

Belangen eines Lehrbuches am ersten gerecht wird, da er den Leser instand setzt, eigene Wege im Literaturstudium wie im Entwurf zu gehen.

Zur Auswahl der herangezogenen Konstruktionen sei gesagt, daß neben didaktischen Gründen nur äußere Gegebenheiten in der mehr oder weniger voll-

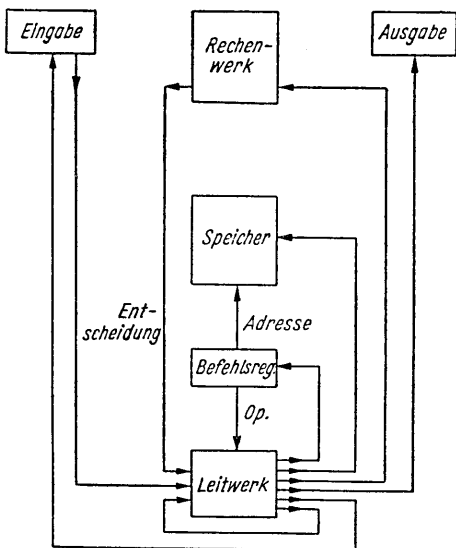


Abb. 77. Wege der Steuersignale

Anlagen erläutert, Ergänzungen werden in zwei weiteren Abschnitten gegeben, die aber ebenfalls keine Vollständigkeit anstreben.

16. Dreiadreß-Parallel-Automat auf Relaisbasis: Oprema

Die Anlage läuft synchron von einem mechanischen Impulsgeber gesteuert. Es sind somit die einzelnen Vorgänge fest an einen zeitlich gesteuerten Planablauf gebunden. Die Eingabe des Programms und der Zahlen erfolgt über Stecktafeln, die aus Kontaktsätzen aufgebaut sind, wie sie in der Fernsprechtechnik Verwendung finden. Eingeführte Stecker greifen dabei mechanisch an den Kontaktsätzen an, schließen und öffnen die zugeordneten Kontakte.

Die logische Verknüpfung, Register und Speicher sind aus polarisierten Relais mit zwei stabilen Lagen aufgebaut. Die Tatsache, daß diese keinen Haltestrom benötigen, vereinfacht die Anlage, hält die elektrische Leistungsaufnahme niedrig und läßt eine Rechnung auch nach zwischenzeitlichem Netzausfall ungestört ihre Fortsetzung finden. Um Verzweigungen und Vereinigungen (Knotenbildungen) im Netzwerk zu erreichen, obwohl nur eine Kontaktebene im Relais vorhanden ist, werden bis zu drei Erregerspulen benutzt. Den dadurch bedingten transformatorischen Verkopplungen der Kreise ist durch Gleichrichter

entgegenzutreten. Bei der niedrigen Arbeitsfrequenz der Relais von 100 bis 150 Hz genügen hierbei Selengleichrichter.

Um einem Verschleiß der Relaiskontakte vorzubeugen, wird durch ein Dreiphasen-Impulsverfahren ein lastfreies Umschalten der Kontakte gesichert, so daß auch nach jahrelangem Betrieb keine bemerkbaren Abnutzungen eingetreten sind. Die Gesamtheit der 16 626 Relais der Doppelanlage ist auf die drei Phasen aufgeteilt. Jedes Relais ist dabei dem logischen Ablauf entsprechend einer der drei Phasen spulenseitig zugeordnet und kontaktseitig der zyklisch folgenden.

Relaisgruppe	Zugeordnete Phase	
	spulenseitig	kontaktseitig
1	I	II
2	II	III
3	III	I

Fügt man in diese aus Relaiskontakten und Relaispulen nach ihrer Gruppenzugehörigkeit aufgebauten Netzwerke noch Schalter oder Steckkontakte zur Eingabe der Zahlen und des Programms sowie noch Bedienungsschalter für Start und Erreichung eines eindeutigen Anfangszustandes hinzu, schließlich noch die Spulen der Zugmagnete einer elektrischen Schreibmaschine und Glühlampen zur Anzeige, so werden nach Bedienen des Startschalters erstmalig die Impulse etwa der Phase I durch das Netzwerk der Relaisgruppe hindurch auf die Empfängerspulen der Relaisgruppe 1 einwirken. Dadurch werden eventuelle Umschaltungen im Kontakt Netzwerk der Gruppe 1 eintreten. Die Impulse der Phase II werden sodann über dieses Netzwerk hinweg auf die Spulen der Gruppe 2 wirken und damit in das Netzwerk der Gruppe 2 eingreifen. Dieses wird dann von den Impulsen der Phase III gelesen, was zum Beschreiben der Relaisgruppe 3 führt. Die jetzt wieder folgenden Impulse der Phase I finden damit das Kontakt Netzwerk der Relaisgruppe 3 in einem anderen Zustand vor als beim erstenmal. So kommt ein zeitlich-logischer Ablauf in Schritten in Gang, der auch Schreibmaschine und Anzeigelampen einbezieht.

Bei der Aufgliederung der Gesamtstruktur in einzelne logische Schritte lassen sich bestimmte Geber- und Empfängerelemente zu einem engeren Kreis zusammenfassen, z. B. in Register und Weichen. Der Rechenablauf wird darin bestehen, daß Inhalte einzelner Register auf bestimmten Wegen transportiert werden, auf diesem Transport in gegenseitige logische Verknüpfungen treten und schließlich in einem anderen Register wieder gespeichert werden. Man könnte nun das sinnvolle Nacheinander im Ablauf der einzelnen Kreise dadurch erreichen, daß man die Einspeisung der zugeordneten Impulse durch Schalter vornimmt, die mit einer der Arbeitsfrequenz entsprechenden Geschwindigkeit ein- und auszuschalten wären. Diese Schalter sind ebenfalls in Form von Relais als „Kraftverstärker“ den einzelnen Kreisen zugeteilt. Die rein zeitliche Funktion schließlich wird von einem eindimensionalen Schaltgebilde aus Relais, der

„Führungskette“, ausgeführt. Diese Führungskette enthält der logischen Struktur entsprechend Verzweigungs- und Vereinigungsstellen, die wieder aus anderen Stellen der Führungsketten heraus vorgesteuert werden. Jedes Relais der Führungskette hat dabei drei Aufgaben zu erfüllen, wenn es aus dem normalen Zustand, den im allgemeinen die Relais der Führungsketten haben, erregt worden ist.

1. Es muß diesen Zustand der Erregung auf das folgende Relais der Kette übertragen, wobei diese Übertragung unter Umständen über ein Weichenrelais geschehen kann, das aus einer Funktionsgruppe zuvor gestellt wurde.
2. Es muß nach rückwärts in der Relaiskette eine Löschung des Erregungszustandes schaffen, ohne dabei aber seine eigene Erregung zu gefährden. Somit muß dieser Griff nach rückwärts über ein Relais hinweg auf das zweitvorhergehende vor sich gehen.
3. Es muß alle Kraftverstärker der Gruppen erregen bzw. löschen, die im folgenden Schritt ihre Gruppen in Funktion setzen, bzw. eine derartige seitherige Tätigkeit nicht mehr fortsetzen sollen.

Auf diese Weise läuft durch das vermaschte Netz der eindimensionalen Führungsketten eine Erregungswelle, die dem Zeitplan entsprechend in das Funktionsnetz eingreift und dort den Informationsfluß in paralleler Form vor sich gehen läßt.

Eine in sich geschlossene Kette aus 6 Relais läßt nach Einschaltung der Anlage die Erregungswelle in sich kreisen (Abb. 78). Durch Bedienung einer Starttaste kann der Operateur in den Ablauf eingreifen — dies geschieht zwangsläufig synchronisiert — und die Schaltwelle aus diesem Bereitschaftsring in die eigentliche Führungskette einlaufen lassen. Hier liest sie dem Stand einer Zählkette entsprechend die zugehörige Zeile der Programmtafel und überträgt den Inhalt dieser Steckzeile in das Befehlsregister. Die Zählkette selbst wird um eine Einheit weiter gestellt. Durch das darauf erfolgende Lesen des Befehlsregisters wird dem Operationsanteil des Befehls entsprechend die Operationspyramide so vorgesteuert, daß die Schaltwelle aus der anfänglich gemeinsamen Kette in die der betreffenden Operation individuell zugehörigen Operationskette einläuft. Entsprechend der 1. und 2. Adresse werden aus dem Relaispeicher oder aus den Zahleneingabetafeln die beiden Operanden in entsprechende Eingangsregister geholt und nun im Rechenwerk der Operation gemäß verarbeitet. Das im Resultatregister einlaufende Ergebnis wird sodann nach der 3. Adresse hin abgespeichert, nachdem es zuvor normiert worden ist. Die Schaltwelle selbst läuft dann durch eine Endkette, von der aus notwendige Löschungen besorgt werden, um den normalen Ausgangszustand der Anlage wieder zu erreichen. Im Fall eines Druckbefehls gabelt sich die Schaltwelle. Einmal läuft sie in die langsamer arbeitende Druckkette ein, die die Entschlüsselung und die Steuerung der Schreibmaschine besorgt, außerdem wieder in die gemeinsame Anfangskette. Hier beginnt sie mit dem nächsten Zyklus. Da der mechanische Druckvorgang der elektrischen Schreibmaschine relativ langsam vor sich geht, können

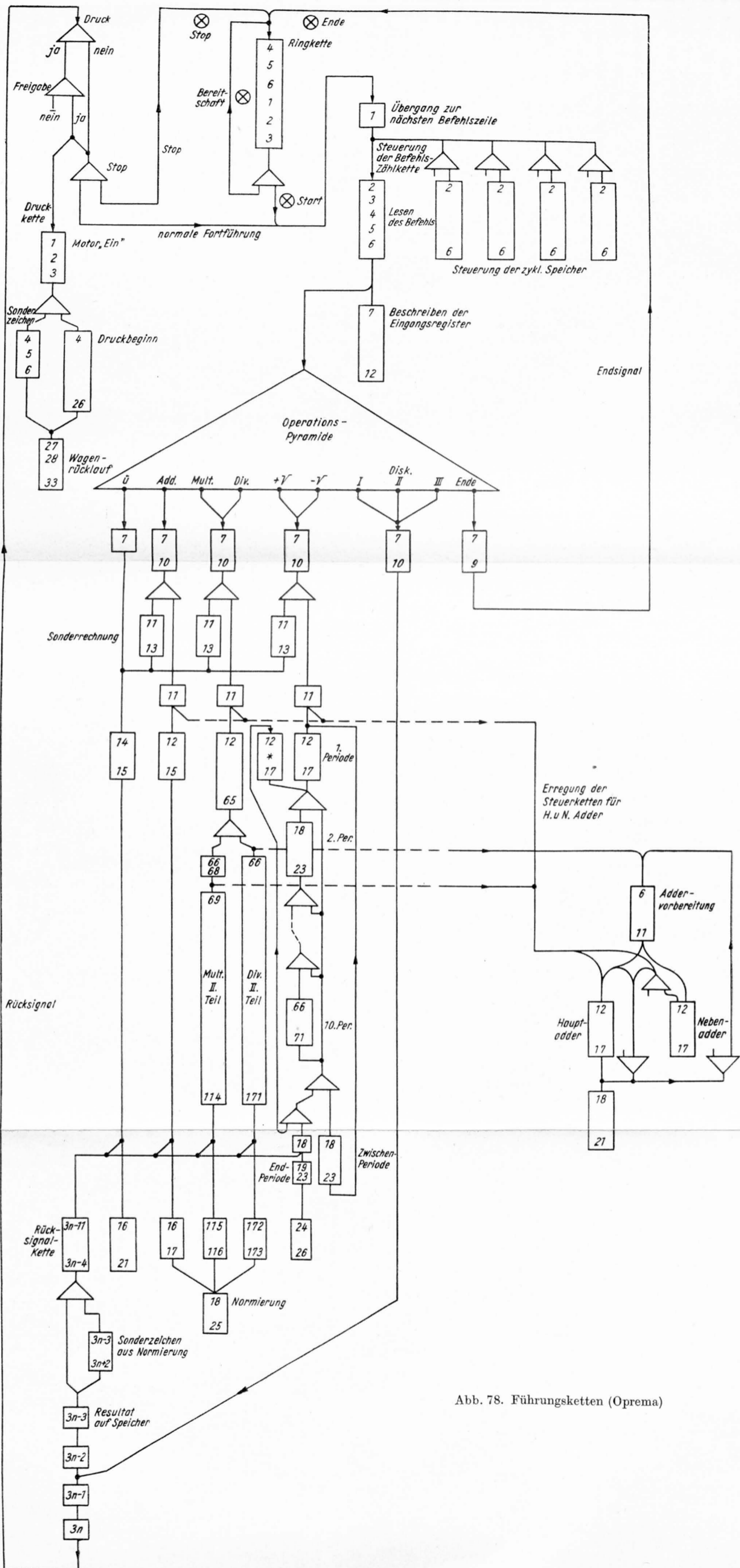


Abb. 78. Führungsketten (Oprema)

Druckbefehle schneller aufeinander folgen, als die Schreibmaschine abarbeiten kann. Es ist daher vorgesehen, daß bei jedem Druckbefehl die Schaltwelle vor Einlauf in die Druckkette prüft, ob die Schreibmaschine frei ist, wenn nicht, sich selbst sowie den Einlauf zum nächsten Zyklus so lange sperrt, bis ihrer periodisch wiederholten Anfrage die freigebende Antwort der Druckkette zuteil wird.

Der Automat arbeitet im **Dezimalsystem** mit **gleitendem Komma**, wobei die **achtstellige Mantisse** ihrem Betrag nach gleich oder größer 1 und kleiner 10 ist und durch **acht Tetraden** in **Dreizeiß-Verschlüsselung** dargestellt wird. Eine **Tetrade** in direkter Verschlüsselung nimmt den **Dezimalexponenten** auf, der damit dem Betrag nach mit **15** begrenzt ist. Je eine Dualstelle ist für das Vorzeichen der Mantisse und des Exponenten bestimmt. Zu diesen 38 Dualstellen tritt noch eine **39.**, die als **Sonderzeichen** zusammen mit jeweils einer Stelle aus der 36. bis 38. **Null, Unendlich** und **Unbestimmt** darstellen läßt. Die 39 Felder einer Steckzeile führen im ungesteckten Zustand positive Vorzeichen und dezimale Nullen ein. **Tetradenstecker**, kombiniert aus langen und kurzen Steckerstiften in einer ihrem Dezimalwert entsprechenden Weise, schalten eingesteckt die Kontaktsätze der Tetrade auf den Schlüsselwert der betreffenden Dezimalziffer um, **Einzelstecker** führen **negative Vorzeichen** ein. Bei der Eingabe können die Zahlen unnormiert gesteckt werden, die **Zwischenresultate** jeder Operation werden dagegen automatisch so **normiert**, daß die erste vor dem Komma stehende Ziffer der Mantisse von Null verschieden ist, wenn nicht ein Sonderzeichen auftritt. Jede Bereichüberschreitung und jede aus dem Reellen herausführende Rechnung führt automatisch zu den **Sonderzeichen**, die als numerische Symbole in **jede weitere Rechnung eingehen können** und dementsprechend die weiteren Resultate beeinflussen.

Der Druck der elektrischen Schreibmaschine umfaßt die Dezimalziffern 0 bis 9 für Mantisse und Exponent, die Vorzeichen sowie die Symbole **u** für unendlich und **i** für unbestimmt.

Entsprechend einer 5stelligen dritten Adresse sind $2^5 = 32$ Speicherregister zu je 39 Relais vorhanden. Erste und zweite Adresse sind dagegen je 6stellig vorgesehen, da neben den 32 Speicherregistern, die maschinenseitig „gelesen“ und „beschrieben“ werden können, noch **32 Adressen** vorhanden sind, die der Maschine das „Lesen“ der **Eingabezahlen** ermöglichen. Dieser Zahleneingabe stehen zunächst **28 Steckregister** zur Verfügung, die jeweils einer Adresse zugeteilt sind. Jeder der vier restlichen Adressen ist ein besonderer Block von je 80 Steckregistern zugeteilt. Die Adresse eines solchen Blocks führt nun durch Vermittlung einer Zählkette analog der Programmzählkette beim ersten Auftreten zu einem bestimmten auf dem Pult zu Anfang vorwählbaren Register aus den 80 Steckregistern, bei jedem folgenden Auftreten zu dem darunter liegenden Register, wobei sich an das letzte wieder das erste anschließt.

Diese **zyklischen Speicher**, die durch zusätzliche Kabelverbindungen sich auch zu jedem kleineren Zyklus wie zu beliebigem Sprung bringen lassen, übernehmen für den Automaten die sonst üblichen Adressenänderungen, die in ihm

nicht durchführbar sind, da das Programm nur in den Stecktafeln realisiert ist und somit keinem „Beschreiben“ aus der Maschine heraus zugänglich ist.

Der sechsstellige Operationsteil eines Befehls nimmt in seiner letzten Stelle als Zusatzkommando „Drucken des Teilergebnisses“ auf, wobei das Resultat unabhängig davon unter der dritten Adresse abgespeichert wird.

Die erste Stelle des Operationsteils wählt zwischen algebraischer Summe und allen übrigen Operationen aus. Im Falle einer algebraischen Summe geben die 2. und 3. Stelle nähere Angaben, wie der erste Summand aus der unter der ersten Adresse zu erreichenden Zahl gebildet wird; entsprechende Angaben zum zweiten Summanden machen 4. und 5. Stelle. Es ist durch die 2. bzw. 4. Stelle ein beliebiges Rechenzeichen $+$ oder $-$ unabhängig von dem speziellen Vorzeichen der Zahlen zu wählen, während durch die 3. bzw. 5. Stelle die Wahl des absoluten Betrags an Stelle des relativen möglich wird. So kann beispielsweise in einer Operation „algebraische Summe“ die Rechnung

$$-(a) + |b| \Rightarrow c$$

erreicht werden, wenn die Operanden a und b mit ihren Vorzeichen aus den Registern gemäß erster und zweiter Adresse entnommen werden und das Resultat c unter der dritten Adresse abgespeichert werden soll. Zu den übrigen Operationen gehören als Dreiadreßoperationen Multiplikation und Division, als Zweiadreßoperationen Quadratwurzelziehen und Übertragung von einem in ein anderes Register, schließlich noch drei Entscheidungsoperationen, die auf nur eine Adresse zurückgreifen und prüfen, ob die dadurch festgelegte Zahl einer gewissen Kategorie angehört oder nicht. So gibt die eine Entscheidungsoperation die Möglichkeit, den Automat prüfen zu lassen, ob eine positive Zahl vorliegt oder nicht, eine andere, ob die Zahl eine exakte Null (Sonderzeichen) ist oder nicht, die dritte, ob Unendlich vorliegt oder nicht.

Eine bejahende Antwort führt dann zur Ausführung eines „bedingten Sprungs“. Ein völlig leerer Operationsteil führt schließlich zum Stop. Während normalerweise infolge des Arbeitens der Zählkette nach Ausführung einer Instruktion die darunterliegende Befehlszeile des aus 300 Zeilen bestehenden Programmspeichers gelesen wird, kann durch zusätzliche Kabelverbindungen eine beliebige andere Zeile unbedingt oder nach einer Entscheidungsoperation bedingt an deren Stelle treten.

Vom Bedienungspult aus kann der Ablauf des Programms wie der zyklischen Speicher an Lampenfeldern überwacht und eventuell auch beeinflußt werden. Zusätzliche Steckbuchsen am Pult geben noch gewisse Erweiterungen der Befehle durch programmierten Stop und Strukturanweisungen an die Schreibmaschine. Schalter gestatten willkürlichen Stop, der die noch laufende Operation zu Ende führen läßt, um sodann Befehl, Operanden und Resultat der letzten Operation an weiteren Lampenfeldern darstellen zu können. Schalter für Wiederholung des letzten Schrittes und für schrittweisen Ablauf dienen der Kontrolle der Rechnung wie auch der Prüfung neuer Programme. Schalter für Allesdruck oder völlige Druckunterbindung erleichtern diese Arbeiten.

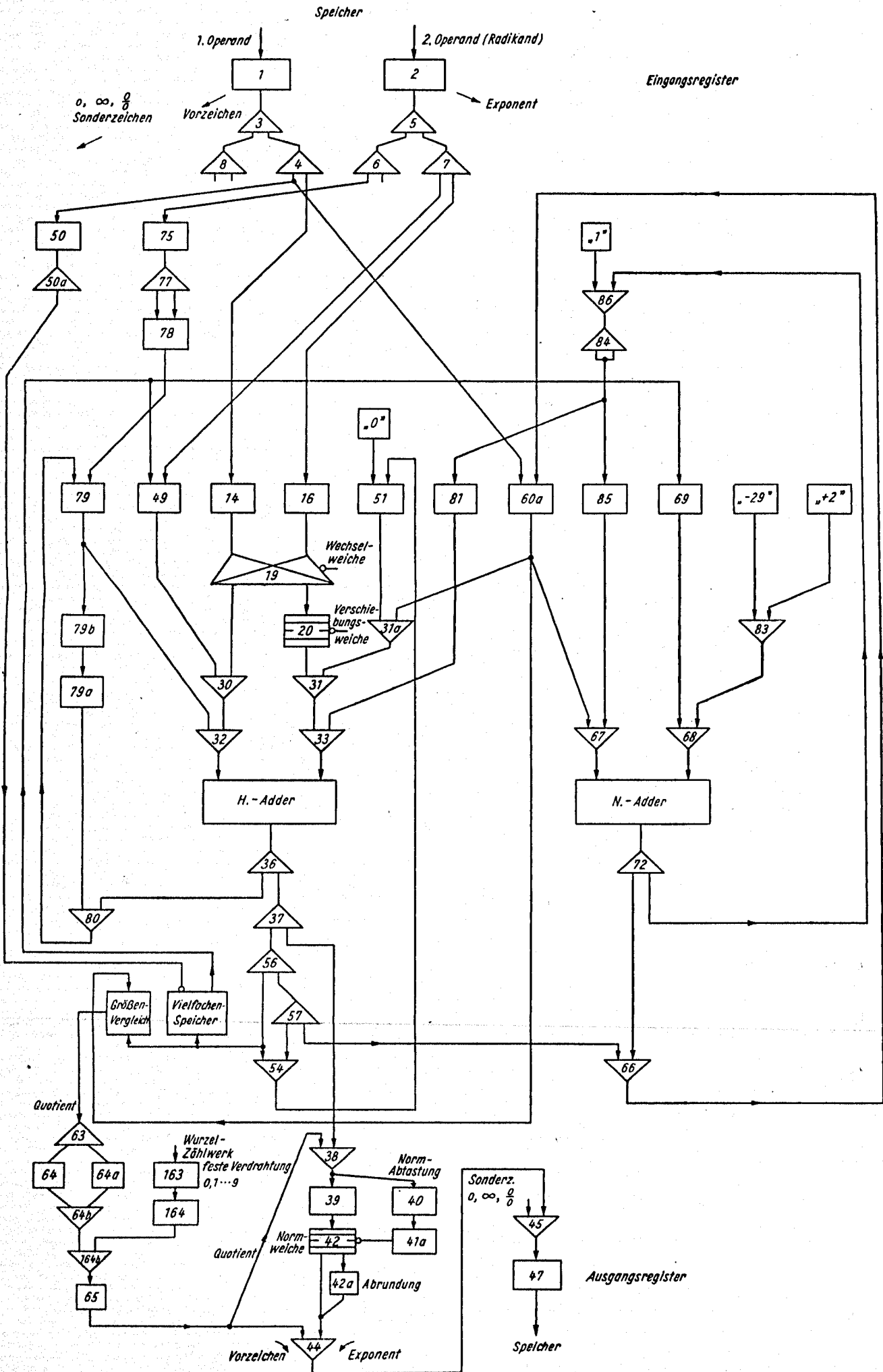


Abb. 79. Mantissen-Rechenwerk (Opema)

Die Anlage besitzt neben dem Exponentenadder einen Haupt- und einen Nebenadder für die Mantisse. Der Nebenadder wird für die Berechnung der Quadratwurzel benötigt und beschleunigt den Ablauf der Division. Haupt- und Nebenadder haben gleiche Struktur. In einem dualen Paralleladdierwerk werden die in den Summandenregistern stehenden dual verschlüsselten Dezimalzahlen wie echte Dualzahlen addiert, wobei ein Überlauf in der höchsten Stelle als Übertrag in die niedrigste Stelle eingreift und es ermöglicht, negative Zahlen durch ihr Neunerkomplement einzuführen. Die in einem Zwischenregister eingelaufene korrekturbedürftige Dualsumme wird in jeder Tetrade einem vierstelligen Korrekturadder zugeführt, in den die sich je nach einem eventuellen Tetradenüberlauf ergebende Korrektur gemäß der Dreieixeß-Verschlüsselung einläuft. Das korrigierte Resultat wird in einem Resultatregister aufgefangen. Haupt- und Nebenadder arbeiten im Rhythmus von 6 Takten. Um den unterschiedlichen Operationen gerecht zu werden, liegen vor den Summandenregistern des Haupt- und Nebenadders eine Reihe von Relaisregistern und festverdrahteten Registern (Abb. 79). Die beiden Eingangs- und das Ausgangsregister schließen das Rechenwerk an den Speicher an. Neben einigen weiteren Hilfsregistern enthält das Rechenwerk den aus neun Registern bestehenden Vielfachenspeicher, an den sich ein dualer zweistelliger Größenvergleicher anschließt. Die Transportwege zwischen den einzelnen Registern des Rechenwerks führen über eine Vielzahl von Weichen, die eine Auswahl der Wege, Auswechslung der Zahlen und Stellenverschiebung ermöglichen.

1. Algebraische Summe

Die aus dem Speicher entnommenen Summanden stehen in den beiden Eingangsregistern 1 und 2. Die Vorzeichen und die Exponenten a, b werden von den die absoluten Werte tragenden Mantissen A, B getrennt. Dabei vereinigen sich die Vorzeichen mit den Operationsangaben der algebraischen Summe (Rechenzeichen und Relativ- bzw. Absolutzeichen) zum kombinierten Vorzeichen. Die Mantissen A, B laufen über die Weichen 3 und 4 für a bzw. 5 und 7 für b in die Register 14 und 16. Die Exponenten gelangen in den Exponentenadder. Hier wird die Differenz der Exponenten a und b gebildet. Das Vorzeichen von $a-b$ steuert die Wechselweiche 19, der Betrag $|a-b|$ entsprechend dem 1-, 2-, 4-, 8fachen die aus vier hintereinanderliegenden Weichen bestehende Verschiebungsweiche 20. Damit können die in den Registern 14 und 16 stehenden absoluten Beträge A und B über die kombinierten Vorzeichen hinweg gelesen werden und über Wechselweiche nach der Größe der Zahlen so gelenkt werden, daß die Mantisse, die zum größeren Exponenten gehört, direkt über die Weichen 30 und 32 in das eine Summandenregister des Hauptadders einläuft. Die Mantisse, die zum kleineren Exponenten gehört, wird dagegen über die Verschiebungsweiche 20 geführt, so daß sie entsprechend dem Wert $a-b$ nach rechts verschoben in das zweite Summandenregister des Hauptadders einläuft.

Die Mantisse der algebraischen Summe gelangt dann aus dem Hauptadder über die Weichen 36, 37, 38 in die Normierungsgruppe 39 und 40. Hier wird die

Anzahl der wesentlichen Dezimalnullen erfaßt und die Normierungsweiche 42 entsprechend gestellt. Zugleich findet eine eventuell nötige Abrundung der abgestoßenen Ziffern statt. Zugleich mit dieser Normierung der Mantisse läuft eine entsprechende Exponentenkorrektur in den Exponentenadder, der jetzt zum zweitenmal durchlaufen wird, wobei das im ersten Durchlauf erhaltene Vorzeichen von $a-b$ den größeren Exponenten in den Exponentenadder einlaufen läßt und ihn hier um die Exponentenkorrektur erhöht. Der endgültige Exponent vereinigt sich in 44 mit Mantisse und Vorzeichen und gelangt dann über das Vorzeichen gelesen über 45 nach dem Ausgangsregister 47, das damit die Mantisse wieder in absoluter Form trägt.

2. Übertragung

Hier wird der im Eingangsregister 1 befindliche Wert über Weiche 3, 8 und 45 direkt in das Ausgangsregister überführt. Entsprechende Wege sind für die algebraische Summe vorgesehen, wenn ein Summand Null ist.

3. Multiplikation

Der im Eingangsregister 1 befindliche Operand wird dabei als Multiplikator, der andere als Multiplikand verwendet. Die Multiplikatormantisse gelangt über 3 und 4 in das Register 50, das über 50a die Tetraden einzeln im 2. Teil der Multiplikation zur Steuerung des Vielfachenspeichers weitergibt. Der Multiplikand läuft aus 2 über 5 und 7 nach Register 49, das mit dem Register 51 zusammen den Hauptadder speist. Dabei hat Register 51 anfänglich eine Null in allen Tetraden empfangen, im weiteren übernimmt es die Akkumulationen des Hauptadders über 36, 37, 56, 54, die zugleich über 56 in die nacheinander aufgerufenen Register des Vielfachenspeichers gelangen. Am Ende des 1. Teils der Multiplikation tragen die entsprechenden Register des Vielfachenspeichers das Einfache bis zum Neunfachen des Multiplikanden. Im 2. Teil der Multiplikation ruft die niedrigste Tetrade des Multiplikators aus Register 50 das entsprechende Register des Vielfachenspeichers auf, so daß das zugehörige Vielfache nach Register 49 abgegeben wird und dort mit dem anfänglich wieder auf Null gestellten Register 51 die Akkumulation der von den nachfolgenden Multiplikator-Tetraden aufgerufenen Vielfachen des Multiplikanden beginnt.

Die dabei nötige Verschiebung um eine Stelle nach rechts wird über die Weiche 57 erreicht.

Das Produkt wird somit nur in den acht wesentlichen Stellen akkumuliert und dann über 37, 38 usw. nach 47 gebracht. Im Exponentenadder wird die zunächst gebildete Exponentensumme im zweiten Durchlauf noch um eine eventuell aus der Normierung anfällig gewordene Exponentenkorrektur erhöht. Das Vorzeichen des Resultates wird in einfachster Weise aus den Vorzeichen der beiden Eingangszahlen gebildet. Die Zusammenfügung zur vollen Zahl erfolgt wieder in 44.

4. Division

Der erste Teil der Division verläuft analog dem ersten Teil der Multiplikation. Der Divisor wird aus dem Eingangsregister 2 nach Register 49 übertragen und bildet mit dem Register 51, das den anfänglichen Wert Null erhält, im wiederholten Adderdurchlauf seine Vielfachen, die im Vielfachenspeicher festgehalten werden. Diese Vielfachen werden mit den beiden bedeutsamsten Tetraden zusätzlich in den auf zwei Dezimale abgekürzten Registern des Größenvergleichers gespeichert. Der Dividend, der in das Eingangsregister 1 gebracht wurde, wird über 3, 4 nach Register 60a übertragen (daß er zugleich auch in das Register 50 einläuft, spielt keine Rolle). Vom Register 60a, das anfänglich den Dividenten trägt, in späteren Schritten den jeweiligen Divisionsrest erhält, gehen drei Wege aus: Zwei führen zum Haupt- und Nebenadder, der dritte auf zwei Dezimalen beschränkte zum zweiten Eingang des Vergleichers. Hier wird der Divident (Rest) in seinen beiden wesentlichen Stellen mit den entsprechenden Stellen der gespeicherten Vielfachen des Divisors verglichen. Infolge der Beschränkung auf zwei Stellen kann die Aussage des Größenvergleichers hinsichtlich der wesentlichen Stellen eine Zweideutigkeit hinsichtlich der vollen Größen in sich tragen: Der Divisor, der in seiner vordersten Dezimale infolge der Normierung eine der Ziffern 1 bis 9 besitzt, wird als Einfaches im Vergleich mit einer Null und dieser Ziffer vertreten. Seine weiteren Vielfachen werden sich dann zumindest um eine Einheit der zweiten Stelle voneinander unterscheiden.

Der abgekürzte Größenvergleich wird so durchgeführt, daß der Divident (Rest) mit dem 1- bis 8fachen des Divisors in den beiden wesentlichsten Stellen verglichen wird und dabei die alternative Frage gestellt wird, ob das m -fache kleiner als der Rest ist oder nicht. Für jedes der 8 abgekürzten Register ist ein Empfängerrelais vorhanden, das die Antwort des betreffenden Registers aufnimmt. Durch Abfragen dieser Reihe von Empfängerrelais, beginnend mit dem zum Einfachen gehörigen, wird entweder ein erstes zu finden sein, das die Antwort „abgekürztes Vielfaches nicht kleiner als abgekürzter Rest“ trägt, oder alle acht geben die Auskunft „abgekürztes Vielfaches kleiner als abgekürzter Rest“.

Im ersten Fall kann das Vielfache — es sei das m -fache — selbst gleich oder größer als der Rest sein, das vorhergehende Vielfache ist aber sicher kleiner als der Rest. Damit steht für die Quotientenziffer m oder $m - 1$ zur Frage. Im zweiten Fall ist damit bekannt, daß auch das Achtfache noch kleiner als der Rest ist, über das Neunfache ist dann keine Aussage bekannt. Zur Entscheidung der in jedem Fall offenen Frage wird im Hauptadder das höhere Vielfache vom Rest subtrahiert, im Nebenadder gleichzeitig das niedere. Das Vorzeichen des neuen Restes im Hauptadder entscheidet dann, welche Ziffer in den Quotienten abzugeben ist und mit welchem neuen Rest der Rechengang fortgesetzt werden muß.

Das letztere geschieht über die Weiche 66, die aus den vom Haupt- bzw. Nebenadder kommenden Zahlen die passende zum Register 60a freigibt. Beim Lesen des Größenvergleichs sind vorsorglich auch die Ziffern m und $m - 1$

aufgefangen worden (64, 64a), so daß das entscheidende Vorzeichen des neuen Restes im Hauptadder daraus die passende auswählen (Weiche 64b) und in 65 den Quotienten aufbauen kann. Dieser wird dann über 38 zur Normierung gebracht. In 44 fügt sich der Mantisse der im Exponentenadder berechnete und eventuell korrigierte Exponent sowie das Vorzeichen aus dem Vorzeichenrechner bei.

5. Berechnung der Quadratwurzel

Der im Eingangsregister 2 befindliche Radikand wird über 5, 6 nach Reg. 75 übertragen. Der abgelöste Exponent steuert die Weiche 77 so, daß bei geradem Exponenten der Radikand ohne Verschiebung, bei ungeradem Exponent dagegen um eine Stelle nach rechts verschoben aus Register 75 nach Register 78 transportiert werden kann. Von hier aus wird der Radikand in Doppeltetraden schrittweise in das Register 79 gebracht und dort dem vorigen Rest in den beiden niedrigsten Stellen passend angehängt. Zu Anfang trägt das Register 79 Nullen.

Das zur Anwendung kommende Verfahren¹⁾ beruht auf der Beziehung

$$\sum_{k=1}^n (2k-1) = n^2.$$

Im Nebenadder wird die Folge der ungeraden ganzen Zahlen mit 1 beginnend durch fortgesetzte Addition von 2 gebildet. Die anfängliche 1 läuft über 86 84 nach Register 85 und 81. Im Nebenadder bilden nun 82 b („2“) mit 85 über die Weichen 72 86 84 die fortgesetzte Akkumulation, wobei die so gebildeten ungeraden Zahlen zugleich auch in das Register 81 (in komplementierter Form) für den Hauptadder gegeben werden. Im Hauptadder schiebt das Register 79 die ersten beiden Radikandenziffern in den Hauptadder, der davon die in 81 stehende 1 (in niedrigster Stelle) subtrahiert. Über 36 und 80 fließt der Rest nach 79 zurück. Ist dieser Rest positiv, schließt sich der zweite Schritt an: Es wird von dem in 79 stehenden Wert der inzwischen vom Nebenadder gebildete und in 81 abgegebene Wert 3 subtrahiert und der neuerliche Rest wieder nach 79 gegeben. Das Verfahren wird in Haupt- und Nebenadder so lange fortgesetzt, wie das Vorzeichen des Restes im Hauptadder positiv ist. Bei Auftreten eines negativen Vorzeichens wird die von einem Zählwerk erfaßte Anzahl der Schritte um 1 vermindert, als Ergebnisziffer aus der festen Verdrahtung 163 nach Register 65 gegeben, wo das Resultat aufgebaut wird.

Da im Hauptadder der letzte positive Rest für die weitere Fortsetzung des Verfahrens benötigt wird, wurde stets der Rest aus 79 in das Hilfsregister 79b gegeben, wenn er zur Verarbeitung in den Hauptadder geschickt wurde. Von hier aus kann er nun über 79a und die Weiche 80 um 2 Stellen nach links verschoben nach 79 zurückgeholt werden. Aus 78 fügen sich die beiden nächsten Tetraden des Radikanden an. Im Nebenadder ist die Bildung der ungeraden Zahlenfolge mit dem Erreichen eines ersten negativen Vorzeichens am Rest

¹⁾ In Abschnitt 14 beschrieben.

des Hauptadder aber um zwei Schritte zu weit getrieben worden: Das erste negative Vorzeichen des Restes im Hauptadder besagt doch, daß die aus Register 81 benutzte ungerade Zahl um eine Stufe 2 zu groß ist; die parallel ablaufende Tätigkeit des Nebenadders hat nun nochmals 2 addiert, so daß bei Auftreten des negativen Vorzeichens im Hauptadder vom Nebenadder eine um 4 zu große ungerade Zahl nach 81 gebracht wird.

Ist n^2 die höchste Quadratzahl, die nach Rückstellung des Restes im Hauptadder vom Radikanden subtrahiert wurde, so ist die letzte ungerade Zahl, die noch einen positiven Rest im Hauptadder hinterließ, $2n-1$ gewesen. Der erste negative Rest im Hauptadder ist durch Subtraktion von $2n+1$ entstanden. Während dieses Schrittes hat der Nebenadder schon $2n+3$ als ungerade Zahl nach Register 81 gebracht.

Die weitere Bestimmung der Quadratwurzel hat aber mit dem Versuch zu beginnen, ob sich $(10n+1)^2 = 100n^2 + 20n + 1$ vom Radikanden subtrahieren läßt.

Da nach Rückstellung des Restes im Hauptadder und der Linksverschiebung um 2 Stellen bis dahin $100n^2$ subtrahiert wurden, müßte das Verfahren mit der Subtraktion von $20n+1$ fortgesetzt werden.

Im Register 85 und 81 steht aber zunächst $2n+3$ bereit. Durch Verschiebung um eine Stelle nach links entsteht daraus $20n+30$, so daß sich eine Zwischenkorrektur von -29 erforderlich macht. Während des Rückgriffs auf den letzten positiven Rest, seiner Linksverschiebung um zwei Stellen und der Ergänzung durch die beiden nächsten Tetraden des Radikanden im Hauptadder, wird im Nebenadder die überzogene ungerade Zahl um eine Stelle nach links verschoben und die Korrektur -29 aus 82 angebracht. Damit erhalten Register 85 und 81 den für Fortsetzung des Verfahrens nötigen Wert.

Da sich infolge des normierten Radikanden auch der Quotient wieder normiert ergibt, wird der in 65 aufgebaute Wurzelwert direkt nach 44 gegeben, wo er mit dem um eine Dualstelle nach rechts unter Abstoßung einer eventuell hintersten Eins und dem aus dem Operationsbefehl $+ \sqrt{\quad}$ bzw. $- \sqrt{\quad}$ entnommenen Vorzeichen zum Resultat verschmolzen wird.

6. Sonderzeichen und Bereichüberschreitungen

Wenn in den Eingangsregistern ein Sonderzeichen auftritt, wird die normale Rechnung durch Weichenstellung auf Übertragung oder Sonderrechnung geführt. Das jeweilige Resultat einer Sonderrechnung wird dann über Weiche 45 direkt auf das Ausgangsregister gegeben.

In entsprechender Weise wirken sich Bereichüberschreitungen nach oben wie unten bei der Normierung aus.

7. Abrundung

Die bei der Normierung eventuell nötig werdende Abrundung wird so durchgeführt, daß die letzte mitgeführte Tetrade unverändert bleibt, wenn sie eine

Null oder ungerade Dezimalziffer darstellt, daß sie dagegen um eine Einheit erhöht wird, wenn sie eine gerade Dezimalziffer darstellt und die erste weggelassene Dezimalziffer von Null verschieden ist.

17. Elektronische Zweiadreß-Parallel-Maschine: M 3

Als Beispiel einer ausgeführten Zweiadreß-Maschine mit innerem Programm und paralleler Arbeitsweise werde die sowjetische Konstruktion M 3, eine elektronische Kleinrechenmaschine, in ihren wesentlichen Zügen erläutert.

Die Eingabe des Programms wie der Zahlen erfolgt von Lochband, wie dieses in der Fernmeldetechnik angewendet wird. Außer einer dem Streifentransport dienenden Lochreihe sind fünf Lochreihen zur Aufnahme der Informationen bestimmt. Die einzelne Information wird als fünfstellige Dualzahl von einem quer zur Bewegungsrichtung des Bandes stehenden Satz von fünf Abtastbürsten gelesen und von einem elektronischen Eingaberegister, das aus fünf Triggerzellen aufgebaut ist, übernommen.

Die Codierung ist so gewählt, daß die Eingabe sowohl im Dezimal- wie auch im Oktalsystem erfolgen kann. Prinzipiell ist für den Operationsschlüssel und die beiden Adressen das Oktalsystem gewählt, so daß zwischen Eingabe und Verarbeitung keine Umrechnung stattzufinden braucht. Die Verwendung des Dualsystems hätte demgegenüber den Nachteil, infolge der dreimal größeren Stellenzahl für jede Information und infolge der größeren Eintönigkeit der Zeichen 0 und 1 wesentlich höhere Ansprüche an Gedächtnis und Konzentration, an Schreib-, Lese- und Sprechtechnik des menschlichen Operateurs zu stellen. Auch bietet das Zählen, das sich während der Aufstellung des Programms bei der Adressenzuteilung notwendig macht, kaum Unbequemlichkeit. Beispielsweise folgen der Adresse 3775 die Adressen 3776, 3777, 4000, 4001 usw.

Während die erste Stelle durch eine 1 zur Charakterisierung einer Zahl bzw. eines Vorzeichens dient in Unterscheidung von Bandinstruktionen, die an dieser Stelle eine 0 tragen, werden die weiteren vier Stellen zur direkten Dualverschlüsselung der Dezimalziffern 0, 1, . . . , 9 verwendet. Für die Vorzeichen + bzw. - werden auf dem Band nach der 1 in der ersten Stelle die Dualzahlen 14 bzw. 15 verwendet, die in ihrer letzten Stelle 0 bzw. 1 tragen und damit der einstelligen Darstellung entsprechen, mit der die Vorzeichen in der Maschine verarbeitet werden.

Die Oktalziffern 0, 1, . . . , 7 werden auf dem Band in gleicher Weise wie die entsprechenden Dezimalziffern dargestellt, in der Maschine dagegen nur in dreistelliger Form verarbeitet, die eine eindeutige Zuordnung gewährleistet.

Die folgende Abb. 80 gibt die Darstellung der Zahlen und Vorzeichen auf dem Band und ihre Verwendung in der Maschine. Außerdem sind die Zeichen für einige Bandinstruktionen wiedergegeben.

Die Eingabe kann von Hand über das Steuerpult schrittweise oder laufend erfolgen, sie kann aber auch automatisch vor sich gehen, wobei die Steuerung

ELEKTRONISCHES RECHNEN UND REGELN

Herausgegeben von

Prof. Dr. HANS FRÜHAUF · Dr. WILHELM KÄMMERER
Prof. Dr. HELMUT WINKLER

BAND 1

ZIFFERNRECHENAUTOMATEN

von

Dr. WILHELM KÄMMERER



AKADEMIE · VERLAG · BERLIN

1960

ZIFFERNRECHENAUTOMATEN

von

Dr. WILHELM KÄMMERER

JENA

Mit 156 Abbildungen



AKADEMIE - VERLAG · BERLIN

1960

Alle Rechte vorbehalten
Copyright 1960 by Akademie-Verlag GmbH, Berlin
Erschienen im Akademie-Verlag GmbH, Berlin W 1, Leipziger Str. 3—4
Lizenz-Nr. 202 · 100/690/60
Gesamtherstellung: Druckhaus „Maxim Gorki“, Altenburg
Bestellnummer: 5356
Printed in Germany
ES 20 K 3