

HSE - Analog-Computer

Eine Neuentwicklung für die biomedizinische Forschung.

Einsatzmöglichkeit: Modellmäßige Simulation biochemischer und biophysikalischer Funktionsgefüge, z.B. in der Kreislaufphysiologie, in der Pharmakokinetik, in den biochemischen Kontrollsystemen der Zelle, in der Biophysik der Membranen bei Modellbildungen in der Pathophysiologie.

Nahezu alle biologischen Grundprozesse lassen sich in Form von Differential-Gleichungen formulieren, so etwa die Ausscheidungskinetik eines Pharmakons, ebenso wie – im molekularen Bereich – die Ionen-Bewegungen durch Membranen oder die Kinetik einer enzymatischen Reaktion.

Biologische Wirkungsgefüge lassen sich daher in aller Regel durch ein System von Differential-Gleichungen beschreiben, deren computermäßige Darstellung und Analyse die **große Domäne des Analog-Computers** ist. Ein weiterer großer Vorteil des Analog-Computers besteht darin, daß er von seinem Benutzer weder mathematische Spezialkenntnisse noch das Erlernen eines speziellen Programmiersystems oder einer Computersprache erfordert.

Für den biomedizinischen Einsatz von Analog-Computern haben sich in der Vergangenheit spezielle Kriterien herausgebildet, die bei der Neuentwicklung des HSE -Analog-Computers im vollen Umfang berücksichtigt wurden.

In erster Linie ist hier der Wunsch nach einer **hohen Rechenkapazität** zu nennen, ohne daß damit ein solches Gerät in die Preisklasse der Groß-Computer fällt. Dieses Ziel wurde beim HSE -Analog-Computer durch die Beschränkung der Rechengenauigkeit auf etwa 1 % erreicht. Das Gerät bietet daher in seiner Preisklasse eine bisher auch nicht annähernd erreichte Rechenkapazität, so daß auch sehr umfangreiche Programme (wie z.B. das System der Hodgkin-Huxley-Gleichungen zur Beschreibung der Ionen-Bewegung durch erregbare Membranen) ohne Schwierigkeiten gerechnet werden können.

Im einzelnen besitzt das Gerät:

- 32 Integrierer
- 32 Summierer
- 16 Multiplizierer (gemeinsam mit einem Comparator auch zur Division geeignet)
- 8 Funktionsgeneratoren
- 32 Koeffizienten-Potentiometer (drahtgewickelt)
- 32 dazugehörige Impedanzwandler
- 4 Comparatoren (mit je 2 Relaiskontakten)
- div. freie Elemente, Einheitswerte und Sonderanschlüsse.

- Übersteuerungsanzeige, akustisch und optisch
- Digitalvoltmeter mit Adresserschalter
- getrennt einstellbare Rechenzeit und Pausenzeit mit bequemer Start-Stop-Schaltung
- variable Eichspannung von -1 bis +1 in Schritten zu 0,05
- Rampenspannung zur Einstellung der Funktionsgeneratoren
- Trigger- und Zeitachsenausgang für Oszillographen
- 2 Ausgänge mit getrennten Adresserschaltern zum Anschluß von Oszillographen oder Direktschreibern (Ausgangsspannung ± 10 V, $R_i < 10$ Ohm)
- fahrbares 19"-Gestell mit Schreibfläche und schwenkbaren Halterungen für Steckschnüre.

Die Programmierung erfolgt durch Steckverbindungen auf einem auswechselbaren Programmierfeld, so daß mit einem Gerät abwechselnd mehrere fertige Programme gerechnet werden können (Programmierbeispiele in der Anlage).

bitte wenden!



Der Lieferumfang des komplett bestückten Gerätes (in Klammern = 1/4 bestückt) besteht aus folgenden Teilen bzw. Baugruppen:

Grundgerät: verdrahtet für 4/4-Bestückung in fahrbarem 19-Zoll-Gehäuse, ca. 1,7 m hoch, Seitenwände abnehmbar, Rücktür verschließbar, Tischplatte unterhalb der Bedienungsplatte festmontiert, 4 Netzsteckdosen für Peripherie-Geräte, Halterung für Steckschnüre.

- 1 auswechselbare Programmier-Steckplatte mit farbig aufgeteilten Feldern
 - 3 Transistor-Regelnetzteile
 - 2 Bezugsspannungsnetzteile
 - 1 Übersteuerungskontrolleinheit optisch und akustisch (abschaltbar)
 - 1 Repetiereinheit mit getrennt einstellbarer **Rechenzeit** (3 Stufen und 10-Gang-Poti. Bereiche: 10 ... 100 msec, 0,1 ... 1 sec, 1 ... 10 sec und 1 Stufe ∞) und kontinuierlich einstellbarer **Pausenzeit** von max. 10 sec sowie **Start-Stop**-Schaltung
 - 1 Digitalvoltmeter, 3 1/2-stellig, 0,1 % genau
 - 2 Adresserschalter
 - 1 Rampeneinheit zur Einstellung der Funktionsgeneratoren
 - 1 Eicheinheit, Gleichspannung 0 bis 10 Volt in 20 Stufen umschaltbar auf positiv oder negativ
 - 2 **austauschbare** Programmierfelder
 - 32 Koeffizienten-Draht-Potentiometer
 - 32 (8) Impedanzwandler für obige Potentiometer
 - 32 (8) Integrierer
 - 32 (8) Summierer
 - 16 (4) Multiplizierer (gemeinsam mit einem Comparator auch zur Division geeignet)
 - 8 (2) Funktionsgeneratoren
 - 4 (1) Comparator(en)
 - 8 (2) freie Dioden
 - 8 (2) Übersteuerungskontroll-Steckkarten
 - 1 Service-Steckkarte
- je 32 (8) Steckschnüre 20, 40 und 50 cm lang

Ferner sind Ausgangsbuchsen für Registriergeräte vorgesehen (Kipp-Trigger-Impulse, Rechenzeit-Sägezahn-Signale).

1/4 Nachrüsteinheit zum HSE-Analog-Computer

- 8 Impedanzwandler für Potentiometer
 - 8 Integrierer
 - 8 Summierer
 - 4 Multiplizierer (gemeinsam mit einem Comparator auch zur Division geeignet)
 - 2 Funktionsgeneratoren
 - 1 Comparator
 - 2 freie Dioden
 - 2 Übersteuerungskontroll-Steckkarten
- je 8 Steckerschnüre 20, 40 und 50 cm lang

Preis des komplett bestückten Gerätes	DM 54.100,-
Preis des zu 1/4 bestückten Grundgerätes	DM 36.600,-
Preis einer Nachrüsteinheit (1/4)	DM 9.500,-

zuzügl. Mehrwertsteuer

Lieferzeit: 6 - 9 Monate.

Im Preis inbegriffen ist ein individuell abgestimmter Programmierkurs. Voraussetzungen: Schulmathematik (auch ausreichend bei komplizierten Differentialgleichungs-Systemen). Keine Elektronik-Kenntnisse erforderlich.

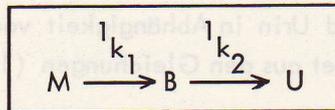
1./1977 - Änderungen vorbehalten -

Programmierbeispiel aus der Pharmakokinetik:

Substanztransport Magen (M) \longrightarrow Blut (B) \longrightarrow Urin (U)

(Der Transport vom Blut ins allgemeine Gewebe und zurück wurde einfachheitshalber ignoriert).

Reaktionsmodell:



(k_1 und k_2 = Geschwindigkeitskonstanten 1. Ordnung)

Mathematische Formulierung:

$$\frac{dm}{dt} = -k_1 m \quad (m = \text{Konzentration im Magen})$$

$$\frac{db}{dt} = k_1 m - k_2 b \quad (b = \text{Konzentration im Blut})$$

$$\frac{du}{dt} = k_2 b \quad (u = \text{Konzentration im Urin})$$

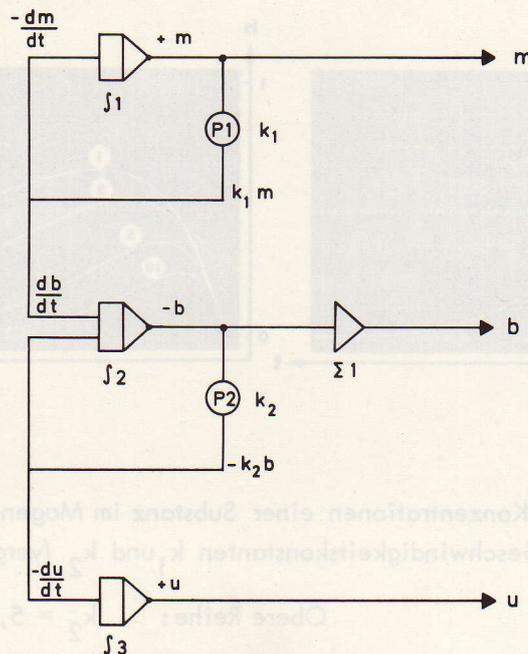
Rechenvorgang

Programmierung

(1) $-\frac{dm}{dt} = k_1 m$

(2) $\frac{db}{dt} = k_1 m - k_2 b$

(3) $-\frac{du}{dt} = -k_2 b$



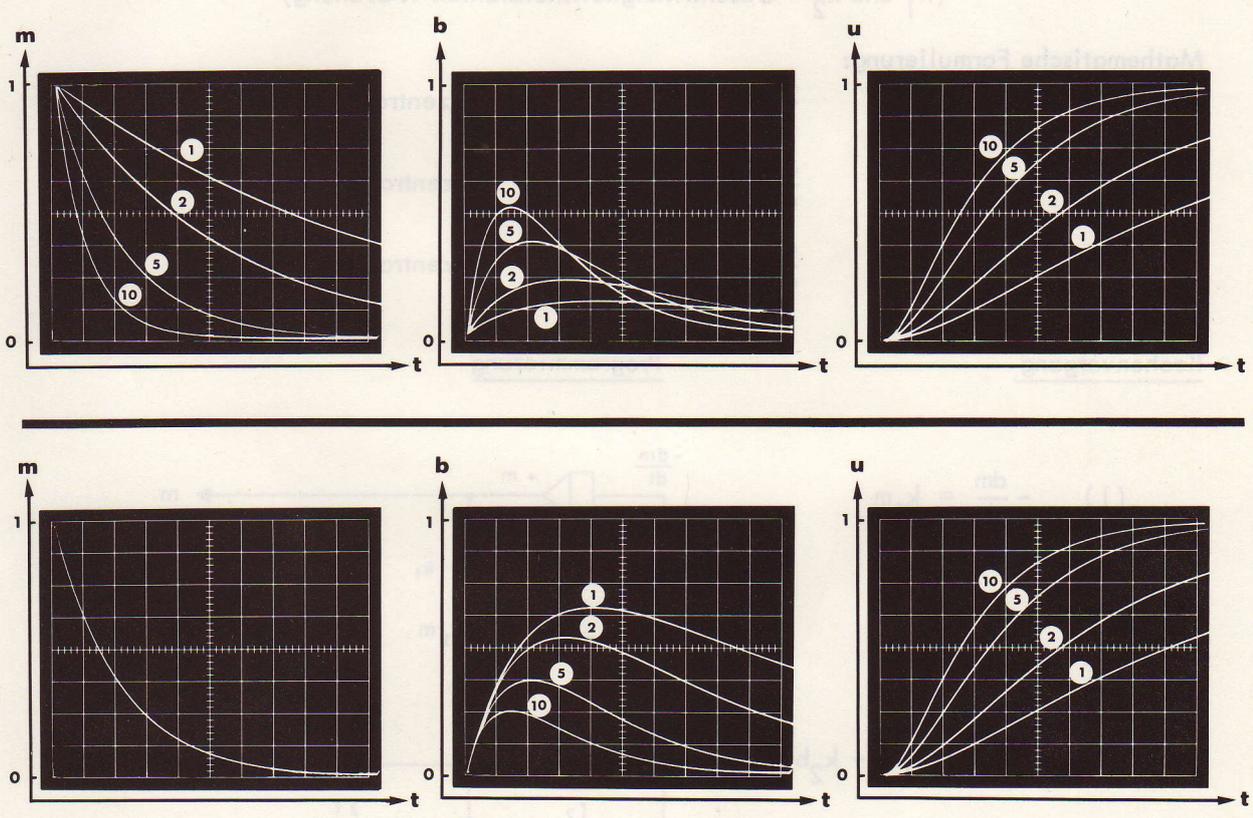
Erläuterung:

Die Verbindungslinien werden auf dem Programmierfeld mit Steckschnüren nachvollzogen. Beispiel am Integrierer 1 ($\int 1$): Wenn am Eingang (= linke Seite der Gleichung) $-\frac{dm}{dt}$ steht, so erscheint nach Integration am Ausgang $+m$ (Integrierer - und auch Summierer - drehen das Vorzeichen um). Legt man diesen Ausgangswert mittels einer Steckschnur an Potentiometer P1 (das auf den Wert k_1 eingestellt wird), so ist dort $k_1 m$ abgreifbar. Laut Gleichung (1) ist aber $k_1 m = -\frac{dm}{dt}$, folglich



muß der Ausgang von P1 mit dem Eingang von $\int 1$ verbunden werden (die Leitung symbolisiert das Gleichheitszeichen!). Die Schaltung in der Umgebung des Integrierers 1 (" $\int 1$ ") verhält sich jetzt wie die Gleichung (1). Am Ausgang von " $\int 1$ " ist die Auflösung der Gleichung (1) nach m abgreifbar. Entsprechend erhält man die Lösungen der Gleichungen (2) und (3).

Die folgenden Abbildungen geben eine Übersicht über den zeitlichen Verlauf der Substanz-Konzentration in Magen, Blut und Urin in Abhängigkeit von den Werten der Geschwindigkeitskonstanten k_1 und k_2 - errechnet aus den Gleichungen (1) bis (3).



Errechnete Konzentrationen einer Substanz im Magen (m), im Blut (b) und im Urin (u) für verschiedene Geschwindigkeitskonstanten k_1 und k_2 (vergl. das obige Programmierbeispiel).

- Obere Reihe: $k_2 = 5, k_1 = \text{Parameter}$
- Untere Reihe: $k_1 = 5, k_2 = \text{Parameter}$