



Title: Verfahren zur selbsttätigen Durchführung von
Rechnungen mit Hilfe von Rechenmaschinen
Author(s): Konrad Zuse
Date: 1936
Published by: Konrad Zuse Internet Archive
Source: Document - ZIA ID: 0176

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.

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.

Verfahren zur selbsttätigen Durchführung von Rechnungen mit Hilfe von Rechenmaschinen*

Z 23 139

angemeldet: 11.04.1936

Vorliegende Erfindung dient dem Zweck, häufig wiederkehrende Rechnungen beliebiger Länge und beliebigen Aufbaues, die sich aus elementaren Rechenoperationen zusammensetzen, mit Hilfe von Rechenmaschinen selbsttätig durchzuführen.

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 im Verlauf der Rechnung auftretenden Zahlen fortlaufend numeriert 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.

Die Durchführung der zahlenmäßigen Rechnung ist eine rein mechanische Tätigkeit. Sie läßt sich von Rechenmaschinen nach folgendem Verfahren durchführen:

Man verbindet die Rechenvorrichtungen über Wählwerk mit einem Speicherwerk, das je Zeile 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 Zahlen.

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

*ZIA 0176. ZuP 005/021. Version 2. Durchgesehen von R. Rojas, L. Scharf, H. Zuse.

Rechenoperation folgende Angaben: die Nummern der die Operanden enthaltenenden Speicherzellen; die Grundrechnungsart; die Nummern der das Resultat speichernden Zelle. Die Angaben des Rechenplans lösen selbsttätig die erforderlichen Operationen aus.

Das Verfahren wird nachstehend an einem Beispiel erörtert.

Wir wollen den Rechenplan für eine dreistellige Determinante aufstellen.

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

Wir haben 9 Ausgangswerte. Um nicht für die im Lauf der Rechnung auftretenden Zahlen dauernd neue Buchstabenbezeichnungen einführen zu müssen, werden die auftretenden Werte fortlaufend numeriert.

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{vmatrix}$$

Rechenplan (Entwurf)

Operation 1.)	$1 \cdot 5 = 10$	10.)	$18 \cdot 9 = 19$
2.)	$10 \cdot 9 = 11$	11.)	$3 \cdot 5 = 20$
3.)	$2 \cdot 6 = 12$	12.)	$20 \cdot 7 = 21$
4.)	$12 \cdot 7 = 13$	13.)	$11 + 13 = 22$
5.)	$3 \cdot 4 = 14$	14.)	$22 + 15 = 23$
6.)	$14 \cdot 8 = 15$	15.)	$23 - 17 = 24$
7.)	$1 \cdot 6 = 15$	16.)	$24 - 19 = 25$
8.)	$16 \cdot 8 = 17$	17.)	$25 - 21 = 26 = \text{Resultat}$
9.)	$2 \cdot 4 = 18$		

Es treten also 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 Zahlen nicht weiter gebraucht werden. Es ist vorteilhaft, den Rechenplan auf Verwendung möglichst weniger Speicherzellen hin aufzubauen. Um den Rechenplan nach einem Schema 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 4 Angaben.

Rechenplan einer dreistelligen Determinante:

Operat. Nr.	Nr. der Zelle für die Operanden		Art der Grundrechn.	Nr. der Zelle des Resultats	
	1	2			
1.)	1	5	Mult.	10	
2.)	10	9	Mult.	11	
3.)	2	6	Mult.	10	
4.)	10	7	Mult.	12	
5.)	3	4	Mult.	10	
6.)	10	8	Mult.	13	
7.)	1	6	Mult.	10	
8.)	10	8	Mult.	14	
9.)	2	4	Mult.	10	
10.)	10	9	Mult.	15	
11.)	3	5	Mult.	10	
12.)	10	7	Mult.	16	
13.)	11	12	Add.	10	
14.)	10	13	Add.	10	
15.)	10	14	Subtr.	10	
16.)	10	15	Subtr.	10	
17.)	10	16	Subtr.	10	=Result

Bei Operationen mit nicht vertauschbaren Operanden, wie Subtraktion und Division, ist darauf zu achten, daß der Subtrahent bzw. Divisor in Spalte 2 steht. Zu diesen Angaben können Sonderangaben treten, wie beispielsweise solche, die das Sichtbarmachen, Drucken oder Lochen des Resultats bewirken.

Eine beispielsweise Anordnung der zur Ausführung des Verfahrens erforderlichen Vorrichtungen ist in der Zeichnung dargestellt.

Abb.1 = schematische Darstellung der Gesamtanordnung der Vorrichtung,

Abb.2 = Schema des Wählwerks,

Abb.3 = Additionsschema im Zweiersystem,

Abb.4 = Schaltung zur Überführung einer Zahl von der halblogarithmischen Schreibweise in die Kommaschreibweise, und umgekehrt,

Abb.5 = Vorrichtung zum Erkennen der ersten von Null verschiedenen Ziffer einer Zahl,

Abb.6 = Schaltschema des Speicherwerks.

Es bedeuten in Abb.1:

V = Verteiler, durch den alle Zahlen hindurchgeleitet werden, um von einer Vorrichtung zur anderen zu gelangen,

R = Rechenvorrichtung,

Sp = Speicherwerk,

W = Wählwerk,

A_R = Abtaster für den Rechenplan,

A_Z = Abtaster für die Ausgangszahlen,

L = Locher für die Resultatwerte.

Die voll ausgezogenen Striche geben die Wege der Zahlen an; die punktierten Striche die der Befehle (Angaben des Rechenplans).

Die Vorgänge sind nun folgende: Wir nehmen an, daß die 9 Ausgangswerte für das Beispiel der dreistelligen Determinante von einer anderen Rechnung her in der richtigen Reihenfolge gegeben sind. Der Lochstreifen mit den Ausgangswerten wird bei A_Z eingesetzt, der Verteiler auf die Verbindung $A_Z - Sp$ gestellt, die Werte werden vom Abtaster abgelesen und dem Speicherwerk zugeführt, wobei das Wählwerk im gleichen Takt mit dem Abtaster die Zellen 1, 2, 3, ... mit V verbindet. Die Steuerung des Wählwerks kann zur Speicherung der Ausgangswerte durch eine Vorrichtung erfolgen, die nacheinander die Zellen 1, 2, 3, ... einstellt. Darauf beginnt die eigentliche Rechnung. Der Rechenplan wird bei A_Z eingesetzt und steuert alle weiteren Operationen.

Die Arbeitsgänge der Maschine bestehen entsprechend dem Rechenplan für jede Operation aus 4 Takten: 1.) und 2.) Überführung der Operanden in die Rechenvorrichtung, 3.) Rechenoperation, 4.) Überführung des Resultats in das Speicherwerk.

Die Steuerung besteht aus einer Grundsteuerung und einer veränderlichen Steuerung. Die Grundsteuerung bewirkt diejenigen Bewegungen in der Maschine, die unabhängig von den Angaben des Rechenplans sind. Sie gibt beispielsweise dem Speicherwerk während Takt 1 und 2 die zum Ablesen einer gespeicherten Zahl und während Takt 4 die zum Speichern notwendigen Impulse. Die veränderliche Steuerung erfolgt durch die Angaben des Rechenplans, und bewirkt die Einstellung der Rechenvorrichtung z.B. auf Addition, während die zur Durchführung der Rechnung erforderlichen Impulse wieder von der Grundsteuerung gegeben werden.

Dieses Verfahren, im 4-Takt zu arbeiten, läßt sich nun wie folgt verfeinern, erweitern und durch Ineinanderschachteln der Takte beschleunigen:

- Bleibt eine Zahl gleich zur nächsten Operation in der Rechenvorrichtung, so können die Takte „Speichern des Resultats“ und „Heranbringen des 1. Operanden zur nächsten Rechnung“ ausfallen. Tote Takte werden auf diese Weise vermieden.
- Durch Einbau zweier Verbindungswege zwischen Speicherwerk und Rechenvorrichtung zum Hin- und Rückbefördern der Zahlen lassen sich Arbeitstakte ineinanderschachteln.
- Es lassen sich mehrere Rechenwerke, Speicherwerke, Verteiler, Abtaster, Locher usw. einbauen und somit mehrere Operationen zugleich ausführen.
- In festen Zahlenspeichern können häufig gebrauchte Zahlen wie $\sqrt{2}$, π , g ständig zur Verfügung gehalten werden.
- Anstelle des Abtasters und Lochers für die Asugangs- und Resultatwerte können Einstell- und Ablesevorrichtungen treten.
- Auch der Rechenplan läßt sich speichern, wobei die Befehle im Takte der Rechnung den Steuervorrichtungen zugeführt werden.
- Die Rechenpläne lassen sich entsprechend in fester Form speichern, falls die Maschine oft dieselbe Rechnung ausführen soll.

Alle diese Abwandlungen fallen unter das Grundprinzip. Die erforderlichen Steuervorrichtungen werden hier nicht näher besprochen.

Auf folgende Erweiterung des Grundprinzips soll näher eingegangen werden:

Bei vielen Rechnungen treten Werte auf, die konstant sind und sich nicht mit der Variation der Ausgangswerte ändern. Es wäre unpraktisch, diese für jede Rechnung mit den Ausgangswerten zusammen der Maschine zuzuführen. Sie gehören ihrem Charakter nach zum Rechenplan, und es ist vorteilhaft, sie in den Lochstreifen des Rechenplans an den erforderlichen Stellen einzufügen. Der Abtaster muß zu diesem Zweck in der Lage sein, die Angaben des Rechenplans sowohl als Befehl zur Steuerung als auch als Zahlen zur Verrechnung an die Maschine zu geben. Zu diesem Zweck wird auf dem Lochstreifen ein Feld freigehalten, das anzeigt, ob die Angabe des betreffenden Abschnittes eine Zahl oder ein Befehl ist, und durch dieses Zeichen wird die vorübergehende Umstellung des Abtasters auf Zahlenangabe bewirkt. Die Angabe befindet sich vorzugsweise bereits bei dem der Zahl vorangehenden Steuerungsbefehl, damit die Umstellung schon während des Weiterrückens des Lochstreifens erfolgen kann.

Als Beispiel sei der Rechenplan für die Reihe $\sin x = x - \frac{x^3}{6} + \frac{x^5}{120} \dots$ aufgestellt. Es treten die Konstanten 6 und 120 auf. Um sie gegenüber den Wertnummern als wirkliche Zahlen zu kennzeichnen, werden sie im Entwurf des Rechenplans unterstrichen:

Entwurf	Operand 1 2	Operation	Verbleib des Resultats	Sonderangabe
1.) $1 \cdot 1 = 2$	1 1	Mult.	0	
2.) $2 \cdot 1 = 3$	0 1	Mult.	2	Z
		6		
3.) $3 : \underline{6} = 4$	2 0	Div.	2	
4.) $3 \cdot 1 = 5$	2 1	Mult.	0	
5.) $5 \cdot 1 = 6$	0 1	Mult.	3	Z
		120		
6.) $6 : \underline{120} = 7$	3 0	Div.	4	
7.) $1 - 4 = 8$	1 2	Subtr.	0	
8.) $8 + 7 = 9$	0 4	Add.	0	0 = Resultat

Da die Maschine 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 die Rechenmaschine. Der Gedanke, Zählwerke und dergl. im Zweiersystem zu bauen ist nicht neu. Jedoch hat es keinen Sinn, Rechenmaschinen, die der dauernden Wertung bedürfen, im Zweiersystem zu bauen, da die Veranschaulichung der Zahlen ihre dauernde Übersetzung in das Dezimalsystem bedingt, wodurch der Vorteil der einfacheren Operationen des Zweiersystems wieder aufgehoben wird. Die Kombination des oben beschriebenen Verfahrens mit dem Zweiersystem bedeutet jedoch einen wesentlichen Fortschritt, eine Arbeitsgemeinschaft, die gegenseitig die praktische Durchführung beider Methoden ermöglicht. Die Zahlen sind „unter sich“; es können Resultate über Tausende von Zwischenwerten abgeleitet werden, ohne daß eine einzige Zahl in das Dezimalsystem übersetzt zu werden braucht.

Zu den Systemen, deren Zahlen sich aus Potenzen von 2 aufbauen, gehören auch die Systeme der Basis 4, 8, 16, die alle zusammen gewissermaßen eine Systemfamilie bilden.

Für die Durchführung des vorliegenden Verfahrens ist grundlegend die Kommakennzeichnung. 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 $e = 0,000012$ und Elastizitätsmodul $E = 2100000 \frac{kg}{cm^2}$ 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: $y = \frac{a}{b}$; $y = B^a \cdot b$, wo B = Basis des benutzten Zahlensystems, a =ganzzahlig und $1 < b < B$.

Zwecks Addition und Subtraktion zweier in dieser Form gegebener Zahlen müssen die Zahlen in die Kommaschreibweise überführt werden, da die Stellen ihrer Größenordnung entsprechend untereinander stehen müssen. Das Resultat muß dann wieder in die halblogarithmische Schreibweise überführt werden, um es zu speichern oder zur Multiplikation zu verwenden. Vorrichtungen, die diese Umwandlungen bewirken, sind weiter unten beschrieben.

Bei Anwendung des Zweiersystems ergibt sich eine weitere Vereinfachung. Die erste Ziffer des Werts b ist immer $= 1$, da b zwischen 1 und 2 liegt. Man braucht also die erste Ziffer von b nicht zu schreiben, sondern schreibt die Zahl in der form:

$$y = a/b'; \quad b' = b - 1; \quad y = B^a(1 + b')$$

Beispiel:

$$\begin{aligned} &+1101 / +01101 \\ &= 2^{+1101} \cdot (+1, 01101) \\ &= 2^{+(8+4+1)}. \end{aligned} \quad \begin{array}{r} 1,00000 \\ +0,25000 \\ +0,12500 \\ +0,03125 \\ \hline 1,40625 \end{array}$$

$$\begin{aligned} &2^{13} \cdot 1,40625 \\ &= 8192 \cdot 1,40625 \end{aligned} \quad = 11520$$

Die Darstellung der Zahl Null ist an sich nach diesem System nicht möglich, da der Logarithmus $= \infty$. Die Schwierigkeit läßt sich umgehen, indem man entweder bei der Darstellung in Lochkartenform ein Feld für Null freihält oder die Maschine so baut, daß die Zahl mit dem kleinsten darstellbaren a (größter negativer Wert) als Null wirkt.

Zur konstruktiven Durchbildung der Maschine wird folgendes ausgeführt:

Die Vorrichtungen und Schaltungen bauen sich größtenteils aus Kombinationen von Relais auf. Es können hierzu die bekannten elektromagnetischen Relais verwandt werden, oder mechanische Kupplungs- und Unterbrechungsvorrichtungen. Worauf es ankommt sind lediglich die Schaltschemen. „Impuls“ kann Kraftstoß, Stromstoß oder dergl. bedeuten. In den angeführten Beispielen sind meistens elektrische Relais eingezeichnet.

Das Wählwerk (Abb. 2) arbeitet ebenfalls mit dem Zweiersystem. Wir haben einen Ausgangspol A , der mit einer von mehreren Zellen $B_1, B_2 \dots$ verbunden werden soll. Die Verbindung erfolgt nun über eine Anzahl von Relais, die durch Einstellung der Nummer gesteuert werden. Bei dem gezeichneten Beispiel kann der von A kommende Impuls nach Wahl auf eine von 8 Zellen geleitet werden. Der Weg zu jeder Zelle führt über 3 hintereinandergeschaltete Relais, die sämtlich geschlossen sein müssen, wenn der Impuls durchgeleitet werden soll. Die Relais

sind in 3 Reihen angeordnet, die den Stellen a , b , c der zu wählenden Nummer entsprechen; die Relais einer Reihe folgen dem gleichen Steuerungsimpuls. Für jede Kombination der Stellungen vor 1, 2, 3 ist eine Zelle B mit A verbunden.

Das Additionsschema des Zweiersystems (Abb. 3) ist nach folgendem Prinzip gebildet: Sind zwei Summanden zu addieren, so wird zunächst die Summe der Ziffern der einzelnen Stellen gebildet, ohne die Stellenübertragung zu berücksichtigen. Die Summe kann 0, 1 und 2 sein. Bei der Summe 0 findet auf keinen Fall, bei der Summe 2 auf jeden Fall Stellenübertragung statt. Bei der Summe 1 pflanzt sich eine von der niederen Stelle kommende Übertragung über die betreffende Stelle auf die nächsthöhere fort. Diese Erkenntnis läßt sich konstruktiv wie folgt auswerten:

Über den ganzen Stellenbereich werden zwei Schienen A_1 und A_2 gelegt, die in ihrer Längsachse verschiebbar sind. Zwischen den Schienen und diesem parallel verschiebbar, werden je einer Stelle zugeordnete Übertragungsglieder B angebracht. Diese Übertragungsglieder können entweder an einer der beiden Schienen oder an das vorhergehende Übertragungsglied angeschlossen werden. Der Anschluß erfolgt durch Stellungsglieder, die sich senkrecht zu den Schienen bewegen, und durch Einstellung der Summanden die Stellung einnehmen, die der Summe der Ziffern der betreffenden Stelle entspricht. Das läßt sich durch einen einfachen Waagebalken bewirken. Nach Einstellung der Ziffern werden die Schienen entgegengesetzt bewegt. Sämtliche Übertragungen des ganzen Stellenbereichs werden somit auf einen Schlag ausgeführt. Das Resultat ergibt sich dann aus der Stellung der Steuerungs- und Übertragungsglieder. Die Bewegungen der Steuerungs- und Übertragungsglieder können in einfacher Weise addiert werden. Die dazu notwendigen Glieder sind nicht miteingezeichnet, da es nur auf die Veranschaulichung des Übertragungsprinzips ankommt.

Die Subtraktion kann entsprechend den bekannten Vorrichtungen des Dezimalsystems durch Addition des Supplements erfolgen. Die Bildung des Supplements ist im Zweiersystem besonders einfach, da hier die Ziffern 0 und 1 nur umgekehrt zu werden brauchen.

Die Multiplikation und Division läßt sich ebenfalls entsprechend den Dezimalmaschinen durch wiederholte Addition und wiederholte Subtraktion durchführen. Das Verfahren ist im Zweiersystem grundsätzlich dasselbe.

Abb. 4 veranschaulicht die Vorrichtung zum Überführen einer Zahl von der halblogarithmischen Schreibweise in die Kommaschreibweise und umgekehrt.

Der halblogarithmischen Schreibweise entspricht die Stellenskala II, der Kommaschreibweise die Stellenskala I. Der Wert a gibt an, in welcher Stelle der Skala I die erste von Null verschiedene Ziffer steht. Diese Stelle muß mit der ersten Stelle der Skala II verbunden werden, während alle folgenden Stellen der Skala I mit den entsprechenden der Skala II verbunden werden müssen. Um die nötigen

Verbindungen zu veranschaulichen, sind die Skalen I und II rasterförmig gezeichnet, wobei jede Spalte einer Stelle der Skala I entspricht und jede Zeile einer Stelle der Skala II. Jedem Wert a ist eine Diagonale zugeordnet, die die Punkte verbindet, bei denen die Zeilen mit den Spalten verbunden werden müssen. Die Verbindung erfolgt nun über jedem Kreuzungspunkt zugeordnete Relais, die je zu einer Diagonale zusammengefaßt dem gleichen Impuls gehorchen, welcher durch Eistellung der Zahl a über ein zweites Wahlwerk entsprechend Abb. 3 erfolgt.

Ist die Zahl in Kommaschreibweise gegeben, so muß a erst gebildet werden. a ist eine Funktion der Lage der ersten von Null verschiedenen Ziffer. Abb. 5 stellt eine Vorrichtung dar, die die erste von Null verschiedene Ziffer anzeigt. Jeder Stelle 1, 2, 3, ... sind Schieber A zugeordnet, die bei Einstellung der Ziffer 1 eine Verschiebung nach rechts erfahren und dabei alle den niederen Stellen zugeordneten Schieber mitverschieben. Es bleiben also alle vor der ersten von Null (Text fehlt im Original) während alle folgenden verschoben werden. An den Schiebern sind Kontakte angebracht, die sich dann schliessen, wenn zwei benachbarte Schieber verschiedene Stellung einnehmen. Es wird also immer der der Stelle mit der ersten von Null verschiedenen Ziffer zugeordnete Kontakt geschlossen. Durch den Kontakt wird ein Impuls eingeschaltet, der die Einstellung des der Stelle zugeordneten Wertes von a am Wähler bewirkt.

Abb. 6 zeigt eine elektrische Ausführung des Speicherwerks. Die senkrecht übereinanderliegenden Relais gehören zu einer Zelle, die zur Speicherung einer Zahl dient. Die nebeneinanderliegenden Relais $A_1, A_2, A_3 \dots$ entsprechen den Stellen 1, 2, 3 ... der zu speichernden Zahl. Ferner sind jeder Zelle drei Relais B, C, D zugeordnet. Die Relais A dienen der eigentlichen Speicherung und entsprechen im geschlossenen Zustand der Ziffer 1 und im offenen der Ziffer 0 (bezw. +, -). Über jedem Magneten liegen zwei Anker a und b . Die Negativpole der Magneten sind als Kreise angedeutet. Die Spulen der Magnete A können von zwei Seiten Strom erhalten: über das Relais D und als Anker b vom +Pol der Batterie, die über das Relais 0 von den Leitern 1, 2, 3 ..., die den Stellen 1, 2, 3 ... entsprechen. Die Leiter 1, 2, 3 sind ferner noch über die Relais B und die Anker a an den +Pol angeschlossen. Die Relais B und C sind normalerweise offen, die Relais D geschlossen. Die Relais A erhalten also normalerweise ihren Strom über die Relais D und die Anker b .

Soll nun eine Zahl gespeichert werden, so muß zuvor die in der betreffenden Zelle noch gespeicherte Zahl gelöscht werden. Das geschieht durch vorübergehendes Öffnen des Relais D , wodurch sämtliche Relais A stromlos werden. Jetzt wird Relais C geschlossen, die Relais A_1, A_2, A_3 somit an die Leiter 1, 2, 3 angeschlossen, über die die Zahl in das Speicherwerk gegeben wird. Die Relais $A_{1,2,3}$ werden geschlossen, falls die entsprechenden Leiter 1, 2, 3 Strom führen. Der Anker b wird angezogen und die geschlossenen Relais bleiben unter Strom, auch wenn das Relais C wieder geöffnet wird, während die nicht stromführenden Relais A den

Anker b nicht anziehen und somit offen bleiben. Die Zahl ist gespeichert.

Soll die Zahl abgelesen werden, so wird Relais B geschlossen und die Leiter 1, 2, 3 über die Anker a an +Pol angeschlossen. Führen die Relais $A_{1,2,3}$ Strom, so ist die Verbindung geschlossen. Die Stromverteilung in den Leitern 1, 2, 3 entspricht also der gespeicherten Zahl. Die Relais B , C und D werden durch den Wähler gesteuert.

Patentansprüche

1. Verfahren zur selbsttätigen Durchführung von Rechnungen, die sich aus elementaren Rechenvorrichtungen in beliebiger Reihenfolge zusammensetzen, mit Hilfe von Rechenmaschinen, dadurch gekennzeichnet, daß einerseits die im Verlauf der Rechnung auftretenden Zahlen gespeichert werden und mittels eines Wählwerks jederzeit einer Rechenvorrichtung zur Verfügung stehen, andererseits die erforderlichen Operationen ausgelöst und gesteuert werden durch das Abtasten eines Rechenplanes, der für jede Operation die auszuführende Grundrechnungsart, die Nummern der die jeweils erforderlichen Zahlen enthaltenden Speicherzellen, und die Nummern der das Resultat speichernden Zelle fortlaufend und selbsttätig angibt.
2. Ausführungsform des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der an den erforderlichen Stellen Formalkonstanten enthaltende Rechenplan Befehle zur Steuerung und Zahlen zur Verrechnung an die Maschine gibt, wobei der der Zahlenangabe vorangehende Steuerungsbefehl die vorübergehende Umstellung des Abtasters und dadurch die Weiterleitung der Zahl an die Rechenvorrichtung bewirkt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Wert einer Zahl y durch zwei Größen a und b dargestellt wird, und $y = B^a \cdot b$, wobei B die Basis des benutzten Zahlensystems ist, a ganzzahlig ist und b einen Wert zwischen 1 und B hat.
4. Verfahren nach Anspruch 1 – 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein Zahlensystem benutzt wird, bei dem sich das Wert der Zahl aus einer Reihe von Potenzen von 2 ergibt.
5. Verfahren nach Anspruch 1 – 4, dadurch gekennzeichnet, daß anstelle von b der Wert b' tritt und $b' = b - 1$.
6. Rechenmaschine zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 – 5, dadurch gekennzeichnet, daß sie sich aus einer Rechenvorrichtung (R), einem Verteiler (V), einem Speicherwerk (Sp), einem Wähler (W), einem Abtaster (A_R) für den Rechnenden, einem Abtaster (A_Z) für die Ausgangswerte und einem Locher (L) für die Resultatwerte zusammensetzt (Abb. 1).

7. Wählwerk der Rechenmaschine nach Anspruch 6, zum Herstellen einer Verbindung zwischen einem Ausgangspol und einer beliebigen Zelle eines Zellenaggregats, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindung über eine Kette von Relais erfolgt, die durch für alle Zellen dem gleichen Impuls folgende Steuervorrichtungen entweder in geschlossene oder in offene Stellung gebracht werden, und die Relais so angeordnet sind, daß für jede Zelle eine andere Kombination der Stellungen der Steuervorrichtungen eine durchgehende Verbindung mit dem Ausgangspol bewirkt (Abb. 2).
8. Rechenmaschine nach Anspruch 6, zum Addieren zweier Zahlen des Zweisystems, dadurch gekennzeichnet, daß je einer Stelle zugeordnete Übertragungsglieder durch zugehörige Steuerungsglieder, die entsprechend der Summe der beiden betreffenden Summandenziffern drei Stellungen einnehmen, bei der Summe 1 an das der nächstniederen Stelle zugeordnete Übertragungsglied und bei der Summe 0 und 2 an die eine bzw. die andere von zwei Schienen angeschlossen sind, die über den ganzen Stellenbereich laufen und nach erfolgter Einstellung der Ziffern einander entgegengesetzte, den Übertragungsgliedern parallele Bewegungen ausführen, worauf sich das Resultat aus der Stellung der Steuerungs- und Übertragungsglieder ergibt (Abb. 3).
9. Rechenmaschine nach Anspruch 6, zum Überführen einer in Kommaschreibweise gegebenen Zahl in die halblogarithmische Schreibweise, dadurch gekennzeichnet, daß bei symbolischer Anordnung in Rasterform, wobei die senkrechten Linien den einzelnen Stellen der Kommaschreibweise und die waagerechten Linien denen der halblogarithmischen Schreibweise entsprechen, die Verbindung der Stellen über jedem Kreuzungspunkt zugeordnete Relais erfolgt, die je zu einer Diagonale zusammengefaßt einem Wert a zugeordnet sind und dem gleichen Steuerungsimpuls gehorchen, der durch Einstellung der Zahl a an einem Wählwerk gegeben wird (Abb. 4).
10. Rechenmaschine nach Anspruch 6, zum Erkennen der ersten von Null verschiedenen Ziffer einer Zahl eines beliebigen Zahlensystems, dadurch gekennzeichnet, daß je einer Stelle zugeordnete Glieder bei Einstellung einer von Null verschiedenen Ziffer verschoben werden, wobei sie die allen niederen Stellen zugeordneten Glieder mitnehmen, so daß alle vor der ersten von Null verschiedenen Ziffer liegenden Glieder in Nullstellung bleiben und alle folgenden verschoben werden, und die jeder Stelle zugeordneten Relais dann geschlossen werden, wenn zwei benachbarte Glieder verschiedene Stellungen einnehmen, wobei das geschlossene Relais die Lage der ersten von Null verschiedenen Ziffer angibt (Abb. 5).
11. Speicherwerk der Rechenmaschine nach Anspruch 6, zum Speichern einer Kombination von zweifach variablen Elementen, dadurch gekennzeichnet,

daß die Speicherung einer Kombination durch mehrere in einer Zelle zusammengefaßte offene oder geschlossene Relais (*A*) erfolgt, die ihren Strom normalerweise über Anker (*b*) und das Löschrelais (*D*) erhalten und einerseits zwecks Speicherung einer Zahl die Relais (*A*) nach vorheriger Löschung durch vorübergehendes Öffnen des Relais (*D*) über das Relais (*C*) die den Stellen der Kombination entsprechenden Leiter (1, 2, 3 . . .) angeschlossen und falls diese Strom führen, geschlossen werden, worauf sie wieder über den Anker (*b*) Strom erhalten, und andererseits zwecks Ablesens einer gespeicherten Zahl das Relais (*B*) geschlossen wird, wodurch die Leiter (1, 2, 3 . . .) über die Anker (*a*) entsprechend der gespeicherten Kombination mit Strom versorgt werden (Abb. 6).