

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM
KARLSRUHE**

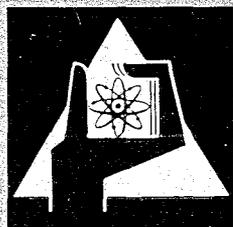
Dezember 1968

KFK 912

Institut für Experimentelle Kernphysik

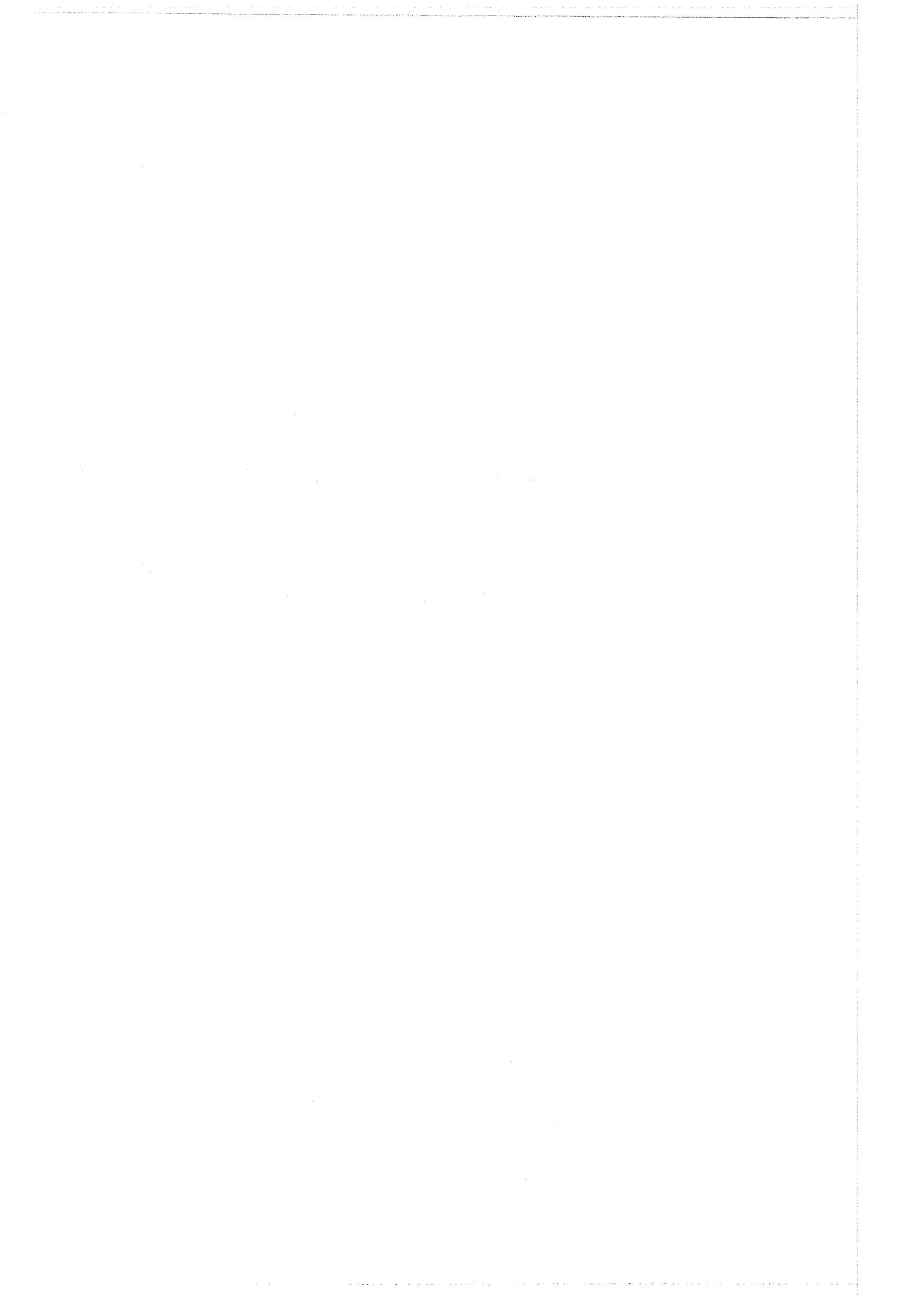
DATA, ein elektronisches Meßwert-Erfassungssystem

H. Brückmann



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.

KARLSRUHE



KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Dezember 1968

KFK 912

Institut für Experimentelle Kernphysik

DATA, ein elektronisches Messwert-Erfassungssystem

H. Brückmann

Gesellschaft für Kernforschung m.b.H. Karlsruhe

Abstract:

A new versatile multiparameter data acquisition system designed for nuclear reaction studies is discussed. The system is in use for the investigation of three body reactions where at least two particles have to be detected in coincidence. Four analog signals which may contain information on energy loss, time of flight or dE/dx are accepted by the system. The information is digitalized and transferred to a CDC computer. The system produces all the logical signals being necessary for the common operation of the external electronic equipment. For monitoring a separate dataway is provided. The use of the system is demonstrated by an experiment where the reaction $d+d \rightarrow d+p+n$ was studied. The applicability of the system is not restricted to this example. The high degree of flexibility permits its use for many different problems in nuclear physics.

Bei der experimentellen Untersuchung von Kernreaktionen tritt häufig die Aufgabe auf, mehrere voneinander unabhängige Messgrößen gleichzeitig zu erfassen, die entsprechenden Impulse in digitale Form umzuwandeln und die Information auf eine Rechenanlage zu übertragen. Da ein solches Datenerfassungssystem den speziellen Anforderungen des Experimentes gerecht werden muß, viele Baugruppen miteinander verbinden muß und an eine Rechenanlage angeschlossen werden soll, ergeben sich eine ganze Reihe von Anforderungen, die z.Zt. von den üblichen kommerziellen Systemen noch nicht erfüllt werden. Infolgedessen wurde ein Messwerterfassungssystem konzipiert, das den genannten Anforderungen von Kernreaktionsexperimenten gerecht wird und eine solche Flexibilität besitzt, daß es leicht an zukünftige Anforderungen angepasst werden kann. Diesem System wurde der Name "DATA" gegeben.

Das System "DATA" kann bis zu fünf voneinander unabhängige Messwerte einer einzelnen Kernreaktion erfassen und in einem oder zwei Worten auf eine CDC Rechenmaschine Typ 3100 übertragen. Diese Anzahl von unabhängigen Messwerten wird für Koinzidenzexperimente, die am Karlsruher Isochronzyklotron durchgeführt werden, benötigt. Das System wurde jedoch so ausgelegt, daß es auch sehr gut bei anderen Experimenten verwendet werden kann. Im folgenden werden nur die grundsätzlichen Anforderungen, der schematische Aufbau und ein charakteristisches Anwendungsbeispiel diskutiert. Detaillierte Beschreibungen der einzelnen Baueinheiten werden in getrennten Berichten enthalten sein.

1) Allgemeine Überlegungen zum Gesamtkonzept

Umfangreiche, mehrparametrische on-line Datenverarbeitungssysteme sind bisher bei Experimenten der Niederenergie-Kernphysik nur vereinzelt angewendet worden. [1] In der Hochenergiephysik werden on-line Datenverarbeitungsanlagen dagegen schon seit einiger Zeit mit großem Erfolg benutzt. Es wurde versucht, die in anderen

Gebieten der Physik und in der Elektronik vorliegenden Erfahrungen auszunutzen und das geplante System dem neuesten Stand der Technik anzupassen.

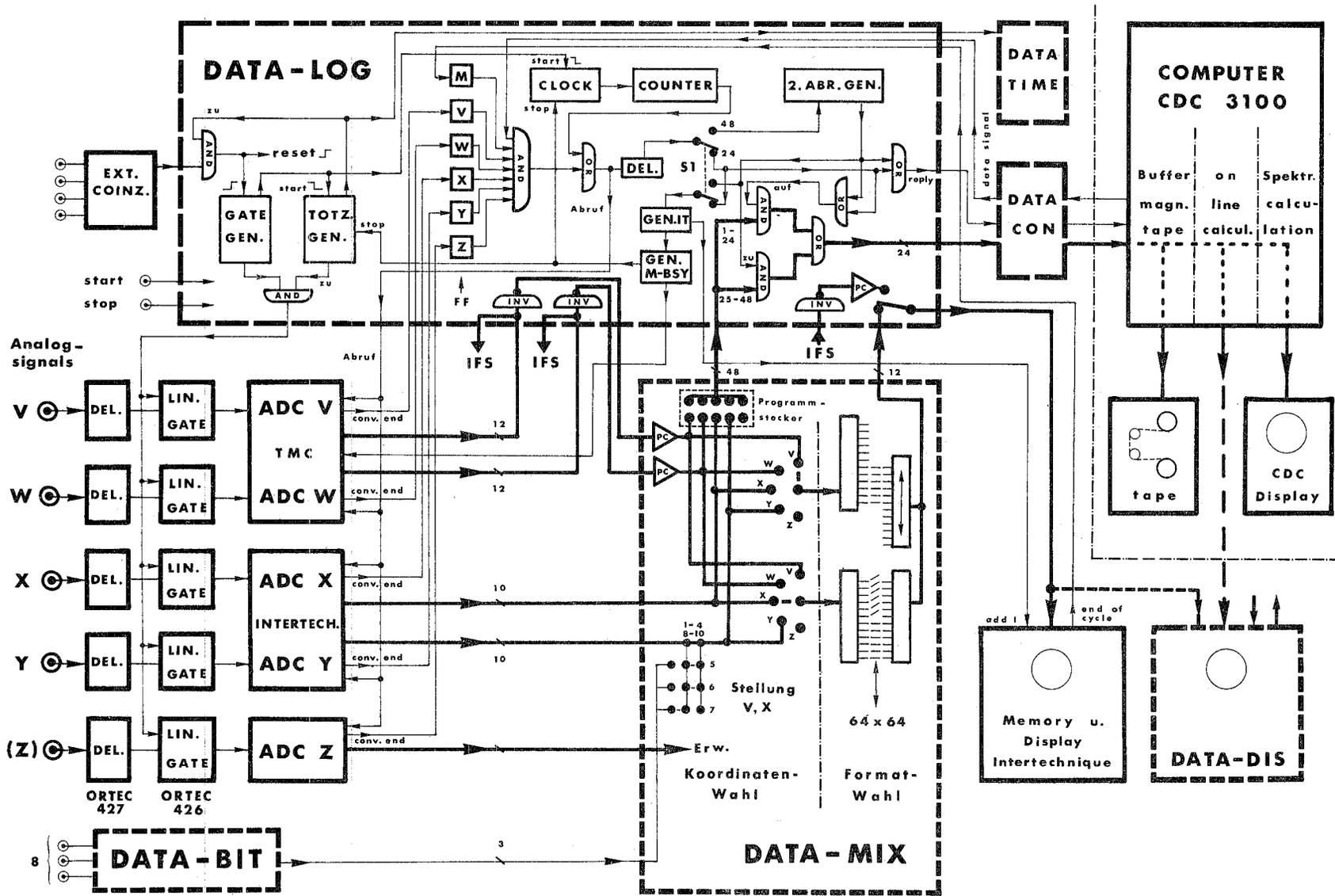
Für den Entwurf des Grundkonzepts wurden die folgenden Überlegungen berücksichtigt:

1. Die an einem Beschleuniger zur Verfügung stehende Strahlzeit ist begrenzt. Deshalb sollte man versuchen, durch eine on-line Datenübertragung zu einem Rechner eine optimale Ausnutzung der Experimentierzeit zu erreichen.
2. Die Anwendung von vielen verschiedenen Detektorarten sollte ermöglicht werden. Neue Nachweisgeräte, die erst in letzter Zeit entwickelt wurden oder sich noch in der Entwicklung befinden, sollten einsetzbar sein, ohne daß größere Änderungen an dem Datenerfassungssystem DATA notwendig sind. (Als Beispiel seien hier digitale Funkenkammern und ortsabhängige Halbleiterdetektoren genannt).
3. Das System DATA soll in unveränderter Form für verschiedene Experimente einsetzbar sein, infolgedessen sollte das Konzept so viel Flexibilität wie möglich erhalten.
4. Eine Erweiterung und eine Verwendung zusammen mit anderen externen Geräten oder Rechnern sollte bereits bei der Planung mit berücksichtigt werden.
5. Die Unempfindlichkeit gegenüber äußeren Störungen und die Betriebssicherheit sollen derjenigen von modernen Rechenanlagen entsprechen.

2) Elektronischer Aufbau

Abb. 1 zeigt ein Blockschaltbild des ganzen Datenerfassungssystems DATA. Dieses Schaltbild ist sehr stark vereinfacht und soll nur einen Überblick über den Aufbau und die Funktionen des Systems vermitteln. Das System enthält außer einigen kommerziellen

Abb. 1 Stark vereinfachtes Schaltbild des Datenerfassungssystems "DATA"



15.11.68 G B

Messwertfassungssystem 'DATA'

EKP - Gruppe Kernreaktionen

Baugruppen sechs Baueinheiten, die von der Gruppe Kernreaktionen, EKP entwickelt wurden. Im Rahmen dieser Zusammenfassung kann nicht auf die elektronischen Einzelheiten eingegangen werden. Die Details sollen in Einzelbeschreibungen oder Arbeitsberichten diskutiert werden.

1. DATA - BIT: Ein "Routing-System" für 8 Eingänge
(H. Brückmann, P. Fluck, H. Matthäy)
KFK-Bericht vorgesehen
2. DATA - LOG: Ein Gerät für die Steuerung der logischen
Funktionen im System DATA. [2]
(H. Brückmann, P. Fluck, H. Matthäy, L. Schänzler)
3. DATA - MIX: Ein Gerät für die Koordinaten und Formatwahl.
(H. Brückmann, P. Fluck, H. Matthäy,
L. Schänzler, K. Wick)
Arbeitsbericht vorgesehen
4. DATA - CON: Interface zur CDC-Rechenanlage
(P. Fluck, H. Matthäy)
Arbeitsbericht vorgesehen
5. DATA - TIME: Ein Zähler für die Bestimmung der Messzeiten und
der Totzeiten.
(P. Fluck)
6. DATA - DIS: Eine Displayeinheit für die Überwachung der
Messdaten.
z.Zt. in der Entwicklung

Vor der Diskussion des Blockschaltbildes soll die elektronische Aufgabenstellung anhand der zur Verfügung stehenden Eingangssignale und der notwendigen Ausgangssignale erörtert werden.

Die folgenden Eingabe- bzw. Steuer-Signale liegen vor:

Eingangssignale

1. Ein Impuls von minimal 0,3 μ sec Länge leitet jeden einzelnen Datenverarbeitungszyklus ein. Dieses Signal wird in einer externen Koinzidenzeinheit erzeugt, es wird infolgedessen im folgenden mit "Koinzidenzsignal" bezeichnet.
2. Bis zu fünf voneinander unabhängige Messwerte ("Dimensionen" V, W, X, Y, Z) liegen in analoger Form für die Dauer von mindestens 1 μ sec vor.

Nach Konversion der Analogsignale werden von den ADC "conversion end"-Signale bereit gestellt.

3. Bis zu acht digitale Kennzeichnungssignale (Eingänge in DATA-BIT), die entweder einzelnen Detektoren zugeordnet sind oder die Koinzidenzen zwischen zwei oder mehreren Detektoren kennzeichnen.
4. Ein Signal, welches die Übernahmebereitschaft des Rechners anzeigt. ("data-signal").
5. Ein "end of cycle" Signal, das die Übernahmebereitschaft einer unabhängigen parallelen Speichereinheit anzeigt.
6. Externe "start" und "stop" Signale für die Steuerung der Messzeiten.

Das System muß die folgenden Ausgangssignale an kommerzielle Baugruppen und externe Geräte abgeben:

Ausgangssignale

1. Ein Signal, welches nach Einleitung eines Verarbeitungszyklus die linearen Gates vor den ADC's öffnet.
2. Ein Abrufsignal für die ADC's, das auftritt, wenn alle digitalen, bereits konvertierten Messdaten zur Übernahme in den Rechner bereit stehen.

3. Ein Steuersignal "reply" für eine Parallelübertragung von einem 24 bit Wort oder von zwei 24 bit Worten hintereinander (48 bit Betrieb).
4. Ein 12 bit Wort, das aus zwei beliebigen Dimensionen (also aus V, W, X, Y oder Z) in beliebigem Format durch Schalterbetätigung ausgewählt werden kann. Dieses Wort wird für eine simultane Überwachung benötigt. Es kann z.B. ein 2-dimensionales Spektrum aus diesem Wort gebildet werden.
5. Ein Signal, das die Totzeit anzeigt, die durch einen Datenübertragungszyklus verursacht wird. Die Totzeit und die wahre Zeit werden in einem getrennten Zähler (DATA-TIME) registriert und können dort abgelesen oder elektronisch ausgelesen werden.
6. Ein "memory busy" Signal, das für die Steuerung von TMC-ADC's benötigt wird.
7. Ein "add 1" Signal für die Übernahme des Wortes für die Simultanüberwachung in eine externe Speicher- und Display-Einheit (Intertechnique).

Die wichtigsten elektronischen Anforderungen und Gesichtspunkte lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Die Zahl der bits pro Dimension und das Format sollen in weiten Grenzen frei wählbar sein. Für jede Dimension ist nur eine obere Grenze von 12 bit, dies entspricht 4096 Kanälen, festgelegt. Die Gesamtzahl der bits ist z.Zt. mit 48 begrenzt.
2. Verschiedene kommerzielle Analog-Digital-Konverter (ADC), die sich sowohl in ihren Pegeln als auch in ihren Geschwindigkeiten unterscheiden können, sollen an das System DATA anschließbar sein.
3. Die Messwerte sollen den ADC's über lineare Gates zugeführt werden. Die Öffnungszeit der linearen Gates soll weniger als 1,5 μ sec betragen.

4. Alle Messdaten, die zu einem einzelnen Kernreaktions-Ereignis gehören, müssen so lange gespeichert bleiben, bis sie gemeinsam von dem Rechner übernommen worden sind, und die linearen Eingangsgates dürfen frühestens sofort nach der Übernahme in den Rechner wieder öffnen.
5. Eine eigene Logik muß für den zeitlichen Ablauf aller Funktionen sorgen. Sie muß außerdem dafür sorgen, daß das ganze System nicht durch ein unvollkommen konvertiertes Messdatenwort oder eine Störung in einen logischen Zustand gerät, in dem die Übertragung für längere Zeit blockiert wird.
6. Die Wahl von zwei Kontrolldimensionen und dem dazu gewünschten Format soll vollkommen unabhängig von der Übertragung auf den Rechner sein. Diese Wahl soll sich auch während eines laufenden Experimentes ändern lassen, ohne daß dadurch die übrigen Funktionen des Systems beeinflußt werden.
7. Der Startzeitpunkt und der Stopzeitpunkt für ein Experiment sollen entweder von der Rechenmaschine gesteuert werden können oder die Steuerung soll extern vorgenommen werden können.

Eine kurze Erläuterung der Funktionsweise der ganzen Anlage wird anhand von Abb. 1 und mit Hilfe der oben eingeführten Signale gegeben. Sofern das System nicht noch mit der Übertragung des vorhergehenden Messereignisses beschäftigt ist (Totzeitgenerator und AND-Gate am Eingang) leitet ein "Koinzidenzsignal" einen Übernahmezyklus ein. Ein "reset"-Signal setzt zunächst alle logischen Stufen in einen definierten Anfangszustand und über einen "Gate-Generator" wird das Öffnungssignal für die linearen Gates erzeugt. Die Analogsignale V, W, X, Y und Z gelangen an die entsprechenden ADC's und die Konversionszeit beginnt. Gleichzeitig wird mit der Rückflanke des Koinzidenzsignales (Gate-Gen.) ein Totzeitgenerator gestartet. Das Totzeitsignal verhindert, daß noch ein weiteres Signal am Eingang den Ablauf stören kann (AND-Gate).

Außerdem startet dieses Totzeitsignal die Registrierung der folgenden Totzeit in der Einheit DATA-TIME und eine Uhr "clock" im DATA-LOG mit angeschlossenen Zähler. Nach Ende der Konversion werden von jedem ADC "conversion end" Signale abgegeben. Da die Konversionszeiten der einzelnen ADC's sehr verschieden sein können, werden alle diese "conversion end" Signale in Flip-Flops gespeichert. Außerdem wird geprüft, ob die Kontroll-Display-Einheit (Intertechnique) das "end of cycle" Signal abgibt, dieses wird ebenfalls gespeichert (M). Ein 7-fach AND-Gate öffnet, wenn alle Konversionsendsignale und außerdem noch das Übernahmereitschaftssignal des Rechners ("data signal") vorliegen. Der Ausgang dieses AND-Gates ruft über das "Abruf"-Signal die digitalen Daten von den ADC's ab.

Die Anlage könnte dadurch stillgesetzt werden, daß einer der ADC's wegen Unterschreiten seiner unteren Schwelle nicht konvertiert und infolgedessen auch sein "conversion end" - Signal nicht abgibt. In diesem Falle wird der Abruf über den internen Zähler eingeleitet, und zwar nach einer Zeit die länger ist als die maximal mögliche Konversionszeit.

Die von den ADC's abgerufenen Daten gelangen zunächst in die Einheit DATA-MIX. Dabei stehen die Daten der beiden TMC-ADC's noch parallel für einen input-format-selector (IFS) zur Verfügung. Der DATA-MIX hat einerseits die Aufgabe, die Daten für die Übertragung zum Rechner zu einem oder zwei 24-bit Worte zusammenzufassen. Die Zusammenstellung kann nach Anforderung des Experimentes über einen Programmstecker bestimmt werden. Die Ausgangssignale der "routing"-Einheit DATA-BIT können im DATA-MIX ebenfalls nach Wahl zugeschaltet werden. Die Einheit DATA-MIX hat andererseits die Aufgabe, eine Teilinformation in ein 12-bit Wort für Überwachungszwecke zusammenzufassen. Über Koordinatenwahlschalter können zunächst zwei beliebige Dimensionen herausgegriffen werden (gezeichnet in der Stellung V,X). Über einen Formatwahlschalter können dann diese beiden Dimensionen in beliebigem Format zusammengefasst werden. (gezeichnet im Format 64x64 Kanäle) Diese Auswahl oder die Auswahl über den input-format-selector (IFS) gelangt zur

Überwachung an den externen Speicher und Display (Intertechnique). Über den "Gen.IT" wird gleichzeitig das Übernahmesignal ("add 1") generiert. Vorgesehen ist auch die Übertragung in eine weitere Display-Einheit (DATA-DIS), die außerdem noch mit dem Rechner in Verbindung steht (dieser Teil befindet sich allerdings noch in Vorbereitung). Die vollständigen Daten (bis 48 bit) werden in den DATA-LOG übertragen und in einem (24-bit) oder zwei (48-bit) Worten zu dem interface DATA-CON und weiter zum Rechner übertragen. Dazu werden in dem DATA-LOG ein oder zwei "reply"-Signale erzeugt. Nach Schluß der Übertragung wird der Totzeitgenerator gestoppt und das System ist für den nächsten Bearbeitungszyklus frei.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde der Funktionsablauf hier nur in stark vereinfachter Form geschildert. Die Details über alle logischen Funktionen des DATA-LOG sind in dem KFK-Bericht Nr. 897 enthalten [2].

3) Anwendungsbeispiel

Als typischer Anwendungsfall werden schließlich noch die Messergebnisse, die bei der ersten Inbetriebnahme aufgezeichnet wurden, gezeigt. Bei diesem Experiment wurden die Messdaten mit dem System DATA auf die CDC Rechenmaschine 3100 übertragen und auf Magnetband gespeichert. Die weitere Auswertung erfolgte mit der IBM 360 Rechenmaschine mit speziellen Sortierprogrammen (W. Kluge, Arbeitsbericht vorgesehen).

Die Kernreaktion $d+d+d+p+n$ wurde mit 51,5 MeV Deuteronen untersucht. Von den Reaktionsprodukten wurden die Deuteronen in Koinzidenz mit den Protonen nachgewiesen.

Abb. 2 zeigt ein Schema der experimentellen Anordnung. der Deuteronenstrahl des Karlsruher Isochron-Zyklotrons wurde in das Zentrum einer Streukammer fokussiert und induziert dort in einer mit Deuteriumgas gefüllten Targetkammer Kernreaktionen. Unter zwei festen Winkeln θ_1 und θ_2 waren zwei Detektoren aufgestellt, aus denen sowohl je ein analoges Energiesignal E_3 , E_4 als auch je ein Zeitsignal (Ankunftszeit T_3 und T_4 , Normimpuls) entnommen wurden.

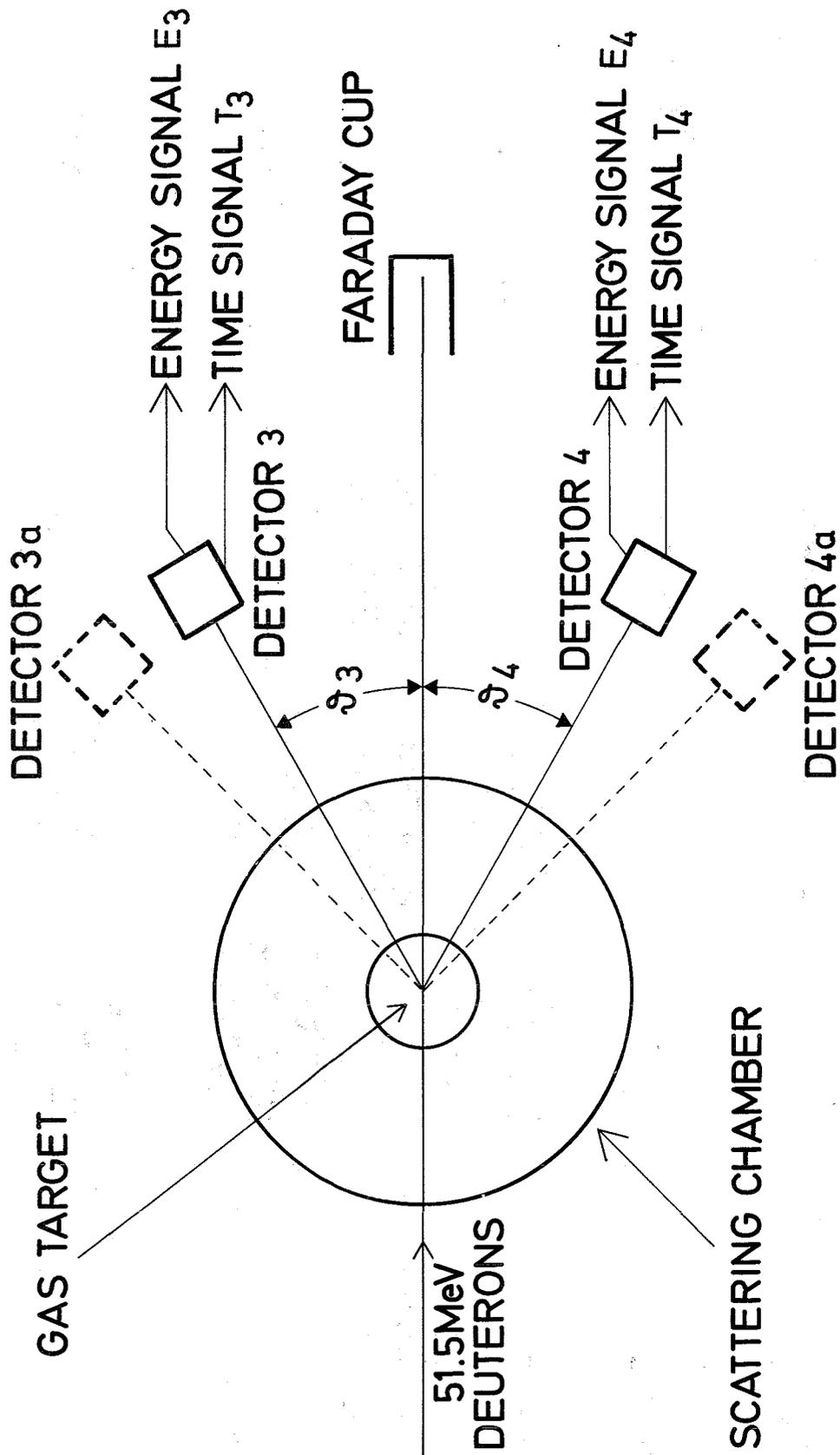


Abb. 2 Schema der experimentellen Anordnung.
Die gestrichelt eingezeichneten Detektoren 3a und 4a sind im Rahmen einer Erweiterung eingeplant, damit mehrere Winkelpaare simultan gemessen werden können.

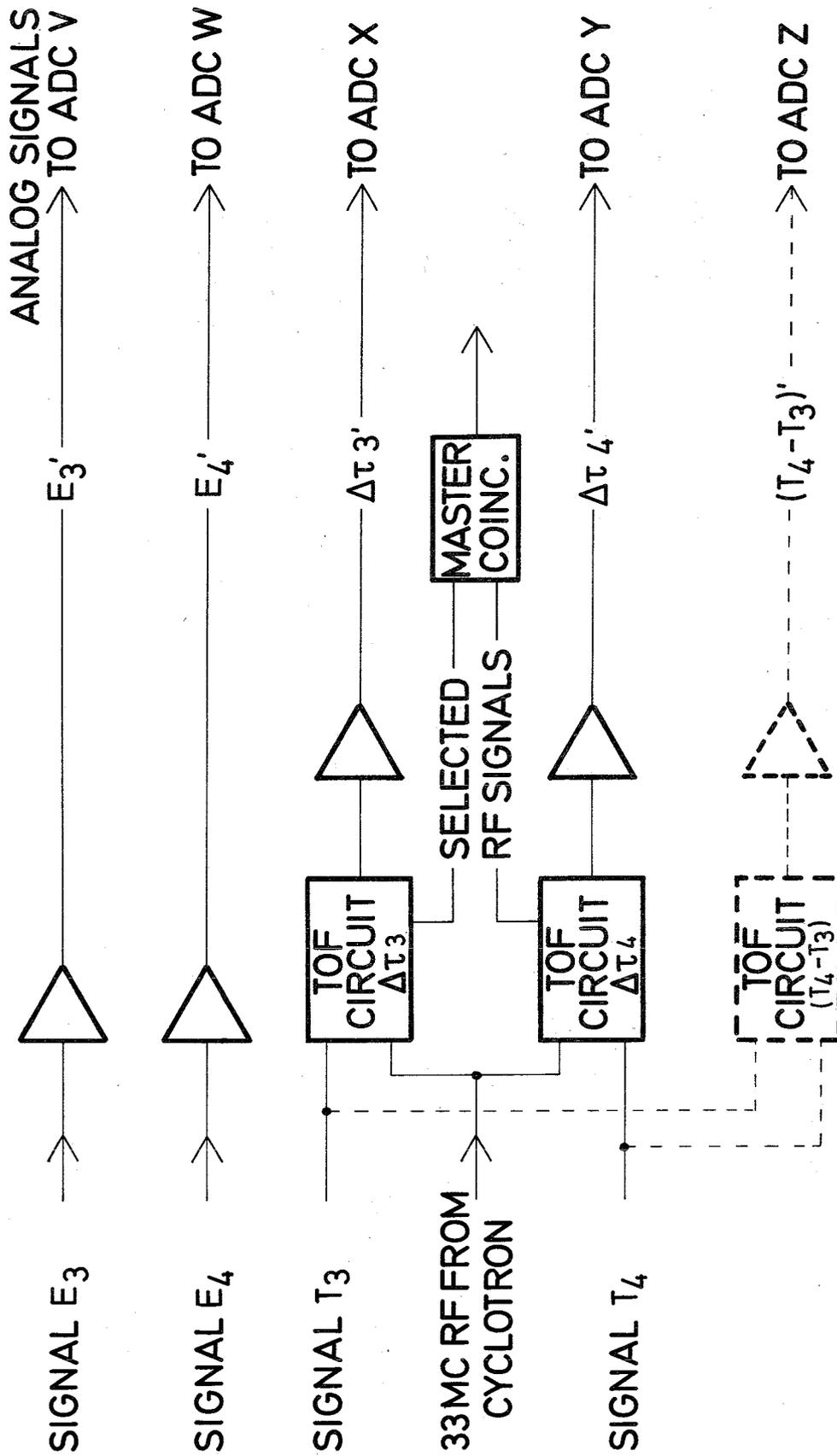


Abb. 3 Schema für die Bildung der Analogsignale V, W, X und Y aus den Energie- und Zeitsignalen der Detektoren 3 und 4

Abb. 3 zeigt schematisch die weitere elektronische Verarbeitung dieser vier Signale. Die Zeitsignale T_3 und T_4 werden zusammen mit einem 33 MHz Hochfrequenzsignal vom Zyklotron dazu verwendet, die Flugzeit der Teilchen zwischen Target und Detektor zu bestimmen. Die Einzelheiten dieser speziellen Flugzeitmethode, die eine Massenidentifizierung der Reaktionsprodukte erlaubt, sind in der Literatur beschrieben [3]. Insgesamt stehen von dem Experiment also zwei analoge Energiesignale (E_1 , für ADC V und E_2 , für ADC W) und zwei analoge Flugzeitsignale ($\Delta\tau_1$, für ADC X und $\Delta\tau_2$, für ADC Y) zur Verfügung. Eine fünfte Größe ($T_2 - T_1$)' würde die Messung noch weiter vervollständigen, diese Größe wurde in dem hier diskutierten Beispiel jedoch nicht registriert (gestrichelt).

Auf Grund der speziellen Kinematik der Dreikörperreaktion [4] sind die Energien der beiden in Koinzidenz nachgewiesenen Teilchen korreliert. Wenn die Energie E_4 über der Energie E_3 aufgetragen wird, erwartet man echte Koinzidenzereignisse nur auf der "kinematisch erlaubten" Kurve. Abb. 4 zeigt in dem rechten Teil die in diesem Beispiel erlaubte kinematische Kurve für d-p Koinzidenzen. Da die beiden Zähler unsymmetrisch zur Strahlachse aufgestellt waren ($\theta_3 = 40^\circ$, $\theta_4 = 26^\circ$) sind zwei kinematische Kurven erlaubt, solange nicht festgelegt ist, in welchem Detektor das Deuteron und in welchem Detektor das Proton nachgewiesen wurde (zweite Kurve gestrichelt, p-d Koinzidenzen). Abb. 4, links zeigt einen map-display der vollständigen experimentellen Daten. Es konnte zunächst nur eine Koinzidenzzeit von 30 nsec gefordert werden, da die Deuteronen und Protonen infolge ihrer verschiedenen Energien recht unterschiedliche Flugzeiten besitzen. Als Folge der relativ langen Koinzidenzzeit werden auch viele Zufallskoinzidenzen registriert. Die Zufallskoinzidenzen werden bevorzugt von elastisch gestreuten Deuteronen und von sehr niederenergetischen Teilchen (Untergrundstrahlung) hervorgerufen. Sie verursachen infolgedessen je einen waagrechten und senkrechten Balken und eine Häufung von Ereignissen in der linken unteren Bildecke. Die echten Koinzidenzereignisse auf den erlaubten kinematischen Kurven sind ebenfalls bereits zu sehen; allerdings treten die p-d Koinzidenzen hier noch kaum aus dem Untergrund heraus.

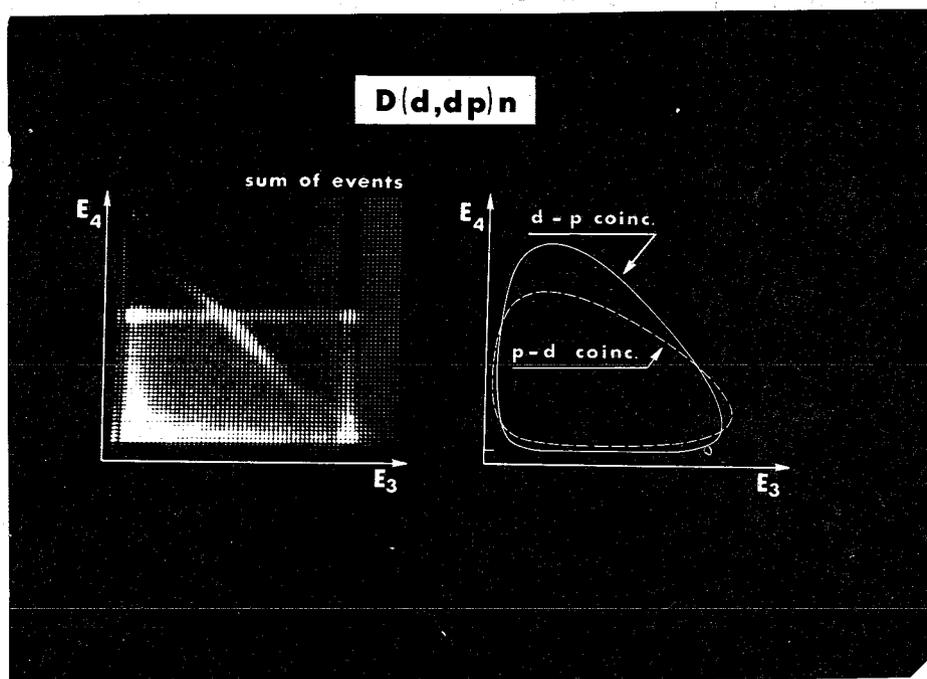


Abb. 4 links: Zweidimensionales Energiespektrum der experimentellen Rohdaten für die Reaktion $D(d,dp)n$ in der Darstellung als "map-display".

rechts: Die für d-p Koinzidenzen und für p-d Koinzidenzen erlaubten kinematischen Kurven.

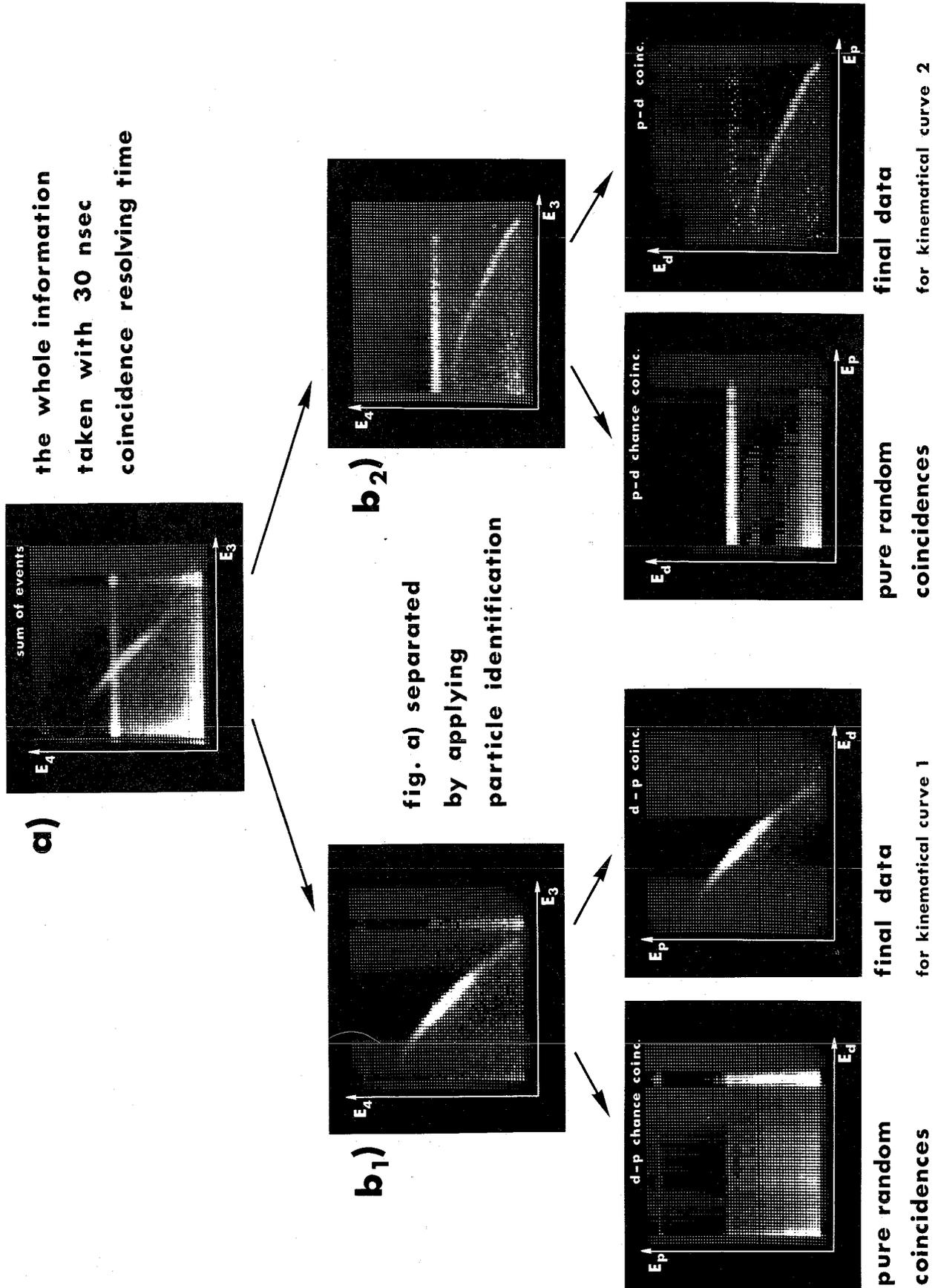


Abb. 5 Beispiel für ein Messergebnis mit dem System DATA. Untersucht wurde die Reaktion $d+d \rightarrow d+p+n$ mit 52 MeV Deuteronen. Dargestellt sind zweidimensionale Spektren (map-display von 4096 Kanälen)

Die Vorteile, die sich aus der hier beschriebenen Datenerfassung ergeben, zeigt die Abb. 5. In dem map-display a) sind alle registrierten Koinzidenzereignisse gezeigt. Das Bild 5b₁) zeigt das Ergebnis, das erhalten wurde, nachdem die Energie-Flugzeitkorrelation verwendet wurde, um die d-p Koinzidenzen aus den Rohdaten herauszusortieren. Das Bild 5b₂) zeigt das entsprechende Resultat für p-d Koinzidenzen. Da nun festgelegt ist, in welchem Detektor die Deuteronen und in welchem die Protonen registriert wurden, tritt nur noch je eine kinematische Kurve auf und an Zufallskoinzidenzen ist hauptsächlich auch nur noch je ein Balken in diesen beiden Bildern enthalten. Diese zweidimensionalen Spektren wurden anschließend in ein charakteristisches Spektrum der Zufallskoinzidenzen und in das reine Spektrum der echten Koinzidenzen zerlegt. Die Resultate zeigen die vier Bilder in der untersten Reihe der Abb. 5. Die Bilder der endgültigen Daten für d-p und p-d Koinzidenzen enthalten nur noch die für die weitere physikalische Auswertung gewünschten echten Koinzidenzen und veranschaulichen im Vergleich mit dem Bild 5a die Vorteile die sich mit dem Messdatenerfassungssystem DATA erreichen lassen. Abb. 6 zeigt die beiden Energie-Flugzeitspektren [3] die hier für die Teilchenidentifizierung verwendet wurden. In dem linken Bild ist der Deuteronenzweig und in dem rechten Bild der Protonenzweig mit einer gestrichelten Kurve umrandet.

In Abb. 7 ist schließlich noch das Ergebnis einer Projektion der Messdaten für d-p Koinzidenzen (aus Abb. 5) auf die Deuteronen-Energieachse dargestellt. Im Rahmen dieser Zusammenfassung kann auf Einzelheiten der physikalischen Interpretation des Messergebnisses nicht eingegangen werden. Die Auswertung erfolgt nach Verfahren wie sie in [4] beschrieben sind und zeigt, daß der Hauptbeitrag zu dieser Reaktion von einer quasielastischen Deuteron-Proton-Streuung herrührt. Durch die innere Impulsverteilung der Nukleonen im Deuteron entsteht bei der quasielastischen Streuung das breite Hauptmaximum (Abb. 7). Das zusätzlich beobachtete niedrige Maximum bei hohen Deuteronenenergien (schraffierter Bereich in Abb. 7) kann von einer d-p Endzustandswechselwirkung herrühren. In diesem Falle würde ihm ein Anregungszustand im ³He

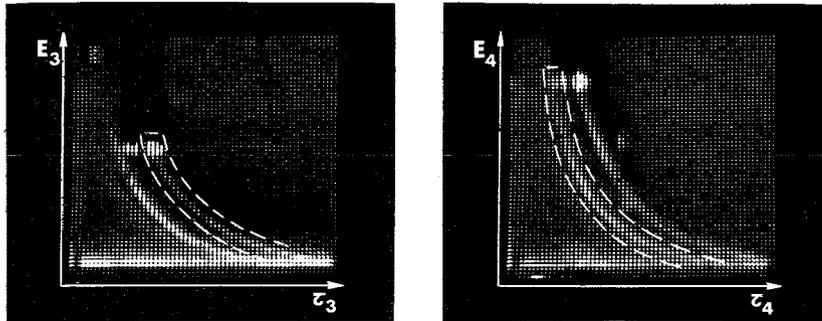


Abb. 6 Die für die Teilchenidentifizierung verwendeten Energie-Flugzeitspektren. Links ist der Deuteronenzweig und rechts der Protonenzweig gestrichelt umrandet. Der Bereich innerhalb dieser Umrandung wurde für das Sortierprogramm verwendet.

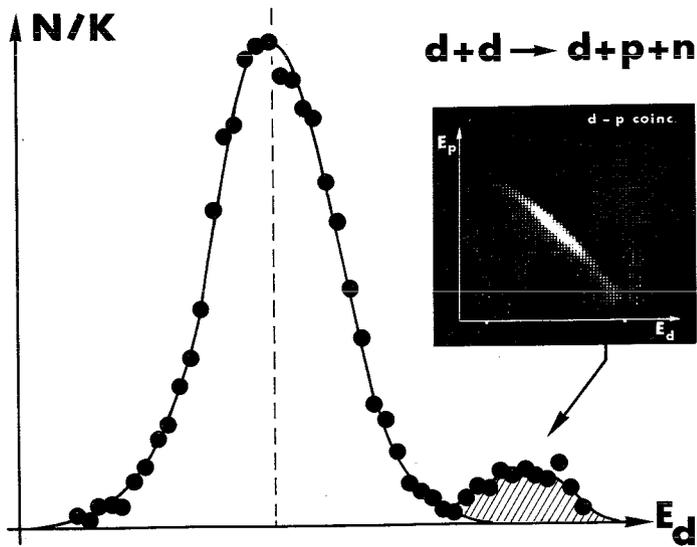


Abb. 7 Projektion der Messdaten für d-p Koinzidenzen auf die Deuteronen-Energieachse

von mehr als 14 MeV Anregungsenergie zuzuordnen sein. Allerdings müssen für die endgültige Klärung dieser Frage noch weitere Experimente bei anderen Winkelpaaren durchgeführt werden.

Der vorliegende Bericht soll nur eine Zusammenfassung der Gesichtspunkte darstellen, die zu der Projektierung dieses Messwerterfassungssystemes geführt haben. Nachdem weitere Erfahrungen gesammelt worden sind, werden die elektronischen Einzelheiten von P. Fluck, W. Kluge, H. Matthäy, L. Schänzler, K. Wick und dem Autor in der Fachliteratur veröffentlicht. Der Autor dankt Herrn Dipl.Ing. W. Müller und Herrn Dipl.Ing W. Karbstein vom Zyklotron-Laboratorium für die Bereitstellung des ZYNDAP-Programmsystems für die CDC 3100 und für zahlreiche Anregungen und Diskussionen zu allen mit dem Einsatz des Computers zusammenhängenden Fragen.

Literatur:

- [1] Paul F. Donovan
Experimental Investigation of several few nucleon systems
Rev. of mod. Phys. 37 501 (65)
S.T. Emerson, W. Dwain Simpson, J.C. Legg, G.C. Phillips
Charged particle mass identification
Nucl.Instr. and Meth. 52 229 (67)
- [2] DATA-LOG ein Gerät für die Steuerung der logischen
Funktionen im System DATA
H. Brückmann, P. Fluck, H. Matthäy, L. Schänzler
KFK Bericht 897 (68)
- [3] A novel time of flight method and its applications
in nuclear reaction studies
H. Brückmann, E.L. Haase, W. Kluge, L. Schänzler
Nucl.Instr. and Meth. 67 29 (69)
- [4] Experimentelle Untersuchungen der Reaktionen $p(d,pp)n$
und $d(d,dp)n$ mit 51.5 MeV Deuteronen
H. Brückmann, W. Kluge, L. Schänzler
Z.f.Phys. 217 350 (68)