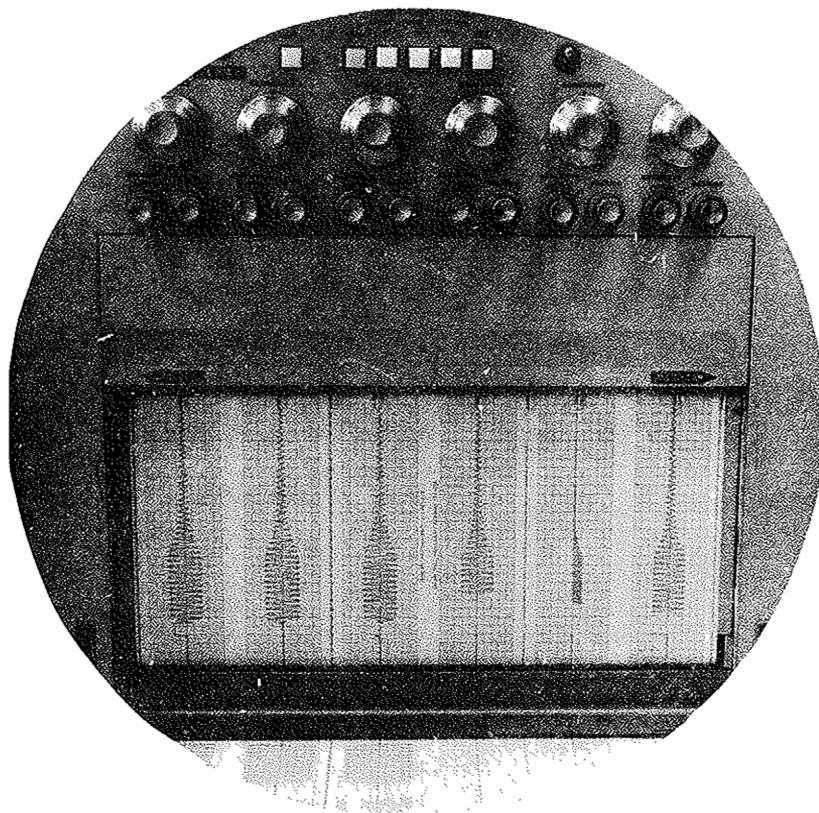

Interface

herausgegeben von
der Abt. Hybridrechenanlage
des Rechenzentrums
der Technischen Universität Wien

Nummer 5
März 1976



Sechskanalschreiber

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Simulation - ein wichtiges Hilfsmittel für den Ingenieur	3
Aktuelle Mitteilungen der Hybridrechenanlage	8
Neue Drucksorten	8
Auswertung des Job Accounting	9
Installation von JCS/MP 6 in Braunschweig	10
Erweiterung der Einsatzmöglichkeiten des Sechskanalschreibers	10
Einsatz der Revox Datenstation bei Simulationen	11
Einführungskurs in die hybride Programmierung	12
Ausbildung in Hybridrechentechnik und Regelungstheorie am Institut für Technische Mathematik	15
Paralleler Einsatz des EAI PACER 100 als Datenstation zur CDC CYBER 74 im Real-Time Betrieb	17
Simulationen in Hörsälen	18
Hardware Eigenentwicklung: Modifikationen des Dataplotter Controllers	21
SPLOTP - Plotterzeichnung einer in Polarkoordinaten gegebenen Kurve	23
EAI Statistical Package STATPK	25
Plastische Darstellung dreidimensionaler Flächen am Plotter	27
Videoprogrammierung	29
Bewegungssimulation eines Fußballs	33
Zeitliche Entwicklung eines eindimensionalen quantenmechanischen Transmissions- und Reflexionsvorganges am Beispiel eines Gauß'schen Wellenpaketes und eines Potentials beliebiger Form	35
Leserbefragung	38

Redaktion: Irmgard Husinsky

Eigentümer, Herausgeber, Verleger: Rechenzentrum der Technischen Universität Wien, Abteilung Hybridrechenanlage, Vervielfältigung: Österreichische Hochschülerschaft Technik, für den Inhalt verantwortlich: Dipl.Ing.W. Kleinert, alle: Gußhausstraße 27-29, 1040 Wien

SIMULATION - EIN WICHTIGES HILFSMITTEL FÜR DEN

INGENIEUR

Simulation spielt eine wichtige Rolle in vielen technischen Anwendungsgebieten. In diesem Artikel soll auf die Frage eingegangen werden, wann Computer in der Simulation eingesetzt werden können.

Der in Abb. 1 dargestellte "Simulationsbaum" soll den Einsatz von verschiedenen Rechartypen in der Simulation veranschaulichen. Die obere Ebene der Verzweigungen betrifft die Methoden der Modellbildung, die mittlere die Lösungsmethoden und die untere die verschiedenen Rechartypen. Ein "Modell im eigentlichen Sinn" stellt üblicherweise eine verkleinerte Version des aktuellen physikalischen Systems dar. So wird z.B. im Flugzeugbau die Aerodynamik anhand von maßstabsgetreuen Modellen im Windkanal getestet. "Physikalische Modelle" beruhen auf der Analogie physikalischer Effekte mit den zu erwarteten realen Erscheinungen. So können z.B. hydrodynamische Vorgänge durch analoge Beziehungen in passiven elektrischen Netzwerken modellmäßig dargestellt werden, da hydrodynamische Größen wie Druck und Fluß durch analoge Gleichungen verknüpft sind wie Strom und Spannung.

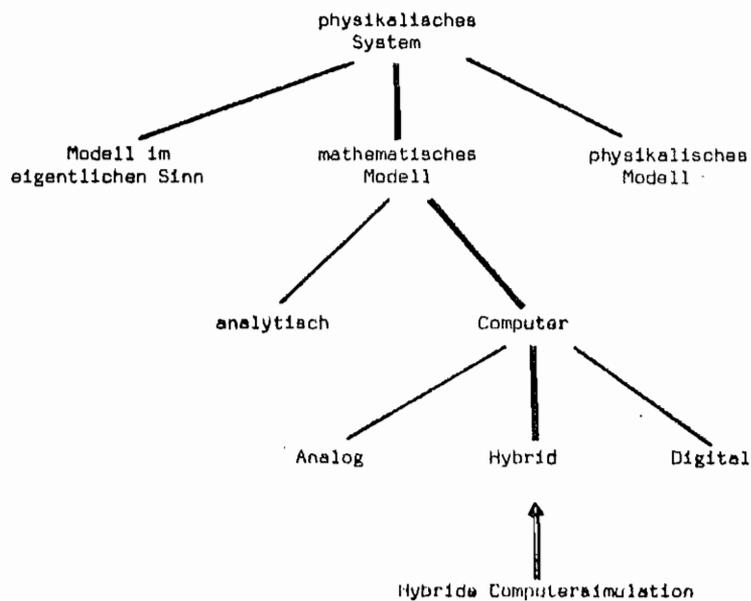


Abb. 1: Simulationsbaum

Sowohl die Modelle im eigentlichen Sinn als auch die physikalischen Modelle sind mit hohen Kosten verbunden, wenn verschiedene Projekte simuliert werden sollen. Die dritte Methode der Modellbildung, die uns hier am meisten interessiert, ist das mathematische Modell. Bei dieser Methode werden mathematische Ausdrücke verwendet, um die in Betracht kommenden physikalischen Phänomene zu beschreiben. Eine wichtige Hürde, die bei der Verwendung mathematischer Modelle bewältigt werden muß, ist eine klare Definition und Abgrenzung der

Phänomene, die simuliert werden sollen. Ist dieser Schritt getan, so kann oft, unter Verwendung der in Abb. 2 dargestellten Beziehungen, ein Satz von mathematischen Gleichungen aufgestellt werden. Ein entscheidender Vorteil dieser Methode ist die Möglichkeit, verschiedene Varianten zu untersuchen, ohne jede Variante aufs neue und selbständig nachbauen zu müssen.

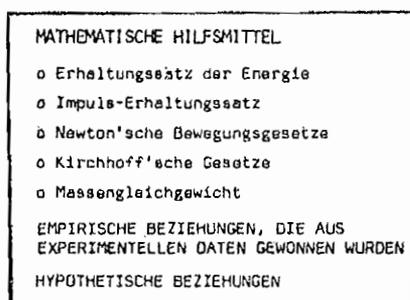


Abb. 2

Die mittleren Zweige unseres "Simulationsbaums" beschäftigen sich mit den zur Verfügung stehenden Lösungsmethoden, für die aus dem mathematischen Modell resultierenden Gleichungen. Bei der analytischen Lösung nimmt man eine allgemeine Form der Lösung an und versucht, die zugehörigen Konstanten des analytischen Ausdrucks zu bestimmen. Der Nachteil dieser Methode besteht darin, daß es in den wenigsten Fällen möglich ist, eine geschlossene analytische Form der Lösung zu finden. Darüberhinaus ist diese Lösungsmethode auf solche Probleme beschränkt, die nicht allzu komplex sind. In den meisten Fällen wird die Lösung der aus dem mathematischen Modell resultierenden Gleichungen nur mit Hilfe numerischer Verfahren möglich sein, die für eine Berechnung von Hand aus zu aufwendig sind. Im folgenden soll daher auf die Darstellung und Lösung mathematischer Modelle mit Hilfe von Rechenanlagen eingegangen werden.

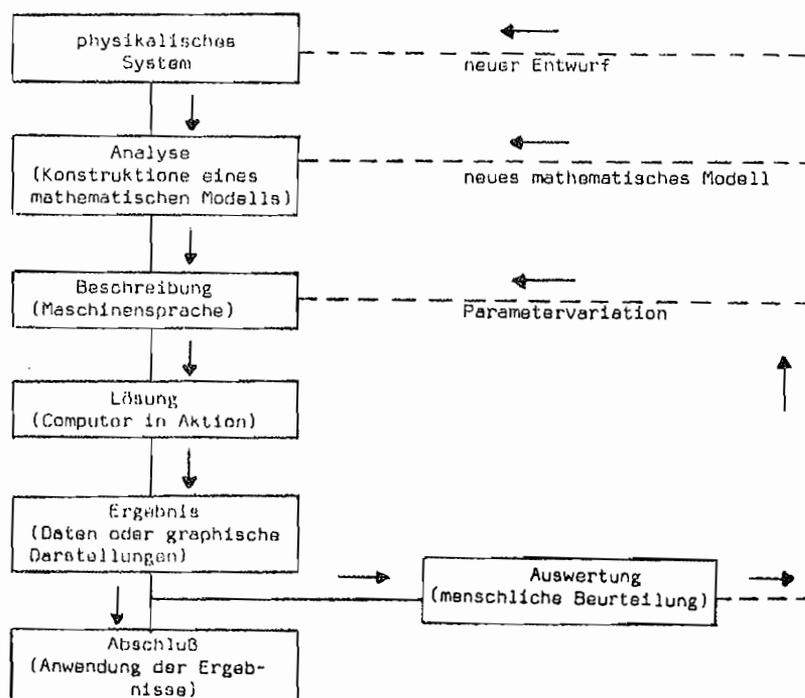


Abb. 3: Simulationsprozeß

Abb. 3 illustriert den Ablauf eines Simulationsprozesses am Computer. Den Anfang bildet die Definition des physikalischen Systems, das simuliert werden soll. Der nächste Schritt ist die Analyse der zu untersuchenden Eigenschaften des zu simulierenden Systems. Im Falle eines Kompressors könnte das z.B. die Frage sein, ob ein Kontrollmechanismus zur Ausschaltung von plötzlich auftretenden Druckänderungen vorgesehen ist, und ob es eine unerwünschte Systemantwort gibt, die von der Stoßkontrolle herrührt.

Der nächste Schritt besteht darin, das Übergangsverhalten der physikalischen Variablen durch einen Satz von mathematischen Gleichungen (abhängig von den Kontrollmechanismen) zu beschreiben. Im Falle des Kompressors z.B. Ausgangsdruck, Entladungsdruck, Fluß etc. Das notwendige mathematische Modell kann durch Anwendung der in Abb. 2 dargestellten Beziehungen hergeleitet werden.

Der Lösungsschritt liefert Resultate, die ausgewertet werden können. Falls keine Auswertung notwendig ist, kann der Simulationsprozeß abgeschlossen werden. Aber das ist i.a. nicht der Fall, denn die Auswertung kann wieder zu verschiedenen neuen Aktionen führen:

- o Veränderung der Parameter
- o neue Analyse des mathematischen Modells
- o Neuentwurf des physikalischen Systems

In Abb. 3 ist dieser Rückkopplungsprozeß graphisch dargestellt.

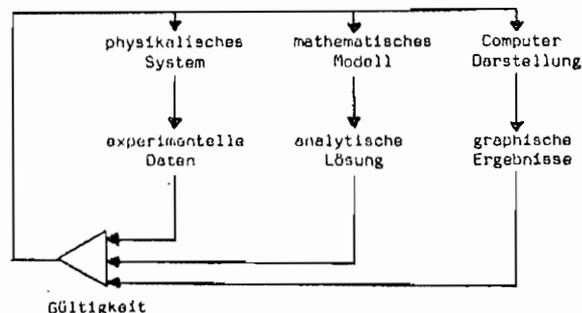


Abb. 4: Simulation - ein Rückkopplungsprozeß

Wie daraus ersichtlich, bestimmen bei der Variation von Parametern die Lösungs- und Auswertungsschritte, wie rasch diese Veränderungen durchgeführt werden können. Da die Auswertungszeit durch den Benützer der Rechnersimulation bestimmt wird, genügt es, darauf hinzuweisen, daß der verwendete Rechner imstande sein sollte, möglichst viele Lösungen in möglichst kurzer Zeit zu liefern. Die Analog-Hybridtechnik erfüllt dieses Kriterium.

Der zweite Fall, der aus dem Auswertungsprozeß resultieren kann, ist der, daß das Simulationsmodell das physikalische System nicht adäquat beschreibt. Drittens kann das Ergebnis der Auswertung zu einem gänzlich neuen Modell führen.

Die Gültigkeit einer Simulation bestimmt sich aus dem Vergleich der Simulationsergebnisse mit experimentellen Daten, die vom wirklichen physikalischen System erhalten wurden. Abb. 4 verdeutlicht, daß diese Überprüfung selbst wieder ein Rückkopplungsprozeß ist.

Dieser Rückkopplungsprozeß soll an folgendem Beispiel aus der Praxis erläutert werden: ein hydraulischer Treibstoffregler wurde mit Hilfe der Computersimulation entworfen. Der Entwurf erfüllte alle geforderten Spezifikationen. Ein Prototyp wurde nach diesem Entwurf gebaut und getestet. Beim Probelauf wurde ein nicht-stabiles Verhalten des Reglers festgestellt. Eine Überprüfung der Simulation zeigte keinen offensichtlichen Fehler in der Lösung des mathematischen Modells. Der Analytiker, der das Modell entwickelt hatte, ging zu dem Teststand, um den Regler im Betrieb zu beobachten. Dabei bemerkte er, daß eine Verbindungsleitung von einem Hochdrucktank zu dem Regler pulsierte, weil sie aus elastischem Material gefertigt war. Weil er wußte, daß das mathematische Modell keine flexible Verbindungsleitung vorsah, dachte er, daß das die Diskrepanz erklären könnte. Er fügte schnell die notwendigen Gleichungen in sein Simulationsmodell hinzu, und das Resultat zeigte, daß der Treibstoffregler instabil wurde. Der Prototyp wurde dahingehend geändert, daß statt des Schlauches ein Kupferrohr verwendet wurde und das Ergebnis stimmte exakt mit dem ursprünglichen Simulationsmodell überein.

Rechnertypen	Charakteristika
DIGITAL	<ul style="list-style-type: none"> o gespeicherte Programme o numerische Ausgabe o universelle Programmiersprache o hohe Genauigkeit und schnelle Arithmetik o große Massenspeicher o kommentierte Hard Copy Dokumentation
ANALOG	<ul style="list-style-type: none"> o Lösung linearer und nicht-linearer Differentialgleichungen mit hoher Geschwindigkeit o direkte graphische Ein/Ausgabe o parallele Operationen o leicht an das Experiment anzuschließen o hervorragende Kommunikation mit dem Benutzer o direkte Integration o Lösungszeit unabhängig vom Problem o Programmspeicherung am Patch Panel
HYBRID	<ul style="list-style-type: none"> o gespeicherte Programme, universelle Programmierung o numerische und graphische Ein/Ausgabe o parallele Verarbeitung plus digitaler Logik o schnelle Lösung von Differentialgleichungen o höhere Genauigkeit als rein analog o rasche Generierung von multivariablen Funktionen o automatisches Erstellen eines Schaltplans, statischen Tests und Kontrolle o zusammenwirkende Verbindung der digitalen und analogen Eigenschaften

Abb. 5: Rechnertypen

Wahl des Rechnertyps

Abb. 5 beschreibt die unterschiedlichen Merkmale der drei verschiedenen Rechnertypen - Digital-, Analog-, Hybridrechner. Bei der Auswahl der Rechner benötigt man ein volles Verständnis der Charakteristika des mathematischen Modells und kann dann dasjenige System auswählen, dessen Merkmale diese Erfordernisse am besten erfüllen. Wenn man so vorgeht, wird man auch die kostengünstigste Realisierung seiner Simulation erhalten können. In technischen Anwendungen sind gerade diese kostenmäßigen Überlegungen oft entscheidend.

Warum simulieren ?

Abb. 6 zeigt drei Gruppen von Gründen, warum man eine Computersimulation in Betracht ziehen sollte. Damit eine Simulation kosteneffektiv ist, muß sie entweder die Projektkosten reduzieren, die Projektzeit reduzieren oder die Ergebnisse des Produkts verbessern. Der Bau von Geräten, der aus unzureichenden oder zu konservativen Konstruktionsplänen herrührt, kostet unnötig viel Geld. Die Kosten, die dabei eingespart werden können, übertreffen dabei meist die Simulationskosten. Die Reduzierung der Startkosten eines Projekts bedeutet sowohl Ersparnis an Material als auch an Arbeitsleistung. Der schnelle Vergleich von verschiedenen Lösungsvarianten ist in der Simulation sehr leicht möglich. Die Simulation kann bei der Entscheidung sehr nützlich sein, welcher Lösungsweg am schnellsten und am kostengünstigsten zur Produktion führt. Ein anderer sehr wichtiger Grund, weshalb die Simulation in der Industrie ihre Anwendung findet, liegt darin, das Verhalten des physikalischen Systems auf unvorhergesehene Einwirkungen zu studieren.

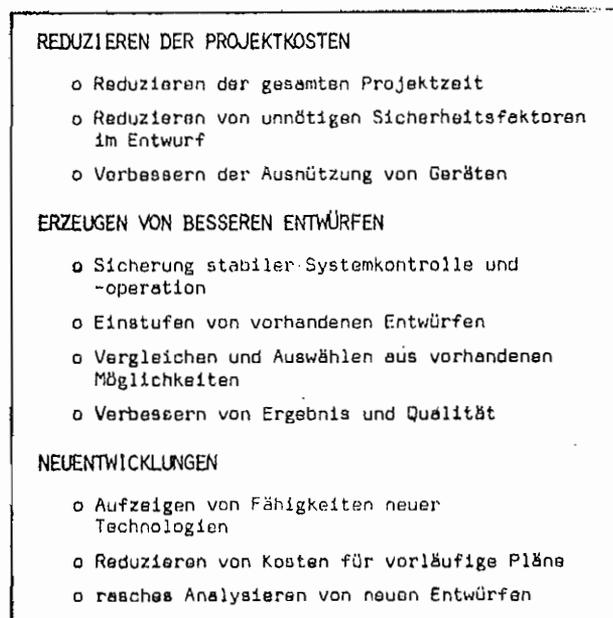


Abb. 6: Warum simulieren ?

Die Anwendungsgebiete der Computersimulation sind sehr weit gestreut. Sie kann auf einzelne Komponenten, auf Teilsysteme und auf komplexe Systeme angewandt werden. In jedem Fall erlaubt die oben angeführte Vorgangsweise ein besseres Verständnis des physikalischen Systems, bessere Konstruktionsentwürfe und eine bessere Funktionsweise.

W. Kleinert

Diesem Artikel liegt die Veröffentlichung von N.E. Pobanz, Jr., EAI: The How and Why of Computer Simulation, Electronic Associates Inc., West Long Branch, New Jersey, zugrunde.

AKTUELLE MITTEILUNGEN DER HYBRIDRECHENANLAGE:

Die Benutzer der Hybridrechenanlage können ab nun auf Wunsch einen Ausdruck von wichtigen und aktuellen Mitteilungen zu ihrem Programmausdruck erhalten.

Die Mitteilungen sollen über eventuelle Hardware- und Softwareänderungen bzw. Fehler informieren, auf Kurse hinweisen, sowie spezielle Möglichkeiten bei der Benützung des Hybridrechners aufzeigen.

Der Ausdruck der Informationen erfolgt durch das Systemprogramm INFORM. Es wird dabei dem Benutzer keine zusätzliche Rechenzeit verrechnet. Der Aufruf von INFORM soll nach einem Benutzerprogramm erfolgen, also z.B. mit folgender Steuerkartenreihenfolge:

```
      /BACK          (oder /BACK NAMEYY)  
      . (eventuelle Datenkarten)  
      /BACK INFORM  
      /END
```

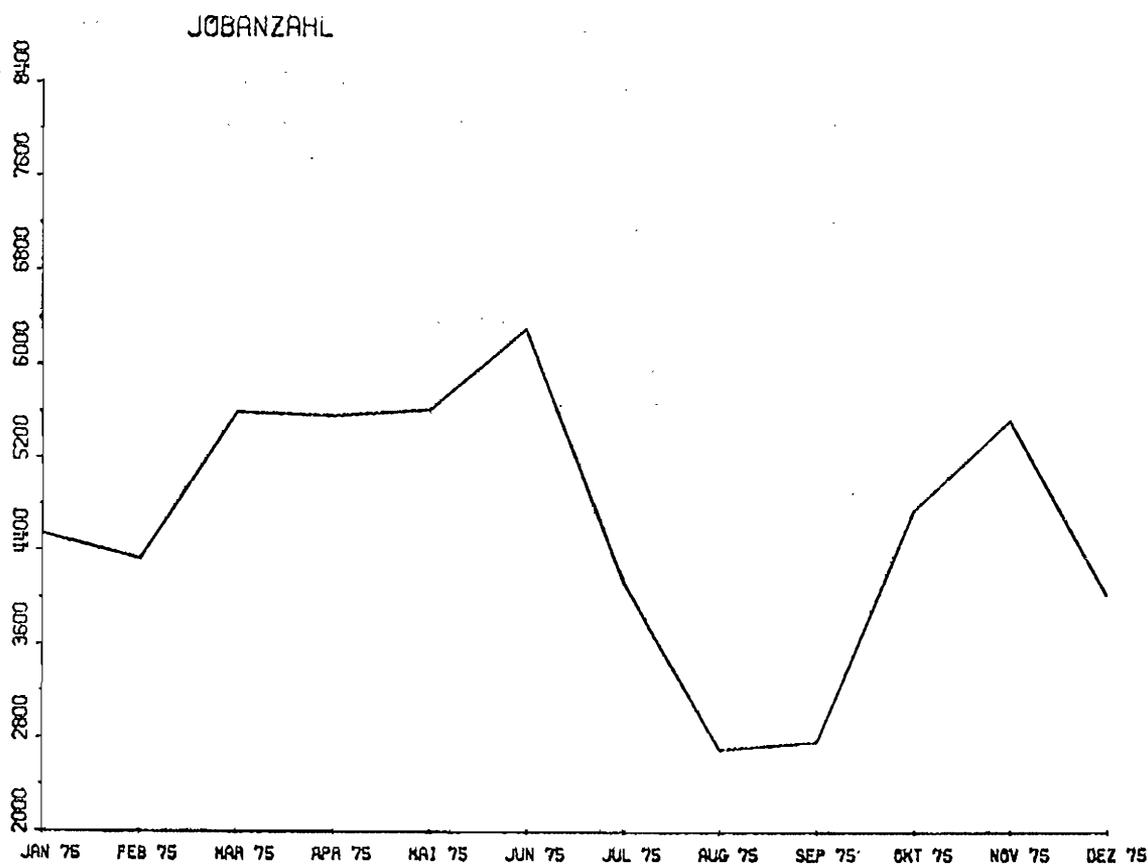
NEUE DRUCKSORTEN:

Seit Beginn des Jahres gibt es eine neue, verbesserte Auflage des Assemblerskriptums (Preis AS 40.-).

Die Bedienungsanleitung für den Analogrechner wurde ebenfalls neu aufgelegt (Preis AS 40.-).

AUSWERTUNG DES JOB ACCOUNTING:

Zur Auswertung des Job Accounting im Betriebssystem JCS/MP 6 ist ein an der Hybridrechenanlage erstelltes Programm schon seit über einem Jahr im Einsatz, das monatlich alle zur Verfügung stehenden Daten über den Rechenbetrieb zusammenfaßt. So werden sowohl für jede Jobnummer einzeln als auch nach Arbeitskategorien gruppiert und im gesamten u.a. die Anzahl der gerechneten Jobs, die verbrauchte CPU-Zeit, getrennt nach Assemblingzeit (Zeit für Compilieren, Assemblieren, Binden und Laden) und die Exekutionszeit, sowie die Anzahl der Input/Output Wortoperationen ermittelt. Die Ergebnisse werden als Lineprinterlisten und graphisch in Form von Diagrammen am Dataplotter ausgegeben und vermitteln so einen Überblick über den Rechenbetrieb an der Hybridrechenanlage. Auf der Basis dieser Auswertungen wird ferner der Betriebsmittelverbrauch festgestellt und für jede Jobnummer werden Abrechnungsfomulare an die jeweiligen Institutsvorstände abgesandt, um ihnen einen Überblick über die Aktivitäten ihrer Mitarbeiter zu geben.



INSTALLATION VON JCS/MP 6 IN BRAUNSCHWEIG:

Das an der Hybridrechenanlage entwickelte, seit August 1974 laufende Betriebssystem JCS/MP 6 wurde im Jänner 1976 auch an der Hybridrechenanlage des Instituts für Flugführung der Technischen Universität Braunschweig installiert. Obwohl der Aufgabenbereich in Braunschweig anders als in Wien strukturiert ist, will man mit Hilfe des Betriebssystems JCS/MP 6 vor allem während länger dauernden Flugsimulationen im Hintergrundbetrieb die Rechnerkapazität mehr ausnützen, so etwa die statistischen Auswerteverfahren der Simulationen durchführen. Der Hybridrechner in Braunschweig wird fast ausschließlich zur Steuerung eines Interface für die Simulation des Cockpits einer BOEING 737 verwendet, wobei zur Zeit an Verbesserungen des Landeanflugs gearbeitet wird.

A. Blauensteiner

ERWEITERUNG DER EINSATZMÖGLICHKEITEN DES SECHSKANALSCHREIBERS:

In Zusammenarbeit mit der Universität Karlsruhe/Hybridrechenzentrum (Dr. Hanauer, Hr. Kuttruff) wurde eine Fernsteuerung der bisher nur direkt am Gerät handsteuerbaren Funktionen installiert. So können ab nun die Geschwindigkeiten durch eine dreistellige Binärzahl gewählt werden und die Event-Marks direkt vom Analogrechner angesteuert werden. Eine weitere Steuerleitung ermöglicht das Abschalten aller 6 Analogeingänge.

Die Steuerung des Recorders ist besonders dann von Bedeutung, wenn in einer Simulation gewisse Abschnitte von besonderem Interesse sind und daher genauer festgehalten werden müssen (kritische Abschnitte), während über andere ein grober Überblick über Langzeitveränderungen notwendig ist. Durch die Steuerung wird auch eine automatische Anpassung an eine Geschwindigkeitsveränderung in einer Simulation möglich.

Durch die Steuerbarkeit der Event-Kanäle wird die Interpretation von Recorder-Charts, die ja meist der Dokumentation des Simulationsverlaufes und der Parameteränderungen dienen, wesentlich vereinfacht. Die genaue Pin-Belegung am Steckbrett ist in der Programmberatung erhältlich.

A. Gsandtner

EINSATZ DER REVOX DATENSTATION BEI SIMULATIONEN

Das Revox Bandgerät kann parallel auf zwei Kanälen vorteilhaft bei Simulationen eingesetzt werden. Durch die direkte Ansteuerung vom Analogrechner bietet dieser Datenspeicher Komfort bei recht einfacher Handhabung.

Eine Anwendung ergab sich bei der Simulation von Meßdaten, die auf einem Präzisionsbandgerät in Vielspurtechnik festgehalten wurden. Dieses Datenmaterial sollte dann an der Hybridrechenanlage durch verschiedene Programme aufbereitet werden. Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit, aber auch weil die entsprechenden Geräte oft nicht abkömmlich waren, war es unumgänglich, mit einem Ersatzdatenmaterial, das durch analoge Simulation gewonnen wurde, die Programme auszutesten.

So wie in diesem Fall oder bei anderen komplizierten Aufgaben kann die Kapazität der Anlage leicht dadurch überschritten werden, daß gleichzeitig die Simulationsschaltung und die zu erarbeitenden Programme, die womöglich noch mit eventuellen Überwachungs- bzw. Testfunktionen zusätzlich belastet sind, laufen sollen. Hier führt der Einsatz der Magnetbandstation in vielen Fällen zu großen Ersparungen an logischen und analogen Komponenten. Entweder wird das Band mit den Daten einer analogen Teilsimulation beschrieben oder man nimmt direkt die Originaldaten auf. Durch die Verwendung der üblichen Tonbänder ist dies übrigens auch eine sehr ökonomische Methode des Inputs von Labor- oder anderen Meßdatenmaterial für Hybridrechner. Bei der Verwendung des Revoxbandes als Datenspeicher bedarf es allerdings einer vorherigen Kontrolle der zu speichernden Größen, da gewisse Verzerrungen auftreten und die zulässigen Frequenzen eingehalten werden müssen.

Eine andere Klasse von Simulationsaufgaben der Hybridrechentechnik dient zum Testen menschlicher Verhaltensweisen bzw. menschlicher Reaktionsfähigkeiten. Hier können bei sehr vielen Aufgaben die Ursachen und die entsprechenden Reaktionen in Zweispurtechnik gespeichert und für nachfolgende Untersuchungen verfügbar gemacht werden.

Bei der Speicherung logischer Größen läßt sich die Kapazität des Bandes noch auf eine Pseudovielspurtechnik erweitern, indem man vor dem Aufspielen Überlagerungen vornimmt, die dann in der Wiedergabe durch Filter wieder aufgeschlüsselt werden.

F. Rattay

EINFÜHRUNGSKURS IN DIE HYBRIDE PROGRAMMIERUNG

RH9

Seit Oktober 1975 wird an der Hybridrechenanlage etwa alle zwei Monate ein zweitägiger Einführungskurs in die hybride Programmierung abgehalten, der sich hauptsächlich an wissenschaftliche Benützer richtet, die keinerlei Vorkenntnisse auf dem Gebiet der Hybridrechentechnik besitzen und an einer möglichst raschen Problemlösung interessiert sind. Dieser Kurs ist als Anregung zum Selbststudium gedacht und soll

- grundlegende Kenntnisse der Arbeitsweise und Programmierung, sowie
- eine Vorstellung über die Einsatzmöglichkeiten eines Hybridrechners

anhand von Beispielen vermitteln. Außerdem werden nach Möglichkeit auch Probleme der Kursbesucher innerhalb des Kurses behandelt.

Interessenten an diesem Einführungskurs können sich jederzeit persönlich oder telephonisch (0222 65 37 85 / 803 DW) bei Herrn Solar anmelden. Im Einvernehmen mit den Kursteilnehmern wird dann ein Termin vereinbart. Alle Teilnehmer erhalten vor Kursbeginn schriftliche Unterlagen, die zur Vorbereitung dienen. Alle Kursbesucher, die ein spezielles Problem behandeln möchten, sollten noch vor Kursbeginn eine kurze Definition ihres Problems angeben.

Der Kurs dauert zwei ganze Tage und umfaßt Vorträge, Vorführungen am Rechner und Diskussionen. Während des Kurses werden vor allem die Funktionsweise der einzelnen Elemente des hybriden Analogrechners und das Hauptanwendungsgebiet, nämlich die Lösung von Systemen gewöhnlicher Differentialgleichungen, von partiellen Differentialgleichungen und den dabei auftretenden Problemen wie Parameteroptimierung und Randbedingungen behandelt.

Im folgenden sind zwei einfache Beispiele kurz beschrieben, die in den letzten RH9-Kursen demonstriert wurden.

1. PARAMETEROPTIMIERUNG MIT ZUFALLSSUCHE UND GRADIENTENVERFAHREN

Für

$$\ddot{z}(t) = -\alpha \dot{z}(t) + z(t), \quad z(0) = \beta, \quad \dot{z}(0) = \gamma$$

sind α , β , γ so zu bestimmen, daß $z(t)$ eine gegebene Funktion $y(t)$ im Intervall $(0, T)$ möglichst gut approximiert, d.h.:

$$I(\alpha, \beta, \gamma, y, z, T) = \int_0^T |y(t) - z(t)| dt \rightarrow \min$$

$y(t)$ kann dabei entweder digital in Form einer Wertetabelle oder analog, z.B. auf einem Magnetband, gegeben sein. Zur Demonstration des Verfahrens wurde $y(t)$ mit derselben Differentialgleichung mit festen α , β , γ erzeugt.

Bei diesem Problem wird der Analogrechner sozusagen als schnelles Hardware-Unterprogramm zur Lösung der Differentialgleichung und Bestimmung des Wertes der Gütefunktion I verwendet, während der Digitalrechner die Berechnung neuer Parametervektoren mittels Zufallsgenerator oder Gradienten übernimmt. Da das digitale Programm somit unabhängig von der Struktur der Differentialgleichung ist (abgesehen von der Anzahl der Parameter), kann diese auch durch andere ersetzt werden, falls mit der ersteren keine zufriedenstellende Approximation erreicht wurde. Die kontinuierliche Darstellung beider Funktionen am Oszillographen und die Beobachtbarkeit des Optimierungsvorganges bilden dabei eine zusätzliche Hilfe sowohl beim Aufbau und der Auswahl eines entsprechenden Systems als auch bei der Wahl des Optimierungsverfahrens.

2. WÄRMELEITUNGSGLEICHUNG

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = a \frac{\partial u}{\partial t} + h(u, x, t), \quad u = u(x, t), \quad h(u, x, t) \text{ Störfunktion}$$

$$u(0, t) = f(t) = 0, \quad u(L, t) = g(t) = 0, \quad u(x, 0) = g(x)$$

Eine der hybriden Lösungsmethoden für partielle Differentialgleichungen besteht in der Diskretisierung einer der beiden unabhängigen Variablen und der seriellen Lösung des sich daraus ergebenden Systems gekoppelter gewöhnlicher Differentialgleichungen. Dabei wird jeweils die Lösung der vorhergehenden Differentialgleichung an Stützstellen digital gespeichert und zur Lösung der nächsten Differentialgleichung an den Analogrechner überspielt.

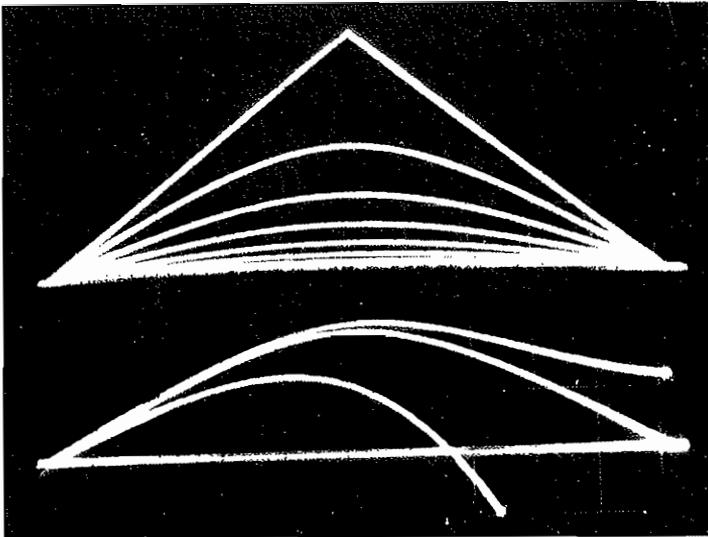
Bei einer Diskretisierung der Wärmeleitungsgleichung nach der Zeit ist zusätzlich für jede Differentialgleichung des Systems ein Randwertproblem zu lösen. Die Iteration zur Lösung dieses Randwertproblems erfolgt mit der Regula Falsi, wobei der jeweilige Randwert analog bestimmt und an das digitale Programm übergeben wird.

$$\frac{\partial u_j}{\partial t} = \frac{u_j - u_{j-1}}{\tau}, \quad u_j = u_j(x) = u(x, t_j), \quad t_j = j \cdot \Delta t$$

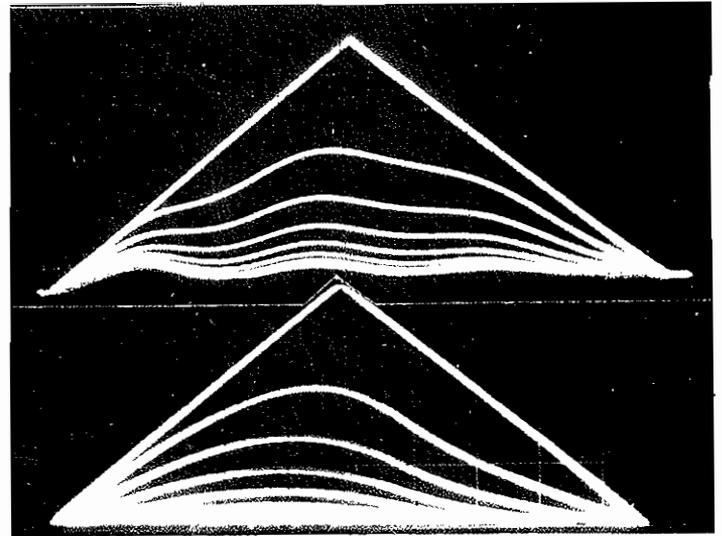
$$\frac{\partial^2 u_j}{\partial x^2} = \frac{a}{\Delta t} (u_j - u_{j-1}) ; \text{ Randbedingung: } \dot{u}_j(0) \text{ so, daß } u_j(L) = g(t_j) = 0 \text{ für alle } j$$

Ohne Änderung des digitalen Parameters können nun durch einfache Änderung der analogen Schaltung Strukturuntersuchungen an der Wärmeleitungsgleichung durchgeführt werden:

- Einfluß des Parameters a
- Änderung der Randbedingungen
- Verhalten bei Störung



Linkes Bild: oben: Lösung des homogenen Systems, $u_j(x)$, $j=1,2,\dots$
 unten: Iterationen zur Lösung der Randbedingung für $u_1(x)$.



Rechtes Bild: oben: Lösung des inhomogenen Systems mit einer nur von x abhängigen Sinusschwingung als Störfunktion.
 unten: Lösung des inhomogenen Systems mit einer von $u_j(x)$ abhängigen Störfunktion
$$h(u_j, x, t_j) = \begin{cases} u_j(x) & x_1 \leq x \leq L \\ 0 & 0 \leq x \leq x_1 \end{cases}$$

D. Solar

AUSBILDUNG IN HYBRIDRECHENTECHNIK UND REGELUNGSTHEORIE
AM INSTITUT FUER TECHNISCHE MATHEMATIK DER TU-WIEN

Am Institut für Technische Mathematik wird von Frau Prof. Troch ein Arbeitsbereich geleitet, der sich im besonderen mit Hybridrechentechnik und Regelungstheorie beschäftigt. Auf diesen Gebieten werden eine Reihe aufeinander abgestimmter Vorlesungen und Praktika angeboten, die vor allem von Mathematik-, Informatik- und Elektrotechnikstudenten besucht werden und die dann oft die Basis für Diplomarbeiten oder Dissertationen bilden. Eine Folge von Berichten im INTERFACE soll die am Hybridrechnen Interessierten über die Ausbildungsmöglichkeiten und die in den Praktika bearbeiteten Probleme informieren.

Auf dem Gebiet der Regelungstheorie werden neben einschlägigen Proseminaren und Seminaren die Vorlesungen "Mathematische Grundlagen der Regelungstechnik I und II", "Optimierungstheorie", "Stabilitätstheorie", "Systemtheorie", "Unstetige dynamische Prozesse", u.a. m. gehalten. Außerdem werden auch einschlägige Vorlesungen an den Fakultäten für Maschinenbau (Prof. Fasol) und Elektrotechnik (Prof. Weinmann) angeboten.

Über Hybridrechenantechnik werden die Vorlesungen "Programmieren von Analogrechenanlagen" (Sommersemester), und "Programmieren von Hybridrechenanlagen" (Wintersemester) gehalten. Speziell für Elektrotechniker ist die im Wintersemester gehaltene Überblicksvorlesung "Analog- und Hybridrechenantechnik für Elektrotechniker" gedacht. Dazu werden parallel Übungen abgehalten. Über den Inhalt dieser Wahllehrveranstaltung für ET soll im nächsten INTERFACE gesondert berichtet werden. Aufbauend auf die Vorlesung "Programmieren von Analogrechenanlagen" können die im folgenden mit (1) - (4) bezeichneten Praktika besucht werden :

- (1) "Einführungspraktikum für hybride Analogrechner" (WS od. SS)
- (2) "Fortgeschrittenenprakt.f.hybride Analogrechner" (WS od. SS)
- (3) "Praktikum für Hybridrechner I " (WS)
- (4) "Praktikum für Hybridrechner II" (SS).

Die Praktika (1), (3) sind für Informatiker Wahllehrveranstaltungen, bei Schwerpunktbildung auf diesem Gebiet werden aber auch (2) und (4) angerechnet.

(2) und (3) sind auch Wahllehrveranstaltungen für die Studienrichtung Technische Mathematik.

In den Praktika (1) und (2) werden reine Analogrechenantechniken an den Rechnern EAI-180 und EAI-680 geübt. Außerdem werden in (2) Beispiele unter Verwendung der digitalen Simulationssprache CSMP gerechnet. Die Praktika (3) und (4) ermöglichen bereits selbständiges Arbeiten mit dem Vollhybridsystem und bieten damit die rechen-technischen Grundlagen für Diplomarbeiten, sodaß im Praktikum (4) bereits Teilprobleme der Diplomarbeit behandelt werden können. Ein Beispiel, das im Praktikum (4) gerechnet wurde, war das regelungs-technisch interessante Modell eines Erzentlader, über das bereits im INTERFACE Nr. 4 berichtet wurde. Eine andere Simulationsaufgabe, die im Praktikum (3) bearbeitet wurde, ist das Studium des Bewegungsablaufes eines geschossenen Fußballs. Ein Bericht darüber befindet sich im Benutzerforum auf Seite 33.

F. Rattay

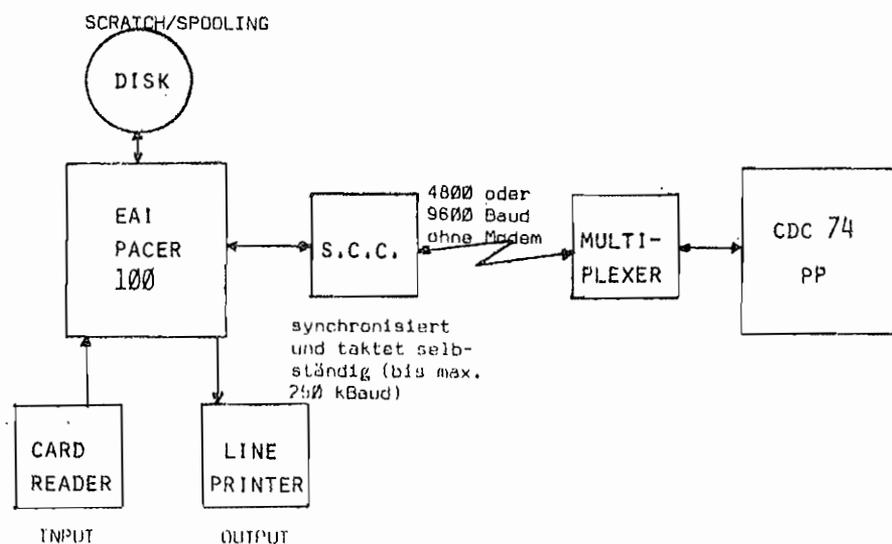
PARALLELER EINSATZ DES EAI PACER 100 ALS DATENSTATION ZUR

CDC CYBER 74 IM REAL TIME BETRIEB

Durch den von der Firma EAI der Hybridrechenanlage zur Verfügung gestellten, Mikroprozessor-gesteuerten Synchronous Communication Coupler (S.C.C.) sind wir in der Lage, eine Datenverbindung mit der Digitalrechenanlage CDC Cyber 74 durchzuführen. Die Datenverbindung wird nach der Entwicklungs- und Testzeit in mehreren Etappen vor sich gehen, deren erste vorsieht, im Rahmen des Betriebssystems JCS/MP 6 in einer Partition an der Hybridrechenanlage eine UT 200 Datenstation so zu simulieren, daß Jobs mit den Steuerkarten für die Cyber 74 im Stapelbetrieb verarbeitet werden können.

Dabei übernimmt das Input/Output System von JCS/MP 6 die Verarbeitung des Lochkartenstapels und die Ausgabe des Lineprinter Outputs. Durch das Spooling dieser Informationen im Betriebssystem wird ein verzögerungsfreier Durchsatz mit maximaler Geschwindigkeit gewährleistet. Dadurch kann weiterhin der Real-Time Multiprogramming-Betrieb aufrecht erhalten werden. Durch die Eigenschaft des S.C.C., bei Verzögerungen im Datenfluß zum oder vom Digitalrechner selbständig Synchronisations-Characters zu generieren, wird eine störungsfreie Datenverbindung gesichert.

In dem in Entwicklung befindlichen Betriebssystem JCS/TS 7 soll schließlich die Datenverbindung nicht als Pseudo-Job realisiert werden, sondern im Remote-Batch Betrieb parallel zu zwei Exekutionsleveln aktiv mit Hintergrundpriorität abgewickelt werden. Zusätzlich zu dem vom Benutzer definierten Zugriff zur CDC Cyber 74 soll das Betriebssystem selbst nach Bedarf die Datenverbindung benutzen. Mit dieser geplanten Verbindung wird es auch möglich sein, von jedem Terminal an der Cyber 74 Simulationsprogramme am Hybridrechner zu exekutieren und zu überwachen.



FULL DUPLEX DATENVERBINDUNG EAI PACER 100 - CDC CYBER 74

A. Blauensteiner

SIMULATIONEN IN HÖRSÄLEN

PROBLEMSTELLUNG

Zwischen der theoretischen Behandlung von Problemen in der Vorlesung, ihrer rechnerischen Erfassung in den Rechenübungen und dem Versuch, Teilgebieten des Lehrstoffes technische Realität zu geben, fehlt öfter jener verbindende Schritt, der einerseits das theoretische Verständnis vertieft, andererseits aber auch die Praxisbezogenheit der gestellten Aufgaben vor Augen führen kann. Dieser Zwischenschritt besteht darin, den Studierenden die Wechselbeziehung zwischen Problem und Ingenieur erleben zu lassen, sein Aktionsfeld zu beleuchten, ihm aber auch die Reaktionen des bearbeitenden Systems unmittelbar (ohne rechnerische Schritte) zugänglich zu machen.

Ein weiterer Vorteil läge darin, die Zusammenhänge innerhalb des Lehrstoffes deutlicher hervortreten zu lassen, da durch das "Durchspielen" eines repräsentativen Modelles die Stoffvermittlung innerhalb eines Teilgebietes verstärkt deduktiv, aber ohne Verlust an Anschaulichkeit erfolgen könnte.

Die dabei geforderten Aussagen sollen in erster Linie qualitativ sein, die quantitative Genauigkeit steht eher im Hintergrund.

Als Instrument für die Realisierung dieser Überlegungen bietet der Hybridrechner günstige Voraussetzungen. Die Möglichkeiten, in Echtzeit zu arbeiten, jederzeit manuell oder automatisch Veränderungen der Modellparameter vorzunehmen, die Auswirkungen jeder Veränderung unmittelbar beobachten zu können und im Falle einer unvollständigen Beschreibung des Systems qualitativ neue Annahmen studieren zu können, bieten den nötigen Spielraum, das Unterrichtsgeschehen auch von der technologischen Seite her lebendiger und in weiteren Grenzen als bisher adaptiv zu gestalten.

LÖSUNGSWEG

Es ist geplant, einen Datenweg zwischen dem Hörsaal X (Parterre, Gußhausstraße 29) und der Hybridrechenanlage einzurichten, der einen direkten Zugriff auf die analogen wie digitalen Signale eines am Hybridrechner erstellten Modelles, sowie die Veränderung der Modellparameter vom Hörsaal aus ermöglichen soll.

Die Anzeigeeinheit im Hörsaal

Abgestimmt auf die Erfordernisse, möglichst viele Systeme leicht verständlich und einprägsam darstellen zu können, wird die gesamte Anzeigeeinheit für Blockdarstellung konzipiert. Der Inhalt der einzelnen Blockelemente wird dabei durch die Darstellung spezieller Funktionen (Übergangsfunktion, Frequenzgang, etc.) am Bildschirm und alphanumerischer Anzeige der wichtigsten Parameter mittels Diodenmatrix vermittelt.

Die Struktur des angezeigten Systemes wird auf Folie vorgezeichnet und wie eine Schablone über der gesamten Anordnung befestigt. Eine mögliche Anordnung zeigt Abbildung 1.

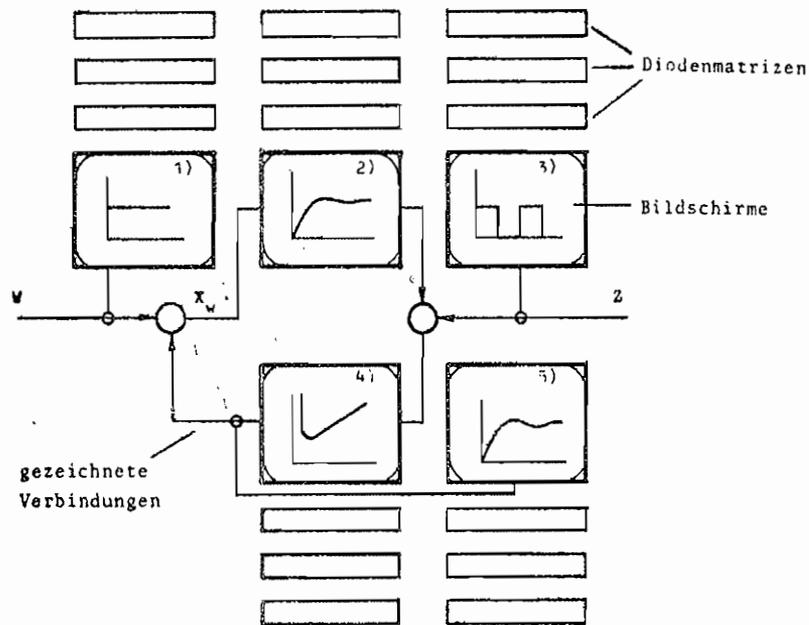


Abb. 1 : Anzeigeblock im HS, mit Beispiel der Verknüpfungen
 1) Sollwertsignal 2) Übergangsfunktion der Strecke
 3) Störsignal 4) Übergangsfunktion des Reglers
 5) Istwertsignal

Verwendete Geräte

a.) Sichtgerät

Da zur Darstellung der vom Hybridrechner anlangenden elektrischen Signale keine Präzisionsgeräte bzw. Meßgeräte benötigt werden, erfolgt die Sichtbarmachung mit einem adaptierten, kommerziellen TV-Gerät. Verwendet wird ein Philips SW Gerät der Type 24B562, das an der Technischen Universität Wien für ähnliche Zwecke mit Erfolg eingesetzt wird. Die Verwendung von etwa 5 derartigen Sichtgeräten ist geplant. Der Einsatz kann entweder in Y-t oder X-Y Darstellung erfolgen (Abbildung 2).

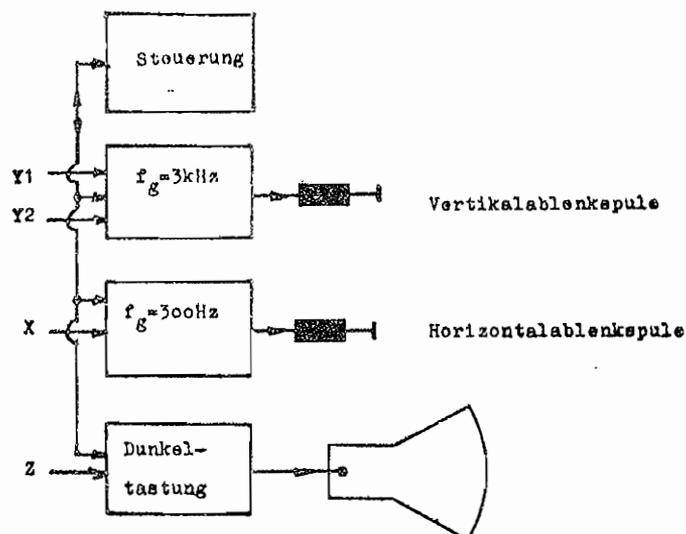


Abb. 2 Sichtgerät

b.) Speicherung

Die Speicherung analoger Daten erfolgt auf Compact-Kassetten mit einem Stereorekorder der Type Dual C901. Der Vorteil dieses Verfahrens liegt in der unproblematischen Handhabung der C-Kassetten gegenüber herkömmlichen Spulengeräten. Da der elektrische Teil dieses Tonbandgeräts nicht unseren Anforderungen genügt, wurde ein Zusatzgerät entwickelt (Abbildung 3).

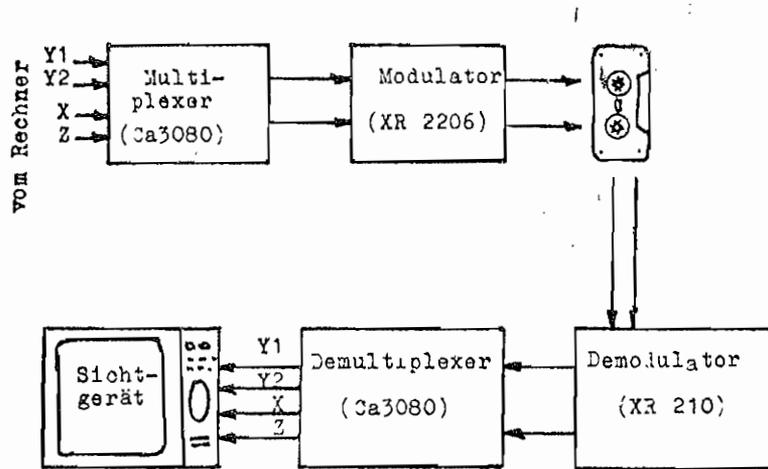


Abb. 3 Analogspeicher

c.) Zeichendarstellung

Um bis in die letzten Reihen des Hörsaales alphanumerische Daten des Rechners sichtbar zu machen, wurden zur Zeichendarstellung 7x5 LED Matrizen gewählt, die mit einem MOSTEK Zeichengenerator angesteuert werden.

Mit Installierung des Kabels Rechner-Hörsaal wird mit dem Einbau dieser Geräte in den Hörsaal begonnen werden können.

Interaktion Hybridrechenanlage - Hörsaal

Der Datenaustausch erfolgt sowohl digital als auch analog. Für den digitalen Eingriff in das Vorführprogramm wird ein Terminal im Hörsaal zur Verfügung stehen. Die digitalen Signale werden über ein mehradriges Flachkabel gesendet, während für die Analogsignale ein eigenes Analogkabel parallel verlegt wird. Sowohl im Hörsaal als auch an der Hybridrechenanlage werden die Signale in Interfaces aufbereitet, was neben der Funktion eines Puffers auch gleichzeitig einen Schutz für die Rechengерäte darstellt.

AUSBLICK

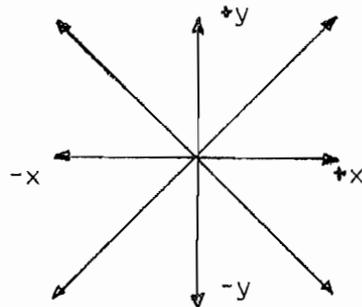
Die hier im Konzept vorgestellte Anlage soll im weiteren allen interessierten Vortragenden zur Verfügung gestellt werden. Vorerst ist ihr Einsatz für die Vorlesungen aus Regelungstechnik bei Prof. Weinmann geplant. Erste Versuche sollen bereits im Wintersemester des Studienjahres 1976/77 durchgeführt werden.

Über den Fortgang des Ausbaues sowie über Softwareprobleme wird fallweise im INTERFACE berichtet werden.

M. Haider, R. Noisser, G. Vöhr
Institut für elektrische Regelungs-,
Steuerungs- und Antriebstechnik

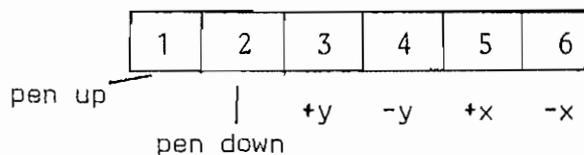
HARDWARE EIGENENTWICKLUNG:
 MODIFIKATIONEN DES DATAPLOTTER KONTROLLERS
 REDUZIEREN KANALBELASTUNG AUF 1/4

Was die Hardware betrifft, so ist der Dataplotter EAI 145 ein preiswerter, aber auch elektronisch anspruchsloser Inkrementalplotter, der ausschließlich Befehle für die Durchführung von Elementarschritten in den Grundrichtungen kennt:



Länge: 0.005 inch
 bzw. $0.005\sqrt{2}$ inch (Diagonalschritte)

Darüberhinaus gibt es noch Befehle für das Senken und Heben des Zeichenstiftes. Der Plotter verwendet dazu 6 Datenleitungen:



Angesprochen werden die Plotterfunktionen über 100 µsec lange Impulse auf den entsprechenden Datenleitungen. Die Ausführungszeiten sind 2.2 msec für einen Inkrementalschritt (450/sec) und ca. 50 msec für eine Änderung der Zeichenstiftposition.

Der ursprünglich von der Herstellerfirma gelieferte Controller hatte nur die Möglichkeit, jeweils ein Datenwort von 6 Bit über den Standard I/O Kanal zu empfangen und an den Plotter weiterzugeben. Bei mehreren aufeinanderfolgenden Zeichenoperationen mußte die Zentraleinheit über die Software zwischen den Data-Out-Befehlen ständig ein Statuswort einlesen und abfragen, ob der letzte Befehl abgeschlossen ist. Diese Wartezeit ging für andere CPU Aktivitäten verloren. Mit der Inbetriebnahme des Betriebssystems JCS/MP 6 wurde es notwendig, den Dataplotter auf Interruptbasis zu betreiben, um ihn mit anderen Ein/Ausgabegeräten kompatibel zu machen und den Overhead zu verringern. Daher wurde der Controller zuerst so modifiziert, daß er einen Interrupt erzeugt, sobald er neue Daten verarbeiten kann. Die Zentraleinheit wurde also für den Datenverkehr schon weit weniger belastet und die Rechenzeiten für durchschnittliche Plotterjobs konnten halbiert werden.

Zusätzlich wurde am Plotter ein Schalter eingebaut, mit dem man das Zeichnen unterbrechen kann. Die Feder hebt sich und es wird ein "Interrupt on Plotter off-line" erzeugt, der vom System als Meldung an der Operatorkonsole angezeigt wird. Das ermöglicht dem Operator, während einer Zeichnung z.B. die Feder zu

SPLOTP - PLOTTERZEICHNUNG EINER IN POLARKOORDINATEN GEGEBENEN KURVE

Zusätzlich zu den bereits bewährten Programmen für die Darstellung von Polygonzügen, Splinefunktionen und ebenen Kurven am Plotter der Hybridrechenanlage gibt es nun ein neues Programm "SPLOTP" zum Plotten von Kurven, die in Polarkoordinatendarstellung gegeben sind. Wieder ist es nicht notwendig, sich in die Plotter-Software des EAI Data Plotter 145 einzuarbeiten, da alle mit der Plottersteuerung zusammenhängenden Unterprogrammaufrufe in "SPLOTP" erfolgen.

Die zu zeichnende Kurve $R(\text{PHI})$ ist durch N Stützstellen $(\text{PHI}(I), R(I))$, $I=1(1)N$ und die Werte der ersten Ableitung $DR(I)$ vorzugeben. Die von "SPLOTP" gezeichnete glatte interpolierende Kurve durch die vorgegebenen N Datenpunkte besteht dann stückweise aus kubischen Polynomen, wobei das kubische Polynom im Intervall $(\text{PHI}(I), \text{PHI}(I+1))$ durch die Funktionswerte $R(I), R(I+1)$ und die ersten Ableitungen $DR(I), DR(I+1)$ des Polynoms an den Stellen $\text{PHI}(I)$ bzw. $\text{PHI}(I+1)$ bestimmt wird. Hat man die Werte der ersten Ableitung $DR(I)$, $I=1(1)N$ noch nicht vorgegeben, so kann man diese Werte mit Hilfe eines Bibliothekprogramms der Hybridrechenanlage bestimmen. Es stehen dazu Programme für die Spline-Interpolation bzw. Interpolation nach H. Akima zur Verfügung. Um eine glatte geschlossene Kurve zu erreichen, gibt es auch entsprechende Varianten für die periodische Interpolation. Die Zeichnung der durch $(\text{PHI}(I), R(I), DR(I))$, $I=1(1)N$ in Polarkoordinaten gegebenen stückweise kubischen Funktion erfolgt im kartesischen Koordinatensystem in einem Kreis mit beschriftetem Maßstab. Die Beschriftung kann vom Benutzer gewählt werden, ebenso werden die vorgegebenen Datenpunkte $(\text{PHI}(I), R(I))$, $I=1(1)N$ auf Wunsch markiert.

Der Aufruf des Unterprogramms hat die Form

```
CALL S P L O T P (N,PHI,R,DR,MARK,NT,TEXT) ,
```

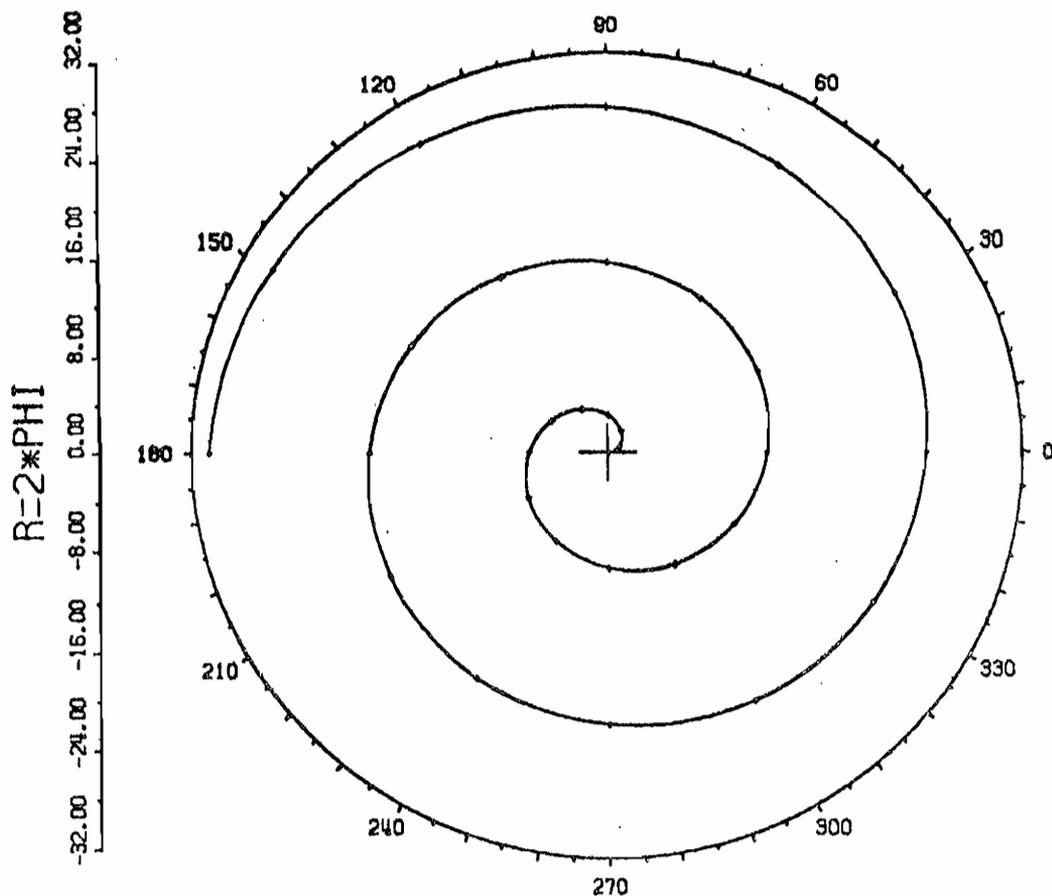
wobei die Parameter die folgende Bedeutung haben:

- N - INTEGER Eingangsvariable
Anzahl der Datenpunkte (nicht kleiner als 2)
- PHI - REAL Eingangsfeld der Länge N
Winkel der Datenpunkte (im Bogenmaß), steigend geordnet
- R - REAL Eingangsfeld der Länge N
Radien der Datenpunkte
- DR - REAL Eingangsfeld der Länge N
Werte der ersten Ableitung an den Datenpunkten
- MARK - INTEGER Eingangsvariable
Für MARK = 1 werden die Datenpunkte markiert
- NT - INTEGER Eingangsvariable
Anzahl der Zeichen für die Beschriftung des Maßstabs
- TEXT - REAL Eingangsvariable (oder Feld)
Beschriftung des Maßstabs

Abschließend nun ein Beispiel für die Verwendung von "SPLOTP":

Die Funktion $r = 2\phi$ soll im Intervall $[0, 5\pi]$ gezeichnet werden. Mit 31 Stützstellen, an denen mit dem Interpolationsprogramm "AKIMA" die Ableitungen $dr/d\phi$ berechnet werden, erhält man durch den Aufruf von "SPLOTP" die nachfolgende Zeichnung. Das komplette (vom Benutzer zu erstellende) Programm ist ebenfalls gelistet.

```
DIMENSION PHI(31), R(31), DR(31)
CALL JOB (132,8)
PHIH = 0.
DO 10 I = 1, 31
  PHI(I) = PHIH
  R(I) = 2.*PHIH
10 PHIH = PHIH + 0,523598776
CALL AKIMA (31,PHI,R,DR,IER)
CALL S P L O T P (31,PHI,R,DR,1,7,7HR=2*PHI)
CALL EXIT
END
```



F. Blöser

E A I STATISTICAL PACKAGE

STATPK

Das Softwarepaket STATPK der Firma EAI wurde an der Hybridrechenanlage implementiert. Es enthält FORTRAN-aufrufbare Unterprogramme und Funktionsunterprogramme zur statistischen Auswertung von Daten. Von sämtlichen Unterprogrammen, die zum Großteil in Assembler geschrieben sind, existieren zwei Versionen - eine für REAL und eine für SCALED FRACTION Daten. Die SCALED FRACTION Unterprogramme haben eine weit kürzere Rechenzeit (ca. die Hälfte) und sind für den Einsatz bei zeitkritischen hybriden Problemen gedacht. Bedingt durch die Darstellung von SCALED FRACTION Werten in nur einem 16 Bit Wort ist ihre Genauigkeit jedoch entsprechend geringer als die der REAL Unterprogramme. Kurzbeschreibungen der einzelnen Unterprogramme sind in der Programmberatung erhältlich.

	Name	Funktion
Real	Scaled Fraction	
RUNIF	SUNIF	Erzeugung einer auf (0,1) gleichverteilten Zufallszahl (Multiplikative Kongruenzmeth.)
RNORM	SNORM	Erzeugung einer normalverteilten Zufallszahl mit dem Mittel 0 und der Varianz 1. (Multipl. Kongruenzmeth., Summe von 12 gleichverteilten Zufallszahlen).
RMEAN	SMEAN	Schätzung des Probenmittels einer Zufallsvariablen aus gegebenen Beobachtungswerten.
RVAR	SVAR	Schätzung der Probenvarianz einer Zufallsvariablen aus gegebenen Beobachtungswerten.
RCOV	SCOV	Schätzung der Kovarianz zweier Zufallsvariablen aus gegebenen Beobachtungswerten.
RCOR	SCOR	Schätzung des Korrelationskoeffizienten zweier Zufallsvariablen aus gegebenen Beobachtungswerten.

	Name	Funktion
Real	Scaled Fraction	
RACOV	SACOV	Schätzung des Wertes der Autokovarianz- funktion einer Zufallsvariablen aus gege- benen Beobachtungswerten bei gegebener Ver- zögerung.
RACOR	SACOR	Schätzung des Wertes der Autokorrelations- funktion einer Zufallsvariablen aus gege- benen Beobachtungswerten bei gegebener Ver- zögerung.
RLREG	SLREG	Schätzung der Koeffizienten der linearen Regressionsfunktion einer unabhängigen und einer abhängigen Zufallsvariablen aus gege- benen Beobachtungswerten.
RFFTC	SFFTC	Fast Fourier Transformation einer komplexen Funktion bei gegebenen Stützwerten oder Be- rechnung der Stützwerte bei gegebenen Fou- rierkoeffizienten.
RFFTR	SFFTR	Fast Fourier Transformation einer reellen Funktion bei gegebenen Stützwerten oder Berechnung der Stützwerte bei gegebenen Fourierkoeffizienten.
RPSDC	SPSDC	Fast Fourier Transformation einer komplexen Funktion bei gegebenen Stützwerten und Be- rechnung des Power Spectrums.
RPSDR	SPSDR	Fast Fourier Transformation einer reellen Funktion bei gegebenen Stützwerten und Be- rechnung des Power Spectrums.

D. Solar

PLASTISCHE DARSTELLUNG 3-DIMENSIONALER FLÄCHEN AM PLOTTER

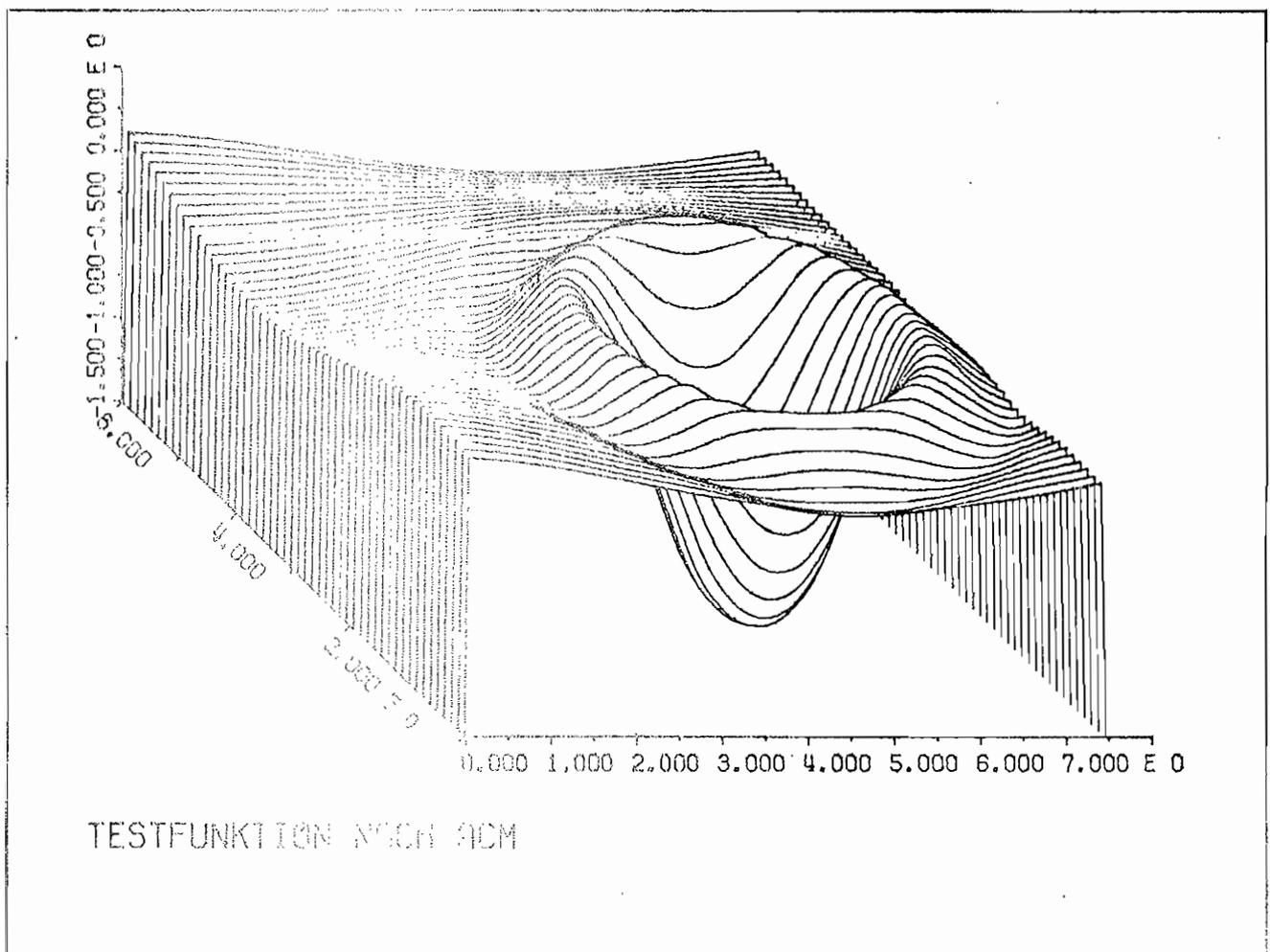
Das zu diesem Zweck an einer Hybridrechenanlage implementierte Programm MAPINT ist als Überprogramm aufgebaut, das sich folgender Unterprogrammmodule intern bedient:

- Subroutine INIZ : 3-dimensionale Interpolation von Funktionswerten in einer durch zwei Koordinatenachsen punktweise definierten Fläche
- Subroutine LINE : Zeichnen einer Linie am Plotter unter Berücksichtigung der durch vorher gezeichneten Linien kalkulierten Sichtbarkeitsfunktion, wobei die Linien perspektivisch gegeneinander verschoben werden
- Skalierungsprogramm : Bestimmung der Funktionswerte der Eingabefläche
- Plottersoftware : Zeichnen des Achsenkreuzes und der Beschriftungen

EIN BEISPIEL

nämlich die in folgender vorgestellte Plotterzeichnung einer Kombination von Sinus- und Cosinusfunktionen, erforderte neben der Zuweisung der Werte an die Parameter der Subroutine nur den Befehl

```
CALL MAPINT (X,Y,Z,DX,DY,DZ,ZMIN,ZMAX,LINES,ITEXT,IPT,IER)
```



Die folgende kurze Erklärung der Parameter soll die in den Programmbeschreibungen der Hybridrechenanlage enthaltenen genauen Parameterbeschreibungen nicht ersetzen, sondern der ersten Information dienen.

X,Y	Felder der Koordinatenwerte der eingegebenen Punkte
Z	Feld der Funktionswerte in der Reihung der Koordinatenwerte
LX,LY,LZ	Dimensionierungen der obigen Felder
ZMIN,ZMAX	Minimum und Maximum der zu zeichnenden Funktionswerte
LINES	Zahl der perspektivisch verschobenen Linien, welche die Fläche darstellen sollen
ITEXT	enthält den Titel der Zeichnung
IOPT	steuert Art der Darstellung und Sichtbarkeit der Fläche
IER	Fehlerparameter, liefert Informationen über den eventuell mißlungenen Aufruf des Programmes bei falscher Verwendung der Parameter

SPEICHERPLATZ

Der für MAPINT mit zusätzlichen Unterprogrammen erforderliche Speicherplatz läßt keine großen zusätzlichen Operationen innerhalb des Kernspeichers mehr zu. Sollen neben der Zeichnung noch mathematische Vorarbeiten ausgeführt werden, ist eine Abspaltung des Zeichenteils vom Programm und Datenübergabe aus dem mathematischen Vorprogramm erforderlich.

Dies kann im COMMON unter Verwendung der Routine LINK oder über Plattenfiles erfolgen. Informationsblätter liegen in der Programmberatung der Abt. Hybridrechenanlage auf.

Im Rahmen einer Diplomarbeit am Institut für Numerische Mathematik ist die Entwicklung einer wesentlich weniger speicherplatzintensiven Version von MAPINT vorgesehen.

VERWENDUNG VON MAPINT-SUBROUTINEN AUSSERHALB VON MAPINT

Zwei der von MAPINT aufgerufenen Unterprogramme können auch für sich allein vorteilhaft eingesetzt werden, und zwar INT2 und HIDE. Sie bilden eigenständige Teile der Programmbibliothek.

HIDE ist jener Baustein des MAPINT Programmes, der unter Zuhilfenahme der Plottersoftware eine einzelne Linie unter Berücksichtigung ihrer Sichtbarkeit in Bezug auf vorher gezeichnete Linien ausgibt. Der Benützer hat die Möglichkeit, unter Verzicht auf die Interpolationsroutine INT2 und unter Verwendung von Disk-Routinen das Zeichnen von wesentlich größeren Feldern zu realisieren, als dies mit dem speicherplatzintensiven Programm MAPINT möglich ist, welches zusätzlich das Laden des gesamten Zeichenfeldes in den Kernspeicher erfordert. Mit Disk-Routinen kann die Zeichnung jedoch zeilenweise erfolgen, wenn HIDE allein benützt wird.

INT2 wird von MAPINT zur Verfeinerung des Eingaberasters aufgerufen, seine Verwendungsmöglichkeiten sind jedoch wesentlich universeller. Daten jeder Art, die punktwise eine Fläche im Raum als Schaubild einer Funktion darstellen, können in dieser Weise zweidimensional (Akima-) interpoliert werden, sei es zur Verbesserung der Ein- oder der Ausgabeinformationsdichte. Fast immer kann so eine beträchtliche Zeitersparnis gegenüber der Erhebung oder experimentellen Feststellung eines sehr feinen Eingabepunktrasters oder der Berechnung eines sehr genauen Ausgabepunktrasters durch den Hauptalgorithmus eines Programmes erzielt werden.

Ein weiteres Beispiel wäre die Anwendung des Programmes in der Optimierung: eine Gütefunktion lasse sich als Funktion zweier Parameter darstellen, und jeder Wert der Gütefunktion bedinge das Durchlaufen des Lösungsverfahrens etwa einer Integral- oder Differentialgleichung. Ist die Gütefunktion sicher glatt, kann eine beträchtliche Zahl von Durchläufen des Lösungsverfahrens durch ersatzweise Splineinterpolation in der Gütefunktion gespart werden. In der Nähe der Extrema verwendet man wieder den Hauptalgorithmus.

VIDEOPROGRAMMIERUNG

An der Hybridrechenanlage steht ein EAI C109 Datensichtgerät für Benützer Ein/Ausgabe zur Verfügung.

Zeichensatz: 64 Zeichen

Bildschirmgröße: 21 Zeilen à 80 Zeichen

Übertragungsrate: 4800 baud asynchron

Mit FORTRAN READ/WRITE Statements kann auf dem Video beliebige formatisierte Ein/Ausgabe programmiert werden. Die Einheitennummer ist 26 (für Ein- und Ausgabe).

Außerdem steht ein Programmpaket CURSOR zur Verfügung, das bequemes Bedienen des Videos ermöglicht. Die im folgenden angegebenen Unterprogramme sind FORTRAN-aufrufbar und befinden sich auf dem File CURSOR auf der Platte. Zu einem Programm, das die angegebenen Unterprogramme aufruft, muß eine LOAD CURSOR Steuerkarte verwendet werden.

Programm	Bedeutung
CLEAR	Löschen des Bildschirms
PAGEMD	Anwählen des Page-Ausgabemodes
ROLLMD	Anwählen des Roll-Ausgabemodes
TXC	Übertragen eines Zeichens vom Bildschirm in den Datenpuffer
TXL	Übertragen einer Zeile vom Bildschirm in den Datenpuffer
TXP	Übertragen einer Seite vom Bildschirm in den Datenpuffer
GET	Einlesen eines Zeichens vom Datenpuffer in das Programm
MARK	Absolutes ⁺⁾ Positionieren des Cursors
CURSOR	Relatives Positionieren des Cursors
STAR	Ausgabe eines Zeichens im Hollerithformat
ESPACE	Löschen eines Zeichens
ISPACE	Einfügen eines Zeichens

⁺⁾ Der Cursor ist jene Position am Bildschirm, die für die nächste Ein- oder Ausgabe bereit ist.

Die Ein/Ausgabe im Betriebssystem JCS/MP 6 erfolgt über Datenpuffer (Inputpuffer, Outputpuffer, je 334 Worte).

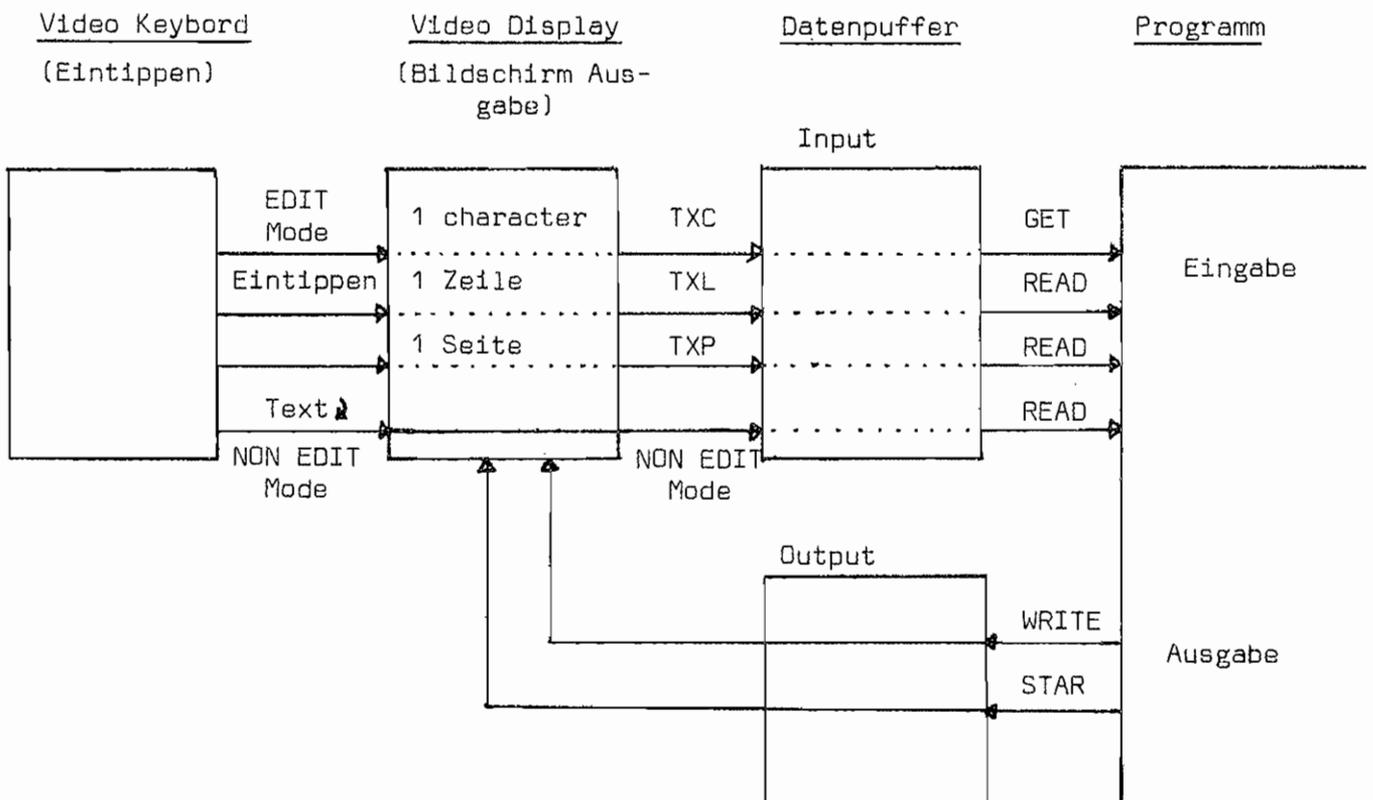
Da die Daten gepuffert werden, darf die Videoeingabe zeitlich vor der programmierten Eingabe erfolgen, und die Videoausgabe kann zeitlich nach der programmierten Ausgabe erfolgen. Falls der Inputpuffer voll ist, werden bei weiterer Eingabe die jeweils ältesten Daten überschrieben.

FORTRAN READ/WRITE

Ausgabe mit FORTRAN WRITE erfolgt über den Datenpuffer an der Stelle am Bildschirm, wo der Cursor gerade steht. Die Ausgabe wird mit einem Carriage Return und einem Line Feed abgeschlossen, d.h. der Cursor steht nach der Ausgabe in der nächsten Zeile.

Eingabe mit FORTRAN READ: die Daten sind am Video, an der Stelle, wo sich der Cursor gerade befindet, einzutippen und müssen mit einem Carriage Return (↵) abgeschlossen werden. Dann werden sie über den Inputpuffer in das Programm übergeben.

FORTRAN Formate gelten genauso wie an allen anderen Ein- und Ausgabeeinheiten an der Hybridrechenanlage (Integerdaten müssen rechtsbündig in der Zone stehen, Daten können durch Beistriche, die ein Format vorzeitig abschließen, getrennt eingegeben werden). Es gibt kein Vorschubzeichen.

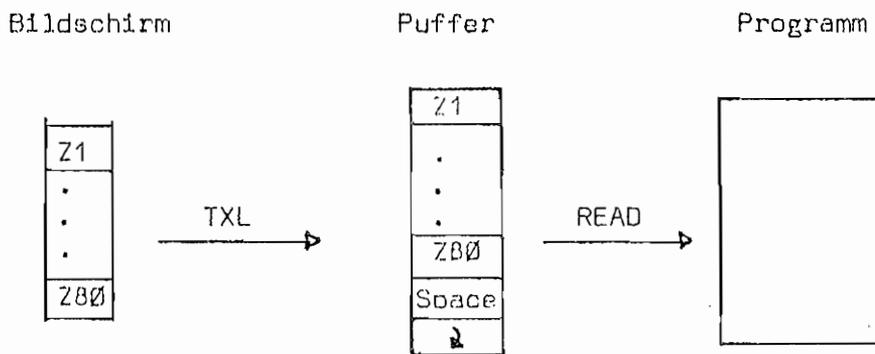


Ausgabe- und Eingabemodes

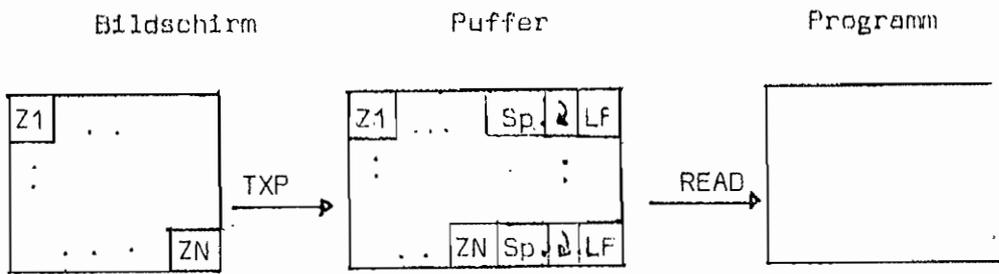
Im Page-Mode erfolgt die Ausgabe seitenweise, nach 21 Zeilen wird die erste Zeile wieder überschrieben, etc. Im Roll-Mode verschwindet, wenn der Bildschirm voll ist, bei Ausgabe der nächsten Zeile die erste Zeile, etc. (vgl. Page und Roll Taste auf der Tastatur). Im Edit-Mode (nur Taste) werden eingetippte Zeichen nur auf den Bildschirm gesetzt (siehe Diagramm).

Datenübertragung Bildschirm - Puffer - Programm

Die Übertragung von Zeichen, die im Edit-Mode auf den Bildschirm gesetzt wurden, in den Datenpuffer geschieht erst durch Aufruf der Unterprogramme TXC, TXL bzw. TXP. Es wird ein Zeichen, eine Zeile oder eine Seite (max. 4.175 Zeilen, bedingt durch Puffergröße) von der Stelle, wo sich der Cursor gerade befindet, übertragen. Im Non-Edit-Mode werden beim Eintippen die Zeichen vom Bildschirm in den Puffer gebracht. Ein durch TXC in den Puffer gebrachtes Zeichen kann durch das Unterprogramm GET vom Puffer in das Programm eingelesen werden (ohne Carriage Return). Eine durch TXL in den Puffer gebrachte Zeile wird so aufbereitet, daß sie durch ein FORTRAN READ in das Programm eingelesen werden kann.



Eine durch TXP in den Puffer gebrachte Seite wird so aufbereitet, daß sie durch ein FORTRAN READ in das Programm gelesen werden kann.



Kurzbeschreibungen der angeführten Programme sind an der Hybridrechenanlage erhältlich.

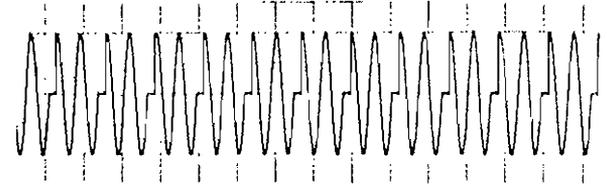
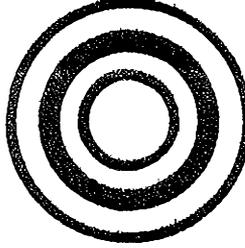
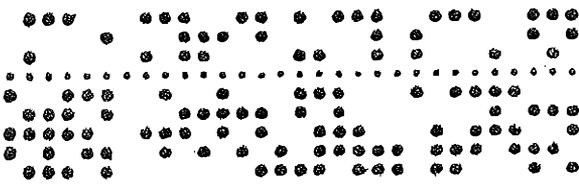
Utilityprogramme zur Videobildmanipulation

Das Programm VVCOPY druckt das momentane Videobild am Lineprinter aus. Das gleiche leistet auch ein Aufruf des Unterprogramms HCOPI.

Das Programm VVSAVE dient zur Abspeicherung des Videobildes auf Platte. Dies kann z.B. beim Rollen von Programmen mit Video I/O im Betriebssystem JCS/MP 6 sinnvoll sein. Beim wiederholten Exekutieren von VVSAVE wird jeweils das alte Bild überspeichert. Zum Wiederherstellen des Videobildes, das mit VVSAVE abgespeichert wurde, dient das Programm VVBACK. VVBACK kann beliebig oft exekutiert werden.

Programm	Funktion	Verwendung
VVCOPY	Kopie des Videobildes am Lineprinter	/MAIN VVCOPY bzw. /BACK VVCOPY
HCOPI	-"-	CALL HCOPI in einem Programm
VVSAVE	Abspeichern des Videobildes auf Platte	/MAIN VVSAVE bzw. /BACK VVSAVE
VVBACK	Wiederherstellen des Videobildes nach VVSAVE	/MAIN VVBACK bzw. /BACK VVBACK

I. Husinsky



BENÜTZERFORUM

BEWEGUNGSSIMULATION EINES FUSSBALLS

F. Rattay
 Institut für Technische Mathematik
 TU Wien

Beispiel aus dem "Praktikum für Hybridrechner I", Gruppe Mehl-Fussella

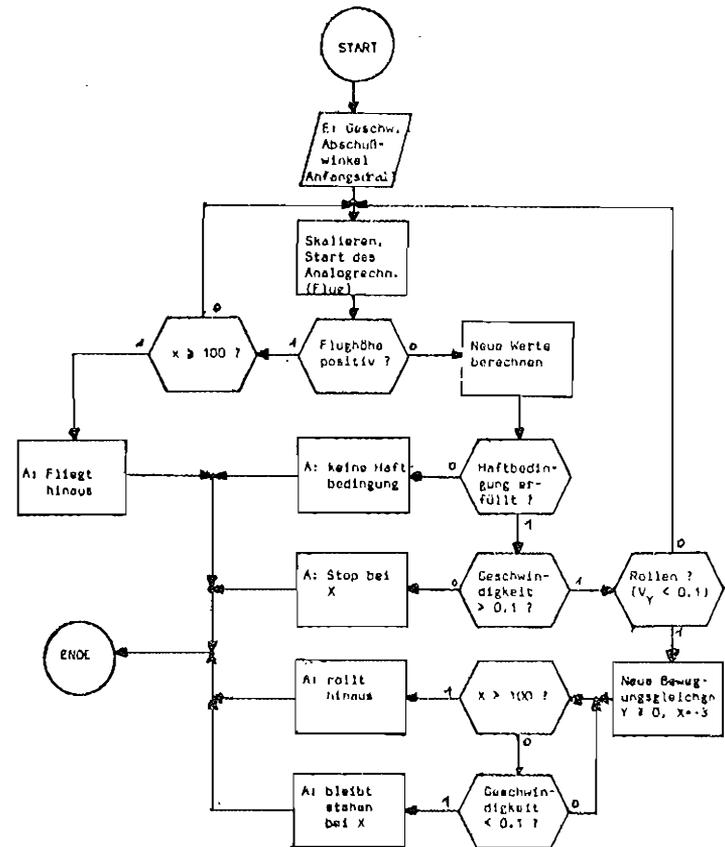
Ballstöße, bei denen der Stoßvektor in einer senkrechten Ebene durch den Ballmittelpunkt gehen, führen zu ebenen Flugbahnen. Die Simulation solcher Bewegungsabläufe wurde am Hybridrechner als Praktikumsbeispiel gerechnet.

Aus den vorgegebenen Abschußgrößen (Anfangsgeschwindigkeit, Abschußwinkel und Anfangsdrill) des Balles ergibt sich zunächst eine am Analogrechner simulierte ballistische Flugbahn, die mit dem Aufprall am Spielfeld endet. Die Reflexionsgrößen des sich ergebenden elastischen Stoßvorgangs werden nun digital berechnet und für die Simulation des nächsten Flugabschnittes dem Analogrechner übermittelt. Nach einigen derartigen Aufprallvorgängen wird dann nach einer Rollphase der Ball zum Stillstand kommen.

Bei dieser Simulation wird aber auch berücksichtigt, ob der Ball eine vorgegebene Distanz, die der Größe des Spielfelds entspricht, überwindet. In diesem Fall erhält man den Ausdruck "Ball fliegt hinaus" oder "Ball rollt hinaus".

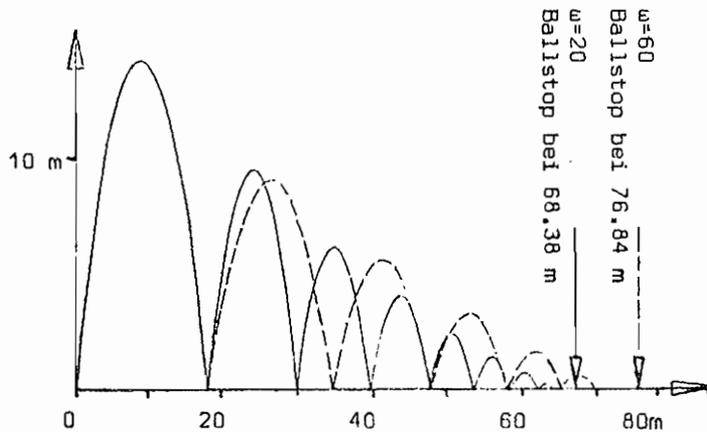
Da es sich um einen relativ langsamen Bewegungsablauf handelt und zur Bestimmung der Reflexionsgrößen nicht zu komplizierte Algorithmen verwendet werden, konnte eine Echtzeitsimulation noch mit der verhältnismäßig langsamen Interpretersprache HOI erfolgen.

Im Digitalprogramm wurden neben den Reflexionsberechnungen stets auch noch die notwendigen Skalierungen durchgeführt, die aber bei der Ausgabe wieder rückgängig gemacht wurden, sodaß man am Bildschirm den Bewegungsablauf mit konstantem Maßstab verfolgen konnte. Es wurde angenommen, daß die Rauheit von Ball und Boden so groß ist, daß während des Stoßvorgangs im Berührungspunkt kein Durchrutschen erfolgt, wodurch mit Haftreibung gerechnet werden kann. Diese Haftbedingung wird im Programm überprüft.



Es zeigte sich bei der Simulation, daß sich der Luftwiderstand erst bei sehr starkem Ankick auswirkt und daß die Haftreibungsbedingung relativ leicht durch flache Schüsse mit kleinem Anfangsdrill verletzt wird. Die Fälle mit Durchrutschen wurden nicht näher untersucht, führen aber auf keine prinzipiellen Schwierigkeiten.

Es ist auch möglich, verschiedene Optimierungsaufgaben dieser Simulation anzuschließen, wie etwa die Bestimmung jenes Anfangszustandes, der es gestattet bei vorgegebener Kraft eine möglichst große Entfernung zu überwinden, oder in kürzester Zeit eine gegebene Strecke zurückzulegen.



Verschiedene Bewegungsabläufe bei gleicher Anfangsgeschwindigkeit und gleichem Abschußwinkel aber unterschiedlichem Anfangsdrall.

Für die ballistische Flugbahn gilt

$$\ddot{y} = -g - y^2 \cdot \text{sign}(\dot{y}) \cdot a$$

$$\ddot{x} = -x^2 \cdot \text{sign}(\dot{x}) \cdot a$$

Fürs Rollen gilt

$$\ddot{x} = -3 \quad y = 0$$

Das Beispiel wurde mit folgenden Konstanten gerechnet:

Ballradius	$r = 0.125 \text{ m}$
Wandstärke des Balls	$d = 0.005 \text{ m}$
spez. Gew.	$\rho = 1.2 \text{ kp.dm}^{-3}$
Gesamtgewicht des Balls	$m = 1.132 \text{ kp}$
Energieverlustkoeffizient	$q = 0.7$
Haftreibungskoeffizient	$\mu = 1/3$
Luftwiderstandskoeff.	$a = 0.001$

Gleichungen und Konstante für den Bewegungsablauf

Für die Reflexion gelten die folgenden Beziehungen:

Umfangsgeschwindigkeit

$$\vec{v}_x = r \cdot \omega$$

Drallsatz

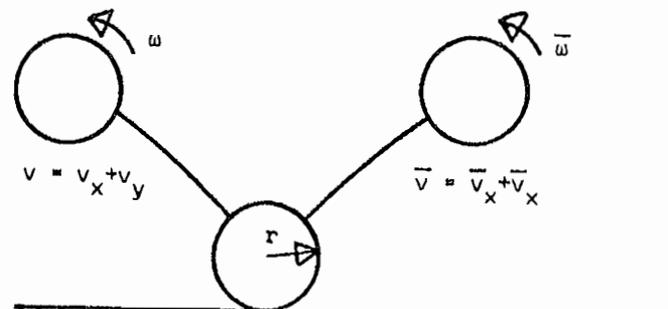
$$I_s \bar{\omega} + m \cdot r \cdot \vec{v}_x = I_s \omega + m \cdot r \cdot v_x$$

Energiegleichung

$$\frac{1}{2} (m \cdot \vec{v}^2 + I_s \bar{\omega}^2) = \frac{1}{2} (m \cdot v^2 + I_s \omega^2) \cdot q$$

unter der Haftreibungsbedingung

$$\frac{r \cdot m \cdot \mu}{I_s} > \left| \frac{\bar{\omega} - \omega}{v_y + v_x} \right|$$



Bewegungsgrößen unmittelbar vor und nach dem Stoß

ZEITLICHE ENTWICKLUNG EINES EINDIMENSIONALEN QUANTENMECHANISCHEN TRANSMISSIONS- UND REFLEXIONSVORGANGES AM BEISPIEL EINES GAUSS'SCHEN WELLENPAKETES UND EINES POTENTIALS BELIEBIGER FORM

TEIL I THEORETISCHE GRUNDLAGEN

H. Hummer
H. Novotny

Institut für Theoretische Physik I, TU Wien

Problemstellung:

Ziel der Arbeit ist die Wiedergabe der zeitlichen Entwicklung eines eindimensionalen quantenmechanischen Systems. Es handelt sich im speziellen um die Reflexion und Transmission eines Gauß'schen Wellenpaketes an einer kastenförmigen Potentialschwelle oder Senke, und in Erweiterung um denselben Vorgang an einem Potential beliebiger Form.

Gegenüber rein numerischer Integration bietet das hybride Lösungsverfahren größere Geschwindigkeit im Rahmen der für Vorführzwecke erforderlichen Genauigkeit, on-line Variation der Parameter des Systems und damit große Anschaulichkeit, sowie die Möglichkeit der Lösungsspeicherung und Wiedergabe auf Magnetband und Bildschirm in Umgehung der Übertragung sonst digital anfallender Daten auf Filmmaterial.

Lösungsmethode:

Die digitale Lösung einer partiellen Differentialgleichung für eine Orts- und eine Zeitvariable erfordert die Diskretisierung beider, die hybride Lösung jedoch nur die einer Variablen, da der Analogrechner das System in Abhängigkeit einer Variablen kontinuierlich darstellen kann.

Die beste Lösung im gegebenen Fall wird durch die Diskretisierung der Zeitkoordinate erreicht, da der örtliche Verlauf der Lösung zum Zeitpunkt t^i kontinuierlich dargestellt werden kann.

Dies wird durch "Function Storage and Playback" mit Abspeicherung der Lösung zum Zeitpunkt t^i im Digitalteil und Errechnung der neuen Lösung zum Zeitpunkt t^{i+1} am Analogrechner über ortssynchrone Einpielung der abgespeicherten Lösung t^i erreicht. Die Entwicklung einer möglichst schnellen Rekursionsformel für die abzuspeichernden Funktionsanteile ist erforderlich.

Die Erfüllung der Randbedingungen erfordert normalerweise ein Einschwingverfahren, bei welchem die Steigung der Lösungsfunktion am Intervallanfang solange geändert wird, bis die Randbedingungen am Intervallende erfüllt sind.

Dies ist beim vorliegenden Problem aus zwei Gründen nicht durchführbar:

die Lösung hat an Anfang und Ende des Intervalles erste Ableitungen in der Größenordnung von 10^{-5} ,

sodaß bei der auf 10^{-4} begrenzten Genauigkeit des Analogteils eine gezielte Variation der Steigung scheitern muß, und zweitens enthält der zu lösende Differentialoperator 2. Ordnung exponentiell steigende Anteile, welche über numerische Instabilitäten ein Einschwingen durch nichtreproduzierbare Schwankungen am Intervallende verhindern.

Das Vichnevetsky-Verfahren geht dagegen von einer Zerlegung des Differentialoperators höherer Ordnung in Operatoren 1. Ordnung aus, deren Bestandteile bezüglich ihres Auf- oder Abklingens genau bekannt sind, sodaß die stabile Lösung des Gesamtoperators durch mehrfache sequentielle Integration erreicht wird. Jeder Operator wird genau in jener Richtung ("vorwärts" oder "rückwärts") integriert, die den aufklingenden Anteilen entgegenwirkt. Bei den rückwärts integrierten Operatoren ist, da das Analogsystem selbstverständlich nicht "rückwärts" rechnen kann, eine Transformation der Rechnervariablen t in $u=1-t$ erforderlich.

Zudem wird das (immer noch mögliche) Einschwingverfahren umgangen und die Lösung zu jedem Zeitpunkt t^i aus der Linearkombination der allgemeinen Lösung der homogenen Gleichung mit der speziellen Lösung der inhomogenen Gleichung gebildet. Die zum Zeitpunkt t^i abzuspeichernden Lösungsteile, welche bei t^{i+1} zur Berechnung der neuen Lösung benötigt werden, sind daher mit den unvermeidbaren und sich fortpflanzenden Fehlern der Lösung der Randwertaufgabe nicht behaftet.

Theorie der Lösungsmethode:

Der Operator 2. Ordnung sei L , zeitunabhängig. Die Inhomogenität sei $S = S^i$, zeitabhängig.

Es gilt $L\hat{X} = \hat{S}$ bzw. $L\bar{X}^i = \bar{S}^i$

\hat{S}^{i+1} ist zu jedem Zeitpunkt t^{i+1} aus \bar{X}^{i+1} und \bar{S}^i rekursiv erchenbar.

Die Zerlegung $L=L_1L_2$ muß die Gewinnung zweier lin. u. a. Lösungen der homogenen und einer Lösung der inhomogenen Gleichung ermöglichen.

L_1 ist in Vorwärtsrichtung integriert stabil (mit $x \in (0,1)$), L_2 in Rückwärtsrichtung integriert (mit $u=1-x \in (1,0]$).

Da L zeitunabhängig ist, genügt es, die allgemeine Lösung der homogenen Gleichung einmal zu bestimmen.

a) allgemeine Lösung der homogenen Gleichung:

Annahme: \vec{X}_2 mit $L_2 \vec{X}_2 = 0$ löst auch $L \vec{X}_2 = 0$

Beweis: $L_1 L_2 \vec{X}_2 = 0$

\vec{X}_2 ist also li.u.a. Lösung von L und wird durch (1-0) Integration von $L_2 \vec{X}_2 = 0$ mit beliebigen Anfangswerten (z.B. 1 an $x=1$) gewonnen.

Annahme: \vec{X}_1 mit $L_2 \vec{X}_1 = \vec{Z}$ und $L_1 \vec{Z} = 0$ löst auch $L \vec{X}_1 = 0$

Beweis: $L_1 L_2 \vec{X}_1 = L_1 \vec{Z} = 0$

\vec{X}_1 ist also li.u.a. Lösung von L. (0-1) Integration von $L_1 \vec{Z} = 0$ liefert \vec{Z} , (1-0) Integration von $L_2 \vec{X}_1 = \vec{Z}$ die Lösung \vec{X}_1 . Die Anfangswerte von \vec{Z} an $x=0$ sind beliebig, z.B. gleich 1, ebenso die Anfangswerte von \vec{X}_1 an $x=1$. Für L_2 und den Rechengang $L_2 \vec{X}_1 = \vec{Z}$ ist eine Operatortransformation erforderlich.

Der doppelte Integrationsgang zur Gewinnung von \vec{X}_1 an Stelle der Erzeugung aus $L_1 \vec{X}_1 = 0$ direkt ist notwendig, da das so gewonnene \vec{X}_1 den Operator L dann nicht löst, wenn $L_1 L_2 \neq L_2 L_1$.

Dies ist jedoch genau dann der Fall, wenn $V \neq \text{const} = V(x)$, das Potential also, wie normalerweise voraussetzen, eine Funktion der Ortsvariablen ist. Der Beweis dazu folgt im nächsten Kapitel.

Die Zwischenlösung \vec{Z} läßt sich aber durch (1-0) Abspeichern von \vec{X}_2 gewinnen, womit ein Rechengang eingespart wird.

b) spezielle Lösung der inhomogenen Gleichung:

Diese wird für jeden Zeitschritt durchgeführt. Ein doppelter Integrationsgang liefert mit (1-0) Integration $L_1 \vec{Y} = \vec{S}$ die Funktion \vec{Y} , und (1-0) Integration $L_2 \vec{X}_3 = \vec{Y}$ die spezielle Lösung der inhomogenen Gleichung, also \vec{X}_3 .

Annahme: \vec{X}_3 mit $L_2 \vec{X}_3 = \vec{Y}$ und $L_1 \vec{Y} = \vec{S}$ löst $L \vec{X}_3 = \vec{S}$

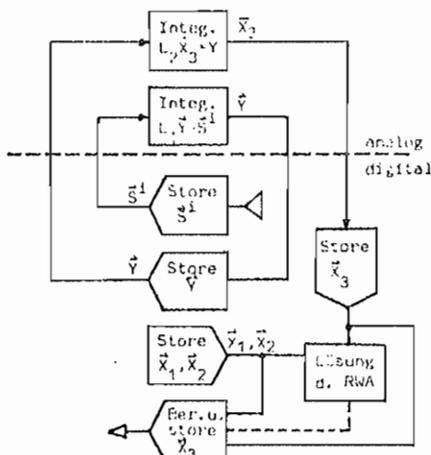
Beweis: $L_1 L_2 \vec{X}_3 = L_1 \vec{Y} = \vec{S}$

Die Anfangswerte von \vec{Y} in $x=0$ sind beliebig wählbar, die Anfangswerte von \vec{X}_3 in $x=1$ ebenso. Die Operatortransformation von L_2 bei $L_2 \vec{X}_3 = \vec{Y}$ ist notwendig.

c) Randwertaufgabe:

Die Forderung, daß die Linearkombination aller drei Lösungen als komplexe Funktion an $x=0$ und $x=1$ (Ränder des Intervalls) verschwinden muß, bestimmt bereits die Koeffizienten eines 4×4 Gleichungssystems für Real- und Imaginärteile der Gleichungen, welches zu jedem Zeitpunkt t^i rein digital gelöst wird.

Im folgenden ein Schema der angewandten Methode:



Hybridblockdiagramm: Integration mittels Operatorzerlegung

Mathematische Aufbereitung des Problems:

Die Schrödingergleichung für das eindimensionale zeitabhängige Problem lautet

$$-\frac{\hbar}{2m} \frac{\partial^2 \psi(x,t)}{\partial x^2} + \frac{1}{\hbar} V(x) \psi(x,t) = i \frac{\partial \psi}{\partial t}$$

Die Gleichung wird nun durch Transformation von x und t von den physikalischen Problemvariablen befreit und in dimensionslose Form übergeführt.

$$\text{Länge: } x_{\text{modell}} = \frac{x_{\text{phys.}}}{a}, \text{ Zeit: } t_{\text{modell}} = \frac{t_{\text{phys.}}}{c}$$

Im gegebenen Modell wird a durch die unumgängliche Transformation der Länge auf die maximal am Analogsystem mögliche Länge "1" bestimmt, und durch eine günstige Annahme der Modellzeit t_{modell} erhält man c .

Die Transformationen aller anderen Größen wie die des Potentials V , des Planckschen Wirkungsquantums \hbar , der Masse m sowie die des Impulses k sind damit eindeutig bestimmt.

Die Behandlung komplexer Größen am Analogrechner ist nur mittels Aufspaltung der komplexen Funktionen in Real- und Imaginärteil möglich. Die Substitution

$$\psi = a(x,t) + ib(x,t)$$

mit per def. reellen Funktionen a und b liefert die in Real- und Imaginärteil zerlegte Gleichung, nun in Modellvariablen angeschrieben:

$$f \frac{\partial^2 a}{\partial x^2} - V \cdot a = \frac{\partial b}{\partial t}$$

$$f \frac{\partial^2 b}{\partial x^2} - V \cdot b = - \frac{\partial a}{\partial t}$$

wobei $f = \frac{\hbar}{2m_{\text{phys}}} \cdot \frac{c}{a^2}$, $V = V_{\text{mod}} = \frac{V_{\text{phys}} \cdot c}{\hbar_{\text{phys}}}$

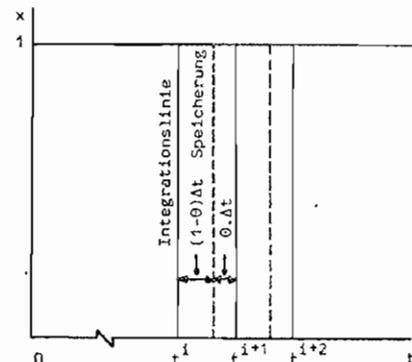
Zur zeitlichen Diskretisierung verwendet man die Näherungsformeln:

$$\frac{\partial^2 a}{\partial x^2} \approx \theta \frac{d^2 a}{dx^2}^{i+1} + (1-\theta) \frac{d^2 a}{dx^2}^i$$

$$a = \theta a^{i+1} + (1-\theta) a^i$$

$$\text{und } t^i = i \cdot \Delta t$$

Die folgende Zeichnung veranschaulicht diese Diskretisierung in der Raum-Zeit-Ebene:



Integrationslinien und Funktionsabspeicherung dargestellt im Raum-Zeit-Diagramm

Nach Substitution und Trennung der Anteile, welche von t^{i+1} und t^i abhängen, erhält das Gleichungssystem folgende Gestalt:

$$f \frac{d^2 a^{i+1}}{dx^2} - V \cdot a^{i+1} - \frac{b^{i+1}}{\theta \cdot \Delta t} = - \frac{S^i}{\theta \cdot \Delta t}$$

$$f \frac{d^2 b^{i+1}}{dx^2} - V \cdot b^{i+1} + \frac{a^{i+1}}{\theta \cdot \Delta t} = \frac{T^i}{\theta \cdot \Delta t}$$

mit

$$S^i = b^i + (1-\theta) f \Delta t \frac{d^2 a^i}{dx^2} - (1-\theta) V \Delta t \cdot a^i$$

$$T^i = a^i - (1-\theta) f \Delta t \frac{d^2 b^i}{dx^2} + (1-\theta) V \Delta t \cdot b^i$$

S^i und T^i sind zum Zeitpunkt t^i digital abgespeicherte Lösungsanteile.

Aus Umformungen der Ausdrücke gewinnt man jene Rekursionsformel, welche zum Zeitpunkt t^{i+1} die Erzeugung und Speicherung von S^{i+1} und T^{i+1} aus S^i, T^i und der speziellen Lösung der inhomogenen Gleichung ermöglicht.

$$S^{i+1} = S^i + \frac{1}{\theta} (b^{i+1} - S^i)$$

$$T^{i+1} = T^i + \frac{1}{\theta} (a^{i+1} - T^i)$$

Zur Berechnung der Anfangsverteilungen S^0 und T^0 , welche zum Start der Rekursion nötig sind, spaltet man das einfallende Gaußsche Wellenpaket

$$\psi(x,0) = e^{ik_0 x} e^{-(x-x_0)^2/2\sigma_0^2}$$

mit k_0 = Impuls, x_0 = Ort des Maximums der Funktion auf der x -Achse, σ_0 = Halbwertsbreite

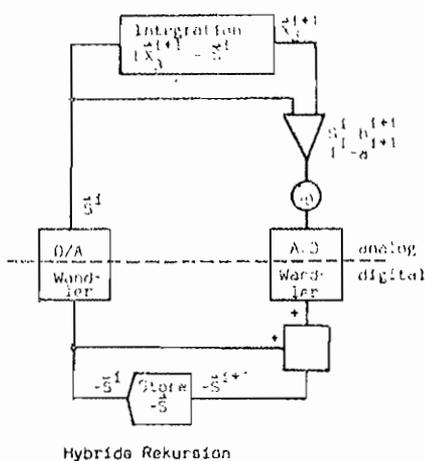
in Real- und Imaginärteil und erhält folgende Startfunktionen:

$$S^0 = e^{-F} \left\{ \sin k_0 x \left(1 + 2(1-\theta) f \Delta t k_0 \frac{x-x_0}{\sigma_0^2} \right) - \cos k_0 x \left(1 - \theta \right) f \Delta t \left(k_0^2 + \frac{1}{\sigma_0^2} + \frac{V}{f} - \frac{(x-x_0)^2}{\sigma_0^4} \right) \right\}$$

$$T^0 = e^{-F} \left\{ \cos k_0 x \left(1 + 2(1-\theta) f \Delta t k_0 \frac{x-x_0}{\sigma_0^2} \right) + \sin k_0 x \left(1 - \theta \right) f \Delta t \left(k_0^2 + \frac{1}{\sigma_0^2} + \frac{V}{f} - \frac{(x-x_0)^2}{\sigma_0^4} \right) \right\}$$

mit $F = (x-x_0)^2/2\sigma_0^2$

Schematisch läßt sich die Erzeugung der Terme S^i und T^i folgendermaßen darstellen:



Im weiteren ist nun der Operator L in die Bestandteile L_1 und L_2 zu zerlegen.

Diese Zerlegung ist für den wenig interessanten Fall $V(x)=const$ leicht mathematisch und programmtechnisch durchzuführen. Sie führt auf konstante, aus V erchenbare Potentiometerwerte der Operator-Analogschaltungen.

Für $V=V(x)$ erhält man die als Potentiometerwerte zu realisierenden Koeffizienten der Zerlegung allerdings als Lösungen eines Differentialgleichungssystems 1. Ordnung in 8 Unbekannten, Funktionen von x .

Glücklicherweise läßt sich dieses System auf ein Riccatisches Differentialgleichungssystem in zwei Unbekannten reduzieren, welches mit Hilfe eines rein digitalen Verfahrens (Gragg-Bülersch-Stoer) gelöst werden kann. Die erhaltenen Werte repräsentieren jeweils eine bestimmte Funktion $V(x)$ und werden abgespeichert, um während der analogen Rechengänge ortssynchron zum Setzen von DCA's (Digital Controlled Attenuators, Digitalpotentiometer) zu dienen.

Dem Gleichungssystem

$$\frac{d^2 a^{i+1}}{dx^2} - \frac{V}{f} a^{i+1} - \frac{b^{i+1}}{f \theta \Delta t} = - \frac{S^i}{f \theta \Delta t}$$

$$\frac{d^2 b^{i+1}}{dx^2} - \frac{V}{f} b^{i+1} + \frac{a^{i+1}}{f \theta \Delta t} = \frac{T^i}{f \theta \Delta t}$$

mit $\vec{X} = \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$ und $\vec{S}^i = \frac{1}{f \theta \Delta t} \begin{pmatrix} -S^i \\ T^i \end{pmatrix}$

entspricht der Operator

$$L = \begin{pmatrix} \frac{d^2}{dx^2} - \frac{V}{f} & - \frac{1}{f \theta \Delta t} \\ \frac{1}{f \theta \Delta t} & \frac{d^2}{dx^2} - \frac{V}{f} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda^2 - \frac{V}{f} & - \frac{1}{f \theta \Delta t} \\ \frac{1}{f \theta \Delta t} & \lambda^2 - \frac{V}{f} \end{pmatrix}$$

mit $\lambda = \frac{d}{dx}$

Der Zerlegungsansatz

$$\vec{LX} = L \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda + c_1 & c_2 \\ c_3 & \lambda + c_4 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \lambda + c_5 & c_6 \\ c_7 & \lambda + c_8 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$$

führt nach Ausmultiplikation, Differentiation und Koeffizientenvergleich mit dem Operator L auf folgende Differentialgleichungen für die Koeffizienten:

$$c_1'(x) = -c_1^2(x) + c_2^2(x) + \frac{V}{f}$$

$$c_2'(x) = -2c_1(x)c_2(x) + \frac{1}{f \theta \Delta t}$$

mit $c_1' = \frac{dc_1}{dt}$ und $c_2' = \frac{dc_2}{dt}$.

Für die restlichen Koeffizienten erhält man die Beziehungen

$$c_1' = -c_5 \quad c_2' = -c_6 \quad \text{sowie} \quad c_1 = c_4$$

$$c_3 = -c_7 \quad c_4 = -c_8 \quad \text{sowie} \quad c_2 = -c_3$$

Die Beschreibung der Analogrechnerschaltung, des Programmpaketes und der damit erhaltenen Ergebnisse werden in den folgenden Nummern der Zeitschrift "Interface" erscheinen.

Leserbefragung

Um die Leser der Zeitschrift INTERFACE zu aktivieren und ihre Wünsche noch mehr berücksichtigen zu können, soll diesmal eine Befragung durchgeführt werden. Wenn Sie Ihre Meinung mitteilen wollen, dann füllen Sie bitte das beiliegende Frageblatt aus und senden Sie es an die Hybridrechenanlage zurück.

Die Zeitschrift INTERFACE hat zur Zeit eine Auflage von ca. 1400 Stück. Sie wird u.a. an die Jobnummernbesitzer des Rechenzentrums und alle Institute der Technischen Universität Wien, an die anderen Universitäten Österreichs, sowie an Interessenten in Industrie und Wirtschaft verteilt. Ein großer Leserkreis befindet sich in Deutschland (Universitäten und Hybridrechenanlagen). Ferner werden alle Rechenzentren in Europa beschickt, an denen Hybridrechner der Firma EAI stehen.

INTERFACE möchte allen Lesern die Möglichkeit bieten, einen Artikel mit einem hybriden Thema zu veröffentlichen. Wenn Sie daran interessiert sind, vermerken Sie das bitte am Fragebogen.

Die Hybridrechenanlage des Rechenzentrums der Technischen Universität Wien dankt im voraus allen, die sich die Mühe nehmen, den Fragebogen zurückzusenden und hofft, mit der Zeitschrift INTERFACE künftig den Interessen aller Leser Rechnung zu tragen.

An die
Hybridrechenanlage
des Rechenzentrums der
Technischen Universität Wien
Gußhausstraße 27-29
A-1040 Wien

- Ich interessiere mich für
- die Zeitschrift INTERFACE allgemein
 - hauptsächlich für die aktuellen Informationen der
Hybridrechenanlage
 - Benutzerforum (Veröffentlichung von Anwendungsbeispielen)
 - Beschreibung spezieller hybrider Verfahren
 - Beschreibung spezieller digitaler Programme an der
Hybridrechenanlage
- Ich besitze eine Jobnummer an der Hybridrechenanlage
- Ich habe bereits an Hybridrechenanlagen gearbeitet
- Ich möchte einen Artikel im INTERFACE veröffentlichen:

Die Zeitschrift INTERFACE wird außer mir noch von Personen an meinem
Institut gelesen.

Bemerkungen und Vorschläge zur Gestaltung der Zeitschrift INTERFACE:

Absender:

Institut:

Zutreffendes bitte ankreuzen

INTERFACE März 1976