

B e s c h r e i b u n g u n d B e d i e n u n g s a n l e i t u n g
für den transistorisierten Tischanalogrechner EA 22.

=====

A. Gerätebeschreibung	Seite
1. Allgemeine Beschreibung	1
1.1 Einleitung	1
1.2 Konzept und Maschinenumfang	1
2. Konstruktiver Aufbau	2
2.1 Rückseite des Gerätes	2
2.2 Vorderseite des Gerätes	3
3. Anordnung der Anschlußbuchsen für die Rechenelemente	4
3.1 Allgemein	4
3.2 Potentiometereinheiten	4
3.3 Operationseinheiten	5
3.4 Feste Buchsenleiste	8
3.5 Bedienungsteil	8
B. Bedienungsanleitung	.
1. Inbetriebnahme	11
2. Nullung der Verstärker	11
3. Vorbereitung der Programmierung auf dem Rechner	12
4. Integrationskonstanten einstellen	12
5. Potentiometer einstellen (mit Kompensationseinrichtung)	13
6. Potentiometer einstellen (mit Digitalvoltmeter)	13
7. Funktionsgeber einstellen	13
8. Zeitgeber einstellen	14
9. Iterierendes Rechnen	14
10. Ausschalten des Rechners	14

A. Gerätebeschreibung.

1. Allgemeine Beschreibung.

1.1 Einleitung.

Im folgenden wird eine Beschreibung der Analogrechenanlage EA 22 und eine Bedienungsanleitung gegeben, die aus Gründen der Übersichtlichkeit möglichst kurz gefaßt wurde und sich an Benutzer wendet, die die elementaren Kenntnisse der Analogrechenteknik besitzen. Für solche Benutzer, die noch nicht an einem Analogrechner gearbeitet haben bzw. noch kein einführendes Buch in die Analogrechenteknik gelesen haben, empfiehlt sich vor der Inbetriebnahme des Rechners das Studium eines solchen Buches, z.B.

H. Schwarz, "Elektronische Analogrechner", Franckh-Verlag,

Giloi/Lauber, "Analogrechnen", Springer Verlag,

D. Ernst, "Elektronische Analogrechner", R. Oldenbourg, München.

1.2 Konzept und Maschinenumfang.

Bei der Entwicklung des Tisch-Analogrechners GTE-22 waren neben hoher Präzision und Betriebssicherheit im wesentlichen die Grundforderungen maßgebend: Größte Flexibilität in der Bestückung bei hohem Bedienungskomfort und maximale Ausnutzung der Rechenverstärker.

Dies wurde u.a. durch eine konstruktive Trennung von Rechenverstärkern und passiven Rechen-Netzwerken erreicht. Um die Fläche des Programmierfelds optimal zu nützen, sind die Verstärker in einem Magazin in der rückwärtigen Hälfte des Rechners steckbar untergebracht. Die passiven Netzwerke sind in auswechselbaren Einschüben (Operationseinheiten) paarweise zusammengefaßt, deren Frontplatten in ihrer Gesamtheit das Programmierfeld bilden und die - in den Rechner eingeschoben - automatisch mit den zugehörigen Rechenverstärkern verbunden sind.

Damit kann - ohne Einbuße an Bedienungskomfort - der Rechner in seiner Bestückung auch vom Anwender beliebig variiert und den jeweiligen Problemen angepaßt werden. So sind auch ganz extreme Bestückungen möglich, z.B. ausschließlich bestehend aus Integratoren oder Multiplikatoren und dgl.. Auch von kleinen Bestückungen ausgehend, kann der Rechner nach und nach bis zu seinem Maximalumfang ausgebaut werden.

Die Maximalbestückung eines GTE 22 umfaßt 22 Rechenverstärker, 20 Koeffizienten-Potentiometer (5 Einheiten mit je 4 Potentiometern) und 10 Operationseinheiten (Doppel-Netzwerke), die zu jeweils zwei Verstärkern gehören. Die restlichen zwei Verstärker stehen als vollwertige Summierer an besonderen Buchsen des Programmierfelds zur Verfügung oder werden für den Präzisions-Zeitgeber benutzt.

Die Rechenverstärker und die Referenzspannungseinheit sind Einheiten der Genauigkeitsklasse 0,01 %. Die Operationseinheiten können in den Genauigkeitsklassen 0,1 % (A-Ausführung) oder 0,01 % (B-Ausführung) geliefert werden, so daß jeder Analogrechner EA 22 in ökonomischster Weise den anfallenden Problemen angepaßt werden kann. Würden z.B. aus Preisgründen zunächst Operationseinheiten der A-Ausführung angeschafft, kann durch einfaches Austauschen einiger oder aller Operationseinheiten eine bestehende Anlage EA 22 auch nachträglich noch zu einer der 0,01 % Genauigkeitsklasse ausgebaut werden.

Die Verwendung von Halbleiterelementen in gedruckter Schaltungstechnik und nicht zuletzt der Einsatz von Goldkontakten bei Relais und Steckverbindungen gewährleisten eine hohe Zuverlässigkeit. Um bei falscher Programmierung eine Zerstörung von Rechenelementen auszuschließen, sind sämtliche Verstärker und Potentiometer, sowie die Referenzspannungsquellen durch elektronische Mittel (unter Umgehung von Schmelzsicherungen) kurzschlußsicher geführt.

2. Konstruktiver Aufbau.

Die Analogrechenanlage EA 22 ist in einem Tischgehäuse untergebracht, dessen Frontseite die passiven Rechenelemente und die Bedienungs-Einheiten und -Elemente aufnimmt, während in dem rückwärtigen Teil, von hinten zugänglich, die Rechenverstärker, die Verstärkerstromversorgungs- und Referenzspannungseinheiten eingebaut sind.

2.1 Rückseite des Gerätes.

Nach Lösen der Befestigungsschrauben der rückwärtigen Gehäusewände sind oben die in einem Magazin eingebauten maximal 22 Rechenverstärker nebst je einem mechanischen Zerhacker für je zwei Rechenverstärker sichtbar. Ein kompletter zerhackerstabilisierter Rechenverstärker befindet sich auf nur einer Leiterplatte. Im unteren rückwärtigen Teil ist die gesamte Stromversorgung der Analogrechenanlage in einer kompakten Einheit zusammengefaßt, die nach Lösen von vier Schrauben, sowie Ziehen zweier Stecker ausgebaut werden kann. Die Stromversorgung besteht im wesent-

en von links nach rechts aus: Netztransformatoren mit Gleichrichtern und Siebgliedern; daneben ist auf einer Leiterplatte in gedruckter Schaltung ein 400 Hz Rechteckgenerator für die Zerhacker-Erregung untergebracht. Daneben befinden sich auf zwei gleichartigen Kühlkarten die Leistungsverstärker für die Verstärkerstromversorgung, deren Regelverstärker (für +15 V und -15 V) sich wiederum auf einer weiteren Karte befinden. Daran schließt sich die Referenzspannungseinheit an, die aus einer temperaturstabilisierten Zenerdiode und zwei zerhackerstabilisierten zusätzlichen Rechenverstärkern nebst Zerhacker besteht. Auf der Netzeinheit sind auch die Schmelzsicherungen untergebracht, die ohne Lösen der Rückwand zugänglich sind.

In mittlerer Höhe der Rückwand sind vier Steckerleisten angebracht, die zum Zusammenschalten mehrerer Rechner EA 22 oder auch zum Zusammenschalten des Rechners mit einem eines anderen Fabrikates über Parallelschaltkabel zu einer größeren Anlage dienen. Die rückwärtigen freien Buchsen sind für beliebige Beschaltung durch den Kunden vorgesehen.

2.2 Vorderseite des Gerätes.

Hier können drei Bereiche unterschieden werden. In einem oberen Teil sind Koeffizienten-Potentiometer, in dem mittleren die passiven Operationseinheiten mit ihren Anschlußbuchsen, und in dem unteren alle Bedienungs-, Überwachungs- und Anzeige-Einrichtungen angeordnet. Alle Eingangs- und Ausgangsbuchsen, die für die Erstellung der Rechen-schaltungen notwendig sind, sind auf den auswechselbaren Operationseinheiten, den Potentiometereinheiten und auf einer festen Leiste so angeordnet, daß eine extreme Übersichtlichkeit, Bequemlichkeit der Programmierung bei gleichzeitiger Verwendbarkeit von auswechselbaren Steckbrettern möglich wurde.

Zur Aufbewahrung von Programmen und zur Verkürzung der Wartezeiten, wenn der Rechner von mehreren Personen benutzt wird, werden zum EA 22 auswechselbare Programmierfelder geliefert. Diese sind aus einzelnen, auswechselbaren Platten zusammengesetzt, die Duplikate der Frontplatten der Operationseinheiten sind, und können dadurch der jeweiligen Rechnerbestückung angepaßt werden. Die Verbindungen zwischen Rechner und auswechselbarem Programmierfeld werden durch robuste Goldkontaktfedern hergestellt, die eine sichere Kontaktgabe gewährleisten.

Im Bedienungsteil der Anlage ist zunächst eine fest eingebaute Leiste mit den Übersteuerungslampen und den Nullabgleich-Potentiometern für die 22 Rechenverstärker zu erkennen, die von 1a, 1b ... bis 11b gekenn-

zeichnet sind. Darunter ist Platz, um je nach Ausstattungswünschen mehr oder weniger Bedienungseinheiten unterzubringen.

Die Steuerung der verschiedenen Betriebszustände des Rechners, wie "Potentiometer-Einstellen", "Anfangswert", Rechnen" und "Halten", erfolgt durch eine Leuchttastatur in einem zentralen Bediengerät. In Verbindung mit einem Präzisions-Zeitgeber sind auch automatisch gesteuerte Rechenarten möglich, wie "repetierendes Rechnen", "iterierendes Rechnen", und "Rechnen mit Halt". Dabei sind die Steuerrelais der Integratoren auch auf dem Programmierfeld verfügbar, was den Anwendungsbereich des Rechners beträchtlich erweitert.

Zur Messung von Rechengrößen und zur Überwachung der Betriebsspannungen dient ein eingebautes Meßinstrument, das zusammen mit einem Präzisions-Referenzpotentiometer auch exakte Kompensationsmessungen (z.B. zur Einstellung von Potentiometern und Funktionsgebern) gestattet.

Für eine weitgehende Vereinfachung der Bedienung sorgen eine Anwahlschaltereinheit "AS" für alle Verstärker und ein Einstellgerät "FGE" für die Funktionsgeber.

3. Anordnung der Anschlußbuchsen für die Rechenelemente.

3.1 Allgemein.

Durch sinnvolle Farbkennzeichnung, die sich weitgehend an die inzwischen allgemein eingeführte anlehnt, wurde bei Verwendung einer minimalen Anzahl verschiedener Farben große Übersichtlichkeit erreicht.

Die Farben haben dabei folgende Bedeutung:

Grün	:	Eingänge von Rechenelementen
Hellrot	:	Ausgänge von Rechenelementen
Dunkelrot	:	Positive Referenzspannung (+ 10 V)
Blau	:	Negative Referenzspannung (- 10 V)
Schwarz	:	Rechenerde (Masse)
Gelb	:	Summenpunkte an Multiplizierern und Funktionsgebern
Weiß	:	Umschaltsbuchsen, freie Dioden, Querverbindungen, Stützpunkte u.ä. .

3.2 Potentiometereinheiten.

Eine Potentiometereinheit besteht aus vier Potentiometern. Neben den Eingängen der Potentiometer (Grün) sind Referenzspannungsbuchsen (Rot bzw. Blau) angebaut, so daß durch Kurzschlußstecker leicht Verbindungen herzustellen sind. Die Potentiometer A, B und C sind als Spannungs-

teiler geschaltet (Grün das obere Ende - Rot der Abgriff), während das Potentiometer D erdfrei ist. Das obere Ende ist hier mit Grün (1), das untere mit Grün (2) gekennzeichnet. Neben der Buchse 2 befindet sich eine Massebuchse (Schwarz), die die Schaltung auch dieses Potentiometers zu einem "normalen" Koeffizienten-Potentiometer mit Hilfe eines Kurzschlußsteckers gestattet. Diese Kurzschlußstecker sollten immer gesteckt sein, außer natürlich, wenn in einer Schaltung ein erdfreies Potentiometer verlangt ist, da die Potentiometer D nicht mit der Potentiometer-Kompensationseinheit eingestellt werden können, wenn die Potentiometer erdfrei sind - Achtung: Bedienungsfehler möglich! -. Die Potentiometer B und D haben je zwei Ausgänge, was eine leichte Verzweigung ermöglicht. Alle Potentiometer sind kurzschlußsicher!

Neben jedem Potentiometer ist eine Drucktaste angebracht. Drücken dieser Taste trennt die grüne Eingangsbuchse von dem oberen Ende des Potentiometers und verbindet dieses mit + 10 V (Referenz) und den Ausgang mit der Meßleitung, die zur Kompensationseinrichtung im Bedienungsteil und an den Digitalvoltmeteranschluß (weiße Buchse im Verstärkeranwahlschalter AS) führt.

3.3 Operationseinheiten.

In jedem EA 22 können bis zu maximal 10 Doppel-Operationseinheiten in willkürlicher Reihenfolge und beliebiger Bestückung eingebaut werden.

Die verschiedenen Operationseinheiten sind als Doppelnetzwerke ausgeführt, von denen jedes einzelne für verschiedene Rechenoperationen verwendet werden kann, z.B. Integrieren-Summieren, Multiplizieren-Summieren und dgl.. Die Umschaltung von einer Operation zur andern erfolgt in einfacher Weise durch Kurzschlußstecker auf dem Programmierfeld. Ebenso können durch Kurzschlußstecker die Integrationskondensatoren für jeden Integrator individuell im Verhältnis 1:10 umgeschaltet werden.

Bei diesen Doppelnetzwerken wird immer ein a-Teil (links) und ein b-Teil (rechts) unterschieden, so daß die Rechenverstärker wie folgt von links nach rechts gezählt und beschriftet sind: 1a, 1b, 2a 11b. Die Verstärker 11a und 11b bilden eine Ausnahme und sind wahlweise auf den weiter unten beschriebenen Zeitgeber oder auf Buchsen unter den Operationseinheiten in der Mitte geschaltet.

Innerhalb jedes Teiles (a oder b) eines Doppelnetzwerkes kann wiederum zwischen drei Teilen unterschieden werden:

1. dem offenen Verstärker - Buchse G für den Eingang des Verstärkers und den hellroten Ausgangsbuchsen - ,
2. dem oben befindlichen Summiernetzwerk - grüne Buchsen mit angegebenen Bewertungsfaktoren und speziell dem "Summenpunkt" S bzw. der Buchse ∞ , und
3. dem unteren je nach Einheit verschiedenen Netzwerk.

Soll ein Verstärker nicht als offener Verstärker verwendet werden, müssen immer die Netzwerke mit dem Verstärker durch Verwendung von Kurzschlußsteckern verbunden werden. Im einzelnen wie folgt:

1. Doppelintegrierer-Summierer.

a) Summierer. Der gelbe Doppelkurzschlußstecker muß das Summenzeichen verdecken.

b) Integrierer. Der Doppelkurzschlußstecker muß das Integralzeichen verdecken. Ein Kurzschlußstecker muß die weiße Buchse unter den Ausgängen so verbinden, daß die Zahl 1 (Integrationsfaktor 1 s^{-1}) oder 10 (10 s^{-1}) verdeckt ist, da sonst die Integrationskondensatoren (für jeden Integrierer zwei) nicht in der Rückführung liegen. Ein Kurzschlußstecker muß normalerweise die Buchsen r und R verbinden, wenn nicht iterierend gerechnet werden soll (siehe weiter unten B 9 "Iterierendes Rechnen").

2. Doppel-Multiplizier-Summiernetzwerk.

a) Summierer. Der Doppelkurzschlußstecker muß die Buchsen G mit S und den Ausgang mit einem Eingang 1 verbinden.

b) Multiplizierer. Der Doppelkurzschlußstecker muß die Buchse M mit G, und die Buchse Z mit einem Ausgang verbinden (zwischen Z und M liegt der für das Parabelnetzwerk bestimmte Rückführwiderstand von 20 K ohm, während der "normale", den Bewertungsfaktoren der Summiereingänge zugeordnete Rückführwiderstand 200 K ohm beträgt).

Das Produkt erscheint am Ausgang des Verstärkers. Man beachte, daß die Multiplizanden mit beiden Vorzeichen zugeführt werden müssen (+X, -X und +Y, -Y).

In der Stellung Multiplizieren ist das Summiernetzwerk vollkommen frei. Es kann mit jedem anderen Verstärker verbunden werden -

z.B. als zusätzliche Eingänge - und zwar so, daß der Summenpunkt S mit einem Gitterpunkt G eines anderen Verstärkers verbunden wird. Dies ist z.B. auch mit den Verstärkern 11a und 11b in der Stellung "Dauerrechnen" möglich. Insbesondere ist es auch möglich, am Ausgang eines als Multiplizierer geschalteten Verstärkers neben dem Produkt auch noch die Summe anderer Rechengrößen zu erhalten, wenn neben dem Punkt M auch der Punkt S mit G verbunden wird - Achtung! - die Bewertungsfaktoren sind jetzt mit 0,1 multipliziert wegen der 20 K ohm Rückführung des Multiplizierers.

c) Dividierer. Die Division ist ohne zusätzliche Verstärker direkt möglich. Es wird kein Stabilisierungskondensator benötigt, da die Verstärker ohne zusätzlichen Kondensator stabil sind. Die Buchse M wird mit einem einfachen Kurzschlußstecker mit G verbunden, dann wird z.B. +Y direkt und -Y über einen Umkehrer mit dem Ausgang des gleichen Verstärkers verbunden. Wird die eine Rechengröße bei Z eingegeben, erscheint am Ausgang Z/X , wenn X und -X zugeführt werden.

d) Wurzelziehen. Wie unter c), nur sind X mit Y und -X mit -Y zu verbinden und an den Ausgang zu führen (~~Umkehrer nicht vergessen~~),^{*1} wenn eine Rechengröße^{*} bei Z eingeführt wird, erscheint am Ausgang $+\sqrt{|Z|}$.
 *1 nicht notwendig, wenn -X u. -Y an Erde (schwarze B) gelegt sind
 *2 < 0 15.11.68 y

3. Doppelkomparator-Summierer.

- a) Summierer. S mit G und den Ausgang mit einem Eingang 1 durch Doppelkurzschlußstecker verbinden.
- b) Komparator. Doppelkurzschlußstecker so stecken, dass der Buchstabe K verdeckt ist. Der Verstärkerausgang ist jetzt ohne Bedeutung. Das Komparator-Relais schaltet seine zwei Umschaltkontakte so, daß die "Arme" a auf der mit + bezeichneten Seite liegen, wenn die Summe der bewerteten Eingänge größer 0 ist.

4. Funktionsgeber-Doppelsummierer.

Diese Einheit hat zwei Summiernetzwerke und ein variables Funktionsgebernetzwerk mit 20 Diodenabschnitten, daneben noch zwei freie Dioden und einen "Verzweigungspunkt" (weiße miteinander verbundene Buchsen).

- a) Summierer. S mit G, Ausgang mit einem Eingang 1 verbinden.
- b) Funktionsgeber in allen vier Quadranten. Zwei Doppelkurzschlußstecker so stecken, daß die Buchstaben F bzw. U verdeckt sind (U be-

deutet Umkehrer). Die Funktion $f(x)$ erscheint am Ausgang von Verstärker a. Der Ausgang von Verstärker b ist jetzt für den Benutzer zwar meßbar, aber nicht definiert benutzbar. Beide Summiernetzwerke sind frei verfügbar, z.B. als weitere Eingänge für andere Verstärker und dabei auch insbesondere den Verstärkern 11a und 11b.

c) Funktionsgeber in den Quadranten 1 und 3. Verstärker a so beschalten, daß Buchstabe F verdeckt wird. Der Verstärker b wird nicht benützt und kann als Summierer frei betrieben werden. Es muß ein einfacher Kurzschlußstecker den Buchstaben U verdecken.

3.4 Feste Buchsenleiste.

Diese Leiste enthält neben Buchsen für die Referenzspannung und der Rechnererde vor allem die Buchsen für die Verstärker 11a und 11b. Jeder dieser Verstärker hat zwei Ausgänge und zwei Eingänge. Ein Eingang hat den Bewertungsfaktor 1 (Umkehrer), der zweite Eingang (zwischen dem Eingang 1 und dem ersten Ausgang) ist der Gitterpunkt. Hier können mit Widerstandssteckern und vor allem mit freien Summiernetzwerken (aus den Multiplizierern und Funktionsgebern) vollständige Summierer geschaltet werden, aber nur in Rechenstellung "Dauerrechnen".

In der Buchsenleiste sind ferner zu finden: vier Stützpunkte, Verbindungen für parallel geschaltete Rechner (über rückwärtige Steckerleisten) sowie eine Reihe weißer Buchsen S und P für das "iterierende Rechnen" (siehe unter B 9).

3.5 Bedienungsteil.

1. Bediengerät BG 22. Das Gerät enthält:

- den Netzschalter mit Kontrolllampe,
- die Tastensteuerung der Betriebszustände,
- die Umschalttaste für Fremd- und Eigensteuerung,
- die Umschalttaste für automatisches Halt bei Übersteuerung,
- eine zentrale Übersteuerungslampe, die leuchtet, wenn irgend ein Verstärker auch in parallel geschalteten Rechnern übersteuert ist,
- und schließlich die Meßanordnung für Übersichtsmessungen und Kompensationsmessungen.

Die Bedienungszustände sind folgende:

"Pot" : Potentiometereinstellung mit Kompensationseinrichtung
(alle Summenpunkte der Summiernetzwerke sind geerdet.)

Bei Tastendruck an einem Potentiometer wird dies mit der Kompensationseinrichtung oder einem Digitalvoltmeter verbunden).

"Anf" :Die Integrierer nehmen Anfangsbedingungen an.

"Rechn":Die Integrierer rechnen (eventuell nach Maßgabe der im Zeitgeber ZG 22 eingestellten besonderen Rechenarten).

"Halt" :Die Integrierer sind in Speicherstellung.

Die Meßeinrichtung hat folgende Betriebsarten:

Wahlschalter in den Stellungen Netz -10 bis +15: es kann festgestellt werden, ob die notwendigen Betriebsspannungen vorhanden sind. In Stellung "Messen" können über die Buchsen M Spannungen bis 15 V bzw. 1,5V gemessen werden, wobei der Zeigerausschlag nach rechts positive Spannungen anzeigt. In der Stellung "Komp" ist die Kompensationseinrichtung eingeschaltet, bzw. hat das Meßgerät höchste Empfindlichkeit (es ist gegen Überlastung durch eine Diode geschützt). Die Kompensationseinrichtung arbeitet mit dem Präzisionspotentiometer und positiver oder negativer Referenzspannung (schwarzer Schalter in Stellung +E bzw. -E). Das Signal muß über die Buchsen M oder beim Potentiometereinstellen durch Knopfdruck beim Potentiometer eingegeben werden. Beim Potentiometereinstellen muß der Wahlschalter auf +E stehen. Steht der Spannungswahlschalter auf 0 hat das Meßgerät maximale Empfindlichkeit, und zwar 10 mV/Skalenteil und kann zum Nullen der Verstärker dienen.

Das Bediengerät BG 22 hat schließlich noch zwei Buchsen F, über die die automatische Federabhebung eines X-Y-Schreibers gesteuert wird.

2. Zeitgeber ZG 22.

Der Präzisions-Zeitgeber ZG-22 dient zur automatischen Steuerung des Tisch-Analogrechners GTE 22.

Ein Vorwahlschalter im Zeitgeber bestimmt die Rechenart, während der Start der Rechnung durch die Taste "Rechnen" im Bediengerät BG-22 ausgelöst wird.

Die automatischen Rechenarten sind im einzelnen:

Repetierendes Rechnen: Die Integratoren des Rechners durchlaufen periodisch die Betriebszustände "Anfangswert" und "Rechnen".

Iterierendes Rechnen: Vom Zeitgeber wird ein Zyklus "Anfangswert", "Rechnen", "Halten" laufend wiederholt. Mit einer besonderen Integrator-Steuerleitung, die auf dem Programmierfeld des GTE 22 zur Verfügung steht, können Integratoren während der Halteperiode Werte aufnehmen und über die folgenden Anfangswert- und Rechenperioden speichern. Dies ermöglicht die Übernahme von errechneten Werten aus einem Zyklus in den nächsten.

Rechnen mit Halt: Der Rechner wird nach Ablauf der eingestellten Rechenzeit automatisch in den Betriebszustand "Halten" versetzt. Es können dann einzelne Werte gemessen und auch Programmänderungen vorgenommen werden. Bei Druck auf eine Taste "Weiter" wird die Rechenzeit um das gleiche Intervall fortgesetzt.

Bei allen automatischen Rechenarten kann die Rechenzeit in zwei Dekaden exakt eingestellt werden. Die "Anfangswert"- und "Halte"-Zeiten sind fest vorgegeben. Dabei sind folgende Kombinationen möglich:

Rechenzeit 1 ... 100 s
Anfangswert- und Haltezeit 1 s

Rechenzeit 0,1 ... 10 s
Anfangswert- und Haltezeit 0,1 s

Genauigkeit der Rechenzeit: $0,1\% \pm 1,5 \text{ ms}$.

Für eine kontinuierliche Einstellung der Rechenzeit kann ein Potentiometer zugeschaltet werden.

Eine exakt lineare Sägezahnspannung, die während der eingestellten Rechenzeit den Bereich -10 V +10 V durchläuft, steht an einer Frontplatten-Buchse zur Verfügung und kann z.B. zur Ablenkung von Oszillographen verwendet werden. Eine weitere Buchse dient zur Helltastung von Oszillographen.

3. Verstärkeranwahlschalter AS 22.

In diesem Schalter können alle Verstärker (1a bis 11b) ausgewählt werden. Ferner wird hier gegebenenfalls ein Digitalvoltmeter angeschlossen (weiße Buchse; schwarze Buchse ist Masse).

4. Funktionsgeber-Einstellgerät FGE.

Das Gerät FGE dient zur Erleichterung der Einstellung variabler Funktionsgeber und stellt praktisch einen steifen Spannungsteiler dar, mit dem die Knickpunktspannungen für die Funktionsgeber vorgegeben werden können.

B. Bedienungsanleitung.

1. Inbetriebnahme.

- Ab Werk sind die Rechner für Anschluß an 220 V Wechselspannung eingestellt.
- Netzteil des ersten Rechners an geerdete Schukosteckdose anschließen. Alle weiteren Rechner und Zusatzgeräte an ungeerdete Steckdosen anschließen (Erdschleifen!). Parallelgeschaltete Rechner sind über das Parallelschaltkabel geerdet. Oszillographen u.a. über Rechnererde (schwarze Buchsen) erden.
- Betriebsartenschalter in Stellung ^{Ans.} "Pause" schalten.
- Gerät einschalten. Bei allen vorhandenen Verstärkern leuchtet die Übersteuerungslampe kurz auf und verlöscht nach ca. 2 Sekunden. Rechner ist betriebsbereit.
- Bei parallel-geschalteten Rechnern darf nur bei einem Rechner, dem Steuerrechner, die Taste "Eigen" gedrückt sein.

2. Nullung der Verstärker.

Obwohl die Verstärker extrem driftarm sind und im Werk vor dem Versand genullt wurden, sollten sie vor der ersten Inbetriebnahme, und dann alle vier bis acht Wochen, oder vor jeder Rechnung, die höchste Genauigkeitsansprüche erfüllen soll, frisch genullt werden.

Die Nullung geschieht wie folgt:

- Alle Verstärker als Summierer schalten.
- Rechner in Betriebsart "Anf" schalten.
- Meßgerätewahlschalter im Bediengerät in Stellung "Komp", und darunterliegenden Spannungswahlschalter in Stellung 0 bringen.
- Den ersten zu nullenden Verstärker über zwei Verstärker mit Faktor 10 (also insgesamt 100-fache Verstärkung) an Buchse M im Bediengerät schalten. Gegebenenfalls mit Hilfe des Anwahlschalters.
- Nullpotentiometer des ersten Verstärkers so lange mit mitgeliefertem Schraubenzieher verstellen, bis Meßgerät 0₀ anzeigt. (Gegebenenfalls kann auch ein empfindliches Röhrenvoltmeter benützt werden).
- Mit allen andern Verstärkern gleiche Prozedur wiederholen.
- Zum Abschluß die beiden Verstärker, mit denen die 100-fache Verstärkung gemacht wurde, unter Verwendung zweier anderer Verstärker nullen.
- Bei höchsten Ansprüchen kann die Nullung verbessert werden, wenn nach Nullung des ersten Verstärkers dieser mit dem ersten Hilfsverstärker für die 100-fache Verstärkung vertauscht wird.

- Sollen einzelne Integrierer für Sonderaufgaben kurzzeitig extrem driftfrei arbeiten, sind diese als Integrierer zu schalten, der Betriebsartenschalter in Stellung "Rechn" zu schalten, und nach Verstärkung die Nullpotentiometer der Integrierer so zu verstellen, daß die Ausschlags-Geschwindigkeit des Meßgerätes 0 wird.

3. Vorbereitung der Programmierung auf dem Rechner.

Der Analogrechner EA 22 kann durch äußere Beschaltung nicht beschädigt werden. Es kann also jede Buchse mit jeder anderen verbunden werden. Vor allem die Verstärker, die Potentiometer und die Referenzspannungsquellen sind kurzschlußsicher. Bei letzteren bricht im Kurzschlußfall die Spannung zusammen (elektronische Sicherung) und kommt nach Beendigung des Kurzschlusses sofort wieder.

Schaltfehler sind selbst von versierten Analogrechenfachleuten kaum vermeidbar. Um die Fehlermöglichkeiten zu begrenzen, sollten zunächst folgende Vorbereitungen getroffen werden:

- Alle Rechenverstärker sollten mit den benötigten Netzwerken beschaltet sein (Abschnitt A 3).
- Insbesondere sind durch Austauschen mit eventuell vorhandenen Zusatzeinheiten die gewünschten Gesamtbestückungen eines jeden Rechners herzustellen, wobei man auch bei auswechselbaren Steckbrettern die Platten in der gleichen Reihenfolge und in der gleichen Art wie im Rechner austauschen sollte.
- Nicht zuletzt sollte man die freien Potentiometer, die nicht als solche benötigt werden, erden.
- Bei allen Integrierern sind die Buchsen r mit R zu verbinden, außer bei den Integrierern, die im iterierenden Betrieb speichern sollen.
- Beim Aufstellen der Schaltung sollte man möglichst darauf achten, daß weitgehend mit Kurzschlußsteckern und immer mit möglichst kurzen Kabeln so gesteckt wird, daß vom Problem her eng zusammengehörende Teile dicht beieinander liegen und möglichst wenig Kreuzungen von Kabeln entstehen.

Übersichtliches Programmieren erleichtert das Arbeiten erheblich!

4. Integrationskonstanten einstellen.

Durch Umstecken eines Steckers (Abschnitt A 3) kann an jedem Integrierer zwischen zwei Integrationskondensatoren und damit zwei Integrationskonstanten gewählt werden. Ist auch nur bei einem der Integrierer

die Konstante $K = 1 \text{ s}^{-1}$ (Kurzschlußstecker verdeckt die Zahl 1) gewählt, muß beim Zeitgeber der Zeitkonstantenschalter in Stellung $x 10$ stehen, da in dieser Stellung beim Repetieren die Pausenzeit 1 s beträgt, und nur dann die großen Integrierkondensatoren Zeit haben, exakt ihre Anfangsbedingungen anzunehmen.

5. Potentiometer einstellen (mit Kompensationseinrichtung).

Achtung: Vor einem Multiplizierer, Funktionsgeber oder irgendeinem anderen Schaltungsteil mit nichtlinearem Eingangswiderstand darf nie ein Potentiometer geschaltet werden. Andernfalls entstehen erhebliche Rechenfehler.

- Betriebsartenschalter in Stellung "Pot".
- Wahlschalter im Bediengerät in Stellung "Komp".
- Spannungswähler auf +E.
- Gewünschten Koeffizienten am Potentiometer im Bediengerät einstellen.
- Am gewünschten Potentiometer Taste drücken und "Pot" so lange verstellen, bis Meßinstrument 0 anzeigt.
- Nach Einstellen des Koeffizienten Potentiometer mit Feststellhebel gegen unabsichtliches Verstellen festlegen.

6. Potentiometer einstellen (mit Digitalvoltmeter).

- Rechner in Stellung "Pot".
- Digitalvoltmeter an schwarze und weiße Buchse am Verstärkeranwahlschalter anschließen.
- Wahlschalter im Bediengerät nicht in Stellung "Komp", sondern in irgendeiner anderen.
- Am gewünschten Potentiometer Taste drücken und "Pot" so lange verstellen, bis Digitalvoltmeter gewünschten Koeffizienten anzeigt.
- Nach Einstellen des Koeffizienten Potentiometer mit Feststellhebel gegen unabsichtliches Verstellen festlegen.

7. Funktionsgeber einstellen.

- Der Funktionsgeber wird zum Einstellen herausgezogen.
- Der Einstelleinschub wird an seine Stelle eingesteckt und der Funktionsgeber wiederum in diesen eingesteckt. Jetzt sind alle Einstellpotentiometer bequem zugänglich. Der Schalter am Funktionsgeberhilfseinschub schaltet den Ausgang des Funktionsgebereinstellgerätes FGE intern direkt an den Eingang X des Funktionsgebers so, daß $f(x)$ wie gewünscht eingestellt werden kann.

- $f(x)$ muß beobachtet bzw. gemessen werden. Dies ist entweder mit Hilfe des Verstärkeranwahlschalters ($f(x)$ befindet sich immer am Ausgang des a-Verstärkers), oder in Stellung "Pot" über die Buchse DVM bequem möglich.

8. Zeitgeber einstellen

Der Zeitgeber ZG 22 besteht aus einem Integrier- und Komparator-Netzwerk nebst genauem dekadischen Spannungsteiler. Bei allen Rechenarten, außer in Stellung Dauerrechnen, sind dabei die Verstärker 11a und 11b beteiligt.

Beim Umschalten des Zeitgebers im Verhältnis 1:10 wird die Rückführung des Verstärkers 11a kurzzeitig geöffnet (ein anderer Integriererkondensator wird verwendet) und der Verstärker übersteuert. Man sollte deshalb diese Umschaltung in der Betriebsart "Anf" vornehmen.

Die Repetierzeit kann mit dekadischen Schaltern exakt eingestellt werden. Zwischenwerte können unter Zwischenschaltung eines Potentiometers zwischen die Buchsen 1 und 2 im Zeitgeber erhalten werden.

- Normalerweise sind die Buchsen 1 und 2 kurzgeschlossen (Kurzschlußstecker) - .

9. Iterierendes Rechnen.

Auf dem Analogrechner EA 22 können Iterationsrechnungen automatisch durchgeführt werden. Es ist hierzu die Rechenart "Iterierendes Rechnen" vorgesehen. In der Stellung "Iterierendes Rechnen" durchläuft der Zeitgeber immer folgenden Zyklus : Anfangsbedingungen - Rechnen - Halt - Anfangsbedingungen usw.

Jeder Integrierer besitzt zur Steuerung der Rechenarten zwei Relais, das H-Relais und das R-Relais (Abb.9.1). Die gezeichnete Stellung ist die Anfangsbedingungstellung und gleichzeitig Ruhestellung der Relais.

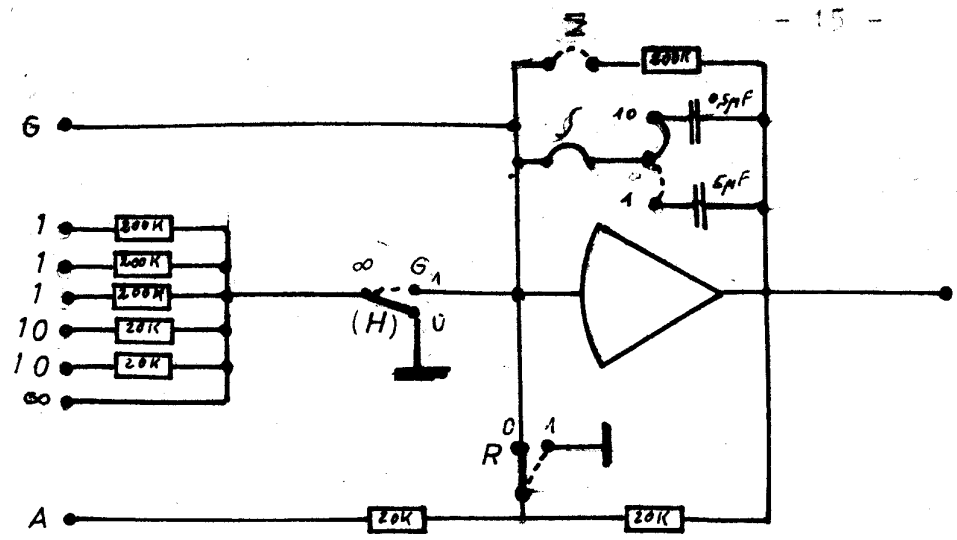


Abb. 9.1

Die nachstehende Tabelle, in der eine 1 den erregten Zustand und eine 0 den Ruhezustand der Relais angeben, gibt eine Übersicht über die Relaisstellung bei den drei Grundrechenstellung der Integrierer.

	H	R
Rechnen	1	1
Halten	0	1
Anf.	0	0

Im EA 22 sind insgesamt 4 Steuerleitungen für die Integriererrelais vorhanden, und zwar die Leitungen h und r für die "normalen" Integrationsschaltungen und s und p.

h und r sind auf den Operationseinheiten der Integrierer so angeordnet, daß sie durch Kurzschlussstecker leicht mit den Buchsen H und R verbunden werden können. Insbesondere wird die H-Verbindung durch den Doppelfunktionsstecker bei der Stellung "Integrieren" hergestellt. s und p sind auf den festen Buchsenleisten zu finden. Für die Stellungen "Dauerrechnen", "Repetierendes Rechnen" und "Rechnen mit Halt" gibt die folgende Tabelle den Schaltzustand der vier Leitungen an, wobei eine 1 bedeutet, daß ein an die jeweilige Leitung angeschlossenes Relais erregt wird.

	h	r	s	p
Rechnen	1	1	0	1
Halten	0	1	1	1
Anf.	0	0	0	0

In der Stellung "Iterierendes Rechnen" ist p in allen Rechenphasen erregt, außer bei gedrückter Anf.-Taste.

Werden bei Iterationsaufgaben speichernde Integrierer benötigt, so werden bei den betreffenden Speicherintegrierer die Buchsen H mit s und R mit p verbunden. Folgende Tabelle gibt den Schaltzustand der Relais beim iterierenden Rechnen für die Speicherintegrierer wieder.

Rechenphase	Operation	H	R
Anf.(gedr.)	Anf.	0	0
Rechnen	Halten	0	1
Halten	Rechnen	1	1
Pause	Halten	0	1

In der Stellung "Pause" nehmen die "normalen" Integrierer Anfangsbedingungen an. Diese Stellung wird am Rechner durch Aufleuchten der nichtgedrückten Anf.-Taste gekennzeichnet.

Der speichernde Integrierer muß nach Abb. 9.2 geschaltet werden.

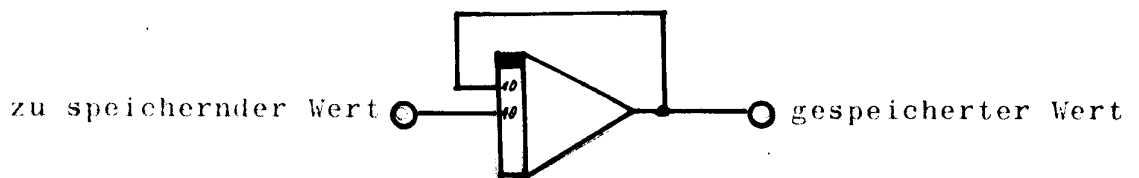


Abb. 9.2

10. Ausschalten des Rechners.

Der Netzschalter darf zu jedem Zeitpunkt und in jeder Betriebsart betätigt werden.

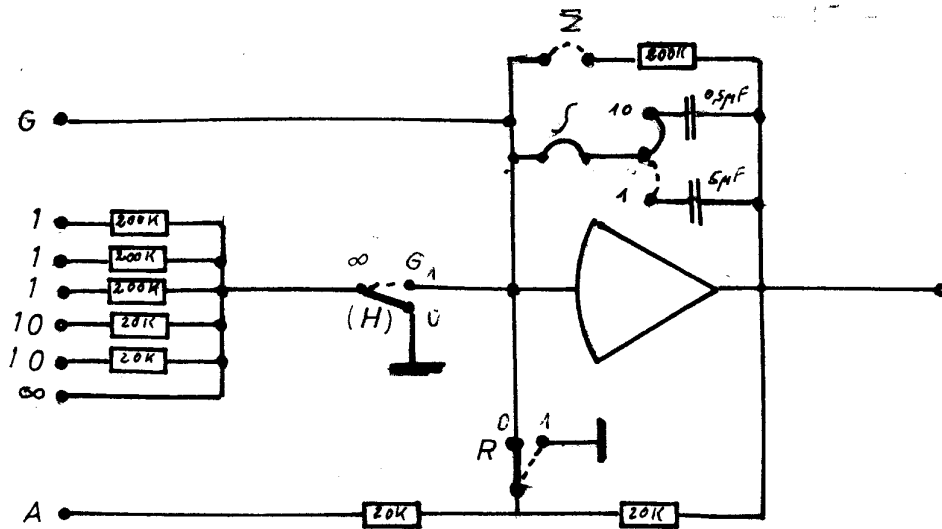


Abb. 9.1

Die nachstehende Tabelle, in der eine 1 den erregten Zustand und eine 0 den Ruhezustand der Relais angeben, gibt eine Übersicht über die Relaisstellung bei den drei Grundrechenstellung der Integrierer.

	H	R
Rechnen	1	1
Halten	0	1
Anf.	0	0

Im EA 22 sind insgesamt 4 Steuerleitungen für die Integriererrelais vorhanden, und zwar die Leitungen h und r für die "normalen" Integrations-schaltungen und s und p.

h und r sind auf den Operationseinheiten der Integrierer so angeordnet, daß sie durch Kurzschlußstecker leicht mit den Buchsen H und R verbunden werden können. Insbesondere wird die H-Verbindung durch den Doppelfunktionsstecker bei der Stellung "Integrieren" hergestellt. s und p sind auf den festen Buchsenleisten zu finden. Für die Stellungen "Dauerrechnen", "Repetierendes Rechnen" und "Rechnen mit Halt" gibt die folgende Tabelle den Schaltzustand der vier Leitungen an, wobei eine 1 bedeutet, daß ein an die jeweilige Leitung angeschlossenes Relais erregt wird.

	h	r	s	p
Rechnen	1	1	0	1
Halten	0	1	1	1
Anf.	0	0	0	0

In der Stellung "Iterierendes Rechnen" ist p in allen Rechenphasen erregt, außer bei gedrückter Anf.-Taste.