



---

**Title:** Rechenvorrichtung  
**Author(s):** Konrad Zuse  
**Date:** 1944  
**Published by:** Konrad Zuse Internet Archive  
**Source:** Document - ZIA ID: 0171

---

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.

# Rechenvorrichtung\*

Die Erfindung betrifft eine Rechenvorrichtung zum Ableiten von Resultatangaben aus irgendwelchen gegebenen Angaben nach einer Vorschrift.

Beim üblichen Rechnen in der Mathematik bedient man sich bestimmter, formaler Methoden, die uns heute meist selbstverständlich erscheinen. So sind z.B. die einzelnen Rechenwerte einer algebraischen Gleichung unter Verwendung eingeführter Symbole wie  $+$ ,  $-$ ,  $\times$ ,  $:$ ,  $\sqrt{\phantom{x}}$  u.s.w. miteinander verknüpft; die Gleichung kann nach Anwendung der den Zeichen entsprechenden Rechenregeln gegebenenfalls gelöst werden. Wollte man sich bei diesem Lösungsvorgang nur der normalen Sprache bedienen, so würde man wohl schon beim Aufstellen der Gleichung auf die größten Schwierigkeiten stoßen. Eine Lösung der Gleichung wäre so aber meist unmöglich. Die großen Fortschritte z.B. in der Algebra seit der Antike sind wohl auch in erster Linie auf das Einführen solcher Symbole und Rechenregeln, also auf das Einführen eines brauchbaren Formalismusses, zurückzuführen. Selbsttätige algebraische Rechenmaschinen müßten dann natürlich so gebaut sein, daß sie diesem Formalismus in jeder Hinsicht genügen.

Die theoretische Logik (auch mathematische Logik, Logik-Kalkül, Algebra der Logik oder Logistik genannt) bedient sich nun ebenfalls eines bestimmten Formalismusses. Die Hauptaufgabe der theoretischen Logik bestand bisher darin, die Richtigkeit mathematischer Sätze aus gegebenen Axiomen abzuleiten; sie wurde daher hauptsächlich in der mathematischen Grundlagenforschung angewendet.

Der Erfinder hat erkannt, daß alle Rechenaufgaben in die Grundoperationen der theoretischen Logik aufgelöst werden können. Diese Rechenaufgaben betreffen hier aber nicht nur ein Rechnen mit Zahlen, sondern darüber hinaus ganz allgemein auch ein Rechnen mit Zuständen, Begebenheiten und Bedingungen. Im Rahmen dieser Erfindung wird also unter „Rechnen“ das Ableiten von Resultatangaben aus irgendwelchen Angaben nach einer Vorschrift verstanden.

Die Erfindung stellt sich die Aufgabe eine Rechenvorrichtung zu bauen, die dem Formalismus des Aussagenkalküls der theoretischen Logik genügt; mit dieser Vorrichtung kann man dann alle Rechenvorgänge gemäß obiger Definition, also nicht nur alle Zahlenrechnungen, entsprechend selbsttätig durchführen.

---

\*ZuP 019/005. ZIA 0171. Version 2. Durchgesehen von R. Rojas, G. Wagner, L. Scharf.

Bevor die Rechenvorrichtung, die diese Aufgabe löst, näher beschrieben wird, muß vorerst kurz einiges über die Grundzüge der theoretischen Logik und über ihre Grundoperationen gesagt werden:

Ein wesentlicher Teil der theoretischen Logik baut sich auf dem sogenannten Aussagenkalkül auf. Unter einer Aussage ist jeder Satz zu verstehen, von dem es sinnvoll ist zu behaupten, daß sein Inhalt richtig oder falsch ist. Eine bestimmte Aussage kann also richtig oder falsch sein. Die Aussage: „Die Kugel ist rund“ ist richtig. Eine Aussage: „ $2 \times 2 = 7$ “ ist falsch.

Aus mehreren Aussagen können durch Verknüpfungen (Operationen) neue Aussagen gebildet werden, die wieder richtig oder falsch sein können!

Es seien nun zwei verschiedene Aussagen, die richtig oder falsch sein können mit  $A$ , bzw.  $B$  bezeichnet. Die neuen Aussagen die durch die Grundoperationen, also durch die Grundverknüpfungen von  $A$  und  $B$  gebildet werden können sind folgende:

1. Konjunktion:  $A \& B$  ( $A$  und  $B$ )
2. Disjunktion:  $A \vee B$  ( $A$  oder  $B$ )
3. Negation:  $\overline{A}$  (nicht  $A$ )

Wie gesagt, können die beiden Aussagen  $A$  und  $B$  richtig oder falsch sein; dementsprechend sind dann auch die neuen, durch eine der drei Grundoperationen gebildeten Aussagen, richtig oder falsch. Bezeichnen wir kurzer Hand eine richtige Aussage mit  $R$  und eine falsche mit  $F$ , so ergeben sich nach dem Formalismus der theoretischen Logik für die neuen Aussagen aus den Grundoperationen folgende Richtig- oder Falschwerte:

*Grundoperationen:*

	Aussage A		Aussage B	neue Aussage
Konjunktion	$R$	$\&$	$R$	$R$
	$R$	$\&$	$F$	$F$
	$F$	$\&$	$R$	$F$
	$F$	$\&$	$F$	$F$
Disjunktion	$R$	$\vee$	$R$	$R$
	$R$	$\vee$	$F$	$R$
	$F$	$\vee$	$R$	$R$
	$F$	$\vee$	$F$	$F$
Negation	$\overline{R}$			$F$
	$\overline{F}$			$R$

Unmittelbar und ohne weiteres einleuchtend ist z.B., daß die Negation von „Richtig“ „Falsch“ ist; „die Kugel ist rund“ ist richtig ( $R$ ); „die Kugel ist nicht rund“ ist nicht richtig ( $\overline{R}$ ), also falsch ( $F$ ). Also  $\overline{R} = F$ .

Es können hier die Grundzüge der theoretischen Logik nur angedeutet werden. Bemerkt sei noch, daß die Richtigkeit oder Falschheit einer neuen Aussage zufolge

einer Aussagenverknüpfung durch eine Grundoperation nur von der Richtigkeit oder Falschheit der verknüpften Aussage und nicht von dem Inhalt dieser einzelnen Aussagen abhängig ist. Zu verknüpfende Aussagen müssen also inhaltlich in keinem Zusammenhang stehen. Man kann also z.B. die Aussagen „die Kugel ist rund“ und „ $2 \times 2 = 7$ “ verknüpfen. Ob das Ergebnis – die neue Aussage – richtig oder falsch ist, ist aus der obigen Zusammenstellung für die drei Grundoperationen zu entnehmen.

Außer diesen 3 genannten Grundoperationen gibt es noch zwei weitere; die eine ergibt sich durch die Verknüpfung  $A \rightarrow B$  (d.h. wenn  $A$  so  $B$ ) und die andere aus  $A \sim B$  (d.h.  $A$  gleichwertig  $B$ ). Diese lassen sich aber immer auf die bereits erklärten Grundoperationen (Konjunktion, Disjunktion, Negation) zurückführen. Durch mehrfache Anwendung der Grundoperationen lassen sich komplizierte Aussagenverknüpfungen bilden, die nach den Rechenregeln der theoretischen Logik gelöst werden können; zum Schluß ergibt sich dann, daß die neue Aussage, die sich aus der komplizierten Verknüpfung von verschiedenen richtigen und falschen Aussagen zusammensetzt, selbst richtig oder falsch ist. An einem einfachen praktischen Beispiel sei dies kurz erklärt:

Auf den üblichen Karteikarten zur Erfassung der Gefolgschaftsmitglieder von Großbetrieben sei auch eine Spalte vorgesehen auf der untereinander die Buchstaben von  $a$  bis  $i$  vermerkt sind. Neben jedem Buchstaben ist eine freie Stelle vorhanden, die mit  $+$  oder  $-$  bezeichnet, bzw. nicht gelocht ( $+$ ) oder gelocht ( $-$ ) werden kann. Die Buchstaben bedeuten bestimmte Angaben und zwar:

$a$	=	männlich
$b$	=	Inländer
$c$	=	verheiratet
$d$	=	abgeschlossenen Hochschulbildung
$e$	=	bezieht ein Einkommen von über 500,- RM
$f$	=	über 10 Jahre im Betrieb
$g$	=	technische Fachkraft
$h$	=	kaufmännische Fachkraft
$i$	=	vollkommen gesund

In der Karteikarte des Gefolgschaftsmitgliedes Mayer sei diese Spalte z.B. so ausgefüllt:

$a$	=	+
$b$	=	+
$c$	=	-
$d$	=	+
$e$	=	+
$f$	=	-
$g$	=	+
$h$	=	-
$i$	=	-

Demnach ist das Gefolgschaftsmitglied Mayer ein Mann, Inländer, mit abgeschlossener Hochschulbildung, besitzt ein Einkommen über RM 500,- ist technische Fachkraft; Herr Mayer ist nicht verheiratet, nicht über 10 Jahre im Betrieb, nicht kaufmännische Fachkraft und nicht vollkommen gesund. Es trete nun der praktisch oft vorkommende Fall ein, daß von dem Stammhaus des Betriebes, in dem Mayer angestellt ist, Arbeitskräfte für verschiedene Zwecke angefordert werden. Diese Anforderung kann hier in Form einer logistischen Formel aufgegeben werden, z.B. so:

Gesucht wird:

$$(a \ \& \ b \ \& \ h)v(\bar{a} \ \& \ c \ \& \ f \ \& \ i)v(a \ \& \ \bar{c} \ \& \ d \ \& \ \bar{f} \ \& \ \bar{h})$$

gesucht werden also folgende Arbeitskräfte:

- Männer, die Inländer sind und Kaufleute, oder
- verheiratete Frauen, die über 10 Jahre im Betrieb und vollkommen gesund sind, oder
- unverheiratete Männer mit abgeschlossener Hochschulbildung, die nicht über 10 Jahre im Betrieb und nicht kaufmännische Fachkräfte sind.

Durch Überlegung ersieht man, daß Mayer der Anforderung genügt, und zwar fällt er unter die zuletzt genannte Gruppe der angeforderten Arbeitskräfte.

Wie löst nun die logistische Rechenmaschine diese Aufgabe, nämlich ob das Gefolgschaftsmitglied Mayer unter die angeforderten Arbeitskräfte fällt oder nicht?

Anstelle der Aussagen  $a, b, c \dots$  bzw.  $\bar{a}, \bar{b}, \bar{c} \dots$  der Anforderungsformel wird auf Grund der Karteikarte eingetragen, ob diese Aussagen für Mayer zutreffen (also + sind, d.h. richtig ( $R$ ) sind) oder nicht zutreffen (also- sind, d.h. falsch ( $F$ ) sind). Die Anforderungsformel sieht dann so aus:

$$\begin{array}{ccccccc} (+\& + \&-) \vee (-\& - \&- \&-) \vee (+\& + \& + \& + \&) & \text{oder} \\ (R\&R\&F) & \vee & (F\&F\&F\&F) & \vee & (R\&R\&R\&R) & = \\ F & \vee & F & \vee & R & = \\ F & & & \vee & R & = & R \end{array}$$

Mayer ist also „richtig“.

Das Eintasten der Richtig-Falsch-Werte entsprechend der Anforderungsformel und den Eintragungen in der Karteikarte in die Maschine kann z.B. so durchgeführt werden, daß an Stelle der + und – Bezeichnungen die Karteikarte entsprechend

geloht ist und durch maschinelles Abtasten dieser Lochreihe Kontakte geschlossen werden oder offen bleiben. Dadurch werden z.B. elektrische Relais zur Aufnahme der Eingangswerte an Spannung gelegt oder nicht.

In dem obigen Beispiel war Mayer richtig. Wäre er z.B. verheiratet gewesen, so hätte er der Anforderung nicht entsprochen, denn

$$\begin{array}{ccccccc}
 (R\&R\&F) & \vee & (F\&F\&F\&F) & \vee & (R\&F\&R\&R) & = \\
 F & & \vee & & F & & \vee & & F & = \\
 & & F & & & & \vee & & F & = F
 \end{array}$$

dieser Mayer wäre „falsch“. Im Sinne der obigen Ausführung über Logistik kann man statt *R* oder *F* auch einen Ja-Wert oder einen Nein-Wert setzen. In der Rechenmaschine stellt sich dann das Resultat z.B. so dar, daß ein Resultat-Relais Be am Ende einer Rechenoperation anspricht (Ja-Wert) oder nicht anspricht (Nein-Wert).

Der Gegenstand der Erfindung ist selbstverständlich für alle möglichen Zwecke – organisatorische, technische, kaufmännische usw. – verwendbar; besonders bei Lösung komplizierter Aufgaben, die sich auch in komplizierten logistischen Aufgabenformeln darstellen, die durch Überlegung meist nicht gelöst werden können, wird der große technische und wirtschaftliche Fortschritt dieser Erfindung erkennbar.

Vor Erklärung der einzelnen beispielsweisen Ausführungsformen der Erfindung an Hand der Schaltpläne sei noch kurz darauf hingewiesen, daß hierbei eine vollständige Rechenoperation aus verschiedenen Spielen besteht; jedes Spiel besteht ferner aus Schritten, bei den vorliegenden Ausführungsformen z.B. aus fünf Schritten. Ein „Schritt“ ist die Ansprech- bzw. Abfallzeit eines Relais (falls nicht abfallverzögert). Die verschiedenen ansprechenden Relaisgruppen erhalten Spannung über einen Impulsgeber. Die Impulse sind mit römischen Ziffern I, II, III, IV, V bezeichnet und können ein – oder mehrschrittig sein.

Trägt ein Pol z.B. die Bezeichnung IV V so bedeutet das, daß er während der Schritte IV und V an Spannung liegt. Die Bezeichnung z.B. 'II gibt an, daß dieser Pol nicht nur beim Schritt II, sondern vorgreifend auch schon während des Endes des Schrittes I an Spannung liegt. *G* bezeichnet den Grundpol, der dauernd an Spannung liegt.

Jedem Fachmann geläufige Anordnung und Bauweisen, wie entsprechend abfallverzögerte Relais, Selbsthaltekreise und dergl. sind nicht immer ausdrücklich beschrieben, da sie nicht Gegenstand der Erfindung sind, und das klare Bild der Schaltung oft nur trüben. Ferner ist selbstverständlich, daß je nach den gewünschten Betriebsbedingungen und den sonstigen Anforderungen an die Rechenvorrichtung verschiedene an sich bekannte elektrische Relais mit entsprechenden Eigenschaften (Ansprech-Abfallzeit, Ansprechempfindlichkeit usw.) Verwendung finden können.

Und nun zum ersten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 bis 12. Die Wirkungsweise dieser Anordnung wird am einfachsten bei Durchrechnung eines besonderen Beispiels klar, auch der grundsätzliche Aufbau dieser Anordnung läßt sich dann leichter erklären und verstehen. Es sei die Aussage  $a$  und die Aussage  $b$  gegeben. Beide Aussagen seien richtig. Es ist dann auch die weitere Aussage  $c$ , die sich aus der Konjunktion der beiden Aussagen  $a$  und  $b$  ergibt, ebenfalls richtig. Es muß also am Ende des Rechenvorganges auf dem Resultat-Relais  $Be$  ein Ja-Wert auftreten. Ordnen wir nun den beiden Aussagen  $a$  und  $b$  sowie der Endaussage  $c$  Relaisgruppen (z.B. Speicherzellen)  $V_0$ ,  $V_1$  und  $V_2$  zu, so können wir die obige Aufgabe auch schreiben:

$a \& b = c$  logistische Formel; oder  
 $V_0 \& V_1 = V_2$  beteiligte Relaisgruppen der Maschine; die Indizes charakterisieren die einzelnen Relais;  $V_0$ ,  $V_1$  und  $V_2$  sind positiv, die entsprechenden Relais müssen also durchweg an Spannung liegen.

Da wir dieses Beispiel anhand der Schaltung der Relais usw. in der Maschine erklären wollen, so werden wir uns im folgenden stets an die Schreibweise

$$V_0 \& V_1 = V_2$$

halten.

Die Lösung dieser Aufgabe vollzieht sich in 4 Spielen zu je 5 Schritten (siehe den Zeitplan Fig. 12). Bei den einzelnen Spielen werden bestimmte Kommandos wie „Ablesen“, „Operation“ und „Speichern“. Die Steuerung dieser Kommandos wie auch andere notwendige Befehle werden durch einen Rechenplan in Form eines Lochstreifens bewirkt, der Kontakte  $p_1$  bis  $p_5$  (fig. 1) offen läßt oder schließt. Wird ein Kontakt  $p$  geschlossen, so kommt  $Pa^1$  auf Schritt II an Spannung; der zugehörige Kontakt  $pa$  hält sich dann während der Schritte III IV V zufolge der Haltewicklung  $Pa^2$  (Fig. 2). Zur Durchführung der Kommandos Ablesen, Operation und Speichern werden die ersten beiden Kontakte  $p_1$  und  $p_2$  verwendet; je nachdem sie geschlossen werden oder offen bleiben, d.h. je nachdem die zugehörigen Relais  $Pa_1$  und  $Pa_2$  angesprochen haben oder nicht, sind diese Kommandos durch die folgenden Schaltkombinationen von  $Pa_1$  und  $Pa_2$  gegeben:

Relais		
$Pa_1$	$Pa_2$	
—	—	kein Kommando
—	+	Operation
+	—	Ablesen
+	+	Speichern

Wieder bedeutet „—“ liegt nicht an Spannung  
 „+“ liegt an Spannung

Das Relais  $Pa_3$  wird im Falle „Operation“ dazu benützt, um anzugeben, ob eine Konjunktion (Kontakt  $p_3$  nicht geschlossen,  $-$ ) oder eine Disjunktion (Kontakt  $p_3$  geschlossen,  $+$ ) vorzunehmen ist.

Auf dem Relais  $Pa_4$  und  $Pa_5$  wird im Falle eines Operationsbefehls angegeben, ob die Operanden positiv oder negativ zu bewerten sind. In unserem Beispiel müssen daher beim Kommando „Operation“ beide Relais  $Pa_4$  und  $Pa_5$  an Spannung liegen.

Bei einem Speicherbefehl wird auf den Relais  $Pa_3$  bis  $Pa_5$  die Nummer der Speicherzelle dargestellt. Die Zahl der möglichen Zellen ergibt sich bei der beschriebenen Ausführung zu  $2^3 = 8$ . Den einzelnen Schaltkombinationen sind die Zellen wie folgt zugeordnet:

Relais			
$Pa_3$	$Pa_4$	$Pa_5$	
$-$	$-$	$-$	Zelle Nr. 0
$-$	$-$	$+$	Zelle Nr. 1
$-$	$+$	$-$	Zelle Nr. 2
$-$	$+$	$+$	Zelle Nr. 3
$+$	$-$	$-$	Zelle Nr. 4
$+$	$-$	$+$	Zelle Nr. 5
$+$	$+$	$-$	Zelle Nr. 6
$+$	$+$	$+$	Zelle Nr. 7

Aus dem Gesagten ergibt sich von selbst, daß man beim Kommando „Operation“ ( $Pa_1 -$  und  $Pa_2 +$ ) durch die verschiedenen Schaltkombinationen von  $Pa_3$ ,  $Pa_4$  und  $Pa_5$  alle möglichen Konjunktionen und Disjunktionen der beiden Operanden bilden kann; ferner läßt sich dann, wenn nur ein Operand eingestellt ist, also z.B. nur das Operanden-Relais  $Ba$  angesprochen hat, ( $Ba = +$ ) und  $Bb$  nicht angesprochen hat ( $Bb = -$ ), die Aufgabe  $\bar{a}$  durch die Operation  $\bar{a} \& \bar{b}$  bzw.  $\bar{a} \vee b$  lösen. Auch können die Konstanten „ $-$ “ und „ $+$ “ ersetzt werden, wie aus folgender Übersicht klar zu entnehmen ist:

Relais					Operation	Wenn $b \sim$ „ $-$ “
$Pa_1$	$Pa_2$	$Pa_3$	$Pa_4$	$Pa_5$		
$-$	$+$	$-$	$-$	$-$	$\bar{a} \& b$	$\bar{a}$
$-$	$+$	$-$	$-$	$+$	$\bar{a} \& \bar{b}$	„ $-$ “
$-$	$+$	$-$	$+$	$-$	$a \& \bar{b}$	$a$
$-$	$+$	$-$	$+$	$+$	$a \& b$	„ $-$ “
$-$	$+$	$+$	$-$	$-$	$\bar{a} \vee \bar{b}$	„ $+$ “
$-$	$+$	$+$	$-$	$+$	$\bar{a} \vee b$	$\bar{a}$
$-$	$+$	$+$	$+$	$-$	$a \vee \bar{b}$	„ $+$ “
$-$	$+$	$+$	$+$	$+$	$a \vee b$	$a$

Und nun zurück zum Beispiel:

$$V_0 \& V_1 = V_2.$$

Die Ausgangswerte, also die beiden Operanden  $V_0$  und  $V_1$  werden durch Andrücken der Anker der  $Ca$ -Relais  $Ca_0$  und  $Ca_1$  (Fig. 9) in die Maschine gegeben. Die zugehörigen Kontakte  $ca_0$  und  $ca_1$  werden durch die Haltewicklungen  $Ca_0^2$  und  $Ca_1^2$  (Fig. 10) geschlossen gehalten und bleiben solange am Grundpol  $G$  an Spannung, bis ein neuer Speicherbefehl auf das betreffende Relais vorliegt.

Auf Lampen, die den Wicklungen  $Ca^2$  parallelgeschaltet sind, werden die eingetasteten Werte, bzw. die gespeicherten Resultat-Werte, sichtbar gemacht.

Wie schon ausgeführt, wird der gesamte Rechenvorgang durch einen Rechenplan in Form eines Lochstreifens gesteuert, der die Kontakte  $p_5$  bis  $p_5$  (Fig. 1) entsprechend schließt oder offen läßt. Dieser Rechenplan muß für das vorliegende Beispiel so aussehen:

Kontakt					
$p_1$	$p_2$	$p_3$	$p_4$	$p_5$	
+	—	—	—	—	Ablesen
+	—	—	—	+	Ablesen
—	+	—	+	+	Operation
+	+	—	+	—	Speichern

Der gesamte Rechenvorgang wird anhand des Zeitplanes Fig. 12 erklärt; das Arbeiten der Relais wird in der Reihenfolge besprochen, wie diese Relais im Zeitplan von oben nach unten gesehen einander folgen. Die einzelnen Spiele werden getrennt beschrieben.

Beim 1. *Spiel* wird durch das Relais  $Pa_1$  (Fig. 1 und 2) Ablesen kommandiert. über die s.g. Tannbaumschaltung der Fig. 8 kommt dann  $Cb_0$  auf den Schritten III IV V an Spannung; dadurch spricht auf Schritt V des 1. Spieles (Fig. 3) das Operanden-Relais  $Ba^1$ , Über  $pa_1$ ,  $pa_2$  (nicht angesprochen),  $cb_0$ ,  $ca_0$  und  $pr'$  (nicht angesprochen).  $Ba$  hält sich dann bis zum Ende des Schrittes III des dritten Spieles (Operation) zu Folge des Halte-Kreises nach Fig. 5.  $Ca_0$  und  $Ca_1$  liegt, wie eben ausgeführt, an Spannung. Auf Schritt V des ersten Spieles wird endlich noch  $Pr^1$  (Fig. 3) an Spannung gelegt. Gemäß Fig. 4 hält sich  $Pr$  während der Schritte I II des 2. Spieles, so daß auf II dieses 2. Spieles  $Pr'$  anspricht und zum zweiten Operandenrelais  $Bb$  umschaltet, also eine spätere etwaige Doppelbesetzung von  $Ba$  verhindert ist.

Im 2. *Spiel* wird ebenfalls durch  $Pa_1$  und  $Pa_2$  Ablesen kommandiert. Es spricht jetzt aber auch das Relais  $Pa_5$  an so daß nach Fig. 8  $Cb_1$  auf Schritten III IV V des zweiten Spieles an Spannung liegt.

Die Kontakte  $ba$  des Relais  $Ba$  werden über den Grundpol  $G$  und  $pa_1$  (Fig. 5) weiterhin in angesprochener Stellung gehalten. Auf Schritt V erhält jetzt  $Bb$  über

den umgelegten Kontakt  $pr'$  einen Spannungs-Impuls;  $Bb$  hält sich dann wie  $Ba$  bis zum Ende des III. Schrittes des dritten Spieles (Operation).  $Ca_0$  und  $Ca_1$  bleiben weiterhin an Spannung. Die Arbeitsweise des Relais  $Pr'$  im zweiten Spiel wurde am Ende der Beschreibung des ersten Spieles dargelegt.

Beim 3. Spiel kommen  $Pa_2$ ,  $Pa_4$  und  $Pa_5$  an Spannung. Durch  $Pa_1$  und  $Pa_2$  wird das Kommando Operation gegeben. Die Durchführung der Operation besteht dann darin, daß auf Grund der beiden angesprochenen Operanden-Relais  $Ba$  und  $Bb$  das Resultat auf  $Be$  gebildet wird, entsprechend der zu lösenden Aufgabe:  $V_0 \& V_1 = Y$ . Daß die Durchführung einer Konjunktion ausgeführt wird, ist durch das nicht angesprochene Relais  $Pa_3$  bestimmt. Wir wissen, daß das Resultat ein Ja-Wert ist, daß also  $Be$  ansprechen muß. Aus der Schaltung Fig. 6 erreicht man auch, daß  $Be^1$  auf Schritt III dieses dritten Spieles über  $pa_1$  (nicht angesprochen),  $pa_2$  (geschlossen),  $pa_3$  (nicht angesprochen),  $ba$ ,  $pa_4$ ,  $bb$  und  $pa_5$  (sämtliche angesprochen) an Spannung kommt. Gemäß Fig. 7 hält sich  $Be$  bis zum Ende des Schrittes V nach dem Umschalten des Kontaktes  $pl$ .

Im 4. Spiel muß der auf  $Be$  aufscheinende Resultatwert gespeichert werden.  $Pa_1$ ,  $Pa_2$  und  $Pa_4$  sprechen an. Das Kommando Speichern ist durch das Ansprechen von  $Pa_1$  und  $Pa_2$  gegeben. Auf den Schritten III IV V spricht  $Cb_2$  (Fig. 8) an, wodurch auf Schritt V die Speicherzelle  $Ca_2$  (Fig. 9) an Spannung gelegt wird. Sollte diese Zelle aus dem vorhergehenden Rechenvorgang einen Ja-Wert gespeichert haben, so wird dieser Wert vorerst dadurch gelöscht, daß auf Schritt II des vierten Spieles  $Pa_2$  anspricht und dadurch den Kontakt  $pa_2$  (Fig. 10) vom Grundpol  $G$  weg auf Impulspol III schaltet. Beim Schritt III bekäme also das etwaig angesprochene Relais  $Ca_2^2$  nochmals einen Halteimpuls. Auf Schritt IV wird aber dann solch ein Impuls nicht mehr gegeben,  $Ca_2$  muß abfallen, wodurch dieser etwaig gespeicherte Wert gelöscht erscheint. Erst bei dem nächsten Schritt V nimmt das Relais  $Ca_2$  den neu zu speichernden Wert entsprechend auf. Bei diesem Schritt V kommt auch  $Pl$  (Fig. 9, 11) an Spannung und hält sich über die Schritte I II bis in das nächste Spiel eines neuen Rechenvorganges hinein. Dadurch wird wiederum  $Be$  (Fig. 7), ähnlich wie in der eben beschriebenen Weise bei  $Ca$ , gelöscht;  $Be$  ist also nunmehr für die Aufnahme eines weiteren Resultates des nächsten Rechenvorganges frei.

In diesem Beispiel wurde bloß die Durchführung einer einfachen Konjunktion ( $a \& b = c$ ) erklärt. Die Einrichtung führt in entsprechender Weise natürlich auch Disjunktionen und Negationen durch. Von grundsätzlicher Wichtigkeit ist hierbei die Schaltung nach Fig. 6; die beiden Kontaktgruppen  $ba$ ,  $pa_4$  und  $bb$ ,  $pa_5$  (wobei  $ba$  äquivalent  $pa_4$  und  $bb$  äquivalent  $pa_5$ ) bilden Zwischenwerte, die durch entsprechende Stellung, von  $pa_3$  hintereinander (Konjunktion) bzw. parallel (Disjunktion) geschaltet werden können. Bei Bildung einer Negation können die Befehle  $a \& \bar{b}$  bzw.  $\bar{a} \vee b$  gegeben werden (vergl. Schema auf S. 7). Es wird dabei nur der erste Operand ( $a$ ) eingestellt, so daß der zweite ( $b$ ) automatisch negativ ist.

In den Figuren 15 bis 24 ist eine andere Ausführungsform des Gegenstandes der Erfindung beispielsweise dargestellt. Im Gegensatz zu der obig beschriebenen Ausführungsform sind hier nicht bloß die ersten zwei Relais  $Pa_1$  und  $Pa_2$ , sondern die ersten drei Relais  $Pa_1$ ,  $Pa_2$  und  $Pa_3$  die eigentlichen Befehlsträger. Entsprechend der größeren Auswahl von Schaltkombinationen der drei Relais können hier auch mehr Befehle gegeben werden; sie sind den einzelnen Schaltkombinationen wie folgt zugeordnet:

Relais			
$Pa_1$	$Pa_2$	$Pa_3$	
—	—	—	Kein Kommando
—	—	+	$Ba \sim „+“$
—	+	—	$\bar{B}a \rightarrow C$ Speichern des inversen Wertes
—	+	+	$Ba \rightarrow C$ Speichern des gegebenen Wertes
+	—	—	$Ba \vee \bar{x}$ Disjunktion mit dem inversen Wert
+	—	+	$Ba \vee x$ Disjunktion mit dem gegebenen Wert
+	+	—	$Ba \vee \bar{x}$ Konjunktion mit dem inversen Wert
+	+	+	$Ba \vee x$ Konjunktion mit dem gegebenen Wert

Die Auswahl der Speicherzellen beträgt hier  $2^5 = 32$ ; es sind nämlich fünf Relais ( $Pa_4$  bis  $Pa_8$ ) zur Steuerung weiterer Vorgänge vorhanden, das ergibt im Ganzen 8 Relais  $Pa$ , siehe Fig. 15 und 16.

Auch hier läßt sich die Wirkungsweise am besten bei Durchrechnung eines Beispiels erklären.

Aus den drei Aussagen  $d$ ,  $e$  und  $f$  (die richtig seien) ist die logistische Formel zu lösen:

$$dv(e \& f) = ?$$

oder

$$V_0 v(V_1 \& V_2) = ? .$$

Der Rechenplan zur Lösung dieser Aufgabe sieht so aus:

Kontakt								
$p_1$	$p_2$	$p_3$	$p_4$	$p_5$	$p_6$	$p_7$	$p_8$	
—	—	+	—	—	—	—	—	$Be \sim „+“$ 1. Spiel
+	+	+	—	—	—	—	+	$Ba \& V_1$ 2. Spiel
+	+	+	—	—	—	+	—	$Ba \& V_2$ 3. Spiel
+	—	+	—	—	—	—	—	$Ba \vee V_0$ 4. Spiel
—	+	+	—	—	—	+	+	Speichern auf $V_3$ 5. Spiel

Die einzelnen Spiele seine wieder an Hand des Zeitplanes (Fig. 24) beschrieben, die Wirkungsweise der einzelnen Relais wird in der Reihenfolge erklärt, wie diese Relais im Zeitplan von oben nach unten gelesen einander bei jedem Spiel folgen.

Die gestellte Aufgabe wird vorerst wieder durch Andrücken der Anker der  $Ca$ -

Relais in die Maschine gegeben; es haben also alle Kontakte  $ca_0$ ,  $ca_1$  und  $ca_2$  geschaltet, da alle drei Werte als positiv gegeben angenommen wurden.

Im 1. Spiel liegt  $Pa_3$  an Spannung; dadurch bekommt über den geschalteten Kontakt  $pa_3$  das Relais  $Be^1$  auf Schritt V einen Spannungsimpuls (Fig. 21).  $Be$  hält sich dann über den Haltekreis (Fig. 17) bis zum Ende des III. Schrittes des 2. Spieles.

Beim 2. Spiel kommt  $Pa_1$ ,  $Pa_2$ ,  $Pa_3$  und  $Pa_8$  an Spannung; auf Schritten III IV V spricht dann  $Cb_1$  (Fig. 19) an.

$Ba$  (Fig. 18) wird durch den geschlossen gehaltenen Kontakt  $be$  auf Schritt III an Spannung gelegt und hält sich während der Schritte IV V über seinen Selbsthaltekontakt,  $Bb$  (Fig. 20) bei den Schritten IV V zu Folge des geschlossenen Kontaktes  $cb_1$ . Gleichzeitig wird hier im 2. Spiel auf Schritt V gemäß Fig. 19 das Resultat aus  $Ba \& V_1$  auf  $Be$  gebildet.  $Ba$  hat angesprochen, weil  $Be = +$  gemacht wurde und nach Fig. 16 der Wert von  $Be$  über  $be$  auf  $Ba$  übertragen wurde, der Ja-Wert  $V_1$  wurde durch das Relais  $Bb$  über den geschlossenen Kontakt  $cb_1$  dargestellt.

Hier schon erkennt man den Unterschied dieser Anordnung gegenüber der ersten Ausführungsform. Bei der vorliegenden zweiten Vorführungsform erfolgt die Übertragung von  $Be$  auf  $Ba$  automatisch im nächsten Spiel. Bei der ersten mußte das Resultat erst gespeichert werden und dann wieder abgelesen werden. Dazu sind zwei Spiele nötig (Speichern, Ablesen). Dann wird der zweite Operand eingestellt, und nun erst folgt wieder ein Operationsspiel. Es sind also zwischen zwei Operationen drei Zwischenspiele erforderlich, nämlich Speichern, Ablesen und nochmals Ablesen. Diese drei Zwischenspiele sind auch dann erforderlich, wenn mit dem Resultatwert sogleich weiter gerechnet wird. Bei der zweiten beschriebenen Ausführungsform fallen diese drei Spiele weg. Hier vollziehen sich die Vorgänge Ablesen und Operation in einem einzigen Spiel.

Das 3. Spiel wird durch die angesprochenen Relais  $Pa_1$ ,  $Pa_2$ ,  $Pa_3$  und  $Pa_7$  gesteuert.  $Cb_2$  spricht während der Schritte III IV V über  $pa_1$  an (Fig. 17).  $Ba$  liegt durch den wieder geschlossenen Kontakt  $be$  bei III IV V an Spannung (Fig. 16).  $Bb$  wird auf Schritten IV V über  $cb_2$  betätigt. Gleichzeitig wird auch wieder das neue Resultat aus  $Ba \& V_2$  gebildet und auf  $Be$ , Schritt V, angezeigt.

Das 4. Spiel geht sinngemäß in gleicher Weise vor sich, und es erscheint dann auf  $Be$  das endgültige Resultat als Ergebnis der letzten Operation  $Ba \vee V_0$ . Dieses Ergebnis ist ein Ja-Wert,  $Be$  hat also angesprochen.

Im 5. Spiel wird das erhaltene endgültige Ergebnis gespeichert, und zwar auf  $Ca_3$  (Fig. 22 und 23);  $cb_3$  wurde wieder durch die Tannenbaumschaltung nach Fig. 19 über  $pa_2$ ,  $pa_7$  und  $pa_8$  betätigt. Sollte auf dem Relais  $Ca_3$  von früher ein Wert gespeichert gewesen sein, so würde er, ähnlich wie beim ersten Ausführungsbeispiel, mit Hilfe von  $pa_2$  (Fig. 23) vorher gelöscht worden sein.

Charakteristisch für diese Ausführungsform ist noch, daß vom Speicherwerk immer nur auf  $Bb$  übertragen werden kann, eine Speicherung selbst aber nur über  $Ba$  möglich ist.

Und nun zur dritten und letzten beispielsweisen Ausführungsform des Gegenstandes der Erfindung nach den Fig. 29 bis 46. Diese Schaltanordnung stellt eine Weiterbildung der Anordnung gemäß dem oben beschriebenen zweiten Ausführungsbeispiel dar. Im besonderen ist ein Zählwerk (Fig. 40 bis 44) dazu gekommen, das für die vorkommenden aussagenlogischen Variablen die einzelnen möglichen Belegungskombinationen durchspielt und diese als jeweilige Ausgangswerte auf dem Ausgangswerterelais  $Za$  zur Verfügung stellt. Durch diese Ausführung kann also der sogenannte Funktionsverlauf einer Funktion bestimmt werden.

Das einfachste Beispiel hierfür ist durch eine Schaltanordnung nach Fig. 23 gegeben. Die beiden Kontakte  $a$  werden durch ein und dieselbe Relaiswicklung betätigt; der eine Kontakt  $a$  ist ein Ruhekontakt, der andere ein Arbeitskontakt. Die aussagenlogische Variable ist durch  $a$  veranschaulicht. Die beiden möglichen Belegungskombinationen von  $a$  sind:  $a$  und  $\bar{a}$ , also die Relaiswicklung, die  $a$  betätigt, liegt an Spannung oder sie liegt nicht an Spannung. In beiden Fällen ist aber eine Verbindung von 1 nach 2 nicht gegeben. Im ersten Fall unterbricht der Ruhekontakt  $a$ , im zweiten Fall der Arbeitskontakt  $a$ . Ist also eine Verbindung von 1 nach 2 gefragt, die durch die verschiedenen Belegungskombinationen von  $a$  zustande kommen soll, so kommt für alle Belegungskombinationen „Nein“ heraus. Diese logistische Formel ( $a \& \bar{a}$ ) ist also stets negativ. Beim Beispiel nach Fig. 23 ist dies ohne weiteres auch ohne besondere Vorrichtung zu erkennen. Es gibt aber komplizierte logistische Formeln, bei denen es durchaus nicht auf der Hand liegt, ob sie kontradiktorisch sind oder nicht. Man denke bloß z.B. an eine komplizierte elektrische Schaltung, bei der, wie im obigen Beispiel, die beiden verschiedenen Kontakte  $a$  irgendwie versteckt in Reihenschaltung vorkommen. Solche Aufgaben sind dann meist mittels Überlegung nur schwer oder langwierig lösbar, hier kann dann diese Ausführungsform des Gegenstandes der Erfindung zu Hilfe genommen werden.

Im besonderen sind auch bei dieser Schaltanordnung Befehlsträger, und zwar die Relais  $Pa_1$  bis  $Pa_4$  vorhanden. Ihre verschiedenen Schaltkombinationen sind den einzelnen Befehlen wie folgt zugeordnet:

Kontakt				
$Pa_1$	$Pa_2$	$Pa_3$	$Pa_4$	
—	—	—	—	Kein Kommando
—	—	+	—	$Ba \sim „+“$
—	+	—	—	$\bar{B}a \rightarrow C$ Speichern des inversen Wertes
—	+	+	—	$Ba \rightarrow C$ Speichern des gegebenen Wertes
+	—	—	—	$Ba \vee \bar{x}$ Disjunktion mit dem inversen Wert
+	—	+	—	$Ba \vee x$ Disjunktion mit dem gegebenen Wert
+	+	—	—	$Ba \& \bar{x}$ Konjunktion mit dem inversen Wert
+	+	+	—	$Ba \& x$ Konjunktion mit dem gegebenen Wert
—	+	—	+	Funktionswert-
—	+	+	+	speicherung

Es sind drei Gruppen von Speicherzellen vorgesehen, und zwar

Ausgangswertrelais  $Za_0 - Za_4$ ,

Zwischenwertrelais  $Ca_5 - Ca_{15}$ ,

Funktionswertrelais  $Fa_0 - Fa_{31}$  .

Der Befehl „Funktionswertspeicherung“ bewirkt auch, daß selbsttätig durch das Zählwerk die nächste Belegungskombination der Variablen zur Verfügung gestellt wird. Die Anordnung nach den Fig. 24 – 38 ist zur Errechnung des Funktionsverlaufes eines aussagenlogischen Ausdruckes in fünf Variablen aufgebaut; sie ist sinngemäß natürlich für jede beliebige Anzahl von Variablen ausführbar. Der Einfachheit halber wird hier zum Verständnis dieser Anordnung ein Beispiel mit nur zwei Variablen durchgerechnet; dort, wo sich dadurch Unklarheiten ergeben könnten (z.B. beim Geben des Schlußsignals), wird besonders darauf hingewiesen werden.

Es sei z.B. zu untersuchen, ob die Formel  $a \& b$  stets negativ ist oder nicht. Aus dem oben Gesagten wissen wir, daß die drei Belegungskombinationen

$$\left. \begin{array}{l} F\&F \\ F\&R \\ R\&F \end{array} \right\} \text{ falsch sind;}$$

die Belegungskombination

$R\&R$  ist richtig, die Formel  $a\&b$  ist also nicht stets negativ. Anders geschrieben sind also die einzelnen Belegungskombinationen nochmals

$$\left. \begin{array}{ll} - & - \\ - & + \\ + & - \end{array} \right\} \text{ ergibt } -$$

$$+ \quad + \quad \text{ ergibt } +$$

Eine Periode des Rechenplanes zur Durchführung dieses Beispieles sieht so aus:

Kontakt								
$p_1$	$p_2$	$p_3$	$p_4$	$p_5$	$p_6$	$p_7$	$p_8$	
+	−	+	−	−	−	−	−	„−“ $\forall a$
+	+	+	−	−	−	−	+	$a \& b$
−	+	+	+	−	−	−	−	Funktionspeicherung

Die Variable  $a$  sei  $Za_0$  und die Variable  $b$  sei  $Za_1$  zugeordnet.

Die Funktionswertspeicherung erfolgt dann der Reihe nach auf  $Fa_0$ ,  $Fa_1$ ,  $Fa_2$  und  $Fa_3$ . Gemäß den Ergebnissen der einzelnen Belegungskombinationen darf daher  $Fa_0$ ,  $Fa_1$  und  $Fa_2$  nicht ansprechen, wohingegen  $Fa_3$  beim Durchrechnen der vierten Belegungskombination ansprechen muß (+& + gibt +).

Die Durchführung der Rechnung ist an Hand des Zeitplans Fig. 45 und der Fig. 30 bis 44 nach Kenntnis der oben beschriebenen ersten und zweiten Ausführungsform ohne weiteres verständlich. Der besseren Übersicht halber ist in diesem Zeitplan nur für jede Relaisgruppe (wie Relaisgruppen  $Pa$ ,  $Zd$  usw.) eine bestimmte Zeile vorgesehen. Welches Relais aus dieser Gruppe bei dem betrachteten Spiel (Schritt) anspricht, ist aus den Ziffern zu entnehmen, die über den einzelnen Einsatzstrichen des Zeitplanes vermerkt sind. Diese Ziffern sind die Indizes der ansprechenden Relais aus der jeweiligen Relaisgruppe.

Kurz sei noch einmal darauf hingewiesen, daß das Ansprechen der  $Za$ -Relais den einzelnen Belegungskombinationen der Variablen entspricht; zuerst spricht kein  $Za$ -Relais an (− −), dann  $Za_0$  (− +), dann  $Za_1$  (+ −) und endlich  $Za_0$  und  $Za_1$  (+ +). Aus den Schaltungen ergibt sich ohne weiteres, daß ordnungsgemäß bei den ersten drei Belegungskombinationen  $Fa_0$ ,  $Fa_1$  und  $Fa_2$  (Fig. 30) nicht ansprechen; bei der vierten Belegungskombination spricht  $Fa_3$  auf Schritt V über  $\overline{pa_1}$ ,  $pa_2$ ,  $pa_3$ ,  $ba$ ,  $pa_4$ ,  $\overline{za_4}$ ,  $\overline{za_3}$ ,  $\overline{za_2}$ ,  $za_1$  und  $za_0$  an.  $Fa_3$  hält sich dann gemäß Fig. 38 am Grundpol  $G$ , bis die Löschaste  $T$  gedrückt wird.

Zu dem Vorgang bei der Funktionswertspeicherung des jeweils dritten Spiels sei noch bemerkt, daß dieser Befehl durch  $(pa_1 \& pa_2 \& pa_4)$  gegeben ist. Hierdurch wird auch  $Fh$  und  $Fh$  (Fig. 39 – 44) geschaltet und damit dem Zählwerk der Befehl gegeben, um einen Schritt weiterzuzählen, d.h. die nächste Belegungskombination für die Variablen zur Verfügung zu stellen. Gleichzeitig werden die alten Werte der  $Za$ -Relais (Folge - Arbeit - Ruhe - Kontakt  $fh$  Fig. 41) gelöscht.

Das Zählwerk (Fig. 33 - 38) arbeitet hierbei grundsätzlich so: die Stellung der  $Za$ -Relais entspricht der jeweiligen Belegungskombination der Variablen (Fig. 40). Soll nun durch den oben erwähnten Befehl zur Funktionswertspeicherung die nächste Belegungskombination zur Verfügung gestellt werden, so werden zuerst Zwischenwerte auf Zwischenwertrelais ( $Zd$ ) gebildet; ein Zwischenwertrelais ( $Zd_i$ ) kann hierbei nur dann ansprechen, wenn alle vorhergehenden Kontakte  $za_{i-1}$  der Ausgangswertrelais geschaltet haben, siehe Fig. 42. Nach Fig. 43 sprechen dann die weiterhin nachgebildeten Endwertrelais ( $Ze$ ) nur dann an, wenn die zugehöri-

gen Kontakte  $za$  und  $zd$  ungleiche Stellungen haben, also  $za$  disvalent  $zd$ . Anders geschrieben heißt dies:  $Ze_i = za_i \approx zd_i$ , nämlich: ein Endwertrelais  $Ze_i$  spricht nur dann an, wenn  $za_i$  und  $zd_i$  ungleiche Stellungen haben. Die Stellung der Kontakte  $ze$  dieser Steuerendrelais bewirkt dann die entsprechende Übertragung auf die Ausgangswertrelais  $Za$  nach Fig. 40. Wie schon ausgeführt, ist diese Schaltung für die Errechnung eines Funktionsverlaufs in fünf Variablen aufgebaut, das Schlußsignal wird also erst durch  $Zd_5$  (Fig. 42) nach  $2^5 = 32$  Belegungskombinationen, es sind ja auch 32 Funktionswertrelais  $Fa_0 - Fa_{31}$  da, gegeben. Wollte man das Schlußzeichen früher haben, also z.B. bei zwei Variablen mit  $2^2 = 4$  Belegungskombinationen, so ist dies durch einen nicht dargestellten Umschalter leicht durchzuführen.

Ferner wurden bei diesem einfachen Beispiel die Zwischenwerte Relais  $Ca_5$  bis  $Ca_{15}$  nicht benötigt. Um ihre Arbeitsweise im Rahmen dieses Ausführungsbeispiels darzulegen ist in Fig. 46 ein Rechenplan wiedergegeben der den Ablauf der Lösung der Aufgabe

$$a \& (d \vee c) \& (e \vee f)$$

aufzeigt. Allerdings ist daraus nur der Ablauf der ersten Belegungskombination zu ersehen. Die anderen Belegungskombinationen vollziehen sich sinngemäß. Diese Aufgabe hat fünf  $(a, b, c, e, f)$  Variable, der Lösungsvorgang nutzt alle Schaltelemente nach den Figuren 30 bis 44 entsprechend aus.

Der Gegenstand der Erfindung ist selbstverständlich auf die dargestellten Ausführungsformen nicht beschränkt. Vor allem können die verschiedensten Relais, insbesondere auch mechanische Relais in Form von Lenkern, Hebeln, Schaltstangen usw. Verwendung finden.

Durch die Rechenvorrichtung gemäß der Erfindung ist man in der Lage, alle Rechnungen in des Wortes weitester Bedeutung, also nicht nur alle Zahlenrechnungen, durch eine verhältnismäßig äußerst einfach gebaute Vorrichtung lösen zu können. Wie aus dem oben Gesagten hervorgeht, muß diese Vorrichtung im Wesentlichen ja auch nur drei Grundoperationen der theoretischen Logik durchzuführen im Stande sein. Dementsprechend ist diese Rechenvorrichtung auch äußerst betriebssicher und billig.

Die genannten großen technischen und wirtschaftlichen Vorteile des Gegenstandes der Erfindung werden noch dadurch vergrößert, daß durch das Zurückführen aller Rechnungen auf Ja - Nein - Werte Bauteile und sonstige Recheneinrichtungen bekannter und zur Verfügung stehender Rechenmaschinen, die im Sekundalsystem arbeiten, übernommen werden können. Bekanntermaßen operieren Rechenmaschinen im Sekundalsystem ebenfalls nur mit Ja - Nein - Werten, allerdings bloß zum Rechnen mit Zahlen. Beim Bau einer Rechenvorrichtung nach der Erfindung hat man also die Möglichkeit, Erfahrungen und Einrichtungen, die bisher

nur dem Rechnen mit Zahlen allein zugute kamen, ganz allgemein für Maschinen zum Rechnen im Umfange des Ableitens von Resultatangaben aus irgendwelchen gegebenen Angaben nach einer Vorschrift, entsprechend verwenden zu können.

### PATENTANSPRÜCHE:

1. Rechenvorrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß Physikalisch (mechanisch, elektrisch, chemisch-physikalisch) wirkende Schaltelemente ( $Pa$ ,  $Ca$  ...) derart ausgebildet und angeordnet sind, daß mit ihrer Hilfe Aufgaben der theoretischen Logik lösbar sind, so daß mit der Rechenvorrichtung ein Ableiten von Resultatangaben aus irgendwelchen Angaben nach einer Vorschrift durchgeführt werden kann.
2. Rechenvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltelemente ( $Pa$ ,  $Ca$  ...) der Rechenvorrichtung derart angeordnet und ausgebildet sind, daß die Rechenvorrichtung nur Grundoperationen der theoretischen Logik wie Konjunktion, Disjunktion und Negation durchführen kann.
3. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 1 und 2 dadurch gekennzeichnet, daß die gegebenen Angaben, Zwischenwerte und die Resultatangaben in der Rechenvorrichtung in Form von Ja - Nein - Werten dargestellt sind, also z.B. durch den einen oder anderen von zwei bevorzugten Zuständen der Schaltelemente.
4. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 3 dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltelemente ( $Pa$ ,  $Ca$  ...) derart ausgebildet sind, daß sie sich nur in zwei Zuständen befinden können, daß also z.B. bei Verwendung von Relais als Schaltelemente diese, entsprechend einem Ja - oder einem Nein-Wert, nur zwei Stellungen haben können.
5. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 4 dadurch gekennzeichnet, daß im wesentlichen Befehlsträger ( $Pa$ ...) zur Kommandierung entsprechender Rechenbefehle, ein Rechenwerk ( $Ba$ ,  $Bb$ ,  $Be$ ) zur Durchführung der entsprechenden Rechenoperationen und ein Speicherwerk ( $Ca$ ...) zur Speicherung von Ausgangswerten, Zwischenwerten und Resultatangaben vorgesehen sind.
6. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 5 dadurch gekennzeichnet, daß der gesamte Rechenvorgang durch einen mit den Befehlsträgern ( $Pa$ ...) zusammenwirkenden Rechenplan, z.B. durch einen Lochstreifen, gesteuert wird.
7. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 6 dadurch gekennzeichnet, daß die Durchführung eines Rechenvorganges in Spiele und Schritte unterteilt ist.

8. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 7 dadurch gekennzeichnet, daß jedes Spiel fünf Schritte aufweist.
9. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 8 dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen, physikalisch wirkenden Schaltelemente ( $Pa$ ,  $Ca...$ ) in Form von elektrischen Relais mit nur zwei Stellungen ausgebildet sind.
10. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 9 dadurch gekennzeichnet, daß bei Verwendung von elektrischen Relais mit nur zwei Stellungen als Schaltelemente die Grundoperationen wie Konjunktion, Disjunktion und Negation durch Hintereinanderschalten, Parallelschalten und durch Ruhekontakte der entsprechenden Kontakte dieser Relais durchgeführt werden.
11. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 10 dadurch gekennzeichnet, daß Wählrelais ( $Cb$ ) vorgesehen sind, die in einer besonderen Suchschaltung, nämlich der Tannenbaumschaltung, durch Kontakte der Befehlsträger ( $Pa...$ ) entsprechend geschaltet werden und daß Kontakte ( $cb$ ) der Wählrelais ( $Cb$ ) ihrerseits wieder bei Speicherung eines Rechenwertes auf Speicherzellen ( $Ca$ ) mitbestimmend sind (Fig. 8, 9; Fig. 19, 22; Fig. 35, 37).
12. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 11 dadurch gekennzeichnet, daß die Befehlsträger ( $Pa_1$  bis  $Pa_5$ ) in zwei Gruppen unterteilt sind, und daß die erste Gruppe ( $Pa_1$ ,  $Pa_2$ ) die Art des Rechenbefehls und die zweite Gruppe ( $Pa_3$ ,  $Pa_4$ ,  $Pa_5$ ) dem entsprechende Besonderheiten für den durchzuführenden Rechenvorgang angibt.
13. Rechenvorrichtung nach Anspruch 12 dadurch gekennzeichnet, daß die eigentlichen Rechenbefehle der beiden ersten Befehlsträger ( $Pa_1$ ,  $Pa_2$ ) durch ihre verschiedenen Belegungskombinationen wie folgt gegeben sind:
 

$\overline{Pa_1} \& \overline{Pa_2}$	kein Kommando
$\overline{Pa_1} \& Pa_2$	Operationebefehl
$Pa_1 \& \overline{Pa_2}$	Ablesebefehl (Übertragung Speicherwerk $\rightarrow$ Rechenwerk)
$Pa_1 \& Pa_2$	Speicherbefehl (Übertragung Rechenwerk $\rightarrow$ Speicherwerk)
14. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 12 und 13 dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Gruppe der Befehlsträger ( $Pa_3$ ,  $Pa_4$ ,  $Pa_5$ ) bei Kommandierung eines Operationsbefehles ( $\overline{Pa_1} \& Pa_2$ ) durch die erste Gruppe die besondere Operation, nämlich Konjunktion oder Disjunktion und die Bewertung der Operanden angibt, und daß bei Kommandierung eines Übertragungsbefehles ( $Pa_1 \& \overline{Pa_2}$  bzw.  $Pa_1 \& Pa_2$ ) durch die erste Gruppe die zweite Gruppe die besondere Nummer der an der Übertragung beteiligten Speicherzelle ( $Ca...$ ) angibt.

15. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 12 bis 14 dadurch gekennzeichnet, daß im Falle eines Speicher- bzw. Ablesebefehls die Kontakte der Befehlsträger der zweiten Gruppe ( $Pa_3, Pa_4, Pa_5$ ) über den Arbeitskontakt des ersten Befehlsträgers ( $Pa_1$ ) Wählrelais ( $Cb$ ) steuern. (Fig. 8)
16. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 12 bis 15 dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Speicherbefehl die Kontakte der Wählrelais ( $Cb$ ) den auf dem Resultatrelais ( $Be$ ) stehenden Wert als Resultat der vorhergehenden Operation auf das entsprechende Speicherrelais ( $Ca$ ) übertragen und daß eine etwaige Besetzung dieses Speicherrelais ( $Ca$ ) vorher im selben Spiel gelöscht wird. (Fig. 9)
17. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 12 bis 16 dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Ablesebefehl über den Kontakt des entsprechenden Wählrelais ( $Cb$ ) die Übertragung vom ausgewählten Speicherrelais ( $Ca$ ) auf das Rechenwerk ( $Ba, Bb$ ) durchgeführt wird. (Fig. 3)
18. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 12 bis 17 dadurch gekennzeichnet, daß die Übertragung beim Ablesebefehl auf das Rechenwerk auf das erste Operandenrelais ( $Ba$ ), oder falls dieses besetzt ist, selbsttätig mittels Hilfsrelais ( $Pr, Pr'$ ) auf das zweite Operandenrelais ( $Bb$ ) durchgeführt wird. (Fig. 4, Fig. 5)
19. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 12 bis 18 dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Operationsbefehl das Resultat über Kontakte von Befehlsträgern ( $Pa_1, Pa_2, Pa_3$ ) und über näher beschriebene sinnngemäße Schaltungen der Kontakte der Operandenrelais ( $Ba, Bb$ ) und der Kontakte der letzten Befehlsträger ( $Pa_4, Pa_5$ ) entsprechend auf das Resultatrelais ( $Be$ ) übertragen wird. (Fig. 6)
20. Rechenvorrichtung nach Anspruch 19 dadurch gekennzeichnet, daß durch die beiden Gruppen der Operandenrelais und der letzten Befehlsträger ( $ba, pa_4$  und  $bb, pa_5$ ) Zwischenwerte gebildet werden, die entsprechend einer vorzunehmenden Konjunktion oder Disjunktion durch den Kontakt eines weiteren Befehlsträgers ( $Pa_3$ ) hintereinander, bzw. parallel geschaltet werden. (Fig. 6)
21. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 19 und 20 dadurch gekennzeichnet, daß die Kontakte jeder der beiden Kontaktgruppen ( $ba, Pa_4$  und  $bb, Pa_5$ ) unter sonst gleichen Bedingungen gleich geschaltet sind, d.h. liegen beide Relais einer Schaltgruppe ( $Ba, Pa_4$  oder  $Bb, Pa_5$ ) an Spannung oder nicht, so gilt stets  $ba$  äquivalent  $Pa_4$  und  $bb$  äquivalent  $Pa_5$ .
22. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 12 bis 21 dadurch gekennzeichnet, daß sich ein auf dem Resultatrelais ( $Be$ ) stehender Wert bis zum nächsten

Speicherbefehl hält, der diesen Wert als Ergebnis der vorhergegangenen Operation auf das ausgewählte Speicherrelais ( $Ca$ ) überträgt und daß hierbei gleichzeitig durch ein Löschrrelais ( $Pl$ ) das Resultatrelais ( $Be$ ) gelöscht wird. (Fig. 7, 9, 11)

23. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 12 bis 22 dadurch gekennzeichnet, daß ein Rechnungsvorgang zur Durchführung einer Operation mit zwei Operanden aus folgenden Spielen besteht: Ablesen, Ablesen, Operation, Speichern. (Fig. 12)
24. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 11 dadurch gekennzeichnet, daß die Befehlsträger ( $Pa_1$  bis  $Pa_8$ ) in zwei Gruppen unterteilt sind, von denen die erste Gruppe ( $Pa_1, Pa_2, Pa_3$ ) die eigentlichen Befehle gibt und die zweite Gruppe ( $Pa_4$  bis  $Pa_8$ ) diejenige der Speicherzellen ( $Ca$ ) angibt, deren Wert bei der Operation beteiligt ist. (Fig. 15, 16)
25. Rechenvorrichtung nach Anspruch 24 dadurch gekennzeichnet, daß die eigentlichen Rechenbefehle der ersten drei Befehlsträger ( $Pa_1, Pa_2, Pa_3$ ) durch ihre verschiedenen Belegungskombinationen wie folgt gegeben sind:
 

$\overline{Pa_1} \& \overline{Pa_2} \& \overline{Pa_3}$	kein Kommando
$\overline{Pa_1} \& \overline{Pa_2} \& Pa_3$	$Ba \sim „+“$
$\overline{Pa_1} \& Pa_2 \& \overline{Pa_3}$	$\overline{Ba} \rightarrow C$ Speichern des inversen Wertes
$\overline{Pa_1} \& Pa_2 \& Pa_3$	$Ba \rightarrow C$ Speichern des gegebenen Wertes
$Pa_1 \& \overline{Pa_2} \& \overline{Pa_3}$	$Ba \vee \bar{x}$ Disjunktion mit dem inversen Wert
$Pa_1 \& \overline{Pa_2} \& Pa_3$	$Ba \vee x$ Disjunktion mit dem gegebenen Wert
$Pa_1 \& Pa_2 \& \overline{Pa_3}$	$Ba \& \bar{x}$ Konjunktion mit dem inversen Wert
$Pa_1 \& Pa_2 \& Pa_3$	$Ba \& x$ Konjunktion mit dem gegebenen Wert.
26. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 24 und 25 dadurch gekennzeichnet, daß sich der Rechnungsvorgang Ablesen und Operation in einem einzigen Spiel vollzieht.
27. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 24 bis 26 dadurch gekennzeichnet, daß ein Rechenwert vom Speicherwerk ( $Ca \dots$ ) nur auf das zweite Operandenrelais ( $Bb$ ) übertragen werden kann und daß eine Speicherung nur über das erste Operandenrelais ( $Ba$ ) möglich ist. (Fig. 17, 18, 20, 22)
28. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 11 und 24 bis 27 dadurch gekennzeichnet, daß ein Zählwerk vorgesehen ist, mit dessen Hilfe die Rechenvorrichtung selbsttätig alle möglichen Belegungskombinationen hinsichtlich der Ja- und Nein-Werte der aussagenlogischen Variablen in der zu lösenden Aufgabenformel durchrechnet.
29. Rechenvorrichtung nach dem Anspruch 28 dadurch gekennzeichnet, daß die eigentlichen Rechenbefehle der ersten drei Befehlsträger ( $Pa_1 Pa_2 Pa_3$ )

durch Hinzunehmen eines vierten Befehlsträgers ( $Pa_4$ ) um zwei weitere Befehle vermehrt ist.

30. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 28 und 29 dadurch gekennzeichnet, daß die zwei weiteren Befehle eine Funktionswertspeicherung bedingen und daß diese zwei Befehle durch folgende Belegungskombinationen der ersten vier eigentlichen Befehlsträger gegeben sind:

$$\overline{Pa_1} \& Pa_2 \& \overline{Pa_3} \& Pa_4$$

$$\overline{Pa_1} \& Pa_2 \& Pa_3 \& Pa_4$$

31. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 28 bis 30 dadurch gekennzeichnet, daß Ausgangswerterelais ( $Za_0$  bis  $Za_4$ ), Zwischenwerterelais ( $Ca_5$  bis  $Ca_{15}$ ) und Funktionswerterelais ( $Fa_0$  bis  $Fa_{31}$ ) angeordnet sind, sowie ein Zählwerk vorgesehen ist, das für die aussagenlogischen Variablen selbsttätig die einzelnen Belegungskombinationen hinsichtlich ihrer Ja-Nein-Werte durchspielt und diese als jeweilige Ausgangswerte der eigentlichen Rechenvorrichtung zur Verfügung stellt.
32. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 28 bis 31 dadurch gekennzeichnet, daß das Zählwerk Ausgangswerterelais ( $Za$ ) aufweist, deren Zustand der jeweiligen Belegungskombination der Variablen entspricht. (Fig. 40)
33. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 28 bis 32 dadurch gekennzeichnet, daß Zwischenwerterelais ( $Zd$ ) in einer Übertragungskette zusammen mit Kontakten ( $za$ ) der Ausgangswerterelais ( $Za$ ) derart vorgesehen sind, daß ein Zwischenwerterelais ( $Zd_i$ ) nur unter der Bedingung  
 $Zd_i$  äquivalent  $Za_0 \& Za_1 \& \dots \& Za_{i-1}$  an Spannung kommen kann. (Fig. 42)
34. Rechenvorrichtung nach Anspruch 33 dadurch gekennzeichnet, daß das erste Zwischenwerterelais ( $Zd_0$ ) bei einem Befehl zur Funktionswertspeicherung über einen Kontakt ( $'fh$ ) eines Steuerrelais ( $'Fh$ ) an Spannung gelegt wird. (Fig. 42)
35. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 28 bis 34 dadurch gekennzeichnet, daß Steuerendrelais ( $Ze$ ) vorgesehen sind, die durch gegenläufig geschaltete Umschaltkontakte ( $za, zd$ ) der Ausgangswerterelais ( $Za$ ) und der Zwischenwerterelais ( $Zd$ ) an Spannung gelegt werden können.
36. Rechenvorrichtung nach Anspruch 35 dadurch gekennzeichnet, daß ein Steuerrelais ( $Ze_i$ ) nur unter der Bedingung  
 $Ze_i$  äquivalent  $Za_i$  disvalent  $Zd_i$  an Spannung kommen kann. (Fig. 43)

37. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 35 und 36 dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Befehl zur Funktionswertspeicherung über den Kontakt ( $fh$ ) des Folgerelais ( $Fh$ ) zum Steuerrelais ( $'Fh$ ) gegebenenfalls an ein Steuerrelais ( $Ze$ ) gelegt werden kann.
38. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 28 bis 37 dadurch gekennzeichnet, daß die Kontakte ( $ze$ ) der Steuerendrelais ( $Ze$ ) eine unmittelbare Übertragung auf die Ausgangswerterelais ( $Za$ ) bewirken. (Fig. 40)
39. Rechenvorrichtung nach den Ansprüchen 28 bis 38 dadurch gekennzeichnet, daß das gesamte Zählwerk ( $Za, Zd, Ze$ ) durch die Kontakte ( $'fh, fh$ ) eines Steuerrelais ( $'Fh$ ) und seines Folgerelais ( $Fh$ ) derart gesteuert wird, daß bei nicht ansprechendem Folgerelais ( $Fh$ ) der Zustand der Endwerterelais ( $Ze$ ) gleich ist dem Zustand der Ausgangswerterelais ( $Za$ ), also  $Ze = Za$ , und bei angesprochenem Folgerelais ( $Fh$ ) eine neue, entsprechend um eins erhöhte Belegungskombination der Variablen, bzw. der Ausgangswerterelais ( $Za$ ), zur Verfügung gestellt wird.

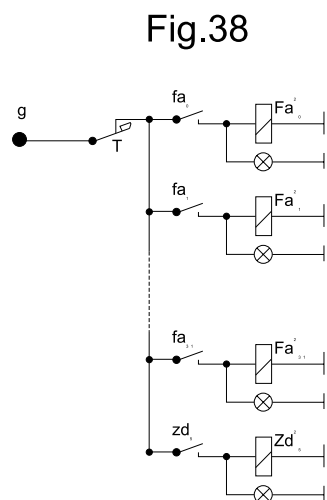
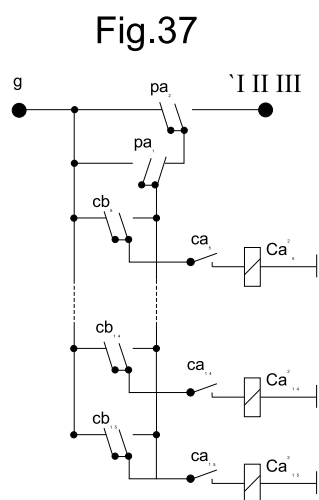
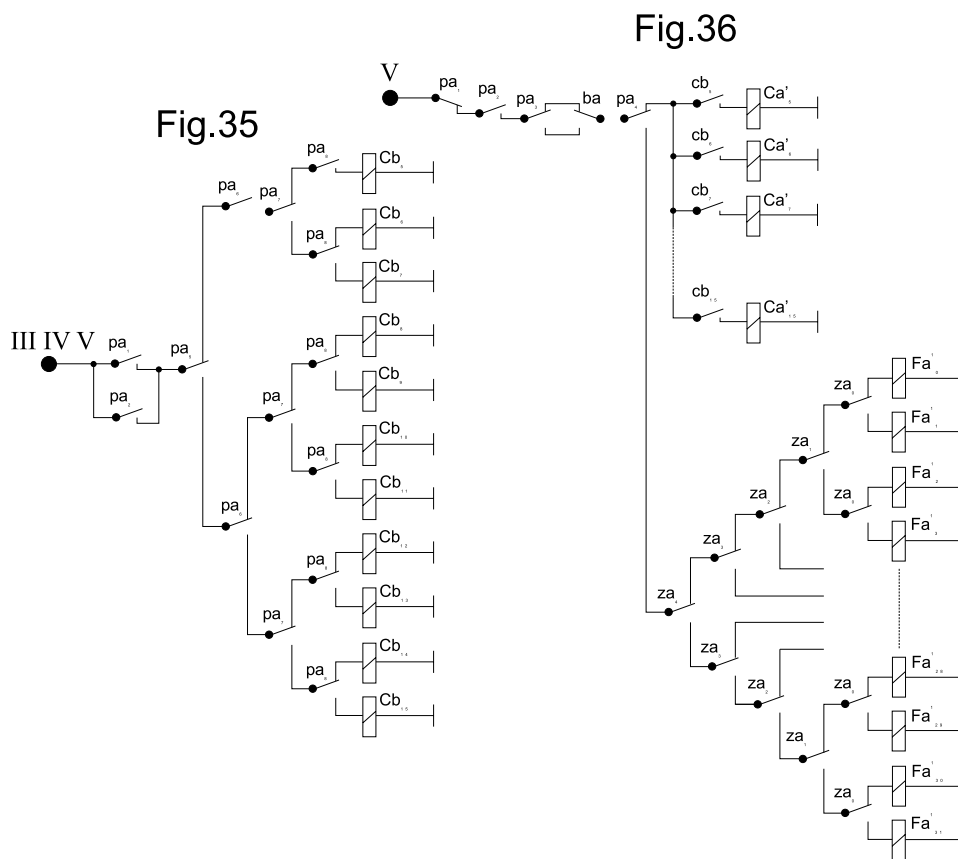


Fig.8

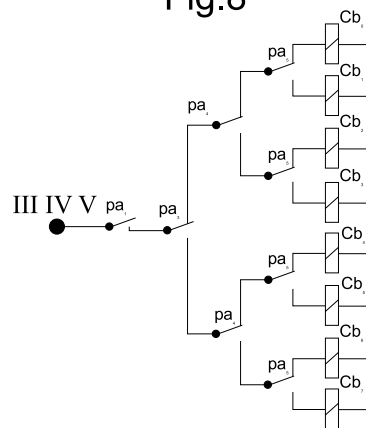


Fig.9

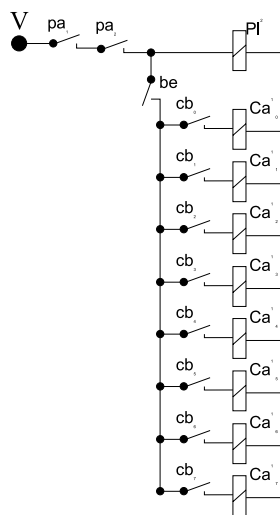


Fig.10

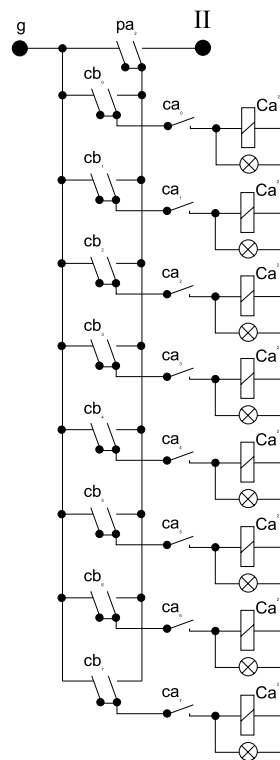


Fig.11

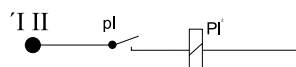


Fig.12

Relais	1. Spiel: Ablesen					2. Spiel: Ablesen					3. Spiel: Operat.					4. Spiel: Speichern				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Pa <sub>1</sub>																				
Pa <sub>2</sub>																				
Pa <sub>3</sub>																				
Pa <sub>4</sub>																				
Pa <sub>5</sub>																				
Cb <sub>0</sub>																				
Cb <sub>1</sub>																				
Cb <sub>2</sub>																				
Ba																				
Bb <sub>1</sub>																				
Be <sub>2</sub>																				
Pl																				
Ca <sub>0</sub>																				
Ca <sub>1</sub>																				
Ca <sub>2</sub>																				
Pr																				
Pr'																				

Fig.15

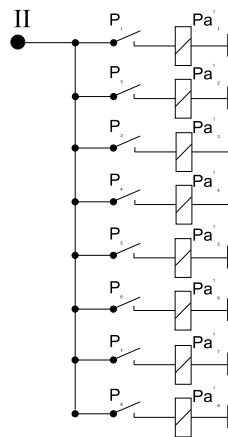


Fig.16

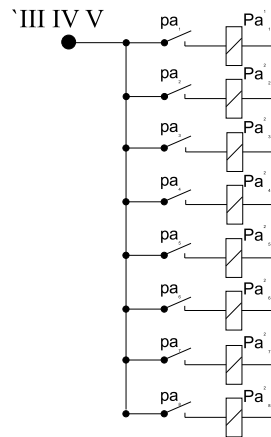


Fig.17

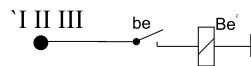


Fig.18

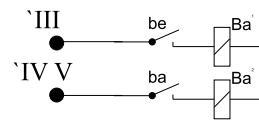


Fig.19

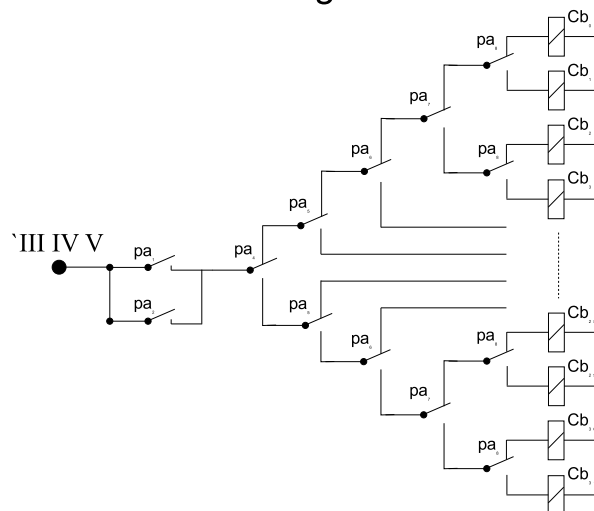


Fig.20

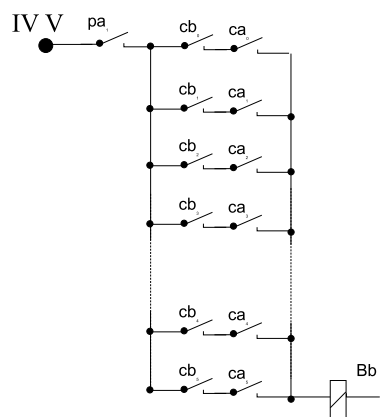


Fig.21

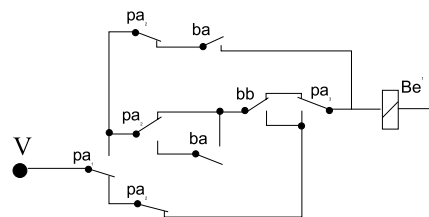


Fig.23

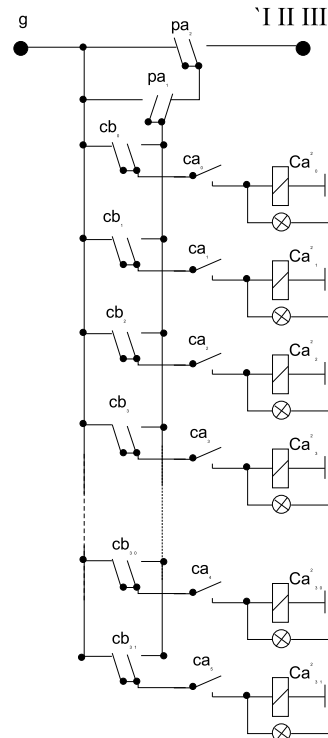


Fig.22

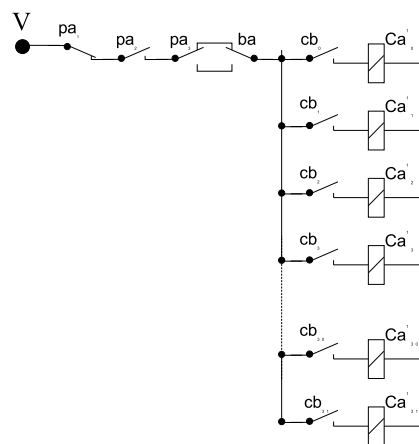


Fig.24

Relais	1. Spiel					2. Spiel					3. Spiel					4. Spiel					5. Spiel				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Pa <sub>1</sub>																									
Pa <sub>2</sub>																									
Pa <sub>3</sub>																									
Pa <sub>4</sub>																									
Pa <sub>5</sub>																									
Pa <sub>6</sub>																									
Pa <sub>7</sub>																									
Pa <sub>8</sub>																									
Cb <sub>0</sub>																									
Cb <sub>1</sub>																									
Cb <sub>2</sub>																									
Cb <sub>3</sub>																									
Ba																									
Bb																									
Be																									
Ca																									

Fig.29

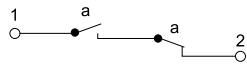


Fig.30

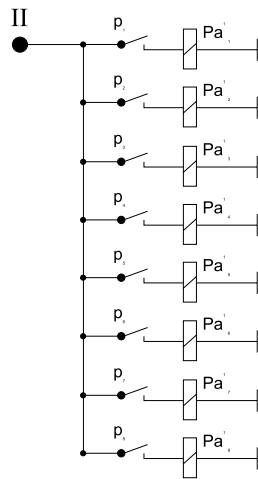


Fig.32

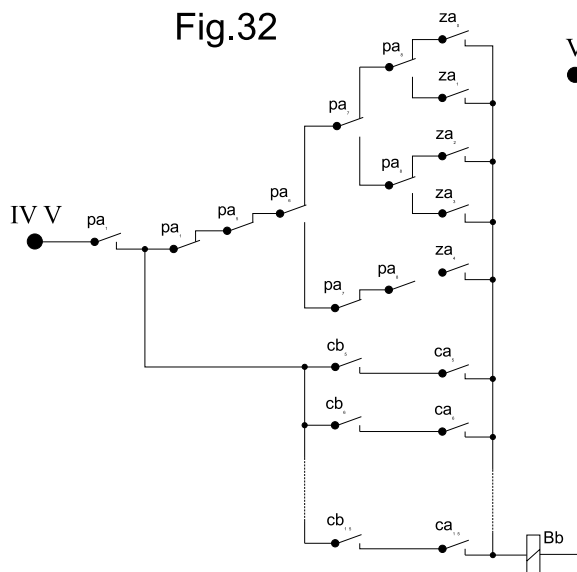


Fig.31

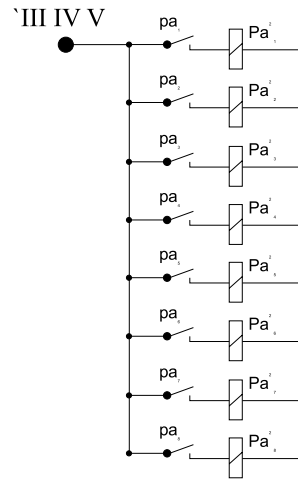


Fig.33

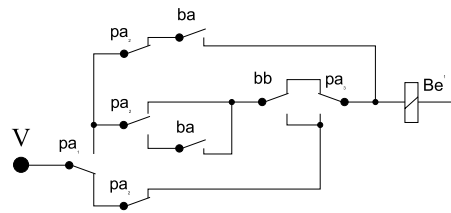
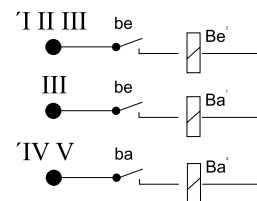


Fig.34



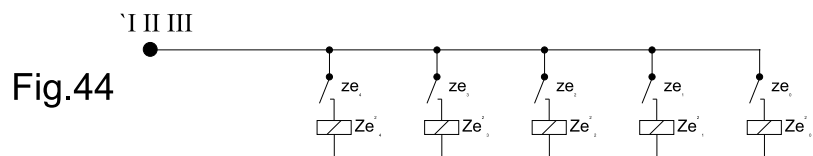
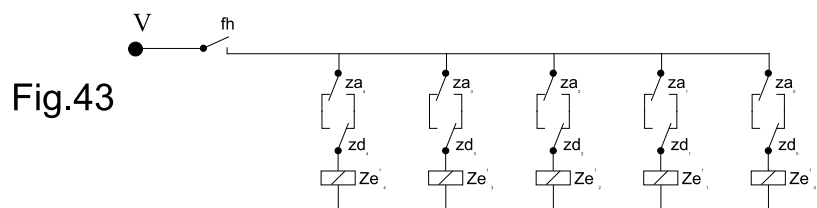
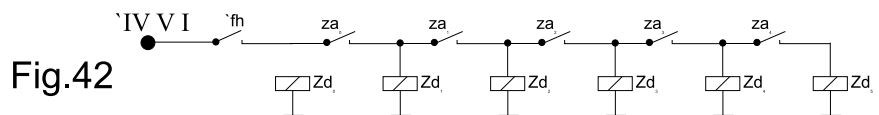
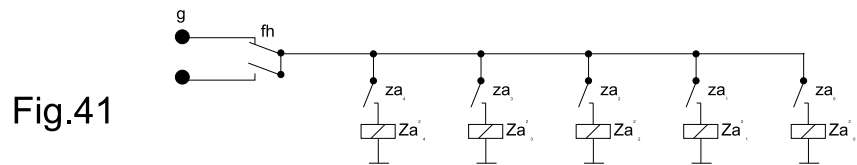
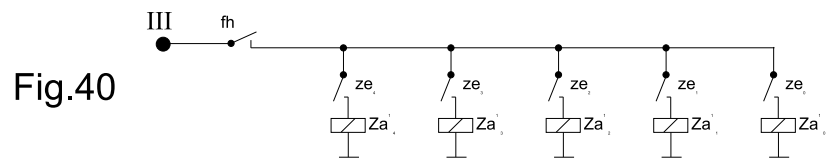
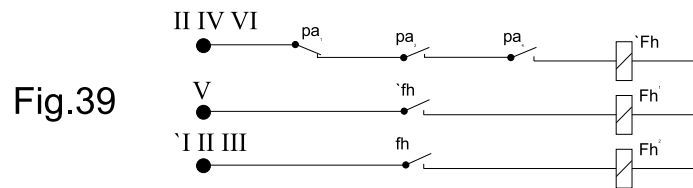


Fig. 45

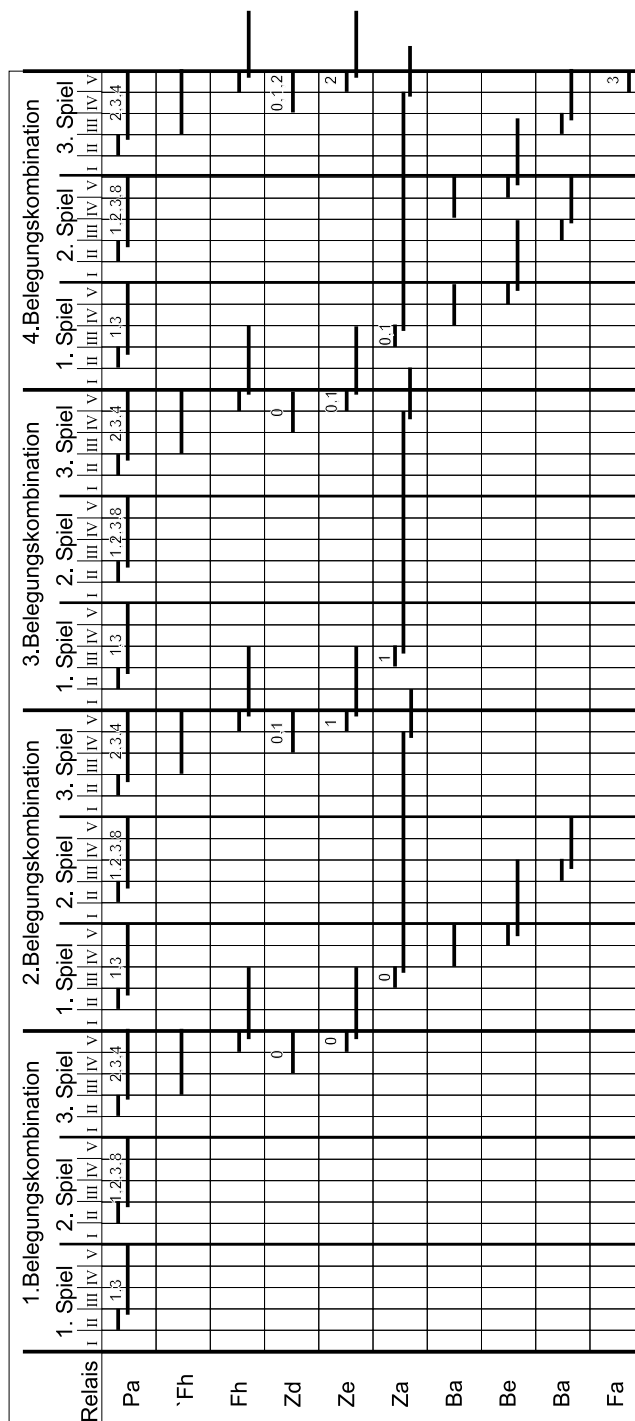


Fig.46

		1.Belegungskombination																																							
Relais		1. Spiel					2. Spiel					3. Spiel					4. Spiel					5. Spiel					6. Spiel					7. Spiel					8. Spiel				
		I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V					
Pa		1.3.8					1.3.7				2.3.6.8				1.3.7.8				1.3.6				1.2.3.6.8				1.2.3			2.3.4											
Cb											5																														
Ba																																									
Bb																																									
Be																																									
Ca																																									
Fa																																									
'Fh																																									
Fh																																									
Za																																									
Zd																																		0							
Ze																																		0							