GJG

Mayer, Das Rechnen in der Technik

405

Sammlung Göschen

Das Rechnen in der Technik und seine Hilfsmittel

(Rechenschieber, Rechentafeln, Rechenmaschinen usw.)

Von

Joh. Eugen Mayer

Mit 30 Abbildungen

zwischen 1000 und 2000 die Grundzahlstufe 1
„ 2000 „ 3000 „ „ 2
„ 3000 „ 4000 „ „ 3

beträgt usf. In der Tabelle bedeuten Z die Grundzahlen, die Zahlen Log die Mantissen der Logarithmen; die Kolumnen D_1, enthalten die Logarithmendifferenzen für die Grundzahlstufe 1 in Einheiten der fünften Dezimalstelle. Die Differenzen sind für jede Zahl dreimal, nämlich am Anfang ihres Geltungsbereiches, an der Stelle ihrer größten Genauigkeit und am Ende des Geltungsbereiches, aufgeführt.“ —

So große Vorteile die Logarithmenrechnung bei Multiplikation, Division usw. bildet, so hinderlich ist sie bei der Addition und Subtraktion. Um nun den besonders bei trigonometrischen Rechnungen häufig nötigen Übergang von $\log a$ und $\log b$ zu $\log(a \pm b)$ zu erleichtern, wurden zuerst, nach einem Vorschlag von Leonelli (1802/03), von Gauß Additions- und Subtraktionslogarithmentafeln konstruiert; die Tafeln von Gauß sind fünfstellig, die Berechnung von Leonelli erfolgte auf 14 Stellen, doch wurde seine Arbeit nicht veröffentlicht. Die Gaußschen Tafeln wurden dann später insbesondere von Weidenbach in etwas anderer Anordnung als siebenstellige Tafeln veröffentlicht. Die heutige Anordnung weist zwei Kolumnen auf, die mit A und B bezeichnet sind. Sie stehen in der Beziehung:

$$A = \log x$$
$$B = \log(1 + x)$$

oder:

$$10^A = x$$
$$10^B = 1 + x = 1 + 10^A ,$$

und es ist:

$$\log a + \log b = A \,, \ \log(a + b) = b + \log b$$
$$= \log a + (B - A)$$

und:

$$\log a - \log b = B \,, \quad \log(a - b) = \log a - (B - A) \,.$$

Verwandt mit den Additionslogarithmen ist die von Weidenbach auf Gauß' Veranlassung berechnete Tafel, die die Logarithmen von $\frac{x+1}{x-1}$ gibt, wenn $\log x$ gegeben ist. Diese Tafel wurde neuerdings von Professor E. Hammer an der Technischen Hochschule Stuttgart erweitert (Sechsstellige Tafel der Werte $\log^{10}\frac{1+x}{1-x}$, Leipzig 1902).

Kapitel III.

Rechenmaschinen.

In diesem Kapitel sollen nur kurz die eigentlichen Rechenmaschinen, also Maschinen mit selbsttätiger Zehnerübertragung, ihre Behandlung finden; auf Rechenapparate will ich wegen ihrer einfachen, oft selbstverständlichen Handhabung und wegen des beschränkten Raumes nicht eingehen.

§ 1. Geschichtliches.

Der Rechenschieber rechnet wie die Logarithmentafel mit unvollständigen Zahlen, die zudem noch sehr rasch abbrechen; das Rechnen ist ein angenähertes.

Es war daher das unablässige Streben erfinderischer Geister, eine Maschine zu konstruieren, die mit vollständigen Zahlen operiert und zudem an Einfachheit der

Bedienung und Schnelligkeit der Rechnung mit den Logarithmentafeln in erfolgreichen Wettbewerb treten kann. Wenn wir einen Überblick über die geschichtliche Entwicklung der Rechenmaschinen halten, so finden wir hier, wie auf manch anderem Entwickelungsgebiet, die Namen hervorragender Denker mit den Mißerfolgen verknüpft, während der Erfolg sich an die Namen wenig bekannter Männer heftet.

Die ältesten Rechenmaschinen sind reine Additions- und Subtraktionsmaschinen. Schon Blaise Pascal, der bedeutende Mathematiker (1623—1662), konstruierte eine Additionsmaschine. Auf der Ausstellung wissenschaftlicher Instrumente im Jahre 1876 zu London war die Pascalsche Maschine zu sehen. Sie trug die Aufschrift: Esto probati instrumenti symbolum hoc. — Blasius Pascal Aruernus inventor. 20. May 1652.

Eine Beschreibung dieser Maschine findet man in: „Oeuvres complètes de Blaise Pascal, tome troisième. Paris 1890". Die Oberfläche der Maschine bildet eine Kupferplatte, an deren Unterseite sich acht, um ihre Mittelpunkte bewegliche Kreisscheiben befinden. Der erste Kreis rechts hat 12 Zähne, der zweite 20, alle links folgenden 10. Diese Anordnung entspricht der früheren Münzteilung 1 livre = 20 sols, 1 sols = 12 deniers. Über den Kreisen befinden sich Hemmstücke zum Anhalten von Stiften, die man in der Hand hält und zwischen die Zähne der beweglichen Räder steckt, um dieselben in der Richtung 6, 5, 4, 3 zu drehen, wenn man die Maschine in Tätigkeit setzt. Diese Drehungen werden auf eine andere Räderreihe, das Zählwerk (siehe § 2), übertragen und es treten deren Ziffern unter Schaulöchern vor. Eine Zehnerübertragung ist vorhanden, wie wir sie später in ihrer Wirkung kennen lernen werden. Die

Pascalsche Maschine war eine Additionsmaschine für Geldzählung.

In der Folgezeit wurden noch eine Reihe von Additionsmaschinen konstruiert; so sei genannt die Maschine von Chr. L. Gersten, Mathematikprofessor in Gießen. Er erfand seine Maschine 1722. Die Einstellung der Zahlen erfolgte durch Drehen der Zifferscheiben und mit Hilfe von Schiebern.

Zur Steigerung der Schnelligkeit und Sicherheit im Rechnen ging man zur Einführung von Tasten über, so zwar, daß man entweder nur die Addition einzifferiger Zahlen ins Auge faßte und jeder Ziffer von 1 bis 9 je eine Taste zuwies, oder aber man ordnete für die Einer, Zehner, Hunderter usw. je 9 Tasten in parallelen Reihen an. Hierher gehört die Additionsmaschine von Max Mayer; ausgeführt von Mechaniker A. Barthelmes in München (1887).

Die Additionsmaschine wurde noch vervollkommt durch eine selbsttätige Vorrichtung zum Drucken der einzelnen Summanden und deren Summe auf einen fortlaufenden Papierstreifen (wie dies etwa bei Registrierapparaten — Thermometer usw. — der Fall ist). Die bekannteste selbstschreibende Additionsmaschine dürfte die von Burrough sein (Registering Accountant, Deutsche Patentschrift 77 068); sie wurde an vielen Postanstalten eingeführt. Auch W. Heinitz in Dresden, Lortzingstraße 27, liefert eine sehr brauchbare Additionsmaschine.

Um eine Rechenmaschine zu Additionszwecken auch für wiederholte Addition ein und derselben Zahl, d. i. also zu Multiplikationszwecken geeignet zu machen, mußte man sie mit besonderen Mechanismen versehen, die es ermöglichen, nach Vornahme der nötigen Einstellungen alle Zifferscheiben des Zählwerks zugleich, jede um eine gewünschte Zahl von Stellen, weiterzubewegen (schalten) und zwar durch eine einzige Handbewegung. Es mußte das Schaltwerk erfunden werden, über das wir uns in § 2 näher verbreiten werden.

Der erste, der die Idee zu einer solchen erweiterten Additionsmaschine in Tat umsetzte, war G. W. Leibniz. Er legte seine Erfindung bereits 1673 der Royal Society in London und später auch, nachdem er noch Verbesse-

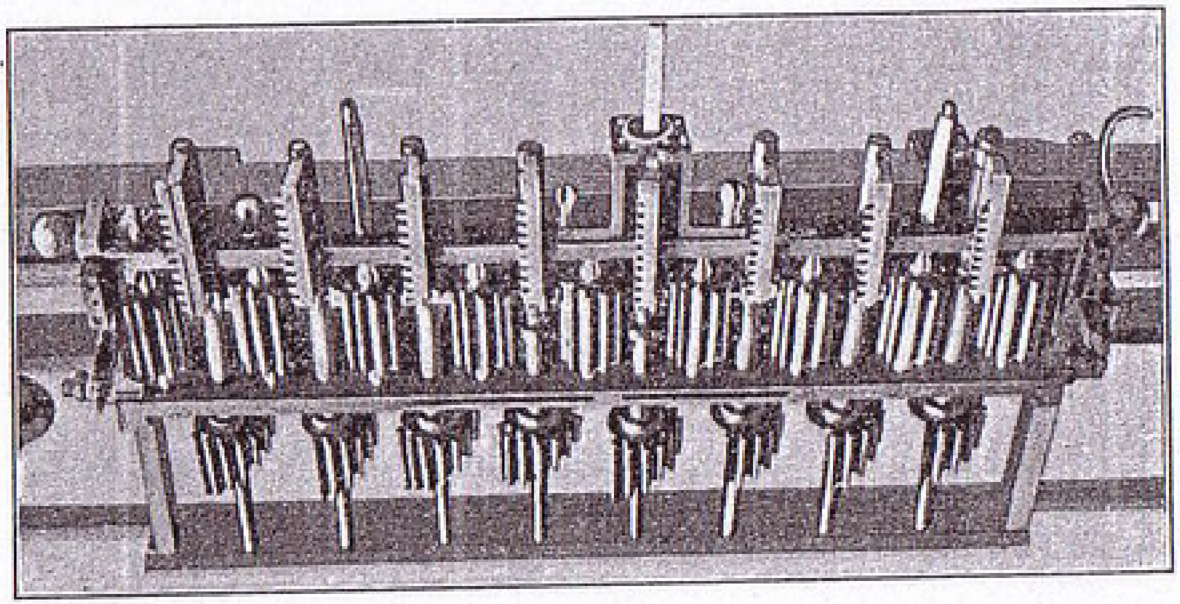

Abb. 6.

rungen an derselben vorgenommen hatte, der Pariser Akademie der Wissenschaften vor. Das Äußere, sowie das Verfahren beim Gebrauch hat Leibniz in den Abhandlungen der Berliner Akademie, Miscellanea Berolinensia, Bd. I, beschrieben. Obwohl Leibniz für seine Maschine ungeheure Summen opferte — nach verschiedenen Angaben 24000 Taler —, kam er nie recht damit zustande. Nach seinem Tode (1716 zu Hannover) weigerten sich seine Erben, den von Leibniz mit der Fertigstellung beauftragten Mechaniker Teubertin zu bezahlen, so daß das Werk unvollendet liegen blieb. Ein Exemplar der

Leibnizschen Maschine befindet sich im Archiv der Königl. Bibliothek zu Hannover. Diese Maschine wurde im Auftrag der Königl. Preuß. Akademie der Wissenschaften in den Jahren 1893—1896 durch Herrn Ingenieur Arthur Burkhardt in Glashütte i. Sa. untersucht, konnte jedoch nicht zum Gang gebracht werden, da ihre Konstruktion einen Fehler hat (vgl. auch: Zeitschrift für Vermessungswesen 1897, S. 392—398). Das Schaltwerk der Leibnizschen Rechenmaschine und die fertige Maschine ohne Gehäuse zeigen unsere Abb. 6 und 7.

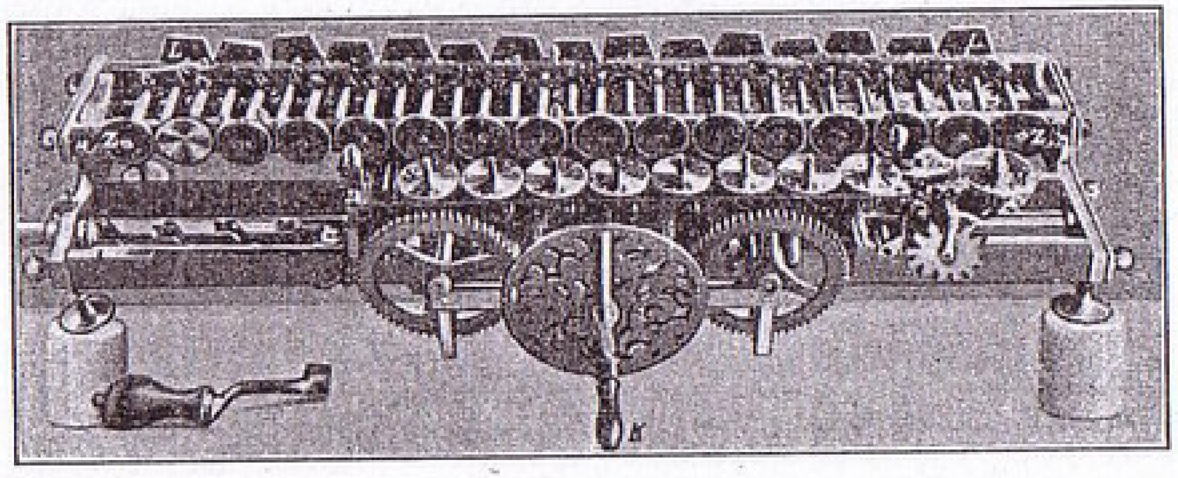

Abb. 7.

Die Kunde von der Pascalschen und Leibnizschen Rechenmaschine regte zu weiteren Erfindungen an. Im Jahre 1776 trat der Pfarrer Philipp Matthias Hahn in Echterdingen bei Stuttgart, ein trefflicher Mathematiker und Mechaniker, mit einer neuen Rechenmaschine hervor. Die Zahlenscheiben hat Hahn im Kreise nebeneinander gestellt, wodurch die Maschine die Form eines Zylinders erhält, in dessen Mitte die Kurbel spielt. Die Zifferblätter haben nur eine Bewegung, aber doppelte Zahlenreihen in zwei konzentrischen Kreisen. Hahn fertigte drei Maschinen, eine vierte wurde nach seinem Tode (1790) von seinem

Sohne, der württembergischer Hofmechaniker war, 1809 fertiggestellt. Diese Maschine ist im Besitz Sr. Durchlaucht Wilhelm, Herzog von Urach, Graf von Württem-

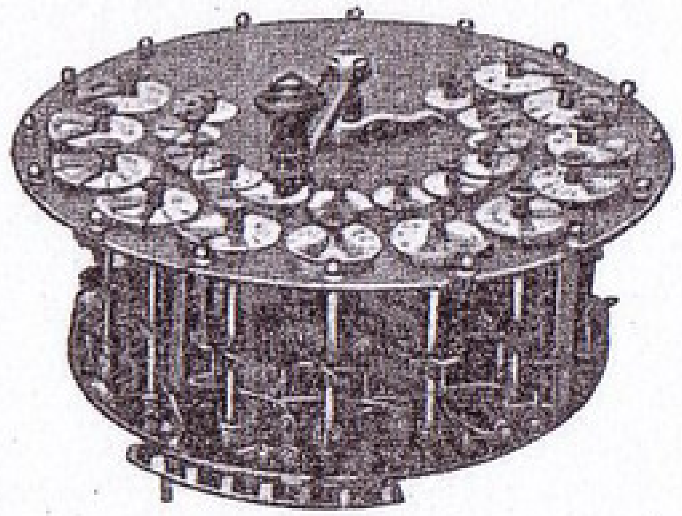

Abb. 8.

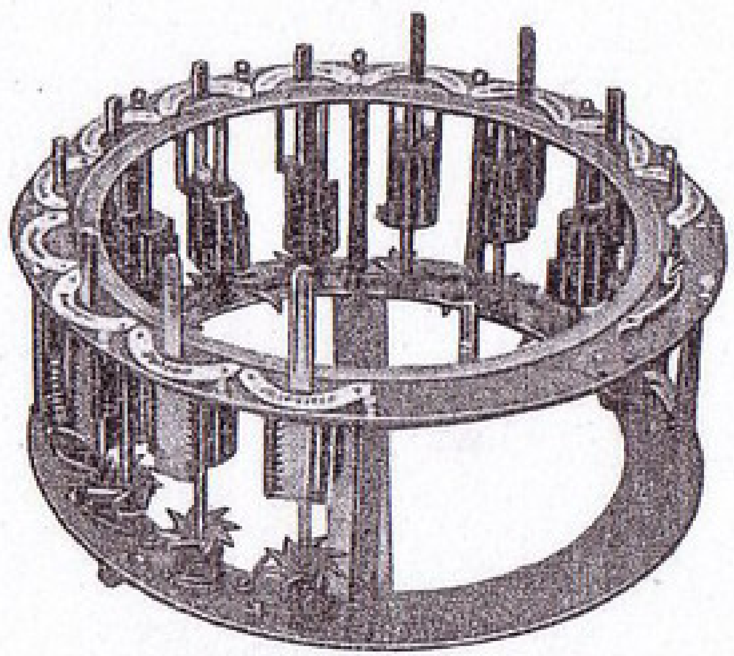

Abb. 9.

berg. Sie gestattet Berechnungen bis zu zwölf Stellen und ist noch jetzt in vollständig gangbarem Zustand. Wir geben in unseren Abb. 8, 9 und 10 das Zähl-

werk, das Schaltwerk und die fertige Maschine ohne Gehäuse wieder.

Die Hahnsche Maschine ist die erste brauchbare Rechenmaschine.

Eine andere Maschine wurde erfunden im Jahre 1783 von dem Ingenieurhauptmann J. H. Müller in Gießen. Sie befindet sich im Besitz des Großh. Hessischen Museums in Darmstadt (Beschreibung in Dycks Katalog).

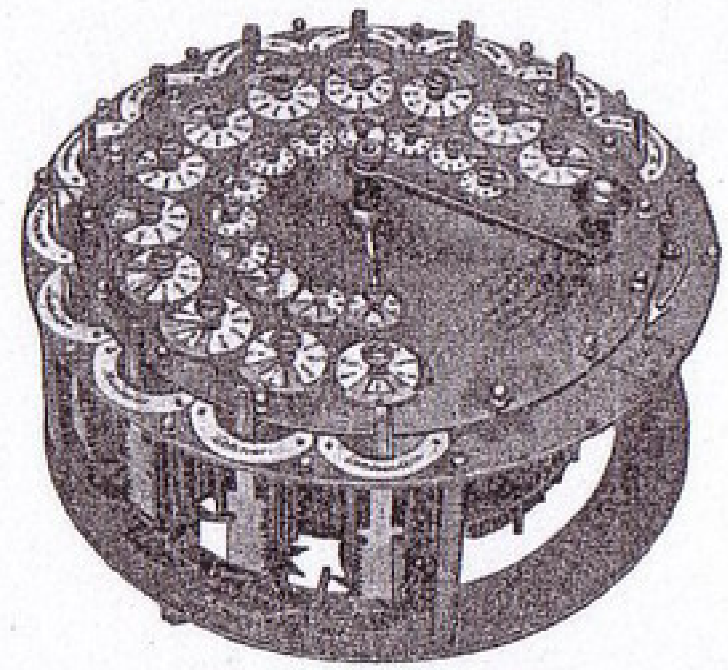

Abb. 10.

Allein eine weitere Verbreitung konnte sich weder die Hahnsche noch die Müllersche Maschine erringen; dies war erst der Thomasschen Maschine beschieden, so genannt nach ihrem Erfinder Thomas aus Colmar i. Els., der seinerzeit Versicherungsdirektor in Paris war. Wir kommen auf diese Maschine, die fortab den Grundtyp aller Rechenmaschinen, die erweiterte Additionsmaschinen sind, bildet, in § 3 ausführlich zu sprechen. Thomas erfand seine Maschine im Jahre 1821 und brachte sie 1822 zur Vollendung; er kannte aller Wahrscheinlichkeit nach die Hahnsche Maschine.

Die Thomassche Rechenmaschine wurde nun, nachdem sie allgemeinere Anwendung gefunden hatte, die Herstellung von Rechenmaschinen allmählich also zu einem Industriezweig geworden war, vielfach in ihren Konstruktionsteilen vervollkommnet und vervollständigt. In Deutschland nahm der Ingenieur Arthur Burkhardt in Glashütte i. Sa. im Jahre 1878 zuerst die Fabrikation der Thomasschen Rechenmaschine mit Erfolg auf. Durch eine Reihe hervorragender Verbesserungen ist sein „*Arithmometer*“ heute eine der besten und technisch vollendetsten Rechenmaschinen.

Da wir in § 4 auf mehrere moderne Rechenmaschinen eingehen wollen, so soll die weitere geschichtliche Entwicklung nicht verfolgt werden. Erwähnt sei jedoch, daß die erste eigentliche Multiplikationsmaschine, also eine Maschine, die die Teilprodukte durch eine einzige Drehung gibt, im Jahre 1888 von *Léon Bollée* konstruiert wurde. Die gegenseitigen Produkte der Zahlen 1 bis 9 sind bei seiner Maschine dargestellt durch Paare von Stiften, deren Längen den Einern und Zehnern jener Produkte entsprechen. In diese Kategorie von Rechenmaschinen gehört die *Rechenmaschine Patent Steiger*.

§ 2. **Hauptteile einer Rechenmaschine.**

Zählwerk: Das Zählwerk ist meist dem dekadischen Zahlensystem angepaßt und daher je ein Element für Einer, Zehner, Hunderter usw. vorgesehen. Die Elemente sind gewöhnlich zylindrische Scheiben, auf deren ebenen oder krummen Flächen die Ziffern 0, 1, 2, . . ., 9 einmal oder mehrmals angebracht sind. Die Drehungsachsen der

Scheiben können parallel sein und in einer Ebene liegen (Pascal, Leibniz, Thomas), oder aber Mantellinien eines Zylinders bilden (Hahn, Müller usw.), oder endlich zusammenfallen, so daß die Ziffernscheiben sich auf gemeinsamer Welle nebeneinander befinden. Letzte Anordnung (Odhner, Selling, Küttner, Bollée usw.) hat den Vorteil geringer Raumbeanspruchung und leichten Überblicks, da die Ziffern eng aneinander stehen.

Die *Zehnerübertragung* ist eine Einrichtung derart, daß, wenn irgend eine Ziffernscheibe über die Stellung, in der sie 9 zeigt, hinausgedreht wird, die Ziffernscheibe nächsthöherer Ordnung sich um *eine* Stelle weiterbewegt; diese Einrichtung kann so getroffen werden, daß sich diese Weiterdrehung ganz plötzlich vollzieht, oder aber so, daß bei jeder Drehung einer beliebigen Ziffernscheibe die nächsthöhere sich $^1/_{10}$ so schnell dreht, daß also bei einer vollen Umdrehung einer Scheibe die nächsthöhere sich um eine Ziffer weiterbewegt.

Es sind vier Arten von *Schaltwerken* in Anwendung gekommen. Am häufigsten kamen *Stufen-* oder *Staffelwalzen* zur Anwendung; eine solche Walze ist ein Zylinder mit neun Zähnen von verschiedener Länge. In der Regel ist für Einer, Zehner, Hunderter usw. je eine Stufenwalze vorgesehen. Solche Walzen verwandten Leibniz (siehe Abb. 6) und Hahn (siehe Abb. 9). Eine zweite Konstruktionsart verwendet Zahnräder, von deren Zähnen sich beliebig viele nach innen schieben und dadurch unwirksam machen lassen. Dieses Schaltwerk verwandte Odhner, Büttner, Küttner usw. (siehe § 4). Schaltwerke mit gezahnten Rädern, die, sobald von ihren Zähnen die gewünschte Zahl gewirkt hat, außer Eingriff mit den Zahnrädern, welche die Drehung der Ziffernscheiben vermitteln, gebracht werden, hat z. B. der englische Viscount Charles Mahan bei seiner im Jahre 1777 konstruierten, vorzüglich arbeitenden Maschine verwendet. Ebenso Bollée und Steiger. Endlich kann die Anordnung auch so getroffen werden, daß die Glieder des Schaltwerks sich mit verschiedener Geschwindigkeit bewegen. Diese Konstruktion verwandte Selling bei seiner Maschine vom Jahre 1886.

Eine große Bedeutung für die Brauchbarkeit der Rechenmaschine hatte die Einrichtung der Verlegbarkeit des Schaltwerkes gegen das Zählwerk (oder umgekehrt); damit ist möglich, das 10-, 100-, . . .-fache einer beliebigen im Schaltwerk eingestellten Zahl durch eine einzige Handbewegung auf das Zählwerk zu übertragen. Die Verlegung erfolgt von Hand, mittels besonderer Kurbel oder mittels der schon vorhandenen Kurbel (Steiger).

Zur Ermöglichung der Subtraktion trugen früher die Ziffernscheiben eine zweite (rote) Ziffernreihe in umgekehrter Reihenfolge; der Drehsinn der Elemente war daher stets derselbe. Später ging man zur Rückwärtsdrehung über und es fand diese die weiteste Verbreitung. Thomas, Bollée und jetzt auch Steiger drehen die Kurbel immer in demselben Sinne, bewirken aber durch ein Wendegetriebe, daß nach Einstellen eines Hebels oder eines Knopfes auf „Subtraktion“ oder „Division“ die Ziffernscheiben des Zählwerkes ihre Bewegungen umkehren.

Ein weiterer Maschinenteil ist das Nebenzählwerk, auch „Quotient“ genannt. Dieses zeigt beim Multiplizieren den Multiplikator, beim Dividieren den Quotienten.

Eine weitere, sehr vorteilhafte Einrichtung für eine Rechenmaschine ist der sogenannte Auslöscher, durch diesen werden sämtliche Ziffernscheiben des Zählwerks in die Nullstellung gebracht. Die Auslöscher werden meist durch Hebel oder Knopf in Tätigkeit gesetzt.

Macht die Maschine selbst einen Fehler, oder wird ihr eine unmögliche Operation zugemutet, so ertönt ein Glockensignal.

Manche Maschinen werden mit Druckvorrichtungen versehen; mechanischem Antrieb scheint man weniger Beachtung zu schenken.

§ 3. Die Thomassche Rechenmaschine.

Da die Thomassche Rechenmaschine zu allen erweiterten Additionsmaschinen die Grundlage abgegeben hat, sei eine kurze Beschreibung derselben gegeben. Zur Erläuterung diene unsere Abb. 11.

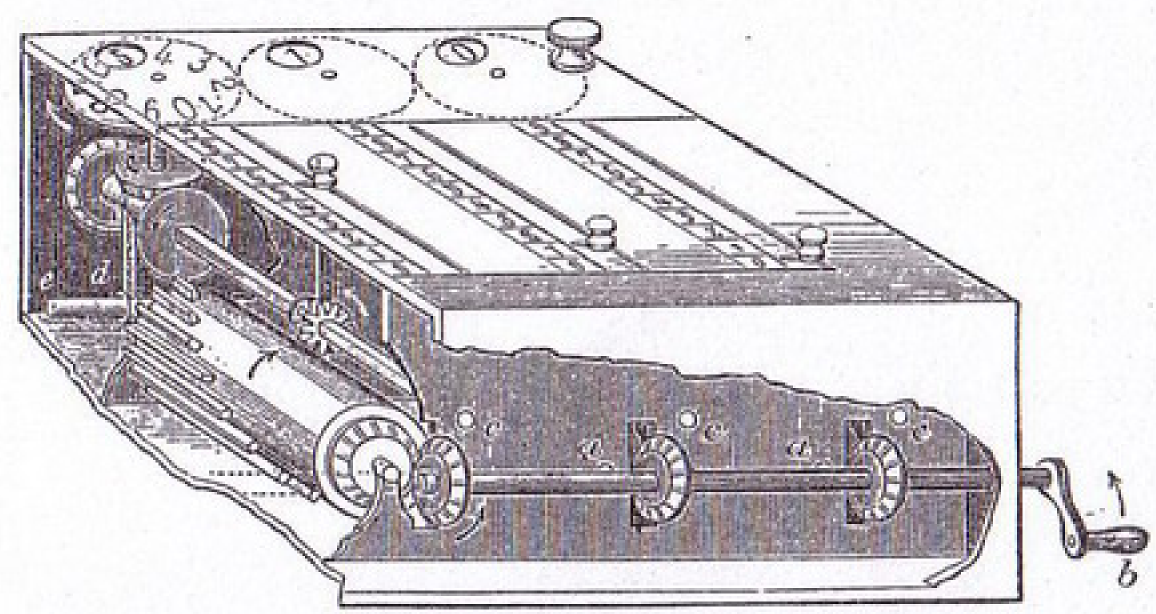

Abb. 11.

Die Maschine hat eine Reihe gezahnter Walzen mit horizontalen, parallelen Achsen a. Die erste Stufenwalze ist sichtbar. Durch die Kurbel b und die ersichtliche Triebachse und Triebräder werden die Walzen in Bewegung gesetzt. Schräg über jeder Walze liegt eine zwischen ihren Zapfen c vierkantige Achse, auf der sich ein Zahnrädchen mit zehn Zähnen beliebig verschieben läßt. Die Stellung des Rädchens wird auf dem Deckel der Maschine durch einen Knopf mit Zeiger markiert. Wie leicht ersichtlich, steht es vermöge der ungleichen Länge der leistenförmigen Walzenzähne uns frei, das Rädchen bei einer Kurbeldrehung um neun oder weniger Zähne sich weiterbewegen zu lassen; es hängt dies lediglich von der Stellung ab, die wir dem Rädchen geben. Auf der Skala neben dem Knopf auf dem Deckel läßt sich ablesen, um wieviel Zähne sich das Rädchen bei einer Kurbelbewegung weiterbewegt. Seine Bewegung überträgt dieses Rädchen durch Kegelgetriebe sofort auf ein Zifferblatt mit den 10 im Kreisumfang eingeschriebenen Ziffern 0 bis 9, welches über dem verlängerten Teil der vierkantigen Achse und unter dem Deckel horizontal angebracht ist, und von welchem stets nur eine Ziffer durch ein Schauloch im Deckel sichtbar wird. Wie aus der Abbildung leicht ersichtlich, läßt sich jede Ziffernscheibe recht- oder rückläufig einstellen, je nachdem man das vordere oder das hintere Kegelzahnrad auf der vierkantigen Achse in das Kegelzahnrad unter der Ziffernscheibe eingreifen läßt. Stellt man nun z. B. die Zeigerknöpfe von vier nebeneinanderliegenden Walzen der Reihe nach auf die Ziffern 1, 2, 3, 4, das Kegelgetriebe an der vierkantigen Achse durch den Stellhebel d auf Addition und zeigen die vier entsprechenden Zifferblätter Null, so erscheint nach einer Kurbeldrehung in den vier Schaulöchern des Deckels die Zahl 1234, nach einer zweiten Drehung das Doppelte, 2468. Um nun durch fernere Kurbeldrehungen auch das Drei- und Mehrfache der Zahl 1234 zu erhalten, ist eine Vorrichtung nötig, welche nach jeder vollen Umdrehung eines Zifferblattes das nächste zur Linken um einen Zahn weiterbewegt.

Das kann einfach durch einen Stift geschehen, der aus dem ersten Zifferblatt hervorragt und in die Zähne des nächsten dann eingreift, wenn jenes zur Rechten eben von 9 auf 0 übergehen soll. Nur darf das linke Zifferblatt nicht in Bewegung sein, sonst wäre das Eingreifen des Stiftes wirkungslos. Es muß also noch dafür gesorgt werden, daß die Zähne jeder Walze zur Linken erst in das Zahnrädchen des Vierkants eingreifen, wenn der Nachbar zur Rechten seine Bewegung schon vollzogen hat. Hierdurch wird die Konstruktion kompliziert und wir wollen nicht weiter darauf eingehen. Der Teil des Deckels, welcher die Zifferblätter trägt, also das Zählwerk ist gegen die Zeigerknöpfe (Schaltwerk) verschiebbar, wodurch die schon früher erwähnte Multiplikation mit 10, 100 usw. durch eine Handbewegung möglich ist. Durch Umstellung des Stellhebels d ist es möglich, auch Subtraktionen und Divisionen vorzunehmen. Ein Nebenzählwerk, das in der Abbildung nicht eingezeichnet ist, bringt den Quotienten zur Darstellung. Auch die Stellung des Kommas läßt sich durch Elfenbeinknöpfchen zwischen den Schaulöchern angeben. Durch einen Auslöscher lassen sich sämtliche Zifferblätter wieder auf Null stellen.

§ 4. Einige moderne Rechenmaschinen.

Der Arithmometer von Ingenieur A. Burkhardt in Glashütte i. Sa.

Burkhardt stellt die Thomassche Maschine in Deutschland seit 1878 her und hat sie seither bedeutend vervollkommnet, so daß die heutige Burkhardtsche Maschine eine der vollkommensten Maschinen ist. Eine eingehende Beschreibung dieser Maschine hat Reuleaux in seiner Broschüre „Die sogenannte Thomassche Rechenmaschine“

gegeben. Diese ist von der Burkhardtschen Fabrik (2,2 M.) zu beziehen. Wir fassen uns hier unter Verweisung auf jene Schrift sehr kurz.

Die Staffelwalzen sind auf $\frac{16}{25}$ ihrer Oberfläche vollkommen zylindrisch, der übrige Teil von $\frac{9}{25}$ ist besetzt von 9 Zähnen verschiedener Länge, wie wir die Anordnung bereits kennen. Thomas hatte den Trommelumfang in 22 Teile geteilt. Denkt man sich eine Mantellinie in 10 Teile geteilt, so ist der längste Zahn 9 Teile lang usw. Diese Staffelwalzen greifen in ähnlicher Weise wie bei der Thomasschen Maschine in verschiebbare Zahnräder ein. Die sämtlichen Walzen stehen durch konische Räder mit einer Längstransmission so in Verbindung, daß bei einer Umdrehung der Kurbel sich auch alle Walzen je einmal umdrehen. Die Zehnerübertragung und die gesamte Inneneinrichtung ist sehr ausführlich in obenerwähnter Schrift erläutert.

Eine andere Maschine ist die von Professor Selling (Universität Würzburg), hergestellt von Max Ott, mech. Werkstätte für Präzisionsmechanik in München. Nach Ott verdankt die Maschine ihre Entstehung der Absicht, die Mängel der Thomasschen Rechenmaschine — das einförmige Kurbeldrehen und die stoßweise erfolgende Zehnerübertragung — zu umgehen. Die Maschine, die unsere Abb. 12 veranschaulicht, besteht aus zwei getrennten Mechanismen, welche während des Arbeitens in Verbindung miteinander gebracht werden. Dies sind: 1. die Nürnberger Schere mit den Zahnstangen und der Klaviatur zum Einstellen des Multiplikanden, 2. die Zahn- und Zahlenräder, alle auf einer gemeinsamen Achse drehbar, welche die Längsbewegung der Zahnstangen aufnehmen und dieselbe in eine rotierende verwandeln und zwecks der Zahnübertragung durch sogenannte Planetenräder

unter sich miteinander in Verbindung gebracht sind; dadurch ist ein fehlerhaftes Funktionieren, wie es bei Federungen vorkommt, ausgeschlossen. Das eigentliche Rechnen erfolgt durch Öffnen und Schließen der Nürnberger Schere mittels des Handrings; die Größe dieser Bewegung ist durch den Multiplikator bedingt.

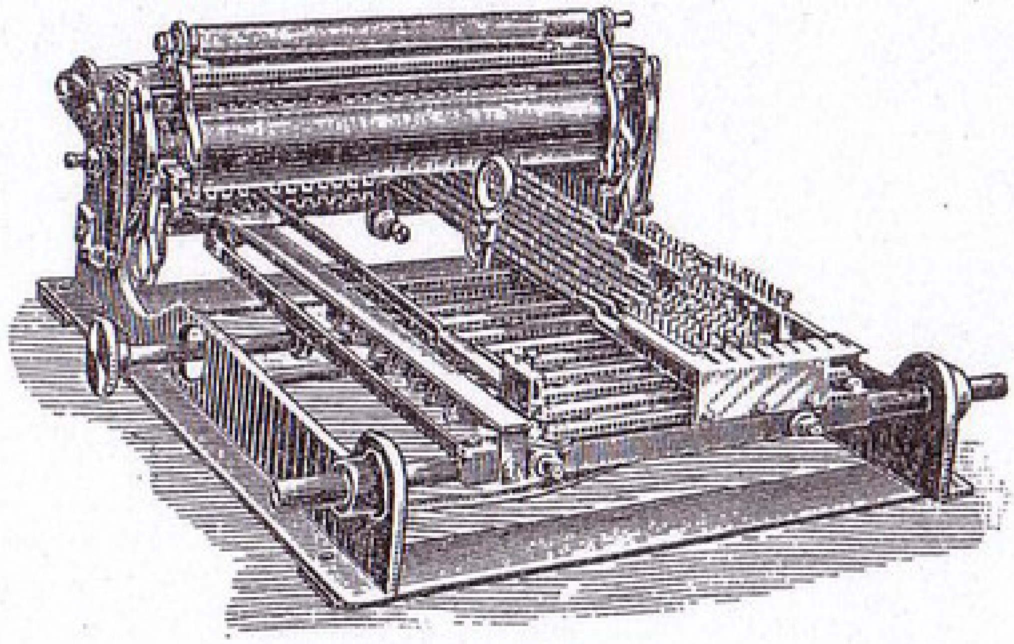

Abb. 12.

Die von Odhner (Petersburg) erfundene Rechenmaschine, die seit 1892 als „Brunsviga" in Deutschland vertrieben wird, hat an Stelle von Staffelwalzen Zahnräder, an welchen durch Einstellung von innen heraus nach Bedarf mehr oder weniger Zähne (von 0 bis 9) wirksam gemacht werden können. Die Maschine steht anderen Konstruktionen an Zuverlässigkeit nach, hat aber doch große Verbreitung gefunden.

Als leistungsfähigste erweiterte Additionsmaschine bezeichnet Mehmke die Rechenmaschine von Küttner, Duplex-Rechenmaschine genannt. Sie wird gebaut vom Mechaniker W. Heinitz, Dresden, Lortzingerstr. 27. Küttner verwendet an Stelle der Stufenwalze ebenfalls ein Schaltrad mit neun radialen Einschnitten, die zur Aufnahme der verschiebbaren Zähne dienen. Die Zähne sind auf der einen Seite mit Stiften versehen, die sich in einem konzentrisch gebrochenen Schlitz der mit dem Schaltrad verbundenen Stellscheibe führen. Je nachdem diese Stellscheibe mehr oder weniger gedreht wird, tritt eine größere oder kleinere Anzahl von Zähnen aus der Peripherie des Schaltrades heraus. Ein selbsttätiges unerwünschtes Drehen der Stellscheibe wird durch eine Sperrfedervorrichtung verhindert. Die Registrierräder sitzen lose auf ihrer Welle auf und sind durch Stifte, die sich in eingedrehten Nuten der Welle führen, an der seitlichen Verschiebung gehindert. Um zu verhindern, daß durch die lebendige Kraft, die den bewegten Registrierrädern innewohnt, eine Rotation desselben weiter fortgesetzt wird, als es den im Eingriff gestandenen Zähnen entspricht, ist zwischen Schalt- und Registrierwerk ein eigenartiges Sperrwerk eingeschaltet, das eine absolute Zwangsläufigkeit der Registrierräder bedingt. Die Zehnerübertragung besorgt ein auf der Zahltrommel zwischen den Zahlen 5 und 6 angebrachter, dem nächsthöheren Schaltrad zugekehrter Stift. Dieser stößt bei der Drehung des Registrierrades an einen Hebel, der auf dem nächsthöheren Schaltrade einen sogenannten Zehnerzahn derartig stellt, daß er zum Eingriff mit dem ihm zugehörigen Trieb kommt und diesen um einen Zahn dreht. Eine sehr eingehende Beschreibung findet der Interessent in Dinglers Polytechnischem Journal, 77. Jahrgang, 300. Band (1896).

Als eine sehr brauchbare Rechenmaschine bezeichnet man auch die Rechenmaschine von Otto Büttner. Eine Ansicht derselben gibt unsere Abb. 13. Die Maschine

hat keine Umsteuerung, da die Kurbel sich auch rückwärts drehen läßt. Der Quotient hat einen eigenen Auslöscher; im Stellwerk stehen die Ziffern immer in gerader Linie nebeneinander, so daß jede eingestellte Zahl bequem abgelesen werden kann; das Lineal L ist nach vorn geneigt, was die Übersicht ebenfalls erleichtert. Geliefert wird die Maschine von der Firma W. Brückner in Dresden.

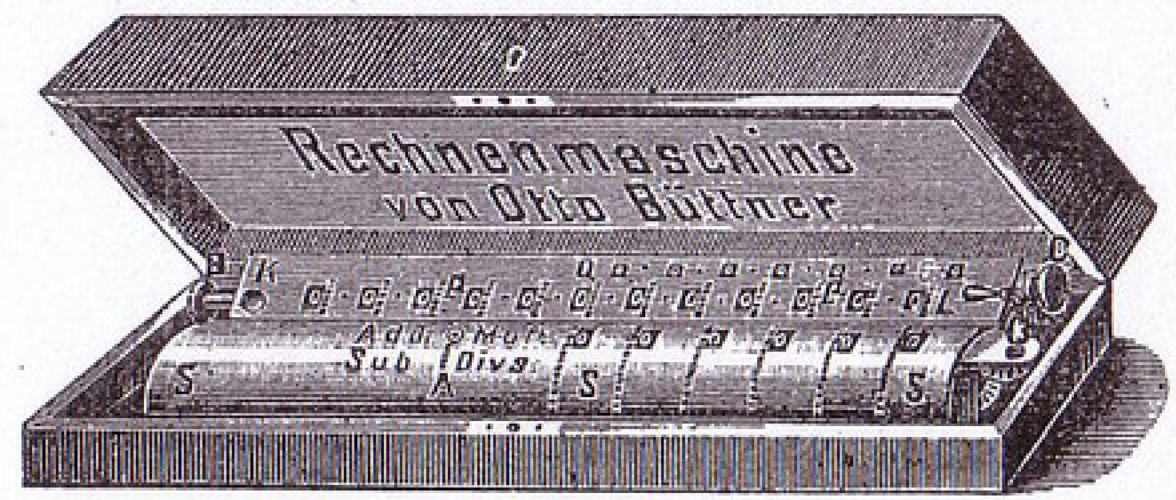

Abb. 13.

§ 5. **Die Multiplikationsmaschine von Egli** (Pat. Steiger).

Wie schon erwähnt wurde, hat Bollée die erste eigentliche Multiplikationsmaschine konstruiert; die einzige heute im Handel befindliche Multiplikationsmaschine ist die Rechenmaschine „Millionär“, Patent O. Steiger, ausgeführt von Ingenieur Hans W. Egli in Zürich II, Albisserstr. 2.

Die Ansicht dieser Maschine zeigt unsere Abb. 14. Der Hauptvorteil der Maschine besteht darin, daß für jede Stelle des Multiplikators oder Quotienten nur eine einzige Kurbeldrehung auszuführen ist, während welcher sich die notwendige Verschiebung des Resultats automatisch vollzieht. Äußerlich sehen wir an der Maschine rechts oben die Handkurbel, daneben befindet sich die Umstellungsvorrichtung, mittels welcher man die Maschine für die verschiedenen Rechnungsoperationen (Addition, Multiplikation usw.) einstellt. Daneben ist oben das Einstellbrett mit seinen Knöpfen und Skalen angebracht, und in der linken Ecke sieht man den Multiplikations-

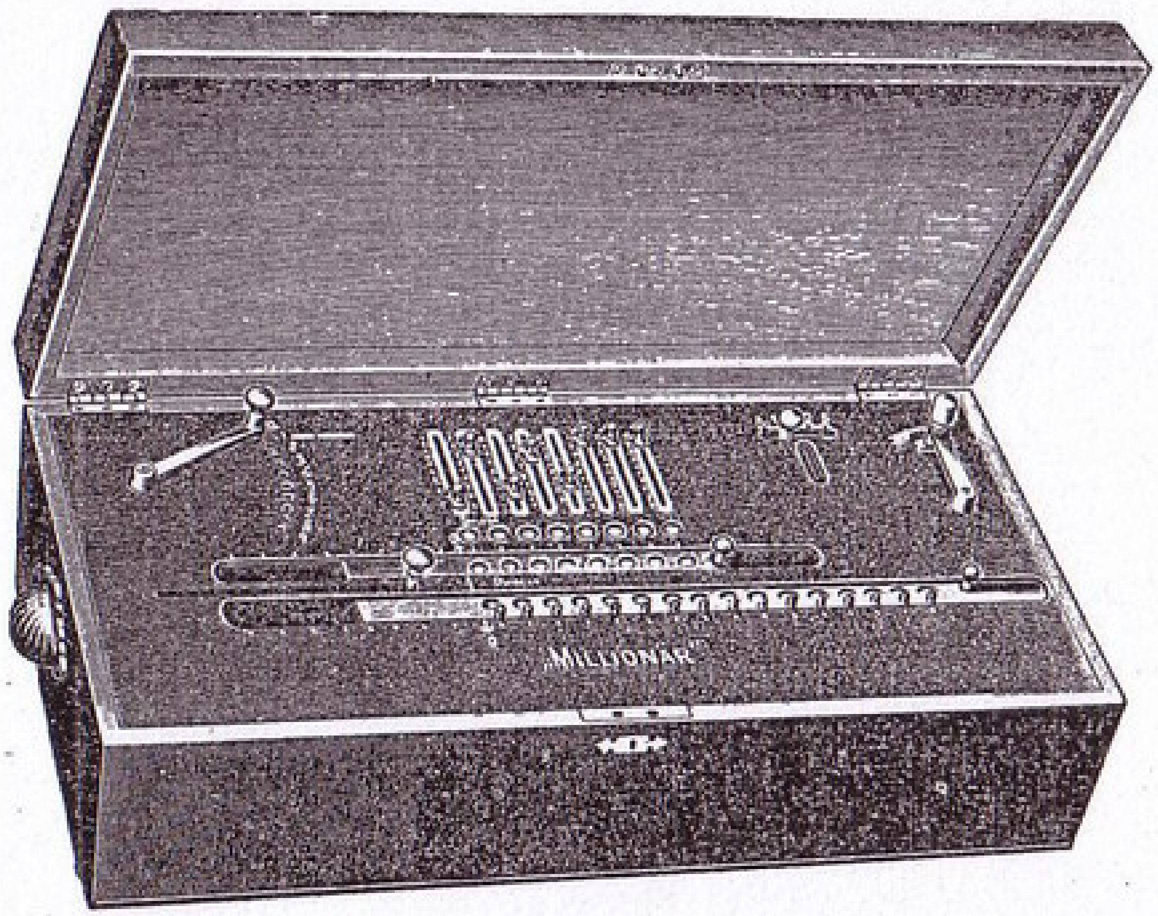

Abb. 14.

hebel. Die Reihe unter den Schlitzen der Einstellknöpfe ist eine Kontrollreihe. Die unterste Ziffernscheibenreihe zeigt die Resultate, die darüber befindliche, also mittlere Ziffernscheibenreihe ist eine Kontrollreihe für die Stellung des Multiplikationshebels. Die beiden rechts befindlichen Knöpfe führen die Ziffernscheiben in die

Nullstellung zurück, mittels des größeren Knopfes links wird das Registrierwerk verschoben.

An der Rechenmaschine „Millionär" lassen sich drei Hauptmechanismen unterscheiden:

a) der Multiplikationsmechanismus,
b) der Übertragungsmechanismus,
c) das Registrierwerk, das seinerseits in zwei Teile zerfällt, wovon der eine die Produkte aufzeichnet, während der andere den Multiplikator registriert und nicht absolut notwendig ist.

Der Multiplikationsmechanismus besteht aus dem sogenannten Einmaleinskörper und seiner Einstellvorrichtung, welche ihm eine Bewegung in vertikaler, in horizontaler Längsrichtung und in horizontaler Querrichtung gestattet. Der Einmaleinskörper besteht aus neun Zungenplatten, wovon:

die	erste	die	Produkte	von	1	bis	9	mal	die	Zahl	1
„	zweite „		„	„	1	„	9	„	„	„	2
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
„	neunte „		„	„	1	„	9	„	„	„	9

enthält, wodurch also das ganze Einmaleins dargestellt ist. Jedes dieser Produkte ist durch zwei Zungen ausgedrückt, wovon die eine den Zehnerwert, die andere den Einerwert des in Frage stehenden Produkts durch die entsprechende Anzahl Längeneinheiten repräsentiert. Sämtliche Zehnerwerte einer Zungenplatte bilden eine Gruppe für sich, ebenso sämtliche Einerwerte. Es wirken diese Gruppen nacheinander auf den Übertragungsmechanismus und das Registrierwerk. Der Übertragungsmechanismus besteht aus neun parallel liegenden Zahnstangen und aus den quer darüber gelagerten Achsen, an denen Zahnrädchen mittels Einstellknöpfe verschoben und dadurch mit irgend einer der neun Zahnstangen in Eingriff gebracht werden können. Die Einstellung erfolgt nach dem Wert der betreffenden Multiplikandenstelle. Auf diesen Achsen sitzen ferner, in der Achsenrichtung verschiebbar, je ein Paar Kegelrädchen, welche die der Längsbewegung der Zahnstangen entsprechende Drehung der Zahnrädchen auf das Registrierwerk übertragen, sowohl in positivem Sinne bei Multiplikation, als in negativem Sinne bei Division. Durch entsprechende Ein- und Ausrückungsmechanismen werden diese Kegelrädchen periodisch mit dem Registrierwerk in und außer Eingriff gebracht, so daß nur die Bewegung der Zahnstangen beim Verschieben übertragen wird, während das Zurückführen derselben das Registrierwerk nicht beeinflußt. Die Enden der Zahnstangen liegen entweder der Zehner- oder der Einergruppe der Zungen einer Zungenplatte gegenüber. Der Wechsel der Gruppen wird durch die kleine horizontale Querverschiebung des Einmaleinskörpers besorgt, während die Einstellung der verschiedenen Zungenplatten durch Verschieben des Multiplikationshebels längs einer Skala erfolgt. Nach Übertragung der Zehnerwerte wird das Registrierwerk automatisch um eine Stelle nach links zu verschoben.

Der Preis dieser äußerst empfehlenswerten Maschine bebeträgt 1050 M., was gegen die andern Rechenmaschinen wohl viel ist; beachtet man aber die große Zeitersparnis, die mit dieser Maschine erzielt werden kann, so ist die Maschine sehr billig zu nennen.

Kapitel IV.

Die Grundoperationen des graphischen Rechnens.

Das graphische Rechnen ist der Inbegriff aller Methoden zur Lösung von Aufgaben der Analysis durch Konstruktionen, die durch Lineal, Zirkel, Maßstab und andere Zeichengeräte ausführbar sind. Im allgemeinen stellt man hierbei die reellen Zahlengrößen durch Strecken dar, die nach einem gewöhnlichen oder auch nach einem logarithmischen Maßstab aufgetragen sein können. Die Vorzüge der graphischen Methoden bestehen hauptsächlich in ihrer Anschaulichkeit und ihrer bequemen Ausführbarkeit; auf der andern Seite ist ihre Genauigkeit eine beschränkte. Manche Aufgaben der Analysis sind überhaupt nur graphisch lösbar, bei andern bietet die graphische Lösung eine willkommene Ergänzung zur analytischen. Im folgenden seien zunächst die Grundoperationen graphisch gelöst; bei diesen treten die Vorteile der graphischen Methoden noch nicht so sehr zutage.

A. Gleichmäßig geteilter Maßstab.

§ 1. Graphische Addition.

Unter graphischer oder geometrischer Addition versteht man die Aneinanderreihung von Strecken nach Größe, Richtung und Sinn in der Weise, daß jedesmal der Endpunkt der vorhergehenden Strecke den Anfangspunkt der nächstfolgenden bildet. Die Summe erhält man, indem man den Anfangspunkt des sich ergebenden Linienzuges mit dessen Endpunkt verbindet; diese Verbindungslinie stellt die Summe aller Strecken des Zuges