

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM
KARLSRUHE**

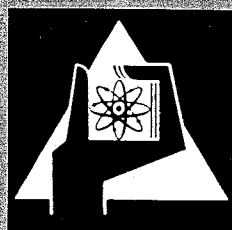
Juli 1970

KFK 1241

Labor für Elektronik und Meßtechnik

CAMAC - Ein System rechnergeführter Elektronik
Prinzip und Anwendungen

K. Tradowsky



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.
KARLSRUHE

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Juli 1970

KFK 1241

Labor für Elektronik und Meßtechnik

CAMAC - Ein System rechnergeführter Elektronik
Prinzip und Anwendungen

K. Tradowsky

Inhalt

Zusammenfassung/Abstract

1. Einleitung

1.1. Name und Begriff

1.2. System-Philosophie

2. CAMAC-Anlagen

2.1. Datenorganisation

2.1.1. Datenverkehr und Befehle

2.1.2. Autonomer Datenverkehr

2.2. Rahmen und Rahmensteuerung

2.3. Handsteuerung

2.4. Rechnerführung

2.4.1. Rechnerführung mit eigenem Rechner

2.4.2. Rechnerführung mit Datenstation und Rechenzentrale

2.4.3. Rechnerführung mit Satellitenrechner und Rechenzentrale

2.5. Module

2.5.1. Signalverbindungen zwischen Modulen

2.5.2. Verbindungen mit anderen Geräten

3. Anwendungen des CAMAC-Systems

3.1. Zähler- und Zähler-Timer-Anwendungen

3.2. Gammaspektrometrie

3.3. Massenspektrometrie

3.4. Kernspalt-Experiment

4. Internationaler Stand des CAMAC-Systems

4.1. Rahmen

4.2. Rahmensteuerung

4.3. System Controller

4.4. Module

4.5. Anlagen

4.6. Software

5. Ausblick

Anhang I Mitglieder des ESONE-Komitees

Anhang II Zusammenstellung der bisher erschienenen Literatur
über das CAMAC-System

Z u s a m m e n f a s s u n g

Das CAMAC-System schafft eine enge Verbindung zwischen Rechner und Meß- und Steuerungstechnik. Über einen festgelegten Datenweg mit 24 Bit und Befehls- und Funktions-Spezifikationen wird die Möglichkeit geschaffen, Module zu erstellen, die kompatibel sind. Das modulare System ist dadurch sehr flexibel und hat eine hohe Einsatzbereitschaft.

Das CAMAC-System ist nicht auf die Instrumentierung kernphysikalischer und ähnlicher Experimente beschränkt, sondern auch für meß- und regelungstechnische Anlagen und Prozeßsteuerungen geeignet. Ein Prozeßrechner erweitert die Möglichkeiten des CAMAC-Systems wesentlich, jedoch kann es auch mit jeder anderen digitalen Steuerung betrieben werden.

Das CAMAC-System rechnergeführter Elektronik wird zusammenfassend beschrieben. Auf den engen Zusammenhang zur Programmierung wird besonders hingewiesen. An einigen Beispielen ausgeführter oder entstehender Anlagen wird der derzeitige Stand des Systems gezeigt.

A b s t r a c t

The CAMAC system creates a strong connection between a computer and measuring and control techniques. A specified 24-bit dataway with command and function codes ensures the development of compatible modules. So this modular system is very flexible and has a great reliability.

The CAMAC system is not restricted to the instrumentation of nuclear physics experiments and the like. It is also applicable to measurement and control systems and process control. A computer increases the features of the CAMAC system enormously but it may also be used with any digital controller.

The CAMAC system of computer-controlled electronics is described in summary. It is pointed out that CAMAC has correlations with the software. By means of some finished or projected equipment assemblies the state-of-art of the system is shown.

1. Einleitung

1.1. Name und Begriff

CAMAC ist der Name eines Systems rechnergeführter Elektronik, das die europäischen Kernforschungslaboratorien im ESONE-Komitee¹⁾ erarbeitet haben und das von jetzt an von allen benutzt wird. Dieses neue System ist aber keineswegs auf nukleare Instrumentierungen beschränkt, sondern bei allen Aufgaben der Datenverarbeitung anwendbar, die eine digitale Steuerung oder einen Rechner verwenden.

Der Name "CAMAC" hat vereinbarungsgemäß nicht den Charakter einer Abkürzung, er läßt sich jedoch auf zwei Arten einprägsam interpretieren: Aus "CAMAC" kann "Computer Application to Measurement and Control" abgeleitet werden, andererseits wurde das Wort so gebildet, daß es vor- wie rückwärts gelesen gleich lautet. Der Grund dafür führt noch tiefer in die Arbeitsweise des CAMAC-Systems hinein. Es sollte verdeutlicht werden, daß das CAMAC-System sozusagen in zwei entgegengesetzte Richtungen blickt, nach zwei Seiten hin orientiert ist - zum Experiment wie zum Rechner, um auch die Verbindung, die zwischen Experiment und Rechner geschaffen wird, in den Begriff einzuführen.

CAMAC spezifiziert also den Datenverkehr zwischen einem Experiment und einem Rechner. Es ist ein modulares System, von dem auch die mechanischen Abmessungen, die Spannungsversorgung und die digitalen und analogen Signale festgelegt sind. Dadurch wird erreicht, daß ein kompatibles System der rechnergeführten Elektronik aufgebaut werden kann.

Die Einstellung der Parameter der Module wird über den Datenweg vorgenommen. Sie ist mit einer Handsteuerung möglich, wobei die Meßdaten auf einem Display dargestellt oder mit Locher, Drucker etc. ausgegeben werden. Die Möglichkeiten des CAMAC-Systems werden jedoch nur dann voll ausgenutzt, wenn es mit

¹⁾ ESONE - European Standard of Nuclear Electronics

Zusammenstellung der Mitglieder des Komitees s. Anhang

einem Rechner zusammenarbeitet. Die Parameter-Einstellung der Module erfolgt dann durch ein Rechnerprogramm; die Daten des Experimentes werden mit Hilfe des Datenverkehrs gesammelt und können sofort ausgewertet werden. Dadurch ist mit der entsprechenden Software eine automatische Optimierung des Experimentes auf Grund der vorangegangenen Messung möglich.

1.2. System-Philosophie

Zu Beginn der 60er Jahre fand der Übergang von der Röhren- zur Transistortechnik statt. Die dadurch erforderliche Neukonzeption der mechanischen und elektrischen Spezifikationen der Geräte machte viele Verbesserungen möglich. In USA und Europa schlossen sich Elektroniker und Physiker kernphysikalischer Institute und einiger Großforschungseinrichtungen zu Arbeitsgruppen für die nukleare Elektronik zusammen. Die bei kernphysikalischen und ähnlich komplexen Experimenten erforderliche hohe Flexibilität führte zu einem amerikanischen und einem europäischen modularen Elektronik-System. Das amerikanische System ist unter dem Namen "NIM"²⁾, das europäische unter dem Namen "ESONE"³⁾ bekannt geworden. Das NIM-System konnte an vielen Stellen das ESONE-System überflügeln, da mehr und zum Teil auch qualitativ bessere Einschubtypen dem Experimentator käuflich zur Verfügung standen, die Möglichkeiten eines solchen Systems aber durch die Zahl der verfügbaren Einschubtypen wesentlich verbessert werden.

Die Einstellung der Parameter der einzelnen Module und die Verbindung der Module untereinander erfolgt beim NIM- und ESONE-System von den Frontplatten aus. Die Elektronik reduziert durch die logischen Signalverknüpfungen die Daten,

²⁾ NIM - Nuclear Instrument Modules

Spezifikationen in: USAEC-Bericht TID-20893 (Rev. 2),
Washington 1968

³⁾ Spezifikationen in: Euratom-Bericht EUR 1831 d, Ispra 1964

dann werden sie an elektronische und elektromechanische Registriereinheiten wie Zähler, Drucker, Schreibmaschinen, Lochstreifenstanzer oder Magnetbändeinheiten gegeben. Der zur Auswertung von Lochstreifen und Magnetbändern erforderliche Rechner hatte in vielen Fällen seinen Standort nicht direkt bei den Experimenten. Außerdem stellte sich heraus, daß das Herstellen und Lesen der Lochstreifen, die wegen des hohen Preises der Magnetbändeinheiten meist bevorzugt wurden, der schwächste Punkt in der Kette der Datenübertragung ist.

In den Jahren 1965/66 begannen das Kernforschungszentrum Karlsruhe und das Deutsche Elektronen-Synchrotron (DESY) Hamburg mit dem Aufbau der ersten "on-line"-betriebenen Experimente. Hierbei werden die elektronischen Geräte eines Experiments direkt mit einem Rechner verbunden über ein Interface-System, das die verschiedenartigen Geräte an den Rechner anpaßt (siehe Fig. 1). Der Rechner übernimmt also die Daten direkt, ohne den Umweg über Drucker, Stanzer u. ä.

Ein solches "on-line"-System hat gegenüber einem normalen Experiment den Vorteil, daß nur noch sehr wenige Daten ausgegeben werden müssen, da die Auswertung sofort im Anschluß an die Messung stattfinden kann. Dadurch wird erheblich Zeit eingespart und die Fortführung des Experiments durch schrittweise Verbesserung der Parameter-Einstellungen an Hand der jeweils vorliegenden Daten vereinfacht. Die "on-line"-Datenverarbeitung schöpft jedoch die Möglichkeiten der Elektronik und des Rechners nicht voll aus. Außerdem können sich leicht Fehler für die Systematik der Auswertungen einschleichen, weil der Experimentator bei jeder Verstellung der Parameter, die dem Rechner bei der "on-line"-Datenverarbeitung nicht automatisch mitgeteilt wird, das Programm ändern muß, das der Auswertung zugrunde liegt und in das die verwendeten Parameter eingegeben sind.

Es erscheint daher sehr viel günstiger, auch die Einstellung der Parameter per Programm vorzunehmen, weil dann die Auswertung immer mit den richtigen Parametern stattfindet; dazu ist natürlich eine neue Elektronik erforderlich. Der heutige Stand der Technik erlaubt den Aufbau eines rechnergeführten Elektronik-Systems (siehe Fig. 2), das einen wesentlichen Fortschritt für alle Experimente mit komplizierter Elektronik darstellt und dadurch neue Möglichkeiten der Experimentier-technik erschließt. So werden z. B. Experimente möglich, bei denen während des Experimentablaufs viele Parameter zu verstellen sind, was aus zeitlichen Gründen bisher unmöglich war. Außerdem können über ein Rechnerprogramm in den Meßpausen Tests zur Kontrolle der Einstellungen und des Zustandes der Geräte durchgeführt werden. Eine weitere Verbesserung wird möglich sein, wenn auch die Optimierung der Meßeinrichtung per Programm vorgenommen werden kann. Die zu Auswertungen dieser Art erforderlichen Programmiersprachen, z. B. PEARL⁴⁾, werden zur Zeit erarbeitet.

Der Experimentator kann sich bei der Verwendung rechnergeführter Elektronik auf die Beobachtung des Sichtgerätes, das ihm den Experimentablauf darstellt, und Eingriffe in das Programm konzentrieren. Heute muß er allerdings auch noch die logische Verknüpfung zwischen den einzelnen Modulen von Hand mit Koaxialkabeln ausführen (siehe Fig. 3), denn es bereitet zur Zeit noch unüberwindliche technische Schwierigkeiten, die Signal-Verbindungen zwischen den einzelnen Modulen mit elektronischen Schaltern per Rechnerprogramm auszuführen und bei der Vielfalt der Möglichkeiten ihre Richtigkeit zu erkennen. Bei der Spezifikation der Module ist daher besonders darauf zu achten, daß Möglichkeiten der Kontrolle der vorhandenen Verbindungen gegeben sein müssen.

⁴⁾ Process Experiment Automation Real Time Language

Gegen Ende der 60er Jahre begannen viele Physiker und Elektroniker, sich über rechnergeführte Elektronik grundsätzliche Gedanken zu machen. Es stellte sich jedoch bald heraus, daß die für die geistige Durchdringung des Systems erforderliche Man-Power und eine ausreichende Zahl von Firmen zur Aufnahme der Fertigung nur dann auffindbar sein würden, wenn es ein gesamteuropäisches System gäbe.

Auf der ESONE-Konferenz im Mai 1967 in Wien wurden von dem britischen Kernforschungszentrum Harwell und dem deutschen Ausschuß Koppel-Elektronik Vorschläge für ein System rechnergeführter Elektronik vorgelegt. Aber wenn auch das Ziel das gleiche war, so unterschieden sich doch die technischen Lösungen so sehr voneinander, daß an eine einfache Verschmelzung beider Systeme nicht zu denken war, und eine Kompatibilität zwischen ihnen war nicht gegeben. Die weiteren Diskussionen im Jahre 1967 zeigten jedoch, daß die Einführung eines einheitlichen europäischen Systems eine zwingende Notwendigkeit war. Auf Anregung des Kernforschungszentrums Karlsruhe fand daher im November 1967 eine Sondersitzung des ESONE-Komitees in Karlsruhe statt, auf der eine wesentliche Annäherung der verschiedenen Standpunkte erzielt werden konnte. Dadurch wurde es möglich, auf der ESONE-Konferenz im Mai 1968 in Rom eine vorläufige Spezifikation für ein System rechnergeführter Elektronik zu fixieren. Das System erhielt zunächst den Namen JANUS nach dem mit Doppelgesicht dargestellten römischen Gott, um die schon eingangs erwähnten zwei Blickrichtungen anzudeuten. Es war jedoch nicht möglich, den Namen JANUS weiterzuverwenden, da es eine Firma gibt, die elektronische Geräte unter diesem Namen herstellt. So wurde im Herbst 1968 der Name CAMAC gewählt.

Seit der ESONE-Konferenz in Rom arbeiten eine Dataway Working Group und eine Analog Signal Working Group an der Erstellung

der Spezifikationen. Sie tagen im Abstand von 6 bis 8 Wochen, so daß sich im Laufe eines Jahres wesentliche Fortschritte erzielen lassen und nun, zu Beginn des Jahres 1970, die Spezifikation für das CAMAC-System im ganzen zur Verfügung steht⁵⁾ und weitgehende Einigung über die Details erzielt worden ist. Die letzten Unklarheiten, die auf dem Gebiet der analogen Signale noch bestanden, konnten inzwischen durch die Working Group ausgeräumt werden. Die Beschlüsse bedürfen nun lediglich noch der Ratifizierung durch die Vollversammlung des ESONE-Komitees im Herbst 1970 in Genf, so daß Ende dieses Jahres dann auch der Euratombericht mit den verbindlichen Spezifikationen zur Verfügung stehen wird ebenso wie der von der Dataway Working Group erarbeitete Bericht EUR 4600 mit dem vorläufigen Titel "CAMAC - Organisation of Multi-Crate Systems - Specification of the Branch Highway and CAMAC Crate Controllers Type A". Wesentliche kommende Aufgaben werden jetzt die Spezifizierung der Module, die zum Aufbau von Experimenten erforderlich sind, und die Arbeit an der Programmgestaltung für den Rechner sein.

Seit 1968 bestehen enge Kontakte zwischen dem NIM- und dem ESONE-Komitee. L. Costrell und D. Mack haben an Sitzungen des ESONE-Komitees teilgenommen, um sich über den Stand der rechnergeführten Elektronik in Europa zu informieren. Das USAEC ist dem Vorschlag von L. Costrell gefolgt und hat auf seiner Sitzung am 3./4.3.70 in Washington CAMAC für die USA als Standard eingeführt. Als einzige Änderung wurde die LEMO-Buchse an der Frontplatte durch die im NIM-System bisher übliche BNC-Buchse ersetzt.

2. CAMAC-System

Elektronische Meßwertverarbeitung verlangt heute entweder hohe Einsatzbereitschaft (vor allem in industriellen Anlagen) oder

⁵⁾ Euratom-Bericht EUR 4100 e (autorisierte deutsche Übersetzung: EUR 4100 d), Luxembourg 1969

- wie in wissenschaftlichen Anlagen - große Flexibilität oder auch beides. Im Bereich der Kernforschung spielt die Einsatzbereitschaft ebenfalls eine entscheidende Rolle, und zwar nicht nur bei Experimenten an Reaktoren und Beschleunigern wegen der extrem hohen Benutzungskosten, sondern auch bei vielen chemischen, biologischen, medizinischen und technologischen Experimenten. Im Kernforschungszentrum Karlsruhe ist dabei auch an die Spaltstoffflußkontrolle und an die Wiederaufbereitung der Kernbrennstoffe zu denken. Die Forderungen nach hoher Einsatzbereitschaft und Flexibilität machen ein modulares Elektroniksystem notwendig, während die Verarbeitung der Meßdaten (Protokollierung und Auswertung) heute den Einsatz eines Prozeßrechners, oft sogar eines Großrechners, erfordert. Ein modulares System rechnergeführter Elektronik schafft die Verbindung zwischen modularer Bauweise und Datenverarbeitung mit einem Rechner, wobei der Rechner zusätzlich zur Einstellung der Parameter der Module verwendet wird. Im folgenden werden die Grundzüge eines derartigen Systems geschildert.

2.1. Datenorganisation

2.1.1. Datenverkehr und Befehle

Eine CAMAC-Anlage enthält maximal 7 Rahmen mit je bis zu 24 Modulen und ist mit einem Prozeßrechner verbunden. Jeder Modul ist eine Funktionseinheit, die mit anderen Funktionseinheiten zusammengeschaltet werden kann (s. Fig. 4). CAMAC spezifiziert Datenverkehr, Einstellung der Parameter der Module über Befehle und Alarmsystem so, daß sie unabhängig von Modul und Rechner sind. Der Datenverkehr erfolgt über 24-Bit-Busleitungen. Zur Ankopplung an den Rechner ist nur ein einziger Systemteil erforderlich, der sogenannte System Controller, der für den Rechner spezifisch ist.

Der Datenverkehr vom Modul zum Rechner erfolgt auf Leseleitungen, derjenige vom Rechner zum Modul auf Schreibleitungen, und zwar gibt es innerhalb eines Rahmens getrennte Lese-

und Schreibleitungen, während die Leitungen des sogenannten Branch Highway (vertikaler Datenweg) bidirektional verwendet werden. Die Datenwegoperationen werden von Zeit- (Strobe-) Signalen getaktet. Über Anforderungsleitungen kann jeder Modul die Aufmerksamkeit des Rechners auf sich lenken. Kann die Anforderung in einem Modul verschiedene Ursachen haben, so muß der Rechner die Ursache feststellen und per Programm die erforderlichen Operationen einleiten. Diese Art des Datenverkehrs wird programmierter Datenverkehr genannt. Die Abwicklung erfordert zwangsweise eine gewisse Zeit, insbesondere deshalb, weil durch den Verkehr auf Busleitungen die Möglichkeit besteht, daß der Datenweg bei Entstehen einer Anforderung besetzt ist und eine Wartezeit auftritt.

2.1.2. Autonomer Datenverkehr

Wegen der Dauer einer Datenwegoperation auf den Busleitungen ist es z. B. nicht möglich, die zeitlich statistisch verteilten Meßergebnisse mehrerer sehr schneller Analog-Digital-Wandler über diesen Datenweg an den Rechner zu geben. Zum Anschluß von Analog-Digital-Wandlern, wie sie zum Beispiel in der Gammaskpektrometrie in großem Umfang verwendet werden, ist ein sogenannter autonomer Datenverkehr erforderlich, der über einen speziellen Controller direkt an den Kernkanal eines Rechners angeschlossen sein muß. Die Wandelzeiten der Analog-Digital-Wandler liegen heute im Bereich von 10 μ s, so daß es bei hohen statistischen Impulsfolgen im allgemeinen erforderlich sein wird, in dem Controller des autonomen Datenverkehrs Zwischenregister anzubringen, damit ein Ausgleich der Statistik erfolgen kann und die Analog-Digital-Wandler gegebenenfalls unmittelbar nach Abschluß ihrer Wandlung bereits wieder für die nächste freigemacht werden können. Für die Spezifikation eines solchen schnellen autonomen Datenverkehrs sind die Überlegungen zur Zeit noch im Gange.

2.2. Rahmen und Rahmensteuerung

Der Rahmen (Crate) nimmt maximal 24 Module auf. Über einen 86poligen Stecker erhalten die Module Verbindung zum Datenweg, der fest verdrahtet ist, zu den Strobe-Signalen, den Anforderungs-, Adreß-, Subadreß und Funktionsleitungen sowie zur eingebauten Spannungsversorgung. Bei dem Datenweg im Rahmen (horizontaler Datenweg) sind die Schreib- und Leseleitungen als getrennte Busleitungen ausgeführt, weil dadurch die Schaltung der Module vereinfacht wird. Die Anforderungs- und Adreßleitungen sind Stichleitungen, die im äußersten rechten Platz des Rahmens, der Steuerstation, gesammelt werden. So kann jeder Modul angewählt bzw. seine Anforderung zugeordnet werden.

Die Datenorganisation innerhalb des Rahmens, die Zusammenfassung der Anforderungen, die Decodierung der Stationsnummer zur Anwahl eines Moduls, die Erzeugung der Zeitsignale und die Verbindung zum Rechner übernimmt die Rahmensteuerung (Crate Controller). Sie besetzt mit Anforderungsverarbeitung die drei Plätze rechts im Rahmen und hat dadurch Zugriff zur Steuerstation und zum Datenweg. Die Rahmensteuerung stellt die Verbindung zum Branch Highway her, der mit Stichleitungen und Busverbindungen den Datenverkehr zum System Controller und Rechner übernimmt. Über die Stichleitungen kann der Rechner einen oder mehrere Rahmen aufrufen, Datenverkehr und Taktung erfolgt auf Busleitungen. Im Branch Highway sind die Schreib- und Leseleitungen zusammengefaßt, da Schreib- und Leseoperationen nicht gleichzeitig möglich sind und so Leitungen gespart werden können; die Entkopplung übernimmt die Rahmensteuerung. Für die Rahmensteuerung, die unabhängig vom Aufbau der Module ist, wurde ebenfalls eine europäische Version spezifiziert, der Crate Controller Typ A.

Der Rahmen ist so ausgelegt, daß er elektrisch und mechanisch mit NIM kompatibel ist. Zum Übergang vom NIM-Amphenolstecker auf den CAMAC-Vielfachstecker gibt es einen Adapter. Da jedoch die meisten NIM-Module zur Zeit ohnehin noch keine

Möglichkeit der Datenwegsteuerung oder der Datenabgabe an einen Datenweg haben, empfiehlt es sich in vielen Fällen, für diese Einschübe einen NIM-Überrahmen zu verwenden, da der CAMAC-Rahmen naturgemäß teurer ist und letztlich der NIM-Überrahmen für nicht rechnergeführte Einschübe die gleiche Aufgabe erfüllt. Lediglich wenn nur ein einziger NIM-Einschub, zum Beispiel ein Verstärker, neben CAMAC-Modulen benutzt wird, ist die Mitverwendung im CAMAC-Überrahmen empfehlenswert, und deshalb wurde die Kompatibilität gewählt.

2.3. Handsteuerung

Das CAMAC-System kann mit einer digitalen Steuerung von Hand betätigt werden (Fig. 5). Das gibt die Möglichkeit, auch bei einfachen Experimenten CAMAC-Geräte zu verwenden, sie später jedoch gegebenenfalls an einen Rechner anzuschließen. Im Prinzip wird das CAMAC-System aber sicherlich besser ausgenutzt, wenn mehrere Rahmen oder mehrere Experimente zu einem größeren System mit einem einzigen Rechner zusammengefaßt werden, denn sowohl die Ausnutzung des Rechners als auch die zweckmäßige Verwendung des CAMAC-Systems ist erst dann gewährleistet.

2.4. Rechnerführung

2.4.1. Rechnerführung mit eigenem Rechner

Wie bereits bei der System-Philosophie erläutert wurde, ist das CAMAC-System im eigentlichen Sinne für die Rechnerführung konzipiert worden. Die Einstellung der Parameter der Module per Programm und deren Kontrolle während des Experiments sind die wesentlichen Vorteile des CAMAC-Systems, die nur durch Verwendung eines Rechners ausgenutzt werden können. Die Adaption an beliebige Rechner erfolgt über den System Controller. Rechner mit schnellem DMA-Eingang sind auch für den Anschluß von mehreren Analog-Digital-Konvertern geeignet, wenn das CAMAC-System durch einen entsprechenden schnellen Datenkanal ergänzt ist.

2.4.2. Rechnerführung mit Datenstation und Rechenzentrale

Ebenso, wie der Anschluß an einen eigenen Rechner möglich ist, kann eine CAMAC-Anlage auch über die Datenstation einer Rechenzentrale gesteuert werden. Wesentlich ist dabei, daß von der Datenstation aus eine Möglichkeit des Programmeingriffes existieren muß und daß dem Experimentator am Ort des Geschehens ein Sichtgerät zur Darstellung des Ablaufs seines Experimentes zur Verfügung steht, da er sonst nicht die erforderlichen Entscheidungen treffen kann.

2.4.3. Rechnerführung mit Satellitenrechner und Rechenzentrale

In vielen Fällen wird es erforderlich sein, die CAMAC-Anlage über einen Satellitenrechner mit einer Rechenzentrale zu verbinden. Insbesondere für die Gestaltung der Programme dürfte das wesentliche Erleichterungen bringen, da die modulspezifischen Unterprogramme dann in dem Satellitenrechner untergebracht werden können. Der Satellitenrechner würde auch im Falle eines Ausfalls der Rechenzentrale über ein Notprogramm das Experiment mit verminderter Datensammlung in Betrieb halten können und die Wiederanlaufschwierigkeiten wesentlich verkleinern. Dies würde vor allem in großen Verbundsystemen zu einer Erleichterung führen, da so bei einem Ausfall der Rechenzentrale nicht alle Experimente gleichzeitig blockiert werden. Zur Auswertung der Ergebnisse und zur Steuerung des Experiments mit einer Experiment-orientierten Sprache - z. B. PEARL - wird dann der Großrechner in der Zentrale verwendet.

2.5. Module

Die Spezifikationen des CAMAC-Systems ermöglichen den Bau von kompatiblen Modulen, so daß Anlagen zusammengestellt werden können. Innerhalb einer Anlage hat jeder Modul einen bestimmten Platz, der dem Rechner bekannt ist. Der Rechner kann aber nicht ermitteln, wo sich ein spezieller Modul befindet oder welchen

Typs ein angewählter Modul ist, da ein Modul kein Statusregister hat, das dem Rechner die Operation "Read module characteristics" gestattet. Sind also z. B. Module versehentlich vertauscht worden, so kann der Rechner lediglich erkennen, daß von einem angesprochenen Platz nicht die erwarteten Funktionen ausgeführt werden, und dies dem Experimentator durch ein entsprechendes Signal melden.

Jeder Modul kann mit maximal 16 Unterabschnitten, die über vier Sammelleitungen adressierbar sind, versehen werden. Eine eindeutige Decodierung der Subadressen ist immer erforderlich. Jeder der 16 Unterabschnitte kann maximal 32 verschiedene Funktionen ausführen; zur Übermittlung der entsprechenden Signale, die ebenfalls eindeutig zu decodieren sind, dienen fünf Sammelleitungen. Ein Teil der Funktionscodes ist spezifiziert, dadurch werden Programmvereinfachungen möglich und die Kompatibilität vergrößert.

Die Module sind normalerweise 17,2 mm breit, so daß sie eine mit Halbleiter-Bauelementen bestückte gedruckte Schaltung aufnehmen können. Der Stecker zur Verbindung mit Datenweg und Spannungsversorgung ist Bestandteil der gedruckten Schaltung. Die Module haben eine Frontplatte und sind an der rechten Seite mit einer Abschirmplatte versehen, beidseitige Abschirmung ist ebenfalls möglich. Als Signalleitungen dienen Subminiatur-Koax-Verbindungen in 50 Ω -Technik von Lemo mit Verriegelung.

Der Datenverkehr der Module findet über den eingebauten Datenweg statt. Ein programmierter Datenverkehr der Module untereinander über den Datenweg ist ohne Beteiligung des Rechners nicht möglich. Direkter Datenverkehr zwischen Modulen - z. B. zur Entlastung des Datenweges - kann nur auf gesonderten Leitungen stattfinden.

CAMAC als System rechnergeführter Elektronik ist so ausgelegt, daß die Einstellung aller Parameter der Module über den Datenweg erfolgt, so daß eine Anlage ohne Betätigung von Schaltern betrieben werden kann. Sollte jedoch die Einstellung irgendwelcher Parameter per Schalter erforderlich sein, so ist dafür zu sorgen, daß der Rechner ihre jeweilige Stellung erfährt. Im allgemeinen ist es dann einfacher, auf den Schalter zu verzichten.

Die Module sollten so ausgelegt werden, daß Tests ohne Eingriff in die Signalverkabelung möglich sind. Soweit es sich mit vertretbarem Aufwand realisieren läßt, sollten auch die Signalleitungen vom Rechner testbar sein.

2.5.1. Signalverbindungen zwischen Modulen

In der derzeitigen Ausbauphase des CAMAC-Systems müssen die Signalverbindungen zwischen den Modulen nach einem vorgegebenen Schaltbild von Hand hergestellt werden. Ein Teil dieser Verbindungen kann im Betrieb bei entsprechender Auslegung der Module vom Programm her kontrolliert werden, jedoch ist die Herstellung der Signalverbindungen mit Hilfe einer Rechnerführung zur Zeit noch ein weitgehend ungelöstes oder extrem aufwendiges Problem. Sollen zwei Module Datenverkehr untereinander haben, so ist er über vom Datenweg unabhängige Leitungen abzuwickeln.

Für die Vorzeichen und Amplituden der analogen und digitalen Signale zwischen den Modulen gibt es Spezifikationen, die weitgehend mit NIM kompatibel sind.

2.5.2. Verbindungen mit anderen Geräten

Viele CAMAC-Module werden mit anderen Geräten oder Detektoren verbunden sein. An diesen Stellen lassen sich Spezifi-

kationen für die Signalpegel nicht angeben. Es ist jedoch empfehlenswert, auch dort - wenn möglich - die Spezifikationen der CAMAC-Signalpegel zu verwenden.

3. Anwendungen des CAMAC-Systems

3.1. Zähler- und Zähler-Timer-Anwendungen

Zähler- und Zähler-Timer-Experimente verlangen heute fast immer das Ausgeben der Daten auf einen Lochstreifen oder besser direkt an einen Rechner zur Protokollierung und weiteren Auswertung der Messungen. Dies ist mit den bisherigen Systemen wegen der fehlenden Datenorganisationen nur sehr schwer und mit großem individuellem Hardware- und Software-Aufwand lösbar. Deshalb vertreten wir die Auffassung, daß gerade für Zähler- und Zähler-Timer-Experimente das CAMAC-System mit seiner Datenorganisation hervorragend geeignet ist. (Einzuschließen in die Zähler-Timer-Anwendungen sind z. B. auch sehr viele Anwendungen der Strahlenschutzüberwachung und der Routineuntersuchungen mit Probenwechslern und ähnlichen Geräten. Das CAMAC-System dürfte all diese Experimente und Meßapparaturen verbessern, vereinheitlichen und zukunftssicher gestalten.) Wir bemühen uns momentan um universelle Spezifikationen für die Module (s. KFK-Bericht 1184 und 1234), denn wir glauben, daß im Kernforschungszentrum Karlsruhe von 1971 an Neuanschaffungen für Zähler-Timer-Systeme nur noch im CAMAC-System vorgenommen werden. Da auch die Möglichkeit der Handsteuerung besteht, können Experimentatoren, die zunächst noch keinen Rechner einsetzen wollen oder können, ihren Experimentablauf ebenso gestalten wie bisher.

Die erste von uns aufgebaute CAMAC-Anlage war für ein Hochenergiephysik-Experiment des IEKP am CERN in Genf, das an einen Telefunken-Rechner TR 86 angeschlossen ist, bestimmt (s. KFK-Bericht 1191). Es handelt sich im wesentlichen um ein Vielzähler-Experiment, bei dem außerdem eine größere

Anzahl von Parameter- und Pattern-Units eingesetzt wird. Die übrige Experiment-Elektronik besteht aus NIM-Modulen, die mit einer von uns erstellten speziellen Einheit logisch mit dem CAMAC-System verknüpft werden. Die Anlage arbeitet seit November 1969, ohne daß bisher Fehler oder Ausfälle im CAMAC-System aufgetreten sind.

3.2. Gammaskpektrometrie

Bei vielen Experimenten ist heute ein hochaufgelöstes Gamma-spektrum die wesentliche Voraussetzung für einen Fortschritt. Die hochauflösende Gammaskpektrometrie bereitet jedoch auch erhebliche elektronische Schwierigkeiten. Nur bei optimaler Einstellung aller Geräte gelingt es, die hohe Auflösung des Detektors voll auszunutzen. Daher gibt es eine Vielzahl von Parametern, deren Einstellung zum Teil erst nach Auswertung des Spektrums und langen Zwischenrechnungen - z. B. aus der Halbwertsbreite eines Peaks - ermittelt werden kann. Wir sehen hier ein wesentliches Anwendungsgebiet für das CAMAC-System, da die Parameter vom Rechnerprogramm schneller und sicherer eingestellt werden. Für den Experimentator ist es auch wesentlich einfacher, nach Vergleich der von einem Plotter aufgezeichneten Kurven mit den aufgelisteten Parametern die entsprechenden Änderungen ins Programm einzugeben, als wie bisher Handverstellungen vorzunehmen.

Die Software-Arbeitsgruppen werden sich sicher mit den Fragen von optimierenden Programmen intensiv beschäftigen, so daß in einigen Jahren die Voraussetzungen dafür gegeben sein dürften, die optimale Einstellung der Parameter durch den Rechner finden zu lassen. Diese Methode wäre schneller als jede andere und würde vor allem den Experimentator entlasten.

3.3. Massenspektrometrie

Ein Massenspektrometer gehört zu den präzisesten und auch kompliziertesten Meßgeräten, andererseits muß es heute in

einer Reihe von Routineuntersuchungen eingesetzt werden. Insbesondere die Routine-Analyse von Uran und Plutonium bereitet heute noch große Schwierigkeiten, denn die gezielte Untersuchung auf Uran und Plutonium, bei der jeweils etwa 10 verschiedene Isotope ausgemessen werden, soll möglichst schnell und genau sein. Es ist hier leider nicht möglich, die einzelnen Methoden der Automatisierung eines Massenspektrometers zu schildern, aber es kann doch festgestellt werden, daß dabei die Gesamtorganisation des Meßablaufes mit dem CAMAC-System wesentlich leichter zu gestalten ist. Auch der rein technische Aufwand kann reduziert werden, da viele Module, die auch in anderen Anlagen Verwendung finden, benutzt werden können.

Als wesentlicher Punkt hat sich auch bei der Massenspektrometrie die Gestaltung der Software erwiesen. Ohne Programme für die Auswertung, die beim Massenspektrometer auch in den Experimentablauf wesentlich eingreift, ist die vollständige Automatisierung nicht möglich.

3.4. Kernspalt-Experiment

Das Kernspalt-Experiment des IAK⁶⁾ scheint besonders geeignet zu sein, die Leistungsfähigkeit der rechnergeführten Elektronik im CAMAC-System zu zeigen, und wird daher im Kernforschungszentrum Karlsruhe als Demonstrationsexperiment aufgebaut. Die Rechnerführung ist hier deshalb erforderlich, weil die Detektoren durch die Art des Experimentablaufs ihre Eigenschaften laufend und zwar relativ schnell ändern, so daß einige Parameter nachgestellt werden müssen. Die Nachstellung

⁶⁾ Horsch, F.; Piper, I.

Aufbau und Instrumentierung eines Dreiparameter-Experimentes zur Untersuchung der prompten Gammastrahlung von Spaltbruchstücken spezifischer Masse in einem Zeitbereich von 10^{-9} Sekunden nach neutroneninduzierter Spaltung.
Kernforschungszentrum Karlsruhe, Bericht KFK 1003,
Karlsruhe 1969

der Parameter könnte jedoch von Hand nicht so schnell vorgenommen werden, wie die Detektoren ihre Eigenschaften ändern. Dieses Experiment wäre auch deshalb ohne Rechner undurchführbar, weil die Auswertung während der Messung wegen der geforderten Genauigkeit auf komplizierte Gleichungen zurückgreifen muß.

Zwei CAMAC-Module, die für das Kernspalt-Experiment benötigt werden, haben wir bisher konzipiert, sie wurden aber so ausgelegt, daß sie auch für andere Experimente brauchbar sind. Bei dem einen Modul handelt es sich um einen Multiplexer, der auf einfache Art durch Vervielfachung von Modulteilern auf bis zu 1000 Meßstellen ausgebaut werden kann. Dieser Multiplexer arbeitet mit einem Analog-Digital-Wandler zusammen, so daß Strom- und Spannungsmessungen ausgeführt werden können. Der zweite ist ein Steuerungsmodul für Schrittmotoren, die erforderlich sind, um Hochspannungen und ähnliche Parameter an Geräten über Potentiometer einzustellen, denn der derzeitige Stand der Bauteile läßt die Rechnerführung eines Hochspannungsgerätes durch elektronische Steuerung noch nicht auf leichte Weise zu. Der Modul erlaubt es, mehrere Schrittmotoren anzusteuern, und sorgt gleichzeitig dafür, daß die erforderlichen Ein- und Ausschaltungen sowie die Fertigmeldungen an das System erfolgen. Durch eine ausreichende Zahl von Hardware-Maßnahmen ist dafür gesorgt, daß auch bei Rechner- oder Stromausfällen die Experimentiereinrichtung oder das Gerät infolge Fehleinstellung nicht beschädigt werden kann.

4. Internationaler Stand des CAMAC-Systems

4.1. Rahmen

Von verschiedenen Firmen werden CAMAC-Rahmen mit Datenweg, Datenweg-Buchsenleiste und der erforderlichen Spannungsversorgung angeboten, teilweise mit Zwangsentlüftung.

Vielfach sind die Spannungsversorgungen von den Herstellern mit Alarmeinheiten versehen, so daß Über- oder Unterschreiten der Spannungen als Alarm an den Rechner weitergemeldet werden kann. Wegen der engen Toleranzen stellen die Überrahmen mechanische Anforderungen, während die Versorgung mit den Spannungen bei dem heutigen Stand der Technik unkritisch ist. Die Spannungsversorgung für die integrierten Schaltkreise - die + 6 V-Leitung - sollte wegen der großen Gefahr für die Zerstörung der IC's mit einem Überspannungsschutz versehen sein. Ein wesentlicher Punkt ist die Auslegung der Datenweg-Verdrahtung, für die einige Firmen ein Multilayer Board verwenden. Erfahrungen hinsichtlich Übersprechen und Störkopplungen liegen zur Zeit noch nicht in großem Umfange vor. Bei den bisher von uns aufgebauten Experimenten haben sich Schwierigkeiten nicht ergeben.

4.2. Rahmensteuerung

Nachdem die Spezifikation für einen europäischen Crate Controller vorliegt, ist der Weg für die Produktion frei. Es ist zu erwarten, daß Anfang 1971 der Crate Controller Typ A von mehreren Firmen angeboten werden wird.

4.3. System Controller

Der System Controller bildet die Schnittstelle zum Rechner; über ihn werden noch einige Gespräche zu führen sein. Insbesondere ist hierbei zu bemerken, daß die amerikanischen Institute an der Theorie des System Controllers großes Interesse haben und mitzuarbeiten bereit sind. Es ist aber zu erwarten, daß bald schon kleine und mittlere Prozeß-Rechner vom Hersteller auf Wunsch mit einem System Controller für CAMAC geliefert werden können. Für einige Rechner der Firmen Digital Equipment und Hewlett Packard ist bereits im nächsten Jahr mit einem entsprechenden CAMAC-System-Controller zu rechnen.

4.4. Module

Es werden bereits etliche Module für das CAMAC-System angeboten, zur Zeit aber im wesentlichen Einheiten der digitalen Technik, z. B. verschiedene Zählertypen, Pattern Units etc. Wie weit bei den Firmen unterdessen die Fortschritte hinsichtlich der analogen Technik im CAMAC-System gediehen sind, läßt sich schwer übersehen.

4.5. Anlagen

Von der Industrie ausgelieferte Anlagen im CAMAC-System sind bisher nicht bekannt. In Europa sind aber bereits mehrere Experimente mit rechnergeführter Elektronik im CAMAC-System in Betrieb, z. B. eins unter der Bezeichnung "BOL"⁷⁾ mit 64 Detektoren am Institut für Kernphysik in Amsterdam. Zwei Experimente mit Gamma-Spektrometern werden im britischen Kernforschungszentrum Harwell betrieben.

4.6. Software

Zur Zeit scheint die Erstellung der Software an vielen Stellen einen Engpaß zu bilden. Die Studiengruppe Nukleare Elektronik und auch das ESONE-Komitee haben jetzt begonnen, Arbeitsgruppen für die Software zu bilden. Zur Zeit muß jeder Experimentator die erforderlichen Programme selbst erstellen. Ab 1971 werden jedoch voraussichtlich Programme für einzelne Module zur Verfügung stehen, so daß dem Anwender diese Arbeit abgenommen ist. Es muß aber an dieser Stelle noch einmal dringend daran erinnert werden, daß das CAMAC-System nur dann voll ausnutzbar ist, wenn Hardware und Software eng zusammenarbeiten und beide gleichzeitig zur Verfügung stehen.

⁷⁾ Mulder, K. u. a.

On the BOL-System

In: Proc. Internat. Symposium on Nuclear Electronics, Paris 10.-13. 9. 1968. Bd. II, Vortrag 120, 7 S.

5. Ausblick

Nach dem derzeitigen Stand zu urteilen, ist in den Jahren 1970 und 1971 mit einer erheblichen Verbreitung des CAMAC-Systems in Europa und den USA zu rechnen. Insbesondere in Großbritannien wird das CAMAC-System nicht nur in der nuklearen Elektronik verwendet, sondern auch für Prozeßautomation und ähnliche rechnergeführte Anlagen. In den USA werden zur Zeit 300 Rahmen mit Modulen für Experimente bestückt, so daß sicher innerhalb der nächsten Jahre auch aus den Vereinigten Staaten Module in verstärktem Maße angeboten werden. Wenn neben den verschiedensten Modulen bald auch die Rahmensteuerung erhältlich sein wird ebenso wie CAMAC-System-Controller für verschiedene Rechnerarten, werden dem Aufbau von Experimenten immer weniger Schwierigkeiten entgegenstehen bzw. werden es immer weniger Module und Systemteile sein, die für das Einzelexperiment speziell entwickelt werden müssen. Damit dürfte 1972 die Erstellung größerer CAMAC-Anlagen durch Industriefirmen möglich werden. Da auch die Software-Arbeitsgruppen ihre Intensität in den letzten Monaten erheblich verstärkt haben, werden auch die Probleme, die sich von dieser Seite her ergeben, einer Lösung entgegengeführt.

Anhang I

MITGLIEDER DES ESONE-KOMITEES

International	CERN, European Organisation for Nuclear Research, Genf	Schweiz
	Centro Comune di Ricerca (Euratom), Ispra	Italien
	Bureau Central de Mesures Nucléaires (Euratom), Geel	Belgien
Österreich	Studiengesellschaft für Atomenergie (SGAE)	Wien
Belgien	Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire (CEN)	Mol
Großbritannien	Atomic Energy Research Establishment	Harwell
	Rutherford High Energy Laboratory (SRC)	Chilton
	Daresbury Nuclear Physics Laboratory (SRC)	Daresbury
Frankreich	Commissariat à l'Energie Atomique	Saclay
	Commissariat à l'Energie Atomique	Grenoble
Deutschland	Deutsche Studiengruppe für Nukleare Elektronik, c/o Physikalisches Institut der Universität	Marburg
	Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY)	Hamburg
	Hahn-Meitner-Institut für Kernforschung (HMI)	Berlin (West)
	Kernforschungsanlage Jülich (KFA)	Jülich
	Gesellschaft für Kernforschung (GFK)	Karlsruhe
	Institut für Kernphysik der Universität	Frankfurt
Italien	Comitato Nazionale Energia Nucleare (CNEN)	Rom
	Comitato Nazionale Energia Nucleare (CNEN) (Laboratori Nazionali)	Frascati
	Comitato Nazionale Energia Nucleare (CNEN) (Centro Studi Nucleari)	Casaccia
	Centro Studi Nucleari Enrico Fermi (CESNEF)	Mailand
	Centro Informazioni Studi Esperienze (CISE)	Mailand
	Istituto di Fisica dell'Università	Bari
Niederlande	Reactor Centrum Nederland (RCN)	Petten
Schweiz	Institut für Angewandte Physik der Universität	Basel
Jugoslawien	Boris Kidrič Institut	Belgrad

Anhang II

Zusammenstellung der bisher erschienenen Literatur über das

CAMAC-System

Lewis, A.

A Small Computer used as a Multi-Channel Analyser

U.K.A.E.A. Research Group, Report AERE - 5844, Harwell 1968, 8 S.

Bisby, H.

An Advanced Modular System of Electronic Equipment for On-Line
Computer Applications

U.K.A.E.A. Research Group, Report AERE - 5815, Harwell 1968, 24 S.

Hooton, I. N.; Barnes, R. C. M.

A Standard Data Highway for On-Line Computer Applications

U.K.A.E.A. Research Group, Report AERE - 5866, Harwell 1968, 20 S.

Bisby, H.

An Advanced Modular System of Nuclear Electronics for On-Line
Computer Applications

In: Proc. Internat. Symposium on Nucl. Electronics, Paris 10.-13.9.1968
Bd. II, Vortrag 108, 27 S.

Lewis, A.

An Application of IANUS Modules to Multi-Channel Analysis in
Association with a Computer

In: Proc. Internat. Symposium on Nucl. Electronics, Paris 10.-13.9.1968
Bd. II, Vortrag 138, 11 S.

Becker, W.

An Advanced Modular System of Nuclear Electronics for On-Line
Computer Applications

Nucl. Instrum. Meth. 64 (1968) S. 197 - 200

Iselin, F. u. a.

CAMAC CERN-NP Options

CERN-NP CAMAC Note No. 1 - 00, Genève 1968, 16 S.

Iselin, F. u. a.

Crate CTR (Crate Controller) Type 011

CERN-NP CAMAC Note No. 2 - 00, Genève 1969, 12 S.

Iselin, F. u. a.

X - CTR (Executive Controller) Type 007

CERN-NP CAMAC Note No. 3 - 00, Genève 1969, 21 S.

Iselin, F. u. a.

Pattern A (Pattern Unit A) Type 021

CERN-NP CAMAC Note No. 8 - 00, Genève 1969, 6 S.

Iselin, F. u. a.

Parameter A (Parameter Unit A) Type 022

CERN-NP CAMAC Note No. 9 - 00, Genève 1969, 5 S.

Iselin, F. u. a.

Display CTR (Display Controller) Type 014

CERN-NP CAMAC Note No. 4 - 00, Genève 1969, 12 S.

Iselin, F. u. a.
Oct.-Dec. Display (Octal-Decimal Display) Type 012
CERN-NP CAMAC Note No. 5 - 00, Genève 1969, 11 S.

Iselin, F. u. a.
Print CTR (Print Controller) Type 010
CERN-NP CAMAC Note No. 6 - 00, Genève 1969, 11 S.

Iselin, F. u. a.
Miniscaler Type 002
CERN-NP CAMAC Note No. 11 - 00, Genève 1969, 7 S.

CAMAC - A Modular Instrumentation System for Data Handling -
Description and Specification
Euratom-Bericht EUR 4100 e, Luxembourg 1969, 44 S.

CAMAC - Ein modulares Instrumentierungssystem in der Daten-
verarbeitung - Beschreibung und Spezifikation
Euratom-Bericht EUR 4100 d, Luxemburg 1969, 53 S.

Iselin, F. u. a.
PRTML (Print Terminal) Type 016
CERN-NP CAMAC Note No. 7 - 00, Genève 1969, 7 S.

Iselin, F. u. a.
Review 1 (with ref. to Notes: 1 - 00, 2 - 00, 3 - 00, 4 - 00,
5 - 00, 6 - 00, 7 - 00, 8 - 00, 9 - 00, 11 - 00)
CERN-NP CAMAC Note No. 0 - 01, Genève 1969, 26 S.

Iselin, F. u. a.
B to D CVTR (Binary to Decimal Converter) Type 004
CERN-NP CAMAC Note No. 13 - 00, Genève 1969, 9 S.

Richards, J. M.
7000 series CAMAC Controllers
U.K.A.E.A. Research Group, Report AERE - M 2145, Harwell 1969

Iselin, F. u. a.
Bin. Display (Binary Display) Type 023
CERN-NP CAMAC Note No. 12 - 00, Genève 1969, 5 S.

Iselin, F. u. a.
Digest of CERN-NP CAMAC External Control Logic (XCL) Type 029
CERN-NP CAMAC Note No. 14 - 00, Genève 1969, 15 S.

Iselin, F. u. a.
Preset Scaler Type 025
CERN-NP CAMAC Note No. 15 - 00, Genève 1969, 8 S.

Best, G. C.; Hooton, I. N.
A CAMAC Multi-User System
In: Proc. Ispra Nucl. Electronics Symposium 6. - 9.5.1969
(Euratom-Bericht EUR 4289 e, Brussels 1969) S. 305 - 306

Barnes, R. C. M.; Hooton, I. N.
The CAMAC System of Modular Instrumentation
In: Proc. Ispra Nucl. Electronics Symposium 6. - 9.5.1969
(Euratom-Bericht EUR 4289 e, Brussels 1969) S. 379 - 383
und IEEE Trans. Nucl. Sci. 16 (1969) H. 5, S. 76 - 80

Attwenger, W. u. a.
CAMAC Crate Control for a PDP 8 and a CAMAC 24 Bit Counter
In: Proc. Ispra Nucl. Electronics Symposium 6. - 9.5.1969
(Euratom-Bericht EUR 4289 e, Brussels 1969) S. 391 - 393

Richards, J. M.; Ward, L. D.
Programmed Control of Autonomous Transfers in a CAMAC System
In: Proc. Ispra Nucl. Electronics Symposium 6. - 9.5.1969
(Euratom-Bericht EUR 4289 e, Brussels 1969) S. 395 - 397

CAMAC and Modular Instrumentation - A Report on the Discussion
Bisby, H.; Becker, W.; Barnes, R. C. M.
In: Proc. Ispra Nucl. Electronics Symposium 6. - 9.5.1969
(Euratom-Bericht EUR 4289 e, Brussels 1969) S. 399 - 401

Strukturanalyse von rechnergekoppelten Experimenten in der
Niederenergiekern- und Strahlenphysik
Hahn-Meitner-Institut für Kernforschung Berlin, Zwischenbericht
zu einem Förderungsvorhaben des BMwF, Berlin 1969, 21 S.

Lallemant, C.; Sarquiz, M.
Système "CAMAC"
Bull. Instrumentation Nucléaire No. 37 (1969) S. 33 - 41

Barnes, R. C. M.; Hooton, I. N.; Richards, J. M.
Data Transfers and Demand Handling in Multicrate CAMAC Systems
U.K.A.E.A. Research Group, Report AERE - R 6214, Harwell 1969, 6 S.
S. auch: Proc. 1969 Nucl. Sci. Symposium and Nucl. Power Syst. Engng.
Symposium, San Francisco 29. - 31.10.1969 (IEEE Trans. Nucl. Sci.
17 (1970) H. 1) S. 463 - 466

Senator, A.; Hooton, I. N.; Miller, G. L. u. a.
Modular Data Highway Systems
In: Proc. Skytop Conf. on Computer Syst. in Exper. Nucl. Phys.,
New York Oct. 1969. S. 394 - 412

Hooton, I. N.
Modular Instrumentation System for Computer Aided Measurement
and Control
In: Proc. Skytop Conf. on Computer Syst. in Exper. Nucl. Phys.,
New York Oct. 1969. S. 466 - 471

Iselin, F. u. a.
TR SLTR (Transfer Selector) Type 015
CERN-NP CAMAC Note No. 10 - 00, Genève 1969, 6 S.

Iselin, F. u. a.
Crate CTR (Crate Controller) Type 024
CERN-NP CAMAC Note No. 18 - 00, Genève 1970, 15 S.

Iselin, F. u. a.
System Controller I Type 038 (A Description of the Current System
with Comments on Further Related Developments)
CERN-NP CAMAC Note No. 21 - 00, Genève 1970, 37 S.

Iselin, F. u. a.
Microscaler Type 003
CERN-NP CAMAC Note No. 16 - 00, Genève 1970, 8 S.

Halling, H.; Egl, W.
Handeinstellbare Programmsteuerung für CAMAC System
Nucl. Instrum. Meth. 80 (1970)S. 122 - 124

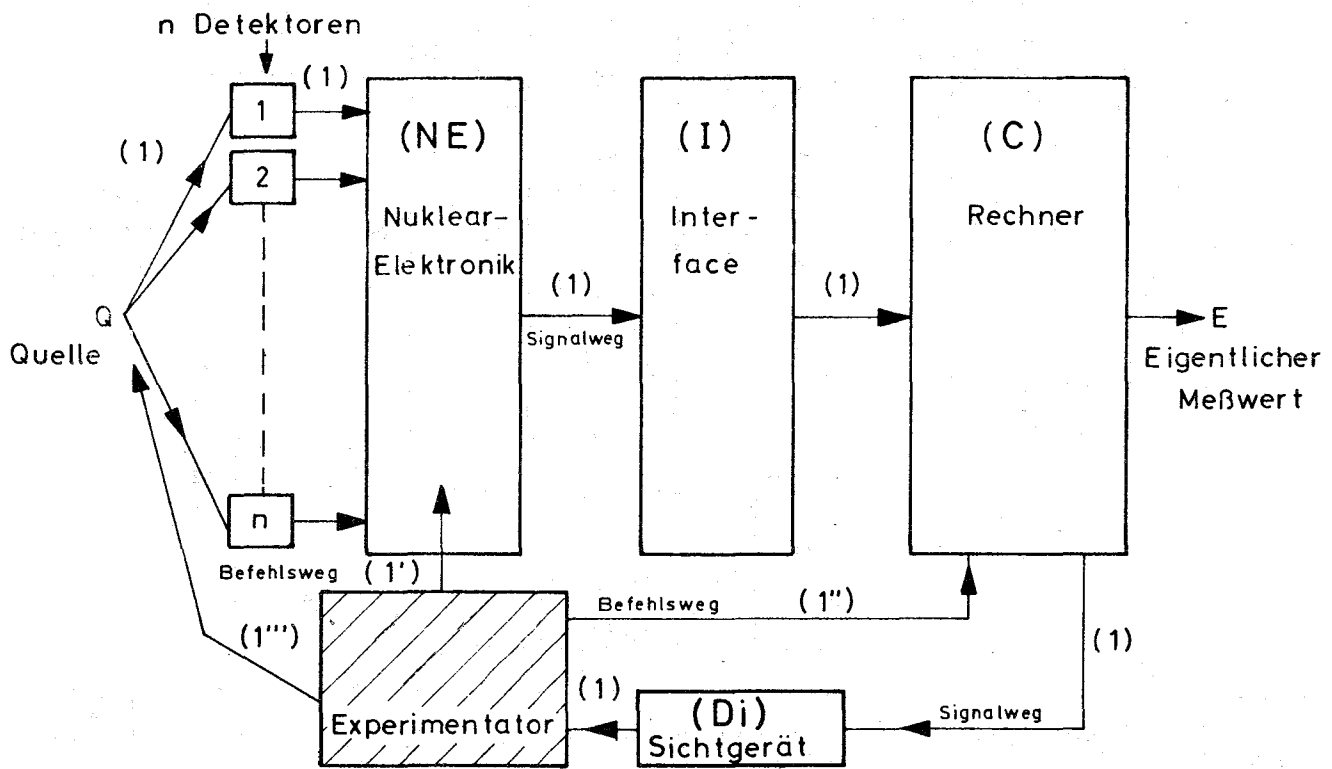
Iselin, F. u. a.
TR SLTR (Transfer Selector) Type 044
CERN-NP CAMAC Note No. 22 - 00, Genève 1970, 7 S.

Ottes, J.; Tradowsky, K.
Spezifikation eines CAMAC-25-MHz-Zähler-Moduls Typ LEM - 52/1.1.
Kernforschungszentrum Karlsruhe, Bericht KFK 1184, Karlsruhe 1970, 15 S.

Gruber, P.; Lenhardt, H.; Ottes, J.
Ein Vielzähler-Experiment aus der Hochenergiephysik im CAMAC-System
mit einem Telefunken-Rechner TR 86
Kernforschungszentrum Karlsruhe, Bericht KFK 1191 (im Druck)

Ottes, J.; Tradowsky, K.
Spezifikationen für den CAMAC-Timer-Modul Typ LEM - 52/2.1., den
CAMAC-Inhibit-Overflow-Timer-Driver Typ LEM - 52/3.1. und den
CAMAC-Overflow-Timer-Driver Typ LEM - 52/4.1.
Kernforschungszentrum Karlsruhe, Bericht KFK 1234 (im Druck)

CAMAC - Organisation of Multi-Crate Systems - Specification of the
Branch Highway and CAMAC Crate Controllers Type A
Euratom-Bericht EUR 4600 (im Druck)



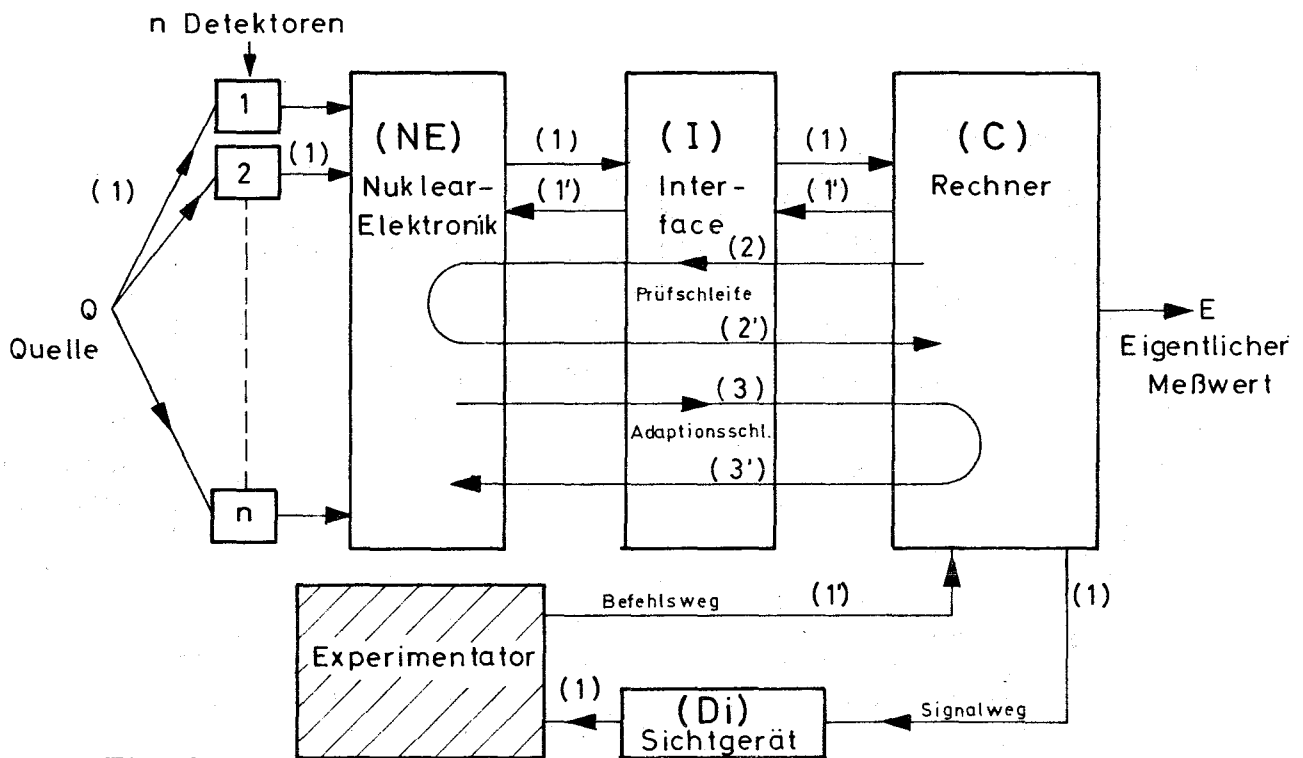


Fig. 2

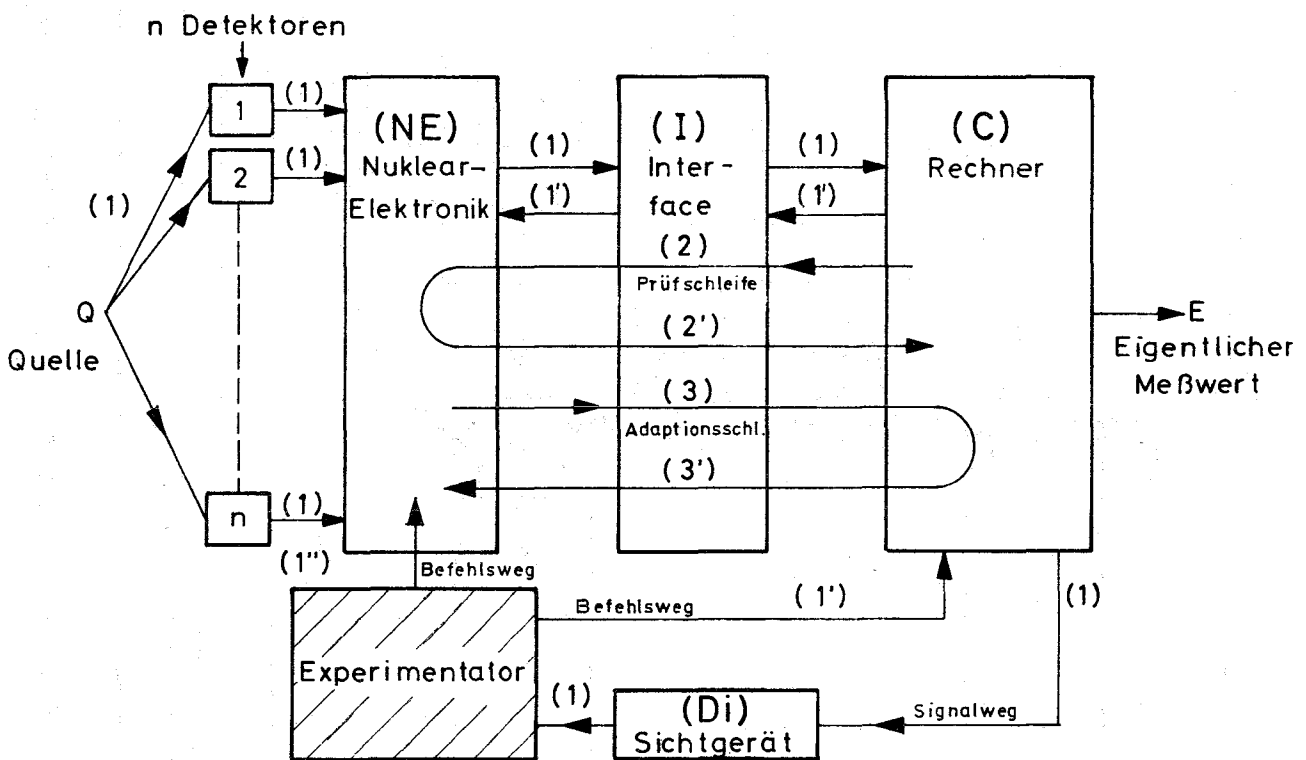


Fig. 3. Blockschaubild der ersten Ausbauphase der rechnergeführten Nuklear - Elektronik

