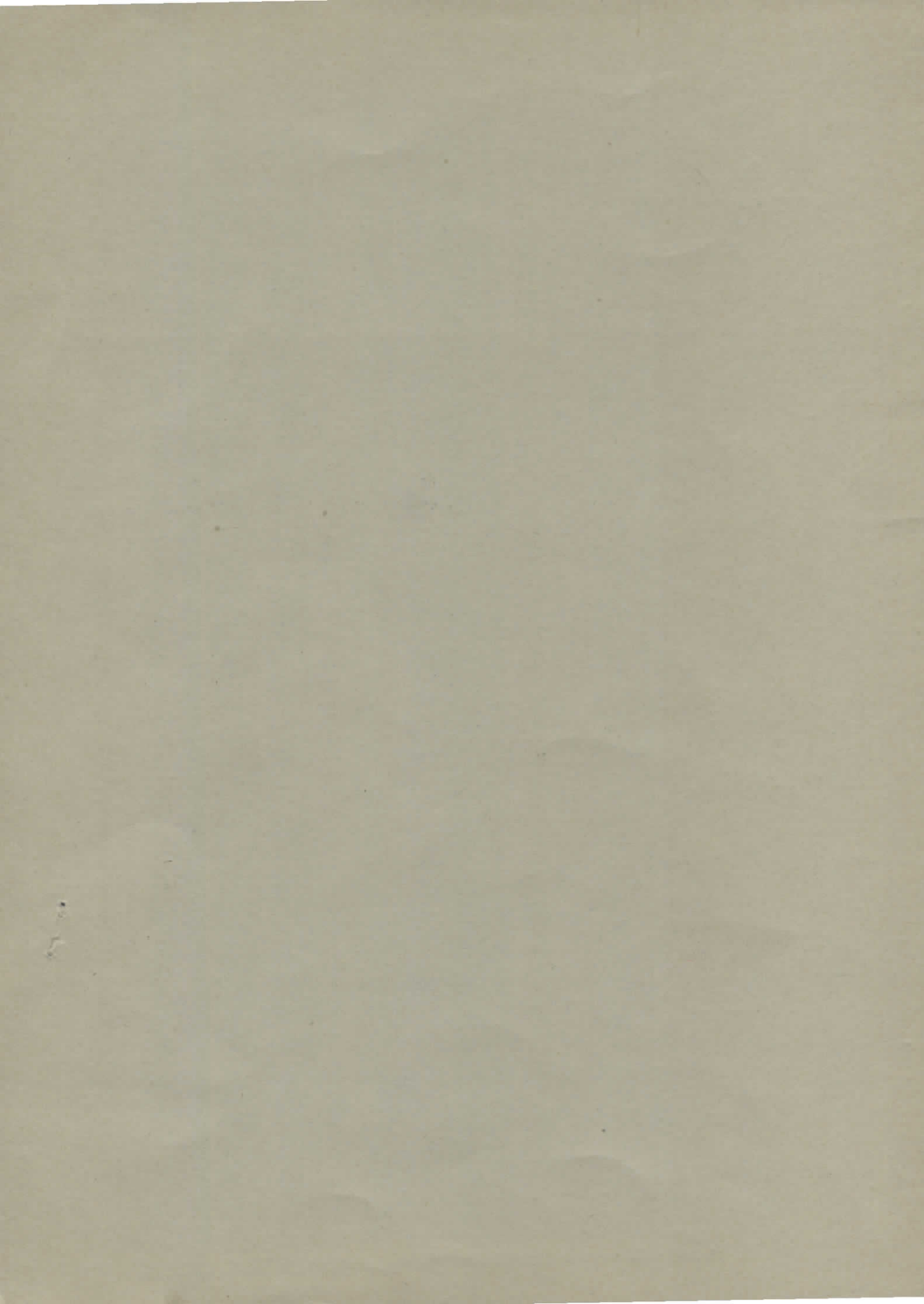
CATO

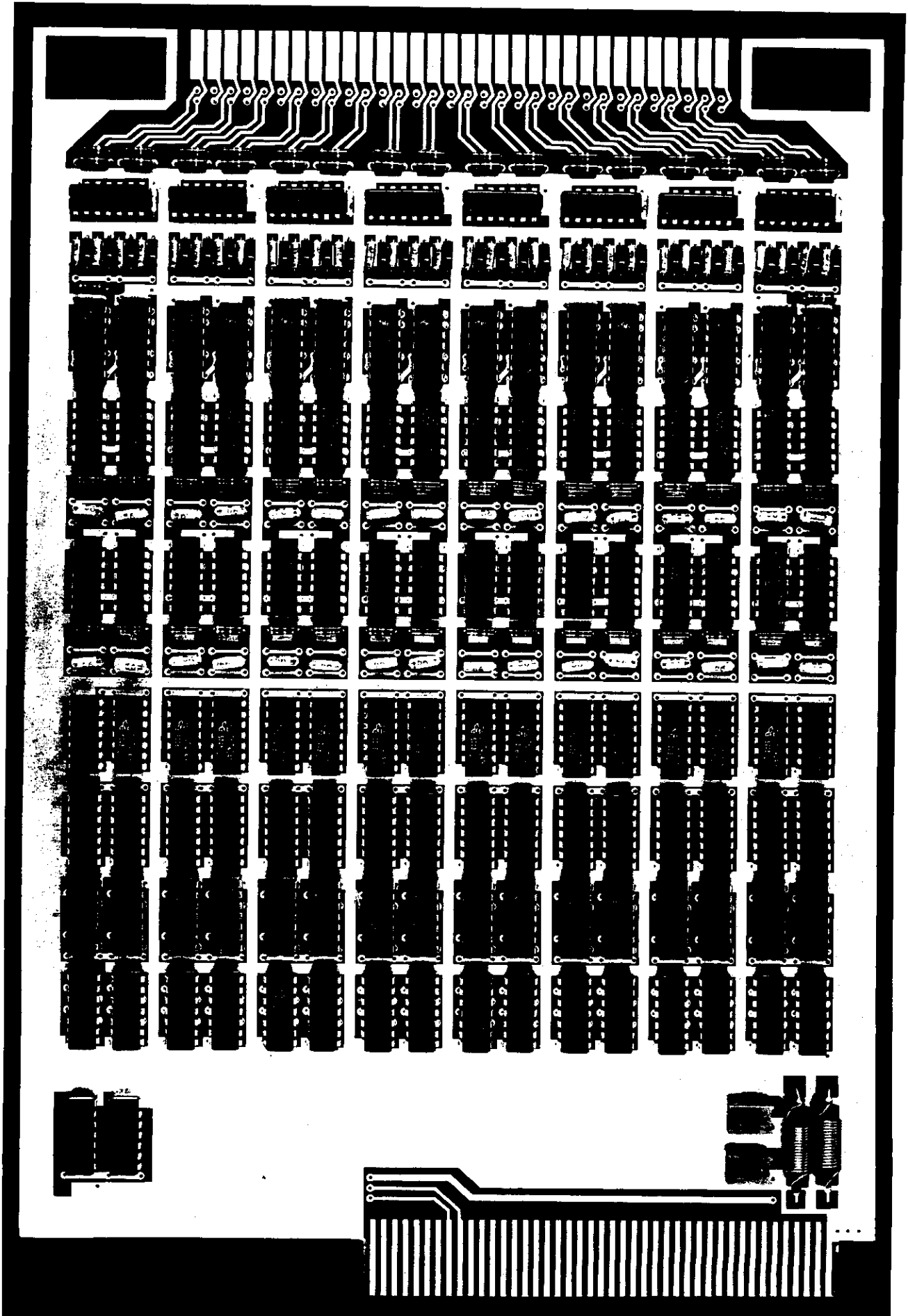
Ein Verstärker-Logik-System für  
Charpak-Kammern mit 32 Kanälen auf einer CAMAC-Karte

von

W. Neff  
H. J. Stuckenberg  
G. Will

DESY-Bibliothek  
28. NOV. 1972







## 1. Einleitung

Charpak-Kammern sind gasgefüllte Großflächendetektoren, in denen die Ortsbestimmung beim Durchgang eines ionisierenden Teilchens durch Sammlung der im Gas befindlichen und verstärkten Ladung an dünnen ( $20-50 \mu \emptyset$ ), im Abstand von 1-2 mm parallel gespannten Drähten vorgenommen wird. Die Ladung durchfließt einen am Drahtende befindlichen Widerstand, seine Spannung wird gemessen. Durch die Wanderungsgeschwindigkeit der Ladungsträger im Gas ist bei Kammern mit den genannten Werten eine Zeitauflösung von 20-40 nsec erreichbar. Jedem Draht wird zur Registrierung der Ladung, d.h. zur Festlegung des Teilchendurchgangs nach Ort und Zeit, eine Verstärker-Logik-Kombination zugeordnet. Untersuchungen über geeignete Schaltungen hierfür sind ausführlich in [1-5] beschrieben, während der Mechanismus des Ladungsaufbaus und der Sammlung in [6] erläutert wird.

Die von F56 entwickelten, in [2] vorgestellten Schaltungen laufen bei DESY seit Winter 1970/71 erfolgreich in Stückzahlen von einigen Tausend in verschiedenen Experimenten. Die hier beschriebene Version (siehe ganzseitiges Foto und Bild 4 in Abschnitt 2.2) enthält Verbesserungen in der Übertragung der Signale von dem Kammer-Vorverstärker zum Hauptverstärkereingang, in der Ausgangslogik sowie in der Unterbringung von 32 Kanälen (statt bisher 16) auf einer Karte. Hierfür findet die CAMAC-Karte Verwendung, die in ein CAMAC-Crate gesteckt wird, von dem die mitgelieferte Querverdrahtung (Motherboard) für die in [7] beschriebene PERSEUS-Auslese benutzt wird.

Natürlich ist die Pinbelegung nicht mit der CAMAC-Vorschrift identisch, sondern wird unserem System angepaßt, die Crates sind also nur für die Aufnahme der CATO-Karten sowie der PERSEUS-Auslese vorgesehen. In einem Crate werden 16 Karten je 32 Kanäle untergebracht, d.h. die gesamte Elektronik für 512 Charpak-Drähte. Hinzu kommen 2 Karten für die PERSEUS-Auslese sowie eine für Driver und Verteiler der Strobe- und Resetsignale. Die restlichen 6 Kartenplätze können für eine dem Experiment angepaßte Privatlogik verwendet werden.

Im folgenden wird das Blockdiagramm mit den Signalformen (Abschnitt 2), ein kompletter Kanal der Elektronik (Abschnitte 3-6) sowie die Speicher-Flip-Flop (FF) mit der Ausgangslogik (Abschnitt 7) beschrieben. Es folgen Angaben über die Pinbelegung auf der Karte (Abschnitt 8) sowie über die derzeitige Preissituation (Abschnitt 9) eines CATO-Kanals, wobei CATO

Charpak  
Amplifier  
Trigger  
Organisation

bedeutet.

## 2. Signalform, Blockbild eines Kanals, Signal-Zeitdiagramm

### 2.1 Signalform

Wie schon in [1,6] ausführlich beschrieben, kann das Ersatzschaltbild der Kammer durch einen Generator dargestellt werden, der den Strom  $I(t)$  durch die Parallelschaltung des Widerstands  $R$  (am Drahtende) und der Kammer- und Schaltkapazität  $C$  treibt. Bild 1 zeigt dies.

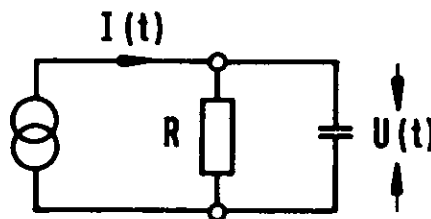


BILD 1

Der Strom  $I(t)$  besteht aus zwei Anteilen, die zeitlich sehr verschieden sind

- dem Elektronenstrom  $I_-(t)$ , der nur 20-40 nsec dauert, bis, nach Aufbau der Lawinen, alle Elektronen am Draht angekommen sind (Sammelzeit  $T_-$ )
- dem Ionenstrom  $I_+(t)$ , der, je nach Kammerdimensionen, etwa 10  $\mu$ sec fließen kann, bis die in den Lawinen gebildeten positiven Ionen die Hochspannungselektrode erreicht haben (Sammelzeit  $T_+$ ).

Da die erzeugte negative Ladung  $Q_-$  gleich der positiven  $Q_+$  sein muß, ist die Stromamplitude der Elektronen wesentlich größer als die der Ionen, Bild 2 zeigt dies schematisch.

Um eine gute Zeitauflösung zu erreichen, wird nur der Elektronenanteil der Entladung benutzt. Dazu wird die Zeitkonstante  $RC$  in Bild 1 etwa  $(2-3) T_-$  gewählt, d.h. 50-100 nsec. Da die Kammerkapazität mittelgroßer Kammern typisch etwa 100 pF beträgt, wird der Widerstand am Drahtende  $R = 500 - 1000 \Omega$ .

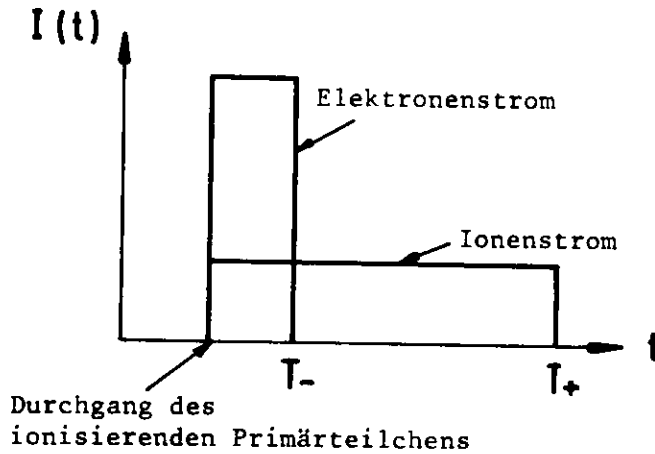


BILD 2

Die Signalspannung am Widerstand ist dann

$$U(t) = \frac{Q_-(t)}{C}$$

wo  $Q_-(t)$  die zur Zeit  $t$  am Draht gesammelte Elektronenladung,  $C$  die Kammerkapazität (zwischen Draht- und Hochspannungsebene) ist.

Ist  $n$  die Zahl der primär durch das ionisierende Teilchen im Gas gebildeten Ionenpaare (typisch ist  $n \leq 10$ ),  $e$  die Elementarladung  $1.6 \cdot 10^{-19}$  Asec und  $A$  die Ladungsträgerverstärkung durch Lawinenbildung (kaum über  $10^5$  möglich), wird die Signalspannung zur Zeit  $T_-$

$$U(t) = \frac{neA}{C} = \frac{10 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^5}{10^{-10}} \approx 1.5 \text{ mV.}$$

Die typische Signalform, Polarität und Amplitude, die am Verstärkereingang liegt, zeigt Bild 3.

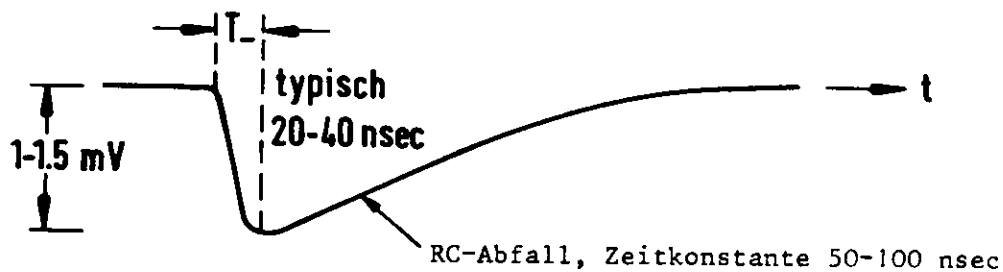


BILD 3

## 2.2 Blockbild eines Kanals

Das in 2.1 beschriebene Signal soll digitalisiert und gespeichert werden, wenn es in Koinzidenz mit dem Experiment-Strobe (Event-Trigger) kommt. Die hierzu notwendige Elektronik pro Draht zeigt Bild 4. Unmittelbar an der Kammer befindet sich ein Vorverstärker, der einen bipolaren Ausgang hat und als Line-Driver für die Twisted-pair-Leitung dient, die als Datenverbindung zwischen dem Vorverstärker und der restlichen Elektronik arbeitet. Die Länge der Verbindung ist meist kürzer als 10 m; da sie nicht geerdet ist, ist sie relativ störungsfrei (vgl. auch [2]).

Der Hauptverstärker enthält am Eingang einen Line-Receiver, der den bipolaren Datenweg wieder auf eine Leitung umsetzt, gefolgt von einem Komparator, der an seinem Ausgang ein digitales Signal erzeugt, wenn das Eingangssignal eine einstellbare Schwelle überschreitet. Diese Schwelle wird auf der Platine gemeinsam für alle 32 Komparatoren hergestellt, was nach unseren bisherigen Erfahrungen mit dem verwendeten Baustein zulässig ist.

Das digitale Signal triggert einen Univibrator, der ein etwa 300 nsec langes negatives Signal abgibt. Seine positiv gehende Rückflanke, die durch einen Überlappungs-Pulsformer herausgeholt wird, ist das Eingangssignal für die gestrobte Koinzidenz. Die Verzögerung von etwa 300 nsec ist nötig, um die durch den experimentellen Aufbau in der Halle bedingten Zeitunterschiede auszugleichen.

Die gestrobte Koinzidenz hat eine Auflösungszeit, die wesentlich durch den Drahtabstand (dadurch entsteht ein Time-Jitter!) bestimmt wird, d.h.  $2\tau = 40-80$  nsec. Ein zeitlich richtiges Signal setzt den Speicher-FF, der vorher durch ein General Clear zurückgestellt wurde.

Wird der FF gesetzt, erscheint am Ausgang des WIRED OR ein ZERO-Out-Signal, das anzeigt, daß mindestens ein FF der Karte getriggert wurde.

Der Status aller FF kann gelesen werden, wenn am Transfer-Eingang ein Gatesignal erscheint. Die Q-Werte der FF gehen dann auf die Daten-OUT-Leitungen 0 bis 31, die mit den Eingängen des PERSEUS-Auslese-Systems verbunden sind (siehe Bild 4 und 5 in [7]).



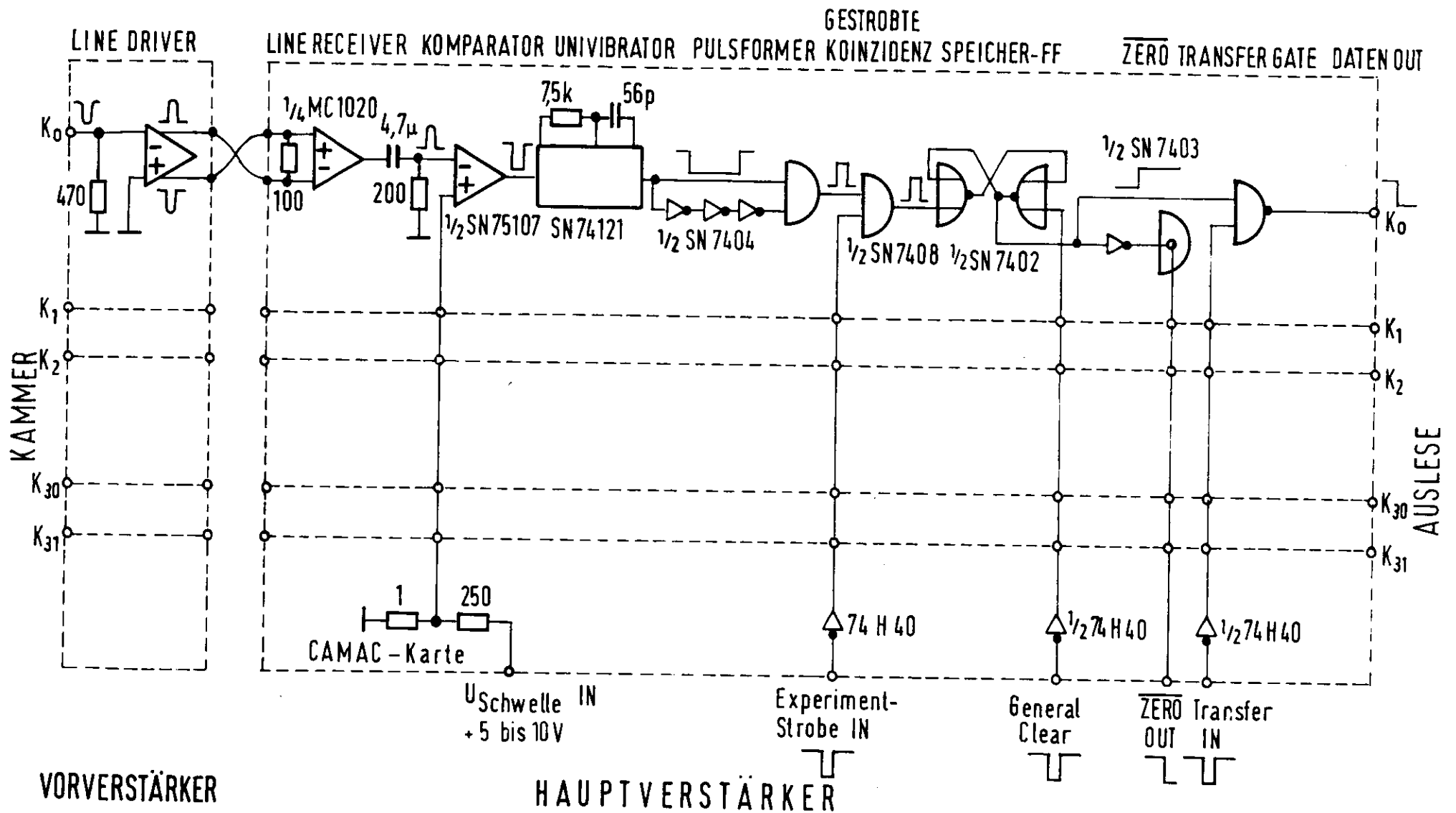


Bild 4

### 2.3 Signal-Zeitdiagramm

Das Zeitverhalten der Signale innerhalb eines Kanals ist in Bild 5 gezeigt und nach dem in 2.2 gesagten leicht verständlich.

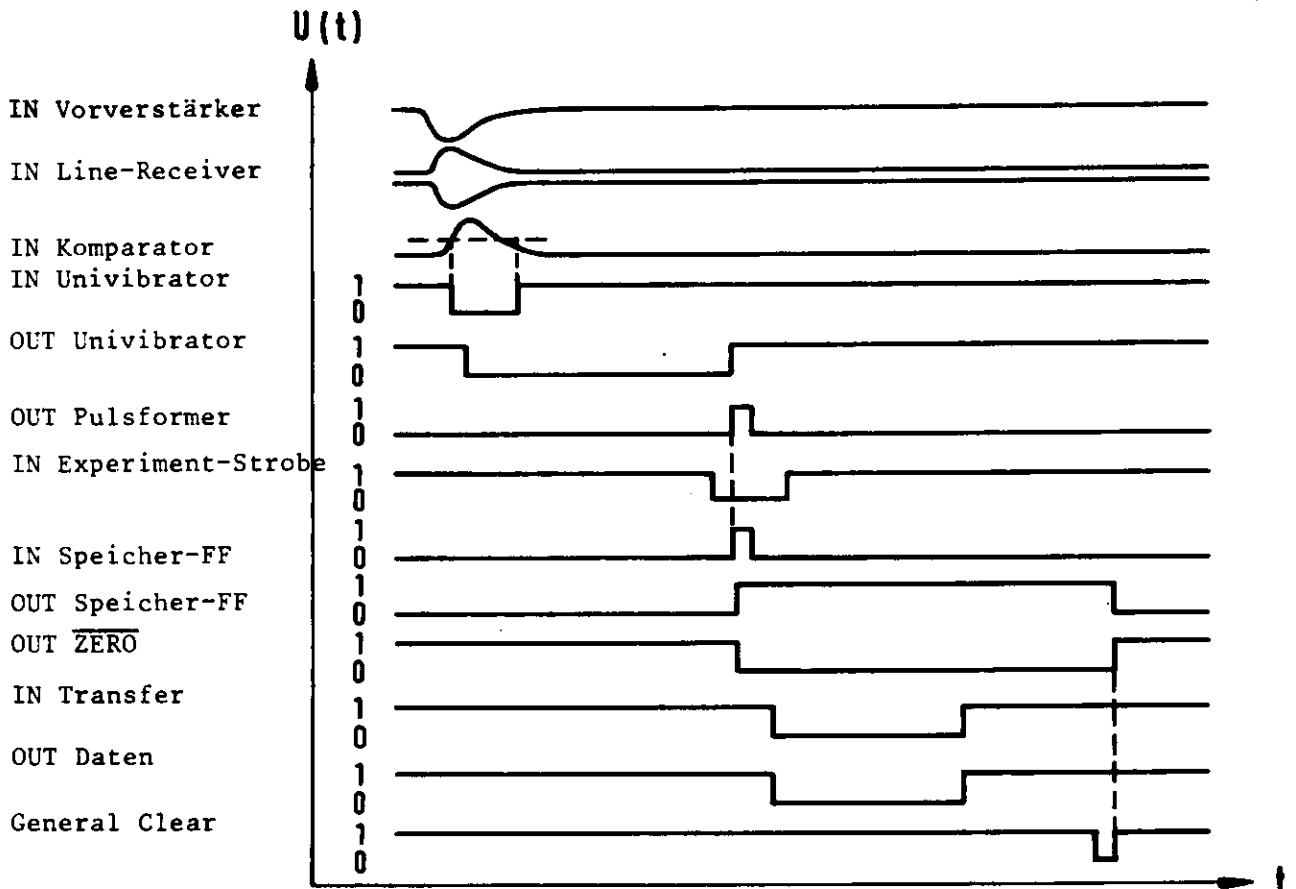


BILD 5

Etwa 400 nsec nach Eintreffen eines Eventsignals auf dem Draht wird der Speicher-FF gesetzt, dieser Zustand bleibt für die Dauer der Auslese (einige  $\mu\text{sec}$ , vgl. [7]) bestehen, dann wird gecleart und ein neues Event kann gesucht werden.

### 3. Line-Driver

Der Line-Drive befindet sich auf der Vorverstärker-Karte, unmittelbar an der Kammer und wird durch einen halben Baustein Motorola MC 1035 realisiert. Dieser

hat einen invertierten und einen nicht invertierten Ausgang. Der Baustein wird linear betrieben, d.h. die Eingänge liegen entweder direkt oder über den Signalwiderstand ( $470\Omega$ ) auf Erdpotential. Da der höchstmögliche Basisstrom  $100\ \mu\text{A}$  beträgt, kann am  $470\Omega$ -Widerstand eine maximale Offset-Spannung von  $47\ \text{mV}$  entstehen, die bei einer Verstärkung von 7fach am Ausgang eine Verschiebung von etwa  $330\ \text{mV}$  erzeugt. Der anschließende Line-Receiver wird auch im linearen Bereich benutzt, daher sollten die beiden Bausteine durch einen Kondensator ( $4.7\ \mu\text{F}$  Tantal) getrennt werden.

Entsteht am Draht ein Signal von  $1\ \text{mV}$ , schickt der Line-Driver  $\pm 7\ \text{mV}$  auf das Twisted-pair-Kabel.

#### 4. Line-Receiver

Am Ende des Twisted-pair-Kabels liegt der Abschlußwiderstand, der dem Wellenwiderstand entsprechend zu  $100\Omega$  gewählt wird, seine Enden steuern die Basen des Motorola MC 1020-Line-Receiver. Dessen Verstärkung in dieser Schaltung beträgt 6fach, so daß für das oben erwähnte Eingangssignal von  $1\ \text{mV}$  am Ausgang des Line-Receiver  $42\ \text{mV}$  entstehen. Dieses Signal wird wegen der bereits erwähnten Offsetspannung über ein RC-Glied ( $4.7\ \mu\text{F}$  Tantal,  $200\Omega$ ) an den Signaleingang des Komparators gekoppelt.

#### 5. Komparator

Am Eingang des Komparators SN 75107 (Texas Instr.) befindet sich ein Differenzverstärker, dessen eine Basis vom Signal gesteuert wird, an der anderen liegt das einstellbare Schwellenpotential (z.B.  $+20\ \text{mV}$  bei  $+5\ \text{V}$  Schwellenspannung am Kartenstecker). Signale, die diese Schwelle überschreiten, verursachen eine digitale Änderung der Ausgangsspannung des Komparators von etwa  $+3.5\ \text{V}$  auf  $+0.2\ \text{V}$ . Für alle Eingangssignale, die die Schwelle länger als etwa  $25\ \text{nsec}$  überschreiten, bleibt der Eingangsspannungsbedarf konstant, für kürzer dauernde Signale wird der Komparator ladungsempfindlich, d.h. die Eingangsamplitude zum Triggern muß erhöht werden (vgl. Bild 3.5 in [2]).

Die Schwelle wird auf der Karte durch einen Spannungsteiler von  $1\Omega$  zu  $250\Omega$  für alle 32 Komparatoren gemeinsam erzeugt, der Spannungsabfall durch die Offsetströme verändert die Schwellenspannung um weniger als 10%.

## 6. Univibrator

Als Univibrator findet der Baustein SN 74121 von Texas Instruments Verwendung. Er hat eine exzellente Temperaturstabilität; im Bereich von 25 bis 50°C ändert sich die Pulsdauer nur um etwa 0.2%, d.h. bei 300 nsec Pulsdauer um 0.6 nsec. Die extern beschalteten Widerstände werden so abgeglichen, daß die Dauer auf  $\pm 1$  nsec fixiert ist.

Der anschließende Pulsformer enthält ein UND-Gate (1/4 SN 7408 von Texas Instr.), dessen einer Eingang vom Univibrator direkt, der andere invertiert und etwa 30 nsec verzögert angesteuert wird. Der Ausgang des UND-Gates geht auf "1", wenn der Univibratorpuls an seiner Rückflanke auf "1" geht, er schaltet wieder nach "0" zurück, wenn etwa 30 nsec später die UND-Bedingung wieder verschwindet. Diese Pulsformung entspricht einer Differenziation, liefert aber bessere Pulsflanken als eine RC-Formung.

## 7. Koinzidenz und Speicher

Die Koinzidenz ist ein UND-Gate (1/4 SN 7408), gesteuert vom 30 nsec-Pulsformersignal (siehe vorigen Abschnitt) und vom Experiment-Strobe. Da das Strobe-Signal auf 32 Koinzidenzgates verteilt werden muß, wird es durch einen ganzen SN 74 H 40-Baustein gepuffert. Das am Ausgang des UND-Gates entstehende Signal setzt den FF, der aus über Kreuz gekoppelten NOR-Gates (1/2 SN 7402) besteht. Das Q-Signal wird über einen 1/2 SN 7403-Baustein mit den Q-Signalen des anderen 31 FF im WIRED OR verbunden und als  $\overline{\text{ZERO}}$ -Out herausgegeben. Als Daten OUT-Signal in negativer Logik gelangt das Q-Signal zur Auslese, wenn diese ein Transfer-Signal geschickt hat, das auf der Karte noch durch einen 1/2 SN 74 H 40 gepuffert wird.

Der General Clear wird, da er auf alle 32 FF wirkt, ebenfalls durch einen 1/2 SN 74 H 40 verteilt.

## 8. Karte, Pinbelegung

Die 32 Datenkanäle und die Treiber sind auf einer normalen CAMAC-Karte [8] untergebracht. Die in der Tabelle eingetragene Pinbelegung, gesehen von der Frontseite des Crates, wurde gewählt.

Pinbelegungs-Tabelle

	oben	
-		Schwelle
-		Experiment-Strobe
-		General Clear
-		-
-		K <sub>31</sub>
-		K <sub>30</sub>
-		K <sub>29</sub>
-		K <sub>28</sub>
<u>ZERO-OUT</u>		K <sub>27</sub>
Transfer-IN		K <sub>26</sub>
-		K <sub>25</sub>
-		K <sub>24</sub>
-		K <sub>23</sub>
-		K <sub>22</sub>
-		K <sub>21</sub>
-		K <sub>20</sub>
-		K <sub>19</sub>
-		K <sub>18</sub>
-		K <sub>17</sub>
-		K <sub>16</sub>
-		K <sub>15</sub>
-		K <sub>14</sub>
-		K <sub>13</sub>
-		K <sub>12</sub>
-		K <sub>11</sub>
-		K <sub>10</sub>
-		K <sub>9</sub>
-		K <sub>8</sub>
-		K <sub>7</sub>
-		K <sub>6</sub>
-		K <sub>5</sub>
-		K <sub>4</sub>
-		K <sub>3</sub>
-		K <sub>2</sub>
-		K <sub>1</sub>
-		K <sub>0</sub>
-		-
-		-5V
-		-
-		-
-		-
-		+5V
GND		GND

## 9. Preissituation

Ende 1972 kostet 1 kompletter Kanal vom Draht der Kammer bis zum Eingang der Auslese etwa 30 DM einschließlich Arbeitslohn und Prüfkosten. Diese Summe gliedert sich wie folgt:

Integrierte Schaltkreise	8.50 DM
Passive Bauelemente	3.--
Platine Hauptverstärker	3.30
Platine Vorverstärker	1.--
Platinenanteil Strobe-Driver	0.10
Stromversorgung	2.--
Crate	4.--
Steckverbindung am Karteneingang	0.30
Arbeitslohn	5.--
Prüfen, Abgleich	<u>2.--</u>
	≈ 30.-- DM

In dieser Aufstellung ist nicht das Twisted-pair-Kabel enthalten, dessen Preis sich nach der Länge (Abstand Kammer-Hauptverstärker) richtet. Pro Meter muß man pro Kanal mit etwa 0.20 DM rechnen.

## 10. Zusammenfassung

Es wird ein System beschrieben, das auf einer CAMAC-Platine 32 Datenkanäle für Charpak-Kammern von Draht bis zum Eingang der Auslese enthält. Hierdurch wird es möglich, in einem Crate die Verstärker-Logik-Kombinationen für 512 Charpak-Drähte einschließlich üblicher Hilfselektronik unterzubringen. Das System ist Pin für Pin mit der in [7] beschriebenen PERSEUS-Auslese kompatibel.

Für anregende Diskussionen sind die Verfasser besonders den Herren Bösch und Brechtel (beide F56) dankbar.

Literatur

- [1] W. Neff, H. J. Stuckenberg; Untersuchungen über Verstärker für die Signale in Charpak-Kammern, DESY F56-69/2, Dezember 1969.
- [2] W. Neff, H. J. Stuckenberg; Neues universelles Verstärker-Logik-System für Charpak-Kammern, DESY F56-70/8, August 1970.
- [3] J. C. Tarlé, H. Verweij; An Amplifier, Trigger and Memory for Signals from Proportional Wire Chambers, Nucl. Inst. 78, 93 (1970).
- [4] J. R. Simanton, K. R. Bourkland, R. F. Marquardt; A Low Cost Amplifier/Discriminator/Limiter for Proportional Mode Wire Chambers, Nucl. Instr. 81, 13 (1970).
- [5] A. Krolzig, V. Nedic; Verstärker für Proportional-Kammern mit dem Baustein V196/V4, DESY F51-71/1, Dezember 1971.
- [6] H. J. Stuckenberg; Aufbau der Gasentladungen im Proportional- und Geigerbereich zur Anwendung in Charpak-Kammern, DESY 69/49, Dezember 1969.
- [7] H. Brechtel, H. J. Stuckenberg; PERSEUS - Ein neues, sehr schnelles Auslesesystem für Charpak-Kammern und Hodoskope, DESY F56-72/1, Oktober 1972.
- [8] CAMAC, A Modular Instrumentation System for Data Handling, EURATOM Report EUR 4100 e, Revised Description and Specification, Luxembourg 1972.

