



---

**Title:** Patentanmeldung Z391  
**Author(s):** Konrad Zuse  
**Date:** 1941  
**Published by:** Konrad Zuse Internet Archive  
**Source:** Document - ZIA ID: 0229

---

The Konrad Zuse Internet Archive preserves and offers free access to the digitized original documents of Konrad Zuse's private papers and to other related sources.

The Konrad Zuse Internet Archive is a nonprofit service that helps scholars, researchers, students and other interested parties discover, use and build upon a wide range of content in a digital archive. For more information about the Konrad Zuse Internet Archive, please contact [zusearchive@zib.de](mailto:zusearchive@zib.de).

---

Your use of the Konrad Zuse Internet Archive indicates your acceptance of the Terms & Conditions of Use (<http://zuse.zib.de/tou>) including the following license agreement. If you do not accept the Terms & Conditions of Use you are not permitted to use the material.

This work by Konrad Zuse Internet Archive is licensed under a  
Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported License  
(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>).  
Based on a work at <http://zuse.zib.de>



**Attribution (BY)** - You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor (but not in any way that suggests that they endorse you or your use of the work). Attribute with "Konrad Zuse Internet Archive (<http://zuse.zib.de>)".

**Noncommercial (NC)** - You may not use this work for commercial purposes.

**Share Alike (SA)** - If you alter, transform, or build upon this work, you may distribute the resulting work only under the same or similar license to this one.

The usage of this document requires the consideration of possible third party copyrights, and might necessitate obtaining the consent of the copyright holder. The Konrad Zuse Internet Archive assumes no liability with respect to the rights of third parties. The Konrad Zuse Internet Archive is not responsible for the claims of any third party resulting from any infringement of copyright laws.

GBD 005/011 Z 391

Patentanmeldung Z 391 (1941)

## Rechenvorrichtung.

Vorliegende Erfindung bedeutet die Kombination zum grösstenteil bekannter Einzelvorrichtungen zu einem Aggregat, das ermöglicht, häufig wiederkehrende Rechnungen beliebiger Länge und beliebigen Aufbaues, die sich aus elementaren Rechenoperationen zusammensetzen, mit Hilfe von Rechenmaschinen selbsttätig durchzuführen.

Bevor auf die konstruktiven Probleme eingegangen wird, soll das Problem mathematisch dargestellt werden. Voraussetzung für jede Art der auszuführenden Rechnung ist die Aufstellung eines Rechenplanes, in dem die aufeinanderfolgenden Rechenoperationen dem Charakter und der Reihe nach aufgezeichnet werden, und die in Verlauf der Rechnung auftretenden Zahlen fortlaufend nummeriert oder nach einem anderen Schema geordnet werden, ohne sie zunächst der Grösse nach zu bestimmen. Man geht von bestimmten "Ausgangswerten" aus, die den Variablen einer Formel entsprechen und leitet aus diesen durch bestimmte Operationen über eine Reihe von Zwischenwerten die Resultatwerte ab. Ist für eine bestimmte Aufgabe ein solcher Rechenplan einmal aufgestellt, so gilt er für sämtliche Variationen der Ausgangswerte.

Das Verfahren wird nachstehend an einem Beispiel erörtert. Wir wollen den Rechenplan für eine dreistellige Determinante aufstellen

$$\triangle = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

Wir haben neun Ausgangswerte. Um nicht für die in Lauf der Rechnung auftretenden Zahlen dauernd neue Buchstaben

= 2 =

treten den Werte fortlaufend mit  $V_1, V_2 \dots$  (Variablen)  
bezeichnet:

$$\Delta = \begin{vmatrix} V_1 & V_2 & V_3 \\ V_4 & V_5 & V_6 \\ V_7 & V_8 & V_9 \end{vmatrix}$$

Rechenplan- (Entwurf)

- |               |                       |   |   |               |
|---------------|-----------------------|---|---|---------------|
| Operation 1.) | $V_1 \cdot V_5$       | = | V | 10            |
| 2.)           | $V_{10} \cdot V_9$    | = | V | 11            |
| 3.)           | $V_2 \cdot V_6$       | = | V | 12            |
| 4.)           | $V_{12} \cdot V_7$    | = | V | 13            |
| 5.)           | $V_3 \cdot V_4$       | = | V | 14            |
| 6.)           | $V_{14} \cdot V_8$    | = | V | 15            |
| 7.)           | $V_1 \cdot V_6$       | = | V | 16            |
| 8.)           | $V_{16} \cdot V_8$    | = | V | 17            |
| 9.)           | $V_2 \cdot V_4$       | = | V | 18            |
| 10.)          | $V_{18} \cdot V_9$    | = | V | 19            |
| 11.)          | $V_3 \cdot V_5$       | = | V | 20            |
| 12.)          | $V_{20} \cdot V_7$    | = | V | 21            |
| 13.)          | $V_{11} \cdot V_{13}$ | = | V | 22            |
| 14.)          | $V_{22} \cdot V_{15}$ | = | V | 23            |
| 15.)          | $V_{23} \cdot V_{17}$ | = | V | 24            |
| 16.)          | $V_{24} \cdot V_{19}$ | = | V | 25            |
| 17.)          | $V_{25} \cdot V_{21}$ | = | V | 26 = Resultat |

Die Durchführung der zahlenmässigen Rechnung ist eine rein mechanische Tätigkeit. Sie lässt sich von Rechenmaschinen mit folgender Zusammenstellung von Vorrichtungen durchführen:

Man verbindet die Rechenvorrichtung über ein Wählwerk mit einem Speicherwerk, das je Zelle eine Zahl aufnehmen kann. Das Wählwerk hat den Zweck, die erforderliche Speicherzelle mit der Rechenvorrichtung zu verbinden, sei es auf elektrischem oder mechanischem Wege, um entweder die gespeicherte Zahl zu einer Rechenoperation zu verwenden, oder um in der Zelle eine Zahl zu speichern. Das Speicherwerk dient zur Aufnahme der Ausgangswerte und der im Verlauf der Rechnung auftretenden Zwischenwerte.

Man hält den Rechenplan in einer Form fest, die sich zur Steuerung der einzelnen Vorrichtungen eignet, beispielsweise auf einem Lochstreifen. Der Rechenplan wird nun abschnittsweise von der Maschine abgetastet und gibt für jede einzelne Rechenoperation folgende Angaben: Die Nummern der die Operanden enthaltenden Speicherzellen; die Grundrechnungsart; die Nummer der das Resultat speichernden Zelle. Die Angaben des Rechenplanes lösen selbsttätig die erforderlichen Operationen aus.

Wir brauchen also folgende Vorrichtungen:

- 1.) Vollautomatisches Rechenwerk, z.B. eine 4-Spezial-Rechenmaschine,
- 2.) Vorrichtungen zum Speichern von Zahlen,
- 3.) Vorrichtungen zum Übertragen von Zahlen vom Rechenwerk auf das Speicherwerk und umgekehrt,
- 4.) Eine Vorrichtung zum Verbinden einer bestimmten Speicherzelle mit dem Rechenwerk (Wählwerk)
- 5.) Vorrichtungen zum Steuern der Anlage durch Lochstreifen (Abtaster)

Im einzelnen sind alle diese Vorrichtungen bekannt; ferner ist die Kombination Rechenwerk - Speicherwerk bekannt, wobei man ein beliebiges Speicherwerk (Zelle) aus den vorhandenen auswählen kann (z.B. auf einer Trommel angebrachte Zählwerke). Bekannt ist es ferner, beliebige Organe einer Rechenmaschine durch Lochstreifen oder Lochkarten zu steuern. Es sei auch auf die Anmeldung Z

z. 24062 "Mechanisches Speicherwerk" verwiesen, in der eine Kombination Wählwerk - Speicherwerk beschrieben ist.

Neu ist die Kombination der Elemente derart, dass von einem Abtaster alle Befehle an die Gesamtanlage gegeben werden, indem an das Wählwerk die Nummern der Speicherzellen, an das Speicherwerk die Angaben, ob gespeichert oder abgelesen werden soll, und an das Rechenwerk die Art der Rechenoperation gegeben wird. Mit einer derartigen Kombination ist es im Gegensatz zu bestehenden Vorrichtungen möglich, jede beliebige Formel zu rechnen, die sich aus Elementaroperationen zusammensetzt. Abbildung 1 zeigt eine solche Vorrichtung im Grundprinzip. Das Rechenwerk A ist mit dem Speicherwerk C derart verbunden, dass sowohl die Resultate des Rechenwerks auf jede beliebige Zelle des Speicherwerks, als auch die gespeicherten Zahlen auf die Einzelorgane des Rechenwerks übertragen werden können. P. ist das Planwerk mit dem Abtaster. Von hier aus werden die Operationstasten des Rechenwerks und das Wählwerk P. b. gesteuert, welches die erforderlichen Speicherzellen mit dem Rechenwerk verbindet.

Bei dem Beispiel der dreistelligen Determinante treten im Verlauf der Rechnung 26 Zahlen auf. Hat das Speicherwerk genügend Zellen, so wäre es möglich, die Zahlen, ihrer Nummer entsprechend, auf 26 Zellen zu speichern. Man kommt aber mit weit weniger Zellen aus, da viele Zahlen nicht gespeichert zu werden brauchen, sondern gleich in der Rechenvorrichtung bleiben können, und viele Zellen im Ver-

ter gebraucht werden. Es ist vorteilhaft, den Rechenplan auf Verwendung möglichst weniger Speicherzellen hin aufzubauen. Um den Rechenplan nach einem Schema hin aufbauen zu können wird eine Zahl, die zur nächsten Operation gleich in der Rechenvorrichtung bleibt, so betrachtet, als sei sie auf Speicherzelle 0 gespeichert. Der maschinenfertige Rechenplan enthält dann für jede Operation vier Angaben. Dem eigentlichen Rechenplan gehen die Befehle für die Speicherung der Ausgangswerte voraus. Am Schluss muss der Befehl gegeben werden, das Resultat anzuzeigen. Bleibt eine Zahl gleich zur nächsten Operation in der Rechenvorrichtung, so können die Takte "Speichern des Resultates" und "Heranbringen des ersten Operanden zur nächsten Rechnung" ausfallen.

#### Maschinenfertiger Rechenplan.

Es bedeuten :      Sp 1      Speichern auf Zelle 1  
                          Ab<sub>1</sub>      Ablesen von Zelle 1  
                          x + -      Rechenoperationen  
                          Res.      Anzeigen des Resultats.

Befehl 1	Sp 1	Befehl 30	x
Befehl 2	Sp 2	" 31	Ab 8
" 3	Sp 3	" 32	x
" 4	Sp 4	" 33	Sp 13
" 5	Sp 5	" 34	Ab 2
" 6	Sp 6	" 35	Ab 4
" 7	Sp 7	" 36	x
" 8	Sp 8	" 37	Ab 9
" 9	Sp 9	" 38	x
" 10	Ab 1	" 39	Sp 14
" 11	Ab 5	" 40	Ab 3
" 12	x	" 41	Ab 5
" 13	Ab 9	" 42	x
" 14	x	" 43	Ab 7
" 15	Sp 10	" 44	x
" 16	Ab 2	" 45	Sp 15
" 17	Ab 6	" 46	Ab 10
" 18	x	" 47	Ab 11
" 19	Ab 7	" 48	÷
" 20	x	" 49	Ab 12
" 21	x	" 50	x

Befehl	25	Ab	8	Befehl	54	:
"	26	"	"	"	55	Ab 15
"	27	Sp	12	"	56	"
"	28	Ab	1	"	57	RES.
"	29	Ab	6			

Der Rechenplan wird als Lochstreifen in die Abfühlvorrichtung von P ( Abbildung 1 ) eingesetzt, und bewirkt nach Eintasten der Ausgangswerte im Rechenwerk den selbsttätigen Ablauf der Gesamtrechnung.

Das bisher Gesagte betrifft im Wesentlichen eine Grundform, die sich aus gebräuchlichen Mitteln aufbauen lässt. Die gestellte Aufgabe ist aber durch folgende Neuerungen bzw. neue Kombinationen besonders vorteilhaft zu lösen :

Da die Maschinen längere Rechnungen selbsttätig ausführt, kann man menschliche Gewohnheit übergehen und das einfachste Zahlensystem wählen. Bereits Leibniz hat als einfachstes System die Dyadik, das System mit der Basis 2, erkannt. Diese Erkenntnis gilt selbstverständlich auch für Rechenmaschinen. Der Gedanke, Rechenmaschinen im Sekundalsystem zu bauen, ist nicht neu. Jedoch hat es wenig Sinn, Rechenmaschinen, die der dauernden Wartung bedürfen, im Sekundalsystem zu bauen, da die Veranschaulichung der Zahlen ihre dauernde Übersetzung in das Dezimalsystem bedingt, wodurch der Vorteil der einfacheren Operationen des Sekundalsystems wieder aufgehoben wird. Die Kombination des oben beschriebenen Verfahrens mit dem Sekundalsystem bedeutet jedoch einen wesentlichen Fortschritt, eine Arbeitsgemeinschaft, die gegenseitig die praktische Durchführung beider Methoden ermöglicht. Die Zahlen sind " unter sich " :

abgeleitet werden, ohne dass eine einzige Zahl in das Dezimalsystem übersetzt zu werden braucht.

Für die Durchführung des vorliegenden Verfahrens ist ferner grundlegend die Komma-Kennzeichnung. Die bekannten Maschinen sind nur in der Lage, Zahlen zu verarbeiten, die in Bezug auf das Komma ausgerichtet sind. Bei technischen Rechnungen handelt es sich aber um ständig wechselnde Operationen zwischen Grössen verschiedenster Dimension und Grössenordnung. So können Grössen, wie Wärmeausdehnungszahl  $\epsilon = 0,000012$  und Elastizitätsmodul  $E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$  in derselben Formel vorkommen. Es ist sinnlos, den gesamten Stellenbereich für jede Zahl zu verwenden, wenn die meisten Ziffern gleich Null oder unbekannt sind. Die Speicherwerke wären sehr umfangreich und nur teilweise ausgenutzt. Die Schwierigkeit lässt sich durch die "halblogarithmische Schreibweise" beheben. Die Zahl wird in der Form geschrieben:  $y = B^a \cdot b$ , wo  $B$  die Basis des benutzten Zahlensystems  $a$  ganzzahlig, und  $b$  grösser als 1 und kleiner als  $B$  ist. Im Sekundalsystem und halblogarithmischer Schreibweise wird z.B. die Zahl 12,75 wie folgt dargestellt:

$$\begin{aligned} 12,75 &= 8 + 4 + 0,5 + 0,25 \\ &= 2^3 + 2^2 + 2^{-1} + 2^{-2} = LL00,LL \\ &= 10^{LL} \cdot L, L00LL = 2^a \cdot b \\ &\quad a = LL \\ &\quad b = L, L00LL \end{aligned}$$

(Um Verwechslungen zu vermeiden wird bei Sekundalzahlen die Ziffer 1 geschrieben L.)

Kunmehr können die konstruktiven Einzelheiten besprochen



Einstellung und Übertragung der Zahlen beispielsweise entsprechend der Patentschrift 580 675 erfolgen kann. Die im folgenden beschriebene Ausführung arbeitet im Sekundalsystem und halblogarithmischer Form und baut sich im wesentlichen aus Relaischaltungen auf. Als Beispiel sind die bekannten elektromagnetischen Relais gewählt. Jedoch sind entsprechende Schaltungen auch in anderer Relais-technik durchführbar ( vergl. die Anmeldungen Z 23189, Z 23967, Z 24062 ).

Es zeigt Abbildung 1 das Grundprinzip,

Abb. 2 eine Übersichtszeichnung

- " 3 das Stellenchema
- " 4 das Additionswerk ( Teil B )
- " 5 die Kontakte der E - Relais
- " 6 die Kontakte der Relais  $F_p, F_q$
- " 7 " " " "  $F_h, F_i, F_k, F_l, F_m$
- " 8 " Selbsthaltekreise der Additionswerke
- " 9 " Steuerung des Relais Bt
- " 10 " Operationseinstellung ( Teilschaltung L )
- " 11 " Steuerung der Multiplikation (Teilschaltg. M)
- " 12 " " " Division ( Teilschaltung J )
- " 13 " " " des Quadratwurzelziehens  
(Teilschaltung W)
- " 14 " " des Relais St.
- " 15 " Relaiskette der Sa - Sb Relais
- " 16 " durch diese Relaiskette bewirkten Einstellungen.
- " 17 " Schaltung der ae - Kontakte
- " 18 " " " be - Kontakte
- " 19 " Zifferneinstellung (Teilschaltung Z )

Abb. 22/23 Einzelheiten der Teilschaltung U

- " 24 die Steuerung der Rückübersetzung (Teilschaltung B)
- " 25 die Betätigung des Steuerschalters Dd
- " 26 einen Teil der Schaltung R
- " 27 die Schaltung zum Aufrunden des Resultats.
- " 28 die Resultatsanzeigevorrichtung
- " 29 das Kommaanzeigewerk (Teilschaltung Q)
- " 30 das Vorzeichenwerk (Teilschaltung V)
- " 31 das Speicherwerk (Teilschaltung C)
- " 32 Das Planwerk (Teilschaltung P)
- " 33 die Steuerung der Rechenoperation durch das Planwerk (Pa Relais)
- " 34 das Wühlwerk (Pb " )
- " 35, 36, 37 Einzelheiten der Teilschaltung P
- " 38, 39, 40, 41 die Teilschaltung N

In der Anmeldung Z 23 624 IX/42 m ist eine im Sekundalsystem arbeitende Rechenmaschine beschrieben, mit der es möglich ist, die fünf Operationen : Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division und Quadratwurzelziehen, ferner die Übersetzungen vom Dezimal- ins Sekundalsystem und umgekehrt, durchzuführen. Die beschriebene Vorrichtung ist ausserdem so aufgebaut, dass sich mit ihr Zahlen, die in halblogarithmischer Form gegeben sind, mit einander verrechnen lassen. Die Anmeldung ist auf die Probleme der eigentlichen Zahlenrechnung beschränkt, wobei offen bleibt, ob die zur Durchführung der Rechnungen erforderlichen Einstellungen an der Maschine von Hand oder ebenfalls durch maschinelle

Rechenwerk sind die Schaltungen dieser Anmeldung so ab-  
geändert und erweitert, dass das Rechenwerk nach Einstel-  
len der Operanden und der Art der Operation alle weiteren  
Einstellungen selbsttätig durchführt, sodass das Rechen-  
werk im Rahmen der beschriebenen Gesamteinlage eingesetzt  
werden kann.

Die Rechenoperationen werden in Einzeladditionen auf-  
gelöst. Die Zeit einer Einzeladdition wird als " Spiel "   
bezeichnet. Jedes Spiel hat mehrere Schritte. Ein " Schritt "   
ist die Ansprech- bzw. Abfallzeit eines Relais ( falls   
nicht abfallverzögert ). In den nachfolgenden Schaltungen   
hat jedes Spiel fünf Schritte. Die verschiedenen nachein-  
ander ansprechenden Relaisgruppen erhalten Spannung über   
einen Impulsgeber. Die Impulse sind mit römischen Ziffern   
I, II, .... usw. bezeichnet und können ein oder mehrschritt-  
tig sein. Trägt ein Pol z.B. die Bezeichnung IV V so be-  
deutet das, dass er während der Schritte IVuV an Spannung   
liegt. G bedeutet den Grundpol, der dauernd an Spannung   
liegt.

Bei vielen Relais ist der Strom der Ansprechwicklung   
schon abgeschaltet, während über die Kontakte noch wei-  
tere Relais betätigt werden. Bei diesen Relais muss das   
schnelle Abfallen verhindert werden. Erstreckt sich die   
erforderliche Haltezeit nur auf einige Schritte, so muss   
das Relais abfallverzögert sein. Muss sich das Relais   
länger halten ( z. B. über mehrere Spiele bis zum Schluss   
der Operation ), so ist ein Selbsthaltekreis erforderlich.   
Auch die kurzzeitige Verzögerung kann durch Selbsthalte-

der Anmeldung nichts zu tun und sind dem Fachmann geläufig; sie sind in den meisten Fällen der besseren Übersicht wegen aus den Schaltungen fortgelassen.

Die Gesamtschaltung ist in Teilschaltungen zerlegt, welche mit grossen Buchstaben bezeichnet sind. Die Relais sind mit einem grossen und mit einem kleinen Buchstaben bezeichnet, ( eventuell mit Index ), wobei der erste Buchstabe die Teilschaltung angibt. ( z.B. Wa ). Die durch die Relais betätigten Kontakte tragen die Bezeichnung des Relais mit kleinen Buchstaben ( z.B. wa ) Abschlüsse tragen die Bezeichnung der Relais, wenn sie direkt an Relaiswickelungen führen. Sie tragen mitunter auch die Bezeichnung von Schliesskontakten, wenn sie Spannung erhalten, sobald das zugehörige Relais angesprochen hat ( z.B. be ). Im Übrigen sind die Anschlüsse mit einem der Teilschaltung entsprechenden kleinen Buchstaben und einem Index bezeichnet. ( z. B. a72 )

Abbildung 2 zeigt die Gesamtübersicht. Wir haben die Teilschaltungen A und B zur Verarbeitung der Werte a und b mit den Verteilerrelais  $E_a - 1$  und  $F_{a-q}$ . Vom Leitwerk L aus werden die Operationen gesteuert. Bei Z werden die Ziffern eingetastet und bei K das Komma eingestellt. R ist die Resultatanzeigevorrichtung und Q die zugehörige Anzeigevorrichtung des Kommas. P ist das Planwerk mit dem Abtaster des Rechenplanes. Pa die Entschlüsselungs Relais für die an das Leitwerk L gehenden Operationsbefehle und Pb das Wählwerk zur Auswahl der Speicherzellen. C ist das

ditionswerk B achtzehnstellig. Abbildung 3 zeigt das Schema der Stellenaufteilung mit der Lage des Kommas in Teil B. Der Index der Stellen gibt die Potenz von 2 des zugehörigen Stellenwertes an. Teil A arbeitet nur mit ganzzahligen Werten. Im Teil B liegt das Komma hinter der zweiten Stelle. Die Speicherzellen umfassen für Teil A nur 7 und für Teil B nur 14 Stellen. Für die Werte  $b$  gilt die Bedingung  $1 \leq b < L_0$ , sodass die Ziffer der Stelle + 1 stets = 0 und die Ziffer der Stelle 0 stets = 1 ist und nicht gespeichert zu werden braucht. Die beiden letzten Stellen - 15 und - 16 dienen nur einer zusätzlichen Genauigkeit im Rechenwerk.

Abb. 4 zeigt die Additionsvorrichtung B. Jeder Stelle  $b_i$  ist ein Relais  $Ba_i, Bb_i, Bc_i, Bd_i, Be_i$  zugeordnet. Wir haben ferner ein Relais  $Bs$  und ein Relais  $Bt$  ( in Abb. 4 nur die Kontakte gezeichnet). Durch  $Bs$  wird die Additionsschaltung auf Subtraktion umgestellt. An der Relaisreihe  $Ba$  wird der erste und an der Relaisreihe  $Bb$  der zweite Summand eingestellt. Das Additionswerk arbeitet folgendermassen: Bei Addition ist  $Bs$  nicht eingeschaltet und die Leistung  $b_1$  und  $b_2$  liegen an Spannung. Die Relais  $Ba, Bb$  werden auf Schritt V des vorhergehenden Spiels eingeschaltet. Im Schritt I werden die Relais  $Bc$  betätigt. Sie sprechen über zwei Umschaltkontakte von  $Ba$  und  $Bb$  an, wenn die Ziffern der betreffenden Stellen verschieden sind; d.h. wenn entweder  $Ba$  an

eine Übertragung auf die nächste Stelle statt, entweder wenn beide Ziffern gleich L sind oder eine = L ( also Relais Bc angesprochen hat ) und von der vorhergehenden Stelle eine Stellenübertragung stattfindet. Dieser Zusammenhang geht aus der Zeichnung ohne weiteres hervor. Bd spricht an, wenn auf die betreffende Stelle eine Stellenübertragung stattfindet. Im Schritt III wird aus der Stellung der Relais Bc und Bd das Resultat gebildet. Die Ziffern des Resultats sind = L wenn Bc ungleich Bd ist. Die Kontakte b<sub>5</sub> sind hierbei angesprochen d.h. sie liegen anders als gezeichnet.

Beispiel : 0011011      27  
              1010110      +      86  
              1110001      113

Ba	00XX0XX
Bb	X0X0XX0
Bc	X00XX0X
Bd	0XXXX00
Be	XXX000X

" X " bedeutet, dass das betreffende Relais angesprochen ist. Bei Subtraktion ist Es eingeschaltet und es liegen die Leitungen b<sub>2</sub> und b<sub>4</sub> an Spannung. Die Subtraktion erfolgt durch Addition des Supplements. Das Supplement einer Sekundalzahl wird durch Umkehren der Ziffern gebildet, wobei in der letzten Stelle die flüchtige Eins addiert werden muss. Die Schaltung ist so aufgebaut, dass die Relais Eb bei Betätigung des Relais Bc umgekehrt wirken wie bei Addition. Die Einführung der flüchtigen Eins erfolgt

Beisp iol:      113 Ba 000X000X  
                  - 86 Bb 0X0X0X0X  
                       Bc 1X0X1X000  
                       Bd 1X00001X  
                  -----  
                  27 Be 000X101X

Ist Bt nicht angesprochen, so ist das Resultat ( Pa-Relais ) gleich dem ersten Summanden ( Ba Relais). Hierdurch wird der weiter unten besprochene blinde Kreislauf bewirkt. In der Additionsschaltung von A sind die entsprechenden Ag - Relais direkt an die Umschaltkontakte Bt angeschlossen.

Aus Abbildung 2 geht der Verlauf der Zahlen Kreislaufe hervor.

Die auf den Relais Ae<sub>0</sub> - Ae<sub>9</sub> und Be<sub>0</sub> - Be<sub>16</sub> erscheinenden Resultate der Einzeladditionen können über Schließkontakte ae<sub>0</sub>, be<sub>0</sub> und diesen zugeordnete Leitungen ae<sub>0</sub> - ae<sub>9</sub> und be<sub>0</sub> - be<sub>16</sub> abgelesen werden. Verteilerrelais Ec, Ed, Ee, Ef bewirken die Rückübertragung dieser Werte auf die Summandeneinstellrelais Aa, Ab bzw. Ba Bb. Af und Ef sind Speicherrelais ( Selbsthalterelais). Es können Zahlen von Ae über Ef auf Af und von Be über Ff auf Ef übertragen werden. Von Af und Ef können wiederum über Ea, Eb, Ec, Fa, Fb die dort gespeicherten Zahlen auf Aa, Ab, Ba, Bb übertragen werden. Die Relais Ea, Ef, Fa, Ff haben soviel Schließkontakte wie Leitungen über die geführt werden. (Beispiel: Ea, Abb.5). Werden sie betätigt, so ist die betreffende Verbindung hergestellt.

Im Teil B kann der Wert über Fp Fq mit Stellenverschie-

tragen werden. Die Schaltungen zeigen Abb. 6 und 7. An den Relais  $E_n$  bis  $F_n$  wird die erforderliche Stellenverschiebung als Sekundenzahl eingestellt, wobei  $F_n$  der untersten Stelle entspricht. Negative Zahlen werden als Suplemente dargestellt. ( $F_n = 1$ ). Dementsprechend werden sämtliche Leitungen durch  $F_n$  um eine durch  $F_1$  um 2 durch  $F_2$  um 4 durch  $F_3$  um 8 Stellen aufwärts und durch  $F_n$  um 16 Stellen abwärts geschaltet. Die Relais  $F_q$  schalten um eine Stelle aufwärts und die Relais  $F_p$  um 2 Stellen abwärts.

Vor jeder Rechenoperation steht auf  $A_f$ ,  $B_f$  der erste und auf  $A_b$ ,  $B_b$  der zweite Operand. Die  $A_f$ ,  $B_f$ ,  $A_b$ ,  $B_b$  Relais sind als Selbsterhalterelais ausgeführt und haben je eine zweite Wicklung. Die Abbildung 8 zeigt die Wicklungen der  $A_f$  und  $B_f$ -Relais, die Selbsthaltungswicklungen der  $A_b$  und  $B_b$ -Relais, und die zur Schaltung der Selbsthaltungskreise erforderlichen Relais  $A_{h_1}$ ,  $A_{h_2}$  und  $B_h$ . Die Selbsthaltungskreise der  $A_f$  und  $B_f$ -Relais werden über  $A_{h_2}$ , die der  $A_b$ -Relais über  $A_{h_1}$  und die der  $B_b$  Relais über  $B_h$  eingeschaltet. Die Relais  $A_{h_1}$  und  $A_{h_2}$  und  $B_h$  sind ebenfalls Selbsterhalterelais und können durch Betätigen der Relais  $A_i$ ,  $A_j$  und  $B_j$  gelöscht werden, womit dann auch die  $A_f$ ,  $B_f$ ,  $A_b$ ,  $B_b$  Relais abfallen. Ferner können noch die  $A_f$ -Relais direkt durch die Relais  $A_i$  und die  $B_f$ -Relais direkt durch  $B_i$  gelöscht werden, ohne dass  $A_{h_1}$  abfällt.

Abb. 9 zeigt die Steuerung des  $B_t$ -Relais.  $B_t$  ist normalerweise über die Ruhkontakte  $l_1$ ,  $l_w$  und  $l_m$  eingeschaltet. Die Schaltung wird im Einzelnen weiter unten besprochen.

Während der Rechenoperationen kann das Resultat in Teil



Teil A  $\pm$  L addiert werden. Dieser Vorgang wird durch die Relais  $B_r$  und  $B_{o1}$  bewirkt. Die Schaltung ist so aufgebaut, (Abb.4) dass bei Auftreten eines b-Wertes, grösser als 2, noch im gleichen Additionsspiel die Addition von L in Teil A stattfindet und im Anschluß an die Addition die be-Leitungen (s.S.14) sofort umgeschaltet werden. Sind die Ziffern  $B_{a0}$  und  $B_{b0}$  beide = L, so findet eine Stellenübertragung auf Stelle 1 statt. Die zum Relais  $B_{d1}$  führende Leitung hat dann Spannung. Von hier aus führt eine Leitung über einen Umschaltkontakt  $ba_1$  und einen Schließkontakt  $br$  nach  $a_{c0}$ , d.h. zur untersten Übertragungsleitung in Teil A, wodurch dort die Addition von L bewirkt wird. Bei Multiplikationen kann der Wert a bereits vor dem letzten Spiel grösser als 2 sein, d.h.  $B_{a1}$  hat angesprochen. In diesem Falle wird über den Umschaltkontakt  $ba_1$   $a_{c0}$  eingeschaltet. Wird  $B_r$  betätigt, so spricht ausser  $B_{o1}$  auch  $B_{o1}'$  an, falls das Resultat grösser oder = 2 ist.  $B_{o1}'$  schaltet über Wechselkontakte sämtliche zu den Verteilerrelais laufenden Leitungen  $be$  je eine Stelle tiefer, wodurch die Abwärtsverschiebung des b-Wertes bewirkt wird.

Jeder Operation ist ein Selbsthalterelais  $L_m, L_i, L_z$  zugeordnet, welches durch Tastendruck oder durch den Rechenplan über  $Pa$  eingeschaltet wird. (Abb.10) Im gleichen Stromkreis mit den Wicklungen der L-Relais liegt  $L_m$ . Sobald  $L_m$  angesprochen hat, werden die Ansprechwicklungen der Operationsrelais kurz geschlossen, wodurch verhindert wird, dass durch Drücken weiterer Tasten weitere Relais angesprochen. Durch  $L_z$  werden die Relais gelöscht.

Der Ablauf der verschiedenen Operationen wird durch das Leitwerk gesteuert. Dieses besteht im Wesentlichen aus Steuerschaltern und Relaisketten, die schrittweise fortgeschaltet werden und für die einzelnen Spiele die nötigen Einstellungen am Rechenwerk bewirken, z.B. die Verteilerrelais Ea ... usw. steuern.

Die Operationsrelais werden in Schritt I eingeschaltet, die Steuerschalter schalten auf Schritt II. Während der Schritte III, IV, V werden die Einstellungen für das nächste Spiel vorgenommen.

Bei Multiplikation muß in Teil A die Summe der a-Werte gebildet werden und in Teil B die eigentliche Multiplikation durchgeführt werden. Zwecks Addition der a-Werte muß der auf A2 gespeicherte Wert über Eb auf Ab übertragen werden. Durch den Steuerschalter M2 wird daher in Spiel 1 Ea eingeschaltet ( Abbildung 11). Alsdann wird der auf Ab gespeicherte Wert durch A1 gelöscht ( Spiel 2 ... Während der ganzen Multiplikation ist Eo eingeschaltet, sodass in den folgenden Spielen die Summe der a-Werte in Teil A über Aa, Ae Eo umläuft. In Teil B bleibt der zweite Faktor auf den Ub Relais eingestellt. Das Produkt wird durch Umlaufenlassen des in Laufe der Rechnung aufzubauenden Resultats über Ea, Es, Fe, Fp, Fq gebildet, wobei Fp und Fq eingeschaltet sind, sodass der Wert um eine Stelle nach rechts verschoben auf Ea eingestellt wird. Et wird während der Multiplikation durch M3 gesteuert ( s.Abb.9: M3 hat geschaltet ). Ein Arm des Steuerschalters M4 tastet während der einzelnen Spiele die Kontakte der M1-Relais ab, auf denen der Multiplikator gespeichert ist. Ist die betreffende Ziffer = 1, so spricht M4 und damit Et an.

Hierdurch wird bei Ziffer L der Multiplikand zum kreisenden Produkt dazu addiert. Das abwärtskreisende Produkt entspricht der Schlittenverschiebungen bei üblichen Rechenmaschinen, nur mit dem Unterschied, dass hier der Multiplikand stillsteht und das Resultat relativ zu ihm verschoben wird. Im letzten Additionsspiel ( 15 ) wird Er eingeschaltet und somit das Resultat in Bezug auf das Komma ausgerichtet ( Vergl. S.16 ). Im Spiel 16 wird das Resultat auf die Af und Ef Relais übertragen ( Ef Ff ). Ist das Schlusszeichen L gegeben, so fällt Im ab und die Operation ist beendet. Ferner werden noch in Spiel 1 und 2 die Maschinbefehle Aj, Al und in Spiel 16 B1 und B2 gegeben. Es ist ein Zeichen an das Planwerk P und wird weiter unten besprochen.

Bei der Division wird im Teil A die Differenz der a-Werte gebildet und im Teil B die eigentliche Division durch Subtraktion des Divisors vom Dividenden gebildet. Die Differenz der a-Werte wird entsprechend der Multiplikation durchgeführt. Im Teil B bleibt der Divisor auf dem Eb Relais eingestellt und der Rest macht einen Kreislauf über Ba Be Fe Ff Fg, wobei nur Fg eingeschaltet ist und somit der Rest um eine Stelle aufwärts verschoben auf die Ba-Relais eingestellt wird. Er wandert also aufwärts, der Divisor verschiebt sich relativ dazu abwärts. Die Et-Relais werden bei der Division so gesteuert, dass bei positiver Differenz Et eingeschaltet und bei negativer Differenz Et nicht eingeschaltet ist, so dass der Rest einen blinden Kreislauf ohne Subtraktion des Divisors ausführt. Ist die Differenz positiv, so ist die Übertragungsangabe  $b_{G1}$  ( s. Abb. 4 ) ebenfalls positiv, d.h. die liegt an Spannung, da die vor der ersten Stelle

tion geschaltet) = 1 sind. Soll das Resultat der Subtraktion positiv werden, schliessen die vor der ersten Stelle liegenden Ziffern 0 sein. Hierzu ist eine über sämtliche Stellen laufende Stellenübertragung nötig. Die Schaltung des Bt - Relais zeigt Abb. 9. Durch den Wechselkontakt 11 wird das normalerweise an den Impuls II III angeschlossene Relais Bt an den Anschluss b 61 umgeschaltet. Das Resultat wird ziffernweise, angefangen von der ersten Ziffer ( 1. Stelle vor dem Komma ), durch die Angabe b 61 gegeben. Bei positivem Rest, d.h. wenn der Dividend aufgeht, ist die betreffende Ziffer des Resultats = 1.

Durch den Steuerschalter 14 ( Abb. 12 ) wird die Stellung von Bt nacheinander auf die Ansprechrichtung ( 1. Wicklung ) der Bf Relais übertragen und so das Resultat aufgebaut. Die weitere Steuerung des Rechenwerks bei Division geht ebenfalls aus Abbildung 12 hervor. Im Spiel 1 wird in Teil A, Ba ( Übertragung Af auf Aa ) und Aa ( Subtraktion in Teil A ) eingeschaltet. Über Fa wird der auf Bf gespeicherte Dividend auf die Ba Relais übertragen.

Das Resultat der Division kann kleiner als 1 sein, muss aber grösser als 0,1 sein; das heisst die erste von 0 verschiedene Ziffer kann entweder auf Bf<sub>0</sub> oder auf Bf<sub>1</sub> stehen. Im Spiel 17 wird nun das auf Bf stehende Resultat über Fa auf Ba übertragen. Ist Bf<sub>0</sub> = 0, so wird über einen Trennkontakt Bf<sub>0</sub><sup>Ab</sup> Ab<sub>1</sub>, B1 und Bq eingeschaltet. B1

Wachsende Differenz der  $a$  - Werte um 1 vermindert wird. Gleichzeitig wird die Einschaltung von  $F_q$  durch das Relais  $I_b$  von  $bfo$  abhängig gemacht, wodurch im Teil B der Wert  $b$  um eine Stelle aufwärts verschoben auf die  $Ba$  Relais eingestellt wird. Im Spiel 18 wird dann über  $Ef$ ,  $Ff$  das Resultat auf die  $Af$ ,  $Bf$ -Relais zurück übertragen.  $Lz$  ist das Schlusszeichen,  $Aj$ ,  $Bj$ ,  $A\bar{j}$ ,  $B\bar{j}$  Löschbefehle. Über das Relais  $Lz$  ist dauernd im Teil A der Kreislauf über  $Ec$  eingeschaltet, ferner der Kreislauf des Restes im Teil B über  $Fc$  mit einer Abwärtsverschiebung durch  $Fq$ . Teil B ist durch  $Es$  auf Subtraktion gestellt.

Das Quadratwurzelziehen hat grosse Ähnlichkeit mit der Division. An Stelle des Divisors wird das im Laufe der Rechnung aufzubauende Resultat vom Radikanden abgezogen. (Vergl. Anmeldung Z 23624, S.1.) Die quadratische Ergänzung besteht durch einfache Addition von 1. Im Teil A muss der auf  $Af$  stehende Wert halbiert werden, während im Teil B die eigentliche Wurzel gezogen wird. Ist  $a$  ungerade, so muss, damit beim Halbieren wieder eine ganze Zahl entsteht, die- so um Eins erniedrigt werden und dafür die Wurzel aus  $2b$  gezogen werden. Die Erniedrigung von  $a$  um Eins geschieht selbsttätig durch Verlorengehen der letzten Stelle beim Halbieren (halbieren gleich eine Stelle abwärts verschieben).

Abbildung 15 zeigt die Schaltung des Steuerschalters  $Ed$ . Im Spiel 1 wird der  $b$ -Wert des Radikanden über  $Fa$  von  $Bf$  auf  $Ba$  übertragen; ist der  $a$ -Wert des Radikanden ungerade, so ist  $Af$  gleich 1. Es wird dann im Spiel 1 ausserdem  $Ba$  eingeschaltet und somit der  $b$ -Wert um eine Stelle auf-

Spiegel wird die quadratische Ergänzung jeweils eine Stelle tiefer auf die Bb Relais eingestellt und genau wie beim Dividieren das Resultat auf den Ef Relais aufgebaut. Hierbei haben wir die Einstellung Fc, Fq (aufwärtslaufender Ergislatr des Restes) und Fb, Fm zur Einstellung des auf Ef stehenden Resultats um eine Stelle aufwärts verschoben (Fm) auf die Bb - Relais. Im Spiel 19 wird der a-Wert über Eo um eine Stelle abwärts verschoben auf Aa übertragen und zugleich das Resultat von Ef über Fa auf Ba übertragen. Im Spiel 20 findet die Übertragung des endgültigen Resultats über Ef auf Af und über Fp auf Ef statt. Zugleich wird das Schlusszeichen Lz gegeben. B1 und A1 sind Löschbefehle. Die Einstellungen Fc, Fq, Fb, Fm werden über Lz eingeschaltet, sind aber während der Spiele 1, 18 und 19 durch die Relais Wa und b und Vc zum Teil unterbrochen.

Bei Addition und Subtraktion zweier in halblogarithmischer Form gegebener Zahlen muss die Differenz der a-Werte gebildet werden und der dem kleineren a zugeordnete b-Wert um  $|a_1 - a_2|$  Stellen abwärts verschoben werden. Aus den Vorzeichen der beiden Werte und der befohlenen Operation ergibt sich die auszuführende Operation. Diese ist gleich der befohlenen (Addition oder Subtraktion) wenn beide Vorzeichen gleich sind, und entgegengesetzt der befohlenen wenn beide ungleich sind. Vg ist ein Relais des weiter unten besprochenen Vorzeichenwerks und spricht bei gleichen Vorzeichen der gegebenen Operanden an.  $La_1$  spricht bei befohlener Addition und  $La_2$  bei befohlener Subtraktion an. Abbildung 14 zeigt die Schaltung des Relais St. Es spricht an, entweder, wenn  $La_1$  und Vg angesprochen haben, oder wenn

ist, sonst eine Subtraktion. Der Ablauf der Spiele wird durch eine Relaiskette gesteuert ( Abbildung 15 ) Die Kette läuft von  $sa_1$  über  $sb_1$ ,  $sa_2^{sb_1}$ ,  $sb_2$ ,  $sa_3^{sb_2}$ ,  $sb_3$ ,  $sa_4^{sb_3}$ ,  $sb_4$ ,  $sa_5^{sb_4}$  wobei die  $sa$ -Relais die Einstellungen für das jeweilige Spiel bewirken.

Im Spiel 1 wird die Differenz der  $a$ -Werte gebildet. Im Spiel 2 findet die eigentliche Addition bzw. Subtraktion statt, bei Addition wird dann die Relaiskette sofort auf das Schlusspiel 5 geschaltet. Bei Subtraktion kann der  $b$  - Wert des Resultats negativ werden, das heisst : im Additionswerk  $b$  als Supplement erscheinen. Dann muss von ihm wieder das Supplement gebildet werden. Das geschieht im Spiel 3. Ist kein Supplement zu bilden, so wird die Relaiskette gleich von Spiel 2 auf Spiel 4 geschaltet. Bei Subtraktionen kann die erste von Null verschiedene Ziffer des  $b$  - Werts des Resultats an beliebiger Stelle liegen. In diesem Falle muss der  $b$ -Wert " ausgerichtet " werden, d.h. der  $b$ -Wert muss um so viel Stellen aufwärts verschoben werden, dass die Bedingung  $1 \leq b < 2$  erfüllt ist. Dabei muss der  $a$ -Wert um den Betrag der erforderlichen Stellenverschiebungen vermindert werden. Dieses Ausrichten findet im Spiel 5 statt.

Abbildung 16 zeigt die durch die Relaiskette in den einzelnen Spielen bewirkten Einstellungen an der Maschine. Die Vorgänge sind im einzelnen folgender :

Wird die Addition oder Subtraktion über Relais  $La_1$  oder  $La_2$  eingeleitet, so spricht das Relais  $sa_1$  an. Dadurch wird  $sb_1$  eingeschaltet und  $sa_2$  schaltet das Relais  $sb_1$

Es der auf Af stehende a-Wert auf Aa übertragen und das Werk A auf Subtraktion gestellt. ( As ) Ist  $a_1 > a_2$  so ist die Übertragungsangabe  $a_{G1}$  positiv ( vergl. S. 12,  $b_{G1}$  ). Diese schaltet eine Relais Av ( nur die Kontakte gezeichnet ) Av steuert die Einstellungen für das zweite Spiel. Ist Av eingeschaltet, so wird der auf Ab stehende zweite a-Wert des Operanden über Aj gelöscht und über Fa der auf Af stehende erste a-Wert auf Aa übertragen. Ist Av nicht eingeschaltet, so bleibt der zweite a-Wert auf Ab stehen. Während des Additionsspiels wird dann in jedem Fall der grössere a-Wert auf die Ae-Relais übertragen. Er kreist während der folgenden Spiele über Ec, Aa, Ae. Entsprechend wird in Teil B, wenn Av eingeschaltet ist, der erste b-Wert von Bf über Fa auf Ba übertragen und der inzwischen von Bb auf Bc übertragene zweite b-Wert von Fd auf Bb zurück übertragen. Ist Av nicht eingeschaltet, so wird umgekehrt der erste b-Wert über Fb auf Bb und der zweite b-Wert über Fe auf Ba übertragen. Es steht also in jedem Fall der dem grösseren a-Wert zugeordnete b-Wert auf dem Ba-Relais.

Der auf Bb einzustellende Wert muss also um die Differenz der a-Werte abwärts verschoben werden.

Dies erfolgt über die Relais Fh bis Fm, welche durch die Kontakte  $ae_3$  bis  $ae_0$  entsprechend Abb. 12 gesteuert werden und zwar nach folgendem Schema :

ae

F

45210

Köln



XX	12	X X
X XX	11	X X X
X X	10	X XX
XX	9	X XXX
X	8	XX
XXX	7	XX X
XX	6	XX X
XXXX	5	XX XX
X	4	XXX
XX	3	XXX X
X	2	XXXX
X	1	XXXXX
	0	
XXXXX	-1	XXXXX
XXXX	-2	XXXX
XXX X	-3	XXX X
XXX	-4	XXX
XX XX	-5	XX XX
XX X	-6	XX X
XX X	-7	XX X
XX	-8	XX
X XXX	-9	X XXX
X XX	-10	X XX
X X X	11	X X X
X X	-12	X X
X XX	-13	X XX
X X	-14	X X
X X	-15	X X
X	-16	

Links stehen die letzten 4 Ziffern der Differenz der a-Werte als Sekundalzahlen, negative Zahlen als Supplemente dargestellt,  $ae_4$  entspricht av. Rechts die erforderlichen Einstellungen an den  $Fa$ - und  $Fm$ -Relais. Sie stellen ebenfalls die Stellenverschiebungen als sekundale Supplemente dar. Ist  $Av$  negativ, d.h. bei negativer Differenz der a-Werte, so kann der auf den  $Ae$ -Relais eingestellte Wert direkt auf die  $Fa$ -  $Fm$ -Relais übertragen werden. Ist  $Av$  positiv, so gilt folgende Regel:

Ein beliebiges  $F$ -Relais muß angesprochen, entweder wenn das der gleichen Stelle zugeordnete  $Ae$ -Relais angesprochen ist, aber keins der  $Ae$ -Relais von niedriger Stellenzahl, oder wenn das der gleichen Stelle zugeordnete  $Ae$ -Relais nicht angesprochen ist, aber dafür

mindestens 1 der As-Relais von niedriger Stellenzahl.  
Die Lösung dieser Aufgabe geht ohne weiteres aus Abb.17 hervor. Diese Schaltung gilt nur für den Bereich, in dem  $a_1 - a_2$  kleiner als + 15 und grösser als - 16 ist. Andernfalls würden die falsche Einstellungen ergeben: In diesem Falle hat auch die Addition keinen Sinn, da der zweite Wert zu klein ist, seine Einstellung muss verhindert werden. Dies erfolgt durch den Teil der Schaltung von Abb. 16 der über  $sa_2, as_7, 5, 5, 4$  die Einstellungen von Fb bzw. Fd bewirkt. Für alle Zahlen des oben genannten Bereichs gilt folgendes: Entweder ist die Zahl grösser als + 15, dann müssen alle vor  $As_3$  liegenden Ziffern gleich Null sein, oder sie ist kleiner als minus 16, also ein Supplement, dann müssen alle vor  $As_3$  liegenden Ziffern gleich 1 sein.

Im Spiele 2 erfolgt die eigentliche Addition. Ist St nicht eingeschaltet, so wird Bs eingeschaltet und es erfolgt eine Subtraktion. Ist St eingeschaltet, so wird die Relaiskette über den Umschaltkontakt st sofort auf  $Sa_5$  um-geschaltet. Bei Subtraktion ( St. nicht eingeschaltet ) wird durch die Angabe  $b_{61}$  ( Abb.4 ) angezeigt, ob die Differenz der b-Werte negativ oder positiv ist.  $b_{61}$  steuert ein Relais Bv ( entsprechend Av ( vgl. s.23 ) Hat Bv angesprochen, so ist die Differenz positiv und die Relaiskette wird von  $Sb_2$  auf  $Sa_4$  geschaltet, hat Bv nicht angesprochen, so wird  $Sa_3$  eingeschaltet. Im Spiele 3 wird im Teil 3 das Supplement gebildet. Über Fd wird das Resultat von  $Sa$  auf Fd übertragen und durch Fd der Teil 3 erreicht.

1 das Supplement bildet. Im Spiele 4 erfolgt die Ausrichtung der  $b$  - Werte, denn bei Subtraktionen können die ersten Ziffern Null sein, sodass das Resultat aufwärts verschoben werden muss. Abb. 18 zeigt die Schaltung durch die, entsprechend der Lage der ersten von Null verschiedenen Ziffer, die  $F_i$ - $F_m$ -Relais so geschaltet werden, dass sich die richtige Stellenverschiebung ergibt.

$F_i$  muss ansprechen, wenn die Zahl der Stellenverschiebungen ungrade ist, also wenn die erste Ziffer bei der Stelle -1, -3, -5 usw. liegt. Über hintereinander geschaltete Trennkontakte liegen die Leitungen an Spannungen bis sie durch ein  $B_0$ -Relais abgeschaltet sind. Ist dieses einer ungeraden Stelle zugeordnet, so wird über einen Wechselkontakt  $F_i$  eingeschaltet. Entsprechend wird  $F_k$  bei den Stellen -2, -3, -6, -7, -10, -11, -14, -15,  $F_l$  bei den Stellen -4, -5, -6, -7, -12, -13, -14, -15 und  $F_m$  bei den Stellen -8, -9, -10, -11, -12, -13, -14, -15 eingeschaltet. Die so gebildete Kombination stellt die Zahl der Stellenverschiebung als Sekundälzahl dar und wird durch die Kontakte des  $F_m$  Relais auf die  $F_i$ - $F_a$ -Relais und durch  $B_n$  auf die  $Ab_0$  - $Ab_3$  - Relais übertragen. Teil A wird über  $A_5$  auf Subtraktion geschaltet und somit der auf  $A_4$  stehende  $a$ -Wert um die Zahl der Stellenverschiebungen vermindert.

Im Spiele 5 erfolgt die Herausgabe des endgültigen Resultates über die Relais  $H_f$ ,  $F_f$  auf die Relais  $A_f$ ,  $B_f$ . Genau wie bei der Multiplikation ( vergl. S.14 ) kann das Resultat der Addition größer als zwei sein und

Beim Übersetzen der auf Z-X ( Abb.2 ) eingestellten Zahl wird zunächst unabhängig von der Lage des Kommas der auf Z eingestellte vierstellige Dezimalwert als ganze Zahl übersetzt. Dies geschieht in Teil B entsprechend der Anmeldung Z 23624, indem die Dezimalziffern für sich im Sekundärsystem übersetzt werden und als solche, angefangen von der höchsten Stelle, nacheinander auf das Additionswerk übertragen werden und zwischen jeder neu-eingestellten Ziffer das bisher aufgebaute Resultat mit 10 multipliziert wird.

Die Multiplikation mit 10 geschieht durch Einstellen des doppelten und sechsfachen Wertes auf das Additionswerk also dadurch, dass das Resultat einmal eine Stelle aufwärts und einmal 3 Stellen aufwärts verschoben wird.

Beispiel  $8^{35}$

<u>LOOO</u>	2
LOOOO	16
<u>LOOOOOO</u>	64
LOLOOOO	80
LO	3
<u>LOLOOOL</u>	83
LOLOOOLLO	166
<u>LOLOOOLLOO</u>	664
LOLOOOLLOO	830
LOL	5
<u>LOLOOOLLOOL</u>	835

Abbildung 19 zeigt die Zifferneinstellungs Vorrichtung Z für eine Stelle, Sie besteht im Wesentlichen aus einer Tastatur mit durch Tasten betätigte Kontakte, durch die die Dezimalziffer im Sekundärsystem übersetzt wird. Durch die Relais Zg, Zb, Ze, Zd werden dann diese Kombinationen auf die Relais Ba<sub>10</sub>, Ba<sub>11</sub>, Ba<sub>12</sub>, Ba<sub>13</sub> übertragen. Die durch den Steuerschalter Ud ( nicht gezeichnet ) bewirkten Einstellungen sind für die einzelnen Spiele folgende:

Spinel 2	xLOLO	Fc, Fd, Fq, Fl, Fm
" 3	2. Ziffer	Zb, Fd
" 4	x LOLO	Fc, Fd, Fq, Fl, Fp
" 5	3. Ziffer	Zc, Fd
" 6	x LOLO	Fc, Fd, Fq, Fl, Fm
" 7	4. Ziffer	Zd, Fd
" 8	Ausrichten	Em, En, As
+LLOL(Teil A) Eg. Uc.		

Im Spinel 8 muss die so übersetzte ganze Zahl auf die Form  $y = 2^a \cdot b$  gebracht werden. Da die Einer auf die Stelle 213 eingestellt werden, muss in Teil A zum Ausgleich + 13 addiert werden (LLOL)(Eg). Ferner muss die Zahl entsprechend der ersten von Null verschiedenen Ziffer ausgerichtet werden. Dies geschieht, genau wie bei der Subtraktion, durch die in Ab. 13 dargestellte Teilschaltung über die Relais Em, En, und As. Uc bewirkt die zur Berücksichtigung des Kommas erforderlichen weiteren Operationen. Abbildung 20 zeigt die Teilschaltung K zur Einstellung des Kommas. Es wird die der Lage des Kommas entsprechende Taste gedrückt. Der den Tasten zugeordnete Index gibt an, mit welcher Potenz von 10 die bei Z eingestellte Zahl zu multiplizieren ist. Ist Tk<sub>0</sub> gedrückt, so ist eine Korrektur der übersetzten Zahl nicht nötig. Liegt das Komma weiter rechts, so muss der übersetzte Wert entsprechend oft mit 10, liegt er weiter links, mit 0, 1 multipliziert werden. Die Multiplikation mit 10 bedeutet in halblogarithmischer Form ( $10 = 10^{LL} \cdot L, OL$ ), die Addition von LL in Teil A und in Teil B die Addition von  $b + 13$ ;

sie lässt sich also in einem Spiel erledigen. Die zugehörigen Einstellungen Fe, Fd, Be, Ei, Ab<sub>0</sub>, AS, Fh, Fi, Fk, Fl bewirkt das Relais Ug ( nicht gezeichnet ). Ug schaltet ferner Br ein, wodurch der Wert ausgerichtet wird. ( vgl.S.16 ) Die Addition von 3 wird durch Subtraktion von - 3 bewirkt, der Grund wird weiter unten angegeben. ( Einstellung von 111100 über Ei und von Ab<sub>0</sub> ) Die Multiplikation mit 0,1 ist etwas komplizierter.

1/10 hat im Sekundalsystem die Periode 0,00011, bzw. in halblogarithmischer Form für 16 Stellen hinter dem Komma:

$$0,1 = 10^{-100} \cdot 1,1001100110011001.$$

Diese Multiplikation lässt sich in 4 Spielen, wie folgt, durchführen: Ist  $x_0$  der zu multiplizierende Wert, so wird im ersten Spiel  $x_1 = x_0 \cdot 1,1$  im zweiten Spiel  $x_2 = 1,0001 \cdot x_1$ , im dritten Spiel  $x_3 = 1,00000001 \cdot x_2$  und im vierten Spiel  $x_4 = 1,0000000000000001 \cdot x_3$  gebildet, womit die Multiplikation für den Bereich der vorhandenen Stellen durchgeführt ist.

Beispiel :  $100 \times 0,1$

$$100 = 1,100100 = 10^{110} \times 1,1001$$

$$1,1001 \cdot 1,100110011 \dots$$

1,1001	1,1001	
1,1001	1,1001	
		erstes Spiel
10,0101	0,01010101	
0,01010101	0,01010101	
		zweites Spiel
10,01110101	0,00000100111101	
0,00000100111101	0,00000100111101	
		drittes Spiel
10,011111111101	0,0000000000000001	
0,0000000000000001	0,0000000000000001	
		viertes Spiel
10,01111111111101		

Fortsetzung von Seite 30 -  
 durch die Relaiskontakte  $f_h$  und  $f_k$  nachfolgend.

Die Multiplikation mit 0,1 erfolgt nun so, dass in jedem der 4 Spiele das Resultat, soweit es bereits aufgebaut ist, einmal ohne Stellenverschiebung auf Ba und zum anderen mit den Stellenverschiebungen -1, -4, -8, -16 auf Bb eingestellt wird. Die Steuerung der Stellenverschiebungen erfolgt über die  $F_h - F_n$  Relais an denen die Stellenverschiebungen als Sekundalzahlen eingestellt werden müssen. Es sind also in den einzelnen Spielen folgende Relais zu schalten:

	$F_h$	$F_l$	$F_k$	$F_l$	$F_n$
Spiel 1)	x	x	x	x	x
" 2)	x	x	x	0	0
" 3)	x	x	0	0	0
" 4)	x	0	0	0	0

Es müssen also zunächst alle 5 Relais eingeschaltet sein und dann nach dem ersten Spiel  $F_l$ ,  $F_n$ , nach dem zweiten Spiel  $F_k$  und nach dem dritten Spiel  $F_l$  abgeschaltet werden. Dieses wird durch die in Abbildung 21 dargestellte Schaltung bewirkt.

Durch Einschalten von  $U_f$  wird die Multiplikation mit 0,1 eingeleitet.  $U_f$  hält sich über eine Selbsthaltung  $U_f^2$  während der ganzen Operation. Über die Schliesskontakte  $u_f$  werden zunächst die Relais  $F_h$ ,  $F_l$ ,  $F_k$ ,  $F_l$ ,  $F_n$  eingeschaltet.  $U_f$  wird im Schritt III eingeschaltet.  $F_h - F_n$  im Schritt IV, im Schritt V erfolgt über die  $F_h - F_n$ -Relais die Einstellung des Summanden auf die Bb Relais, im Schritt II des nächsten Spiels wird  $F_n$  eingeschaltet, (Abb. 21.) während  $U_k$  und  $U_l$

sind. Um schaltet über einen Trennkontakt Fm und Fl ab, womit die Einstellungen für das zweite Spiel vollzogen sind. Im nächsten Spiel wird das Uk Relais eingeschaltet, da Fm abgefallen ist. Es bewirkt die Abschaltung von Fk und somit die Einstellung für Spiel 3. Dadurch wird auch U1 freigegeben, sodass im nächsten Spiel auch Fl abgeschaltet wird. Hierdurch wird das Schlusrelais Uh, welches bis dahin über Fl abgeschaltet war, freigegeben. Uh bewirkt die Abschaltung von Uf und Fa. Während der ganzen Zeit sind ferner zur Aufrechterhaltung des Zahlenkreislaufes die Einstellungen Fc, Fd, Ee erforderlich. Ferner muss das Rechenwerk über Er auf Ausrichten geschaltet werden. ( Vgl. S.16 ), da der auftretende b - Wert grösser als 2 werden kann. Ausserdem muss im Teil A - 4 ( LLLLL00 ) addiert werden, was in Spiel 3 über einen Schliesskontakt von Uk und einen Trennkontakt ui durch das Relais EI erfolgt.

Ist in der Teilschaltung ( Abb.20 ) eine Kommataste mit negativem Index gedrückt, so spricht Ka an, bei einer Taste mit positivem Index, Kb. Das durch den Steuerschalter Ud im Spiel 3 eingeschaltete Relais Uc bewirkt ( Abb.22 ) bei Einschaltung von Ka die Einschaltung von Uf und somit die Multiplikation mit 0,1 und bei Einschaltung von Kb die Einschaltung von Ug und somit die Multiplikation mit 10. Bei jeder Einzelmultiplikation wird entweder über die Kontakte lu, uf, fi bzw. die Kontakte la, ug der Schrittschalter E2



beteiligt. ( Abb. 20 ) Dies erfolgt so oft, bis der Arm des Schrittschalters die gedrückte Kommataste erreicht hat. Dann spricht Ko an und bewirkt die Abschaltung von Uf bzw. Ug und die Einschaltung des Schlussrelais Uz (Abb.22 ) Uz bewirkt die Übertragung der übersetzten Zahl entweder über Ef, Ff auf Af, Bf oder über Ed, Fd, auf Ab, Bb. ( Abb. 23 ) Zunächst sind weder die Einstellglieder für den ersten ( Af, Bf ) noch für den zweiten Operanden ( Ab, Bb ) gesetzt. Ah<sub>1</sub>, Ah<sub>2</sub>, und Bh sind also ebenfalls abgefallen ( Abb.8 ) .Durch Uz wird über a<sub>72</sub>(Abb. 23,8 ) zunächst Ah<sub>1</sub> eingeschaltet und dadurch etwas verzögert Ah<sub>1</sub>, wodurch die Selbsthalteleitungen der Af, Bf Relais eingeschaltet werden. Ah<sub>1</sub> schaltet den Anschluss a<sub>72</sub> auf Ah<sub>2</sub> und Bh um. (Abbildung 8 ); ferner z<sub>7</sub> auf Ed, Ff auf Fd, Vz auf Vy ( Vorzeicheneinstellung s.weiter unten) sodass die nächste Zahl auf dem Relais Ab, Bb gespeichert wird. Sollten die Zahlen direkt ins Speicherwerk übertragen werden, so wird dies durch den Rechenplan gesteuert. ( s. weiter unten ) Der Drehwähler Kd muss nach erfolgter Operation auf die Null-Stellung zurückgehen. Die zugehörige Schaltung ist nicht gezeichnet.

Die Rückübersetzung vom Sekundälsystem ins Dezimalsystem erfolgt ebenfalls nach dem in der Anmeldung Z 23 624 angegebenen Prinzip. Durch Multiplikation mit 10 bzw. 0,1 und Ausrichten muss die Zahl zunächst auf eine Form gebracht werden, bei der der a-Wert gleich Null und der b-Wert zwischen Null und 15 liegt. Es wird dann der vor dem Komma liegende ganzzahlige Teil der Zahl in die entsprechende

liegende Teil in die zweite Dezimalziffer überführt, der Rest mit 10 multipliziert usw. Für dieses Verfahren werden im Teil B vier Stellen vor dem Komma gebraucht. Da das Additionswerk B nur zwei Stellen vor dem Komma hat, wird für das Rückübersetzen das Komma hinter die vierte Stelle von vorn verlegt (s. Abb. 3), der b-Wert also um 2 Stellen abwärts verschoben. Dementsprechend muss der zugehörige a-Wert um zwei erhöht werden, d.h. bei der fertig umgeformten Zahl muss  $a = 10$  sein.

Die Steuerung erfolgt durch die Teilschaltung D. Über den Steuerschalter Dd (Abb. 24) im Spiel I wird über Ea und Fa die auf Af, Bf eingestellte Zahl auf Aa und Ba übertragen. Im Spiel 2 wird entweder Ug, Uf oder Da eingeschaltet, und zwar wie folgt: Ist der a-Wert negativ, so ist die Ziffer  $af_6 = L$  (Supplement) über einen Umschaltkontakt  $af_6$  wird Ug eingeschaltet und somit die Multiplikation mit 10 eingeleitet. Ist der Wert a grösser als 11, so muss mindestens eine der Ziffern  $af_5, af_4, af_3, af_2 = L$  sein. In diesem Falle spricht Aq (Abbildung 8) an. Der Steuerschalter Dd schaltet über  $af_6$  und  $a_4$  Uf 1 ein und löst somit die Multiplikation mit 0,1 aus.

Während dieser Zeit ist Ef eingeschaltet. Dd-schaltet-über  $af_6$  der reduzierte a-Wert wird also nach jeder Einzelmultiplikation auf die Af-Relais zurück übertragen. Dies erfolgt solange bis der Wert a im Bereich 0, +1, +2, +3 liegt.

Liegt der a-Wert von vornherein in diesem Bereich

so ist  $q_0$  und  $a_1$  abgefallen und  $Im$  spricht an. Da be-  
wirkt über  $f_0$ ,  $F_0$  die Zurückübertragung der eingestellten  
Zahl.

Der Schrittschalter  $D_1$  ist so geschaltet, dass die  
Fortschaltung bei Einschaltung von  $u_f$  oder  $u_g$  unterbrochen  
ist ( Abb. 25 ) Ist  $u_f$  eingeschaltet, so erfolgt die Wei-  
terschaltung, sobald  $a_1$  abgefallen ist und ist  $u_g$  einge-  
schaltet, so erfolgt die Weiterschaltung sobald durch  
 $a_{61}$  angezeigt wird, dass im Teil A bei der Multiplikation  
mit 10 positive Werte erreicht sind. Die Addition von 3  
( Multiplikation mit 10 ) erfolgt durch Subtraktion von 3,  
(Vergl. S.25 ) sodass die Stellenübertragungsangabe  $a_{61}$  po-  
sitiv ist, sobald positive Werte erreicht werden.

Im nächsten Spiel muss die Zahl so ausgerichtet  
werden, dass  $a = 2$  ist.  $a$  kann jetzt nur LL, Lo, OL, 00 sein  
Der zugehörige  $b$ -Wert muss dementsprechend bei  $a = LL$  um  
eine Stelle aufwärts  $a = OL$  um eine Stelle abwärts und bei  
 $a = 00$  um zwei Stellen abwärts verschoben werden. Dies  
wird durch die Relais  $F_p$ ,  $F_q$  bewirkt. Die zugehörigen  
Stellungen ergeben sich aus folgendem Schema :

$a$	$Af_1$	$Af_0$	Stellen- verschiebung	$F_p$	$F_q$
0	0	0	-2	x	0
+1	0	x	-1	x	x
+2	x	0	0	0	0
+3	x	x	+1	0	x

$F_p$  muss ansprechen, wenn  $Af_1$  abgeschaltet ist und  $F_q$ ,  
wenn  $Af_0$  eingeschaltet ist. Dieses wird durch den Steuer-

Rückübersetzung durchgeführt. In diesen Spielen wird über  $F_0, F_d$  der im Laufe der Rechnung abgebaute Wert auf  $B_0$  und  $B_b$  zurückübertragen.  $F_q$  bewirkt die Stellenverschiebung  $+1$ ,  $F_l, F_m$  die Stellenverschiebung  $+3$ , wodurch die Multiplikation mit 10 ( L0L0 ) bewirkt wird. Über die Relais  $R_{a_1-74}$  (Abb. 25) ( nur Kontakte gezeichnet ) werden die vor dem Komma liegenden Stellen auf die  $B_f$ -Relais übertragen. Das Relais bewirkt die Unterbrechung der Leitungen, die von dem Relais  $B_{e_1}, B_{e_0}, B_{e_{-1}}, B_{e_{-2}}$  zu den Relais  $F_0, F_d$  laufen, wodurch die vor dem Komma liegenden Ziffern gelöscht werden. Nach diesem Prozess steht die Zahl als Dezimalzahl, deren Ziffern einzeln im Sekundärsystem verschlüsselt sind, auf den  $B_f$ -Relais ( erste Ziffer  $B_{f_0}-B_{f_{-3}}$ , zweite Ziffer  $B_{f_{-4}}-B_{f_{-7}}$ , dritte Ziffer  $B_{f_{-8}}-B_{f_{-11}}$ , vierte Ziffer  $B_{f_{-12}}-B_{f_{-15}}$ .

Bei der letzten Ziffernbildung wird die erste hinter den Komma stehende Stelle auf  $B_{f_{-16}}$  übertragen. Ist sie gleich L so muss das Resultat aufgerundet werden. Dies geschieht im folgenden Spiel. ( Schritt 8 des Steuerschalters)

Beispiel : 15, 28

<u>LLL, 0L000LLLLLOL</u>	15.
<u>1L000LLLLLOL</u>	
<u>LO, LLO0LLLOLOLL</u>	2
<u>LL 00LLOOLOLL</u>	
<u>LLL, LLLLLLLLOOLL</u>	7
<u>LLLLLLLLOOLL</u>	
<u>LOOL, LLLLOLLLLL</u>	9

LLL 00LO 0LL. 00OL L

Im obigen Beispiel sind nacheinander die Ziffern 15, 2, 7, 9 ermittelt worden, ferner  $Bf_{-16} = L$ . (Die erste Ziffer kann zwischen 0 und 15 liegen.) Die Zahl muss aufgerundet werden. Das bedeutet eine Stellenübertragung auf die letzte Dezimalstelle. Ist diese gleich 9 ( L00L ), so muss eine weitere Übertragungsangabe auf die nächste Stelle erfolgen, usw. Dies wird durch die in Abb.27 dargestellte Schaltung bewirkt. Ist die letzte Dezimalziffer = 9 so müssen die Relais  $Bf_{-12}$  und  $Bf_{-15}$  angesprochen haben. Entsprechend  $Bf_{-18}$  und  $Bf_{-14}$  und  $Bf_{-15}$  bzw.  $Bf_4$  und  $Bf_7$  wenn die weiteren Ziffern = 9 sind. Die Schaltung ist so aufgebaut, dass dann die auf  $Bf_{-16}$  eingeleitete Stellenübertragung zu den nächsten Stellen weiterläuft. Durch ein Relais  $Rr$  ( nur Kontakte gezeichnet ) werden die so ermittelten Stellenübertragungen auf die Relais  $Ba_{-3}$   $Ba_{-7}$   $Ba_{-11}$   $Ba_{-15}$  übertragen ( Abb.27 3 und zugleich die auf  $Bf$  stehenden Ziffern auf  $Bb$  übertragen. Im darauffolgenden Additionsspiel werden die Stellenübertragungen zu den Ziffern addiert. Der Steuerschalter betätigt also im Spiel 8  $Fb$  und  $Rr$ .

Im letzten Spiel erfolgt nun die Entschlüsselung der so ermittelten Dezimalziffern. Die erste Ziffer kann die Werte 0 - 16 annehmen, die weiteren 0-10. Letztere müssen bei 10 ( L0L0 ) Null anzeigen. Dies erfolgt durch die in Abbildung 28 gezeigte Schaltung. Sie ist nur für eine Stelle gezeichnet. Durch das  $Rk$  - Relais werden die Ziffern auf die Relais  $Rc$   $Rd$ ,  $Re$   $Rf$  übertragen. ( nicht gezeichnet ). Diese übernehmen die Entschlüsselung und betätigen die zugehörigen Fallklappen.

Die Grundstellung des Kommas, d.h. die Lage, die das Komma hat, wenn keine Korrekturmultiplikationen erforderlich sind, liegt vor der dritten Stelle von rechts. Sonst muss das Komma um die Zahl der erfolgten Multiplikationen verschoben werden und zwar bei Multiplikationen mit 10 nach links und mit 0,1 nach rechts. Dies bewirkt, der Drehwähler Qd, der falls  $u_9$  (mal 10) oder  $u_1$  (mal 0,1 vergl. Abb. 21) eingeschaltet sind je Operation einen Schritt vollführt.  $u_9$  schaltet ferner das Relais Qg ein (Abb. 29) wodurch bewirkt wird, dass bei Multiplikation mit 10 der linke Arm des Drehwählers, bei Multiplikation mit 0,1 der rechte Arm an Spannung liegt. Im Schritt 9 des Steuerschalters Dd werden die Faliklappen der Kommanzeige betätigt.

Abbildung 30 zeigt das Vorzeichenwerk. Die Vorzeichen der beiden Operanden werden auf den Relais Vr und Vy gespeichert (Selbsthalterelais, bei Plus angesprochen). Das Relais Vg spricht bei gleichen Vorzeichen an. Vc und Vd bilden eine Relaiskette zur Steuerung der Vorzeichenermittlung. Vc wird bei Multiplikation und Division durch die Steuerschalter Md bzw. Jd angeregt, beim Wurzelziehen über Wd und beim Addieren über Sa<sub>2</sub>. Vc bewirkt die Schaltung des Relais Vr, welches beim positiven Vorzeichen des Resultats positiv ist. Bei Multiplikation und Division entspricht das Vorzeichen der Stellung von Vg. Beim Wurzelziehen wird stets das Vorzeichen auf Plus geschaltet. Beim Addieren und Subtrahieren wird die Schaltung von Vr über So welches durch Sa<sub>2</sub> geschaltet wird, bewirkt. Das Vorzeichen

der befohlenen Operation ( Addition oder Subtraktion ), dem Vorzeichen der Differenz der a-Werte und dem Vorzeichen des b-Wertes des Resultats nach folgender Regel :

Massgebend ist zunächst, welcher Operand den grösseren a-Wert hat, da der dem grösseren a-Wert zugehörige b-Wert auf jeden Fall, ( gleichgültig ob tatsächlich Addition oder Subtraktion ) positiv auf die Ba-Relais eingestellt wird. Hat der erste Operand den grösseren a-Wert ( Av positiv ) und ist das Resultat in Teil B positiv, so ist das Vorzeichen des Resultats ( Vr ) gleich dem des ersten Operanden ( Vx ); ist jedoch das in Teil B errechnete Resultat negativ, ( was nur bei tatsächlicher Subtraktion eintreten kann ) so ist Vr entgegengesetzt Vx. Hat der zweite Operand den grösseren a-Wert ( Av hat nicht angesprochen ), so gilt bei befohlener Addition ( LS<sub>1</sub> ) dasselbe nur, dass an Stelle von Vx V<sub>2</sub> tritt. Ist jedoch Subtraktion befohlen, so ist das gleichbedeutend mit einer Umkehrung des Vorzeichens des zweiten Operanden ( Vx ). Und es muss auch Vr in jedem Falle die entgegengesetzten Werte annehmen.

Diese Bedingungen sind aus der Schaltung von Abb. 30 ohne weiteres ablesbar. Bv spricht an, wenn das Resultat der Addition bzw. Subtraktion in Teil B positiv ist. Von Vr wird das Vorzeichen des Resultats über Vd auf Vz zurückübertragen. Vx und Vy sind vorher durch Vo gelöscht worden.

Hiermit wäre das eigentliche Rechenwerk in den wesentlichen Zügen gekennzeichnet. Wir kommen nun zum

Der b-Wert ist wieder um eine Stelle abwärts verschoben, was durch Addition von L im Teil A ( Spiel 2 ) ausgeglichen wurde.

Die Division ( Op4 ) vollzieht sich entsprechend, nur daß im Teil A die Differenz der ~~a~~ a = Werte gebildet wird und im Teil B die Division entsprechend dem bereits auf Seite 11 besprochenen Verfahren durchgeführt wird.

Beim Wurzelziehen ( Op 5 ) wird in Spiel 1 b auf  $Ad_I$  eingestellt (  $L_{48}, Op_I \rightarrow Ad_I$  ), falls a gerade ist (  $B_{12}, Abb.33$  ) und  $2b$  (  $L_{49}, Op_I^{+1} \rightarrow Ad_I$  ), falls a ungerade ist (  $\bar{B}_{12}$  ). Der Wert a wird halbiert (  $L_{11}$  ). Im übrigen vollzieht sich der Vorgang entsprechend Seite 13.

Das Übersetzen vom Dezimalsystem ins Sekundalsystem ( Op6 ) erfolgt in den Spielen 4/7 entsprechend entsprechend Seite 14.

Im Teil A wird über  $L_{29}$  +16 eingestellt, da entsprechend Hauptpatent Abb. 2 die Übersetzung so erfolgt, als läge das Komma 16 Stellen weiter abwärts.

In den Spielen 8 erfolgt die wiederholte Multiplikation mit  $10^{LL}$  .  $L, OL$  (10) durch  $L_{28}, L_{35}, L_{46}, L_{52}$  solange bis das von der Kommaeinstellung K E ( Abb. 31 ) das Signal  $B_{10}$  gegeben wird. Darauf erfolgt Umstellung auf Spiel 9, in welchem geprüft wird, ob das Resultat  $10^{-6}$  multipliziert werden muß. Dies wird durch K E über  $B_9$  angezeigt. Bei  $\bar{B}_9$  wird das Schlußzeichen  $L_9$  gegeben, bei  $B_9$  durch  $L_{10}$  Spiel 10 eingestellt, in welchem über  $L_{10}$  der b = Wert von  $10^{-6}$  als Multiplikator auf Mkr und über  $L_8$  die übersetzte Zahl als Multiplikand auf Sp -  $Op_I$  eingestellt wird. Ferner wird über  $L_{70}$  die Sonderbedingung  $B_{18}$  ( vergl. Multiplikation ) eingeschaltet und durch  $L_{72}$  das Leitwerk auf Multiplikation gestellt, worauf die Korrekturmultiplikation durchgeführt wird.

Beim Rückübersetzen ( Op7 und 8 ) muß zunächst geprüft werden ob die zu übersetzende Zahl mit  $10^{-6}$  multipliziert werden



Der Pol I II hat zur Folge, dass die vorher auf der Zelle gespeicherte Zahl sich nur bis Schritt II hält und dann gelöscht wird. Die neue Zahl wird im Schritt V aus dem Rechenwerk gegeben, hält sich über  $a_{50}$  während des Schrittes I, worauf durch ob die ca-Relais auf die 8 Voltleitung umgelegt werden.

Soll eine Zahl abgelesen werden, so wird ebenfalls das Cb und das Cc-Relais der betreffenden Stelle eingeschaltet. Ausserdem spricht Pr an, wodurch über den Folgekontakt pr die Leitung  $c_{50}$  an den Grundpol von 24 Volt gelegt wird. Die Leitungen  $c_1, c_2, c_3$  haben dann Spannung, wenn die der Stelle zugeordneten Ca-Relais eingeschaltet sind. Durch cd wird der Schutzwiderstand kurz geschlossen, damit an den Leitungen  $c_1, c_2, c_3$  die volle Spannung ( 24 Volt ) liegt. Die gespeicherte Zahl kann nun an diesen Leitungen abgelesen werden.

Das Planwerk hat die Aufgabe, die Gesamtanlage dem Rechenplan entsprechend zu steuern. Der Rechenplan hat die Form eines Lochstreifens. Zu jedem Befehl ( vergl. S. 5 ) gehören 8 Felder.  $p_1$  bis  $p_3$  sind die Abfühlkontakte des Lochstreifens. Die Relais (  $pa_1$  bis  $pa_7$  ) liegen direkt an den Kontakten  $p_1$  bis  $p_7$ . ( Abbildung 32 ). Die ersten beiden Felder des Lochstreifens  $pa_1$  und  $pa_2$  geben an, ob der Befehl ein Operationsbefehl an das Rechenwerk oder ein Speicher- bzw. Ablesebefehl an das Speicherwerk bedeutet, und zwar nach folgendem Schema :

$pa_1$	$pa_2$	
0	X	Rechenoperation

Ist  $pa_1$  nicht, jedoch  $pa_2$  eingeschaltet, so wird entsprechend Abbildung 33 und entsprechend der Stellung der Relais  $Pa_3, Pa_4, Pa_5$  ein Befehl an das Rechenwerk gegeben. Ist  $pa_1$  eingeschaltet, so werden auch die Relais  $Pb_3$  bis  $Pb_8$  eingeschaltet. Diese stellen das eigentliche Wählwerk dar ( Abb. 34 ) Die Nummer des Wählwerks stellt ebenfalls eine Sekundälzahl dar. Jeder Zelle ist eine andere Kombination der Stellungen der Relais  $Pb_3$  bis  $Pb_8$  zugeordnet. Über die  $Pb$  Relais wird das der betreffenden Zelle zugeordnete  $Cb$ -Relais eingeschaltet. Ferner wird beim Ablesen das Relais  $Pr$  und beim Speichern das Relais  $Ps$  eingeschaltet. ( Abbildung 32 )

Da das Speichern stets in Anschluss an eine Rechenoperation erfolgt, werden die zur Speicherung erforderlichen Einstellungen schon während dieser Operation gemacht und das Resultat der Operation direkt von den  $Ao, Bo$ -Relais ( Additionswerk, Abbildung 4 ) auf die  $Ca$ -Relais ( Speicherwerk, Abb. 31 ) übertragen. Das Resultat wird also nicht, wie beim Arbeiten ohne Rechenplan, über  $Ef$  und  $Ff$  auf  $Af$  und  $Bf$  übertragen ( Abb. 2 ) Die vom Leitwerk des Rechenwerks gegebenen Befehle  $Ef$  und  $Ff$  werden entsprechend Abbildung 35 abgeschaltet bzw. auf die  $Cc$ -Relais ( Abb. 31 ) umgeleitet.  $[Ef]$  ist der vom Leitwerk kommende Anschluss,  $Ef$  die Wicklung der  $Ef$ -Relais und entsprechendes gilt für  $[Ff]$  und  $Ff$ . Ist  $P_5$  nicht eingeschaltet, so ist  $[Ef]$  direkt mit  $Ef$  und  $[Ff]$  direkt mit  $Ff$  verbunden. Ist  $P_5$  eingeschaltet, das Planwerk also

mit Ff verbunden, da die Af, Pf-Relais die Zelle "Null" darstellen. (Vergl. S. 4). Entsprechend müssen die Befehle A1 bzw. B1 auf A1 umgelenkt werden. Beim Arbeiten ohne Rechenplan bleibt Ah<sub>1</sub> eingeschaltet.

(Vergl. Abb. 8) und die Selbsthaltungskreise von Af und Bf werden nur durch A1 und B1 kurzzeitig unterbrochen. Wird die Zahl jedoch in das Speicherwerk gegeben, so muss Ah<sub>1</sub> ebenfalls gelöscht werden. Diese Schaltung zeigt Abb. 36. Hat Ps nicht geschaltet, so ist [A1] mit A1 und [B1] mit B1 verbunden. Sobald Ps eingeschaltet ist, ist A1 und B1 abgeschaltet und dafür [A1] mit A1 verbunden. Bei Multiplikation (Im) ist [B1] mit A1 verbunden, da A1 im Spiel 2 der Multiplikation geschaltet wird und dann nicht A1 geschaltet werden darf. Abbildung 37 zeigt noch einige weitere Schaltungen des Planwerks und zwar wird durch Pr, also beim Übertragen vom Speicherwerk auf das Rechenwerk, Uz, bo<sub>0</sub> und Cd geschaltet. Uz bewirkt dieselbe Übertragung wie beim letzten Spiel des Übersetzens vom Primärsystem ins Sekundärsystem. (Vgl. S. 32 Abb. 23) Die Einstellung von bo<sub>0</sub> ist erforderlich, da die erste Stelle vor dem Komma des b-Wertes immer gleich Eins ist und nicht gespeichert wird. Die Wirkung von Cd ist weiter oben besprochen. (S. Abbildung 31)

Die Abfühlvorrichtung für den Rechenplan wird nicht beschrieben, da derartige Konstruktionen zur Genüge bekannt sind. Pf bewirkt den Transport des Rechenergebnisses

tet, d.h. der Lochstreifen rückt mit jedem Spiel einen Schritt vor. Während einer Rechenoperation muss der Lochstreifen stehen bleiben. Es wird daher vom Rechenwerk der Befehl Pu zur Abschaltung von Pf gegeben, (Vergl. S.18) und zwar wird der Auskuppelungsbefehl Pu immer im zweiten Spiel der Rechenoperation gegeben (Abb. 32). Es seien jetzt die aufeinanderfolgenden Vorgänge für folgende charakteristische Befehlsfolge beschrieben:

- 1). Ablesen von Zelle 5 (IL)
- 2). Wurzelziehen (OMX)
- 3). Speichern auf Zelle 5 (LOL)
- 4). Ablesen von Zelle 4 (LOO)

Als Lochstreifen sieht der Rechenplan folgendermassen aus:

P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>8</sub>
X	X	-	-	-	-	X	X
	X	-	X	X			
X					X		X
X	X				X		

Der erste Befehl schaltet Pr (Abbildung 32) und über das Wählwerk (Abb. 34) Cb<sub>3</sub> ein. Pr bewirkt über Cb<sub>3</sub> die Einschaltung von Cc<sub>3</sub> (Abbildung 35). Über cb<sub>3</sub> pr und cd werden die Selbsthalteleitungen der Ca-Relais der Zelle 3 an die 24 Volt-Leitung gelegt, und über cc<sub>3</sub> die Ca-Relais der Zelle 3 mit den Leitungen c<sub>1</sub>, c<sub>2</sub> ... verbunden. Zugleich ist über pr U<sub>2</sub> eingeschaltet (Abb. 37) wodurch die Pf und P<sub>2</sub> - Relais geschaltet (Abb. 13) und die

Der nächste Befehl ist ein Operationsbefehl und wird über die Kontakte der Pa-Relais (Abbildung 33) an das Rechenwerk gegeben. Im Beispiel wird Lw (Wurzelzeichen) eingeschaltet. Der Steuerschalter Wd läuft an und bewirkt die auf S. 20 beschriebenen Einstellungen. Zunächst läuft der Rechenplan weiter und bewirkt noch während der Durchführung der Operation die Einstellung zum Speichern des Resultates.

Es wird Ps und über das Wahlwerk Cb<sub>5</sub> eingeschaltet. Ps ist ein Selbsthalterelais und bewirkt ferner die Einschaltung der Selbsthaltekreise der Cb-Relais (Abbildung 34) Pa und Pb<sub>5</sub> bleiben bis zum Schlusse der Rechenoperation eingeschaltet.

Daraufhin rückt der Rechenplan auch noch einen Schritt weiter und wird erst jetzt von Rechenwerk her über Pu abgeschaltet. Im letzten Spiel der Rechenoperation wird Pf eingeschaltet. Dieses bewirkt nach Abbildung 35 die Einstellung von Cc<sub>5</sub> (Ps und Cb<sub>5</sub> sind angesprochen). Schon vorher war im Speicherwerk über cb<sub>5</sub> die Selbsthalteleitung der Zelle 5 an die Leitung cc<sub>0</sub><sup>h</sup> gelegt worden und die alte Einstellung der Cc-Relais gelöscht. Jetzt sind die Cc-Relais der Zelle 5 über die Kontakte Cc<sub>5</sub> direkt mit den Kontakten des Rechenwerks verbunden. Die Zahl wird von Ae Pu auf die Speicherzelle 5 übertragen. Durch das Schlusszeichen lz der Rechenoperation wird Pa und somit Cb<sub>5</sub> und Pu abgeschaltet, so daß der Rechenplan weiterläuft. Für das darauf folgende Spiel "Ablesen" lag der Befehl des Rechenplans schon in Bereitschaft. Er bewirkt die gleichen Einstellungen wie oben beschrieben.

In der halblogarithmischen Form ist die Darstellung der Zahl C exakt nicht durchführbar, da der Wert a

gleich Minus Unendlich wäre. Die Maschine lässt sich so bauen, dass die Zahl mit dem kleinsten darstellbaren a-Wert als Null verrechnet wird. Dieser ist 0000000 (Minus 64 Supplement). Entsprechend gilt die Zahl mit dem grössten a-Wert, nämlich 0111111 (Plus 63) als Unendlich. Dies gilt unabhängig von der Grösse des b-Wertes. Die Teilschaltung N löst die mit den Werten Null und Unendlich zusammenhängenden Aufgaben. Den Werten Unendlich sind für die beiden Operanden die Relais  $N_1$  und  $N_2$ , den Werten Null die Relais  $N_{n1}$  und  $N_{n2}$  zugeordnet. (Abbildung 38). Sie haben Selbsthaltekreise, die entsprechend  $V_x$  und  $V_y$  geschaltet sind, (Abbildung 36). Diese sind nicht gezeichnet. Wird eine Zahl auf dem Speicherwerk in das Rechenwerk gegeben, so muss der a-Wert untersucht werden. Trifft auf ihn ein der Kriterien Null oder Unendlich zu, so muss das betreffende Relais  $N_1$  oder  $N_{n1}$  ansprechen. Diese Aufgabe lösen die  $N_{a0}$  bis  $N_{a6}$  Relais. (Abbildung 38): An die Leitungen  $ae_6$  bis  $ae_0$ , also die Übertragungsleitungen Speicherwerk-Rechenwerk sind die  $N_a$ -Relais angeschlossen. Beim Einstellen eines Operanden spricht  $U_z$  an (s. oben). Dieses schaltet  $W_z$  ein, wodurch die Erdleitungen der  $N_a$ -Relais geschlossen werden. Die  $N_a$ -Relais sprechen an, falls die zugehörigen  $be$ -Leitungen an Spannung liegen.  $N_{a6}$  hat einen Wechselkontakt, an diesen schliesst sich einmal eine Schaltung mit 6 hintereinander geschalteten Schliesskontakten  $na_5$  bis  $na_0$  und am anderen Pol eine Hintereinander-Schaltung von Trennkontakten  $na_5$  bis  $na_0$  an. Auf das Kriterium 0111111 (unendlich) sprechen die  $N_1$ -Relais auf das Kri-

$En_1$  oder  $En_2$  geschaltet werden, wird durch  $an_1$  gesteuert.  
( vergl. S.32 )

Zunächst müssen die Fälle gemeldet werden, in denen das Resultat undefinierbar ist. Es ist das Unendlich, Plus oder Minus. Unendlich, Null mal Unendlich, Unendlich durch Unendlich und Null durch Null. Ferner wird das Resultat in folgenden Fällen Unendlich :

- 1.) Bei Addition und Multiplikation, wenn einer der beiden Operanden Unendlich ist. (Fall Null mal Unendlich wird gesondert gemeldet.)
- 2.) Bei Division, wenn der Dividend Unendlich ( $W1_1$ ) oder der Divisor gleich Null ist ) ( $En_2$ ).
- 3.) Beim Quadratwurzelzeichen, wenn der Radikant Unendlich ist.

In folgenden Fällen wird das Resultat Null :

- 1.) Bei Addition, wenn beide Summanden gleich Null sind.
- 2.) Bei Multiplikation, wenn einer der beiden Faktoren gleich Null ist. ( Null mal Unendlich wird gesondert gemeldet.)
- 3.) Bei Division, wenn entweder der Dividend gleich Null ist (  $Wn_1$  ) oder der Divisor Unendlich ist. (  $W1_2$  )
- 4.) Beim Wurzelzeichen, wenn der Radikant Null ist.

Bei Addition spricht  $sa_2$  an, bei Multiplikation  $lm$  und bei Division  $li$ . In folgendem Schema sind die oben angeführten Fälle zusammengestellt. X heisst : das Relais hat angesprochen. Nebeneinanderliegende Zeichen bedeuten hintereinander zu schaltende Kontakte.

	$H_{11}$	$H_{12}$	$H_{21}$	$H_{22}$	$Sa_3$	$Im$	$L1$	$Lu$	
1	X				X				} $L1_3$
2		X				X			
1	X						X		
4				X					
1	X							X	
5			X	X	X				} $Mn_3$
3			X			X			
4				X					
2		X							
3			X				X		
3			X					X	
6	X	X			X				$\infty + \infty$
7	X			X					$0 \cdot \infty$
8		X	X						$\frac{\infty}{\infty}$
6	X	X							$\frac{0}{0}$
5			X	X					

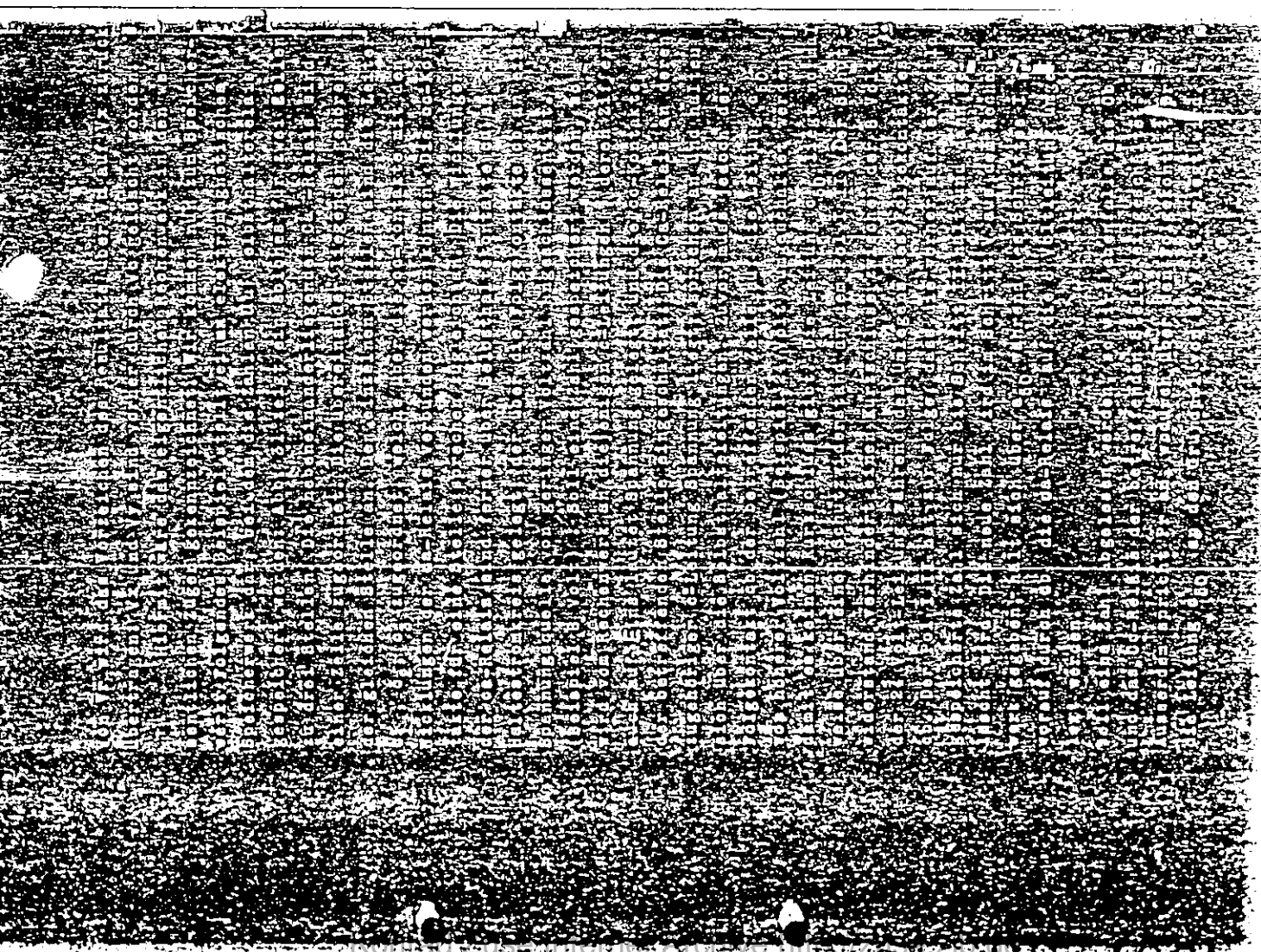
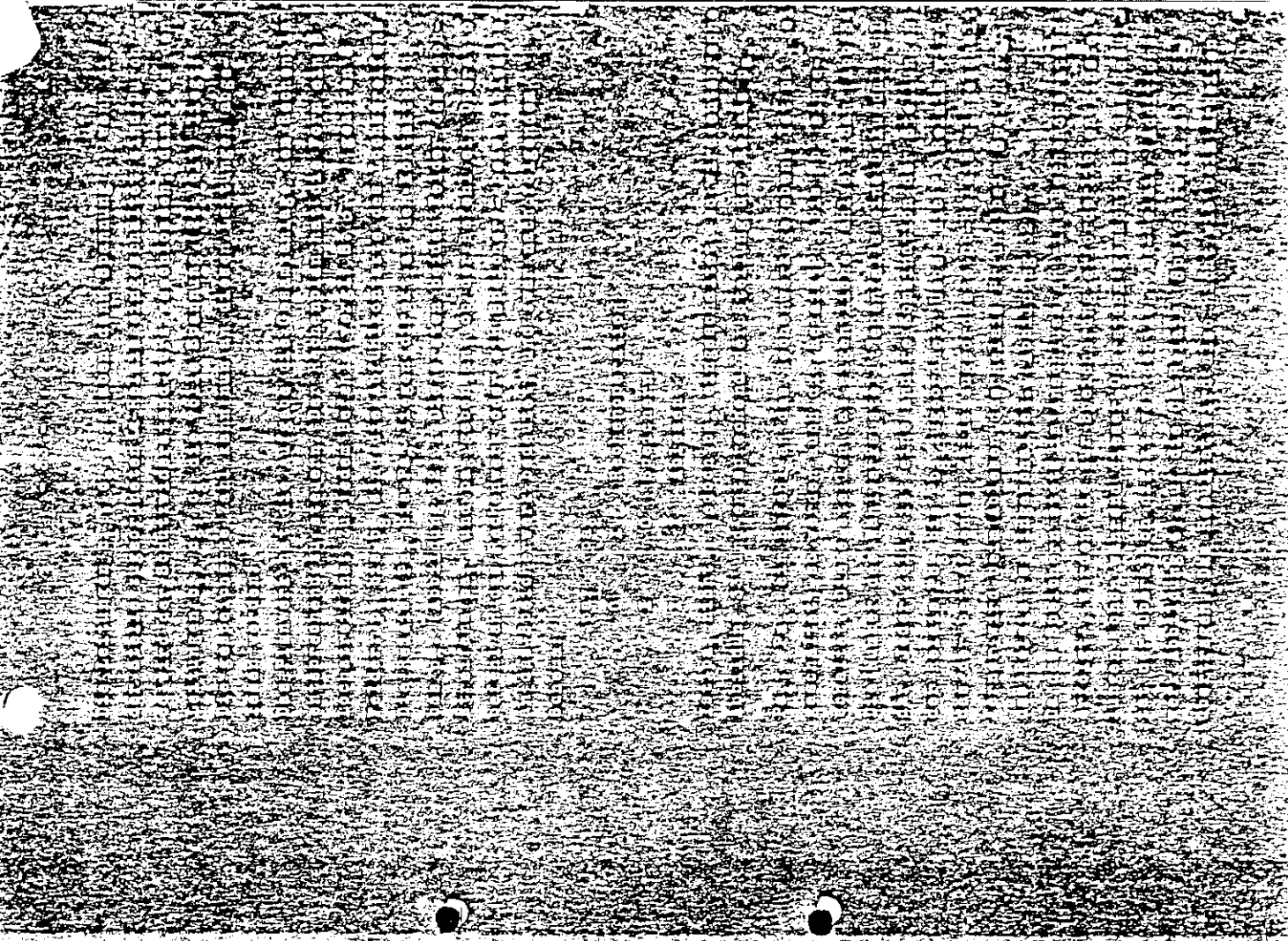
Abbildung 39 zeigt die Schaltung, welche diese Aufgabe löst. Die vor den Zeilen stehenden Ziffern 1 bis 8 in obigen Schema entsprechen den Leitungen 1 bis 8 in der Schaltung. Die Bedingungen des obigen Schemas sind ohne weiteres aus der Schaltung abzulesen.  $Mn_3$  kann ferner noch über die Leitung  $b_{02}$  (Siehe Abbildung 18) und die Kontakte  $Sa_4$  und  $u_{08}$  eingeschaltet werden.  $b_{02}$  hat Spannung, wenn sämtliche Ziffern des  $b$ -Wertes Null sind. (Abb. 18) Es kann dies bei Subtraktion ( $Sa_4$ ) und beim



Übersetzen eintreten ( nd 8 )

Die Stellung von  $Hi_3$  und  $En_3$  werden auf  $Hi_1$  und  $En_1$  übertragen, welche vorher über  $V_C$  gelöscht werden. (vgl. Vorzeichenwerk )

Ist das Resultat einer Rechnung Unendlich oder Null, so muss der a-Wert auf die Form OLLLLL bzw. LCCCCC gebracht werden und sämtliche Ziffern des b-Wortes gelöscht werden. Dies erfolgt durch die Relais  $Hi_4$ ,  $En_4$  und  $Hg$ . ( Abbildung 40 / 41 ). Diese Schaltung wird im letzten Spiel über  $I_2$  betätigt. Ist  $Hi_1$  angesprochen, so spricht  $Hi_4$  und  $Hg$  an ; Ist  $En_2$  angesprochen, so spricht  $En_4$  und  $Hg$  an. Ferner kann es im letzten Spiel eintreten, dass der a-Wert die Stellenkapazität der Maschine überschreitet; z.B. bei der Multiplikation. Der a-Wert hat in allgemeinen 7 Stellen (  $ae_0$  bis  $ae_6$  ) Die Stelle  $ae_7$  ist normalerweise gleich  $ae_6$  und zwar bei positiven Zahlen Null und bei negativen Zahlen Eins ( Supplement ) Wird a eine zu grosse positive Zahl so bleibt  $ae_7$  Null aber  $ae_6$  wird Eins und umgekehrt bei negativen Zahlen bleibt  $ae_7$  Eins und  $ae_6$  wird Null. In diesen Fällen sprechen  $Hi_4$  bzw.  $En_4$  ebenfalls an ( Abbildung 40 ).  $Hi_4$  bewirkt nun einmal die Einstellung  $ae_0$ ,  $ae_1$ ,  $ae_2$ ,  $ae_3$ ,  $ae_4$ ,  $ae_5$  und die Löschung ( Unterbrechung der Leitung ) von  $ae_6$  ( Abbildung 2 )  $En_4$  bewirkt die Einstellung von  $ae_6$  und die Unterbrechung der restlichen  $ae$  - Leitungen. Ferner bewirkt  $Hg$  die Unterbrechung sämtlicher  $ae$ -Leitungen. ( Abbildung 2 )



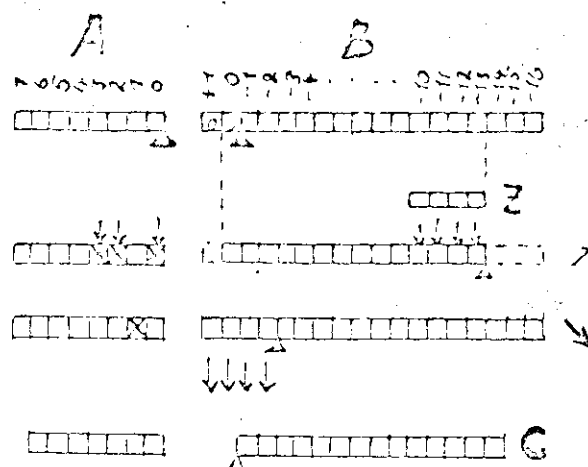
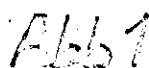
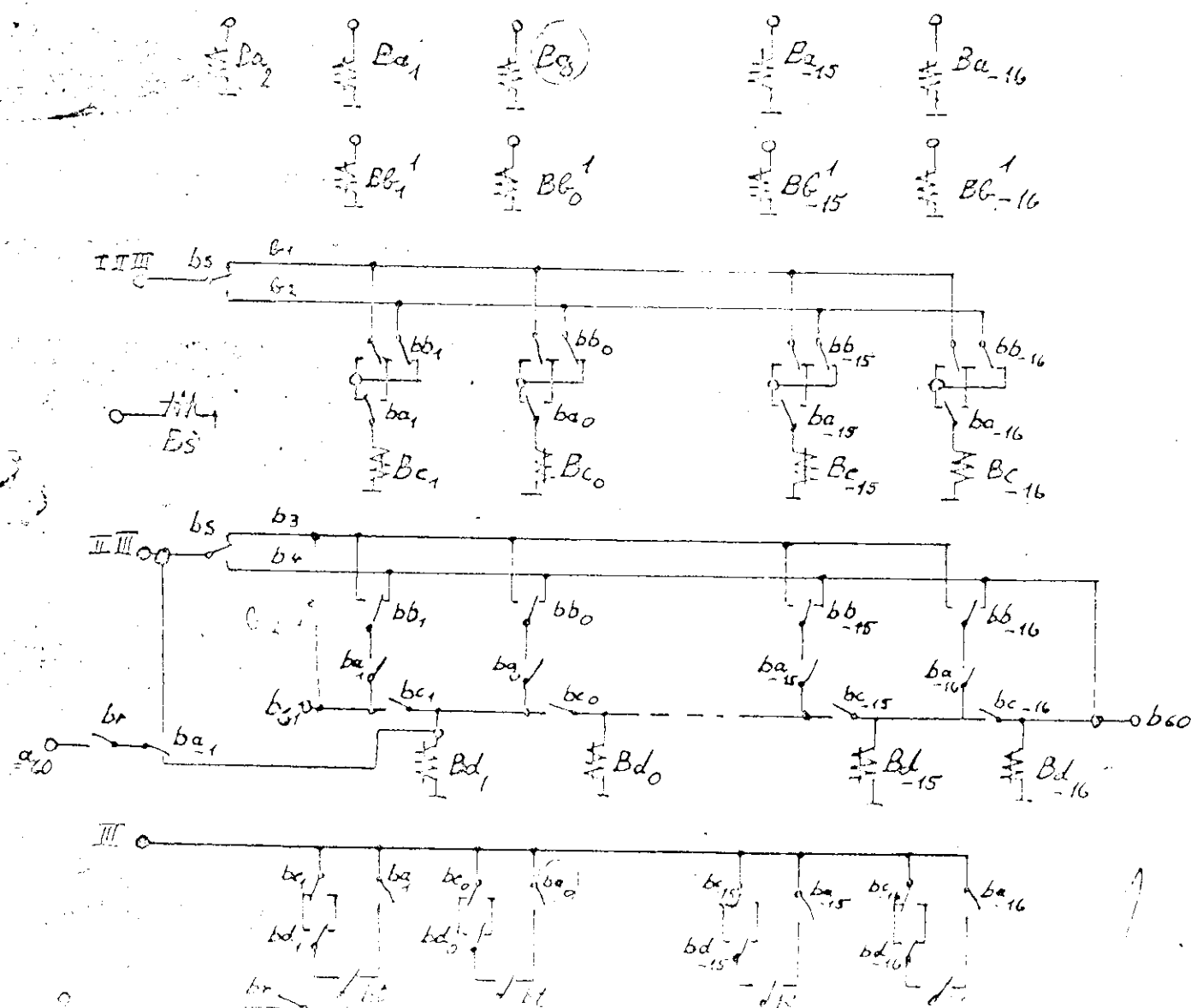
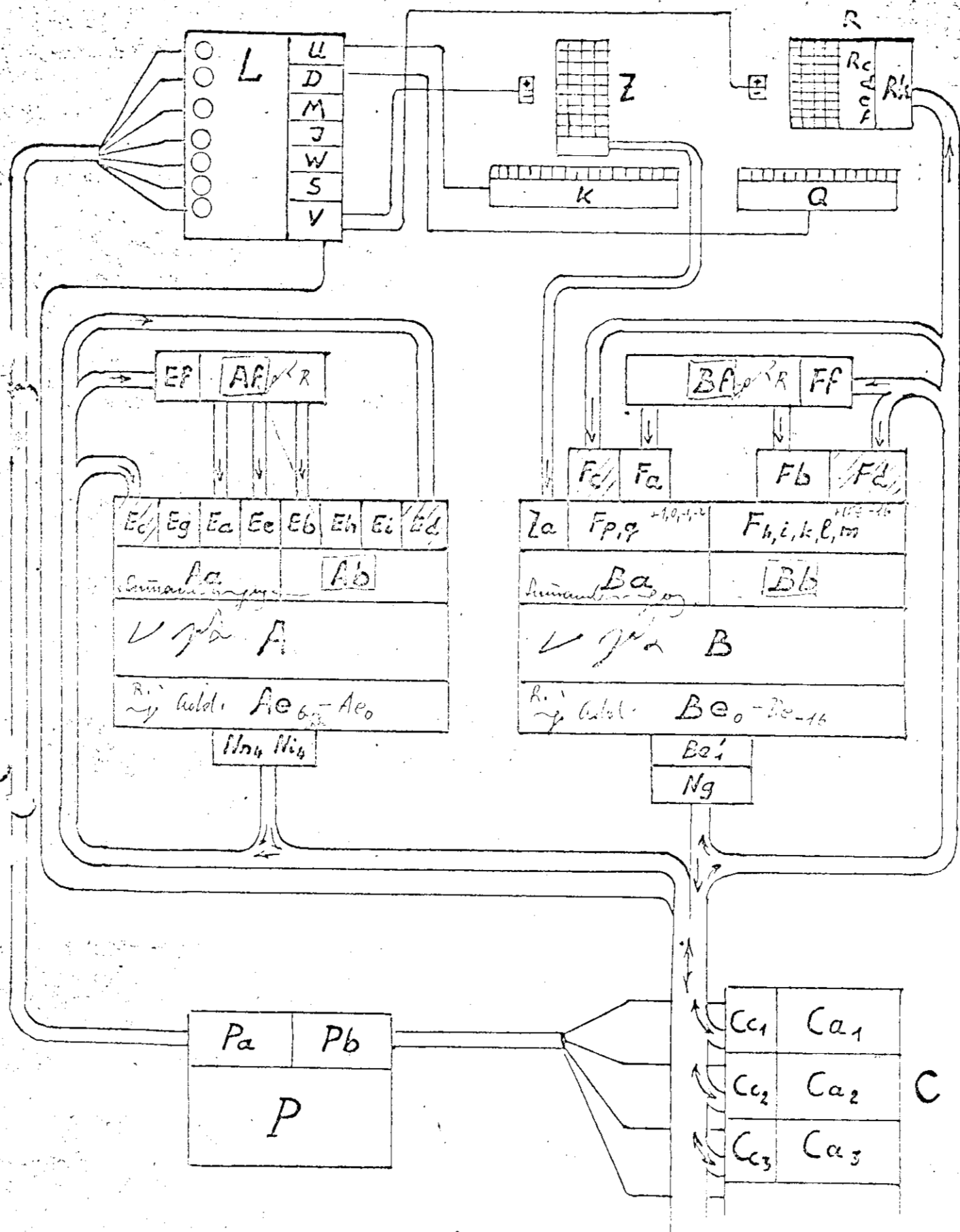


Abb 3





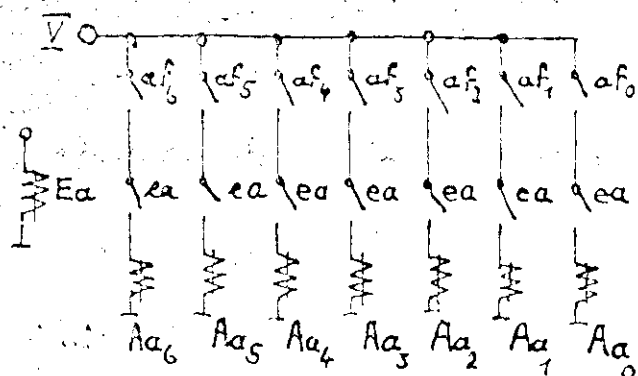


Abb. 5

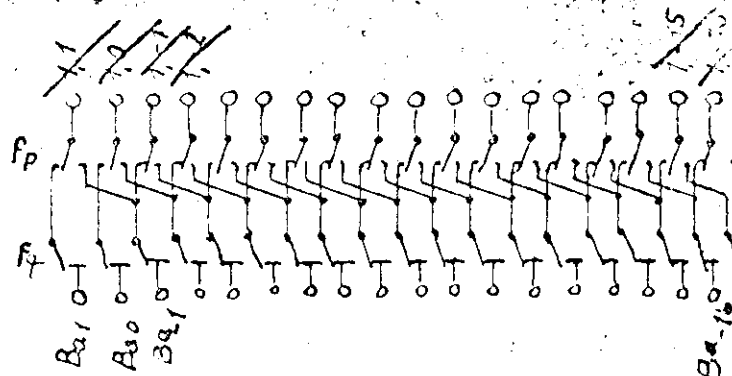


Abb. 6

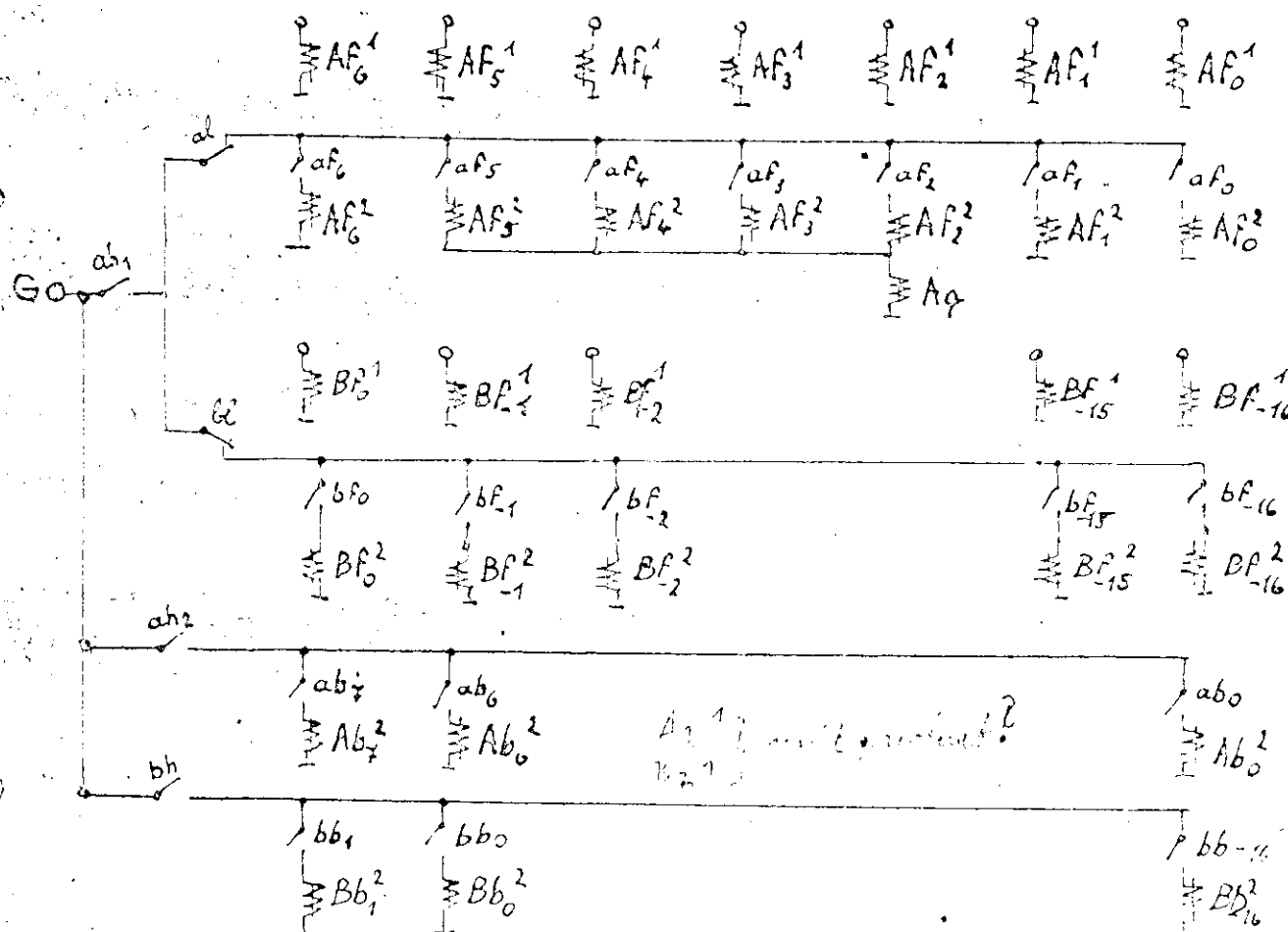
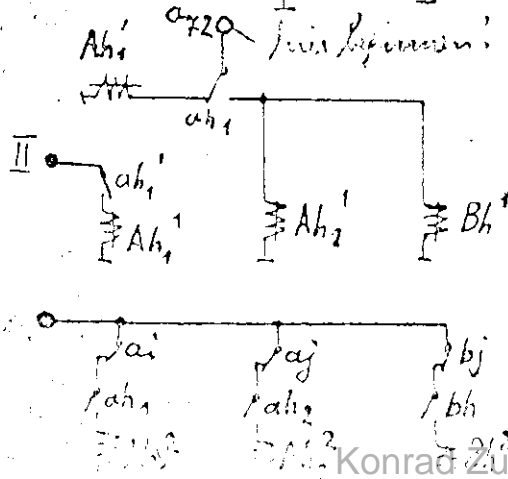


Abb. 8



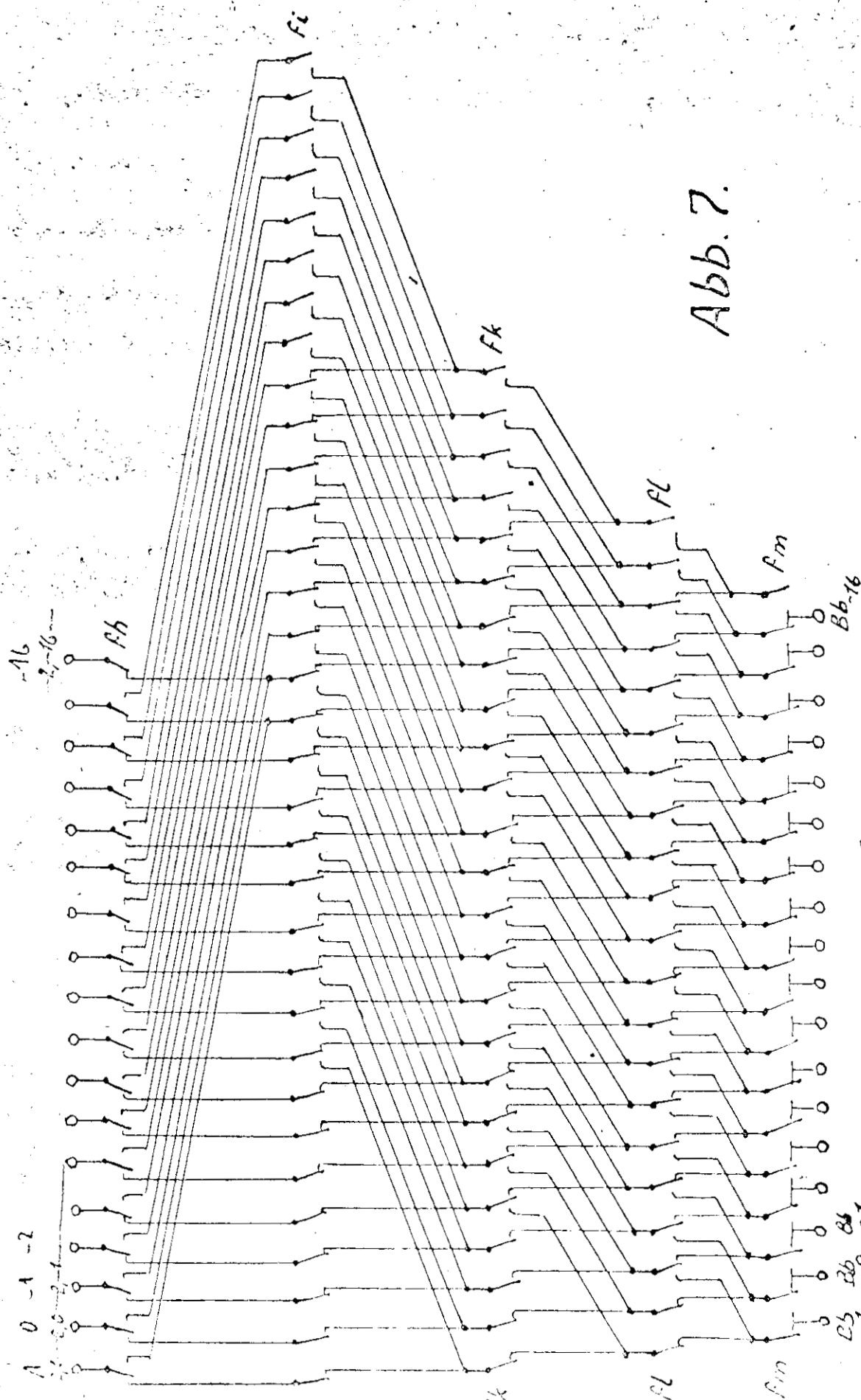


Abb. 7.

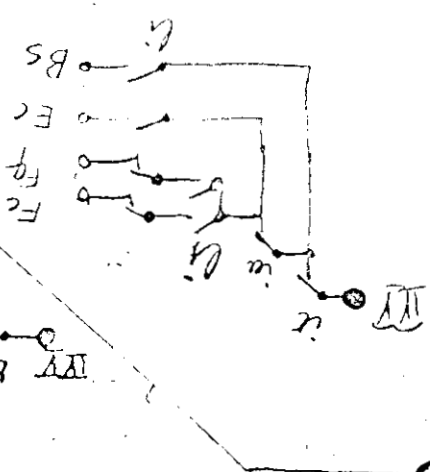
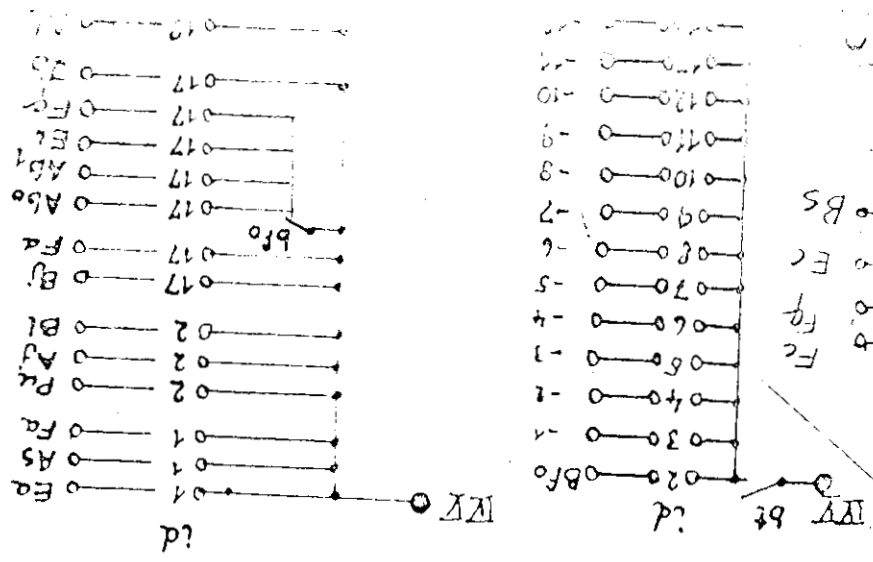


Abb. 11

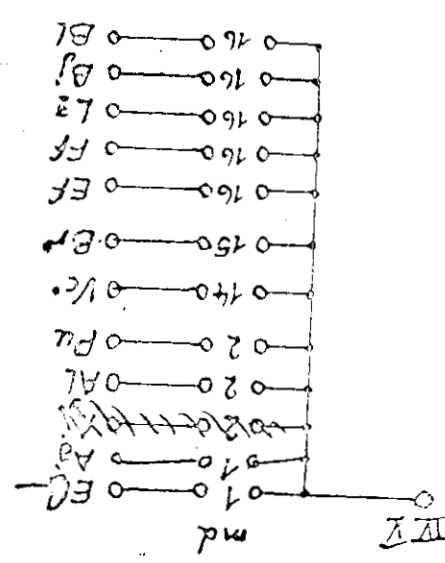
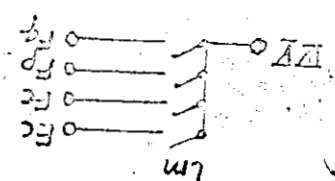
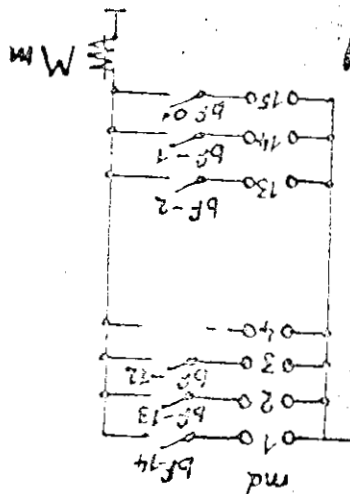


Abb. 10

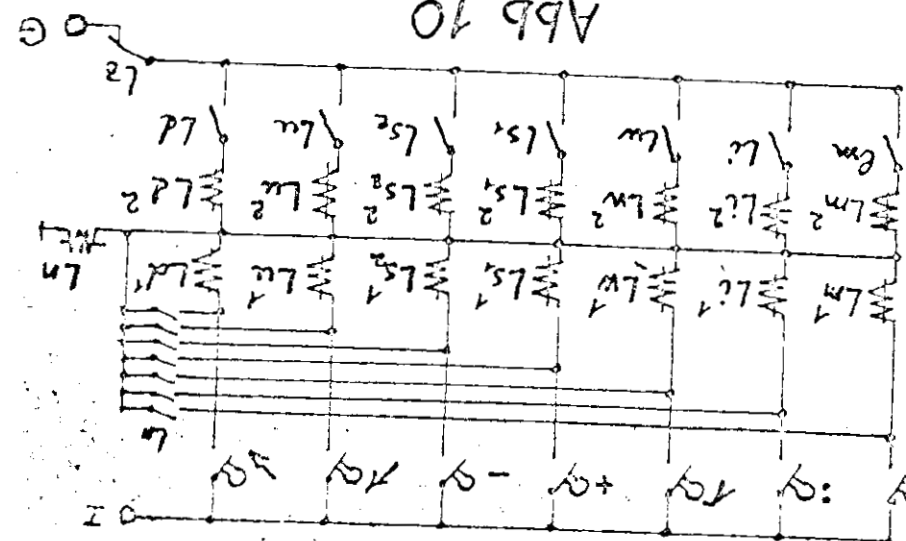
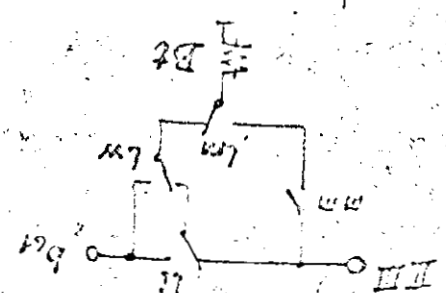
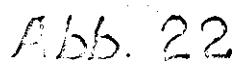
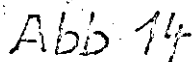
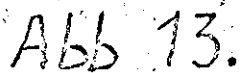


Abb. 9







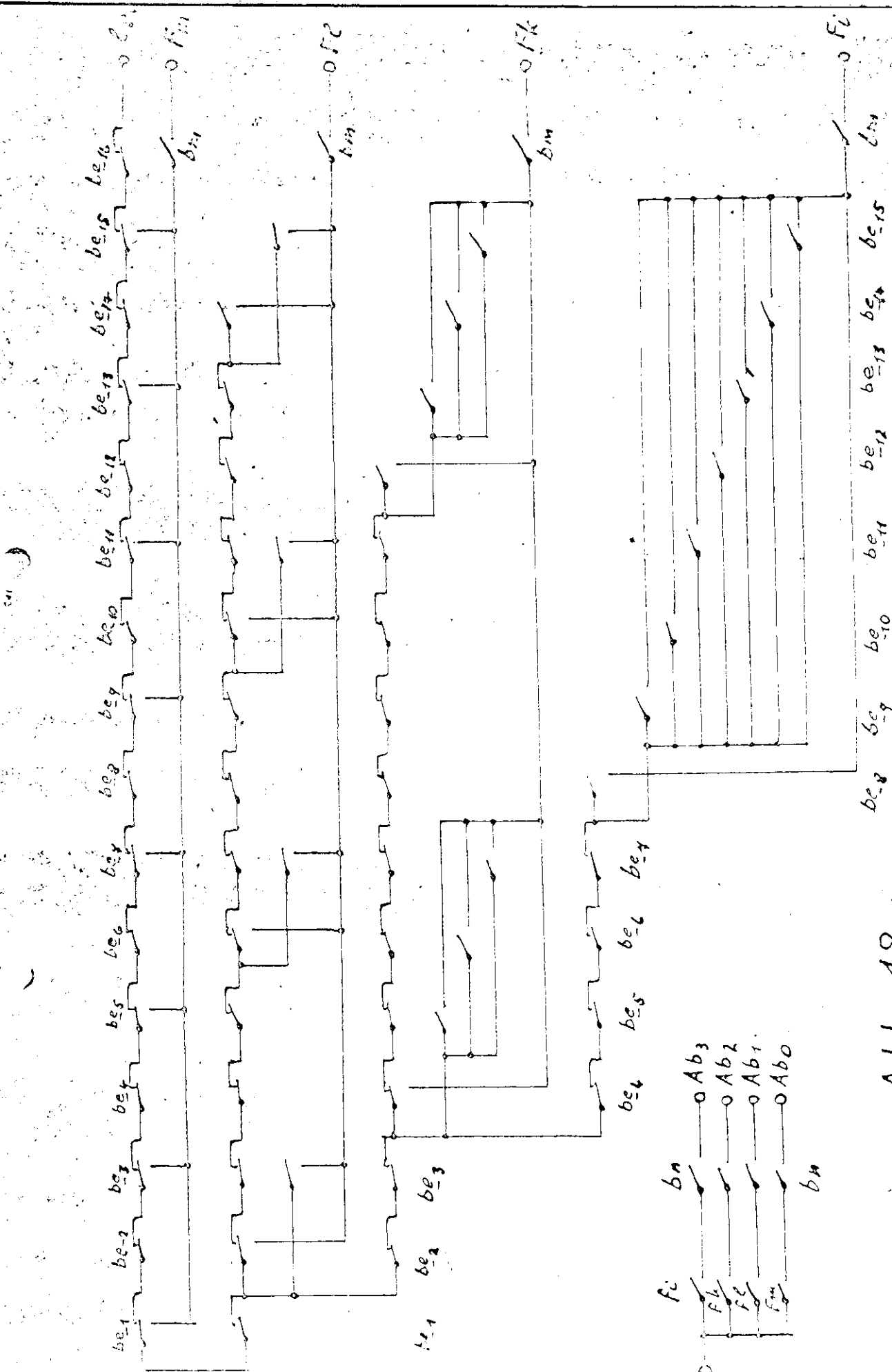


Abb. 18

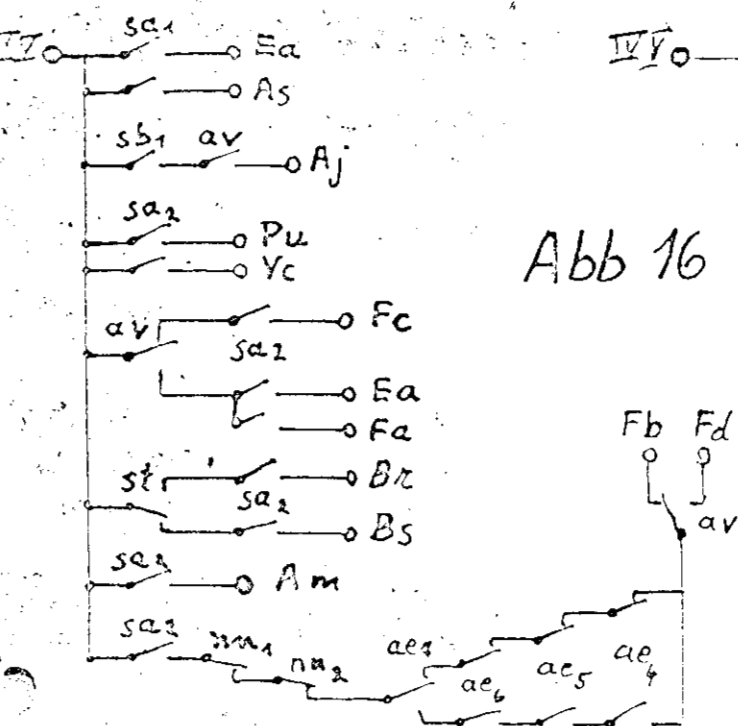


Abb 16

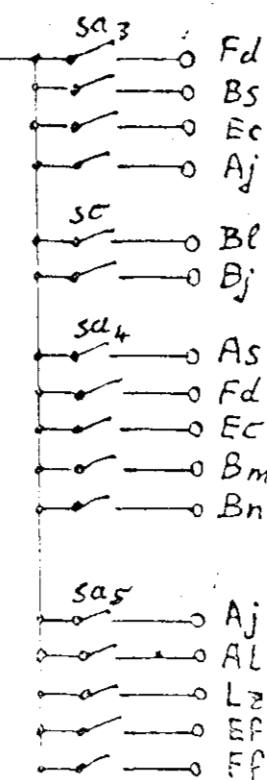


Abb. 17

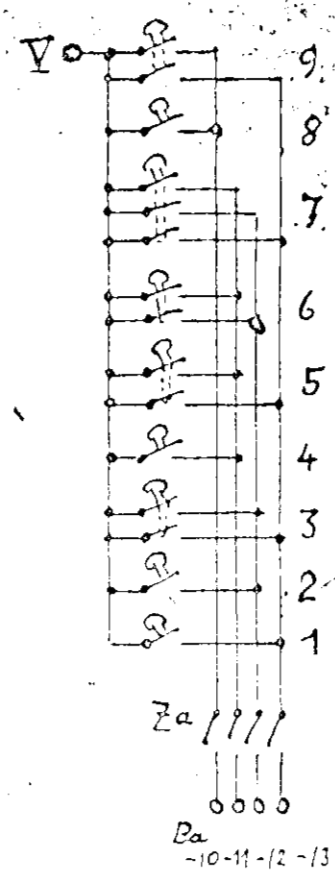


Abb. 19

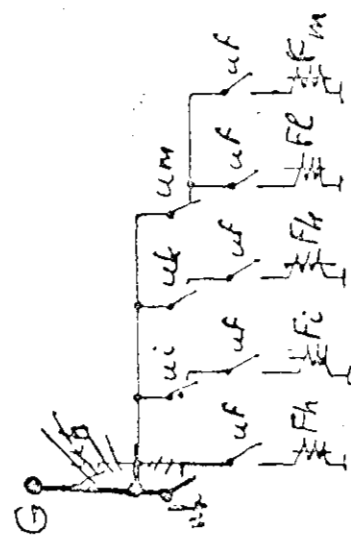
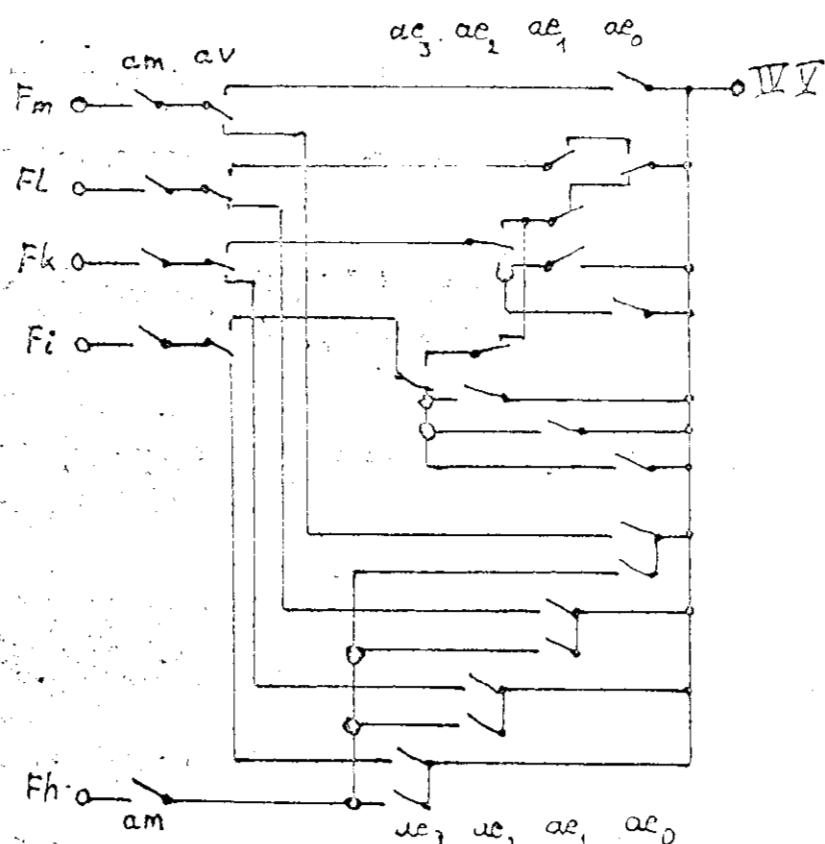
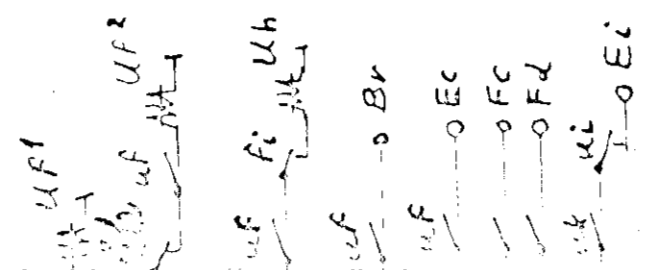


Abb. 21



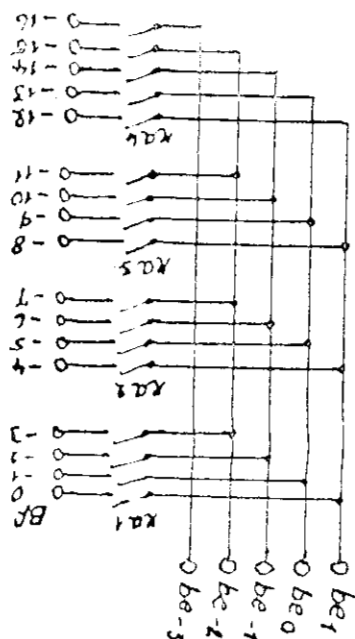


Abb. 24

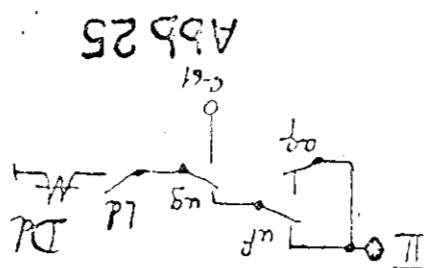


Abb 25

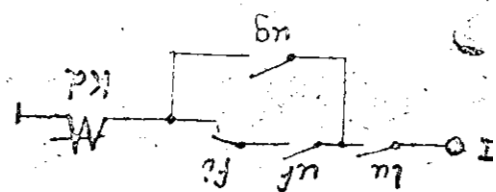
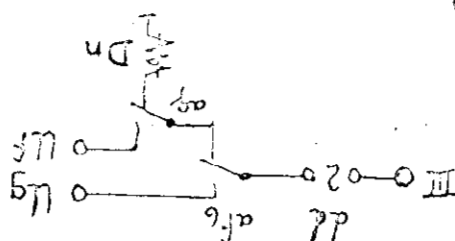
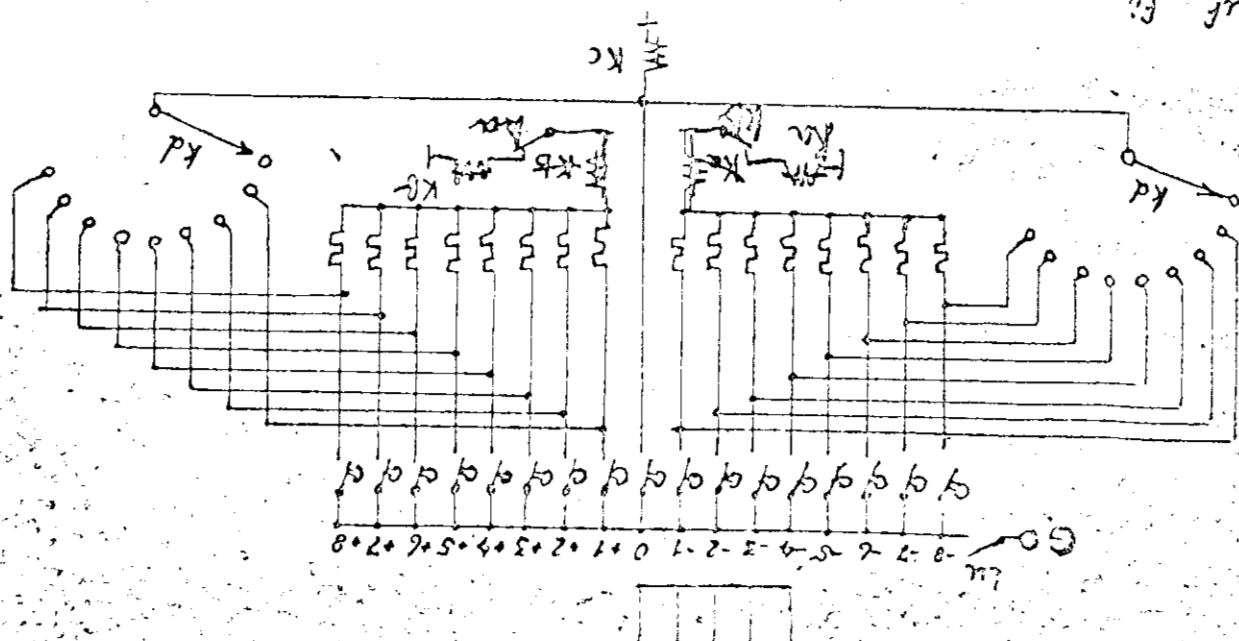


Abb. 20



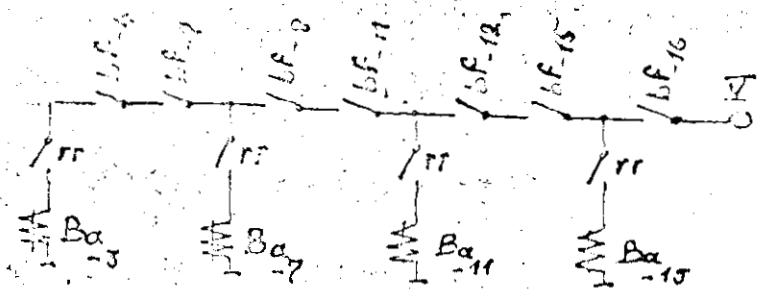


Abb 27

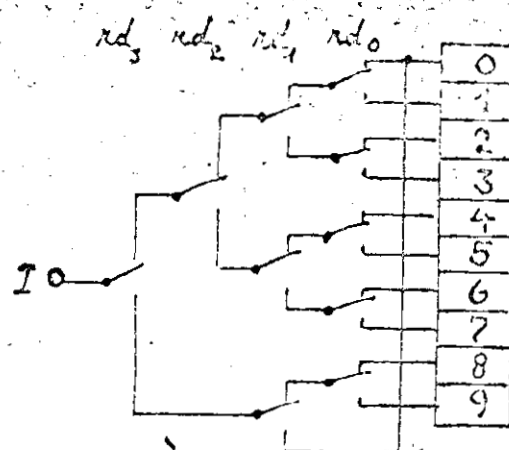


Abb. 28

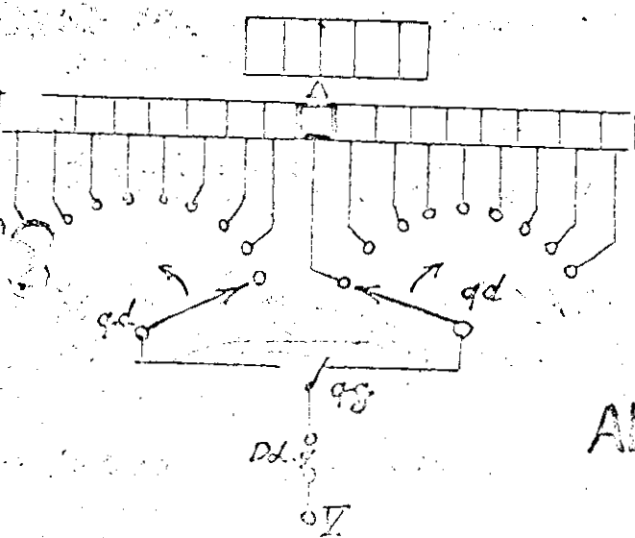
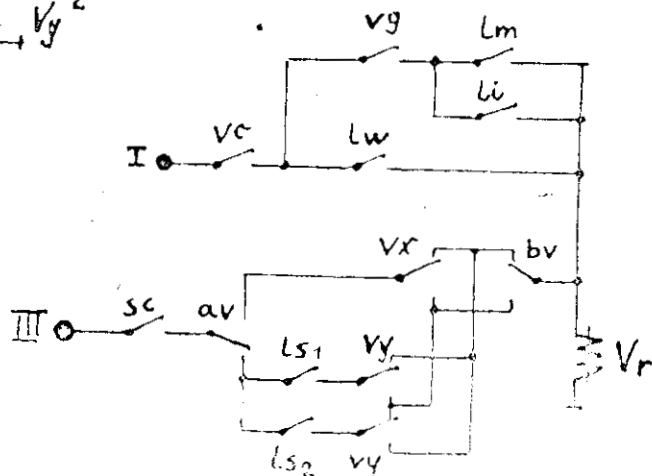
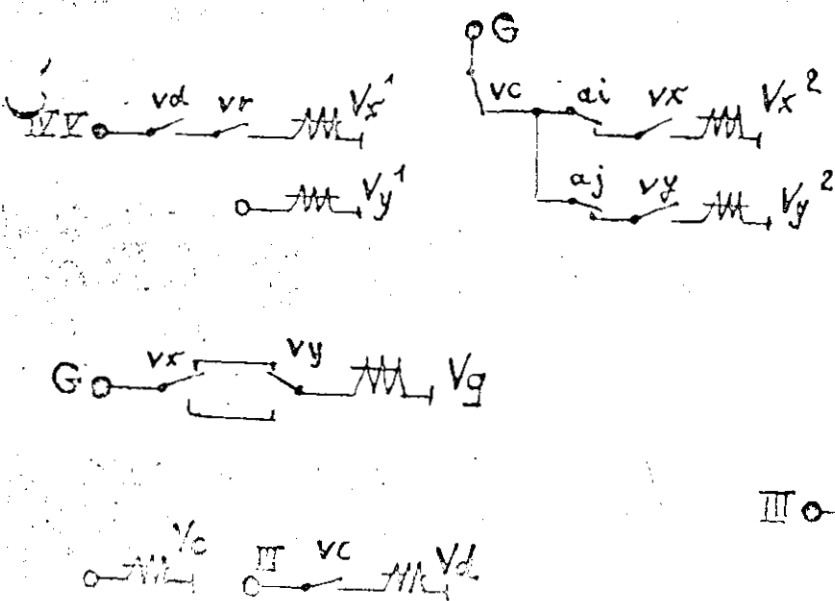
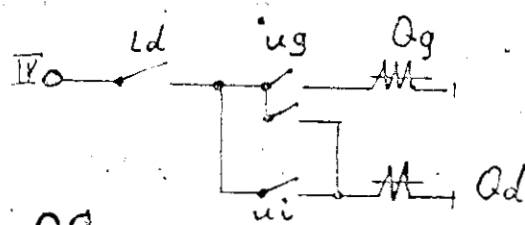


Abb 29



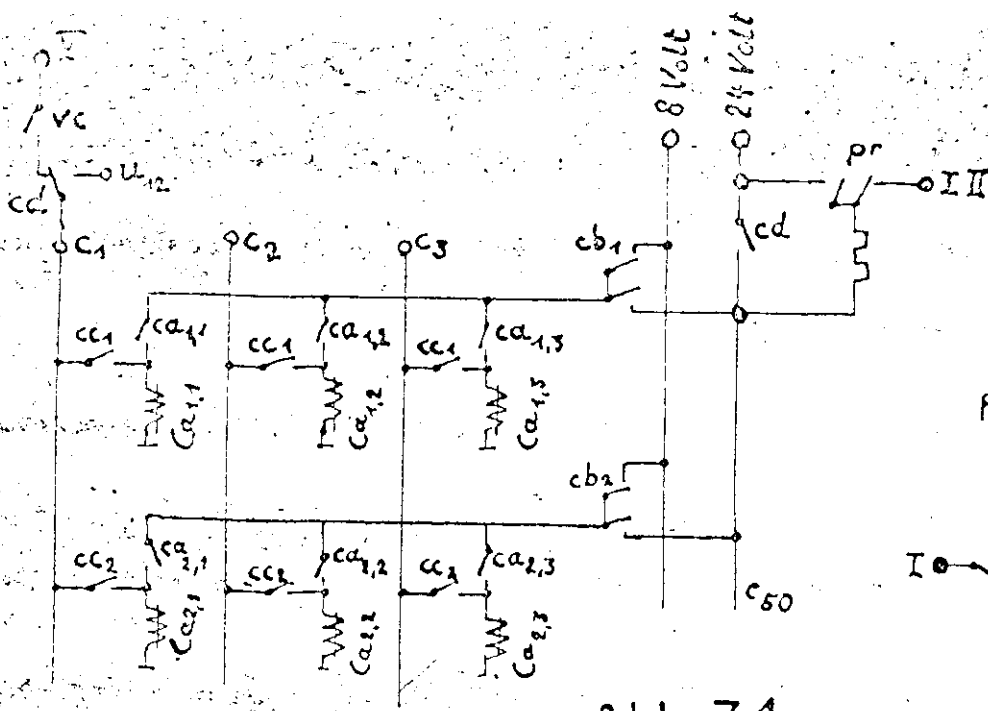


Abb. 31

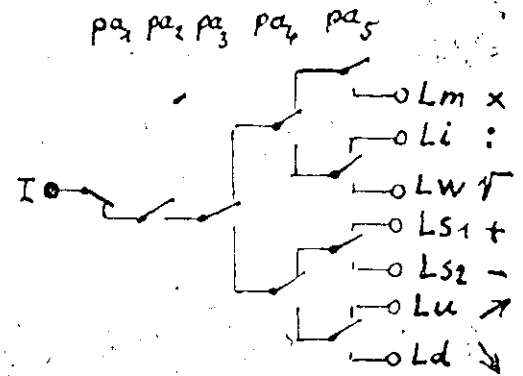


Abb. 33

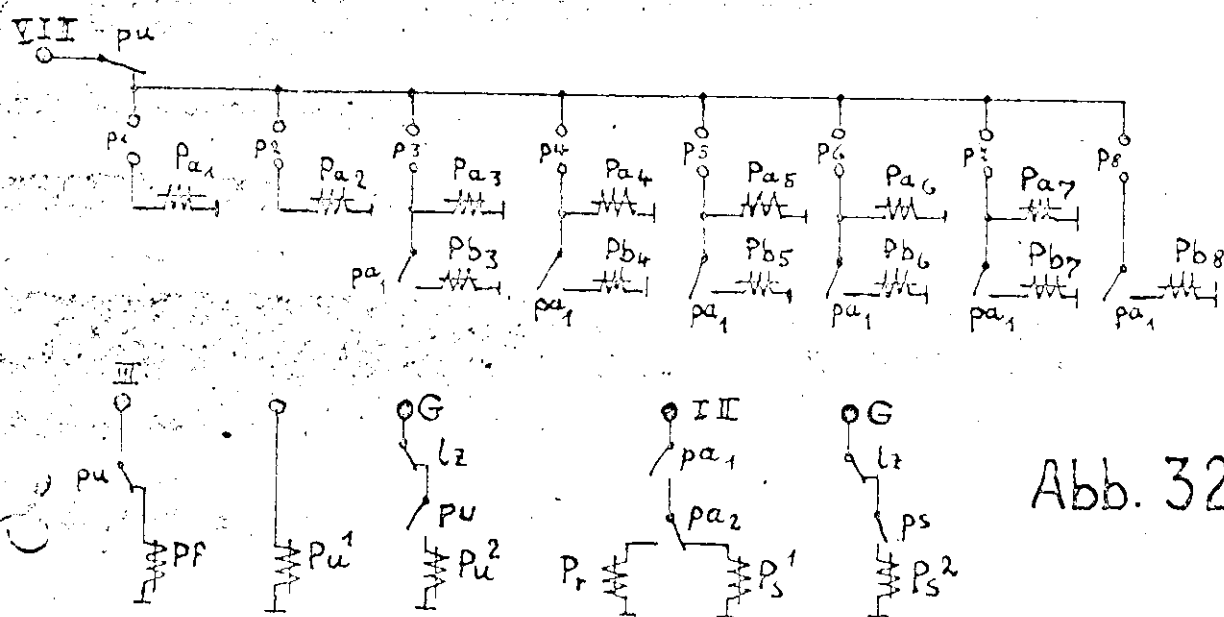
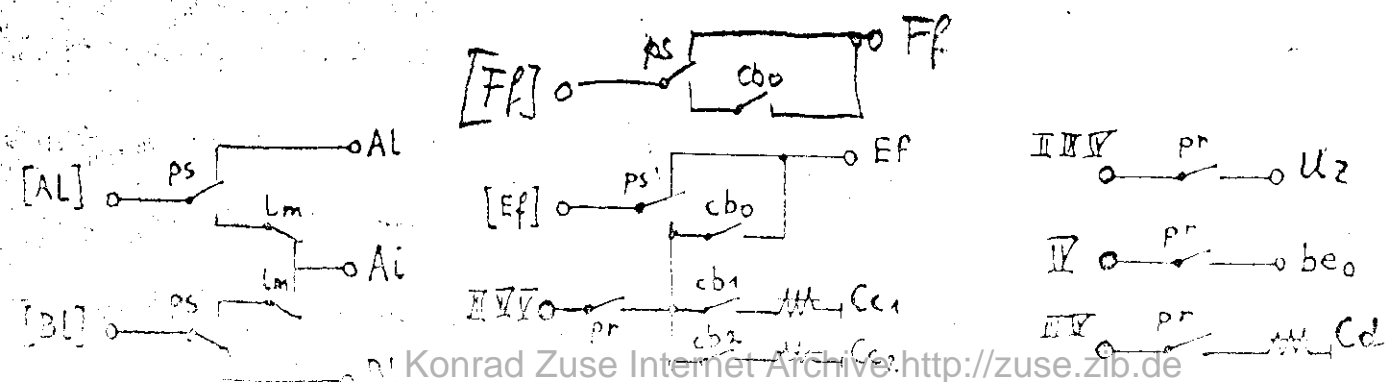


Abb. 32



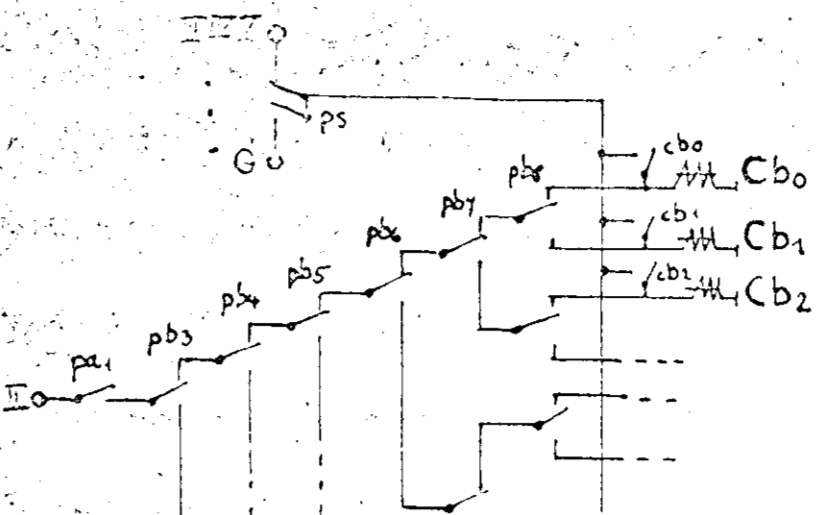


Abb. 34

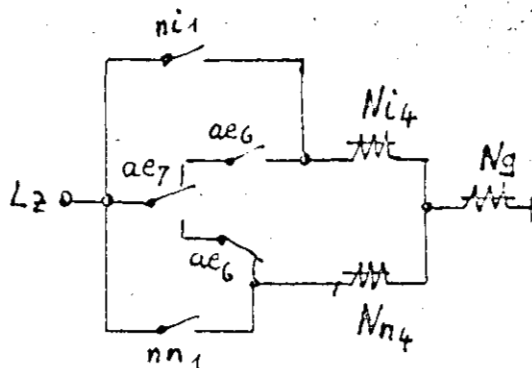


Abb. 40

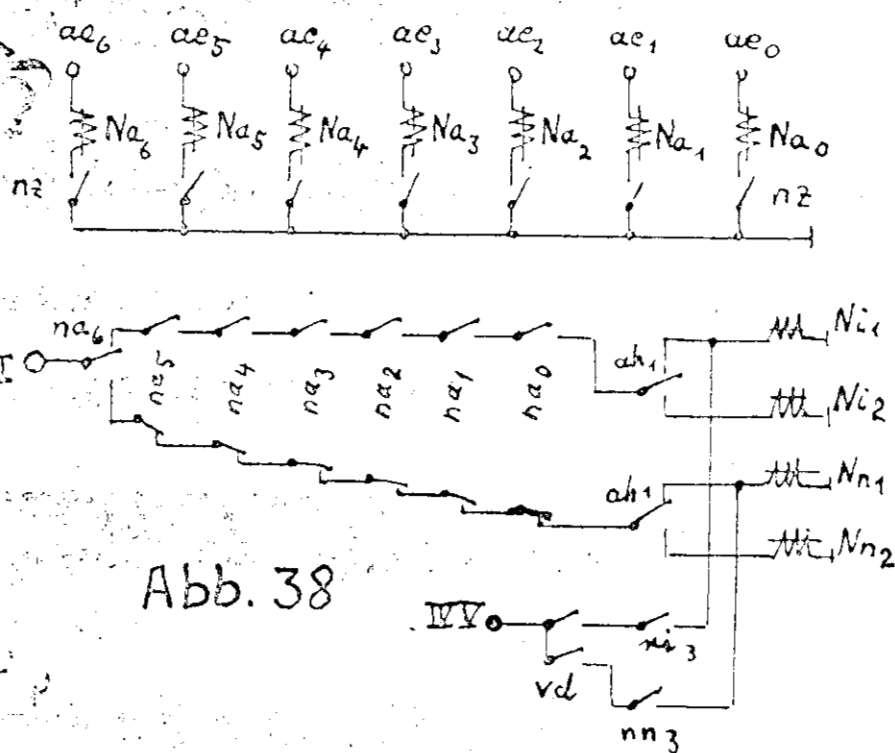


Abb. 38

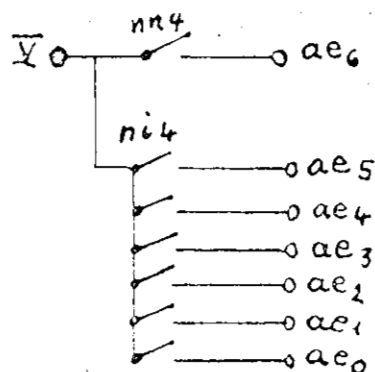


Abb. 41

