

BEDIENUNGSANLEITUNG

zum Elektronischen Analogrechner RA 463/2

I. Allgemeine Merkmale:

Der Analogrechner RA 463/2 ist ein vollelektronisches Gerät für repetierende Arbeitsweise. Die Rechenzeiten lassen sich zwischen 0,1 und 112 sec kontinuierlich verändern. Nach Ablauf der Rechenzeit wird die Rechnung automatisch wiederholt. Die Rechenanlage enthält sowohl lineare als auch nichtlineare Recheneinheiten mit hoher Komponentengenauigkeit, die ebenso wie die Zusatzgeräte in Einschubbauweise ausgeführt sind. Dadurch und durch die Aufgliederung des Rechners in einzelne Schraubeinheiten ist die Zusammenstellung verschieden großer Geräte möglich. Die Anlage setzt sich stets aus einem Anzeigeschrank und einem oder mehreren Rechenschränken zusammen.

Die Programmierung des Gerätes erfolgt ebenso zuverlässig wie übersichtlich mit kurzschlußsicheren Steckerschnüren. Programmänderungen können bei eingeschalteter Maschine durchgeführt werden, so daß eine sehr flüssige und bequeme Handhabung möglich ist. Für die qualitative und genaue quantitative Auswertung der Rechenergebnisse steht ein für den speziellen Anwendungsfall entwickeltes Doppelsichtgerät zur Verfügung. Der Anschluß elektromechanischer Schreiber ist möglich.

II. Inbetriebnahme:

Im Anzeigeschrank des Analogrechners befindet sich das Schaltfeld, das die Netzschalter und Netzsicherungen des Rechners enthält. Der linke Schalter und die linke Sicherung liegen im Vorheizkreis, der rechte Schalter schaltet die Netzspannung für die Anodenspannungen. Das Sichtgerät besitzt einen eigenen Netzschalter. Die Inbetriebnahme des Rechners wird wie folgt durchgeführt: Einschalten der Vorheizung mit dem Schalter "Vorheizen". Nach einer Zeitdauer von mindestens einer Minute Einschalten der Anodenspannung. Hierbei leuchten die Übersteuerungslampen der Recheneinheiten auf; wenn sie erloschen sind, ist der Rechner betriebsbereit. Das Sichtgerät wird zuletzt eingeschaltet. Ausgeschaltet wird der Rechner in umgekehrter Reihenfolge: Zuerst das Sichtgerät, dann die Anodenspannung und anschließend die Vorheizung abschalten.

### III. Abgleichvorschriften:

Sollen Rechnungen hoher Genauigkeit durchgeführt werden, so erweist es sich als zweckmäßig, die Netzgeräte, das Sichtgerät und die benutzten Recheneinheiten vorher abzugleichen.

Die Netzgeräte werden auf vorgeschriebene Sollspannung, das Sichtgerät auf vorgeschriebene Ablenkverstärkung und auf richtige Lage des unabgelenkten Elektronenstrahls im Raster eingestellt. Alle übrigen Abgleiche dienen der Nullpunktskorrektur der in den Recheneinheiten enthaltenen Gleichspannungsverstärker.

Die Abgleicharbeiten werden, nachdem die Anlage etwa eine halbe Stunde eingelaufen ist, am zweckmäßigsten in folgender Reihenfolge vorgenommen:

1. Abgleich der Netzgeräte auf Sollspannung
2. Abgleich des Sichtgerätes
3. Abgleich der Recheneinheiten.

Der Hauptfunktionsschalter des Rechners am Zeitgeber steht bei allen Abgleicharbeiten in Pausenstellung (Mittelstellung). Alle Recheneinheiten, außer den Rechenverstärkern II und dem Sichtgerät, dürfen während des Abgleichs beschaltet sein.

#### 1. Abgleich der Netzgeräte auf Sollspannung:

Prüfschalter im Schaltfeld in Stellung 0. Empfindlichkeitstaste des Kontrollinstruments drücken. Die Anzeige muß innerhalb  $\pm 2$  Teilstrichen liegen. Bei größerer Abweichung liegt ein Defekt im  $\pm 100$ -V-Netzgerät vor. An den Buchsen des  $\pm 100$ -V-Netzgerätes Präzisionsinstrument anschließen und die Spannung mittels des Abgleichpotentiometers an der Frontplatte des  $\pm 100$ -V-Netzgerätes auf  $100 \text{ V} \pm 0,5 \text{ V}$  einstellen.

Prüfschalter im Schaltfeld in Stellung I. Nachstellen des ersten  $+ 200 \text{ V}$  Netzgerätes mittels des Abgleichpotentiometers an der Frontplatte auf kleinsten Anschlag am Kontrollinstrument über dem Prüfschalter. Zur Erhöhung der Empfindlichkeit schwarze Taste drücken. Die weiteren  $+ 200$ -V- und  $- 200$ -V-Netzgeräte anschließend auf gleiche Weise durch Umschalten des Prüfschalters auf II, III, IV ... abgleichen.

#### 2. Abgleich des Sichtgerätes:

Zum Ausgleich geometrischer Fehler der Sichtrohren werden die unabgelenkten Elektronenstrahlen auf die Mitte des Meßrasters eingestellt: Schalter  $S_1$  und  $S_2$  auf 0, Schalter  $S_3$  und  $S_4$  auf 1, Eingänge unbeschaltet. Helltaste drücken, Helligkeit soweit aufdrehen, daß Leuchtpunkte gerade sichtbar. Mittels der Nullpotentiometer Leucht-



Der Abgleich der Ablenkverstärker auf vorgeschriebene Verstärkung wird anschließend vorgenommen. Die Zehngang-Potentiometer werden in die Stellung 10, die Schalter  $S_1$  und  $S_2$  abwechselnd nacheinander in die Stellungen + und - gebracht. Der Leuchtfleck muß jetzt jeweils am oberen bzw. unteren oder rechten bzw. linken Rand des Meßrasters erscheinen, Abweichungen werden mit den entsprechenden Potentiometern V korrigiert.

Abschließend muß kontrolliert werden, ob der Leuchtfleck bei  $S_1$  und  $S_2$  auf 0 noch in Skalenmitte steht. Eventuell ist der Verstärkungsabgleich und der Abgleich auf Skalenmitte einige Male abwechselnd vorzunehmen.

### 3. Abgleich der Recheneinheiten:

In allen Recheneinheiten sind Gleichspannungsverstärker enthalten, deren Nullpunkte nachstellbar sind. Dies erfolgt, indem mittels eines Nullpotentiometers die am Ausgang des Verstärkers gemessene Ausgangsspannung auf Minimum abgeglichen wird.

Zur Messung der Ausgangsspannung steht die im Zeitgeber enthaltene Kompensationsmeßeinrichtung zur Verfügung. Diese erlaubt es, die Maschieneneneinheit von + oder - 100 V in drei Dekaden auf jeden auf der Tastatur gedrückten Wert mit hoher Genauigkeit zu teilen. Zu beachten ist, daß stets in jeder Tastenkolonne eine Taste gedrückt sein muß (z.B. 0 0 5 oder 7 0 0).

Die Ausgangsspannung der Kompensator-Tastatur liegt, je nach der auf den Vorzeichen-tasten gedrückten Polarität, positiv oder negativ an der Spannungsbrücke. Das eingebaute Nullinstrument zeigt den Brückenabgleich an, seine Empfindlichkeit kann durch Drücken der schwarzen Taste erhöht werden.

Zum Nullabgleich der Gleichspannungsverstärker tastet man auf der Kompensationsmeßeinrichtung 0 0 0 ein und verbindet den Ausgang des abzugleichenden Verstärkers mit einer der Eingangsbuchsen der Meßeinrichtung. Die einzelnen Eingänge werden mit den danebenliegenden weißen Tasten angewählt. Auf Besonderheiten, die bei dem Abgleich einiger Recheneinheiten zu beachten sind, wird in den folgenden Abschnitten hingewiesen.

a) Rechenverstärker I Vrk 463/2

Funktionsschalter in Stellung  $\Sigma$  oder  $\int$ . Einen der Ausgänge mit der Kompensationsmeßeinrichtung verbinden. 0 0 0 eintasten und Abgleich mittels des Nullpotentiometers an der Frontplatte des Rechenverstärkers vornehmen.

b) Rechenverstärker II Vrs 463/2

Rechenverstärker unbeschaltet. Einen der Ausgänge mit der Kompensationsmeßeinrichtung verbinden. 0 0 0 eintasten und Abgleich mittels des Nullpotentiometers an der Frontplatte des Rechenverstärkers vornehmen.

c) Multiplikator Mkp 463/2

Der im Multiplikator enthaltene Rechenverstärker wird ebenso wie die Rechenverstärker I und II auf kleinsten Nullpunktsfehler abgeglichen. Schalter am Multiplikator in Stellung 0. Einen der Ausgänge mit der Kompensationsmeßeinrichtung verbinden. 0 0 0 eintasten und Abgleich mittels des Nullpotentiometers an der Frontplatte des Multiplikators vornehmen.

Die Eichung der Quadrierparabeln in den einzelnen Quadranten erfolgt auf folgende Weise:

Quadrant	Eichschalterstellung	Abgleich durch Potentiometer	Auf die Ausgangsspannung
I	I	I	+ 100 V $\pm$ 1 %
II	II	II	+ 100 V $\pm$ 1 %
III	III	III	- 100 V $\pm$ 1 %
IV	IV	IV	- 100 V $\pm$ 1 %

Die Messung der Ausgangsspannung nimmt man am zweckmäßigsten mit der Kompensationsmeßeinrichtung vor, auf der man 9 9 9 eingetastet hat.

d) Funktionsgeber Fun 463/2

Im Funktionsgeber werden die Anteile der einzelnen Diodenstrecken in einem chopperstabilisierten Rechenverstärker summiert. Dieser Verstärker wird wie folgt genullt: Alle Schalter  $S_1$  bis  $S_{10}$  auf Leerstellung (farther), Schalter  $S_{11}$  und  $S_{12}$  auf 0, Schalter  $S_{13}$  auf 1. Einen der Ausgänge der Kompensationsmeßeinrichtung verbinden. 0 0 0 eintasten und mittels des Nullpotentiometers an der Frontplatte des Funktionsgebers abgleichen. Schalter  $S_{13}$  dann auf 4 und 10 weiterschalten und abgleichen holen.



#### IV. Die Rechenoperationen:

Mit den verschiedenen, im Analogrechner RA 463/2 enthaltenen Recheneinheiten lassen sich folgende Rechenoperationen durchführen:

1. Multiplikation mit einem konstanten Faktor
2. Vorzeichenumkehr
3. Summation
4. Integration
5. Differentiation
6. Multiplikation
7. Division
8. Erzeugung einer beliebigen Funktion  $f(x)$
9. Erzeugung spezieller nichtlinearer Funktionen  
(Tote Zone, Begrenzung, Betrag).

##### 1. Multiplikation mit konstantem Faktor:

###### a) Konstanter Faktor "a" < 1:

Die Multiplikation mit einem Faktor  $a < 1$  erfolgt mit einem Potentiometer aus dem Potentiometerfeld. Die Eingangsgröße  $U_e$  wird auf die Eingangsbuchse des Potentiometers gegeben. Die Ausgangsspannung  $aU_1 = U_a$  wird an einer der beiden parallelen Ausgangsbuchsen abgenommen. Die Einstellung des Faktors  $a$  wird grob mittels der Skala am Potentiometer vorgenommen. Das Teilungsverhältnis des Potentiometers von der am Ausgang zugeschalteten Last abhängt, erfolgt die genaue Einstellung des Faktors  $a$  im belasteten Zustand. Der Schalter am Potentiometerfeld wird zu diesem Zweck in Stellung + 1 gebracht. Es liegt jetzt am Potentiometeranfang die Maschinenspannung von + 100 V. An den zweiten Ausgang des Potentiometers wird über eine Rechenschnur die Kompensationsmeßeinrichtung angeschlossen. Auf der Digitaltastatur wird der gewünschte Faktor  $a$  eingetastet und mittels des eingebauten Nullinstrumentes das Potentiometer abgeglichen. Zur Erhöhung der Empfindlichkeit des Nullinstrumentes schwarzen Knopf drücken. Stellt man nach erfolgtem Abgleich den Potentiometerschalter in die Stellung Eingang zurück, so wird die angelegte Eingangsspannung mit dem eingestellten Faktor  $a$  multipliziert. Am Ausgang steht die Spannung  $U_a = aU_1$ .

Achtung: Potentiometerabgriff niemals auf eine Erdbuchse oder auf die Ausgangsbuchse eines Verstärkers schalten. Es besteht die Gefahr, daß das Potentiometer durchbrennt.

b) Konstanter Faktor  $a > 1$ :

Die Multiplikation mit einem konstanten Faktor  $a > 1$  wird mit dem Rechenverstärker I durchgeführt. Der Schalter am Rechenverstärker I wird in die Stellung  $\Sigma$  gebracht. Es stehen nun als feste Faktoren a die Bewertungsfaktoren 1, 4 und 10 der einzelnen Eingänge zur Verfügung. Beliebige Zwischenwerte lassen sich durch Vorschalten eines Potentiometers gewinnen. Es ist bei der Benutzung der Rechenverstärker darauf zu achten, daß sie stets das Vorzeichen der Eingangsspannung umkehren. Legt man an den Eingang mit dem Bewertungsfaktor  $a_1$  die Spannung  $U_1$ , so erscheint am Ausgang  $U_a = - a_1 U_1$ .

2. Vorzeichenumkehr:

Beide Typen von Rechenverstärkern kehren stets das Vorzeichen der Eingangsspannung um. Soll der Rechenverstärker I zur reinen Vorzeichenumkehr benutzt werden, so ist ein Eingang mit dem Bewertungsfaktor 1 mit der Eingangsgröße zu beaufschlagen und der Funktionsschalter des Verstärkers in die Stellung  $\Sigma$  zu bringen.

3. Summation:

Beide Typen von Rechenverstärkern summieren die Eingangsspannungen wenn mehrere Eingänge mit Spannungen beaufschlagt werden. Beim Rechenverstärker I gehen die Bewertungsfaktoren der Eingänge mit ein. Der Verstärker I bildet also die Summe der mit den Bewertungsfaktoren multiplizierten Eingangsspannungen.  $U_a = -\sum a_i U_i$ . Der Funktionsschalter des Rechenverstärkers I steht zur Summation in Stellung  $\Sigma$ .

4. Integration:

Die Integration wird mit dem Rechenverstärker I durchgeführt. Der Funktionsschalter steht in Stellung  $\int$ .

Die Integrationszeitkonstante beträgt 0,1 sec, so daß bei der Integration die Bewertungsfaktoren wie 10, 40 und 100 erscheinen. Wird eine Integrationszeitkonstante von 1 sec benötigt, so kann zwischen die Buchse G und eine Ausgangsbuchse ein Kondensator von 1  $\mu$ F geschaltet werden. Der Funktionsschalter muß jetzt in Stellung V stehen. Eine Anzahl geeigneter 1  $\mu$ F-Kondensatoren ist im Potentiometerfeld enthalten.



Sind mehrere Eingänge beschaltet, so bildet der Verstärker das Integral über die Summe der mit den Bewertungsfaktoren multiplizierten Eingangsspannungen.

$$U_a = -K \int_0^t \sum a_i U_i dt.$$

Ein Anfangswert kann auf die Buchse A gegeben werden. Als Spannungsquelle für einen Anfangswert dient ein Potentiometer des Potentiometerfeldes, dessen Schalter je nach gewünschter Polarität in den Stellungen + 1 oder - 1 steht. Die genaue Einstellung des Anfangswertes erfolgt mit der Kompensationsmeßeinrichtung im belasteten Zustand wie unter 1).

#### 5. Differentiation:

Die Differentiation ist prinzipiell mit dem Rechenverstärker I möglich, doch wird sie nach Möglichkeit durch die Integration umgangen, da sie dem Wesen eines elektronischen Verstärkers widerspricht. Zum Zwecke der Differentiation müßte die Verstärkung des Gleichstromverstärkers mit zunehmender Frequenz größer werden. Dies ist jedoch in der Praxis nicht realisierbar. Die Differentiation mit dem Rechenverstärker ist aus diesem Grunde nur näherungsweise durchführbar.

Es ist von Fall zu Fall zu entscheiden, ob eine Differentiation möglich ist. Voraussetzung ist, daß das Eingangssignal keine hohe Frequenz beinhaltet. Prinzipiell wird die Differentiation folgendermaßen durchgeführt:

Der Funktionsschalter wird in Stellung  $\Sigma$  oder V gebracht. Im ersten Fall wird der eingebaute Gegenkopplungswiderstand von 1 M $\Omega$  benutzt. Die Eingangsspannung wird über einen Kondensator, der die der gewünschten Zeitkonstante entsprechende Größe hat, auf den Eingang gegeben.

Soll ein beliebiger Gegenkopplungswiderstand Verwendung finden, so ist der Funktionsschalter in die Stellung V zu bringen. Der Widerstand wird zwischen G und einen Ausgang geschaltet, die Eingangsspannung über den Kondensator auf G gegeben.

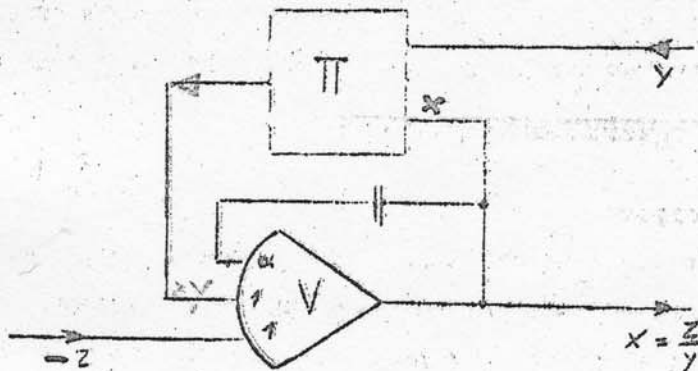
Der Multiplikator dient zur Multiplikation zweier Funktionen  $x = x(t)$  und  $y = y(t)$ . Die Multiplikation erfolgt nach dem Zwei-Parabelverfahren. Die beiden Variablen  $x$  und  $y$  müssen mit zweierlei Vorzeichen eingespeist werden. Stehen die Variablen in der Rechenschaltung nicht mit beiden Vorzeichen zur Verfügung, so sind zum Betrieb des Multiplikators zu-

sätzlich 2 Umkehrverstärker erforderlich. Bei der Multiplikation steht der Funktionsschalter des Multiplikators in Stellung  $z = xy$ . Die Ausgangsspannung  $U_a = U_1 U_2$  wird an einer der Ausgangsbuchsen  $z$  abgenommen.

### 7. Division:

Die Division läßt sich mit dem Multiplikator unter Zuhilfenahme eines Rechenverstärkers durchführen.

Blockschaltbild für Division.



Die Schaltung erzeugt  $x = \frac{z}{y}$ . Zu beachten ist, daß  $y$  nicht Null werden darf. Zur Vermeidung einer Instabilität des offenen Verstärkers, in dessen Rückführung der Multiplikator liegt, muß der Ausgang über einen Kondensator von etwa 50 pF mit dem Summenpunkt (Eingang  $\infty$ ) verbunden werden.

### 8. Die Erzeugung einer beliebigen Funktion $f(x)$ :

Der Funktionsgeber gestattet es, eine beliebige Funktion  $f(x)$  durch einen Polygonzug zu approximieren. Es stehen 10 Polygonstrecken zur Verfügung sowie eine Rotation um den Nullpunkt und eine Translation in der Ordinatenrichtung. Diese Polygonzüge werden durch Diodenstrecken dargestellt; ihre Einsatzpunkte und Steigungen lassen sich mittels der jeweiligen Zehngang-Potentiometer verändern. Der Typ des Polygonzuges wird durch die Stellung der Schalter (entsprechend den Farbmarkierungen) bestimmt. Die Einstellung einer Funktion geschieht zweckmäßigsten in folgender Weise:

An die Eingänge  $+x$  und  $-x$  des Funktionsgebers legt man die zeitproportionalen Spannungen  $+at$  und  $-at$ , die man dem Zeitgeber entnimmt bzw. über einen Umkehrverstärker erzeugt. Den Ausgang des Funktions-



gebers gibt man auf eines der Sichtgeräte. Die gewünschte Funktion wird nun approximiert, indem man von der Mitte ausgehend nach rechts und links einen Polygonzug nach dem anderen ansetzt und ihm durch Wahl des Einsatzpunktes und der Steigung den gewünschten Verlauf gibt. Zweckmäßigerweise wird man den jeweils neuen Knickpunkt in den Nullpunkt des Sichtgerätes bringen (vgl. Abschnitt 10), wodurch sich eine hinreichende Genauigkeit erzielen läßt. Von der Darstellung ausgeschlossen sind Funktionen, die mehrdeutig sind:

9. Die Erzeugung spezieller Funktionen:

Der spezielle Funktionsgeber enthält die folgenden Funktionen: 3 x tote Zone, 5 x Begrenzung, davon 2 x feste Begrenzung auf die Maschineneinheit (100 V) und 2 x Betragsfunktion. Die 3 Systeme mit veränderlicher Begrenzung gehen durch Umschaltung aus den Systemen "tote Zone" hervor. Die Veränderung der Begrenzerhöhe bzw. der Breite der toten Zone erfolgt mit Zehngang-Potentiometern. Die Zuordnung der Potentiometer zu den Abszissen bzw. Ordinatenwerten der Systeme "Begrenzung" bzw. "tote Zone" geht aus der Farbkennzeichnung hervor. Zum Betrieb eines der speziellen Funktionssysteme ist stets ein Rechenverstärker I nötig. Die Eingangsfunktion gibt man auf die Eingänge 1, 4, 10 oder  $\infty$  bzw. bei der Betragsfunktion in beiden Polaritäten auf die Eingänge + x und - x. Vom Ausgang ( $\infty$ ) des Systems geht man auf den Summenpunkt (Eingang  $\infty$ ) des Rechenverstärkers I, dessen Funktionsschalter in Stellung  $\Sigma$  steht. Am Ausgang des Rechenverstärkers liegt dann die gewünschte Funktion.

10. Auswertung der Lösung am Sichtgerät:

Der Sichtgeräteeeinschub enthält zwei gleiche, von einander unabhängige Sichtgeräte. Zu jedem Sichtgerät gehören ein Horizontal-Ablenkverstärker und ein Vertikal-Ablenkverstärker, deren Verstärkung mit den Schaltern  $S_3$  bzw.  $S_4$  auf die festen Werte 1, 2 und 10 einstellbar ist.

Mit den eingebauten Präzisionspotentiometern läßt sich die Lage der Bildmittelpunkte beliebig verschieben; die Richtung der Verschiebung wird durch die Stellung des jeweiligen Schalters bestimmt. Die Verschiebespannung kann an den zugeordneten Ausgängen abgenommen und mit der Kompensationsmeßeinrichtung ausgemessen werden.

Soll die horizontale Ablenkung des Elektronenstrahles durch eine zeitproportionale Spannung erfolgen, so steht eine solche an den Ausgängen des Zeitgebers zur Verfügung.

Da das auf den Schirm der Sichtrohren geschriebene Bild gegen den Schirmrand hin geometrische Verzerrungen aufweist, nimmt man die genaue Auswertung einer Lösungskurve am zweckmäßigsten in folgender Weise vor:

Der auszumessende Kurvenpunkt wird mit der vertikalen und der horizontalen Koordinatenverschiebung in den Mittelpunkt des Meßrasters gebracht. Zur Erhöhung der Einstellgenauigkeit kann man mittels  $S_3$  und  $S_4$  die Verstärkung der Ablenkverstärker erhöhen. Die am zugehörigen Ausgang abnehmbare Verschiebespannung stellt den Ordinaten- bzw. Abszissenwert des eingestellten Kurvenpunktes dar und kann mit der Kompensationsmeßeinrichtung ausgemessen werden.

#### 11. Der Zeitgeber:

Der Zeitgeber erzeugt das Rechenintervall bei repetierender Arbeitsweise des Rechners. Nach Ablauf des Rechenintervalls werden, vom Zeitgeber gesteuert, alle Recheneinheiten auf den Anfangswert zurückgeschaltet. Die Länge des Rechenintervalls wird in 3 Dekaden eingestellt:

- 0 - 0,1 sec kontinuierlich mit dem Potentiometer
- 0,1 - 1,1 sec in Stufen von 0,1 sec mit dem Schalter  $S_2$
- 0 - 10 sec in Stufen von 1 sec mit dem Schalter  $S_3$ .

Mit dem Schalter  $S_4$  läßt sich die Rechenzeit verzehnfachen, so daß insgesamt die Rechenzeit zwischen 0,1 sec und 112 sec einstellbar ist.

Der Hauptfunktionsschalter  $S_1$  hat 3 Stellungen: In der Mittelstellung (Pausenstellung) wird nicht gerechnet. In Stellung "R" rechnet die Anlage repetierend, d. h. nach jedem Rechenintervall wird auf die Anfangswerte zurückgestellt. In Stellung "D" rechnet die Anlage fortlaufend. In den Stellungen "R" und "D" liegt an den 3 Ausgängen des Zeitgebers eine zeitproportionale Spannung, die während des eingestellten Rechenintervalls von -100 V auf +100 V ansteigt. Sie kann als Ablenkspannung für die beiden Sichtrohren benutzt werden.



V. Beispiel:

Als Beispiel sei die Schaltung für die Differentialgleichung

$$\frac{d^2x}{dt^2} + f(x) \frac{dx}{dt} + ax = 0$$

mit dem Anfangswert  $x(0) = x_0$  aufgeführt. Damit die Rechengröße eine, in dem Intervall  $-1 \leq x \leq +1$ , das der Maschineneinheit von  $\pm 100$  V entspricht, dimensionslose Größe ist, führt man die neue, auf die Amplitude 1 normierte Funktion

$$y = \frac{x}{x_m}$$

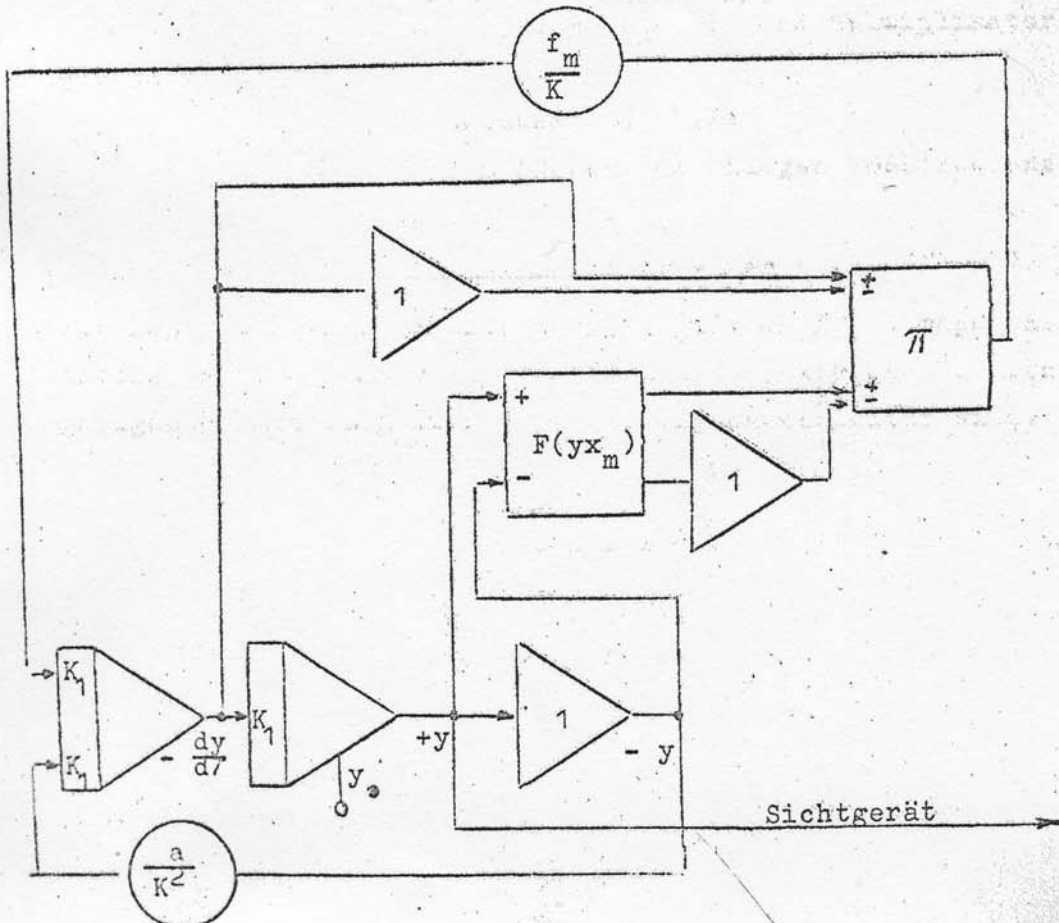
ein. Ebenso setzt man  $\frac{f(x)}{f_m} = F(x)$ . Ferner führe man die dimensionslose Variable

$$\tau = Kt$$

ein. Dann wird aus der obigen Differentialgleichung

$$\frac{d^2y}{d\tau^2} + \frac{f_m}{K} F(yx_m) \frac{dy}{d\tau} + \frac{a}{K^2} y = 0; y_0 = \frac{x_0}{x_m}$$

Diese Differentialgleichung wird durch die folgende Schaltung gelöst:



Auf der Maschine wird dabei nach  $\tau = K_1 t^*$  integriert, wenn  $t^*$  die Maschinenzeit ist. Wenn also  $K$  so gewählt ist, daß  $\frac{a}{K^2}$  und  $\frac{m}{K}$  kleiner als 1 sind, dann bestimmt nach

$$\tau = Kt = K_1 t^*; t^* = \frac{K}{K_1} t$$

der Wert  $K_1$  an den Integratoren den Zeitmaßstab.  $K = K_1$  entspricht einer Lösung in Echtzeit,  $K > K_1$  einer Dehnung und  $K < K_1$  einer Zeitraffung auf der Maschine.

#### VI. Reparaturhinweise:

Für den Analogrechner wird eine Garantie von 1 Jahr gegeben. Ausgenommen sind Röhren. Hierfür sind die Garantieansprüche bereits durch Garantieablösung innerhalb der Röhrenpreise abgedeckt, und alle Schäden, die auf fehlerhafte Bedienung der Anlage zurückzuführen sind. (Siehe allgemeine Lieferbedingungen für Erzeugnisse und Leistungen der Elektroindustrie).

Tritt ein Defekt an einem der Einschübe ein, so ist im einzelnen wie folgt zu verfahren:

Rechenverstärker I, Rechenverstärker II und Multiplikatoren sind an die Anschrift:

Telefunken G.m.b.H.  
Geschäftsbereich Anlagen Hochfrequenz  
Abt. AH/MS/V4  
U 1 m (Donau), Elisabethenstraße 3

zur Reparatur einzusenden. Schäden, die an den übrigen Einheiten auftreten, sind der nächsten Telefunken-Geschäftsstelle mitzuteilen, die geeignete Maßnahmen zu ihrer Beseitigung einleiten wird.

- - - - -