Eine neue

Rechenmaschine

Patentirt im Deutschen Reiche vom 16. April 1886 ab.
(Patentschrift No. 39634, Klasse 42: Instrumente.)

von

Dr. Eduard Selling,
Professor für Mathematik und Astronomie
an der Universität Würzburg.

Mit 2 lithographirten Tafeln.

Vom Verf. erh. M. d. 28. IX. 87.
Dr. Ernst Fischer

Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1887.

399 -

Eine neue
Rechenmaschine

von

Dr. Eduard Selling,
Professor für Mathematik und Astronomie
an der Universität Würzburg.

Mit 2 lithographirten Tafeln.

Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1887.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

I.

Einleitung.

Als durch die Einführung der Null zur Besetzung fehlender Stellen im 6. Jahrhundert nach Christi Geburt in Indien, im 12. Jahrhundert im Abendland die heute allgemeine Art des Zahlenschreibens und damit auch des Zifferrechnens in Uebung kam, hörten die zwei in nur wenig verschiedenen Formen üblich gewesenen Arten mechanischen Rechnens, das in der Hauptsache auf die Zahlen bis 10000 beschränkte Fingerrechnen[1]) und das Rechnen mit dem Rechenbrett, ἄβαξ der Griechen, abakus der alten Römer und des Mittelalters, nicht auf. Bei allen asiatischen Völkern ist das Rechenbrett in fortwährendem Gebrauch, der swân pân (Rechenwanne) der Chinesen, welchen ein Minister des Kaisers Huâng ti (2637 v. Chr.) erfunden haben soll[2]), der Soroban der Japanesen, der Tschotü (Stschotü) der Russen, welche ihn zur Zeit Peters des Grossen von Osten her durch Stroganoff erhalten haben sollen, stehen bei diesen Völkern auf jedem Ladentisch. Aus der russischen Gefangenschaft brachte Poncelet den Tschotü unter dem Namen boulier oder compteur nach Frankreich, von wo er jetzt wieder zu uns gekommen und mit Recht in jeder Volksschule zu finden ist, aus denselben Gründen, aus welchen er zur Zeit seines allmählichen Verschwindens in Adam Rieses bekanntem Rechenbuch, Frankfurt 1544, empfohlen war mit den Worten: „Ich habe befunden in Unterweisung der Jugend, dass

[1]) Näheres in: Zur Geschichte des Rechenunterrichts, erster Theil. Inaugural-Dissertation von Heinrich Stoy. Jena, Fromann, 1876, woselbst auch Abbildungen. Cantor, Vorlesungen über Geschichte der Mathematik, Leipzig, Teubner, 1880, s. Register.

[2]) Cantor, Vorlesungen, S. 571.

alleweg die so auf den Linien anheben des Rechnens fertiger und lauftiger werden, denn so mit den Ziffern, die Feder genannt, anfahen."

Noch im 17. Jahrhundert war in Europa der Gebrauch der hergebrachten mechanischen Hilfsmittel auch zum ernstlichen Rechnen, nicht nur zum Unterricht, neben dem Zifferrechnen allgemein in Gebrauch, und war die Gewöhnung an die freie Beherrschung des Einmaleins, die freilich auch dem Abacisten immer nützlich war, nicht allgemein, als der im Jahre 1623 geborene, in so vieler Hinsicht Bahn brechende Blaise Pascal in seinem 18. Lebensjahre die erste eigentliche Rechenmaschine zu construiren versuchte. In Paris im Conservatoire des arts et métiers steht noch heute das Modell derselben mit dem Certificat: Esto probati instrumenti signaculum hoc, Blasius Pascal Arvernus 1652 (S. Oeuvres complètes de Blaise Pascal. Paris, Hachette et Cie, 1866. T. I. page 4). Ein Schreiben Pascals an den Kanzler Pierre Seguier beginnt (Oeuvres compl. T. III. p. 185) nach meiner Uebersetzung: „Wenn das Publikum einigen Nutzen von der Erfindung hat, die ich erdacht habe zur Ausführung aller Rechnungsarten auf eine ebenso neue als bequeme Art, so wird es mehr Eurer Herrlichkeit verpflichtet sein als meiner schwachen Bemühung, da ich mich nur rühmen kann sie empfangen zu haben, sie aber ihre Geburt durchaus der Ehre Eurer Befehle verdankt. Als mich die Weitschweifigkeiten und Schwierigkeiten der gewöhnlichen Mittel veranlasst hatten an einige geeignetere und leichtere Mittel zu denken, um mir die grossen Rechnungen zu erleichtern, mit denen ich seit einigen Jahren bezüglich der Verwaltungsangelegenheiten beschäftigt war, mit welchen Sie meinen Vater im Dienste Seiner Majestät in der haute Normandie beehrt haben, verwandt ich bei dieser Untersuchung jede Kenntniss, die mir Neigung und Arbeit bei meinen ersten Studien in der Mathematik erwerben liessen, und nach tiefem Nachdenken erkannte ich es für nicht unmöglich, diese Mittel zu finden. Die Wahrheiten der Geometrie, der Physik und Mechanik lieferten mir den Plan und versicherten mich, dass die Leistung unfehlbar wäre, wenn sich ein Arbeiter zur Herstellung des Instrumentes fände, dessen Modell ich erdacht hatte. . . . . . . Nachdem aber, Monseigneur, Eure Herrlichkeit meinen Muth wieder erhoben hatte, welcher erschlaffen wollte, und so huldvoll war von meiner einfachen Zeichnung, die meine Freunde Euch vorgelegt hatten, in Worten zu sprechen, die sie mir ganz anders als vorher erscheinen liessen, da machte ich durch Euer Lob gestärkt neue

Anstrengungen, setzte alle anderen Bestrebungen aus und dachte nur an die Construction dieser kleinen Maschine, die ich Euch, Monseigneur, vorzulegen gewagt habe, nachdem ich sie in den Stand gesetzt hatte, wie es beabsichtigt war, für sich allein, ohne dass irgend eine geistige Arbeit nöthig ist, die Operationen aller Theile der Arithmetik auszuführen . . . . ."

Vollständige Beschreibung und Abbildung der Maschine ist von Diderot in der Encyclopédie gegeben und in den angeführten Oeuvres T. III. p. 196 wieder abgedruckt.

Die Gebrauchsanweisung Pascals (Oeuvres T. III. p. 187) schliesst mit den Worten: „Endlich, theurer Leser, ... bitte ich dich mich hoffen zu lassen, dass der blosse Gedanke eine dritte Methode zu finden zur Ausführung aller arithmetischen Operationen, welche, völlig neu, nichts gemein hat mit den zwei gewöhnlichen Methoden der Feder und des Rechenpfennigs, dir einige Achtung abgewinnen wird, dass du die Absicht billigst, die ich hatte, dir gefällig zu sein, indem ich dir die Mühe erleichtere, und dass du mir die Sorge danken wirst, die ich übernommen, um zu bewirken, dass alle Operationen, welche nach den bisherigen Methoden mühsam, complicirt, langwierig und wenig sicher sind, leicht, einfach, rasch und zuverlässig werden." Das Privilegium des Königs sagt von Pascal: . . . „er habe seit seiner frühesten Jugend eine besondere Neigung zu den mathematischen Wissenschaften gehabt, in welchen er durch seine Studien und Beobachtungen mehrere Dinge entdeckt hat und besonders eine Maschine erfunden, mittels deren man alle Arten von Rechnungen, Additionen, Subtractionen, Multiplicationen, Divisionen und alle anderen arithmetischen Aufgaben ausführen kann, in ganzen und gebrochenen Zahlen, ohne sich der Feder oder der Rechenpfennige zu bedienen, durch eine Methode, welche viel einfacher, leichter zu erlernen, rascher auszuführen ist und den Geist weniger ermüdet als die anderen bisher üblichen Rechnungsmethoden, und welche neben diesen Vorzügen noch den hat, keiner Gefahr eines Fehlers unterworfen zu sein, was die wichtigste Bedingung bei allen Rechnungen ist. Von dieser Maschine habe er mehr als fünfzig Modelle gemacht, alle verschieden, die einen zusammengesetzt aus geraden Stäben oder Stängchen, andere aus krummen, andere mit Ketten, die einen mit concentrischen Rädern, andere mit excentrischen, die einen mit Bewegungen in geraden Linien, andere in Kreisen, die einen auf Kegeln, andere auf Cylindern und andere ganz verschieden von diesen nach Stoff, Gestalt oder Bewegung' wobei die Haupterfindung und das Wesentliche der Bewegung darin besteht, dass jedes Rad oder Stäbchen einer Ordnung, indem es sich um zehn Ziffern bewegt, eine Bewegung des folgenden um eine Ziffer veranlasst." Diese Leistung, die automatische Ausführung der Zehnerübertragung, ist aber auch die einzige der Pascalschen Maschine und trotz des folgenden Satzes: „Nach all diesen Versuchen, auf welche er viel Zeit und Kosten verwendet, sei er endlich zur Construction eines vervollkommneten Modells gekommen, welches als unfehlbar anerkannt wurde durch die gelehrtesten Mathematiker dieser Zeit, welche es in jeder Hinsicht mit ihrer Billigung geehrt und als sehr nützlich für das Publikum geschätzt haben" kam die Pascalsche Maschine nie zu ernsthafter Anwendung. Es ist wie bei den noch immer vielfach angebotenen blossen Additionsmaschinen, die nicht zu leugnende Erleichterung wiegt nicht die Belästigung auf, dass man überhaupt an eine Maschine gebunden ist. Die Unfehlbarkeit, die überdies nur so gemeint sein kann, dass eine Störung nicht möglich ist ohne bemerkt zu werden, gilt nur für den Fall, dass nicht eine falsche Zahl eingesetzt oder als Multiplikator benützt wurde, dass nicht eine vorgeschriebene Bewegung zu machen vergessen oder beim Abschreiben eines Resultats ein Fehler gemacht wurde. Jede nachträgliche Controle ist ausgeschlossen. Abgesehen davon, dass sich die Zehnerübertragung von selbst ausführte, litt die Pascalsche Maschine noch an allen Mängeln des Abacus. Die Additionen in den einzelnen Stellen konnten nicht gleichzeitig, sondern mussten nach einander ausgeführt werden. Die Multiplication war nichts als eine wiederholte Addition, wie beim Abacus, wenn man nicht, wie auch beim Abacus möglich war, und von den das Einmaleins Beherrschenden geschah, die Multiplication der zwei Ziffern im Kopfe ausführte, und die im Allgemeinen zwei Ziffern des Products je besonders an ihrer Stelle addirte.

Den letztgenannten Mangel suchte Leibnitz mit seiner Rechenmaschine zu heben, deren ersten Versuch er schon 1673 der Royal Society in London vorgelegt hatte, und von welcher er u. A. 1701 an de l'Hospital schrieb[1]) (nach meiner Uebersetzung): „Es ist ein Glück für diese Maschine, dass ich, Gott sei Dank, ein längeres

---

[1]) Leibnitz, Gesammelte Werke III. Abth., Mathematische Schriften, Bd. II. S. 342.

Leben gehabt habe, als ich mir versprach, sonst wäre sie mit mir begraben worden," und: „Die Maschine des Herrn Pascal entspringt sehr geistreicher Erfindung, aber ihre Leistung ist sehr gering, selbst wenn man die Rhabdologie[1]) damit verbindet, wie es Grillet gethan hat nach Herrn Morland. Wenn es nur das wäre, so würde ich mir nicht die Mühe machen nach Herrn Pascal noch darüber nachzudenken. Aber Herr Perrier, Neffe dieses grossen Mannes, welcher ein Probestück meiner Maschine in Paris sah, hat den Unterschied erkannt und offen anerkannt. Denn in einem Wort, sie haben fast nichts gemein und alle Hilfsadditionen und -Subtractionen geschehen hier ohne dass man daran denkt."

Aeusserliche Beschreibung und Abbildung mit Gebrauchsanweisung der Leibnitzischen Maschine findet sich in den Abhandlungen der Berliner Akademie, Miscellanea Berolinensia Bd. I S. 317. Die Beschreibung in Leupolds Theatrum arithmetico-geometricum, auf welche vielfach verwiesen wird, enthält auch nicht mehr. Aus Andeutungen in Klügels Mathematischem Wörterbuch und mündlicher Mittheilung eines Mechanikers, welcher die Maschine nach ihrer Wiederauffindung in der Modellkammer der Göttinger Universität in Händen hatte, besteht das Princip der Herstellung der Theilproducte in der auch in der Thomasischen Maschine benützten Walze, welche sich ansehen lässt als feste Verbindung von zehn sonst gleichen coaxialen Rädern mit intermittirender Verzahnung, von welchen eines 9, das nächste 8, die nächsten 7, 6, ... 2 Zähne, das vorletzte einen, das letzte gar keinen Zahn mehr hat. Jeder Stelle des herzustellenden Productenaggregats entspricht eine solche Walze. Jeder Einheit einer Ziffer eines Multiplicators entsprechend macht jede dieser Walzen einen Umlauf. Je nachdem die betreffende Multiplicandenziffer 9, 8, ... oder 0 ist, wird ein vollgetheiltes, das betreffende Zifferrad des Productenaggregates treibendes Zahnrad mit der 9, 8, . . . oder 0 theiligen Abtheilung der Walze in Eingriff gebracht, geht also um die Multiplicandenziffer weiter. Bei Thomas muss man nun eine alle Walzen treibende Welle so oft umdrehen als die betreffende Multiplicatorziffer angiebt. Natürlich

---

[1]) Es sind die Neperischen Rechenstäbe gemeint, s. Neper (Napier): Rhabdologia, seu numerationis per virgulas libri duo (Edinburg 1617), auch ein Versuch zur Lösung des Rechenmaschinenproblems wie ursprünglich die Logarithmen, s. Mirifici logarithmorum canonis descriptio. (Edinburg 1614.)

kann man auch der Welle relativ gegen die Walzen eine langsamere Umdrehung ertheilen, so dass für die nöthigen 9, 8, ... 1 Umdrehungen der Walzen ein mit der Welle verbundener Zeiger nur um 9, 8, ... 1 Theilstrische zu bewegen ist, was von Thomas wohl der Häufung der Widerstände wegen unterlassen wurde, von Leibnitz aber geschehen war. Beschreibung und Abbildung der Thomasischen Maschine ist zu finden in: Die Thomas'sche Rechenmaschine. Für Mathematiker, Astronomen, Ingenieure, Finanzbeamte, Versicherungs-Gesellschaften und Zahlenrechner überhaupt. Von F. Reuleaux. (Separatabdruck aus dem Civilingenieur Bd. VIII) Freiberg, Engelhardt 1862. Es wurden, in Vergleich mit dem Bedürfniss ein klägliches Resultat, in den Jahren 1821 bis 1865 fünfhundert, 1865 bis 1878 tausend Maschinen verkauft (nach Dinglers Polytechnisches Journal für 1879). Diese Maschine war zu allgemeiner Verbreitung viel zu theuer und in der späteren Zeit auch weniger sorgfältig gearbeitet. Seit Erlöschung der ursprünglichen Patente wurden mit geringfügigen, zum Theil patentirten Veränderungen auch in Deutschland solche Maschinen hergestellt mit besserer Arbeit, aber auch noch höheren Preisen.

Der zweite oben gerügte Missstand, der Mangel automatischer Copirung, ist beseitigt bei den sogenannten Differenzmachinen, welche zu dem Zweck construirt wurden, die Resultate nicht nur irgendwie auf Papier, sondern in einer plastischen, zu Stereotypirung geeigneten Form herzustellen. Dieselben dienen aber nicht zur Ausführung beliebiger Rechnungen, sondern nur zu den Addirungen, welche nöthig sind, um bei Herstellung tabellarischer Werke, z. B. Logarithmentafeln, aus den innerhalb gewisser Intervalle als constant anzusehenden Gliedern höherer Differenzenreihen, z. B. der vierten, und den Anfangswerthen der niedrigeren und der Funktion selbst, die aufeinander folgenden Werthe dieser Funktion herzustellen. S. Specimens of tables, calculated, stereomoulded and printed by machinery, London, Longman, Brown &c. 1857 von den Verfertigern, den Schweden Scheutz, Vater und Sohn, mit Abbildung, die jedoch die Einzelconstructionen nicht erkennen lässt. Hatte schon Leibnitz ausser über die Mühe, auch über die Kosten für Herstellung seiner Maschine geklagt, z. B. in dem obenerwähnten Brief, sie hatte ihm 11000 Thaler gekostet und es fehlte nach lebenslanger Bemühung zu ihrer Brauchbarkeit doch noch so viel, dass die Kosten zu ihrer Vollendung nicht aufgebracht werden konnten, so erging es dem ersten

Erfinder der Differenzmaschine, Charles Babbage, noch schlimmer. Er selbst sagt (The exposition of 1851 or views of the industry, the science, and the government, of England, London: J. Murray, 1851 S. 169 und 177), er habe der Maschine wegen Anstellungen ausgeschlagen, deren eine gegen 2500 Pfund getragen hätte, und die Regierung habe nicht für ihn, sondern anderweitig 17000 Pfund für die Maschine ausgegeben gehabt, als sie auf die Vollendung verzichtete, anstatt wie die Royal Society begutachtet hatte (The Edinburgh Review July 1834, Anonymes Referat über 7 bezügliche Schriften; der Referent ist Dr. Lardner nach English life table. Tables of lifetimes, annuities and premiums, with an introduction by William Farr. London. Printed for her Majestys stationary office, sold by Longman &c. 1864 p. CXLI), weitere 34000 Pfund zu bewilligen. Nachdem er bei Vollendung der Zeichnungen für eine zweite „analytische" Maschine für Experimente und Untersuchungen noch über 20000 Pfund ausgegeben, habe er auf wirkliche Construction derselben verzichtet in Ermangelung der erwarteten Beihilfe. Die erwähnte Scheutzische Maschine kam an das Dudley observatory in Albany, Nordamerika, wo sie nach E. Weiss (Ueber den Zustand der practischen Astronomie in Amerika, Vierteljahresschrift der astronomischen Gesellschaft, Bd. VIII) von einem Windmotor betrieben wird. So lange die vierten Differenzen ungeändert gelassen werden können, genügt natürlich das einfache Drehen eines Rades. Ein zweites Exemplar derselben, von der englischen Regierung statt der Maschine von Babbage bei Donkin bestellt, berechnete die 605 Grossquartseiten der erwähnten Tables, welche das Fundament für die mit den englischen Postsparkassen verbundenen Leibrenten gaben. Nach Meidinger (Dinglers Polytechnisches Journal Bd. 156 aus 1860 S. 335) offerirt die Firma weitere Maschinen bei gleichzeitigem Zusammentreffen mehrerer Bestellungen je um 2000 Pfund Sterling. Ich habe jedoch nicht gehört, dass noch eine bestellt worden sei. Sie besteht (Tables &c. p. CXL aus ungefähr 4320 Stücken, wovon 2054 Schrauben sind, 364 Kettenglieder, ihr Gewicht ist gegen 10 englische Centner. „Sie ist (p. CXLII) ein zartes Instrument und erfordert beträchtliches Geschick in der Behandlung. Sie besteht aus einer Menge von Stücken und einige von diesen kommen bisweilen in Unordnung, so dass sie Fehler druckt, welche jedoch durch ein geeignetes System von Proben fast immer entdeckt und verbessert werden können. Sie nähert sich der Unfehlbarkeit in einigen Beziehungen, aber sie ist nicht unfehlbar ausser in sehr geschickten Händen."

Eine weitere Maschine der Art wurde von einem Schweden Wiberg construirt, beschrieben in: Comptes rendues de l'Acad. d. sc. LVI, 1863 (I).

II.

Gleichmässigkeit der Widerstände. Zehnerübertragung durch ein Element von doppelter Bewegung.

Alle diese Rechenmaschinen und die vielen anderen seit zwei Jahrhunderten vorgeschlagenen oder ausgeführten leiden an der Ungleichmässigkeit der Widerstände. Man strebte dieselbe zu mildern, aber man konnte sie nicht beseitigen, so lange man nicht das im Wesentlichen immer gleich gebliebene Princip der Bildung der Theilproducte sowohl als der Zehnerübertragung zu verlassen durch Erfindung neuer Principien in Stand gesetzt war. Durch den Wechsel und die zeitweise Häufung der Widerstände war feiner Bau und rascher Gang der Maschine ausgeschlossen.

Bezüglich der Zehnerübertragung zunächst hätte schon das Beispiel der Uhren und anderer Zählwerke, denen die einfachen Additionsmaschinen sehr nahe kommen, darauf aufmerksam machen können, dass, wie sich der Stundenzeiger gleichmässig von einem Stundenstrich zum nächsten bewegt, während der Minutenzeiger 60 Minuten durchläuft, so das links folgende von zwei Zifferrädern sich gleichmässig um eine Einheit fortdrehen kann, während das rechts vorausgehende sich um 10 Einheiten dreht. In Fig. I sollen die 15 Räder A_1, A_2, ... A_{15} die 15 Ziffern einer 15ziffrigen Zahl angeben mittels des als Index dienenden Drahtes oder Fadens DD, welcher, der gemeinsamen Achse BB dieser Räder parallel laufend, an ihnen anliegt. Der Faden steht aber nicht bei den Theilstrichen der Räder selbst, ausser von rechts beginnend, so lange dies der Nullstrich ist, wie bei A_1 und A_2 in Fig. I und bei dem ersten auf diese Räder folgenden Rad, in Fig. I noch bei A_3. Da der Faden bei A_3 auf 3 steht, so steht er bei A_4 um 0,3 weiter als ein Theilstrich, nämlich auf 3,3, bei A_5 steht er dann um 0,33 weiter als ein Theilstrich, nämlich auf 5,33, bei A_6 auf 7,533, bei A_7 auf 7,7533, bei A_8 auf 0,77533 u. s. w. Es ist nicht nöthig, Zwischentheilungen aufzutragen oder abzuschätzen. Zur Ablesung genügt, dass man als einzelne Ziffern diejenigen nimmt, deren zugehörige Theilstriche dem Indexfaden zunächst vorausgehen, oder, was bei einem oder mehr Rädern von rechts her möglich ist, unter ihm liegen. Die durch die 15 Räder A_1 bis A_{15} in Fig. I dargestellte Zahl ist hiernach 001046207753300. Aus der ursprünglichen Stellung, bei welcher alle Räder auf 0 stehen, hätte sich diese Stellung herbeiführen lassen durch Bewegung des Rades A_1 um 1046207753300 Einheiten, indem die Vorrichtung getroffen ist, dass sich mit jeder Drehung von A_1 eine $^1/_{10}$ derselben betragende Drehung von A_2 verbindet, mit dieser eine $^1/_{10}$ von dieser betragende Drehung von A_3 u. s. w. Solche Mechanismen sind bei blossen Zählwerken ausgeführt. Es lässt sich auch einrichten, dass, während das Rad A_1 ruht, das Rad A_2 sich dreht und bewirkt, dass A_3 eine $^1/_{10}$ der Drehung von A_2, A_4 eine $^1/_{10}$ der Drehung von A_3 u. s. w. betragende Drehung erleidet. Dann genügt zur Herbeiführung der Stellung in Fig. I eine Bewegung von A_2 um 104620775330 Einheiten. In derselben Weise kann es eingerichtet werden, dass die Stellung in Fig. I dadurch herbeigeführt wird, dass A_1 um 0, A_2 um 0, A_3 um 3, A_4 um 3, A_5 um 5, A_6 um 7 u. s. w. Einheiten bewegt wird. Es giebt bereits Additionsmaschinen, in welchen diese Einrichtung getroffen ist. Die genannten Bewegungen müssen dabei nacheinander ausgeführt werden. Dasselbe leistete schon die erwähnte Pascal'sche Maschine, nur mit dem Unterschied, dass bei ihr z. B. A_2 ruhig blieb, während A_1 sich von 0 bis 1, von 1 bis 2 .... von 8 bis 9 bewegte, und um 1 fortrückte, während sich A_1 von 9 auf 0 bewegte. Dass diese Bewegungen alle gleichzeitig von statten gingen, war bis jetzt noch bei keiner Maschine erreicht worden. Allerdings war nach geeigneter Einstellung bei Leibnitz nur die Drehung des Triebrades um einen Theilstrich und bei Thomas (S. die Abbildung bei Reuleaux a. a. O.) nur eine Umdrehung der Handkurbel nöthig, nach deren Vollendung dann auch alle diese Bewegungen vollendet waren, aber die Bewegungen waren deshalb doch nicht gleichzeitig, die einen fanden während eines Theils, die anderen während eines anderen Theils der Handbewegung statt, während eines Theils liefen auch einzelne Räder, selbst die ganze Maschine leer, d. h. ohne Widerstand, während eines anderen Theils häuften sich die Widerstände bis zu völliger Stockung. Als ich in den ersten Stadien der von dem deutschen Patentamt mir auferlegten Herstellung eines Modells dem Herrn Direktor der Glashütter Uhrmacherschule, L. Strasser, welcher selbst in seinem früheren Geschäft Rechenmaschinen nach Thomasischem System gebaut hatte, auf die Frage, wie es sich beim Uebergang von 9999999 zu 10000000 bei mir verhalte, erwidern konnte, dass dabei durchaus nichts anderes vorgehe als beim Uebergang von 10000000 zu 10000001, hatte ich sofort freudige Anerkennung gefunden.

Von den zahlreichen durch meine Patentansprüche geschützten in der Einfügung eines kinematischen Elementes, Maschinentheiles, von doppelter Bewegung beruhenden Einrichtungen zur Zehnerübertragung möge zunächst die den Figuren I, II, III zu Grunde liegende besprochen werden. Von dem Rade F'_2 mit der Achse E'_2 in Fig. II und III, welches auch fehlen kann, und nur des Gleichgewichts und der Vermeidung eines Excentricitätsfehlers wegen beigefügt ist, bitte ich zunächst ganz abzusehen. Während Fig. I die Ansicht der ganzen Maschine von oben ist, ohne die Grundplatte und die festen Träger, ist Fig. II ein horizontaler Schnitt längs der gemeinsamen Axe BB aller Räder A für A_1, A_2 und die zwischenliegenden Theile, welche in einer beliebigen der unendlich vielen nach einander stattfindenden Lagen angenommen sind, nämlich der, bei welcher die Achse E_2 des Rades F_2 in gleicher Höhe mit BB liegt, und, was hiermit nicht nothwendig verbunden ist, das gleiche für die Axe E_1 gilt. Fig. III ist dann ein Vertikalschnitt längs der Linie CC von Fig. II. An jedem der Räder A, ausser A_{15}, ist links ein coaxialer kleiner Cylinder G befestigt, nämlich an A_1 der G_2, an A_2 der G_3 u. s. w. Derselbe besteht an der sich an A anschliessenden Seite aus einem glatten Theil, an der linken freien Seite aus einem verzahnten Theil, einem stählernen Trieb. Bei der Ausführung läuft natürlich der Stahlcylinder durch die ganze Breite durch und ist auf ihm das Rad A, welches aus anderen Metallen bestehen kann, befestigt. Die Verzahnungen sind in diesen Figuren nicht ausgeführt, die Zahnzahl kann ohnehin beliebig vergrössert werden. Wird die Zahnzahl unendlich gross, so geht das Zahnrad in Frictionsrad über, welchem Falle die Zeichnung entspricht. Der glatte Theil des Cylinders G_2 dient als Achse für ein Rad H_2, der von G_3 für ein Rad H_3 u. s. w., der eines analogen jedoch mit der festen Achse BB fest verbundenen Cylinders G_1 für ein Rad H_1. Die Räder H sind aussen verzahnt und nehmen in später zu besprechender Weise von aussen Drehungen auf, welche den in die einzelnen Stellen von Summe, Differenz, Product, Productensumme, Rest eingehenden einziffrigen oder zweiziffrigen Werthen proportional sind. Diese Bewegungen übertragen sich auf die entsprechenden Zifferräder A mittels der Räder F, deren einseitige Achsen E in Löchern dieser Räder A drehbar sind, wie es Fig. II darstellt. In Wirklichkeit befestige ich E an A und lasse F sich auf E drehen. Wenn A_1 und deshalb G_2 ruht, so kann F_2 nur auf G_2 rollen, und wird dies thun, wenn das Rad H_2 sich dreht, indem dieses mittels einer an ihm ebenfalls angebrachten Hohlverzahnung ebenfalls in F_2 eingreift. Die in den Zeichnungen ersichtlichen Radien des Triebes G_2, des Rades F_2 und der Innenverzahnung von H_2, was man bei Zahnrädern die primitiven Radien nennt, verhalten sich zu einander wie 1 : 4 : 9 und zu dem Radius des Kreises, welchen bei dem genannten Rollen des Rades F_2 jeder Punkt seiner geometrischen Axe E_2 beschreibt, wie 1 : 4 : 9 : 5. Da sich nun, wenn F_2 auf G_2 rollt, der jeweilige Eingriffspunkt von F_2 in H_2 doppelt so schnell bewegt als die Axe E_2, aber auf einem Kreis, dessen Radius $^9/_5$ dessen ist, auf dem sich E_2 bewegt, so verhält sich die Drehung von H_2 zu der durch sie veranlassten Drehung von A_2 wie $2 \cdot {}^5/_9$ zu 1, die Drehung von A_2 ist $^9/_{10}$ der Drehung von H_2. Wenn dagegen H_2 ruht und A_1, also G_2 sich dreht, so bewegt sich der jeweilige Eingriffspunkt von F_2 in G_2 doppelt so schnell als die Axe E_2 und auf einem Kreis, dessen Radius $^1/_5$ dessen ist, auf dem sich E_2 bewegt, es verhält sich also dann die Drehung von G_2 zu der durch sie veranlassten Drehung von A_2 wie 2 mal 5 zu 1, die Drehung von A_2 ist $^1/_{10}$ der Drehung von A_1 und hierin besteht die gesuchte Lösung des Problems einer stetigen Zehnerübertragung. Finden nämlich die beiden geschilderten Bewegungen gleichzeitig statt, so ist die Endlage dieselbe, als wenn sie nacheinander stattfänden.

Bei Entwerfung der Fig. I war angenommen worden, dass in die vorher sämmtlich auf Null gestellten Räder A ein Product eingeführt würde, dessen Multiplicand 52310387665, dessen Multiplicator 2 ist, wobei die Einer des Products durch A_2, die Zehner durch A_3 u. s. w. angegeben werden sollten. Hiernach war das Rad A_2 um 2 . 5 Theilstriche zu drehen, also, da der Umfang aus einem anderweitigen noch zu besprechenden Grunde 40 gleich weit von einander entfernte Theilstriche, die mit 0, 1, 2, ... 9, 0, 1, ... 9, 0, 1, ... 9, 0, 1, ... 9 bezeichnet sind, enthält, trat an Stelle der Null wieder null. Diese Drehung von A_2 um 10 Theilstriche bewirkte aber eine Drehung von A_3 um einen Theilstrich. Die $^1/_4$ Umdrehung von A_2 war bewirkt worden in noch zu besprechender Weise durch $^1/_4 . ^{10}/_9$ Umdrehung des Rades H_2 während das Rad G_2 stille stand, indem G_1 immer stille steht, H_1 festgehalten wurde, also auch A_1 stille stand. Das Rad A_3 war um 2.6 Theile zu drehen also um $^{12}/_{40}$ Umlauf durch $^{12}/_{40} . ^{10}/_9$ Umlauf von H_3, dazu kam die Drehung um einen Theil durch die Drehung von G_3, das Rad A_3 ging also um 13 Theile weiter und steht deshalb auf 3. Diese Drehung von A_3 um 13 Theile bewirkt eine Drehung von A_4 um 1,3 Theile, ferner ist A_4 noch um 2.6 Theile oder $^{12}/_{40}$ Umlauf zu drehen durch $^{12}/_{36}$ Umlauf von H_4, geht also im Ganzen um 13,3 Theile fort und zeigt auf 3,3 u. s. w. Man sieht, dass hier die Verhältnisse zwischen den Geschwindigkeiten aller Theile durchaus constant bleiben, sobald die gleichzeitigen von aussen bewirkten Bewegungen der Räder H dieselbe Bedingung erfüllen, was sich unten in der That ergeben wird. Die Räder H_{13}, H_{14}, H_{15}, welche bei der gemachten Annahme nicht bewegt wurden, müssen gleichzeitig festgehalten werden.

Zu einer blossen Additions- und Subtractionsmaschine würden die bisher beschriebenen Theile schon ausreichen mit den Zähnen $o_1, o_2, \ldots o_{15}$ (Fig. I), welche bei der tiefsten möglichen Lage der Querstange qq, in welcher sie stecken, je in eins der Räder H_1, $H_2, \ldots H_{15}$ eingreifen und dasselbe feststellen. Man kann abwechselnd je einen dieser Zähne, die sich in qq verschieben lassen, lüpfen und das betreffende Rad H, etwa durch ein kleines mit der Hand geführtes Zahnstängchen, je um die vorgeschriebene Anzahl von $^1/_{36}$ Umläufen in der einen oder anderen Richtung bewegen, je nachdem Addition oder Subtraction stattfinden soll. Dasselbe lässt sich mit Anlegung eines Fingers an das betreffende Rad A auch unmittelbar bewirken. Natürlich ergeben die Räder A die Summe zweier Zahlen, wenn die eine schon eingetragen ist, und dann diejenigen eben beschriebenen Bewegungen ausgeführt werden, die nöthig wären um die zweite einzutragen, wenn die Räder alle auf Null ständen.

III.

Von einer zweiten bei der Maschine nicht nothwendigen aber bei ihr und bei anderen Gelegenheiten nützlichen Darstellungsweise der Zahlen.

Die Theilproducte, welche bei Bildung und Addition eines Productes nach Vorstehendem in die einzelnen Räder H einzuführen sind, nämlich die Producte aus je einer Ziffer des Multiplicanden und einer Ziffer des Multiplicators, können bei der jetzt üblichen Darstellungsweise der Zahlen bis auf 9 . 9, also 81, steigen. Wenn man aber eine Darstellungsweise der Zahlen systematisch benutzen würde, welche im Sanscrit, im Griechischen und Lateinischen üblich war, und nach welcher, wie auch in der Schreibweise von z. B. IX für 9, sogar IIIIX für 6 [1]) statt der Ziffern 9 und 8 Rückzählungen von 10 gebraucht wurden, wonach z. B. für 59 ekonaschaschta (nach Cantor, Vorlesungen S. 10), ἑνὸς δέοντες ἑξήκοντα, undesexaginta gesagt wurde, so könnte man die Ziffern 9, 8, 7 und 6 ganz entbehren und mit Null und den Ziffern 1 bis 5 mit positiven und negativen Vorzeichen ausreichen. Das grösste Theilproduct, welches dann vorkommen könnte, wäre $\pm$ 5 . 5 oder $\pm$ 25 statt 81. Bei allgemeinem Gebrauch würden die Kinder nur das Einmaleins bis 5 . 5, also nur 2 . 2, 2 . 3, 2 . 4, 2 . 5, 3 . 3, 3 . 4, 3 . 5, 4 . 4, 4 . 5, 5 . 5 zu lernen haben, die sich sehr leicht einprägen. Selbst die Fünf käme dabei nur halb so oft vor als die Ziffern 1, 2, 3, 4. Ich schreibe, wie es in englischen Logarithmenwerken lange üblich ist, $\bar{1}$, $\bar{2}$, $\bar{3}$, $\bar{4}$, $\bar{5}$ für —1, —2, —3, —4, —5 oder noch besser unter Umkehrung der Ziffern $\rotatebox{180}{1}$, $\rotatebox{180}{2}$, $\rotatebox{180}{3}$, $\rotatebox{180}{4}$, $\rotatebox{180}{5}$. Würde auf den Zifferrädern A in Fig. I anstatt 9, 8, 7, 6 geschrieben sein $\rotatebox{180}{1}$, $\rotatebox{180}{2}$, $\rotatebox{180}{3}$, $\rotatebox{180}{4}$, so liesse sich die dort durch die Stellung der Räder gegen den Faden DD ausgedrückte Zahl auch dadurch darstellen, dass man in jede Stelle nicht die Ziffer des zunächst vor DD vorausgehenden Theilstriches, sondern die des absolut nächsten setzte. Je nachdem hierbei der vorausgehende oder der folgende Theilstrich genommen wird, wird die nächste von Null verschiedene rechts folgende Ziffer positiv oder

[1]) S. Alex. von Humboldt, Crelle's Journal für Mathematik IV, S. 211.

negativ. Ich erlaube mir auch ⇂, ᄅ, Ɛ, ㄣ, ϛ Ziffern zu nennen. Die in Fig. I dargestellte Zahl würde dann als 105ㄣ21ᄅᄅϛ3300 geschrieben, was offenbar gleichwertig ist mit 1046207753300, aber den grossen Vortheil gewährt, dass man von links nach rechts fortschreitend mit jeder Ziffer dem wahren Werthe so nahe kommt als möglich, was bei ganzen Zahlen so wichtig ist als bekanntermassen bei Decimalbrüchen. Will man den Decimalbruch 1,046207753300 abkürzen, so muss man, wenn nur noch die zweite oder nur noch die 5te, 6te, 7te Decimalstelle angegeben werden soll, die letztanzuschreibende Ziffer um 1 erhöhen, beim Decimalbruch 1,05ㄣ21ᄅᄅϛ33 aber kann man ohne sonstige Aenderung abbrechen wo man will.

Es entstände noch das Bedürfniss, für diese einfachen Begriffe ⇂, ᄅ, Ɛ, ㄣ, ϛ auch einfache Worte einzuführen. Ich dachte daran, mit dem Bewusstsein damit das Entsetzen jedes Sprachforschers hervorzurufen, entsprechend den Ziffern auch die Worte eins, zwei, . . . umzukehren und etwa zu sagen: snie (oder schnie), jes, jerd, reff, niff. Ich glaube jedoch, dass sich der Genius der Sprache solcher Willkür nicht unterwirft und beschränke mich darauf, den Begriff minus durch eine Vorsilbe auszudrücken, welche in den mir bekannten lebenden Sprachen gleiche Bedeutung hat, während sich jene Umkehrung bei ihnen nicht anwenden liesse. Die Vorsilbe miss (mis, miss, französisch més) soll nicht nur begriffsverwandt, sondern auch stammverwandt mit minus sein und hat im Deutschen, Englischen, Italienischen und Französischen und anderen Sprachen dieselbe Bedeutung des Entgegengesetzten, das dem beabsichtigten oder erwarteten Guten entgegengesetzten Schlechten, z. B. Missbrauchen, misuse, misusare, mésuser; Missgeschick, misfortune, misavvenimento, mésaventure etc. Das s kann des Wohllauts wegen auch wegfallen, wie häufig im Französischen, z. B. in méprendre, méconduire, mécontent, méconnaitre etc. Ich gebrauche hiernach die Worte missein, mizwei, midrei, mivier, mifünf, auch mizehn, mizwanzig, midreissig, mivierzig, mifünfzig. Die so sehr unbequeme und gefährliche Sitte, bei den Worten die Reihenfolge der Einer und Zehner zu vertauschen, also 121 nicht auszusprechen als ein hundert zwanzig ein oder ein hundert zwanzig und ein, sondern als ein hundert ein und zwanzig, sollte man ohnehin bei mehr als zwei-ziffrigen Zahlen durchaus vermeiden. Statt 478 würde ich schreiben 5ᄅᄅ und sagen fünf hundert mizwanzig mizwei, bei grösseren Zahlen kann man auch, wie bei Decimalbrüchen allgemein üblich ist, einfach die Zifferwerthe nach einander aussprechen, wenn nur in irgend einer Weise die Stellung des Einerzeichens kenntlich gemacht ist. Die obige Zahl 105ƫ21ƺƺç33 könnte man aussprechen: zehn tausend fünf (hundert) mivier(zig) zwei Millionen ein (hundert) mizwanzig (oder mizwei) mizwei tausend mifünf (hundert) drei(ssig) drei. Das Eingeklammerte könnte auch wegbleiben; statt zehn müsste man dann sagen ein null. Bei geeigneter Betonung je der dritten, besonders der sechsten Ziffer, kann man aber auch einfach sagen: eins null fünf mivier zwei | eins mizwei mizwei mifünf drei drei wie im $^6/_8$ Tact, wobei z. B. mivier durch zwei Sechzehntel ausgedrückt würde, wie auch mizwei und mifünf. Der Tact müsste immer mit dem Einerzeichen schliessen. Zwischen zwei und eins habe ich deshalb einen Tactstrich eingefügt. Die eigentlich vorzusetzende Achtel-Pause kann man auch weglassen.

Mit Rücksicht auf das Deutsche allein würde entschieden: abein, abzwei etc., abzehn, abzwanzig etc. dem Sinn und Klang nach besser sein. Es wird mir gesagt, dass das lateinische ab als Vorsilbe vielleicht auch in anderen Sprachen zulässig sei.

Von den zwei Ziffern 5 und ç liesse sich eine ersparen, es ist jedoch besser beide, sohin im Ganzen 11 Ziffern zu benützen. Dann kann man jede Stelle so besetzen, dass der Inbegriff des durch die rechts folgenden Ziffern Gegebenen die Hälfte der Einheit dieser Stelle nicht überschreitet. Wo auf diesen Umstand nichts ankommt, kann man recht wohl 351 schreiben; wo es aber darauf ankommt, muss man statt 351 setzen 4ç1, weil die Zahl näher an 400 als an 300 liegt. Soll auch dann die Schreibweise eine völlig vorgeschriebene sein, wenn die nicht nur als Abkürzung für einen weiter fortgesetzten Decimalbruch dienende Zahl, abgesehen von noch folgenden Nullen, mit 5 oder ç schliessen würde, so kann man die Regel befolgen, dass dann die zwei letzten von Null verschiedenen Ziffern dasselbe Vorzeichen haben sollen. Man wird dann 15, nicht 2ç, schreiben, und 3ıç, nicht 3ƺ5. Es ist jedoch diese Unterscheidung nicht nothwendig und können auch je die zwei Ausdrücke gebraucht werden. Es ist nicht ausgeschlossen, untermischt mit dieser Schreibweise doch auch gelegentlich 6, 7, 8, 9 zu gebrauchen, besonders links am Anfang einer Zahl, wo dadurch eine Vermehrung der Stellen vermieden wird. So wird man unter Umständen lieber 62 als 1ƫ2 sagen, während keine genügende Veranlassung wäre, 162 statt 2ƫ2 zu setzen.

Die Regel, um eine Zahl aus der gewöhnlichen Form in die neue Form zu bringen, ist die: Man ersetze 9, 8, 7, 6, durch bezüglich

$\rotatebox{180}{1}$, $\rotatebox{180}{2}$, $\rotatebox{180}{3}$, $\rotatebox{180}{4}$, auch 5, wenn es nicht die rechts letzte von 0 verschiedene Ziffer ist, durch $\rotatebox{180}{5}$, und vermehre die linke Nachbarziffer jeder so verwandelten Ziffer um 1. Und um eine Zahl aus der neuen Form in die gewöhnliche zu bringen: Man vermindere jede Ziffer, deren nächste von 0 verschiedene rechts folgende Ziffer negativ ist, um 1, wobei sich solche zwischenliegende Nullen in $\rotatebox{180}{1}$ verwandeln, und verwandele dann $\rotatebox{180}{1}$, $\rotatebox{180}{2}$, $\rotatebox{180}{3}$, $\rotatebox{180}{4}$, $\rotatebox{180}{5}$ in bezüglich 9, 8, 7, 6, 5.

IV.

Die Herstellung der Theilproducte durch eine Nürnberger Scheere.

Sowohl der Einfachheit wegen als wegen der Gleichmässigkeit der Bewegungen und der Widerstände benutze ich zur Bildung der Theilproducte eine Nürnberger Scheere, dem Princip nach nicht verschieden von dem von Pater Scheiner in Dillingen im Jahre 1603 erfundenen Pantograph oder Storchschnabel.[1]) Dieselbe bestände in der einfachsten hier nöthigen Form nach der schematischen Darstellung in Fig. VII a und VII b aus 10 Paaren sich kreuzender Stäbe, welche sowohl an den in einer geraden Linie liegenden mit 0, 1, 2, ... 9 bezeichneten Kreuzungspunkten, als, wo sie sich sonst noch kreuzen, durchbohrt und durch je einen runden Stift aneinander gegliedert

[1]) Christophori Scheiner e societate Jesu Germano Suevi Pantographice seu ars delineandi res quaslibet per parallelogrammum lineare seu cavum, mechanicum, mobile. Romae MDCXXXI. Als Beispiel aus der vorpatentgesetzlichen Geschichte der Erfindungen mag hier die Uebersetzung einiger Stellen Scheiners folgen: Im Jahre 1603 in Dillingen an der hochberühmten Academie der schwäbischen Nation als Ordinarius die höhere Literatur, als Extraordinarius aber die Mathematik vertretend, hatte ich viel Umgang mit einem ausgezeichneten Maler, Georg, welcher contract und des Gebrauchs der Füsse beraubt war, von welchem ich einige Geheimnisse der Künste und der Natur lernte, während ich auch von dem Meinigen dagegen manches mittheilte. Als er aber sagte, ihm sei ein wunderbares Mittel bekannt, alle Dinge zu zeichnen . . . . . Er antwortete, er schätze jene Kunst so hoch, dass er glaube, es gebe keine, welche sie aufwiegen könne, und könne auch durchaus keine solche ausgedacht

sind. Wird der Kreuzungspunkt 0 festgehalten und der Kreuzungspunkt 1 längs der geraden Linie 01 um den Weg *w* verschoben, so beschreiben die Punkte 2, 3, . . . 9 Wege 2 *w*, 3 *w*, . . . 9 *w*. Ist also n eine Multiplicandenziffer und w eine Multiplicatorziffer, so wird das Product n . w durch den Weg dargestellt, welchen der Kreuzungspunkt n zurücklegt, wenn der Punkt 1 den Weg w zurücklegt. Für w müssten dabei ausser 0 noch 9 verschiedene Werthe zugelassen werden, die sich zu einander verhielten wie 1 : 2 : 3 : . . . : 9. Will man in der oben erklärten Weise als Multiplicatorziffern ausser 0 nur 1, 2, 3, 4, 5 nebst $\rotatebox{180}{1}$, $\rotatebox{180}{2}$, $\rotatebox{180}{3}$, $\rotatebox{180}{4}$, $\rotatebox{180}{5}$ zulassen, so braucht man nur 5 Werthe von w, die sich zu einander verhalten wie 1 : 2 : 3 : 4 : 5, und muss den zweierlei Vorzeichen entsprechend dafür sorgen, dass die Bewegung entweder beim Hingang, etwa bei der Verwandlung der Lage der Fig. VIIa in die der Fig. VIIb auf die Maschine übertragen wird, oder beim Hergang, etwa der Verwandlung der Lage der Fig. VIIb in die der Fig. VIIa. Sollen auch als Multiplicandenziffern die $\rotatebox{180}{5}$, $\rotatebox{180}{4}$, $\rotatebox{180}{3}$, $\rotatebox{180}{2}$, $\rotatebox{180}{1}$, 0, 1, 2, 3, 4, 5 dienen, so sind 11 Paare von Stäben anstatt der 10 in Fig. VIIa und VIIb nöthig und treten anstatt der 10 Kreuzungspunkte 0, 1, . . . 9 eilf Kreuzungspunkte auf, die entsprechend mit $\rotatebox{180}{5}$, $\rotatebox{180}{4}$, $\rotatebox{180}{3}$, $\rotatebox{180}{2}$, $\rotatebox{180}{1}$, 0, 1, 2, 3, 4, 5 zu bezeichnen wären. Der mittelste, 0, wäre festzuhalten. Die von den übrigen gemachten Wege würden dann auch mit Rücksicht auf die Vorzeichen den Ziffern $\rotatebox{180}{5}$, $\rotatebox{180}{4}$, $\rotatebox{180}{3}$, $\rotatebox{180}{2}$, $\rotatebox{180}{1}$; 1, 2, 3, 4, 5 proportional sein. In der Absicht, die Bewegungen recht genau und sicher und den Apparat recht dauerhaft zu machen, mache ich die Stäbe länger, so dass mehr

---

werden, denn jene sei keine menschliche, sondern eine göttliche Erfindung, die zu erachten sei als nicht durch menschliches Studium, sondern durch einen göttlichen Genius dem Erdkreis überbracht und den Sterblichen geoffenbart, er denke also nicht daran, ein solches Geheimniss gegen irgend welche andere jemals zu vertauschen . . . . . Ich änderte den Styl: ich vertraue, dass ich die Sache mit Hilfe des gütigen Gottes finden werde, und ich würde sie dann, wie er auch grollen möge, nach Belieben seiner Zeit Anderen mittheilen. Er lachte über meine Drohungen und sagte, zu dieser Erfindung reichten selbst nicht die Kräfte des Teufels hin. Es war dies am Anfang des Jahres 1603 . . . Die Erschütterung meines Geistes war so heftig, dass es mir noch jetzt nach 27 Jahren meines Lebens wie gestern erscheint. Bald also, wie ich aufstand, und nachdem ich Gott und dem Schutzengel Dank dargebracht, sprach ich erfüllt von Freude im Geiste für mich ebenfalls jenes εὕρηκα, εὕρηκα (ich habe es gefunden).

Gliederungspunkte auftreten. Zwei Scheeren von dieser Art sind in Fig. I zu sehen unterhalb eines Systems von Längs- und eines von Querstäben, eine andere in Fig. VIII. Die den Punkten 0, 1, 2 etc. der Figuren VIIa und VIIb entsprechenden Hauptgliederungspunkte sind in der rechten Scheere (Fig. I) mit $M_{\bar{5}}$, $M_{\bar{4}}$, ... M_0, ... M_3 bezeichnet, wozu noch zwei M_4 und M_5 gehören, die in Fig. I verdeckt sind, die entsprechenden Hauptgliederungspunkte der linken Scheere sind mit $N_{\bar{5}}$, $N_{\bar{4}}$, ... N_0, ... N_3 bezeichnet, wozu noch zwei verdeckte N_4 und N_5 gehören. Die Stifte an den Punkten M_0 und N_0 sind unten an der Platte P_1 P_2 ... P_6 befestigt, überdies ist die Unbeweglichkeit ihrer oberen Enden dadurch versichert, dass sie an Stäben X_1 M_0 X'_1 und N_0 X_2 X'_2 befestigt sind, welche über den Scheeren sich hinziehend an ihren eigenen Enden mittels der Knöpfe oder Säulchen X_1, X'_1, X_2, X'_2 an derselben Platte P_1 P_2 ... P_6 befestigt sind. Die Gliederungspunkte M_0 und N_0 sind also relativ zu der Platte P_1 P_2 ... P_6 unbeweglich. Die Gliederungspunkte $M_{\bar{5}}$ und $N_{\bar{5}}$ sind mittels ihrer Stifte an dem Schieber Q_1 Q_2 Q_3 befestigt, der mannigfaltig geformt sein kann, in Fig. I aus den drei Gleitstücken Q_1, Q_2, Q_3 besteht, welche, durch drei Stäbchen in starre Verbindung mit einander gebracht, in den drei Rinnen R_1, R_2, R_3 gleiten, welche senkrecht zu der Linie M_0 N_0 liegen. Die zwei Scheeren haben durchaus gleiche Dimensionen und machen offenbar bei den möglichen Verschiebungen des Schiebers durchaus gleiche Bewegungen. Die Gleichheit und Gleichzeitigkeit der Bewegungen ist überdies versichert durch Querstäbe wie T_1 T_2 und T'_1 T'_2, welche die Stifte an je zwei einander entsprechenden Kreuzungspunkten in unveränderlicher Entfernung erhalten. Die unteren Enden der Stifte bei $M_{\bar{4}}$, $M_{\bar{3}}$, $M_{\bar{2}}$, $M_{\bar{1}}$, M_1, M_2, M_3, M_4, M_5 gleiten oder bewegen sich frei in der Rinne S_1 S'_1 und können mit Frictionsrädchen versehen sein. Nöthig ist ein solches nur bei dem äussersten in Fig. I nicht sichtbaren Stift M_5. Dasselbe gilt für die zweite Scheere bezüglich der Rinne S_2 S'_2. An dem Schieber Q_1 Q_2 Q_3 sind ein, oder, wie in Fig. I, zwei Ringe (V_1, V_2) angebracht, in welche wie bei einer gewöhnlichen Scheere etwa ein Daumen gesteckt werden kann, der dann die nöthigen Bewegungen herbeizuführen hat. An dem einen oder anderen der zwei Massstäbe U_1, U_2, längs welcher sich die in Fig. I bei 2 liegenden am Schieber befestigten Zeiger bewegen, kann die Grösse der Bewegungen regulirt werden. Der Bewegung der Zeiger von 0 auf 1, 2, 3, . . . entspricht die Multiplication mit 1, 2, 3 . . . Die Zeiger sind elastisch und schlagen in die als Theilstriche dienenden feinen Furchen bei 1, 2, 3, 4 ein, bei 0 und 5 ist feste Hemmung. So kann auch durch das Ohr oder selbst durch das Gefühl der führenden Hand allein die rechte Einstellung gefunden werden.

Die oberen Enden der Stifte bei $M_{\underline{5}}$ und $N_{\underline{5}}$ tragen einen Querstab $M_{\underline{5}}\ N_{\underline{5}}$, dessen sämmtliche Punkte offenbar die Bewegungen der Punkte $M_{\underline{5}}$, $N_{\underline{5}}$ mitmachen. Dasselbe gilt für einen Querstab $M_{\underline{4}}\ N_{\underline{4}}$, einen $M_{\underline{3}}\ N_{\underline{3}}$ u. s. w. bis $M_5\ N_5$. Den einzelnen Stellen eines Multiplicanden oder auch Summanden, Subtrahenden, Divisors entsprechen die wie diese Stellen von rechts nach links auf einander folgenden Zahnstangen $K_1\ K'_1$, $K_2\ K'_2$, ... $K_{12}\ K'_{12}$, welche in Fig. I nicht sichtbare Führungen haben, die ihnen relativ gegen die Platte $P_1\ P_2$ . . . P_6 nur Längsverschiebungen gestatten. Je nachdem die von rechts erste von 0 verschiedene Ziffer in dem Multiplicanden gleich $\underline{5}$, $\underline{4}$, $\underline{3}$, $\underline{2}$, $\underline{1}$, 0, 1, 2, 3, 4 oder 5 ist, wird die Zahnstange $K_1\ K'_1$ durch einen Nagel L_1 in feste Verbindung mit dem Querstab $M_{\underline{5}}\ N_{\underline{5}}$, $M_{\underline{4}}\ N_{\underline{4}}$, ... $M_4\ N_4$ oder $M_5\ N_5$ gebracht. Das entsprechende gilt für die nach links folgende Ziffer des Multiplicanden und die Zahnstange $K_2\ K'_2$ u. s. w. Diese Zahnstangen können mit den oben beschriebenen auch aussen verzahnten Rädern H in Eingriff gebracht werden und setzen dann ihre den Theilproducten proportionalen Längsverschiebungen in Drehungen dieser Räder um. Die Platte $P_1\ P_2$ . . . P_6 lässt sich um die zwei Achsen W_1, W_2, deren feste Lager nicht gezeichnet sind, etwas auf und nieder kippen, wodurch die Zahnstangen $K K'$, die ja theils direct, theils indirect auf ihr liegen, in und ausser Eingriff mit den Rädern H kommen. Ist nun die betreffende Multiplicatorziffer z. B. 2, so bringt man die Scheeren von 0 auf 2, während die Zahnstangen in Eingriff sind, d. h., nachdem die Scheeren so gestellt sind, dass die Zeiger an den Massstäben U_1, U_2 auf 0 deuten, bringt man die Zahnstangen in Eingriff, und bewegt dann den Schieber bis die Zeiger auf 2 deuten. Standen in diesem Fall vielleicht vorher die Scheeren auf 1, 2 oder 3, so war es nicht nöthig, sie erst auf 0 zu bringen. Statt von 0 auf 2, kann man ja auch von 1 auf 3, von 2 auf 4, von 3 auf 5 schieben. Dieselbe Bemerkung gilt auch für die übrigen noch zu besprechenden Fälle. Ist jedoch die betreffende Multiplicatorziffer minus 2, so bringt man die Scheeren von 2 auf 0, während die Zahnstangen in Eingriff sind, d. h., nachdem die Scheeren so gestellt sind, dass die Zeiger auf 2 deuten, bringt man die Zahnstangen in Eingriff und bewegt dann den Schieber bis die Zeiger auf 0 deuten. Es genüge diese Auseinandersetzung zur Hervorhebung des leitenden Gedankens. Wenn jedoch der zu benützende Multiplicator in der alten Form mit den Ziffern 6, 7, 8, 9 gegeben ist, was in absehbarer Zeit nicht aufhören wird, so soll man nicht genöthigt sein, die Zahl erst umzuschreiben oder umzudenken. Auf der Maschine selbst lasse ich deshalb auf dem Massstab U_1 die Endzahl 5 unangeschrieben, bei dem U_2 aber, welcher eigentlich gar nicht nöthig wäre, setze ich statt der ganzen Zahlen 0, 1, 2, 3, 4 die Zahlen 10, 9, 8, 7, 6 unter Belassung von 5 und unter Umkehrung der Numerirung der aufgetragenen Zehntel. Ich bringe neben U_1 einen mächtigen Pfeil an in der Richtung von 0 nach 4, neben U_2 einen in der Richtung von 5 nach 10. Alle Bewegungen mit Eingriff sollen dann bei Addition nur in der Richtung der betreffenden Pfeile stattfinden, nämlich entsprechend den Multiplicatorziffern 1, 2, 3, 4 so wie schon beschrieben, entsprechend den Multiplicatorziffern 5, 6, 7, 8, 9 so, dass man von bezüglich 5, 6, 7, 8, 9 bis zu 10 schiebt. Nur muss, so oft dies vorkommt, die links folgende Multiplicatorziffer um 1 erhöht werden, worauf die 10 hindeuten soll, und was auch noch kräftiger und deutlicher auf der Maschine selbst angedeutet werden kann.

Will sich Jemand auch an diese Vorschrift nicht gewöhnen, so genügt es für ihn nicht, dass die (in Fig. I abgebrochenen) Massstäbe U_1, U_2 bis 5 reichen, sie müssen dann bis 9 reichen, entsprechend müssen die Scheeren grösser gemacht werden, damit sie ein so weites Ausgreifen gestatten. Bezüglich der Multiplicandenziffern wäre die entsprechende Aenderung eine leichtere. Es wären dann sogar statt der elf Querstäbe $M_{\bar{5}} N_{\bar{5}}$ bis $M_5 N_5$ und Punktenpaare $M_{\bar{5}}$, $N_{\bar{5}}$ bis M_5, N_5 nur zehn nöthig, den Ziffern 0, 1, ... 9 entsprechend. Hier müsste dann der eine äusserste der zehn Querstäbe in Ruhe bleiben, wie schon bei Fig. VIIa und VIIb angedeutet, der andere äusserste müsste viel grössere Bewegungen machen als in Fig. I nöthig. Für Liebhaber liesse sich leicht die Maschine so construiren, dass sie zur Verwendung der Ziffern 0 bis 9 sowohl als der $\underline{9}$ bis 5, sowohl im Multiplicator als im Multiplicand, gebraucht werden kann. Die Massstäbe U_1, U_2, müssten dann bis 9 reichen, die Anzahl der Querstäbe und der Punkte M wie N müsste 15 sein; während für die in Fig. I angenommenen sich weiter nichts änderte, müssten durch Vermehrung der Scheerenstäbe noch entsprechende Kreuzungspunkte M_6, M_7, M_8, M_9 und N_6, N_7, N_8, N_9 hinzukommen. Es kann übrigens die in erster Linie vorgeschlagene Einrichtung ohne jede Anstrengung und Gefahr eines Fehlers vom schwächsten Gehilfen benützt werden bei folgender Massnahme. Die Stäbe $M_4 N_4$ bis $M_0 N_0$ werden in der Maschine selbst mit 4 bis 0 bezeichnet, die Stäbe $M_{\bar{1}} N_{\bar{1}}$ bis $M_{\bar{5}} N_{\bar{5}}$ aber mit 9 bis 5. Zur Einsetzung einer in gewöhnlicher Form gegebenen Zahl als Multiplicand hätte man dann einfach die einer Ziffer entsprechende Zahnstange mit der mit dieser Ziffer bezeichneten Querstange zu verbinden mit der einzigen Abänderung, dass, wenn auf diese Weise eine Zahnstange mit einer der fünf vorderen mit 9, 8, 7, 6, 5 bezeichneten Querstangen zu verbinden wäre, die links folgende Zahnstange anstatt mit der nach dieser Regel bestimmten Querstange mit der nach hinten folgenden Querstange zu verbinden ist. War eine ursprünglich gegebene Ziffer 5, so hatte man nach dieser Regel, da die bisher mit $M_5 N_5$ bezeichnete Querstange in der Maschine selbst gar keine Bezeichnung trägt, zunächst die vorderste Querstange zu wählen, welche ja auch allein mit 5 bezeichnet ist.

V.

Untergeordnete Einrichtungen.

Es ist nur um eine Verkleinerung der Maschine oder auch nur der Zeichnung zu erlangen in Fig. I angenommen, dass die Scheeren mit einigen Querstangen unter den Rädersystemen H, A weg reichen können. Man kann jedoch auch die horizontale Entfernung der Querstange $M_0 N_0$ von der Achse BB so gross annehmen, dass dies bei geeigneter Verlängerung der Zahnstangen KK' nicht mehr vorzukommen braucht. Dann kann man die jeweilige Verbindung je einer Zahnstange KK' mit je einer Querstange MN ganz nach Bequemlichkeit ausführen. Bei der Anordnung wie in Fig. I aber empfiehlt es sich, den Zahnstangen einen Querschnitt zu geben wie in Fig. IV. Sie bestehen dann aus einer verticalen oben gezahnten Lamelle, der eigentlichen Zahnstange, und einer seitlich an dieser befestigten horizontalen Lamelle, welche nicht, wie in Fig. I angenommen, auf die ganze Länge der Zahnstange sich erstrecken muss. In diesem seitlichen Ansatz befinden sich je 11 in Fig. I grösstenteils sichtbare verticale Löcher, welche bei der Nulllage der Scheeren genau über entsprechenden in Fig. I auch grossentheils sichtbaren verticalen Löchern der 11 Querstangen liegen. Indem man irgend einen Stift oder Nagel, wie er in Fig. IV in Vorderansicht mit abgebildet, in Fig. V in Seitenansicht gezeigt ist, durch eines der 11 Löcher eines Zahnstangenansatzes in das darunter liegende Loch eines Querstabes MN steckt, verbindet man in geeigneter Weise die Zahnstange mit diesem Querstab, dessen untere Indices $\overline{5}$ oder $\overline{4}$, ... oder 5, natürlich mit der betreffenden Ziffer des Multiplicanden übereinstimmen müssen bei der Darstellung durch $\overline{5}$ bis $+5$. Das bei der Darstellung von 0 bis 9 Geltende wurde schon oben ausgesprochen. In Fig. IV und V ist der eigentliche Stift s des Nagels zu unterscheiden, dann sein Kopf t, welcher so flach sein muss, dass er unter den Rädern A ungestört durchgehen kann, dann seitliche Anschlagfederchen u, welche sich an die entsprechend gekerbten Seitenflächen der Querstäbe anlegen und den Nagel sicherer festhalten sollen. Diese Darstellung ist nur als eine Möglichkeit in der Zeichnung gewählt worden, damit die Fig. I nicht allzusehr überlastet wird. Die Niedrigkeit des Kopfes ist zwar nur für die Nägel nöthig, welche in die Querstäbe $M_5 N_5$, $M_4 N_4$ oder $M_3 N_3$ zu stecken sind, dies können aber leicht alle sein, und die Benützung von zweierlei Nägeln würde störend sein. Damit nun alle Nägel leicht unmittelbar mit den Fingern, wenn man dies gelegentlich oder immer wünscht, angefasst werden können, darf man nur dem Kopf eine nach vorn in Fig. IV, nach links in Fig. V gehende lamellenartige Verlängerung geben, welche an ihrem Ende irgendwie einen in die Höhe gehenden Ansatz zum Anfassen hat. Bei der Gestalt der Nägel wie in Fig. I, wo die Köpfe von oben sichtbar sind, und in Fig. IV und V müssen sie mit einer Pincette angefasst werden oder man benützt den in Fig. VI dargestellten Apparat, besonders wenn die eingesetzte Zahl automatisch copirt werden soll. Derselbe enthält den 12 Zahnstangen KK' ensprechend 12 Stäbchen, welche an ihrem hinteren Ende unten je mit einer Pincette versehen sind, von welchen drei in Fig. VI sichtbar sind. Diese sind geeignet, wenn sie von oben auf die Nägelköpfe gedrückt werden, diese zu fassen und, wenn sie mit dem ganzen Hilfsapparat in die Höhe gehoben werden, die Nägel dann mit zu nehmen. Zur Einsetzung eines neuen Multiplicanden müssen dann die Stäbchen so verschoben werden der Länge nach in ihrer Fassung, dass die von den Pincetten gehaltenen Nägel die richtigen Stellungen relativ zu einander erhalten, wie nämlich bei der Nulllage der Scheeren die betreffenden Löcher gegen einander liegen. Zu dieser Anordnung dienen die auf den Rücken der Stäbe angebrachten Ziffern $\rotatebox{180}{5}$, $\rotatebox{180}{4}$, $\rotatebox{180}{3}$, $\rotatebox{180}{2}$, $\rotatebox{180}{1}$, 0, 1, 2, 3, 4, 5, indem der einzusetzende Multiplicand dargestellt sein muss durch die 12 in dem Schlitz auf der Oberseite des Gehäuses sichtbaren Ziffern. In Fig. VI ist diese Zahl $1\rotatebox{180}{5}23104\rotatebox{180}{1}\rotatebox{180}{2}\rotatebox{180}{3}\rotatebox{180}{4}5$, dieselbe, welche in Fig. I eingesetzt ist, indem $K_{12}\,K'_{12}$ mit $M_1\,N_1$, $K_{11}\,K_{11}$ mit $M_{\bar{5}}\,N_{\bar{5}}$ u. s. w., $K_1\,K'_1$ mit $M_5\,N_5$ verbunden ist, je durch den Nagel L_{12}, L_{11}, ... L_1, von welchen Nägeln L_8 und L_1 in Fig. I verdeckt ist. Das Doppelte dieser Zahl ist die durch die Räder A_{13} bis A_2 dargestellte Zahl 104620775330. Es ist in Fig. I angenommen, dass eben die Multiplication mit 2 ausgeführt wurde. Vorher, als die Scheeren auf Null standen, waren die 12 Nägel in derselben relativen Lage wie die 12 Pincetten in dem in Fig. VI in isometrischer Projection dargestellten Hilfsapparat. Nachdem mittels dieses Apparats die Nägel eingedrückt sind, wird derselbe etwas nach rechts verschoben, wodurch die Nagelköpfe aus den Pincetten austreten und der Apparat ohne die Nägel weggehoben werden kann. Man lässt ihn dann unverstellt liegen bis er zum Wiederausziehen der Nägel benützt werden kann, wenn die Scheeren schliesslich wieder auf die Nulllage gestellt werden. Erhalten die Nagelköpfe die oben erwähnten lamellenartigen oder stabförmigen Verlängerungen, so können die Ziffern $\rotatebox{180}{5}$, $\rotatebox{180}{4}$, ... 5 auch auf diesen angebracht werden und können die Ziffern, welche auf einem irgendwie markirten bestimmten Querstreifen liegen, der dem Schlitz in Fig. VI entspräche, ebenso die einzusetzende Zahl angeben und auch zu ihrer automatischen Copirung dienen. Diese Einrichtung verdient bei den häufigen Fällen den Vorzug, in denen Aggregate von Producten zu bilden sind, deren Multiplicanden, der Grösse nach geordnet, sich meist nur in den niedrigeren Stellen von einander unterscheiden, so dass die Nägel in den linken Zahnstangen oft nicht zu verstellen sind, sondern nur die in einigen auf der rechten Seite. Auch bei dieser Einrichtung lässt sich ein dem Hilfsapparat Fig. VI ähnlicher Hilfsapparat benutzen, in welchem nämlich statt der die Pincetten tragenden Stäbchen unmittelbar die erwähnten mit den Nägeln fest zusammenhängenden stabförmigen Verlängerungen so geordnet würden, dass dann das gleichzeitige Einsetzen und später das Wiederausnehmen der Nägel durch einen einzigen Griff geschehen könnte. Die genügende Herstellung der Pincettchen wäre ohnehin schwierig. Beiderlei Hilfsapparate könnten auch in mehr Exemplaren beigegeben werden, damit nicht nur ein Gehilfe die einzusetzende Zahl vorbereiten könnte, sondern häufig gebrauchte Multiplicanden oder Divisoren auch vorbereitet bleiben könnten. Zur Erleichterung oder Erinnerung bei der Einstellung können statt, besser neben, ϛ, ㄣ, Ɛ, ᄅ, ⇂ in Fig. VI auch 5, 6, 7, 8, 9 angeschrieben werden und muss bei der Einsetzung natürlich dann die schon oben angegebene Regel beachtet werden.

Offenbar müssen, während irgend ein Rad H in eine Zahnstange eingreift, alle übrigen dieser 15 Räder entweder auch in eine solche Zahnstange eingreifen, oder festgehalten werden. Zu diesem Zweck kann die Anzahl der Zahnstangen KK' vermehrt, oder können besondere Stangen wie in Fig. I. O_1, O_2, O_3, O_4 angebracht werden, welche immer an den Querstab M_0 N_0 befestigt werden, also zum Eingriff in ein Rad H nur einen oder einige Zähne nöthig haben.

Ist der Multiplicator eine mehrziffrige Zahl, so bildet man bei dem gewöhnlichen Zifferrechnen erst das Product aus dem ganzen Multiplicanden und einer Multiplicatorziffer, dann unter Verschiebung um eine Stelle das Product aus dem ganzen Multiplicanden und der folgenden Multiplicatorziffer u. s. w. Ganz analog bei der Maschine. Die Achsen W_1, W_2 können in ihren Lagern nicht nur gedreht, sondern auch seitlich, der Länge der Achsen nach verschoben werden. Ist nun die Multiplication mit einer Multiplicatorziffer vollendet, so kippt man die Platte unter den Rädern hinab, was meist ohnehin schon geschehen müsste, jetzt aber so weit, dass bei einer seitlichen Verschiebung der Achsen W_1, W_2, also der Platte $P_1 P_2 \ldots P_5$ sammt den Scheeren, Querstäben und Zahnstangen, diese nicht die Räder A berühren. Je nachdem man zu der rechts oder links folgenden Multiplicatorziffer übergehen will, verschiebt man also die Platte P_1 $P_2 \ldots P_5$ nach rechts oder links so weit, bis beim Wiederaufkippen derselben jede Zahnstange statt in das bisherige der Räder H, in das rechts oder links folgende derselben eingreift. Damit hierbei keine besondere Aufmerksamkeit erfordert wird, ist die an ihren Enden durch Säulchen mit der nicht gezeichneten

Grundplatte fest verbundene Querstange YY angebracht, welche in Entfernungen, die den Entfernungen der Räder H gleich sind, an ihrer unteren Seite Einschnitte enthält, in welche bei den verschiedenen Eingriffslagen die Ansätze Z_1, Z_2 der Platte $P_1 P_2 \ldots P_6$ einklappen.

Die Anzahl der Rädersysteme A, H sowohl als der Zahnstangen KK' kann offenbar ohne wesentliche Aenderungen der Maschine beliebig vermehrt werden, was bei der Thomasischen Maschine durchaus nicht der Fall ist. Eine Vermehrung über das Bedürfniss hinaus würde jedoch nur schädlich sein schon der grösseren Breite der Maschine wegen. Ist der Multiplicand oder der Multiplicator ein abgekürzter Decimalbruch oder sind dies beide, so sind von den Ziffern des Products nicht mehr zuverlässig als von diesem Factor oder demjenigen von ihnen, welcher die geringere Ziffernzahl hatte, während bei voller Ausführung der Multiplication die Ziffernzahl des Products die Summe der Ziffernzahlen der Factoren erreichen kann. Wenn dann also die rechts äussersten Ziffern des Productes schliesslich doch nicht beachtet werden, so dient es zur Vereinfachung, sie gar nicht sich bilden zu lassen. Bei dem in Fig. I angenommenen Multiplicanden hätte im Multiplicator links von der angenommenen Multiplicatorziffer noch eine Ziffer stehen können, auch rechts noch eine, ohne dass ein Theilproduct ausgefallen wäre. Wäre aber im Multiplicator noch um zwei Stellen rechts von dem benützten 2 eine Ziffer gekommen, so hätte sich das Product aus ihr und der äussersten Ziffer rechts im Multiplicand nicht mehr gebildet. Von den andersartigen Rädern rechts von H_1 wird sofort die Rede sein, sie werden, wie auch die Platte $P_1 P_2 \ldots P_6$ seitlich in den bestimmten Intervallen verschoben wird, von den Zahnstangen KK' oder O nicht berührt, auch in der Lage von Fig. I nicht von der (ohnehin hier unbeweglichen) Stange O_1, welche bei der noch möglichen einen Verschiebung nach links in H_1 einzugreifen bestimmt ist. Für den Fall, dass aus Versehen oder aus besonderem Grunde so grosse Zahlen gebildet werden, dass auch das Rad A_{15} noch das erste der vier Intervalle zwischen je zwei Nullen überschreiten sollte, schlägt einer der 4 noch zu erwähnenden seitlichen Stiften dieses Rades an die Feder J, um ein hörbares Signal zu geben.

Die ebenfalls auf der Achse BB steckenden Räder $h_1, h_2 \ldots h_{12}$ sind von einander unabhängig. Sie sind bestimmt, durch diejenigen Ziffern, welche hinter den Faden DD treten, nachdem dies am Anfang in jedem die Null war, die benützten Multiplicatorziffern, bei Division die Quotientenziffern, anzugeben. Als solche sind hier $\bar{5}$, $\bar{4}$, $\bar{3}$, $\bar{2}$, $\bar{1}$, 0, 1, 2, 3, 4, 5 in viermaliger Folge angebracht. Es besteht jedes Rad h aus zwei Theilen, rechts der Ziffernscheibe und links einem viel kleineren Zahnrad. Je in eines dieser Zahnräder greift die in ihrem verzahnten Theil höher als die KK' und O hinaufreichende in Fig. I sichtbare Zahnstange ein, deren vorderes Ende an den ausserordentlichen Scheeren-Kreuzungspunkt i befestigt ist. Die Bewegung dieses Punktes i ist nach Fig. I halb so gross als die von M_1. Der Radius des verzahnten linken Theiles der Räder h ist nun so gross genommen, dass ein Rad h, in welches die an i befestigte Zahnstange eingreift, je $\frac{1}{44}$ Umlauf macht, also um eine Ziffer weiter geht, wenn ein Rad H, in welches eine an $M_1 N_1$ befestigte Zahnstange eingreifen würde, einen $\frac{1}{88}$ Umlauf, das zugehörige Rad A also infolge dessen $\frac{1}{88}$ Umlauf machen, also auch um eine Ziffer weitergehen würde. Diese oder die 2, 3, 4, 5 fache Bewegung entspricht aber offenbar der Anwendung der Multiplicatorziffern 1 oder 2, 3, 4, 5 oder $\bar{1}$, $\bar{2}$, $\bar{3}$, $\bar{4}$, $\bar{5}$ je nach Grösse und Sinn der Bewegung. Die erwähnten Zahlenverhältnisse sind jedoch nur in der Zeichnung der leichteren Darstellbarkeit wegen angenommen worden. In Wirklichkeit ordne ich die zwei Hilfsstäbchen, die sich in i kreuzen, von welchen übrigens auch eines genügt, so an, dass die Bewegung des Punktes i grösser wird, z. B. $\frac{3}{4}$ der Bewegung des Punktes M_1 beträgt, wie dies in der später zu besprechenden Fig. VIII angenommen ist. Wenn dann der Radius des verzahnten Theiles der Räder h auch $\frac{3}{2}$ mal so gross ist als in Fig. I, ist der Erfolg derselbe und können bei den seitlichen Verschiebungen der Platte $P_1\ P_2 \ldots P_6$ die Zahnstangen KK' und O noch immer diese Zahnräder nicht berühren. Es geschieht natürlich nur der Raumersparniss wegen und der Kürze und Festigkeit der Querstangen MN wegen, dass dieses zweite Radsystem nicht weiter nach rechts verlegt wird.

Links von dem Rädersystem der A, H ist noch ein drittes Rädersystem k_1, l_1, k_2, l_2, ... k_{12}, l_{12} auf derselben Achse BB angebracht, welches dem der A, H völlig gleich gebildet ist. Ein dem Rad G_1 analoges Rad ist auf der Achse fest, das Rad k_{12} giebt ein Signal, wenn eine seiner vier Nullen an dem Indexfaden DD vorbeigeht. Dieses Rädersystem kann auch wegbleiben, oder, wenn es da ist, können auch die Räder h wegbleiben, es kann nämlich für den gleichen Zweck, aber auch noch für einen weiteren dienen. Auch hier kommt nur je eines der 12 Räder l in Eingriff mit einer Zahnstange, nämlich der am Punkte m einer Verlängerung der Querstange $M_1 N_1$ befestigten. Dieses Rad macht sovielmal $\frac{1}{10}$ Umlauf, das zugehörige Rad k sovielmal $\frac{1}{10}$ Umlauf auch dem positiven oder negativen Sinne nach, als die betreffende Multiplicatorziffer Einheiten hat. Dabei findet aber hier Zehnerübertragung statt, so dass schliesslich die Räder k den Multiplicator in derselben Weise angeben, wie die Räder A das Product, während, so lange nur ganze Zahlen als Multiplicatorziffern dienen, bei den Rädern k immer ein Theilstrich genau unter den Indexfaden kommt.

Bildet man nach einander mehr Producte ohne dazwischen die Räder A auf Null zurückzustellen, so ergeben die Räder A offenbar die Summe der Producte, was die im Geschäftsleben wichtigste Anwendung der Maschine ist. Die Räder k geben dann die Summe der Multiplicatoren, wenn man sie nicht nach jeder Multiplication für sich auf Null zurückgestellt hat. Sind z. B. bei einer Contocorrentrechnung die Multiplicanden die jeweiligen Capitale und die Multiplicatoren die Zinstage, so geben schliesslich die A diejenige Zahl, welche, mit dem täglichen Zinsfuss multiplicirt, die Zinsen ergiebt. Die Summe der Multiplicatoren hätte hierbei nur dann einen nützlichen Sinn, wenn man als Capitale nicht die zu bestimmten Terminen gezahlten oder entnommenen, und als Zinstage nicht die von Anfang des Jahres an verflossenen, sondern als Capitale die während bestimmter Zeiten bestandenen Gesammtschulden oder Gesammtguthaben und als Zinstage die in diese Zeiten fallenden Tage annähme. Die Summe der Multiplicatoren müsste dann, wenn bei Ein- und Auszahlung gleich gerechnet wird, die Anzahl der Jahres- oder Halbjahrstage ergeben oder der Tage bis zum sonstigen Abschluss. Würde man jedoch als Multiplicanden die Zinstage vom Anfang des Jahres an, als Multiplicatoren mit positivem oder negativem Vorzeichen die Ein- und Auszahlungen nehmen, so würde die schliessliche Angabe der Räder A multiplicirt mit dem täglichen Zinsfuss den Gesammtzins, die schliessliche Angabe der Räder k das Gesammtcapital angeben. Dieses würde sein Vorzeichen wechseln, es würde also k_{12} durch Null gehen und das erwähnte Signal geben, wenn Guthaben in Schuld überginge, in welchem Falle häufig ein anderer Zinsfuss eintreten wird. Sind bei einem Baukostenanschlag die Multiplicatoren die Anzahlen der Cubikmeter verschiedener

Mauerarten, die Multiplicanden die Preise für je einen Cubikmeter, so geben die A die Gesammtkosten, die k das Gesammtvolum. Für die A lässt sich das Verschiedenste zusammennehmen, Cubikmeter, Quadratmeter, laufende Meter, Kilos etc. je multiplicirt mit den Preisen für je eine Einheit. Dasselbe gilt bei jeder Art von Kauf und Verkauf. Bei der Berechnung des Capitalwerthes der Ansprüche vorhandener Wittwen einer Wittwenkasse könnte man als die Multiplicanden die Leibrentenwerthe für die verschiedenen Alter, als Multiplicatoren die Anzahlen der vorhandenen Wittwen dieser einzelnen Alter nehmen, die A würden dann den Gesammtkapitalwerth, die k die Gesammtzahl der Wittwen ergeben je bis zu dem Alter bis zu welchem man gerechnet hat.

Man kann die seitliche Entfernung der zwei Scheeren und die Länge der Querstäbe vergrössern und dann statt der einen bei m befestigten Zahnstange eine Reihe den Zahnstangen KK' analoger Zahnstangen zum gleichzeitigen Eingriff in mehr von den Rädern l bestimmen, wenn man gleichzeitig zwischen A_{15} und l_1 einen Zwischenraum herstellt, damit nicht die zum Eingriff in die Räder l bestimmten Zahnstangen irgend eines der Räder H berühren können bei den Verschiebungen der Platte $P_1\, P_2 \ldots P_6$ nach rechts. Dann kann man durch dieselbe Manipulation gleichzeitig zwei Productenaggregate bilden, welche dieselben Multiplicatoren, aber zweierlei Multiplicanden haben. Ein Kaufmann kann z. B. als Multiplicatoren die Mengen der umgesetzten Meter, Liter, Kilo etc. verschiedener Waaren, als Multiplicanden für die Räder A die betreffenden Einkaufspreise, als Multiplicanden für die Räder k die Verkaufspreise annehmen, so ergeben die A die Gesammtausgabe, die k die Gesammteinnahme, die Differenz den Gesammtgewinn. Bei Berechnung der Prämienreserve für die noch lebenden Paare in einer Wittwenversorgungsanstalt können als Multiplicatoren die Anzahlen der Ehepaare von den verschiedenen Alterscombinationen benützt werden, als Multiplicanden einerseits die Capitalwerthe der bestehenden Ansprüche der verschiedenen Combinationen, andererseits die Capitalwerthe der noch zu erwartenden Einzahlungen. Auch die Räder l müssen natürlich festgehalten werden während der Bewegungen, wenn sie nicht selbst in Eingriff mit Zahnstangen sind. Damit man nicht allzuviel specielle Zahnstangen, wie die O_1, O_2, O_3 nöthig hat, kann man zwei wie O_4 und O_5 durch eine unter den Rädern parallel zu BB laufende Stange verbinden, welche nach Art eines Rechens für jedes Rad H oder l, unter welches sie zu liegen kommen kann, einen Zahn hat. Auch l_{12} in Fig. I und nach Verschiebungen nach rechts auch l_{11}, l_{10} u. s. w. müssen in dieser Weise festgehalten werden. Hierzu dient eine in Fig. I abgebrochene Stange a mit Zähnen wie b, welche rechts an der auch mit n bezeichneten Stange $X_2 X_2'$, links, was in Fig. I nicht mehr dargestellt ist, mittelst eines Knopfes wie X mit einem von der Platte $P_1 P_2 \ldots P_6$ nach links auslaufenden Arme fest verbunden ist.

Von der Stange qq mit den Zähnen $o_1, o_2, \ldots o_{15}$, wozu noch weitere in Fig. I als relativ unbeweglich angenommene $p_1, p_2, \ldots p_{12}$ für die Räder $l_1, l_2, \ldots l_{12}$ kommen, war schon oben in II die Rede. Diese Stange kann sich selbst parallel radial gegen die Räder A, H, k, l soweit verschoben werden, dass die Zähne o und p alle zugleich in und ausser Eingriff mit den Rädern H und l kommen. Hierzu dienen die zwei mit den schon genannten Stäben $X_1 M_0 X_1'$ und $N_0 X_2 X_2'$ und durch diese mit der Platte $P_1 P_2 \ldots P_6$ fest verbundenen schief in die Höhe gehenden, in Fig. I die zwei genannten Stäbe zum Theil deckenden Arme r_1 und r_2, welche am oberen hinteren Ende gabelförmig gebildet oder in zwei Finger auslaufend die Stange qq fassen und sich, während die Platte $P_1 P_2 \ldots P_6$ auf und nieder gekippt wird, in der angegebenen Richtung von den Rädern entfernen und ihnen wieder nähern. Die seitliche Bewegung der Platte $P_1 P_2 \ldots P_6$ darf die Stange qq jedoch nicht mitmachen, sie wird daran gehindert durch die mit den nöthigen radialen Schlitzen versehenen, mit den nicht gezeichneten unbeweglichen Trägern verbundenen in Fig. I sichtbaren Arme Bq, während die Gabeln oder Finger der Arme $r_1 r_2$ längs der Stange gleiten. In der noch zu besprechenden Fig. VIII sind diese Einrichtungen besser zu erkennen. Die Zähne o, p lassen also die Räder H, l frei, während die Zahnstangen und letzterwähnten Zähne wie b in Eingriff sind, und garantiren zur äussersten Sicherheit ihre unveränderte Stellung, während diese ausser Eingriff sind. Man wird sich übrigens überzeugen, dass, wenn man nicht in Pausen ohne Eingriff der Zahnstangen die Maschine unbefugten oder unbeabsichtigten Berührungen preisgiebt, diese Stange nicht nöthig ist, und soweit nicht, wie in II erwähnt, unmittelbar an den Rädern H oder A operirt wird, was nie nöthig ist, da sich alles auch mit den Zahnstangen wie KK' ausführen lässt, kann man die Stange qq auch zeitweise beseitigen oder von Anfang an weglassen. Durch eine an der Grundplatte befestigte von unten gegen den hinteren Theil der Platte $P_1 P_2 \dots P_5$ drückende Feder wird bewirkt, dass die Zahnstangen immer in Eingriff sind, so lange nicht durch einen Druck der Hand das Gegentheil bewirkt wird. Es sind besondere in Fig. I nicht gezeichnete Ringe angebracht, in die, während ein Daumen in V_1 oder V_2 steckt, der dies auch mit besorgen könnte, ein anderer Finger gesteckt werden kann zur Ausführung der Kippbewegungen und der seitlichen Verschiebungen der Platte $P_1 P_2 \dots P_5$.

Eine besondere Vorrichtung ist noch getroffen, damit durch eine einzige Bewegung alle Räder A, k und h oder auch die h allein auf Null gestellt werden können. Es muss zu diesem Zweck zwischen den zwei mehrerwähnten Lagen der Platte $P_1 P_2 \dots P_5$, bei welchen die Zahnstangen oder die Zähne o, p eingreifen, eine Mittellage geben, bei welcher die Räder H, l, h frei sind. Dieses Intervall ist sehr eng und wird immer in so kurzer Zeit überschritten, dass während derselben keine Störung möglich ist, um so weniger, da vor dem Auf- und Abkippen die Längsbewegung beendigt sein muss, und beim Austreten der Zähne der Zahnstangen KK' und O wie beim Eintreten ihre Bewegung relativ zu den Zahnrädern H und l radial ist. Es sind nämlich die Achsen W_1, W_2 so gebildet und angebracht, dass ihre geometrische Axe die Eingriffslinien der Zahnstangen schneidet. Diese Eingriffslinien sind Tangenten der primitiven in Fig. I, II, III allein gezeichneten Umfänge der Zahnräder H, l. Die Drehung einer solchen Tangente um einen in einiger Entfernung vom Berührungspunkt in ihr gelegenen Punkt ergiebt natürlich eine gegen den Kreis radiale Bewegung des Berührungspunktes. Dasselbe gilt für die Zähne o, p, wenn die geeignete Stelle für die Stange qq gewählt wird. Dasselbe würde nicht gleichzeitig auch für die verzahnten Theile der Räder h gelten können bei der in Fig. I angenommenen Kleinheit ihrer Radien, es müssten hier besondere Vorkehrungen getroffen werden. Wenn aber der Punkt l, wie schon oben betrachtet und in der noch zu besprechenden Fig. VIII angenommen ist, so bestimmt wird, dass seine Bewegung $^3/_4$ von der von M_1 ist, wird der verzahnte Theil der Räder h so wenig kleiner als die H, dass die Bewegung der bei l befestigten Zahnstange beim Auf- und Abkippen auch hier mit hinreichender Näherung radial wird. Damit die Achsen W_1, W_2 die erwähnte Bedingung erfüllen können und doch weder die Bewegungen der Scheeren hindern noch allzuweit auf der Seite anzubringen sind, können sie nicht aus vollen runden Zapfen wie in Fig. VIII bestehen. Blosse Zapfensegmente würden keine Sicherheit gegen Ausheben und Verschieben geben. Es sind deshalb, wie die Schattirung in Fig. I andeutet, Röhrensegmente gewählt, welchen in den nicht gezeichneten festen Trägern Ausschnitte entsprechen, welche, abgesehen von der seitlichen Verschiebung in der Richtung der Röhrenachse, eine zwangläufige drehende Bewegung garantiren.

Die Vorrichtung zum Nullstellen selbst besteht aus zwei Rechen, von welchen der eine $f_1 f_2$ in Fig. I voll zu sehen ist. Seine Zähne hindern in der gezeichneten Lage die Bewegungen der Räder A, k, h nicht. Wenn er aber etwas nach links geschoben und dann um die Achse BB, mit welcher er durch zwei in Fig. I sichtbare Arme verbunden ist, gedreht wird, so stossen seine Zähne an die in Fig. I grossentheils sichtbaren kleinen Stiftchen, welche an der rechten Kante dieser Räder je 90° von einander entfernt angebracht sind. Von dem anderen Rechen sind in Fig. I nur die zwei ihn mit der Achse BB verbindenden Arme g_1, g_2 zu sehen. Wenn die Rechen, nach links geschoben, erst um 90° an den Rädern von einander abstehen, wenn dann beide je um 45° nach oben gedreht werden, so dass sie dann etwa beide, wie in Fig. I der $f_1 f_2$, in gleicher Höhe mit der Achse BB liegen, so muss dabei einer der vier Stifte jedes Rades mit einem Zahn eines Rechens in Berührung gekommen und von ihm mitgenommen worden sein, und muss schliesslich an jedem Zahn beider Rechen ein solcher Stift anliegen. Die Räder A, k, h liegen dann also so, dass eine Null bei DD liegt. Darauf werden die Rechen wieder nach rechts geschoben. Statt der seitlichen könnte auch eine radiale Bewegung derselben zur Herstellung des Eingriffs benutzt werden. Der für die Räder h bestimmte Theil des Rechens $f_1 f_2$ und der entsprechende des anderen Rechens lassen sich auch, wie in Fig. I einigermassen angedeutet ist, besonders verschieben, damit auch die Räder h allein ohne die Räder A und k auf Null gestellt werden können, was bei Herstellung eines Productenaggregates durch die Räder A nach Herstellung jedes einzelnen Products wünschenswerth sein wird. In besonderen Fällen können schon auch die Räder h dienen um Summen von Multiplicatoren auszudrücken. Es sind nämlich die 4 Abtheilungen von je 11 Ziffern auf ihnen durch verschiedene Punktirung der Theilstriche unterschieden, so dass zur Noth auch bis 43 auf ihnen gezählt werden kann. In Fig. I sind als Ziffern auf den h die

$\bar{4}$ bis 5 gewählt, was an sich das beste ist. Es steht jedoch nichts im Wege, auch die Ziffern 0 bis 9 einzuführen unter den schon zweimal erwähnten Vorbehalten. Für den Gewandten bringt dies keinen Nachtheil, weil er leicht hier die Zeichen 9, 8, 7, 6 auch als Symbole für $\bar{1}$, $\bar{2}$, $\bar{3}$, $\bar{4}$ ansehen kann, für den Ungewandten ist es eine Erleichterung, indem dann die Räder k einfach die Ziffern registriren, welche bei Einführung der Multiplicatorziffern an den Massstäben U_1 und U_2 massgebend waren.

VI.

Die mechanische Copirung.

Der Vortheil der Fehlerlosigkeit des eigentlichen Rechnens wird hinfällig, wenn beim Abschreiben der Resultate oder bei Einführung der gegebenen Grössen ein Versehen begangen wurde, auch steht bei Maschinen wie der Thomasischen der im Vergleich mit dem gewöhnlichen Rechnen so sehr erhöhten Geschwindigkeit, Sicherheit und Anstrengungslosigkeit der Nachtheil gegenüber, dass gar keine nachträgliche Revision und Controle mehr möglich ist, wenn nicht auch die Zwischenresultate und die Multiplicanden sowohl nach ihrer Einsetzung als die benützten Multiplicatoren sämmtlich aufgeschrieben werden, was doch wieder viel Zeit beanspruchen würde und wobei wieder ein Fehler gemacht werden könnte. Es ist deshalb bei meiner Maschine die Einrichtung getroffen, dass unmittelbar alle diese Werthe je mit einer einzigen raschen Handbewegung copirt werden können. Es ist in der Regel nicht nöthig, die Copien nur anzusehen, überhaupt von den Zwischenresultaten irgend welche Notiz zu nehmen, und doch stehen sie für alle Zeiten zur Verfügung, wenn sich irgend einmal Veranlassung ergiebt, auf sie zurückzukommen. Der Vorstand eines Geschäftes hat darin ein sehr wichtiges Mittel, den rechnenden Gehilfen zu controliren, während ausserdem dieser in der Gewissheit, dass die ganze lange Rechnung doch Niemand nachrechnet, sich leicht Nachlässigkeiten könnte zu Schulden kommen lassen.

Diese Rücksicht war für mich mit entscheidend dafür, dass ich alle Räder *A* sowohl als *k* und *h* auf derselben Achse anbrachte und gleich gross machte, ferner dass ich den Umfang nicht in 10, sondern in 20, 30 oder 40, beziehungsweise 22, 33, 44 Theile theile mit Wiederholung der Ziffern. Bei der in Fig. I gewählten Theilung in 40, beziehungsweise 44 Theile treten in einer Entfernung von 90⁰ von dem Faden *DD* längs der Linie *ee* wieder dieselben Ziffern und Stellungen der Theilstriche auf wie an diesem als Index dienenden Faden. Längs dieser Linie kann nun die Kautschukwalze *cc*, welche erst mit einem bei Druck Farbe abgebenden Papier, darüber mit feinem weissen Papier überzogen ist, an die Zifferräder angedrückt werden. Die Linie *ee* ist entweder durch einen zweiten feinen Faden markirt, welcher sich mit abbildet, oder, was für den schönen Abdruck der Ziffern besser ist, durch an den festen Trägern befestigte Kanten rechts und links, oder auch an den Stellen zwischen den Radsystemen *h* und *A* und den Systemen *A* und *k*. Da die Farbe, die bei Metallstempeln verwendete Ultramarin-Oelfarbe, mit welcher dickes Fliesspapier getränkt ist, auf die Rückseite des weissen Papiers kommt, erscheinen die Ziffern nicht nach links verdreht, sondern gerade so rechts wie die erhaben, auf anders gefärbtem Grund erscheinenden Ziffern auf den Rädern selbst, auch werden die Räder nicht durch Farbe befleckt, bedürfen keiner Reinigung. Das gedruckte Bild der Resultate, welche sich je durch eine kleine Drehung der Walze um die Achse *d* und einen Druck auf diese Achse erzeugen lassen, erscheint nicht wie die gewöhnliche Ziffernschrift, dass alle Ziffern in gleicher Höhe stehen, sondern so wie in Fig. I bei dem Faden *DD*. Es ist dies jedoch kein Nachtheil, sondern, da es sich ja nicht um gewöhnlichen Satz einer Buchdruckerei handelt, sogar ein Vortheil. Gewissermassen ist nämlich durch die Stellung der zwei der Indexlinie *ee* zunächst gelegenen bezifferten Theilstriche, sogar schon durch die Stellung eines derselben, gegen diese Linie *ee* neben der dieser Stelle angehörenden Ziffer auch schon der Werth des Inbegriffs aller nach rechts noch folgenden Ziffern bestimmt, wie durch die Stellung des Stundenzeigers eigentlich schon die des Minuten- und Sekundenzeigers bestimmt ist. Wie aber bei der Uhr die Exactheit der Stellung selbst und der auf Untertheilung oder Schätzung beruhenden Ablesung gewöhnlich nicht zur Ablesung der Sekunden, nicht einmal der einzelnen Minuten, aber doch etwa der Zehntelstunden hinreichen wird, so reicht bei mir die Angabe eines Rades in Wirklichkeit nicht hin, um die Stellung des zweit- oder drittfolgenden erkennen zu lassen, wohl aber, um die Stellung des rechts nächstfolgenden erkennen zu lassen. Dies hat bei der automatischen Copirung, welche in mancherlei Weise auch vervielfältigt werden kann, den Vortheil, dass man z. B. durch die Angabe von 5 Decimalstellen schon dasselbe erreicht wie beim gewöhnlichen Druck durch die Angabe von 6 Stellen. Ferner hat man in der Copie wie bei unmittelbarer Ablesung eine gewisse Controle, indem die Angabe jeder Stelle durch die Stellung des links vorausgehenden Theilstriches zur Linie *ee* oder *DD* schon angekündigt ist, was eine wichtige Versicherung gegen allenfallsige Versehen bei der Ablesung ergiebt, auch wenn man nicht fortwährend die bewusste Absicht hat, darauf zu achten.

Es ist nützlich, wenn die Walze so elastisch ist, dass sich immer sicher die zwei auf beiden Seiten der Indexlinie zunächstliegenden Theilstriche abbilden. Die Ziffern setze ich in Wirklichkeit zwischen die Striche wie in Fig. XII und XVIII anstatt wie in Fig. I neben sie. Nöthigenfalls könnte man die Walze geeignet canneliren. Noch besser ist eine andere Einrichtung, der ich in Fig. III und VIII nur der Einfachheit der Zeichnung wegen die Walze vorzog. Ich lasse nämlich nur das durch Walzen wie in einer Schnellpresse geleitete weisse Papier, dessen gleichmässiges Fortrücken von Zeile zu Zeile durch eine Sperrfeder regulirt wird, längs der Linie *ee* leicht anliegen und führe dann in der Richtung der Linie *ee* eine schmale Walze mit etwas ausgehöhltem und mit ölfarbegetränktem Papier überzogenem Umfang so vorbei, dass ihre Achse tangential zu den Rädern steht. Hierdurch ist offenbar, weil successive der ganze Druck auf je ein Rad trifft, das vollkommene Herauskommen aller Theilstriche und Ziffern, auch in dem gewünschten Umfange mehr gesichert, und ist auch nicht mehr Zeit erforderlich. Die Farbe hält in dem Fliesspapier sehr lange, und kann nöthigenfalls durch Hinfahren über eine Farbwalze in einem Augenblick erneuert werden.

Bei Herstellung eines Productes erhält man also das Product selbst durch die Räder *A*, den Multiplicator durch die Räder *h*, diesen so, dass alle Theilstriche und Ziffern in gleicher Linie stehen, wenn nicht, wovon noch die Rede sein wird, statt der rechts letzten Multiplicatorziffer ein Bruchwerth gebraucht wird. Wer die besprochenen Schwierigkeiten bei der Bezifferung der Räder *h* fürchtet und doch nicht auf die durch ihre Einführung ermöglichte Kleinheit der Bewegungen und der ganzen Maschine verzichten will, kann zur Angabe des Multiplicators auch die Räder k benützen, bei welchen nicht die mindeste Schwierigkeit besteht. Will man das durch die Räder k sonst Erreichbare auch nicht aufgeben, so kann man zwei Systeme von dieser Art einführen. Nur ist dann grössere Breite der ganzen Maschine nöthig, nämlich ein Zwischenraum zwischen diesem System und dem der A. Ich lasse zunächst vorzugsweise Maschinen herstellen, in denen neben dem System der A ein System der k angebracht ist ohne die h. Das System der k kann dann bald zu dem einen, bald zu dem anderen Zweck verwendet werden.

Um auch eine Copie des wirklich eingesetzten Multiplicanden zu erhalten, braucht man nur, wenn die Räder A alle auf Null standen, zunächst die Scheeren so zu bewegen, als wenn man mit 1 multipliciren wollte. Die Stellung der A giebt dann natürlich den einfach addirten Multiplicanden. Darauf kann man in der Bewegung fortfahren, die Zeiger, wenn nicht eine Multiplicatorziffer selbst 1 war, je nach ihrem Werth auf 2, 3, 4, 5 oder auch, wenn sie negativ war, zunächst auf 0 zurück führen. Handelt es sich um die Herstellung von Productenaggregaten, so ist die Aufgabe misslicher, da man das schon erhaltene Aggregat nicht wird auslöschen wollen. Man kann, was für spätere Controlirbarkeit thatsächlich dasselbe leistet, nur weniger bequem, ebenso wie oben geschildert verfahren und erhält so den Multiplicand addirt zu dem vorher erhaltenen und copirten Aggregat. Man könnte auch, wenn es für besondere Zwecke gewünscht wird, vor der Reihe der A auf einer parallelen Achse analoge Räder anbringen, die, nur 10 Theilstriche enthaltend, nur den vierten Theil so gross zu sein brauchten, und bei der Bewegung der Scheeren von 0 auf 1 die Multiplicanden durch die Ziffern 0 bis 9 ausdrücken würden. Das Einfachste ist für denjenigen, welcher nicht vor den negativen Ziffern auch bei dieser Gelegenheit zurückschreckt, wo es sich nicht um die wirkliche Operation selbst handelt, sondern nur um die Herstellung der Möglichkeit einer späteren Controle, das in Fig. VI Dargestellte zu benützen oder den schon oben erwähnten dafür möglichen Ersatz. Die Ziffern des einzusetzenden Multiplicanden oder auch Summanden, Minuenden, Subtrahenden, Divisors, sind durch die erhaben auf anders gefärbtem Grund, auf den Rücken der 12 Stäbchen angebrachten, in dem Schlitz des Gehäuses in Fig. VI sichtbaren Ziffern dargestellt, wenn die Stäbchen die zum Einsetzen oder Ausnehmen der Nägel L geeigneten Stellungen haben. Dasselbe gilt natürlich, wenn die Stäbchen statt der Pincetten die Nägel selbst tragen, sei es, dass sie auch vorher in einem solchen Gehäuse geordnet werden, oder dass sie unmittelbar bei der Nulllage der Scheeren eingesetzt werden. Man könnte auch auf diesen Stäbchen wie nach dem oben Gesagten auf den Querstangen MN die Ziffern 5, 4, 3, 2, 1 durch 5, 6, 7, 8, 9 ersetzen, es ist dies jedoch der Möglichkeit von Missverständnissen wegen gefährlich. Wer mit den negativen Ziffern gar nichts zu thun haben will, auch nicht für die Möglichkeit einer ausnahmsweisen späteren Controle, der möge zu der automatischen Registrirung der eingesetzten Multiplicanden lieber eines der oben angegebenen Mittel wählen oder sich zu der erwähnten grössere Dimensionen und Bewegungen erfordernden Einrichtung entschliessen. S. noch S. 51.

VII.

Die Ausführung der Rechnungen.

Je nach den speciellen Anordnungen, wie sie dem Bedürfniss des Bestellers entsprechen, oder sonst nach Gutdünken gewählt werden, wird jeder Maschine eine besondere Gebrauchsanweisung beigegeben werden. Hier mag Folgendes genügen:

Die Hauptanforderung an eine Rechenmaschine ist im Geschäftsleben die Herstellung einer Summe von Producten, allgemeiner eines Aggregates von Producten, d. h. einer Summe von mit positivem oder negativem Vorzeichen eintretenden Producten. Dies ist in gewissem Sinne zugleich die allgemeinste Aufgabe, indem sich alles andere als spezieller Fall davon ansehen lässt. In einer gewöhnlichen Summe nämlich sind die Summanden als die Multiplicanden anzusehen, während die Multiplicatoren eins sind, so dass die Räder k die Anzahl der Summanden angeben. Auch die Räder h können hierzu, auch für Zahlen über 5 bis 43 benützt werden, da, wie erwähnt, die vier Gruppen von 11 Ziffern auf denselben von viererlei Theilstrichen begleitet sind. Besser natürlich dienen die Zehnerübertragung besitzenden Räder k, so dass es sich auch hierwegen wie der Vermeidung der negativen Ziffern wegen empfiehlt, wenn man nicht die drei Systeme haben will, die Räder h wegzulassen. Eine Additionsmaschine ist eigentlich, wie schon oben bemerkt, schon durch das System der A, H gegeben. Anstatt, wie oben gesagt, ein besonderes Zahnstängchen mit der Hand zu führen, lassen sich bei fortgesetzten blossen Additionen oder Subtractionen auch die Zahnstangen KK' ohne die Scheeren benützen, sei es, dass man diese ganz wegnimmt oder von Anfang an weglässt, oder dass man sie unter Ausziehung der Nägel L nur ausser Benützung lässt. Die unmittelbare Bewegung der Zahnstangen kann dann auch durch die Massstäbe U_1, U_2 regulirt werden, wenn nicht hierfür ein besonderer Massstab angebracht wird. Zwei der in U_1, U_2 aufgetragenen Zehntel entsprechen offenbar je einer zu addirenden oder zu subtrahirenden Einheit. Durch eine einschnappende Feder, wie auch für den Schieber Q_1 Q_2 Q_3 eine solche an Q_3 sichtbar ist in Fig. I, kann das rasche, leichte und sichere Einstellen garantirt werden.

Für die Subtraction gilt das völlig Analoge wie für die Addition, ebenso für die Bildung eines Aggregates von positiven und negativen Gliedern. Man kann beliebig einen Subtrahenden mit seinem positiven Vorzeichen einsetzen und als Multiplicator -1 benützen, oder denselben mit negativem Vorzeichen einsetzen und als Multiplicator dann $+1$ benützen. Die Räder h oder k geben dann natürlich entweder den Ueberschuss der Anzahl der positiven über die der negativen Glieder, oder umgekehrt, wenn er negativ ist, oder sie geben die Gesammtzahl der Glieder. Es möge hier hervorgehoben werden, dass bei meiner Maschine beim Wechsel von Addition mit Subtraction keine Umschaltung wie bei der Thomasischen Maschine nöthig ist.

Bei der Multiplication, welche schon bisher vorzugsweise besprochen wurde, war es die eben erwähnte Umschaltung, welche bei der Thomasichen Maschine, wo der Multiplication mit 9 entsprechend die Handkurbel 9mal umgedreht werden musste, und ein fortwährendes Zählen nöthig war, die sich von selbst aufdrängende gelegentliche Benützung negativer Multiplicatorziffern erschwerte.

Ueber die schon erwähnte Benützung von Bruchwerthen statt der letzten Multiplicatorziffern, die bei den bisherigen Maschinen ganz unmöglich gewesen wäre, mag hier folgendes bemerkt sein. In Fig. I ist ein zwölfziffriger Multiplicator vorgesehen, entsprechend den Eingriffen der an i oder m befestigten Zahnstangen in h_{12}, h_{11}

wie in Fig. I, ... k_1 oder l_{12}, l_{11} wie in Fig. I, ... l_1. Wäre nun ein Multiplicator mit 13 Ziffern gegeben, so kann man der dreizehnten Ziffer, z. B. 4, durch Benützung eines Bruchwerthes, z. B. 1,4, anstatt der zwölften Ziffer, z. B. 1, Rechnung tragen. Man schiebt also, während die genannten zwei Zahnstangen in k_1 und l_1 eingreifen, die Zeiger dann an U_1, U_2 von 0 auf 1,4, wozu die aufgetragenen Zehntel dieser Massstäbe dienen. Von den Zahnstangen KK' greifen hierbei nur noch K_{10} K'_{10}, K_{11} K'_{11}, K_{12} K'_{12} ein in H_1, H_2, H_3. Das vierzehnziffrige Product ändert sich dabei um 0,4 mal 1q2 oder 52, also um 20,8, es ändert sich die dreizehnte Ziffer um 2 und dadurch möglicherweise auch die bei Abkürzung anzunehmende zwölfte um eine Einheit. Diese zwölfte ist durch A_3 dargestellt, und ist, wenn mit ihr abgebrochen wird, durch den auf der einen oder anderen Seite dem Indexfaden DD zunächst kommenden Theilstrich bestimmt. Eine dreizehnte Ziffer liesse sich bestimmen durch die, wenn angebracht, abzulesende, ausserdem, wie im Falle der Fig. I, zu schätzende Unterteilung auf A_3, welche hier nicht mehr, wie sonst, durch die Ablesung des nächstfolgenden Rades A_2 ersetzt werden könnte. Zur Erläuterung möge noch einmal das Beispiel der Uhr dienen. Das Verhältniss, in welchem durch den Stundenzeiger das Intervall zwischen zwei Stundenstrichen getheilt wird, kann, leichter und genauer als unmittelbar, an der Stellung des Minutenzeigers erkannt werden, auch dann noch, wenn vielleicht, ohne Aenderung des Minutenzeigers, der Stundenzeiger unmittelbar verstellt worden sein sollte nämlich um eine ganze Anzahl von Stunden. Wäre aber der Stundenzeiger für sich ohne Aenderung des Minutenzeigers um einen Bruchtheil einer Stunde verschoben worden, so würde seine Stellung mit der des Minutenzeigers nicht mehr zusammenstimmen. Zwischen Stunden- und Minutenzeiger kommt dies bei gewöhnlichen Uhren nicht vor, wohl aber das Analoge zwischen Minuten- und Secundenzeiger. Beim Richten einer Taschenuhr bleibt der Secundenzeiger unverändert, der Minutenzeiger, der nur durch Reibung aufsitzt, kann beliebig gedreht werden. Man darf nur um eine volle Anzahl von Minuten richten, wenn die Zusammenstimmung mit dem Secundenzeiger nicht gestört werden soll.

Bei der so geringen Erhöhung von Umfang und Preis der Maschine mit Vermehrung der Stellenzahl wird man wohl immer eine Maschine haben, welche auch ohne das letztgenannte Mittel mehr als ausreicht. In ganz besonderen Fällen kann man natürlich auch

Multiplicand sowohl als Multiplicator in einzelne Theile von weniger Stellen zerlegen, man kann somit immer allen Ansprüchen gerecht werden.

Bei der Division kann man den Dividenden durch die Zahnstangen KK' oder auch unmittelbar in die Räder A einführen, während dann der Divisor, der Multiplicand in dem zweiten Product, während das erste Dividend mal 1 ist, in die Maschine durch entsprechende Verbindung der Zahnstangen KK' mit den Querstangen einzuführen ist, der Quotient als Multiplicator in den Rädern h, wie auch den k erscheint, der Rest als Differenz der zwei Producte in den A, also wieder als Aggregat auftritt, wenn Divisor oder Quotient mit entgegengesetzten Vorzeichen genommen werden. Die Division lässt sich auch beim Rechnen mit der Feder, wenn man einmal sich daran gewöhnt hat, abkürzen durch Einführung der negativen Ziffern, wenn man nämlich die successiven Quotientenziffern positiv oder negativ immer so annimmt, dass der absolute Werth des jeweiligen positiven oder negativen Restes so klein als möglich wird, also nie grösser als die Hälfte des Divisors. Bei der Maschine ist der Vortheil dieses Verfahrens, das auf Einführung der Ziffern $\underline{5}$ bis 5 statt 0 bis 9 zurückkommt, wegen Verkleinerung der Bewegungen und Dimensionen der Maschine noch beträchtlicher. Die successiven Quotientenziffern, deren absoluter Werth dann niemals 5 überschreitet, lassen sich dann auch viel rascher und sicherer voraus erkennen. Sind sie dem absoluten Werth nach zu klein oder zu gross erst versucht, so kann man sofort, auch im zweiten Fall ohne irgend eine Umschaltung, den richtigen Werth finden. Es kann gut sein, sich vorher wenigstens die ersten Ziffern der Hälfte des Divisors zu bemerken, damit man sofort sieht, ob der absolute Werth des Restes schon kleiner ist. Bei der Maschine gewährt der Gebrauch der Räder k statt der Räder h zur Angabe der successiven Multiplicatoren, also hier Quotientenziffern noch einen besonderen Vortheil. Wenn sich nämlich erst bei der folgenden Ziffer des Quotienten zeigt, dass man die frühere zu gross oder zu klein genommen hat, wo es sich doch immer nur um eine Einheit handeln wird, so braucht man nicht wieder zur früheren Ziffer zurückzukehren, sondern kann dies, da Zehnerübertragung stattfindet, auch bei der folgenden wieder gut machen. Wären z. B. die richtigen Ziffern $2\bar{4}$ gewesen, während man irrthümlich als erste Ziffer 1 genommen hat und den Irrthum erst bei der nächsten Ziffer bemerkt, indem man findet, dass hier sogar 5 nicht hinreicht, den absoluten Werth des Restes hinreichend klein zu machen, so kann man von diesem auch auf 6 übergehen selbst bei der Construction wie in Fig. I, indem man ohne die Platte $P_1 P_2 \ldots P_6$ wieder nach links zu schieben, die Scheeren von 5 ohne Eingriff wieder zurückführt und dann ohne seitliche Verschiebung noch einmal um 1 verschiebt. Die Stellung der Räder k, aber nicht die der h, wird dabei genau dieselbe wie bei dem von Anfang an richtigen Verfahren. Die Ziffern des Quotienten selbst registriren sich ohne dass man sie nur beachtet, man braucht immer nur den Rest zu beachten.

Dasselbe gilt von allen Resultaten der Maschine, wenn man nicht sofort wieder anderweitigen Gebrauch von ihnen machen will. Man kann sie automatisch copiren, ohne sie anzusehen und zu beliebigem späteren Gebrauch aufheben. Eine Bemerkung über die Bedeutung der Zahl kann seitlich angefügt werden, wenn diese sich nicht aus der Reihenfolge auf dem Papier ergiebt. Dies gilt insbesondere für Zwischenresultate bei vielgliedrigen Productensummen oder -Aggregaten. In den durch die Räder k gegebenen Quotienten hat man dann auch mit negativen Ziffern gar nichts zu thun. Dasselbe gilt ohnehin für die fortwährend zu beobachtenden Reste in den A abgesehen von der links ersten in Betracht kommenden Ziffer, die negativ zu setzen ist, wenn der ganze Rest negativ ist. Geht dieser von einem postiven Werth in einen negativen Werth über, so gehen gleichzeitig alle Räder A links von denen, deren entsprechende H unmittelbar bewegt werden, durch 0 und stehen zunächst dann zwischen 9 und 0. Dabei giebt stets A_{15} das schon besprochene Signal. Ist dann z. B. die Zahl, wie sie durch die dem Index DD nächst vorausgehenden Ziffern bestimmt wird, 999923,7 u. s. w., so hat man dafür anzunehmen $\overline{1}23{,}7$ u. s. w. Dass die jeweiligen Einerzeichen irgendwie zu markiren sind, bedarf keiner Bemerkung.

Hat man zur Auflösung einer Proportion $\frac{a \cdot b}{c}$ zu bilden, so wird man natürlich, nachdem Alles auf Null gestellt, mit der Bildung des Productes $a . b$ beginnen, welches dann als Dividend für den Divisor c in den A steht. Vor Beginn der Division hat man die Räder h oder k, welche den Quotient angeben sollen, auf Null zu stellen. Hängt man etwa bei der Multiplication die Zahnstange bei i, bei der Division die bei m aus, so erhält man schliesslich durch einen Druck nebeneinander den Multiplicator a, den Rest der Division von $a . b$

durch c und den Quotienten dieser Division. Der Multiplicand b und der Divisor c sind im Hilfsapparat Fig. VI oder den erwähnten diesen ersetzenden Einrichtungen abzudrucken.

Wie bei der Division vom Dividenden, so sind bei Wurzelausziehungen von der gegebenen Zahl Summen von Producten abzuziehen. Bei der Quadratwurzelausziehung, bei welcher wie bei allen Zahlenrechnungen mit der Feder sowohl, wenn man sich daran gewöhnen will, wie mit der Maschine die Benutzung der negativen Ziffern grosse Vortheile gewährt, ohne unter den oben erwähnten leichten Modificationen der Maschine unentbehrlich zu sein, kann man etwa folgendermassen verfahren nach der bekannten vom Einerzeichen ausgehenden Zusammenfassung von je zwei Ziffern. Für die erste Ziffer links wird man, um die Stellenzahl nicht zu vergrössern, wie sonst üblich auch 6, 7, 8 oder 9 gebrauchen können. Bei strenger Durchführung des Princips aber müsste man, sobald in der ersten Abtheilung bei gewöhnlicher Darstellung der Zahl nicht weniger als 25 steht, eine Stelle mehr annehmen und die erste mit 1 besetzen, entsprechend der Darstellung von 5, 6, 7, 8, 9 durch $1\bar{5}$, $1\bar{4}$, $1\bar{3}$, $1\bar{2}$, $1\bar{1}$. Wenn allgemein die durch die schon gefundenen Ziffern bestimmte Zahl mit a, die nächste Ziffer mit b bezeichnet wird, so hat man, nachdem a^2 an geeigneter Stelle abgezogen ist, nach Fortrückung um eine Abtheilung noch $10 \,.\, 2ab + b^2$ abzuziehen. Wenn der absolute Werth der positiven oder negativen Ziffer b nicht 5 überschreiten darf, so wird b^2 immer nur einen unbeträchtlichen Theil des ganzen Ausdrucks $10 \,.\, 2ab + b^2$ bilden, und wird b allermeistens gerade so zu bestimmen sein, als wenn einfach mit $10 \,.\, 2a$ zu dividiren wäre. Das a setzt man wie einen Divisor ein durch Verbindung der Zahnstangen $K_{12}\,K'_{12}$, $K_{11}\,K'_{11}$ u. s. w. mit den betreffenden Querstangen, wobei die den noch nicht bestimmten Ziffern entsprechenden Zahnstangen immer zunächst mit $M_0\,N_0$ verbunden sind. Die gegebene Zahl wird in den A vorher eingetragen, aus ihr werden beim Fortschreiten der Rechnung die successiven Reste, welche bald positiv, bald negativ sein können. Bei der erwähnten Division des Restes durch $10 \,.\, 2a$ tritt b in das auf die schon benützten rechts folgende Rad h und k, man hält sich auch hier am besten an die k, was ich hier nun allein verfolgen will. Ich subtrahire zunächst $10a \,.\, b$, verbinde dann die dem b entsprechende bisher mit $M_0\,N_0$ verbunden gewesene Zahnstange KK' mit der dem b entsprechenden Querstange MN. Bei Wiederholung der letzten

Bewegung der Scheeren wird dann $(10a + b) \cdot b$ abgezogen. Es ist also im Ganzen $10 \cdot 2ab + b^2$ abgezogen und in den k statt b nun $2b$ eingetragen. Da in derselben Weise in den vorausgegangenen Rädern k das Doppelte der vorausgegangenen Ziffern eingetragen war, wenn nur dasselbe auch besonders bei der ersten Ziffer geschehen ist, so ist im Ganzen in den Rädern k dann immer das Doppelte von $10a + b$ eingetragen, das ist das Doppelte der Zahl, welche bei Bestimmung der nächstfolgenden Ziffer an die Stelle des bisherigen a tritt. Es wurde hierbei noch nicht erwähnt, dass der Subtraction wegen b, ebenso $2b$ und die obenerwähnte statt $2a$ wieder zu benützende Zahl mit negativen Vorzeichen erscheinen, was bei den Rädern k, welche nicht negative Ziffern enthalten, lästig ist. Dem lässt sich leicht dadurch abhelfen, dass man bei diesen Rechnungen die in Fig. I bei m an $M_1\, N_1$ (vielmehr eine Verlängerung dieser Stange) befestigte Zahnstange lieber an $M_{\overline{1}}\, N_{\overline{1}}$ oder eine Verlängerung dieser Stange befestigt. Dasselbe wäre zu gleichem Zweck auch bei den oben beschriebenen Divisionen sehr nützlich.

VIII.

Mögliche Aenderungen in den Constructionen.

Den gleichmässigen Gang der zwei Scheeren kann man bequem auch dadurch sicherstellen, dass man dieselben statt wie in Fig. I in einer und derselben horizontalen Ebene, sich in zwei parallelen verticalen Ebenen bewegen lässt. Eine Ansicht von rechts giebt für diesen Fall Fig. VIII, die Bedeutung der Buchstaben ist dieselbe wie bisher. Die Enden der Querstangen sind dabei die Zapfen an den Punkten $M_{\overline{5}}, M_{\overline{4}}, \ldots M_5$ und $N_{\overline{5}}, N_{\overline{4}}, \ldots N_5$ und zwei einander entsprechende Stangen der Scheeren können durch zwei zu den Querstangen parallele Leisten fest verbunden werden, so dass die vier Stücke zusammen einen festen Rahmen bilden. Die beiden bei M_0 sich kreuzenden Stangen der einen Scheere bilden so je zusammen mit den entsprechenden parallelen in N_0 sich kreuzenden Stangen der anderen Scheere und mit den zwei mal zwei Querleisten zwei um $M_0 N_0$ drehbare solche Rahmen. An den oberen Querleisten sind Ringe (V, V') zum Einstecken des Daumen und eines anderen Fingers angebracht, mit welchen dann wie mit den Ringen einer gewöhnlichen Handscheere verfahren wird. Der Schieber $Q_1 Q_2 Q_3$ fällt so ganz weg. In den gewissermassen zu einer Doppelscheere verbundenen zwei Scheeren heben sich Druck und Gegendruck der zwei Finger auf ohne Inanspruchnahme des Widerstandes der Zapfen bei M_0 und N_0.

Anstatt die Zahlen in Potenzen von 10 je multiplicirt mit einer der 10 Ziffern 0 bis 9 oder einer der 11 von -5 bis 5 zu zerlegen, kann man sie auch in Potenzen von 100 zerlegen, je multiplicirt mit einer der 100 Zahlen 0 bis 99 oder einer der 101 von -50 bis $+50$. Entsprechend müssten die Zifferräder 100 oder auch 200 oder 300 oder 400 Theilstriche erhalten, müsste die Drehung eines solchen Rades um 100 Theilstriche die Drehung des links folgenden um einen Theilstrich bewirken, und müssten statt der 10 oder 11 Querstäbe MN 100 oder 101 solche vorhanden sein, oder, wenn nur die 10 oder 11 vorhanden sind, könnten auch besondere Einschaltungen für Zehntel vorgenommen werden, wie schon der Punkt i in Fig. I eine Einschaltung für die Mitte, in Fig. VIII für $^3/_4$ ergiebt. Hierzu könnten fünferlei Hilfsapparate wie in Fig. XXI dienen. Sollte z. B. an Stelle zweier benachbarter Multiplicandenziffern 31 eingesetzt werden, so würde man den Punkt a der Fig. XXI mit $M_3 N_3$, den Punkt b mit $M_4 N_4$, den Punkt c mit einer Zahnstange KK' verbinden. Bei den viererlei anderen Hilfsapparaten würden die mit 2, 3, 4, 5 in Fig. XXI bezeichneten Punkte dieselbe Rolle spielen wie in dieser Figur die Punkte 1. Diese Punkte und die Längen der Stäbchen, die sie mit c verbinden, könnten auch durch Schrauben veränderlich gemacht werden. Hierdurch könnte man die Bewegung einer einzigen Zahnstange schon einer beliebig gegebenen Zahl proportional machen. Würde man den Schieber $Q_1 Q_2 Q_3$ in Fig. I nicht immer an denselben Querstab, hier $M_{\bar{5}} N_{\bar{5}}$ befestigen, sondern mittels eines wie eben besprochen modificirten Hilfsapparates von der Art wie in Fig. XXI mit zwei aufeinander folgenden Querstäben MN verbinden, so könnte man auch durch eine einzige Bewegung mittels der Massstäbe $U_1 U_2$ eine Division mit einer beliebigen Zahl ausführen, oder zusammen mit der Multiplication durch eine einzige Bewegung einen Ausdruck $\frac{\alpha \cdot \beta}{\gamma}$ herstellen.

Das Princip der Zehnerübertragung durch Einschaltung eines kinematischen Elements von doppelter Bewegung lässt sich in der mannigfachsten Weise verwirklichen.

Eine Einrichtung, welche sogar Vorzüge vor der in Fig. II und III dargestellten hat, dagegen etwas grössere Breite beansprucht und die kleinen Räder nicht so schön verdeckt hat, ist im Horizontalschnitt längs der Achse BB bei einer willkürlich gewählten Stellung in Fig. IX dargestellt, in Verticalschnitten längs bb und cc der Fig. IX in Fig. X und XI. Es sind hier und bei den folgenden Figuren dieselben Buchstaben gebraucht wie bisher zur Bezeichnung derselben oder auch der für sie substituirten Elemente, nur G ist nicht mehr gebraucht. Wenn nämlich ein Zifferrad A mit zwei Elementen fest verbunden ist, deren eines Bewegung empfängt, anderes sie fortpflanzt, so sind diese durch A^1 und A^2 bezeichnet. Dasselbe gilt für F^1 und F^2, wenn sie fest verbunden für das bisherige F dienen. In Fig. IX, X, XI verhalten sich die Radien von A^2, F^1, F^2, A^1 wie $2:4:1:5$. Wenn H_2 ruht, bewirkt also eine Drehung von A_1 eine den zehnten Theil von dieser betragende Drehung von A_2, und wenn A_1 ruht, bewirkt eine Drehung von H_2 eine $^9/_{10}$ derselben betragende Drehung von A_2. Diese zwei Bewegungen, welche durch einen kleinen und einen grossen Pfeil angedeutet sind, addiren sich in A_2 genau wie bei Fig. II und III. Man hat hier den Vortheil, dass man die Achse BB stärker nehmen kann, und nicht, wie es beim früheren Fall bei grösserer Räderzahl nöthig ist, ohne in der Zeichnung besonders hervorgehoben zu sein, dieselbe an mehreren Stellen stützen muss. Natürlich kann man auch hier das in H drehbare System der auf der Achse E festen Räder F^1 und F^2 des Gleichgewichts und sicheren Ganges wegen doppelt anbringen.

Die Verbindung zwischen $A_1{}^2$ und $F_2{}^1$, sowie zwischen $F_2{}^2$ und $A_2{}^1$ könnte natürlich statt durch Verzahnung durch Schnüre geschehen. Es reicht aber, wie in zwei Ansichten in Fig. XII und XIII dargestellt, auch eine einzige Schnur hin, welche dann selbst als die Substitution für F anzusehen ist. Sie läuft über $A_1{}^2$ und $A_2{}^1$, deren Radien sich wie $1:10$ verhalten, und wird hin und zurück geleitet über zwei an H_2 schief angebrachten Rollen E_2 und E'_2. Wie in den bisherigen Fällen bewirkt eine Drehung von H_2 eine $^9/_{10}$ derselben betragende Drehung von A_2. Man darf nur, um dies zu erkennen, das ganze System zusammen sich drehend denken, und dann A_1 sich wieder zurückdrehend, während H_2 ruht, also A_2 sich um $^1/_{10}$ zurückdreht.

Man kann auch geradlinige statt der drehenden Bewegungen einführen, wobei dann der Eingriff der Zahnstangen KK' in die H erspart wird. Auch die Ziffern können auf Bändern oder geraden Stäben auftreten. Mit diesen könnte man auch Copirungen in plastischer Masse zum Stereotypiren vornehmen. Beispiele, welche keine weitere Erklärung bedürfen, sind in Fig. XIV bis XVII gegeben. Auch Fig. XX wird von selbst klar sein. Bei geradlinigen Bewegungen muss natürlich zwischen positiven und negativen Theilproducten geeignet abgewechselt oder bisweilen eine Rückstellung vorgenommen werden. In Fig. XVIII und XIX sind zwei Ansichten einer Einrichtung gegeben, welche besonders zu der oben erwähnten Uebertragung der Hunderter statt der Zehner, bei welcher nur die halbe Anzahl der Rädersysteme nöthig ist, geeignet wäre. Das Element F_2^2 von doppelter Bewegung ist hier eine Tangentialschraube, sogenannte Schraube ohne Ende, deren Drehungen der Zehner-, hier Hunderter-Uebertragung auf das Schraubenrad A_2^1 entsprechen, während sie beim Einklappen von KK' in das sie tragende Gehäuse H_2 ihrer Länge nach verschoben wie eine Zahnstange auf A_2^1 wirkt, entsprechend den unmittelbar eintretenden Theilproducten. Das Rad A_1^2 ist hier ein verzahntes Kegelrad, dieses greift in ein Kegelrad c_2 ein, welches, coaxial fest verbunden mit einem gefurchten Cylinder d_2, in besonderen festen, in den Figuren dargestellten Trägern sich drehen kann. Bei der durch das Gehäuse H_2 mitgetheilten axialen Bewegung des mit der Schraube F_2^2 coaxial fest verbundenen Zahnrades F_2^1 gleiten die Zähne von F_2^1 in den Furchen von d_2, gleichzeitig können diesem Rad F_2^1, also auch der Schraube F_2^2, Drehungen durch den Cylinder d_2 mitgetheilt werden, welcher dabei wie ein Zahnrad wirkt.

IX.
Schluss.

Der Verfasser hofft, dass diese Maschine sich als Gehilfe für die Rechnungen nicht nur der grossen Geldinstitute, Staatsverwaltungen und wissenschaftlichen Anstalten einführen wird, welche bisher schon die Thomasische oder ähnliche Maschinen benutzten, sondern auch je in der geeigneten Grösse und Anordnung bei der Mehrzahl der Kaufleute, Techniker und grösseren Gewerbetreibenden und bei allen Verwaltungsämtern. Sie leistet an Raschheit und Sicherheit und durch die Copirung mehr als eine viel mal theurere Thomasische Maschine. Für ein einzelnes Product vieler Factoren, für eine einzelne Potenz ausser dem Quadrat, und eine einzelne Wurzel ausser der Quadratwurzel mag logarithmische Rechnung den Vorzug haben, sogar, wenn drei Decimalen genügen, eine graphische Tafel oder ein Rechenschieber. Sobald jedoch Summen und Differenzen vorkommen, namentlich Aggregate von mehr als zwei Gliedern, siegt die Maschine. Das Beste bei ernsthaften, nicht nur Unterrichtszwecken dienenden, grösseren Rechnungen ist natürlich die Combination der je geeignetsten Mittel. Bei Rechnungen, welche der Controle wegen mehrmals gemacht werden, ist natürlich die Möglichkeit der Wiederholung desselben Fehlers umsomehr ausgeschlossen, je mehr die zwei Methoden verschieden sind. Die Thomasische Maschine würde sicher in weiteren Kreisen mehr Anklang gefunden haben, wenn sie nicht gegenüber dem schriftlichen Rechnen den durch meine automatischen Copirungen beseitigten Nachtheil gehabt hätte, dass man bei Verdacht eines Fehlers diesem nicht nachspüren konnte. Und ein solcher Fehler war natürlich leichter als bei mir möglich, wenn man, um mit 5 oder 9 zu multipliciren, eine Kurbel 5 oder 9 mal drehen musste, was bei den sich oft häufenden Widerständen so viel Zeit beanspruchte, dass man nicht davor geschützt war, inzwischen an etwas anderes zu denken und sich zu verzählen. Allerdings konnte man auch bei der Thomasischen Maschine die Multiplication mit 9 auf die mit —1 zurückführen, und ich habe bei meinen vielen Rechnungen mit derselben nie öfter als 5 mal die Kurbel gedreht. Da jedoch beim Uebergang zwischen Addition und Subtraction immer eine Umschaltung der Maschine nöthig war, so nahm man mit Unterbrechung der Reihenfolge die positiven Ziffern zusammen und die negativen zusammen, was immer viel Aufmerksamkeit erforderte. Dazu kam dann der sonderbare Mangel, dass man an den Quotientenrädern, die natürlich auch die Multiplicatoren registrirten, nicht erkennen konnte, ob sie in positivem oder negativem Sinn gedreht waren, ferner der höchst bedenkliche zu steter Aufmerksamkeit zwingende Missstand, dass die Zehnerübertragung noch vor dem Ende der Zifferräder aufhörte und trotzdem keinerlei Vorrichtung entsprechend dem oben beschriebenen Signal getroffen war.

Entsprechend den einleitenden Worten des Herrn Reuleaux a. a. O., dass die Maschine bestimmt sei, die Sklavenarbeit, hier die des Zahlenrechnens, aus der Welt zu verbannen, möchte ich meiner Maschine den Namen Rechenknecht beilegen, welcher ausdrücken soll, dass sie selbst den mechanischen Theil der Arbeit ausführt. Für die kleinen mit dem Einmaleins beginnenden Tafelsammlungen, welche sonst diesen Namen trugen, kann auch der andere übliche ohnehin nicht gleichbedeutende Name, Faullenzer, allein genügen. Dieser mein Knecht bedarf allerdings der Mitarbeit seines Herrn, ist jedoch dann so fleissig wie dieser selbst, zuverlässig und verschwiegen, und ermöglicht diesem sich den Geist frisch und frei zu erhalten zu den sachlichen Ueberlegungen, welche dem Zahlenrechnen vorausgehen und folgen müssen. Dieser Knecht wird ermöglichen, dass überhaupt mehr gerechnet und in den auf Rechnung angewiesenen Gebieten mehr geleistet wird. Auch ist zu hoffen, dass allmählich diese Gebiete von den Stammbesitzungen, den physikalischen, technischen und kaufmännischen Aufgaben aus sich auch über die zahlreichen socialen und politischen Fragen erstrecken werden, in welchen man, vor der allzugrossen Mühe der rechnenden Lösung erschreckend, sich auf schwankende Schätzungen einliess oder, ungeübt in mathematischer Weltanschauung, sich der Herrschaft des Gefühls preisgab oder den Täuschungen einer durch anderweite Interessen geleiteten Beredsamkeit.

Auch in den Unterrichtsanstalten, nicht nur zur Einübung auf das später zu gebrauchende Handwerkszeug, sondern auch zur Einführung in die Begriffe des Rechnens wird mein Rechenknecht von Nutzen sein. Er kann dazu in grösserem Massstabe ausgeführt werden, sodass er in einem Exemplare für die ganze Schule sichtbar ist. Da sich hierzu eine verticale Stellung besser eignet als die horizontale, so kann man hierfür die Enden der Zahnstangen KK' durch über Rollen laufende mit einem Gegengewicht gegen die Zahnstangen versehene Schnüre verbinden, oder besser Zahnstange und Zahnrad durch Kette und Kettenrad ersetzen.

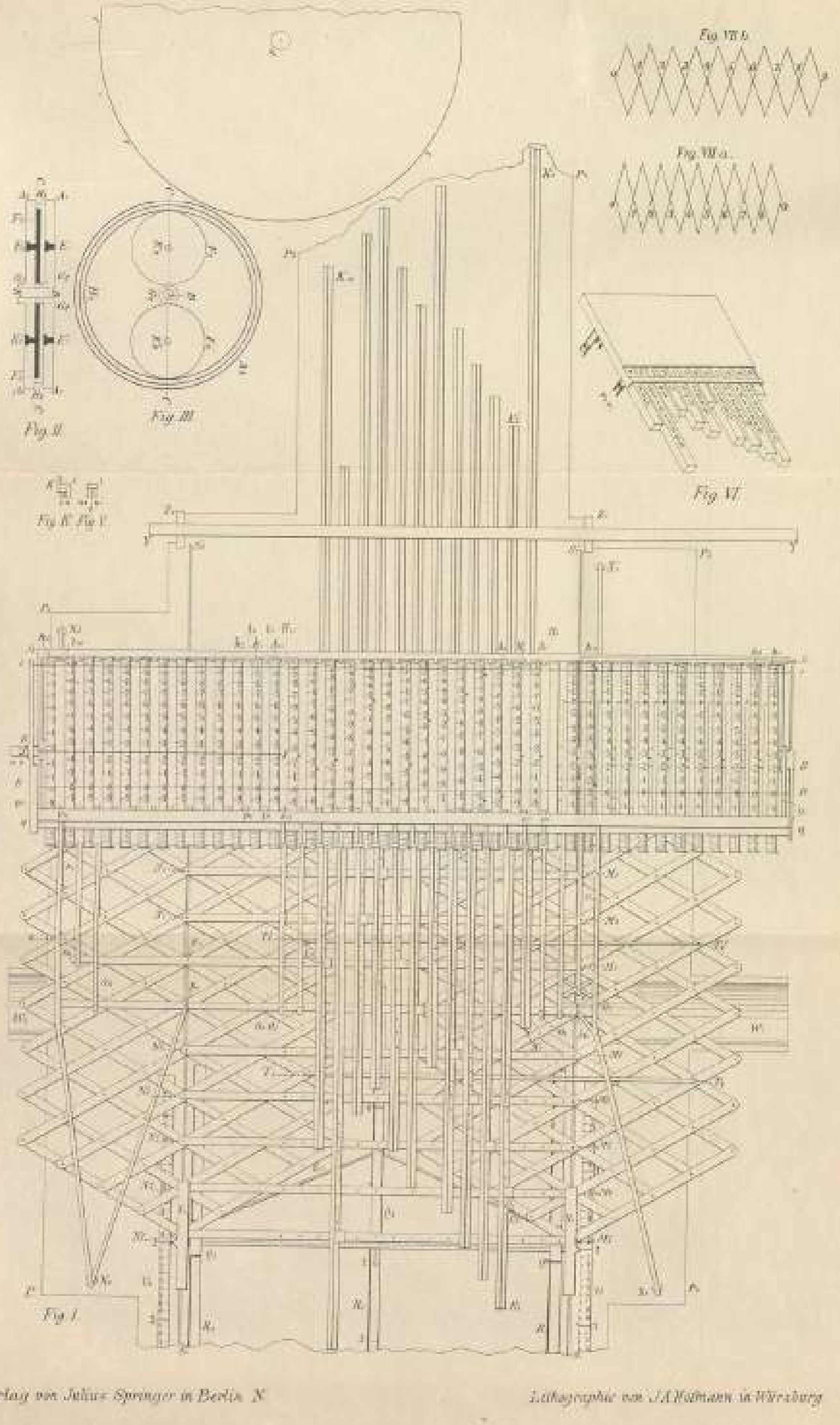
Für die erste auf das Zählen, Addiren und Subtrahiren beschränkte Stufe können dabei die Scheeren ganz wegbleiben. Ich habe einen kleinen Apparat construiren lassen, welcher für wenige Mark zu erwerben ist und bestimmt sein soll, die sogenannte

Russische Rechenmaschine zu verdrängen, den abacus, swân pân und soroban. Derselbe leistet dasselbe wie diese, nur dass die Zehner-Uebertragung und -Entlehnung eine automatische ist, er leistet also dasselbe wie die Pascalische Maschine und alle sogenannten Additionsmaschinen, nur dass er so billig, einfach und leicht ist, dass die Zeit wieder kommen kann, der die Horazischen Worte entstammen (Sat. I. 6, 74) Laevo suspensi loculos tabulamque lacerto (Hängend am linken Arm die Rechenpfennigkapseln und die Tafel). Er enthält auf einem Brettchen einfach 6 Sätze der Räder $A^1 A A^2 F^1 H F^2$ nach Fig. IX, X, XI, nur sind die A blos in 10 Theile getheilt, die H sind nicht Zahnräder, sondern Schnurräder, die 6 Schnüre, vorn über Röllchen laufend, die für die richtige Spannung der Schnüre mit Schrauben angezogen werden können, kreuzen 10 Querfurchen, welche mit 0, 1, 2, . . . 9 bezeichnet sind. Zur Addition einer Ziffer 1, 2, . . . oder 9 in die Einer, Zehner, Hunderter . . . fasst man die von rechts erste, zweite, dritte . . . Schnur bei 0 und führt den gefassten Punkt auf 1, 2, . . . oder 9. Zur Subtraction fasst man bei 1, 2, . . . oder 9 und führt auf 0. Die Spannung der ruhenden Schnüre genügt zur Festhaltung der Räder H. Die Schnüre können in den Entfernungen der Querfurchen, nämlich in Entfernungen von je $^1/_3$ des Umfangs der H Zeichen erhalten, welche dann immer über die Furchen zu liegen kommen. Besser sind gelochte Stahlbänder über Zapfenräder laufend. Es genügen für den Intelligenteren auch 6 statt der 10 Furchen. Dieselben werden links von hinten nach vorn (oben nach unten) laufend mit 0, 1, 2, 3, 4 bezeichnet mit Unterlassung einer Bezeichnung des letzten, rechts in der entgegengesetzten Richtung laufend mit 5, 6, 7, 8, 9, 10. Ist 1, 2, 3, 4 zu addiren in irgend einer Stelle, so fasst man die betreffende Schnur bei 0 und führt die gefasste Stelle auf 1, 2, 3, 4, also in der Richtung der steigenden Werthe, die durch einen links nach vorn (unten) zeigenden Pfeil neben den Zahlen noch hervorgehoben werden kann. Ist 5, 6, 7, 8, 9 zu addiren, so fasst man bei 5, 6, 7, 8, 9 und führt auf 10, nur muss man in diesen Fällen die links folgende Ziffer um 1 erhöhen. Auch hier wird also in der Richtung der steigenden Werthe bewegt, die durch einen rechts nach hinten (oben) zeigenden Pfeil hervorgehoben werden kann. Bei dem 10 steht ein Ausrufungszeichen, welches an die nöthige Vergrösserung der links folgenden Ziffer erinnern soll. Wäre man an die Darstellung durch — 5 bis + 5 gewöhnt, so wäre Alles ganz einfach und selbstverständlich, wie bei den 10 Furchen. Aber auch so ist es einfach genug. Anstatt 5, 6, 7, 8, 9 zu addiren, wurde nach obiger Regel 5, 4, 3, 2, 1 subtrahirt und 10 addirt, dieses Addiren von 10 aber durch Addiren von 1 in der links folgenden Stelle ersetzt, wobei dann, wenn in dieser Stelle schon 4 stand, auch eine Führung von der ersten Furche 0 auf die letzte vorkommen kann. Dasselbe kann auch ohne dies in den Einern vorkommen.

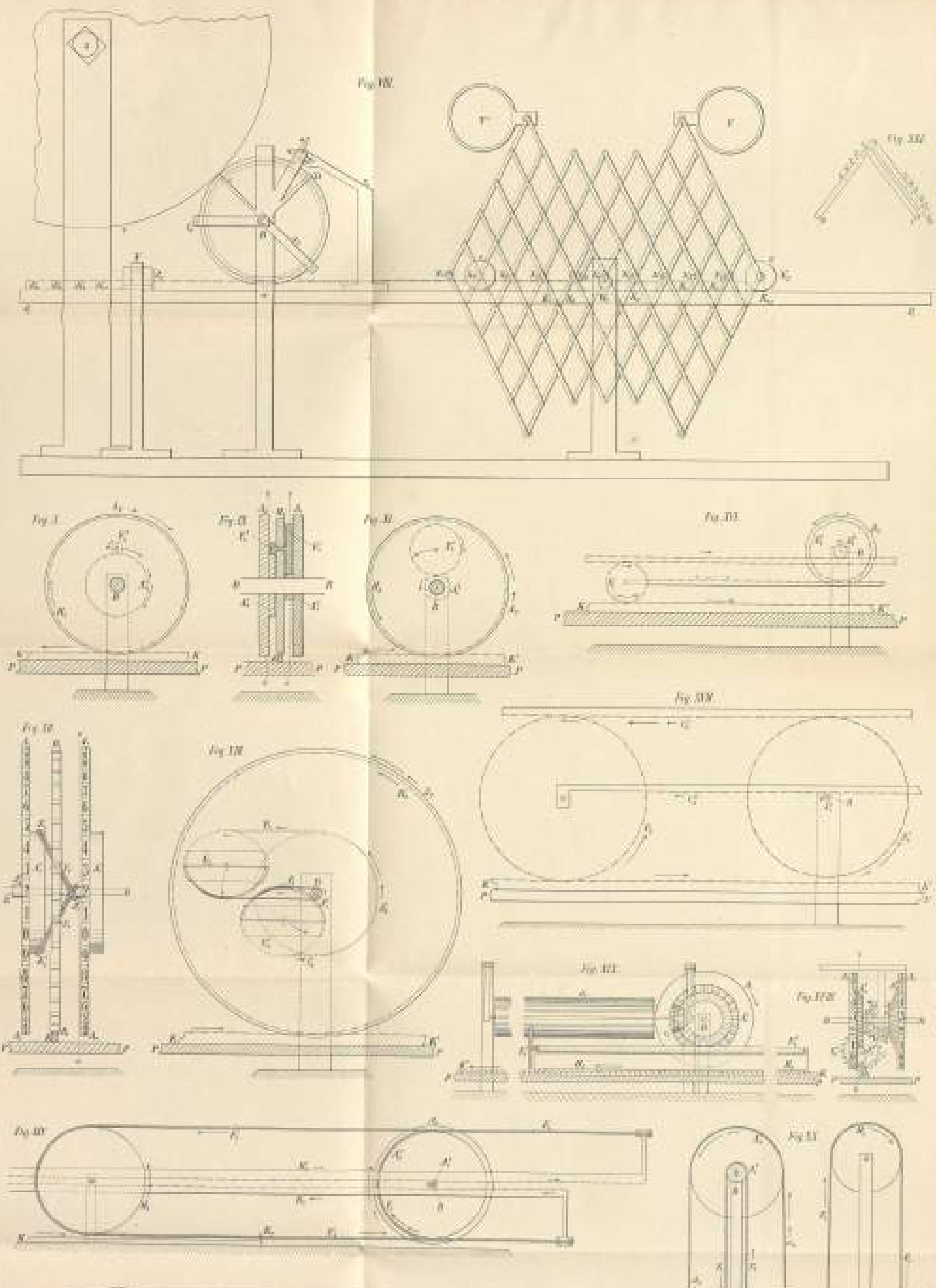
Der Verfasser ist zu brieflichen weiteren Auskünften gerne bereit.

Will Jemand den eingesetzten Multiplicand durch einen Apparat wie in Fig. VI copiren und dabei auch hier jede Rücksicht auf die negativen Ziffern vermeiden ohne sonst auf ihre Vortheile zu verzichten, so dürfen die 12 indirect oder direct die 12 Nägel L tragenden Stäbe dieses Apparates nicht selbst die Ziffern tragen, sondern sind die Ziffern 5, 6, 7, 8, 9, 0, 1, 2, 3, 4, 5 auf 12 besonderen zu jenen parallelen 12 Stäbchen anzubringen, welche zu jenen in dieselbe Beziehung treten wie die Zifferräder A zu den Zahnrädern H in Fig. IX, X, XI. Den Zahnrädern A^2 und A^1 entsprechen dabei zwei kurze geradlinige Verzahnungen, den Rädern F^1 und F^2 zwei coaxial verbundene Zahnräder mit dem Radienverhältniss 10 : 1.

Werden für die KK' und H Ketten und Kettenräder benützt, so müssen bei den seitlichen Verschiebungen der Platte P_1 P_2 . . . P_6 die Stiften L je eine Kette verlassen und in die folgende eintreten. Nimmt man nicht geschlossene Kettenglieder, so kann dieses Aus- und Eintreten durch blos seitliche Verschiebung geschehen und zwar bei jeder Lage der Scheeren, wenn die bei der Nulllage stattfindenden Entfernungen zwischen den Punkten M oder N mit dem für eine Einheit des Products von der Kette zurückzulegenden Weg übereinstimmen. Die Leerbewegung der Scheeren kann dann geschehen während die Stiften L infolge seitlicher Verschiebung der Platte P_1 P_2 . . P_6 je zwischen zwei Ketten sich befinden, so dass die Kippbewegungen dieser Platte nicht mehr nöthig sind. Weniger dürfte es sich empfehlen auch ihre seitlichen Bewegungen zu ersetzen durch seitliches Verschieben der Stiften L längs der Querstäbe MN. Ebensowenig dürfte es sich empfehlen von den Querstäben M_1 N_1 bis M_5 N_5 aus, den positiven oder negativen Multiplicandenziffern entsprechend, Eingriffe in die oberen oder unteren Kettenläufe herbeizuführen, obgleich dadurch die Querstäbe M_1 N_1 bis M_5 N_5 entbehrlich gemacht würden.



Verlag von Julius Springer in Berlin N.
Lithographie von J. A. Hofmann in Würzburg.



Verlag von Julius Springer in Berlin. N.
Lithographie von J.B. Hofmann in Würzburg.