311.
R44

DIE

sogenannte

MASS. INSTITUTE
OF
TECHNOLOGY
MAR 8 1894
LIBRARY.

THOMAS'SCHE RECHENMASCHINE

Für Mathematiker, Astronomen, Ingenieure, Finanzbeamte, Versicherungs-Gesellschaften und Zahlenrechner überhaupt

VON

F. REULEAUX

PROFESSOR

ZWEITE UMGEARBEITETE UND ERWEITERTE AUFLAGE

Mit einer lithographirten Tafel

LEIPZIG

VERLAG VON ARTHUR FELIX

1892

Vorwort zur ersten Auflage

Die vorliegende Abhandlung hat den Zweck, in Deutschland ein Instrument bekannt zu machen, welches von allen denjenigen gekannt sein sollte, die sich viel mit Zahlenrechnungen zu beschäftigen haben; dieses Instrument ist die Rechenmaschine des Elsässers Thomas. Mit derselben kann man schnell und leicht verwickelte und sonst sehr mühsame Rechnungen ausführen, und sie ist daher in Frankreich schon sehr verbreitet. Man findet sie dort auf den Bureaux der Finanz- und Steuerbeamten, der Versicherungsgesellschaften, Rentenanstalten usw., der Maschinen- und anderen Fabriken, der Maschinen-, Bau- und Bergwerks-Ingenieure, auf den Schreibtischen der Mathematiker, insbesondere der Astronomen und Arithmetiker und der Physiker, sowie der Freunde mathematischer Wissenschaften überhaupt. In wenigen Jahren hat sich dort die Bedeutung und der Werth des Instrumentes Geltung verschafft und gewinnt dazu täglich mehr. Bei uns dagegen besteht eine fast gänzliche Unbekanntschaft mit diesem geistreichen mathematischen Werkzeug, so sehr vereinzelt haben sich die Exemplare desselben bei uns eingefunden. Eine allgemeinere

19833

Verbreitung desselben und eine Würdigung seiner ganz ausserordentlichen Vorzüge möchte ich durch diese Blätter anregen, möchte dazu beitragen, dass der **Arithmometer** sich recht bald auch bei uns in den Händen aller derer befinde, welche mit den Leiden des Zahlenrechnens eine nähere oder entferntere Bekanntschaft zu machen gezwungen waren. Daher wünsche ich denn dieser kleinen Schrift eine recht freundliche und vielseitige Aufnahme.

Zürich, im Juni 1862

Der Verfasser

Vorwort zur zweiten Auflage

Dreissig volle Jahre sind dahin geflossen, ehe meine kleine Schrift der erneuten Auflegung bedurft hat. Dass dies nunmehr, wenn auch spät, eingetreten ist, beweist, dass die im ersten Vorwort ausgesprochene Hoffnung, der Arithmometer werde sich bei uns verbreiten, in Erfüllung gegangen ist. Die Langsamkeit erklärt sich wesentlich aus zwei Gründen. Der eine liegt im hohen Anschaffungspreis der Maschine, der andere wichtigere aber darin, dass dieselbe nicht bei uns angefertigt wurde, man vielmehr auf die Bezugsquelle Paris angewiesen war, woselbst anscheinend der geschäftlichen Weiterführung nicht mehr die alte Aufmerksamkeit zugewandt wird. Bei uns hat inzwischen Herr Civilingenieur Arthur Burkhardt in Glashütte die Herstellung der Rechenmaschine aufgenommen und nach mehreren Jahren opfervoller Einleitungsarbeiten auf eine Stufe gebracht, welche unsrer heutigen entwickelten Technik würdig ist und die ältere, von Thomas und seinen Beauftragten erreichte, nicht unwesentlich überragt. Die Folge ist gewesen, dass der Begehr nach der Rechenmaschine rasch bei uns gestiegen ist und sich demzufolge die Segnungen, welche der fein erdachte Mechanismus für den

thätigen Zahlenrechner birgt, erfreulich in immer weiter werdende zu verbreiten begonnen haben.

Herr Civilingenieur Burkhardt nennt seine Arbeitsstätte die »Erste deutsche Rechenmaschinenfabrik«, mit welcher Bezeichnung er Recht hat, wenn sie auch etwas lang ist; vielleicht schleift sie sich deshalb noch ab. Es ist aber der Bezeichnung innerlich noch etwas hinzuzufügen, also etwas hinzuzudenken, nämlich: dass der wesentliche Theil der vorliegenden Erfindung Deutschland zufällt. Auf der Londoner wissenschaftlichen Leihaustellung 1876 trat dies ins Licht, indem an der Hahn'schen Rechenmaschine aus dem vorigen Jahrhundert sich alle Hauptleistungen der Thomas'schen schon verwirklicht vorfanden. Neuere Untersuchungen haben noch bedeutend weiter gehende Aufklärungen über die Erfindungsgeschichte der Maschine gebracht. Ich habe darum auf dem Titel die Maschine als die sogenannte Thomas'sche Rechenmaschine bezeichnet. Im fünften Abschnitt des Textes findet man das Weitere.

Die Tüchtigkeit, mit der die Burkhardt'sche Werkstätte die Maschine ausführt, ist im hohen Grade erfreulich. Dank der Beschaffung einer grossen Anzahl von Hülfsmaschinen und Hülfsvorrichtungen fertigt die Werkstätte nun die Einzeltheile der Maschine so genau und sauber an, wie es bei der französischen Maschine nicht erreicht worden war. Dadurch hat die Dauerhaftigkeit des Werkes bedeutend zugenommen. Mit grösseren Kosten, aber auch mit besonderem Erfolge werden die Zifferscheiben, statt mit aufgemalten, mit eingegrabenen Zahlzeichen versehen, die schwarz auf hell stehen und sich etwas leichter lesen, als die weiss auf schwarzem Grund gemalten, die sich überdies nach längerem Gebrauch nicht selten verwischten.

In der Vorzüglichkeit der Herstellung beruhen vor allem die Verbesserungen, die Herr Burkhardt angebracht hat. Auf einige andere hübsche Neuerungen werde ich indessen im Text mehrfach zurückzukommen haben. Im Ganzen sind die Burkhardt'schen Maschinen so zuverlässig, gut und dauerhaft ausgeführt, wie es für den Gegenstand gewünscht, ja gefordert werden muss, wenn der Techniker sie dem praktischen Rechner anbieten will.

Zahlreiche Anwendungen hat die Rechenmaschine in Versicherungsgesellschaften und statistischen Anstalten gefunden; an beiden Stellen ist die Maschine so zu sagen unentbehrlich geworden. In dem grossen Kreise praktischer Rechner im Maschinen- und Bauingenieurwesen kann sie aber noch weit mehr Anwendung finden, als bisher. Für das letztere Gebiet reicht die 6/12stellige Maschine aus, für das erstere bedarf es aber 8/16stelliger, unter Umständen 10/20stelliger Maschinen. Der nicht kleine Anschaffungspreis ist bald eingebracht durch die Zeit- und Mühersparniss, die die Maschine gewährt. So kann denn heute, wo unsere mechanische Technik, und also auch deren Rechenbedürfniss, so bedeutend gewachsen ist, dass sich z. B. die Gesammtstärke der deutschen Dampfmaschinen in den letzten zwanzig Jahren rund verdoppelt hat, der deutschen Rechenmaschine eine gute Zukunft vorausgesagt werden.

Berlin, im August 1892

F. Reuleaux

Nachschrift

Die für Mitte September dieses Jahres angesagte Versammlung der Naturforscher und Aerzte in Nürnberg hat wegen der Choleragefahr unterbleiben müssen, mit ihr die in frohe Aussicht genommene »mathematische Ausstellung«, welche die neueingerichtete »Mathematiker-Vereinigung« veranstalten wollte. Die Rechenmaschine hatte auf dieser Ausstellung würdig vertreten werden sollen. Die Zuschaustellung der im Besitz der Frau Herzogin von Urach befindlichen Hahn'schen Rechenmaschine war huldreichst zugesagt; von der Technischen Hochschule zu Berlin waren die im Text erwähnten Maschinen von Beireis und von Schuster schon eingesandt; Herr Burkhardt in Glashütte hatte drei seiner Maschinen angemeldet; ich hatte beabsichtigt, einen erläuternden Vortrag zu dieser Ausstellungsabtheilung zu halten. Hoffentlich haben wir die »mathematische Ausstellung«, welche sehr viel Fesselndes und Anregendes versprach, nur als verschoben zu betrachten. Die Zwischenzeit könnte aber benutzt werden, um den Spuren der Rechenmaschine in Deutschland noch genauer nachzugehen. So lässt sich wohl annehmen, dass die Müller'sche Rechenmaschine, die im Text erwähnt ist, noch vorzufinden sein werde; vielleicht findet man auch noch die Leupold'sche in der Ecke einer Modellkammer, vielleicht noch mehr, sodass man der Hoffnung Raum geben darf, den Gegenstand in naher Zukunft noch heller geschichtlich beleuchtet zu sehen, als es heute möglich ist.

Im September 1892

R.

I.

Einleitung

Das Maschinenwesen, das in der Entwicklung, die ihm seit anderthalb Jahrhunderten zu Theil geworden, sowohl ungeahnte, ungeheure Kraftleistungen zur Verfügung gestellt hat, als auch die erstaunlichste Feinheit der Bewegungen bei ganz verschwindend kleinen Kräften verwirklicht, ist dabei zu einem Kulturträger herangewachsen, ohne den wir uns die Fortentwickelung des Menschengeschlechtes nicht mehr denken können. Dabei ist ihm gleichzeitig, wie von selbst, ein Hauptantheil an der kulturgeschichtlichen Aufgabe zugefallen, die Menschheit einer edlen Freiheit zuzuführen, indem es derselben sowohl die rohen, mühvoll beschwerlichen, als auch gewisse, zwar feinere, aber geisttödtende Arbeiten abnehmen kann. Unausgesetzter Fleiss hat die Maschine in dem genannten Sinne mit einem Erfolge eingeführt, der früher für unmöglich gehalten wurde, obwohl schon viele gute Maschinen lange bekannt waren. So erweist sich denn die Maschine als Befreierin, als Löserin der Bande der Sklaverei. In etwas unbestimmter Form deutete Aristoteles in seiner »Politik« (I, Kap. 2,5) diesen Gedanken schon an. Er untersucht daselbst, nicht ohne die sichere Einseitigkeit dessen, der besitzt, die Sklavereifrage philosophisch und sagt dabei: »Freilich, wenn jedes Werkzeug aufs Geheiss, oder gar dasselbe im

voraus errathend sein Werk verrichten könnte, wie das die Statuen des Dädalos, sagt man, thaten, oder die Dreifüsse des Hephästos, von denen der Dichter singt, dass sie ganz von selbst in die Versammlung der Götter rollten*) — wenn so auch die Weberschiffe selbst webten und die Zitherschlägel die Zither schlügen, dann freilich brauchten die Baumeister weder Handlanger, noch die Herren Sklaven.«

Wir dürfen diesem Versuch, die Sklaverei als unentbehrlich hinzustellen, nicht allzuviel Werth beilegen, selbst nicht als einer seherischen Voraussagung. Besonders tiefgründig ist hier der Stagirite überhaupt nicht. Denn das Zitherschlagen der Alten, heute Klavierspielen genannt, wird keineswegs von uns als Sklavenarbeit angesehen, sehr oft sogar als zu weit getriebene Freiheit, und die Weberschiffchen schleudert uns zwar die Maschinenkraft hin und her, aber die Leitung, ja allein schon die Beaufsichtigung der Maschine Webstuhl erfordert noch immer eine ermüdende menschliche Thätigkeit. Ueberhaupt spannt der Kampf ums Dasein die menschliche Kraft und Ausdauer in noch weit höherem Grade an, als im Alterthum. Und dennoch haben die atlantischen Nationen die Sklaverei abgeschafft. An der Herabsetzung des Grades der Beanspruchung aber arbeiten wir, arbeitet die ganze denkende Welt unablässig, und hierhin gehören auch die Bestrebungen, das Rechnen zu erleichtern. Denn unter

---

*) Ilias 18, 372 ff. Thetis besucht Hephästos:

Ihn dort fand sie im Schweiss um die Blasebälge beschäftigt,
Eifrig: denn Dreifüss' bereitet' er, zwanzig in allem,
Rings zu stehn an der Wand des wohlgegründeten Saales.
Goldene Räder befestigt' er jeglichem unter dem Boden,
Dass sie aus eigenem Trieb in die Schaar eingiengen der Götter,
Dann zu ihrem Gemach heimkehreten, Wunder dem Anblick.

Wir haben, nebenbei bemerkt, vielleicht anzunehmen, dass dem Dichter aus eigener Anschauung unterschiente Wagen mit Tempelgeräthen, wie etwa die Kesselwagen im Salomonischen Tempel, bekannt gewesen sind, da im westlichen Asien wichtige Tempelgebräuche weit verbreitet sein mochten. Dort, in Jerusalem, waren es zehn solcher fahrbaren, vierrädrigen Geräthe, fünf an jeder Seite (I. Könige 7, 27 ff.). Dass bei Homer gerade die Zehnzahl verdoppelt vorkommt, scheint mir bemerkenswerth, da den zwölf Göttern doch nur zwölf, oder dann vierundzwanzig Dreifüsse entsprechen würden.

die drückendsten Arbeiten, kaum besser als die Handlangerei beim Baumeister des Aristoteles, gehört die geistige Handlangerei grosser Zahlenrechnungen, wie sie der Maschinen-, Bau-, Berg- und Militäringenieur, der Physiker, der Astronom und der Zahlenmathematiker in Versicherungsgesellschaften, Rentenanstalten, der Steuer- und Finanzbeamte, der Statistiker viele Stunden, Tage, Wochen, Monate lang auszuführen haben, wenn ihnen nicht die Maschine hilft. Fast keine geistige Erschlaffung ist so gross wie diejenige nach tagelang fortgesetzter Beschäftigung mit dem Abstraktum der Zahlen, namentlich in höheren Rechnungsarten, und bekannt ist es, dass es bis jetzt nicht menschenmöglich gewesen ist, Logarithmentafeln fehlerfrei zu rechnen, indem der menschliche Geist sich entschieden zu sträuben scheint, in die unbeugsame Maschinenmässigkeit einzutreten, welche dafür gefordert wird. Es musste deshalb eine Erfindung mit Freuden begrüsst werden, welche die Sklaverei des Rechnens zu brechen gekommen ist, und es ist eine solche, auf welche ich hier aufs neue die Aufmerksamkeit der deutschen Rechner lenken möchte.

Mechanische Vorrichtungen zum Rechnen hat man schon früh gemacht; die Wiederkehr gleicher Vorgänge musste dazu anreizen, sobald das Rechenbedürfniss allgemeiner wurde. Von dem Rechnen mit losen Steinchen bei Griechen (*psephos*, *psephizein*) und Römern (*calculos ponere*, *calculare*) war nur ein kleiner Schritt zum Rechenbrett, nachdem man das Zehnerwesen der Finger auf die Steinchensetzung übertragen*). Auf dem Rechenbrett sind die früher losen Steinchen reihenweis geordnet, auf Schnüre oder Drähte gezogen oder auch in Rinnen geleitet, deren Neben- oder

*) Vor hundert Jahren hat Europa begonnen, die natürliche Zehnerzählung auf Münzen, Längenmaasse, Hohlmaasse, Gewichte einheitlich anzuwenden, eine wichtige Verkehrserleichterung, in welcher wir uns Frankreich nach drei Vierteljahrhunderten angeschlossen haben. Bemerkenswerth ist, dass die Chinesen hierin Europa schon lange vorangegangen sind, indem sie schon 2700 vor unserer Zeitrechnung (unter Kaiser Hoangti) nicht bloss Münzen, Längenmaasse, Hohlmaasse, Gewichte, sondern auch noch obendrein die Stimmung der Musiktöne (Pfeifenlängen) streng einheitlich nach einem Naturmaass dem Zehnerwesen unterworfen haben. (Deutsche Ges. f. Nat. u. Völkerkunde Ostasiens in Tokio 1877.)

Aufeinanderfolge die Rangordnung der Zahlen versinnlicht. Bis heute ist das Rechenbrett ein werthvolles Hülfsmittel geblieben, nicht nur für unsere Kinder, sondern auch für den Gebrauch ganzer Völker im Handel. Die erstaunliche Schnelligkeit, mit der Chinesen und Japaner auf ihm arbeiten*), gestattet uns auch Rückblicke in die Rechnerei der Alten. Denn dass die Römer das Rechenbrett, Abacus genannt, kannten, wissen wir aus erhaltenen Mustern, und müssen es bei den Hellenen ebenfalls als bekannt annehmen. Bei Benutzung des Brettes aber schwinden die Schwierigkeiten, die die römischen Zahlzeichen mit ihrem Neben- Vor- und Hintereinander für unsere Rechnungsweise bereiten, ganz dahin. Wir haben deshalb auch nicht anzunehmen, dass die Zuführung der sog. arabischen oder indischen Ziffern durch Gerbert im zehnten Jahrhundert ein so grosses Aufsehen gemacht hätte, wie vielfach geglaubt wird. Diese Neuerung war bloss ein Schritt unter vielen, die in der Rechenkunst zu machen waren. Wie gross wäre denn auch der Unterschied zwischen der griechischen Zifferbezeichnung durch Buchstaben des Alphabets und dem ganz ähnlichen Verfahren der Inder, die die Anfangsbuchstaben der Sanskritwörter für die einfachen Zahlen benutzten? Unsere Ziffern sind noch heute nichts anderes, als abgeschliffene Sanskritbuchstaben. Gerberts grosses Verdienst beruht aber darin, dass er die neuen Zeichen in Verbindung brachte mit den Vorarbeiten der alexandrinischen Mathematiker und uns diese in ihnen vorführte. Der geschriebene Abacus, ein ausgedehnteres Einmaleins, den er von den Arabern mitbrachte, leistete ihm beim Lehren die grossen Dienste, durch die er seine Schüler so rasch förderte.

Mit diesen geschriebenen Rechenstäben wurde denn auch

---

*) Statt der zehn Kugeln unsrer Schul-Rechenbretter und der Russen haben Chinesen und Japaner meist nur fünf Scheibchen in jeder Reihe, ein sechstes jenseits eines Trennungsstabes als Fünfer. Vier Einerscheibchen würden auch schon ausreichen. Das Rechenbrett dient in Ostasien wesentlich zum Zu- und Abzählen. Das Vervielen (Multipliziren) und Theilen lässt sich ja auch darauf ausführen, ist aber zu zeitraubend, um noch viel angewandt zu werden.

Jahrhunderte lang weiter mechanisch gerechnet, in allerlei Formen. Die Logarithmenerfindung (durch Jobst Bürgi, den trefflichen Gehülfen Keplers) gab dieser Richtung, die nun gezeichnete Rechenstäbe anwenden konnte, eine Lebhaftigkeit, die bis heute nicht erloschen ist und im »Rechenschieber« bis zur Stunde uns ihre werthvollen Dienste leistet.

Zur eigentlichen Maschine zum Rechnen, worin zwangläufige Bewegungen Zeiger oder Ziffern so stellen, dass sie die gesuchten Grössen darstellen, ist erst Pascal (etwa 1643) gelangt. Seine Maschine wird noch in Paris, im Conservatoire d. A. et M., aufbewahrt. Ihre Grundanordnung ist nicht übel, ihre Mechanismen aber sind unbehülflich ausgedacht — Pascal war erst zwanzig Jahre alt, auch das Maschinenwesen noch so jung — die Ziffern stehen auf Scheiben, die man einzeln, mit einem Pfriem, um soviel Stellen drehen muss, als Einheiten ab- oder zugezählt werden sollen. Zu- und Abzählen geht in derselben Drehungsrichtung vor sich, indem zwei Ziffernringe, einer schwarz, einer roth, von entgegengesetzter Aufsteigung, angebracht sind; die schwarzen Zeichen gelten beim Zuzählen, die rothen beim Abzählen. Als Merkmal der Jugendlichkeit der Maschine selbst, wie ihres Erfinders, muss es auffallen, dass Eintheilung und Beziehung auf »Livres«, »Sols« »Deniers« (1 Livre = 20 Sols, 1 Sols*) = 12 Deniers) lauten, somit wesentlich nur Zu- und Abzählen von Geld beabsichtigt war; zu dem reinen freien Begriff des Rechnens war der Gedanke des jungen Erfinders noch nicht aufgestiegen.

Nach Pascal kommt Grillet, Uhrmacher Ludwigs XIV., mit einigen Verbesserungen, bleibt aber bei der Einzelstellung der Scheiben; die Maschine ist vermuthlich auch noch in Paris vorhanden. Dann reihen sich Andere an; erwähnt sei namentlich Leibniz, von dessen Maschine (1672—76) wir bisher nur wenig aus Besprechungen (nicht Beschreibungen) und einem äussern Bild kannten, deren rechte Vollendung dem grossen Gelehrten aber nicht so gut gelang wie zu wünschen war, obwohl er laut einem erhalten gebliebenen Brief 20000 Reichsthaler darauf

*) Solidus; daher das s auch in der Einzahl.

wandte. Zwei oder vielleicht drei der Maschinen sind ausgeführt worden.

Ich überspringe ein Jahrhundert, in welchem, wie man bis vor einiger Zeit als ausgemacht annahm, alle noch angestellten Erfindungsbestrebungen erfolglos gewesen wären, um aber weiter unten auf Leibniz und seine Maschine zurückzukommen, und erwähne vorerst die wichtigen Bestrebungen von Babbage.

Dieser englische Privatgelehrte begann 1821 den Bau einer, bis zu bedeutendem Ruhm gelangten Rechenmaschine, die sehr schwierig zu bauen war und 1842 zu einem Theil, der gut und gangbar ist, fertig wurde. Sie hatte bis dahin einen Kostenaufwand erfordert, zu dem die Regierung 340 000 Mark zugeschossen, wurde aber dann unfertig stehen gelassen, da die vollständige Fertigstellung noch einen weiteren Zuschuss von derselben Höhe beanspruchen sollte, der verweigert wurde. Babbage († 1871) erlebte indessen noch die volle Verwirklichung des seiner Maschine zu Grunde gelegten Gedankens in der erfolgreich ausgeführten Rechenmaschine der Schweden Scheutz, Vater und Sohn.

Diese Maschine, obgleich gänzlich verschieden in Zweck und Mitteln von der unten zu besprechenden, verdient hier eines kleinen Verweilens, da sie weder im allgemeinen genug gewürdigt, noch auch ihrem Zweck und Erfolg nach genug bekannt scheint. Die Maschine von Babbage und danach die Scheutz'sche hat nicht den Zweck, beliebige Rechnungen zu vollbringen, sondern dient einzig und allein zur Herstellung von Zahlentafeln, in welchen gesuchte Ergebnisse von Formeln für eine Anzahl von geordneten Werthen der gegebenen Grössen zusammengestellt sind, und beruht darauf, dass bei solchen Zahlenfolgen sich durch fortgesetztes Bilden der Unterschiede aufeinanderfolgender Werthe schliesslich Zahlenreihen von lauter gleichen Gliedern ergeben. So z. B. finden sich, wenn man die Folge der Quadrate der natürlichen Zahlenreihe in der genannten Weise behandelt, die nachstehenden Zahlen:

0 1 4 9 16 25 36 49 . . . .
1 3 5 7 9 11 13 . . . .
2 2 2 2 2 2 . . . .

Also schon die dritte Restenfolge besteht aus gleichen Gliedern. Zählt man nun das erste Glied der zweiten Reihe zu einem der dritten, so erhält man das zweite Glied der zweiten Reihe, durch fernere Zuzählung des unveränderlichen Restes das dritte usf. Verfährt man darauf von der zweiten zur ersten Reihe ähnlich, so ergibt sich — die letzte Restenreihe von unveränderlichen Gliedern, und die ersten Glieder der übrigen Reihen als bekannt vorausgesetzt — die ganze unendliche Folge der Quadrate der natürlichen Zahlenreihe durch fortgesetzte Zuzählung, welche für die Maschine nahe liegt. Auf diese Grundlage hin, der es zu statten kommt, dass sehr viele Zahlenfolgen, u. a. auch die Logarithmen, nicht viele Restenreihen bis zu derjenigen von gleichen Gliedern (welcher Reste = 0 entsprechen) besitzen, gründete Babbage seine Maschine. Die beiden Scheutz nahmen dieselbe auf, wandten darauf ihren ganzen Fleiss und zudem ihr Vermögen und kamen schliesslich unter der endlich erlangten Beihülfe des Staates zu einem vortrefflichen Ergebniss. Der ältere Scheutz ging mit Babbage davon aus, dass

1) die Berechnung logarithmischer und astronomischer Tafeln die Maschine wichtig mache, und dass

2) mit dem blossen richtig Rechnen nicht genug geschehen sei, indem der Druck solcher Tafeln durch das Setzen immer wieder Fehler bekomme.

Die Scheutz'sche Maschine wurde deshalb darauf eingerichtet, dass sie Tafeln obiger Art zu rechnen und zu stereotypiren und zwar mit allen übrigen Druckerfordernissen, als Seitenzahl, Strichen usw., zu versehen im Stande ist. Dies alles ist den braven ausdauernden Erfindern — so darf man sie gewiss nennen — nach jahrelangen Mühen gelungen, und zwar vollkommen gelungen. Die Scheutzische Maschine war, obwohl wenig gesehen, eine der glänzendsten Zierden der Pariser Ausstellung 1855. Eine auf ihr gerechnete und stereotypirte, vollkommen fehlerfreie Logarithmentafel ist von den Beschützern der bescheidenen Nordländer an viele Orte hingesandt worden, ein Abdruck u. a. auch an die Züricher naturforschende Gesellschaft. Schliesslich wurde die Maschine von dem Smithsonian Institute angekauft, um von Amerika

aus die Verbreitung ganz wohlfeiler Zahlentafeln irgend welcher Art, vor allem Logarithmentafeln, zu bewirken.

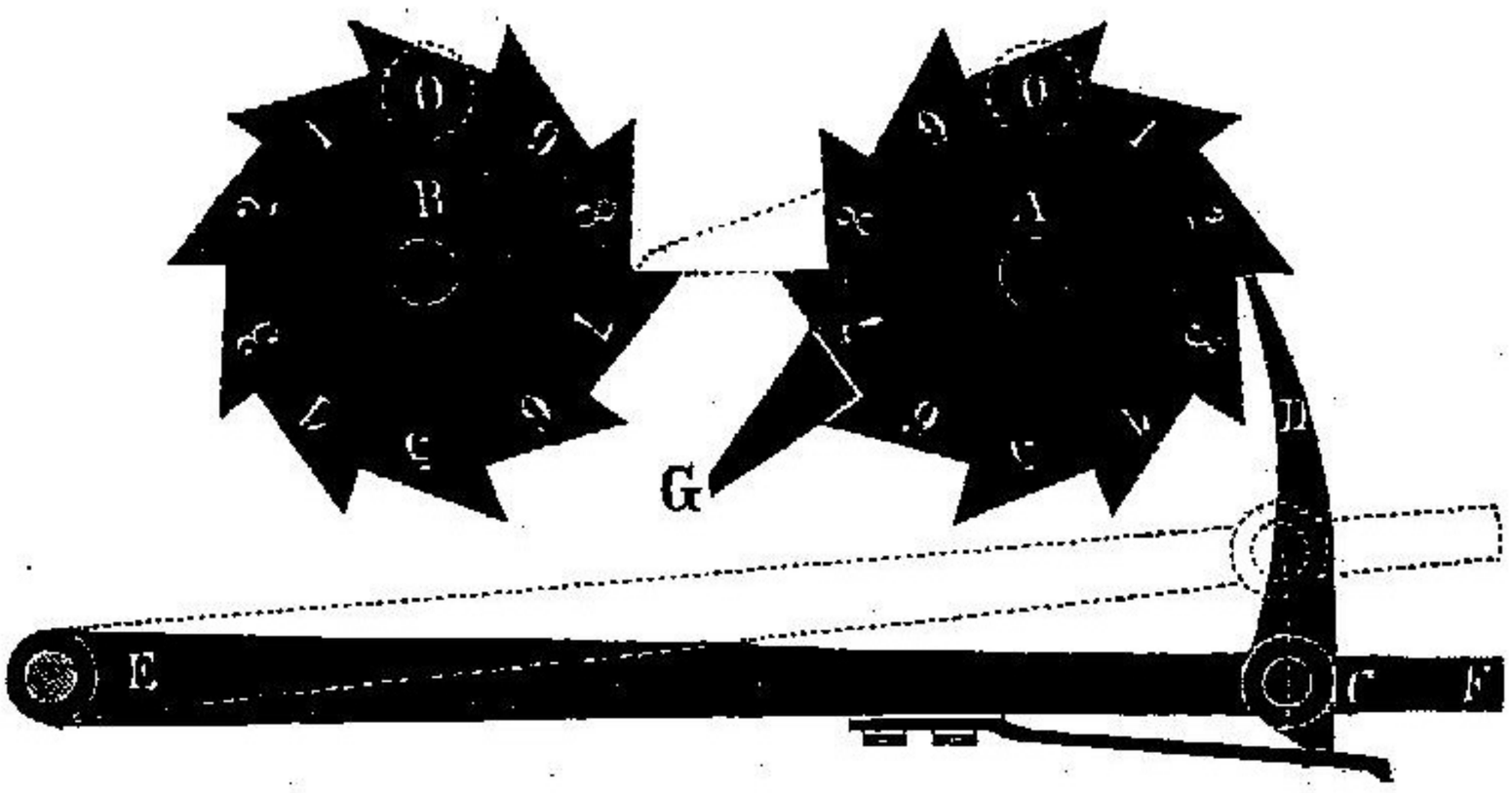
Ungefähr gleichzeitig mit Babbage's Maschine hat sich in Frankreich die Rechenmaschine des Elsässers Charles Xavier Thomas ausgebildet. Sie wurde 1820 patentirt und findet sich zuerst ausführlich und sorgfältig beschrieben in dem Jahrbuch der Aufmunterungsgesellschaft (Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale) von 1822, wo sie von S. 355 bis 365 einer genauen, sehr sorgfältigen Besprechung unterworfen ist. Der Beschreibung ist ein trefflicher Kupferstich beigefügt. Aus den damaligen, noch unvollkommenen Formen hat sich die Maschine zu immer besseren heraufgearbeitet und gelangte 1855 auf der damaligen Pariser Weltausstellung zu voller Anerkennung, nicht ohne einen harten Wettbewerbungskampf bestehen zu müssen, wovon später mehr. Seit 1860 hat sie sich auch bei uns, nachdem die erste Auflage gegenwärtiger Schrift auf sie hingewiesen, zahlreiche Freunde unter den ausführenden Mathematikern gewonnen.

Der Arithmometer, wie Thomas seine Rechenmaschine genannt hat, ist eine Maschine, mit welcher man, um es kurz zu sagen, die sogenannten vier Spezies, die vier niederen Rechnungsarten ausführen, aber ungemein rasch und sicher ausführen kann. Da aber alles Zahlenrechnen an seinem letzten Ende auf diese Rechnungsarten, streng genommen auf Zu- und Abzählen, hinauskommt, ist das sehr viel gesagt, hat aber bis heute durch ein volles Menschenalter hindurch eine Bestätigung erhalten, die der ferneren Verwendung der Maschine erst recht Thür und Thor öffnen kann. Ich kann nach diesen vorbereitenden Bemerkungen dazu übergehen, die Maschine zu erklären und dann genau zu beschreiben.

II.

Theoretische Grundlage des Arithmometers

Das einfache Verfahren des Zusammenzählens von Einheiten wird im Maschinenwesen bei den Zählwerken angewandt, mit denen die Hübe von Dampfmaschinen, die Umläufe von Wellen in Triebwerken usw. gezählt werden. Von einem solchen Zählwerk, und zwar einem möglichst schlichten, kann man ausgehen, um sich die Rechenmaschine verständlich zu machen.



Ich wähle hierzu ein Desbordes'sches Zählwerk von zwei Elementen. Von diesen letzteren besteht jedes in einem zehnzähnigen Schaltrad, d. i. gezahntem Rad nebst eingreifender Schaltklinke, und zwar stehen die Zähne der benachbarten Schalträder immer entgegengesetzt. Jedem Schaltzahn entspricht eines der zehn Zahlzeichen, die auf einer mit dem Rad verbundenen Scheibe aufgetragen sind, und auf dem Zifferblatt des Instrumentes durch runde (hier punktirte) Oeffnungen einzeln sichtbar werden. In das Einerrad *A* greift die Schaltklinke *C D*

ein, welche bei Auf- und Abbewegung des Hebels EF das Rad jedesmal um eine Zehnteldrehung weiter schaltet, also nach jeder ganzen Schwingung des Hebels eine neue Ziffer am Schauloch erscheinen lässt. Stand an diesem anfänglich die Null, so erscheint nach der neunten Schwingung die 9, nach der zehnten aber wieder die Null. Für eine richtige Angabe der Hubzahl sollte nun am Schauloch des Zahnrades B eine 1 erscheinen, um anzugeben, dass 10 Einheiten gezählt wurden. Dies wird bewirkt durch die Schaltklinke G, welche mit dem Einerrade fest verbunden ist. Der Zahn G kommt nämlich, wenn die 9 oben anlangt, in die hier punktirte Stellung, das Zehnerrad eben angreifend, und schiebt dieses um eine Zehntel-Drehung weiter, sobald A von 9 nach 0 fortschreitet. Stand B vorher auf 0, so erscheint nun eine 1, und es geben nun die in den beiden Schaulöchern sichtbaren Ziffern in unserer gewöhnlichen Schreibweise 10 an, dass 10 Hübe des Hebels erfolgt sind. Nach weiteren 9 Umdrehungen zeigt das Zifferblatt die Zahl 19, G ist aber wieder in die punktirte Stellung gelangt, und bringt bei dem nächsten Hub bei B die 2 zum Vorschein, während A auf 0 geht, und das Zifferblatt also die Zahl 20 zeigt. So wird man fortzählen können bis 99; der nächstfolgende Hub liefert 00. Es ist aber klar, dass bei Hinzufügung eines dritten Elementes bis 100 und darüber bis 999 gezählt werden könnte, wenn nur immer die richtige Uebertragung der Zehner erfolgt. Denkt man sich noch Hülfsvorrichtungen hinzu, welche die Räder stets sicher in ihren Stellungen erhalten, wenn gezählt ist, so sieht man ein, dass mit einem solchen Zählwerk entsprechend unsrer im Zehnersystem gebräuchlichen Form beliebig hoch gezählt werden kann, wenn man nur die genügende Zahl von Elementen aneinanderreiht. Zu demselben Ergebniss führen andere gute Zählwerke*); nebenbei gesagt, ist die Zehnerübertragung bei allen der wichtigste und meistens schwierigste Punkt.

---

*) Es sei bemerkt, dass Herr Burkhardt in Glashütte ein neues vorzügliches Zählwerk, das von dem Ingenieur Hundhausen erfunden ist (D. R. P.) ausführt. Dasselbe zählt sowohl Schwingungen als Drehungen und ist in seinen Sicherheitsvorrichtungen höchst sorgfältig ausgebildet, sodass

Mit der Herstellung eines solchen Zehnerzählwerkes ist aber schon ein bedeutender Schritt zur Rechenmaschine gemacht; denn wir brauchen dasselbe nur zu erweitern, um schon eine Addirmaschine zu erhalten. Ja zum blossen Zuzählen oder Addiren könnte der Zähler schon so, wie er ist, dienen; denn man brauchte, wenn zu einer gegebenen, in den Schaulöchern sichtbaren und einstellbaren Zahl eine andere zugezählt werden sollte, ja bloss den Zählhebel so oft auf- und niederzubewegen, als der neue Werth Einheiten hat. Doch wäre dies natürlich von einer unpraktischen Umständlichkeit. Um sie zu vermindern, wird man zunächst daran denken müssen, für jedes Spiel das Schalten von nicht nur einem, sondern von mehr Zähnen im Einerrad möglich zu machen, eine Verdoppelung des Hebelhubes würde schon die Zufügung von je 2 Einheiten für jede Schwingung möglich machen, und unter Einschaltung passender Mechanismen wird es auch unschwer erreichbar sein, nach Belieben von 0 bis 9 Einheiten bei jedem Spiel zu addiren. Ein so vorgerichtetes Schaltgetriebe kann man ein Zehnerschaltgetriebe nennen. Mit seiner Hinzufügung ist, wie man einsieht, vieles gewonnen. Fragt man sich aber, wie es zu machen sei, dass bei einem Hub 10 Einheiten zugefügt werden, so finden sich sofort zwei Arten, dies zu erreichen. Entweder gibt man dem Einerrad für einen Hebelhub eine ganze volle Umdrehung, so wird z. B. von 0 aus sofort bei *A* wieder die 0, bei *B* aber vermöge der Zehnerübertragung die 1, also zusammengelesen 10 erscheinen — oder man kann ja auch die 0 in *A* stehen lassen und schaltet nur *B* um ein Zehntel, d. i. um einen Zahn. Dann ist mit einer einfachen Bewegung des Mechanismus dasselbe erreicht, was vorhin durch eine weit verwickeltere erzielt wurde. Träfe man nun auch am Zehnerrad die Einrichtung von vorhin, bei welcher man es in der Hand hätte, nach Wunsch 0 bis 9 Einheiten in den Zehnern zuzuzählen, so könnte man damit 10, 20, 30, 40 u. s. w. Einheiten zur gegebenen Zahl auf einfache Weise zufügen. Noch mehr, lassen wir die

---

Störungen in seinem Betrieb nicht eintreten können. Es eignet sich für Kraftmaschinen aller Art, Pumpen, Triebwerke, Dynamomaschinen u. a. m.

beiden Schaltgetriebe (am Einer- und Zehnerrad) gleichzeitig (oder kurz nacheinander) wirken, so ist damit die Möglichkeit gegeben, jede Zahl unter 100 bei einem einzigen Hebelspiel zu einer in den Schaulöchern sichtbaren Zahl hinzuzufügen. Z. B., um 13 zu 24 zu fügen, würde man zunächst das Einerrad auf 4, das Zehnerrad auf 2 stellen, sodann die beiden Schaltmechanismen so einstellen, dass bei einer Hebelschwingung am Einerrad 3 Zähne, am Zehnerrad 1 Zahn vorgeschoben würde; alsdann würde das Vollziehen der Hebelbewegung im Einerschauloch 7, im Zehnerschauloch 3, also zusammen die Summe 37 erscheinen lassen. Ja, und wir brauchen nur der so erweiterten Maschine mehr Elemente von derselben Einrichtung zu geben, um sofort eine rasch arbeitende Addirmaschine zu erhalten, praktische und bequeme Handhabungsvorkehrungen selbstredend vorausgesetzt.

Einen Punkt aber müssten wir dabei noch etwas näher betrachten: die Zehnerübertragung. Gesetzt, auf unserer soeben hergestellten kleinen Rechenmaschine, bei welcher wir uns die Einstellbarkeit des Schaltwerkes hinzudenken wollen, solle 11 zu 9 gefügt werden. Dann ist das Einerrad auf 9, das Zehnerrad auf 0 zu bringen, beide Schaltwerke aber so zu stellen, dass eine ganze Schwingung des Schalthebels jedes der Räder um 1 Zahn vorschieben muss. Bedenkt man aber nun, dass bei der Stellung 9 im Einerrade der Zehnerschalter *G* gerade in Berührung mit einem Zahn des Zehnerrades steht, so wird nun, wenn man die Fortschiebungen wirken lässt, dass Zehnerrad gleichzeitig durch *G* und durch das Schaltwerk um 1 Zahn vorangedreht. Es kommt also von der Zehnerscheibe die 1, von der Einerscheibe die 0 vor das Schauloch; das ist mithin 10, statt, wie es sein sollte, 20. Es ist also gerade so, als ob keine Zehnerübertragung stattgefunden hätte. Dieser Fehler, welcher auch bei anderen Additionen leicht eintreten kann und, nebenbei bemerkt, das Kreuz und Leid aller Rechenmaschinenerfinder durch zwei Jahrhunderte war, muss vermieden werden. Das Mittel hierzu ist nicht fernliegend. Man braucht nur das Schaltgetriebe des Zehnerrades erst dann wirksam werden zu lassen, wenn die Zehnerübertragung schon stattgefunden hat,

oder stattgefunden haben könnte. Dann wird in unserem obigen Beispiel zuerst am Einerrade die 0, und gleichzeitig am Zehnerrade die 1 vortreten, darauf aber erst die Schaltung am Zehnerrade anheben und dasselbe abermals um 1 Zahn weiter drehen, also die 2 vor das Schauloch bringen, und das richtige Ergebniss 20 zum Vorschein kommen lassen. Dieselbe werthvolle Eigenschaft des Schaltgetriebes auf die übrigen noch hinzufügenden Elemente ausdehnend, erhalten wir zunächst das Voreilen aller einzelnen Schaltgetriebe vor den linksbenachbarten als nothwendige Bedingung für das richtige Wirken unserer bis jetzt in Gedanken gebauten Additionsmaschine. Nun aber ist dieselbe auch schon zu einer grossen Brauchbarkeit gediehen. Leicht ist es nun, die nöthige Elementenzahl vorausgesetzt, folgende Addition zu machen:

23 793
6 718
30 511

Denn, stellen wir zunächst das Schaltwerk am Einerrade auf 3, am 10er-Rade auf 9, am 100er-Rade auf 7, am 1000er Rade auf 3 und am 10000er Rade auf 2, so bringt eine ganze Schwingung des Schalthebels, die allerdings recht gross sein muss, wenn im Zifferblatte zunächst lauter Nullen standen, sofort auf diesem nacheinander die 3, die 9, die 7, die 3, die 2, also die Zahl 23793 zum Vorschein. Darauf stellen wir das Schaltwerk auf 6718 ein, schwingen den Hebel langsam und erhalten nun zuerst in den Einern die 1 und zugleich in den Zehnern die 0. Nun findet die — nacheilende — Schaltung am 10er-Rade statt, sodass die 1 erscheint, zugleich aber an der 100er-Scheibe wegen der Zehnerübertragung die 8. Jetzt findet die Schaltung in den Hunderten statt, zur 8 die 7 fügend, gibt 5 auf dem Zifferblatt, zugleich an der 1000er-Scheibe die 4. Weiter schwingend fügen wir in den Tausenden die 6 hinzu; es erscheint die 0 und zugleich an der 10000er-Scheibe wegen der Zehnerübertragung die 3. Schreiben wir die Reihenfolge der Bewegungen auf, so erhalten wir folgendes Nacheinander:

1) . . . { Einerscheibe . . 1
10er-Scheibe . 0
0 1

2) . . . { 10er-Scheibe . 1
100er-Scheibe . 8
8 1 1

3) . . { 100er-Scheibe . . 5
1000er-Scheibe 4
4 5 1 1

4) . . { 1000er-Scheibe . 0
10000er-Scheibe 3
3 0 5 1 1

Das Verfahren hat zum richtigen Ergebniss geführt, ist indessen für die Verwendung in der Maschine etwas umständlich. Denn der Schalthebel muss eine sehr lange, viel Hub durchlaufende Bewegung machen. Wir könnten uns helfen, indem wir den Hub in vier Hübe zerlegten, deren Grösse den einzelnen Summandenstellen entspräche. Dann aber müssten wir so viele Schwünge machen als der Summand Stellen hat, was auch umständlich ist. Wir müssen also noch auf Vereinfachung sinnen. Diese aber ist darin zu finden, dass wir die Zehnerübertragung nicht gleichzeitig mit der Schaltung, sondern nachträglich, nachdem alle Schaltungen vollzogen sind, vornehmen, und zwar indem wir sie rechts bei den Einern beginnen und nach links fortschreiten lassen. Dies erfordert besondere Vorkehrungen, die nicht ganz leicht zu finden sind. Wir wollen aber annehmen, sie seien gefunden und ausgeführt, so gestaltet sich das Spiel ganz wesentlich einfacher. Das Schalten bereitet dann nur an jeder Scheibe die Zehnerübertragung vor, ausgeführt wird dieselbe nach Vollziehung der Schaltungen. Dann aber erhalten wir für unsre obige Aufgabe folgendes Nacheinander der Bewegungen:

Eingestellt im Zifferblatt . . 23 793
- - Schaltwerk. . 6 718

Nun erscheint während des ersten Theils der Schwingung im Zifferblatt 29 401

und während des zweiten Theils 30 511 wie verlangt.

Auch hier ist aber noch eine Umständlichkeit übrig geblieben. Denn wir brauchen nicht mit der Zehnerübertragung zu warten, bis alle Schaltungen vollzogen sind, sondern können damit beginnen, sobald die Schaltung in der Zehnerscheibe vollzogen ist. Denn von diesem Augenblick an kann rechts keine Aenderung mehr stattfinden, keine Zuthat mehr erfolgen. Da wir ausserdem festgehalten haben, dass die Schaltungen von rechts nach links einander nacheilen, so kann die Zehnerübertragung dann schon einsetzen und findet nun von rechts nach links statt, während an den höheren Stellen das Schalten noch im Gange ist. Nachdem wir diese Einrichtung, welche nur zur Hubersparung dient, noch getroffen haben, wird aus der Einstellung

im Zifferblatt 23 793
bei kürzerem Hub als vorhin . . . 30 511 wie verlangt.

In diesem Zustande erfüllt die Maschine mit hoher Vollkommenheit die Aufgabe des Addirens. Der leichten Handhabung zuliebe wollen wir noch dem Mechanismus eine kleine Erweiterung dahin geben, dass wir die Schwingung des Schalthebels durch Drehbewegung bewirken, so zwar, dass einer ganzen Schwingung eine ganze Drehung an dieser Kurbel entspricht. Leicht können wir nun auch nacheinander verschiedene Summanden zufügen, z. B. folgende Rechnung ausführen. Zu addiren seien darin:

643 701
380 292
381
1 495

Dasselbe wird wie folgt gerechnet:

1) Eingestellt im Schaltwerk 643 701
   Eine Drehung bringt ins Zifferblatt. 643 701

2) Eingestellt im Schaltwerk 380 292
   Eine Drehung bringt ins Zifferblatt. . . . 1 023 993

3) Eingestellt im Schaltwerk 381
   Eine Drehung bringt ins Zifferblatt. . . . 1 024 374

4) { Eingestellt im Schaltwerk 1 491
   { Eine Drehung bringt ins Zifferblatt 1 025 865

Unsre obigen Summanden hätten auch sein dürfen:

64,3701
38,0292
0,0381
0,1495

die Summe war dann richtig: 102,5865; wir mussten bloss die einfache Vorsicht gebrauchen, im Schaltwerk die Stellung des Kommas zu beachten, um eine fehlerfreie Addition zu machen, genau so, wie wir es bei dem gewöhnlichen Verfahren auf dem Papier zu thun pflegen.

Vielleicht wird mancher neue Leser an dieser Stelle den stillen Einwurf erheben, als sei das erzielte Ergebniss nicht von der oben hervorgehobenen Bedeutung, indem das Einstellen des Schaltwerkes kaum, oder nicht so rasch gehen könne, als das Zusammenzählen in der gewohnten Weise. Ueberhaupt zweifle ich nicht, dass mancher geübte Rechner nur mit dem kopfschüttelnden Vorurtheil, als sei doch mit solchen Mechanismen streng genommen wenig mehr auszurichten, als etwas niedliche Spielerei, mir bisher gefolgt ist. Sein Vorurtheil hoffe ich später gänzlich zu besiegen; doch will ich ihm in der That in Bezug auf obiges Addiren theilweise und bis auf den Vorbehalt der Sicherheit in der Maschinenthätigkeit Recht geben; dennoch aber ist das, was wir oben erzielt haben, etwas ganz Bedeutendes, weil damit unsere Maschine schon zur Multiplikation völlig fertig und geeignet ist.

Denn da »eine Grösse mit einer anderen multipliziren« nichts anderes heisst, als sie so oft als Summand setzen, als die zweite angibt, so braucht man nur den einen Faktor im Schaltwerk einzustellen, und darauf das Schaltgetriebe so viele Spiele machen lassen, als der andere Faktor angibt, um darauf im Zifferblatte das Produkt erscheinen zu sehen. Stellt man z. B. in unsrem obigen Rechenmechanismus das Schaltwerk auf 18 ein und lässt es 5 Spiele machen, so ergibt sich oben aus 18 + 18 + 18 + 18 + 18 das Produkt 90. Ebenso wird, wenn das Schaltwerk auf

3 gestellt ist, bei 27 Spielen das Produkt $27 \times 3 = 81$ hervorgehen, und man so überhaupt, eine genügende Elementenzahl in der Maschine vorausgesetzt, mittelst ihrer jede beliebige Zahl mit jeder anderen vervielfachen kann. Auch Dezimalbrüche werden so multiplizirbar sein, im Ergebniss wird man dabei nur das Komma nach bekannten Regeln zu setzen haben.

Ist der Multiplikator gross, so muss man bei vorstehendem Verfahren das Schaltwerk sehr oft spielen lassen. Im gewöhnlichen praktischen Rechnen benutzen wir aus ähnlichen Gründen den einfachen Kunstgriff, mit den Zehnern, Hundertern usw. gerade so zu multipliziren, wie mit den Einern, die jedesmaligen Produkte nur ihrer Ordnung gemäss zur Linken zu versetzen. Ganz entsprechend aber können wir auch bei unsrer Rechenmaschine verfahren. Wir multipliziren hierfür nur zuerst den Multiplikanden, welcher im Schaltwerk eingestellt ist, mit den Einern des Multiplikators, stellen darauf die Einer des Multiplikanden (im Schaltwerk) beim Zehnerrad ein, die Zehner beim Hunderterrad ein, usf. und multipliziren darauf mit der Zehnerstelle des Multiplikators usw., und oben wird das richtige Produkt erscheinen. Wiederholen wir, um dies Verfahren anzuwenden, das obige Beispiel 27×3. 1) Im Schaltwerk steht der Einerschalter auf 3: wir schalten 7mal und es zeigt sich oben die Zahl 21. 2) Wir stellen den Einerschalter auf 0, den Zehnerschalter auf 3: schalten 2mal, und oben erscheint in den Zehnern 3×2 mehr als dort schon stand (2), also 8 und im Ganzen 81. Arithmetisch ist dies auch sofort klar; denn wir haben mit der Verlegung der 3 in die Zehner nichts anderes gethan, als die Zahl 30 eingestellt, welche Zahl 2mal hinaufaddirt mit den vorhandenen 21 das ganze gesuchte Produkt 81 ausmacht.

Die Zahl der Schaltwerkspiele verminderte sich dabei bedeutend; statt 27 hatten wir nur $7 + 2 = 9$ Spiele zu machen; im allgemeinen wird die Zahl der Spiele nicht grösser als die Quersumme des Multiplikators zu sein brauchen. Das Verlegen des Multiplikands im Schaltwerk ist also äusserst werthvoll. Ist die Zahl der Ziffern, welche verlegt werden sollen,

gross, so wird das fortwährend wechselnde Einstellen mühsam sein; ungemein einfach dagegen würde es sich auch dann bewirken lassen, wenn das ganze Schaltwerk von rechts nach links und zurück von einer Zahlenscheibe zur anderen verlegt werden könnte. Dies lässt sich aber in der That unschwer einrichten, und dadurch unsre Vorrichtung abermals wesentlich verbessern; ich will ein so vorgerichtetes Schaltgetriebe ein verlegbares Schaltwerk nennen.

Immer noch beschäftigen wir uns mit dem obigen kleinen Zehnerzählwerk, welches wir in Gedanken nach und nach verbessert und bereichert haben; wir sind damit so weit gelangt, eine schon sehr geschickte Additions- und Multiplikationsmaschine gemacht zu haben. Ein Schritt noch, und wir haben die entgegenstehenden Rechnungsarten, das Subtrahiren und Dividiren, auch erreicht.

Unser Zählwerk wird nämlich sofort abziehen statt zuzuzählen, wenn wir auf allen Zifferscheiben die 10 Zeichen umgekehrt ordnen, nämlich überall

statt:	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
die Folge:	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

anbringen. Dann werden, wie sofort einleuchtet, auf jeder Zahlenscheibe stets so viele Einheiten rückwärts oder abgezählt, als Zähne am Schaltrade vorgeschoben werden. Diese Verfahrungsweise im Aufbau der Maschine liegt nahe, recht nahe. In der That sehen wir sie denn auch von den Rechenmaschinen-Erfindern von Pascal herauf angewandt. Oben besprachen wir bereits dessen rothe und schwarze Ziffernkreise. Auch Thomas hatte bei seinem, ihm 1820 patentirten Arithmometer ganz das gleiche Verfahren angewandt. Dasselbe ist aber nicht gut, denn es gestattet nicht, auf Additionen unmittelbar oder abwechselnd Subtraktionen folgen zu lassen, weil hierfür im Zifferblatt mit der Hand Schwarz auf Roth umgestellt werden muss. Dies macht sehr viel Umstände und ist geeignet, Fehler einschleichen zu lassen.

Ein anderes Mittel hat man schon früher versucht, nämlich dasjenige, das auf Drehbewegung eingerichtete Schaltwerk umge-

kehrt zu drehen, wenn abgezogen werden soll. Aber auch dies macht Schwierigkeiten, sowohl in der Zehnerübertragung, als auch in den Gesperreinrichtungen, ist überdies für den Rechner weit weniger bequem, als das Drehen in einem und demselben Sinne.

Dieses letztere lässt sich aber beibehalten und dennoch das Umstellen im Schaltwerk vermeiden, wenn man einen einstellbaren Mechanismus einschiebt, welcher für das Abziehen bloss die Zifferscheiben umgekehrt laufen lässt. Einen solchen Mechanismus nennt man ein Wendegetriebe. Je nachdem man dieses stellt, kann man die Zifferscheiben sowohl rechts- als linksläufig machen. Ein solches Wendegetriebe hat auch Thomas später seiner Maschine eingefügt und wir wollen auch an unsrer, in Gedanken aufgebauten Maschine dasselbe thun.

Haben wir dann mit derselben vorhin alle Eigenthümlichkeiten der Addition richtig zur Erscheinung bringen können, so müssen sich jetzt alle auch diejenigen der Subtraktion mit ihr hervorbringen lassen, denn wir haben das Schaltgetriebe mit seiner Zehnerübertragung ganz unverändert gelassen.

In der That, stellen wir die Scheiben im Zifferblatt nach geschehener Umstellung des Wendegetriebes z. B. auf 36, und den Einerschalter auf 1, den Zehnerschalter auf 0, und lassen darauf das Schaltwerk 1 mal spielen, so geht die Einerzahlenscheibe von 6 auf 5, beim nächsten Spiel von 5 auf 4, darauf auf 3, auf 2, auf 1 und beim sechsten Spiel auf 0. Letztere steht aber an der Stelle der 9 bei der Addition, welche früher bei Weiterschaltung um 1 Zahn den Zehnerübertrager wirken liess. Dies geschieht also auch jetzt. Der Zehnerübertrager schiebt die Zehnerscheibe um 1 Zahn fort, es erscheint also statt der 3 bei uns die 2, während die Einerscheibe 9 zeigt, und es bleibt der richtige Rest, 29; mit anderen Worten: die Zehner werden auch jetzt richtig übertragen.

Endlich ist das Theilen oder die Division eine wiederholte Subtraktion, ein wiederholtes Abziehen. Für dasselbe verfährt man auf unserer obigen Rechenmaschine wieder ganz entsprechend

der gewöhnlichen Uebung auf dem Papier. Dass das Ergebniss richtig werden muss, liegt auf der Hand.

Wir haben also endlich aus dem einfachen Zählwerk, mit welchem wir begannen, durch allmähliche Erweiterung eine Rechenmaschine gemacht, mit welcher man die »4 Spezies« rechnen kann. Nun aber ist die Thomas'sche Rechenmaschine in der That nichts anderes, als ein in dem bis hierhin besprochenen Sinne erweitertes Zählwerk; sie ist nämlich, wie ich nunmehr begriffsbestimmend in kurzen Worten zusammenfassen darf: ein Zehnerzählwerk, welches mit einem verlegbaren Zehnerschaltgetriebe und einem Wendetriebwerk für die Zifferscheiben versehen ist.

III.

Form und Gebrauch des Arithmometers

Wenn sich soeben die Thomas'sche Rechenmaschine in einem kurzen Satze in Bezug auf ihre Zusammensetzung erklären liess, und zwar so erklären, dass ein geübter Kinematiker danach den ganzen Zusammenhang der angewandten Mechanismen überschauen kann, so ist dies mehr der neueren Entwickelung der Kinematik oder Getriebelehre zuzuschreiben, als der Einfachheit in der Anlage der Maschine. Freilich würden bei Zugrundelegung einer ausgebildeten Getriebelehre ein Pascal und ein Leibniz nicht jahrelang mit geringem Erfolge nach der Maschine gesucht haben, und würde auch der heutige Erfinder rascher damit vorgeschritten sein. Dennoch blieb auch dann noch vieles auszusinnen, zu versuchen, zu ergrübeln übrig, um das Ganze zu einem handlichen, bequemen, nicht empfindlichen Geräthe zu gestalten, wie es der »Arithmometer« in der That ist. Die Figur *A* auf beigefügter Tafel stellt einen solchen von mittlerer Elementenzahl dar. In einem 450 mm langen, 160 mm breiten und 70 mm hohen Kasten ist der Mechanismus eingebettet, und zwar liegen unter *A A* die

Schaltgetriebe, bei *B B* die Handhaben des Wendebetriebwerkes, bei *C C* in dem Lineal *M M* die Zifferscheiben, und bei *N* die kleine Handkurbel zum Treiben des Schaltwerkes. *E* ist eine kleine Schiefertafel und gleichzeitig Deckel eines Behälters, in welchem sich u. a. einige elfenbeinerne Kommastiftchen zum Einstecken in die zwischen den Zifferscheiben sichtbaren Löcher befinden.

Die Verlegbarkeit des Schaltwerks unter den Zifferscheiben ist dadurch erreicht, dass das Zifferlinial *M M* über dem Schaltwerk verlegbar gemacht ist. Hierfür hat es an der hinteren (oberen) Kante ein Gelenk, um welches man es, den Knopf *P* anfassend, um jene Kante drehen und vorn etwas aufheben kann; ist das geschehen, so lässt es sich nach links und rechts schieben und von Schaltrad zu Schaltrad legen, so jedoch, dass man die letzte Zifferscheibe links nicht weiter als bis vor das letzte offene Schaltgetriebe links bringen kann, und ebenso die letzte Zifferscheibe rechts nur bis zum letzten Schaltrad rechts. Diese Verlegungsgrenzen genügen. Leicht ist ferner einzusehen, dass nicht so viel Schalter da zu sein brauchen, als Zifferscheiben, da jeder Faktor kleiner ist als das Produkt. Hier sind 12 Zifferscheiben und 6 verstellbare oder offene Schaltgetriebe vorhanden; zwei unverstellbare, welche für weitgehende Zehnerübertragungen nöthig sind, liegen noch zur Linken unter der Deckplatte.

Wird das Lineal vorne etwas gehoben, so lassen sich mittelst der kleinen angedeuteten Knöpfe die Zifferscheiben leicht verstellen, so dass man an jeder derselben jedes beliebige der 10 Zeichen vor das Schauloch bringen kann. Auch lassen sich alle gemeinschaftlich auf 0 stellen. Hierzu dient ein besonderer Auslösch-Mechanismus, den man durch Drehen des Knopfes *O* am rechten Flügel des Lineals in Thätigkeit setzt. Die Einstellung der einzelnen Schaltgetriebe erfolgt durch Verschiebung der bei *A A* angegebenen Zeigerknöpfe. Die Ziffer, auf welche der Zeiger hinweist, gibt die Zahl der Zehntel einer Drehung an, um welche das jedesmal über dem betreffenden Schlitz liegende Zählrad gedreht wird, wenn das Schaltwerk ein ganzes Spiel macht, wenn nämlich die Kurbel *N* eine ganze Umdrehung durchläuft.

Die Kurbel *N* kann blos von links nach rechts aus ihrer jetzigen Anfangsstellung gedreht werden, indem ihre Achse durch ein laufendes Gesperre mit gewöhnlicher Zackenverzahnung am Rückwärtsgang gehindert wird, und muss für jedes Spiel wieder ganz bis in die Anfangsstellung gebracht werden. Zur leichteren Auffindung der letzteren ist auf der Platte ein Anschlagestift oder Aufhalter angebracht.

Die gesammte Handhabung der Maschine besteht nun aus folgenden einzelnen Handgriffen:

1) Einstellung der Zifferscheiben im Lineal *M*,
2) Einstellung der Schaltgetriebe bei den Schlitzen *A*,
3) Niederdrücken eines der beiden Knöpfe *B B*, was die erwünschte Addition oder Subtraktion vorbereitet,
4) Umdrehen der Kurbel *N*,
5) Verlegen des Lineals *M*.

Als Hauptwirkung der Maschine hat man sich nun einfach Folgendes zu merken: Jede Zahl, welche man im Schaltwerk (bei *A*) einstellt, wird durch eine Kurbeldrehung auf die Zifferscheiben hinaufgeschafft, und zwar zugezählt der etwa vorhandenen Zahl, wenn man den unteren der Knöpfe *B* niederdrückt, und abgezählt, wenn man den oberen Knopf *B* niederdrückt. Hierin besteht das ganze äussere Verhalten der Maschine, wobei nur zu bedenken ist, dass die Zehnerübertragung stets von selbst richtig erfolgt. Die Knöpfe *B* können nur bei der Nullstellung der Kurbel *N* niedergedrückt werden (stets hebt sich der andere, wenn man den einen niederpresst), in allen übrigen Kurbelstellungen werden sie von selbst in ihren Stellungen festgehalten. Bei den Burkhardt'schen Ausführungen der Rechenmaschine ist letztere Festhaltung durch ein sogenanntes Kippgesperre ersetzt, da sich gezeigt hat, dass dies ausreicht. Beim Subtrahiren und vor allem beim Dividiren macht man noch einen nützlichen Nebengebrauch von den Scheiben *D*, von denen weiter unten mehr die Rede sein wird.

Wir wollen nun die Maschine für die einzelnen mit ihr ausführbaren Rechenaufgaben in Gebrauch nehmen.

A. Addition

Alles auf 0 gestellt (das Lineal wird gehoben, der Auslöscher *O* gedreht, und das Lineal wieder eingelegt), der Additionsknopf niedergedrückt.

1. Beispiel. Man will zählen

716
zu 1325
Summe 2041.

Stelle in den 3 ersten Schlitzen (von rechts) die Zeigerknöpfe auf 716, und drehe die Kurbel 1 mal, so erscheint oben die Zahl 716; stelle darauf in den 4 ersten Schlitzen die Zahl 1325 ein, drehe die Kurbel 1 mal, so erscheint oben die Summe 2041.

2. Beispiel. Zu addiren 7,063 und 131,0. Alles auf 0 gesetzt. Stelle im Schaltwerk ein:

Schalter	VI	V	IV	III	II	I
	0	0	7	0	6	3

und bringe diese Zahl durch einmalige Kurbeldrehung hinauf; stelle darauf das Schaltwerk wie folgt:

Schalter	VI	V	IV	III	II	I
	1	3	1	0	0	0

und drehe 1 mal, so steht oben 138 063; das Komma ist zwischen 8 und 0 zu setzen.

B. Subtraktion

Alles auf 0 gesetzt; der Subtraktionsknopf wird gebraucht. Man bringt zuerst mit Addition den Minuend auf die Zifferscheiben, stellt den Subtrahend in der richtigen Ordnung darunter im Schaltwerk ein, drückt den Subtraktionsknopf nieder und dreht 1 mal, so erscheint oben der Rest.

1. Beispiel. Von 189 sei abzuziehen 75.

189
75
114

Bringe in die Zifferscheiben 189, stelle mit den Einern unter Einer 75, drehe mit Subtraktion und es steht oben 114.

2. Beispiel. Zu bilden: $1759{,}6 - 684{,}57 - 15{,}043$. Ausgelöscht. Stelle ein

im Schaltwerk VI V IV III II I
die Zahl 1 7 5 9 6 0

lege das Lineal so weit nach links, dass nur eine Stelle noch über das Schaltwerk hinausragt, drücke »Addition«, dann drehe die Kurbel einmal um, und lege das Lineal vollends nach links, worauf über dem Schaltwerk steht:

1 7 5 9 6 0 0
Im Schaltwerk VI V IV III II I

stelle dann ein: 6 8 4 5 7 0

drücke auf »Subtraktion« und drehe, so erscheint oben:

über dem Schaltwerk: 1 0 7 5 0 3 0
VI V IV III II I

stelle dann in diesem ein: 1 5 0 4 3

drehe, und es erscheint oben der gesuchte Rest:

1 0 5 9 9 8 7.

Gesetzt man habe in der Eile die Kurbel $^1/_2$ Umdrehung zu weit gedreht, so haben die Zahlenscheiben angefangen, sich zu verstellen, das Ergebniss ist fehlerhaft geworden. In solchem Falle vollende man ruhig die überzählige Drehung (es erschiene dann bei uns 1 0 4 4 9 4 4 7), drücke auf »Addition« und vollziehe abermals eine Drehung, so wird die fälschlich 1 mal zu viel abgezogene Zahl wieder addirt, und es kommt oben richtig:

1 0 5 9 9 8 7

worin, der Aufgabe entsprechend, das Komma nach der dritten Stelle anzubringen ist. Zu bemerken ist, dass wir beim wirklichen Gebrauch der Maschine den Zwischenwerth 1075030 nicht zu beachten, also z. B. nicht aufzuschreiben brauchen. Abwechselndes Addiren und Subtrahiren kann, wie sich soeben bei dem vorgeblichen Fehler zeigte, sehr leicht ausgeführt werden.

C. Multiplikation

Alles auf 0, »Multiplikation« oder »Addition« niedergedrückt.

1. Beispiel. Zu mulipliziren 13 mit 6. Man stelle (womöglich den unbequemeren Faktor, hier z. B. die) 13 im Schaltwerk ein, und drehe die Kurbel 6 mal, so erscheint oben das Produkt 78.

2. Beispiel. Zu multipliziren 13 495 mit 2514.

13 495
2 514
53 980
13 495
67 475
26 990
33 926 430.

Stelle das Schaltwerk auf 13 495, und lege das Lineal, nachdem alle Zifferscheiben auf 0 gestellt oder ausgelöscht worden sind, ganz nach links. Darauf drehe für die Einer des Multiplikators 4 mal: oben erscheint 53 980; verlege das Lineal um eine Stelle nach rechts, und drehe für die Zehner (des Multiplikators) 1 mal, oben erscheint 188 930; verlege das Lineal wieder um eine Stelle nach rechts und drehe für die Hunderter 5 mal, so kommt oben 6 936 430; lege endlich das Lineal nochmals um eine Stelle nach rechts und drehe für die Tausender 2 mal, so kommt oben das richtige Produkt 33 926 430 zum Vorschein. Die Zwischenwerthe beachtet man beim Arbeiten mit der Maschine nicht, sondern merkt blos auf die Zahl der Drehungen und das Verlegen des Lineals.

3. Beispiel. Man kann unter Umständen auch mit den Stellen der höchsten Ordnung (links) im Multiplikator anfangen, anstatt mit denjenigen der niedrigsten. Zu multipliziren:

643 917
mit 492 398
gibt 317 063 442 966

Ausgelöscht. Den obersten Faktor im Schaltwerk eingestellt, das Lineal dann bis auf eine Stelle nach rechts gelegt. Nun

drehe 4 mal, verlege das Lineal um eine Stelle nach links,
- 9 - - - - - - - - -
- 2 - - - - - - - - -
- 3 - - - - - - - - -
- 9 - - - - - - - - -
- 8 - so steht oben das 12stellige Produkt, welches

mit 35 leichten Umdrehungen und 5 Verlegungen erzielt wurde, wozu 20 bis 25 Sekunden erforderlich sind, das Einstellen mit eingerechnet. — Beim Gebrauch von Logarithmen hätte man

2 Logarithmen aufzuschlagen,
dazu die Differenzen,
die Logarithmen zu addiren,
die Summe aufzuschlagen,
Differenzen zu berücksichtigen,

ohne dabei die letzten Stellen des Produktes sofort finden zu können, was alles ein sehr geübter Logarithmenrechner in kaum weniger als $1^1/_2$ Minute ausführen könnte.

Doch wollen wir obiges Beispiel noch etwas kürzer durchführen.

4. Beispiel. Verkürzung der Multiplikation. Wieder zu multipliziren:

643 917
492 398
---
317 063 442 966

Ausgelöscht. Lineal bis auf eine Stelle ganz nach rechts. Den obersten Faktor im Schaltwerk eingestellt.
Drücke »Multiplikation«. Sodann:
drehe 5 mal (statt 4 mal), verlege das Lineal um eine Stelle,
drücke »Subtraktion«,
drehe 1 mal, (50 — 1 = 49) verlege das Lineal um eine Stelle,
drücke »Multiplikation«,
drehe 2 mal, verlege das Lineal um eine Stelle,

drehe 4 mal und verlege das Lineal um 2 Stellen,
drücke »Subtraktion«,
drehe 2 mal (400 — 2 = 398),
so ist das Produkt mit 14 Drehungen statt mit 35, wie oben, erzielt worden; das Drücken der Knöpfe geht so leicht mit dem Daumen der Linken, dass es keinen Mehraufwand an Zeit erfordert; der leicht verständliche Vorgang fordert 16—18 Sekunden Zeit.

Zum Multipliziren von links gehört Uebung, weshalb dem Anfänger zu empfehlen ist, von rechts zu arbeiten; auch sind einzelne vielziffrige Beispiele von links nicht auszuführen, weil, wie oben bemerkt, nur zwei überzählige Zehnerübertragungen im Schaltwerk angebracht sind, da sie auch für alles Arbeiten von rechts ausreichen. Später übrigens mehr hiervon.

5. Beispiel. Quadrirung. Beim Quadriren hat man den Vortheil, den Multiplikator in dem eingestellten Multiplikanden vor Augen zu haben. Gesucht das Quadrat von 687,943.

Ausgelöscht; das Lineal bis auf eine Stelle nach rechts (weil 6 mal 6 = 36 eine weitere Stelle links liefert), die zu quadrirende Zahl im Schaltwerk eingestellt; nun verfahre wie vorhin, so ergibt sich mit 6 + 8 + 7 + 9 + 4 + 3 = 37 Umdrehungen, oder auch mit 7 + (— 1) + (— 2) + (— 1) + 4 + 3 = 18 Drehungen das gesuchte Quadrat:

473265,571249,

von welchem 6 Dezimalstellen abzuschneiden sind, da die Wurzel deren 3 hat.

6. Beispiel. Zweifache Multiplikation. Es sei das Produkt 349,04 . 57,63 . 0,073 zu bilden.

Auslöschen. Lineal nach links (wegen des bequemeren Abschneidens der Dezimalstellen); im Schaltwerk 349,04 eingestellt, mit 57,63 multiplizirt, gibt 20115,1752. Diese Zahl wird auf die Schiefertafel *E* geschrieben, darauf im Lineal alles ausgelöscht, und im Schaltwerk 73 eingestellt (wenn man vernachlässigen gedurft, wäre 20115,2 einzustellen gewesen), und mit dem niedergeschriebenen Faktor multiplizirt, gibt 1468,4077896. Die 0 und die 2

zur Linken waren hierbei durch Verlegung des Lineals nicht zu erreichen. Mau versetzt dann die Stellen 73 im Schaltwerk um eine Stelle nach links: keine Drehung, wegen des Faktors 0, Verstellung um eine weitere Stelle nach links: 2 Drehungen wegen des Faktors 2.

7. Beispiel. Verkürzte zweifache Multiplikation. Ausgelöscht. Lineal ganz nach links. Faktor 349,04 im Schaltwerk eingestellt. Man schreibt nun die beiden anderen Faktoren auf die Schiefertafel *E*:

57,63
0,073

und bildet deren Produkt Stelle um Stelle im Kopf, was wie man sehen wird, gar nicht schwer ist, und dreht demgemäss die Kurbel. Ausführung: Man bilde

$3 \times 3 = 9$,	drehe	9	mal,	verl.	das	Lin.	um	1 Stelle,
$3 \times 6 = 18$,	-	8	-	-	-	-	-	1 -
$3 \times 7 = 21, + 1 = 22$,	-	2	-	-	-	-	-	1 -
$3 \times 5 = 15, + 2 = 17$,	-	7	-	-	-	-	-	1 -
$0 + 1 = 1$,	-	1	-	gibt	603	455	256	und ver-

lege das Lineal wieder nach links, jedoch wegen der Stellung der 7 im Faktor 0,073 nun mit der zweiten (Zehner-) Stelle über die erste des Schaltwerkes, so dass dann steht:

	6	0	3	4	5	5	2	5 6
über dem Schaltwerk			VI	V	IV	III	II	I
worin immer noch steht:				3	4	9	0	4

Man bilde nun weiter:

$7 \times 3 = 21$,	drehe	1	mal,	verl.	das	Lin.	um	1 Stelle,
$7 \times 6 = 42, + 2 = 44$,	-	4	-	-	-	-	-	1 -
$7 \times 7 = 49, + 4 = 53$,	-	3	-	-	-	-	-	1 -
$7 \times 5 = 35, + 5 = 40$,	-	0	-	-	-	-	-	1 -
$0 + 4 = 4$,	-	4	- .					

und es erscheint das richtige Produkt:

1468,4077896

wovon wie oben $3 + 2 + 3 = 7$ Stellen abzuschneiden sind. Die

Zahl der Drehungen betrug 39, das Schaltwerk brauchte nicht verstellt zu werden; wir vollführten die erzielte zweifache Multiplikation in einem Verfahren, während oben zwei Verfahren mit 47 Umdrehungen und ausserdem (zufällig) einer Schaltwerkverschiebung nöthig gewesen. Die kleine Kopfrechnung geht, da sie nur von Stelle zu Stelle schreitet, sehr leicht.

8. Beispiel. Kubirung. Das Erheben einer Zahl auf die dritte Protenz geht sehr bequem bei Zugrundelegung der soeben besprochenen zweifachen Multiplikation. Zu kubiren die Zahl 3421.

Auslöschen. Lineal nach links. 3421 im Schaltwerk eingestellt, und nun die allmähliche Quadrirung von 3421 im Kopf vollzogen, und danach gedreht, liefert in $1^1/_4$ Minute den Kubus 40 036 787 461.

D. Division

Auslöschen. Das Lineal ganz nach rechts, den Dividenden ganz links hinaufgeschafft. Darauf drückt man die »Division« oder »Subtraktion«, stellt den Divisor im Schaltwerk soweit als möglich links, und beginnt das Abziehen desselben von den letzten Stellen zur Linken des Dividenden, bis der Rest zu klein geworden ist; die Zahl der nöthigen Drehungen gibt dann die erste Stelle (von links) des Quotienten an. Darauf wird das Lineal um eine Stelle verlegt und fortgefahren. Das Imkopfbehalten der Umdrehungszahlen ist unbequem; um es zu ersparen, ist aber in unserer Maschine ein besonderes Zählwerk *D*, das Quotientenzählwerk, kürzer der Quotient genannt, angebracht. Bei demselben werden die Zeigerscheiben einzeln von Hand auf 0 gestellt, und nun erst beginnt man die Ausübung.

1. Beispiel. 2934 durch 3 zu theilen. Lineal nach links, 2934 hinaufgeschafft, so dass steht:

2	9	3	4	0	0
VI	V	IV	III	II	I
3					

Darauf wird die 3 im Schaltwerk bei VI eingestellt; 3 von 2 geht nicht, wir stellen sie deshalb unter die 9. Nun drehen wir,

nachdem »Division« gedrückt ist. Nach 9 Drehungen sehen wir eine 2 oben bleiben, im Quotienten steht aber eine 9. Lineal um 1 Stelle nach links verlegt, 7 mal gedreht, bleibt 2; Lineal verlegt, 8 mal gedreht, bleibt von 24 der Rest 0. Im Quotientenzähler lesen wir 978 als Ergebniss der Rechnung. Will man die »Probe« machen, so multiplizirt man nun den Divisor mit der Zahl, welche im Quotientenzähler steht. Bei richtigem Verfahren muss dann oben wieder der Dividend erscheinen, was auch bei uns der Fall ist.

2. Beispiel. 160 durch 13 zu theilen. Auslöschen. 160 hinaufschaffen; zur Verdeutlichung hinter die 0 einen Kommastift einstecken, 13 unter 16 im Schaltwerk einstellen. Quotientenzähler auf 0. »Subtraktion« niedergedrückt.

Drehe 1 mal, bleibt 3, erste Quotientenstelle = 1. Nun werde aus Versehen noch einmal gedreht; dies macht sich dadurch bemerklich, dass links eine 9 erscheint, im Quotienten zeigte sich eine 2; durch das Erscheinen der 9 wird man stets sofort auf den Fehler aufmerksam gemacht. Man drückt also »Addition« und dreht 1 mal, addirt also die fälschlich abgezogene Zahhl 13 wieder, und sieht oben wieder 030 . . . ., im Quotienten die 1 erscheinen. Lineal verlegt. 13 von 30 geht. »Subtraktion« gedrückt und zweimal gedreht, lässt oben 4 als Rest. Der Quotient ist also $12^4/_{13}$. Wir können aber weiter fortdividiren, und den gemeinen Bruch in einen Dezimalbruch verwandeln. Lineal verlegt:

Drehe 3 mal, bleibt 1, verlege das Lineal um 1 Stelle,
- 0 - - 10, - - - - 1 -
- 7 - - 9, - - - - 1 -
- 6 - - 12, - - - - 1 -
- 9 - - 3, das Lineal ist ganz nach links verlegt und wir haben als Quotienten: 12,30769. Zur Probe damit rückwärts multiplizirend, erhält man wieder oben 160, vom Komma ab gelesen. Wollte man noch mehr Stellen haben, so brauchte man nur den Rest 3 wieder nach links auf die letzte Zifferscheibe zu bringen, um beliebig weit fortfahren zu können.

3. Beispiel. 389 durch 283 zu theilen. Auslöschen. 389 ans linke Ende des Lineals stellen, dieses ganz nach rechts. Quotient auf 0 gestellt. 283 in 389 geht 1 mal, bleibt 106, Lineal verlegt, nach 3 Drehungen bleibt 25, Lineal verlegt; 21 Drehungen liefern den Rest 129, und so weiter. Quotient 1,374558303886925795 05.

E. Wurzelausziehung

Bei uns sind vortreffliche Wurzeltafeln so verbreitet, dass man sich in vielen Fällen der technischen Praxis mit denselben helfen kann. Handbücher gehen bis 1000, die Hülsse'sche Tafel der Quadrat- und Kubikwurzeln bis 10000, womit ein grosser Bedarf gedeckt ist. Dennoch gibt es zahlreiche Fälle, wo wegen mehrstelliger Dezimalbrüche, die Ganzen angehängt sind, die Wurzelziehung noch nöthig wird. Ein vorzügliches Verfahren zur Ausziehung der Quadratwurzel auf der Rechenmaschine hat Prof. Dr. Töpler ersonnen. Mittelst desselben kann schneller zum Ziele kommen, als mit Hülfe der Logarithmen. Es sei deshalb hier vorgeführt.

Theorie des Verfahrens. Töpler hat sein Verfahren auf bekannte Eigenschaften der arithmetischen Reihe begründet. Für die arithmetische Reihe von n Gliedern mit dem Anfangsgliede a und der Zunahme d ist die Summe:

$$s = \left(a + \frac{(n-1)d}{2} \right) n$$

und das Endglied:

$$u = a + (n-1)\,d.$$

Setzt man in einer solchen Reihe $a = 1$ und $d = 2$, so ist s die Summe der n ersten ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7 usw. und es wird die Summe

$$s = \left(1 + \frac{(n-1)\,2}{2}\right) n = n^2$$

d. h. die Summe der n ersten ungeraden Zahlen ist $= n^2$; dabei wird das letzte oder $n$te Glied

$$u = 1 + 2n - 2 = 2n - 1$$

oder auch:

$$u + 1 = 2n$$

d. h. das letzte Glied der Reihe der n ersten ungeraden Zahlen vermehrt um die Einheit gibt die doppelte Gliederzahl an.

Nach diesen beiden Sätzen können für das Quadrat eines Binoms $n + m$ die drei Glieder n^2, $2nm$ und m^2 auf der Rechenmaschine leicht als Reihensummen gebildet und durch fortschreitendes Abziehen von einem Radikanden im Quotientenzählwerk gefunden werden. Man theilt zu diesem Ende wie beim gewöhnlichen Wurzelausziehen den Radikanden vom Komma ab zu je 2 Stellen ab, und bildet, zur Linken beginnend, schrittweise durch Einstellen von 1, $1 + 2 = 3$, $3 + 2 = 5$, $5 + 2 = 7$ usw. und jedesmaliges Abziehen dieser einzelnen Reihenglieder zuerst n^2, wobei im Quotienten n erscheint, sobald die schrittweise gebildete Summe $s = (1 + 3 + 5 + 7 + \ldots u)$ die betroffenen Radikandenstellen erschöpft hat. Darauf addirt man zu dem, noch im Schaltwerk stehenden letzten Gliede u die Einheit, sodass u in $u + 1 = 2n$ übergeht. Nunmehr verlegt man diese Zahl als Subtrahenden unter die nächste Stelle zur Rechten und bringt unter die zweite Stelle zur Rechten wieder die 1 (vorausgesetzt, dass $u + 1 = 2n$ von den darüber stehenden Stellen abziehbar ist) als erstes Glied der arithmetischen Reihe $1 + 3 + 5 + \ldots u$, welche m^2 zur Summe haben soll, und zieht wieder schrittweis ab, nach jedem einzelnen Abziehen stets in der Reihe für m wieder 2 zufügend. Die neue Quotientenstelle mus m sein, da $2nm + m^2$ durch Multipliziren mit ihr gebildet und abgezogen worden ist, sobald die betroffenen Radikandenstellen erschöpft sind. Im Quotienten stehen darauf n und m in aufeinanderfolgenden Stellen. Bleibt ein Rest, so wird die Zahl im Subtrahenden in Gedanken $= u'$ gesetzt, zu ihr nun 1 addirt und wie oben angegeben fortgefahren. Lässt sich $u + 1 = 2n$, oder diese Zahl nebst dem benachbarten Anfangsgliede 1 von den darüber stehenden Radikandenstellen nicht abziehen, so wird die m-Reihe nicht in der ersten Stelle neben $u + 1 = 2n$, sondern um eine Stelle weiter rechts begonnen und

der Subtrahend ebenfalls um noch eine Stelle nach rechts verlegt; im Quotienten erscheint dann eine Null.

Ausführung des Verfahrens. Die nachfolgenden Beispiele werden das Verfahren, welches leichter ist, als es scheinen könnte, vollends klar machen.

1. Beispiel. Gesucht $\sqrt{2209}$. — Subtraktionsknopf gedrückt; Quotient auf 0 gesetzt*). Eingestellt:

		VI	V	IV	III	II	I
im Zifferlineal (Z):			2	2 | 0	9 | 0	0	
im Schaltwerk (S):			1	0	0	0	0
Erste Stelle des Quotienten = 4	1) gedreht; es bleibt in (Z):	2	1	0	9	0	0
	man stellt in (S):		3	0	0	0	0
	2) gedreht, gibt in (Z):	1	8	0	9	0	0
	gestellt in (S):		5	0	0	0	0
	3) gedreht, gibt in (Z):	1	3	0	9	0	0
	gestellt in (S):		7	0	0	0	0
	4) gedreht, gibt in (Z):	0	6	0	9	0	0
	gestellt in (S):		8	1	0	0	0
Zweite Stelle des Quotienten = 7	1) gedreht, gibt in (Z):	5	2	8	0	0	0
	gestellt in (S):		8	3	0	0	0
	2) gedreht, gibt in (Z):	4	4	5	0	0	0
	gestellt in (S):		8	5	0	0	0
	3) gedreht, gibt in (Z):	3	6	0	0	0	0
	gestellt in (S):		8	7	0	0	0
	4) gedreht, gibt in (Z):	2	7	3	0	0	0
	gestellt in (S):		8	9	0	0	0
	5) gedreht, gibt in (Z):	1	8	4	0	0	0
	gestellt in (S):		9	1	0	0	0
	6) gedreht, gibt in (Z):		9	3	0	0	0
	gestellt in (S):		9	3	0	0	0
	7) gedreht,			geht auf			

*) Es empfiehlt sich für Alle, die häufiger Wurzelausziehungen zu machen gedenken, auch für den Quotienten einen Auslöscher zu bestellen. Herr Burkhardt liefert übrigens neuerdings bei allen seinen Maschinen den Quotientenauslöscher schon mit.

Im Quotienten ist erschienen 47, welches die Quadratwurzel von 2209 ist; die Zahl der Drehungen betrug $4 + 7 = 11$.

2. Beispiel. Gesucht $\sqrt{4,1621.}$ — Subtraktionsknopf gedrückt. Eingestellt:

im Zifferlineal (*Z*):		4	1	6	2	1	0	0
im Schaltwerk (*S*):	VI	V	IV	III	II	I		
	1	0	0	0	0	0		
Erste St. d. Qu. = 2								
1) gedreht, gibt in (*Z*):	3	1	6	2	1	0	0	
gestellt in (*S*):	3	0	0	0	0	0	0	
2) gedreht, gibt in (*Z*):	0	1	6	2	1	0	0	
gestellt in (*S*):	VI	V	IV	III	II	I		
	4	0	0	0	0	0		
Zw. St. d. Qu. = 0								
4 von 1 geht nicht, deshalb verlegt und								
gestellt in (*S*):			VI	V	IV	III	II	I
			4	0	1	0	0	0
Dritte Stelle des Quotienten = 4								
1) gedreht, gibt in (*Z*):		1	2	2	0	0	0	0
gestellt in (*S*):		4	0	3	0	0	0	
2) gedreht, gibt in (*Z*):		8	1	7	0	0	0	
gestellt in (*S*):		4	0	5	0	0	0	
3) gedreht, gibt in (*Z*):		4	1	2	0	0	0	
gestellt in (*S*):		4	0	7	0	0	0	
4) gedreht, gibt in (*Z*):		0	0	5	0	0	0	

Es ist ein Rest geblieben, mit dem man nun fortfährt, nämlich:

Es steht in (*Z*):	0	0	5	0	0	0	0	0
Vierte St. d. Qu. = 0								
gestellt in (*S*):	VI	V	IV	III	II	I		
	4	0	8	0	0	0		
408 von 50 geht nicht, deshalb verlegt und								
gestellt in (*S*):	VI	V	IV	III	II	I		
	4	0	8	0	1	0		
Sechst. St. Fünfte St. d. Qu. = 2 d. Qu. = 1								
1) gedreht, gibt in (*Z*):		9	1	9	9	0	0	
gestellt in (*S*):	VI	V	IV	III	II	I		
	4	0	8	0	2	1		
1) gedreht, gibt in (*Z*):		5	1	1	8	7	9	
gestellt in (*S*):		4	0	8	0	2	3	
2) gedreht, gibt in (*Z*):		1	0	3	8	5	6	

Ergebniss im Quotienten: 2,04012, was genügend weit geht. Zahl der dafür nöthigen Drehungen $9 + 2 = 11$, oder im allgemeinen: Quersumme der Wurzel + Anzahl der Nullen, die in derselben vorkommen.

Nach kurzer Uebung ist das Verfahren dem Maschinenrechner geläufig und vollzieht sich dann kaum weniger schnell, als eine gewöhnliche Division. Dasselbe ist für vielerlei Rechnungen, u. a. für mancherlei physikalische Beobachtungsreihen, sowie auch für statistische Rechnungen von wesentlichem Nutzen, insbesondere wo Wurzeln aus vielstelligen Zahlen ausgezogen werden müssen, für welche berechnete Wurzeltafeln nicht ausreichen.

F. Allgemeine Beispiele

Zum Schluss dieser Anleitung will ich noch einige Anwendungen der Maschine auf praktische Arbeiten mit benannten Zahlen vorführen, woran man erst recht eigentlich die Vorzüglichkeit derselben wird ermessen können.

1) Gesetzt es sei eine Tafel für die Gewichte der Gusseisenplatten zu rechnen, deren Dicken von Millimeter zu Millimeter steigend angenommen werden sollen, und bei denen man das Gewicht in Kilogrammen auf den Quadratmeter wissen will. Bei 1 Millimeter Plattendicke ist der Inhalt des zu betrachtenden Körpers gerade 1 Kubikdezimeter, dessen Gewicht in Kilo also gleich dem spezifischen Gewicht, welches bei dem betreffenden Gusseisen durch genaue Methoden = 7,244 gefunden sei. Dies vorausgesetzt, stellen wir die Zahl 7,244 im Schaltwerk ein, drücken auf »Addition« und haben:

nach	1	Umdr.	für	1	Millim.	Plattendicke	das Gewicht	7,244 kg
-	2	-	-	2	-	-	-	14,488 -
-	3	-	-	3	-	-	-	21,732 -
-	4	-	-	4	-	-	-	28,976 -
-	5	-	-	5	-	-	-	36,220 -

usf.; jede Umdrehung liefert einen Werth der aufzustellenden Tafel.

2) Man habe eine Formel

$$y = c\sqrt{x},$$

z. B. die Dicke d eines schmiedeisernen Zapfens für die Last P in Kilogramm darstellend,

$$d \text{ (in Millimetern)} = {}^{9}/_{8}\sqrt{P}$$

und will für die Werthe $d = 20,\ 25,\ 30,\ 35,\ 40,\ 45,\ 50$ usw. die Belastungen P in einer Tafel zusammenstellen, so ermittelt man sich zunächst:

$$P = \left(\frac{8}{9}\right)^2 d^2 = 0{,}790123\ d^2\ ,$$

legt dann die Quadratentafel vor sich (z. B. Weisbachs Ingenieur S. 9), stellt 790 123 als Faktor in dem Schaltwerk ein, richtet sich auf »Multiplikation« und benutzt nun als Faktoren die aus der Tafel abzulesenden Quadrate der Urveränderlichen d. Also

bei $d = 20$ den Faktor 400 und erhält rasch $P = 316{,}049$
25 - - 625 - - - $414{,}815$
30 - - 900 - - - $711{,}111$
35 - - 1225 - - - $967{,}901$
40 - - 1600 - - - $1264{,}197$

usw. und bedenke nur, dass bei logarithmischer Rechnung jedesmal 1 Log. verdoppelt, dazu ein anderer gezählt werden, darauf ein Numerus zu der Logarithmensumme gesucht werden müsste.

3) In Zeuners mech. Wärmetheorie findet sich u. a. in Tabelle I eine Spalte mit den berechneten Werthen

$$Q = 606{,}5 + 0{,}395\ t,$$

wobei die Temperaturen t von 5 zu 5 Graden steigen. Diese Formel erfordert auf dem gewöhnlichen Wege nach vorheriger Aufschlagung des Log. zu 0,305:

Aufschlagung des Log. zu t,
dessen Addition zu Log. 0,305,
Aufsuchung des Numerus zur Summe,
Addition derselben zu 606,5.

Es seien 3 Dezimalstellen gewünscht.

Wir bereiten uns folgendermaassen vor. 606,500 hinaufgeschafft, das Komma eingesteckt, 305 im Schaltwerk so eingestellt:

606,500

305

Darauf drehen wir 5mal, und erhalten oben 608,025 als Werth für $t = 5$. Darauf verlegen wir das Lineal um 1 Stelle nach rechts, wodurch $10 \times 0{,}305$ eingestellt ist, und erhalten nun bei jeder Drehung einen Tabellenwerth, nämlich:

nach	1	Dreh.	für	$t = 15$	den Werth	611,075
-	2	-	-	$t = 25$	- -	614,125
-	3	-	-	$t = 35$	- -	617,175
-	4	-	-	$t = 45$	- -	620,225

usf.; die Zahlen werden schneller erhalten, als sie aufschreibbar sind! Um die Zwischenstufen zu erhalten, fängt man wieder bei $t = 0$ an, addirt $10 \times$, $20 \times$, $30 \times 0{,}305$ usf.

4) In derselben vorgedachten Tabelle findet sich eine Spalte nach der Formel

$$r = 607 - 0{,}708\ t$$

berechnet, ebenfalls für die obigen Stufen von t. Wir verfahren ganz ähnlich. 607,000 wird hinaufgestellt; darunter im Schaltwerk 0,708 so:

607,000

708

Darauf drückt man den Subtraktionsknopf, dreht 5mal, und es erscheint oben der Werth für $t = 5$, nämlich 603,460. Nun das Lineal um 1 Stelle nach rechts gelegt, erhält man für jede Drehung wieder einen Tabellenwerth.

5) Formeln von der Form

$$y = \frac{x^2 + 27{,}43\ .\ x}{x - 2},$$

der Schrecken der Logarithmenrechner, lassen sich spielend auf dem Arithmometer ausrechnen. Sei z. B. $x = 22{,}54$, so verfahren wir folgendermaassen.

Alles ausgelöscht. Lineal ganz nach links.

Im Schaltwerk folgendermaassen eingestellt:

Lineal: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

VI V IV III II I

2 2 5 4

Bilde nun das Quadrat von 22,54. Es erscheint, wenn man das Lineal zurückgelegt hat:

0 0 5 0 8, 0 5 1 6 0 0

VI V IV III II I

2 2 5 4

in welcher Zahl man das Komma richtig zwischen 8 und 0 einsetze. Darauf multiplizire man, unter Belassung des niedergedrückten Additionsknopfes, 22,54 mit 27,43; es erscheint oben sofort der ganze ausgerechnete Zähler 1126,3238. Im Schaltwerk zieht man nun in der fünften Spalte den Zeigerknopf von 2 auf 0, und verlegt das Lineal wie folgt:

0 1 1 2 6 3 2 3 8 0 0

VI V IV III II I

2 0 5 4

stellt den Quotienten auf 0, drückt auf »Subtraktion« und dividirt; alsbald kommt als Endergebniss: 54,835 und zwar beansprucht die ganze Rechnung den vierten Theil der Zeit, die man braucht, um vorstehende Erklärung zu lesen.

Ich erwähne noch, dass Professor Dr. Junge in Freiberg mit dem Arithmometer eine ausgezeichnete Tafel der Sinus und Cosinus für den Halbmesser 1000 000*) berechnet hat, welche für manche scharfe Rechnungen von besonderem Werthe ist.

Diese Beispiele werden, wie ich glaube, genügen, um den

---

*) Leipzig, Arthur Felix.

Arithmometer in seinem Gebrauch und seiner grossen Brauchbarkeit kennen zu lehren, so dass ich nun zur näheren Beschreibung des Mechanismus übergehen kann.

IV.

Beschreibung der Bauart des Arithmometers

Nach den Erklärungen, welche unter (II) gegeben wurden, und nachdem wir uns soeben mit den Aeusserlichkeiten des Arithmometers bekannt und vertraut gemacht haben, dürfen wir es unternehmen, in das scheinbar so verwickelte innere Getriebe des Geräthes untersuchend hineinzuschauen. Auf der beigefügten Tafel sind die wichtigsten Einzelheiten desselben für zwei Elemente (Einer und Zehner) dargestellt, und zwar in der 1,7 fachen Grösse der Ausführung, wobei ich mir indessen der Deutlichkeit zu Liebe einzelne kleine (für die Ausführung unpraktische) Aenderungen erlaubt habe. Das Ganze zerfällt auch hier wieder in Schaltwerk, Zählwerk und Wendegetriebe. Zwischen Schaltung und Zählrad sitzt sodann wieder die wichtige Zehnerübertragung.

Der Haupttheil jedes der Schaltgetriebe ist die staffelförmig verzahnte Schaltwalze *A* Fig. 1 und 2. Dieselbe ist zusammengesetzt zu denken aus zehn niedrigen Abschnitten, von denen der erste keinen, der zweite 1, der dritte 2, der vierte 3 usw., der zehnte 9 Zähne hat, welche hier $^1/_{22}$ des Umfangs zur Theilung haben. Diese Zähne können mit dem Rädchen *B*, B_1, B_2 in Eingriff gebracht werden, indem man dasselbe mittelst des Zeigerknopfes *C*, C_1, C_2 auf seiner 4kantigen Achse verschieben, und beliebig über die 9, 8, 7, 6- usw. zähnige Stelle der Schaltwalze bringen kann. Der Erfolg ist, da *B* 10 Zähne hat, dass dasselbe um 9, 8, 7, 6 usw. Zehntel-Umdrehungen verstellt wird, wenn *A* eine Umdrehung macht. Sämmtliche Schaltwalzen werden aber vermittelst der Haupttriebachse *D*, welche die ganze Maschine entlang läuft, stets gleichzeitig einmal umgedreht, wenn

man die Handkurbel E eine Drehung machen lässt. Der Griff der letzteren ist, wie hier gezeichnet, niederlegbar.

Die Achse F des Rädchens B treibt mit einem der kleinen Kegelräder G oder H des Wendegetriebes das Rad I auf der senkrechten Achse, welche die Zifferscheibe K trägt, und ertheilt demnach der letzteren in rechtläufigem oder rückläufigem Sinne ebensoviele Zehnteldrehungen als B empfängt. Die Achse L des Umstellers des Wendegetriebes geht unter den sämmtlichen Achsen F her, ebenso wie die flache Stange M, welche die Büchse zwischen den Rädchen G und H erfasst und deren Hin- und Herschiebung unmittelbar bewirkt. Das Zifferlineal dreht sich um die Achse N. Man sieht ein, dass in der gehobenen (hier punktirten) Stellung desselben sämmtliche Zifferscheiben ausser Eingriff mit dem Getriebe kommen müssen. Das sichere Wiedereinkehren der Zahnräder wird durch eine Reihe Einschnitte vermittelt, in welche der Stift O einsinkt, sobald man das Lineal an den richtigen Stellen niederlässt.

Alle Zifferscheiben sind, wie es in Fig. 4 angegeben ist, aussen mit 10 Bogenbauchungen versehen, welche ebensoviele Sperrzähne vorstellen, in welche eine weiche Feder eingreift, um die Scheiben mit einiger Kraft in den Stellungen zu erhalten, wo die Ziffern sich gerade dem Schauloch gegenüber befinden. Nahe vor Erreichung der richtigen Stellung treibt die Sperrfeder auch die Scheibe in die richtige Stellung hinein, gleichviel ob sie recht- oder rückläufig getrieben wird; ein derartiges Gesperre heisst ein Kippgesperre. Diese Sperrung ist aber noch nicht genügend, um fehlerhafte Einstellungen der Zifferscheiben, insbesondere der die Bewegung vermittelnden Rädchen zu verhüten. Vielmehr sind hierfür noch besondere Sperräder P, P_1, P_2 in den Schaltgetrieben angebracht.

Ein solches Sperrad besitzt 10 gleiche bogenförmige Ausschnitte, in welche das Sperrstück Q, Q_1, Q_2 auf der Schaltwalzenachse eingreift. Dieses Sperrstück Q hat aber, wie die punktirten Linien deutlich machen, eine gerade so weit reichende Einziehung, dass nicht gesperrt wird, so lange es möglich ist, dass Schaltzähne in das Rädchen B eingreifen. Mithin

bewirkt die beschriebene Einrichtung, dass die Drehung des Rädchens und der zugehörigen Zifferscheibe freigegeben ist, sobald der verzahnte Bogen zu *B* tritt, sobald also die Flanke des Zahnes 9 sich der Eingriffstelle nähert, und während des ganzen Zahnbogens 9—1 freigegeben bleibt, nach Durchgang desselben aber wieder gehindert wird. Hierdurch wird einem Verkehrtstellen der Zifferscheiben durch Erschütterungen beim raschen Drehen usw. vorgebeugt. Zugleich freilich erschwert diese nothwendige Vorkehrung die Einrichtung der Zehnerübertragung, die deshalb mehr Theile erhalten musste, als man zu erwarten geneigt sein möchte.

Die Zehnerübertragung wird zunächst bewirkt durch den an einem besonderen Arme sitzenden Zahn 10, welcher auf *A*, als der Einerwalze, nicht nöthig ist, auf jeder folgenden Walze aber angebracht sein muss. Der Zehnerzahn dürfte in das Rädchen *B* eingreifen; da aber dieses hin- und hergeschoben werden muss, ist seine genaue Wiederholung in dem unverschieblich auf *F* angebrachten Rädchen *R* vorhanden. In dieses kann der Zahn 10 nur dann eingreifen, wenn er sich in der (in Fig. 2) punktirten Lage befindet. Soll er aber eingreifen, so muss dann gleichzeitig das Sperrwerk *P Q* gelöst werden. Dies geschieht nun wie folgt.

Das Sperrstück *Q* besitzt in einer weiter rechts von *P* belegenen Ebene noch eine weiter zurücktretende Stufe *S*, welche das Sperrad im Falle des Eingriffes des Zehnerrades ungehindert lässt, wenn sie in seine Ebene gebracht wird. Solches geschieht aber gleichzeitig mit dem Vorschieben des Zehnerzahnes in die Ebene von *R*, indem jener Zahn mit dem Sperrstück aus einem Ganzen besteht (mit ihm eintrumig ist). Das Uebertragen eines Zehners muss geschehen, wenn beim Addiren die Einerscheibe von 9 auf 0, beim Subtrahiren, wenn sie von 0 auf 9 geht. Bei diesem Uebergang stösst aber der Zahn *T* der Zifferscheibe (Fig. 4) einmal links, einmal rechts an den Vorsprung des Ausrückers *U*, dieser drückt dann auf den Zwischenhebel *V*, welcher das auf seinem Stift festgeschraubte Tellerchen *W* und damit das Knöpfchen *X* verschiebt, welch letzteres das Sperrstück

und sein Zubehör nach vorne zieht. Sobald dies geschehen ist, was an irgend einem Punkte des Eingriffes der ersten Schaltwalze vorkommen kann (z. B. gleich bei Eingriff des ersten Zahnes, wenn im Zifferrad eine 9 stand und addirt wird), ist die Zehnerübertragung vorbereitet. Sie erfolgt erst wirklich, wenn der Zehnerzahn nach oben und in Eingriff kommt, was aber erst geschieht, wenn alle übrigen 9 Zähne schon durch die Eingriffstelle gegangen sind, also möglicherweise gewirkt haben. Dann erst fällt der Zehnerzahn ein, schaltet um $^1/_{10}$ Drehung, und lässt sofort wieder die Kante bei *S* in das Sperrad eingreifen, um jede Störung unmöglich zu machen.

Nun aber muss auch der Zehnerzahn wieder beseitigt werden, damit er bei der nächsten Drehung nicht unnöthiger- oder fälschlicherweise nochmals schaltet. Zu dem Ende ist an dem Sperrstück *Q* eine Schraubenfläche *Y* angebracht, welche gegen einen festen Stift *Z* stösst, an diesen streift und *Q* wieder an seine alte Stelle schiebt. *Z* ist gerade so gestellt, dass sofort nach geschehener Zehnerschaltung *Q* wieder zurückgebracht wird. Damit aber gehen auch *X*, *W*, *V* und *U* wieder zurück, und alles ist zu neuem Wirken in Bereitschaft gesetzt. Eine auf *W* drückende und daran reibende platte Feder hält dieses Tellerchen und die anhängenden Theile in ihren eingenommenen Stellungen fest. Das Tellerchen *W* bildet mit der auf ihm lastenden Feder ein Reibungsgesperre, welches kleinen störenden Kräften gegenüber den Hebel *V* festhält, sperrt, den grösseren, vom Mechanismus bedingten Kräften aber nachgibt. Diese sämmtlichen, so sinnreich angebrachten Theile arbeiten mit einer erstaunlichen Sicherheit und Schnelligkeit, und lassen in der That ohne ganz besondere Zufälle nie einen Fehler aufkommen.

Schon oben wurde hervorgehoben, dass die einzelnen Schaltgetriebe stets ihren linken Nachbarn voreilen müssen, damit die Zehnerübertragung richtig erfolgen kann. Das Voreilen der rechts liegenden oder, wie man auch sagen kann, das Nacheilen jeder nach links hin folgenden Achse beträgt von Walze zu Walze eine Zahntheilung, wie auch an unseren Walzen A_1, A_2 zu bemerken ist. So kommt es, dass der letzte, der Einerzahn in

jedem Getriebe schon durch den Eingriffspunkt gegangen ist, wenn der des links folgenden (also einer höheren Ordnung angehörigen) zur Wirkung kommt. Ist nun in irgend einem Rade die Zehnerübertragung vorbereitet, so wird sie dieses Nacheilens wegen stets auch ausgeführt. Nothwendig muss aber deshalb auch, um Fehler zu vermeiden, der leere Bogen auf der Schaltwalze angebracht sein. Die Grösse derselben richtet sich nach der Zahl der angewandten Elemente. Die hier benutzte Grösse reicht für 8 zählende (einstellbare) Schaltwalzen noch vollkommen aus. — Für mehr als 8stellige Schaltwerke muss der leere Bogen grösser sein, woraus folgt, dass die 10/20 und die 12/24stelligen Maschinen dickere Walzen erfordern, als die vorliegende. Den leeren Bogen macht Herr Burkhardt übrigens durchweg grösser, als bei Thomas geschehen, wodurch er für den unthätigen Theil der Kurbeldrehung einen grösseren Winkel erzielt, was beim Arbeiten mit der Maschine angenehm ist. Anziehend ist es, die Wirkung der Zehnerübertragung beim Addiren von Zahlen zu beobachten, welche aus vielen Neunen bestehen. Stellt man im Zählwerk 0 999 999, im Schaltwerk aber nur eine einzige 1 in den Einern und dreht nun einmal, so geschieht folgendes. Der Zahn 1 in A_1 schaltet B_1 um einen Zahn herum; dadurch wird aber für A_2 die Zehnerübertragung vorbereitet, und nach Durchlaufung der folgenden Theilung auch vollzogen; hierdurch bereitet sich für A_3 die Zehnerübertragung vor, um sofort vollzogen zu werden usf. Kurz man sieht bei langsamer Ausführung der Kurbeldrehung von links nach rechts die eine 0 um die andere in den Schaulöchern die 9 ersetzen, und endlich links von der sechsten Stelle eine 1 statt der 0 vortreten, so dass das richtige Ergebniss 1 000 000 da steht. Aehnlich, aber umgekehrt wirkt die Maschine, wenn man 1 von 1 000 000 abzieht, wo sofort 6 Neunen nach einander zum Vorschein kommen.

Das Hebelwerk des Wendegetriebes wurde in der Zeichnung weggelassen, da dasselbe ja leicht auf vielerlei Arten gleichgut eingerichtet werden kann. Damit es fest steht, so lange die Kurbel sich nicht in ihrer (hier gezeichneten) Anfangslage befindet, legt sich bei Thomas einer der Hebel an eine Scheibe an, welche

auf der letzten Schaltgetriebwelle zur Linken sitzt. Diese Scheibe, welche bei jeder Kurbeldrehung gerade eine Umdrehung macht, hat einen radialen Ausschnitt, welcher sich dem obigen Hebel genau gegenüberstellt, wenn die Kurbel auf 0 steht, dann also dem Hebel gestattet, auf die andere Seite der Scheibe zu treten, wenn man den betreffenden Knopf drückt*).

Herr Burkhardt hat diesen Theil der Maschine etwas abgeändert; er hat an dem Umstellhebel nur ein kräftiges Kippgesperre angebracht, welches den Eingriff jedesmal genügend sichert und zugleich nach Ueberschreitung der Mittellage mit einem Sprung einkehrt, was die Umstellung für die Hand erleichtert.

Ausser dieser Einzelheit wurden auch noch manche andere in der Zeichnung unterdrückt, z. B. das Zählwerk des Quotienten. Von demselben ist zu bemerken, dass es stets nur von der Einerachse A_1 des Schaltgetriebes aus in Bewegung gesetzt wird, und zwar stets nur eine Scheibe desselben ohne Zehnerübertragung, weil beim Dividiren niemals grössere Einzelquotienten als 9 vorkommen. Auch ist aber ein Wendegetriebe unerlässlich, damit beim Dividiren mit wechselndem Abziehen und Zuzählen die Zählscheibe einmal zurück- einmal wieder vorgedreht wird. Die Zählscheiben mussten deshalb die auf- und absteigende Zifferfolge 1 2 3 4 5 6 7 8 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 erhalten. — Bemerkenswerth ist noch der Auslöscher, welcher in Fig. 2 zu bemerken, in Fig. 5 grösser dargestellt ist. Die Auslöschung wird durch eine Zahnstange bewirkt, welche für gewöhnlich nicht in die zugehörigen Drehlinge *b* auf den Zifferscheibenachsen eingreift. Verschiebt man aber die Zahnstange, was durch Drehen an dem Knopf *O* bewirkt wird, welcher einen stets in sie eingreifenden besonderen Drehling umtreibt, so zwingt die Schiefebene *cd*, am Stift *c* hingleitend, die Zahnstange zum Eingriff mit den Rädchen *b*, und nöthigt diese sämmtlich, sich zu drehen. Diese Rädchen, ursprünglich 10zähnig, haben aber der 0 gegenüber keinen Zahn, und

*) Das Ganze ist ein sogenanntes ruhendes und zwar geschränktes Schartengesperre, siehe mein Handbuch »Der Konstrukteur«, 4. Aufl. S. 627.

werden demnach, sobald die 0 im Schauloch erschienen ist, nicht ferner von der Zahnstange ergriffen. Es müssen also alle Zifferscheiben sehr rasch auf 0 kommen, sobald man die Zahnstange, deren Triebdrehling durch eine Spiralfeder stets wieder zurückgetrieben wird, einigemal hin- und hergehen lässt.

Eine sehr nützliche Verbesserung hat Herr Burkhardt noch im Schaltwerk angebracht. Geht man bei einer Divisionsaufgabe mit dem Abziehen zu weit, so erscheinen links im Zifferlineal Neunen, was den Rechner veranlasst, durch einmaliges Addiren den Fehler zu verbessern. Es kann aber vorkommen, dass auch beim Multipliziren, vor allem beim Anfangen von links, die überzähligen Zehnerübertrager nicht ausreichen und erstaunliche Fehler entstehen lassen. Schon oben, S. 27, machte ich darauf aufmerksam, dass deshalb der ungeübtere Rechner dem Rechtsanfangen den Vorzug geben solle. Herr Burkhardt hat den Irrthümern aber dadurch vorgebeugt, dass er eine sog. Zehnerwarnung in seiner Maschine angebracht hat. Bei jeder zu weit gehenden Zehnerübertragung links lässt der Mechanismus ein Glöckchen ertönen, woraus der Rechner Veranlassung nehmen muss, die Aufgabe neu und unter Vermeidung des unzweckmässigen Anfangs zu rechnen. Die Abnehmer Burkhardt'scher Maschinen haben nach 1885, wo er die Zehnerwarnung einführte, fast durchweg die nachträgliche Zufügung desselben begehrt. Der Deutlichkeit halber hat Herr Burkhardt auch die Divisions- oder Subtraktionsziffern in Quotienten wieder roth gefärbt, die Additionsziffern aber schwarz.

Was im allgemeinen die Handhabung der Maschine angeht, so ist nur weniges darüber zu sagen. Gute Einölung ist wichtig, übrigens auch einfach. Ganz gut ist, den ganzen Mechanismus, welcher sich sehr leicht aus dem Kasten nehmen lässt, bis an die Deckplatte in geeignetes feines Oel einzutauchen, ihn einen Tag lang abtropfen zu lassen, um dann in Gebrauch zu nehmen. Man braucht dann in dieser Beziehung nie mehr nachzusehen. Schutz vor Staub ist selbstverständlich nothwendig, wofür übrigens der sehr schön gearbeitete Kasten alles Nöthige leistet. Ein leichtes und schnelles Drehen an der Kurbel wird bald zur Gewohnheit, so dass man bald schon durch das Gefühl belehrt wird, ob

eine etwaige Stockung durch einen zwischen die Rädchen gefallenen fremden Gegenstand, oder etwa unzeitgemässes Aufheben oder Senken des Lineales hervorgerufen wurde. Ein leises Rütteln an der Kurbel beseitigt fast immer sofort die Störung.

Die Bemerkung in der ersten Auflage dieser Schrift, dass noch Verbesserungen am Thomas'schen Arithmometer anzubringen sein möchten, ist durch die von Herrn Burkhardt vorgenommene Durcharbeitung erledigt. Der gegenwärtige Stand der Maschine lässt kaum zu wünschen übrig und dieselbe leistet deshalb auch alle die Dienste, die man sich damals von ihr versprechen durfte.

V.

Ueber das Erstlingsrecht an der Erfindung der vorliegenden Rechenmaschine

Bald nachdem die Thomas'sche Rechenmaschine ihre praktische Laufbahn begonnen hatte, traten andere Maschinen mit ihr in Wettbewerb. In besonderem Maasse geschah dies auf einer französischen Landesausstellung im Jahre 1849 durch eine von den Herren Maurel und Jayet ausgeführte und ausgestellte Rechenmaschine, der die Erfinder die nicht allzubescheidene Benennung Arithmaurel gegeben hatten. Für ihre Leistung wurde den Erfindern die hohe Auszeichnung des akademischen Monthionpreises zuerkannt, während eine auch nur ähnliche Anerkennung Thomas nicht zu Theil geworden war. Indessen rief doch die ungewöhnliche Bevorzugung der Herren Maurel und Jayet die Kritik wach und man begann, genauer als vorher das Erstlingsrecht an der Erfindung zu untersuchen und nach Möglichkeit festzustellen. Einen Ueberblick über diese Vorrechtsfrage in ihrer ganzen Ausdehnung hat die schon erwähnte »Geschichte der Zahlen und der mechanischen Zählung« von Régnier gegeben.

Es ist heute wichtiger vielleicht, als früher, dem Meinungs-

streit etwas zu folgen. Das Preisrichteramt für 1849 hatte Folgendes berichtet:

»Die Herren Maurel und Jayet haben unter dem Namen »Arithmaurel eine Rechenmaschine vorgeführt, in welcher man »den wichtigsten Werktheil des Arithmometers des Herrn »Thomas wiederfindet, nämlich: geriefte Walzen und (ihnen) »parallele Achsen, auf welchen Getriebe gleiten, die dazu bestimmt sind, Zahlenwerthe darzustellen«.

Der Ausdruck hätte genauer sein können; man meinte die Walzen mit staffelförmiger Verzahnung, *A* in unserer Zeichnung, und die in letztere je nach Einstellung eingreifenden Getriebe oder Trieblinge *B*; man versteht indessen, was gemeint war.

Im Jahre 1851 ging nun die Aufmunterungsgesellschaft, die schon 1822 die Sache günstig beurtheilt hatte, ohne aber gerade sehr weit mit ihrer Anerkennung zu gehen, mit erneutem Ernst an die Sache und erkannte Herrn Thomas eine goldene Denkmünze zu mit einer Begründung, worin es hiess:

»Diese Werktheile der Maschine der Herren Maurel und Jayet »sind thatsächlich die Werktheile der Maschine des Herrn Thomas, »sind ihre karakteristischen Werktheile.«

Eine ähnliche Anerkennung wurde Herrn Thomas 1854 durch die Akademie der Wissenschaften zu Theil, indem ein Ausschuss, bestehend aus den Herren Cauchy, Piobert und Mathieu über die Sache mit folgendem Wortlaut berichtete:

»Herr Thomas war seit 1822 dazu gelangt, indem er ge»riefte Walzen anwandte, eine einfache Maschine herzustellen, »mittelst deren man ohne Tastversuche die gewöhnlichen Rech»nungsarten der Zahlenlehre ausführen konnte.

»Der Gedanke der gerieften Walze findet sich wieder in »einer, Arithmaurel genannten Maschine, die nachzeitlich von »den Herren Maurel und Jayet hergestellt worden und für die »sie den Preis der Monthionstiftung erhalten haben.«

Hiermit nahm die Akademie wenigstens dem Sinne nach ihren frühern, etwas ungewöhnlichen Beschluss zurück, und dadurch

war seitens der hohen wissenschaftlichen Stelle Thomas wieder gegeben, was Thomassens war — — oder doch schien. Régnier bricht demzufolge weiterhin in seiner Schrift in schwärmerische Bewunderung der Thomas'schen Maschine aus, indem er aus den Vorgängen zunächst den Hauptsatz folgert:

»Herr Thomas von Kolmar hat mit niemandem den Ruhm »zu theilen, den Arithmometer ersonnen und ausgeführt zu »haben«,

und schliesslich nach sehr weitgehenden wissensgeschichtlichen Ausführungen zu dem folgenden Endurtheil gelangt:

»Will man . . . einen Maassstab haben für den Genius Homers, »so setze man neben die Ilias die Aeneide Virgils, die Pharsalie »Lucans, Tassos befreites Jerusalem, Miltons verlorenes Para- »dies, die Lusiade von Camoëns, die Messiade von Klopstock, »die Henriade von Voltaire, daneben alle die Entmuthigungen, »welche Tausende von Dichtern, deren höchster Ehrgeiz immer »das Epos war, vor dem Meisterwerk des ilionischen Sängers »betroffen, — man mache alle diese Vergleiche und man wird »wissen, was Homers Genius bedeutet.«

»Wollen wir ebenso wissen, wie derjenige begabt sein und »welche Geistesarbeit der aufwenden musste, der den Arith- »mometer schuf, so haben wir eine der vorausgehenden ähn- »liche neue Rückschau zu halten über alle die grossen Männer, »die vergeblich an der Aufgabe gearbeitet, deren Lösung Herrn »Thomas von Kolmar so glänzend gelang.«

»Wenn bei dieser Rückschau unter den glücklosen Suchern »sich Namen zeigen wie die eines Thales, Pythagoras, Archi- »medes, Gerbert, Albertus Magnus, Roger Bacon, Blasius Pas- »cal, Poleni*), Leupold, Leibniz**), Clairaut und andere, so

*) Poleni oder Polenus, ein sonst wenig gekannter Mathematiker, Professor der Mathematik in Padua, gab 1709 in Venedig eine Beschreibung und Darstellung auf neun Kupfertafeln einer von ihm erfundenen Rechenmaschine heraus; sie ist bei Leupold, Theatr. Arith., abgebildet und besprochen.

**) Die Zeitfolge ist hier falsch, Leibniz müsste gleich nach Pascal stehen.

»wagt man nicht, um dem Vorwurf der Schmeichelei zu ent-
»gehen, zu sagen, welchen Platz der Schöpfer des Arithmo-
»meters unter den Denkergrössen einer höheren Ordnung ver-
»diene, zumal wenn man bedenkt, dass die Anerkennungen,
»die er im eignen Lande erfahren, ihn unter die Erfinder ge-
»wöhnlicher Art einzureihen scheinen.«

Im letzten Augenblick, dicht vor dem Sprung, ist Herrn Régnier doch bange geworden vor den Folgerungen aus seinen eigenen Vordersätzen: er zögert, er stockt und »wagt nicht« zu sagen, was folgen müsste, und er hat recht gethan, stutzig zu werden davor, dass nicht alle seine berufenen Landsleute so dachten, wie er. Der wackere Thomas, der Begründer und Leiter zweier grossen Versicherungsgesellschaften, hat nichts von den ihm aufgelobten Grossartigkeiten seiner Gedanken uns gedruckt hinterlassen, hat auch sicherlich nur in schwachen Stunden an die grosse Kollegenschaft von Thales herauf bis Leibniz und Clairaut geglaubt. Ja noch mehr; er hat wahrscheinlich selbst nicht geglaubt, dass der Arithmometer so ganz in seinem Kopf entsprungen sei, und hat deshalb von den duftdampfenden, dicken Kränzen, die ihm seine Verehrer darbrachten, nur einen ganz bescheidenen Gebrauch gemacht. Gerade wegen dieser ehrenhaften Bescheidenheit müssen wir ihm Anerkennung zollen.

Denn wir können heute aussprechen, dass man sich getäuscht, als man annahm, es sei vor Thomas nicht gelungen, die Rechenmaschine zu Stande zu bringen. Sie war erfunden, war vorhanden, sie rechnete richtig, arbeitete gut, und zwar wesentlich mit denselben Mechanismen, die Thomas anwandte, viele Jahre vor ihm.

Derjenige, welcher zuerst einen vollen Erfolg mit einer von ihm erfundenen Rechenmaschine erzielte — ich meine den vollen Erfolg des dauernd richtigen Ganges — war der würtembergische Pfarrer Philipp Mathias Hahn, eine Zeitlang Seelsorger in Kornwestheim bei Ludwigsburg, später in Echterdingen bei Stuttgart, seinen Gaben nach ein ausgezeichneter Mechaniker, der von der Kanzel gern herniederstieg in seine erfindungsvolle

Werkstatt, aus der noch manch anderes bemerkenswerthes Stück hervorgegangen. Die erste Maschine von den vieren, die er geliefert, wurde von 1770 bis '76 hergestellt, und zuerst im Deutschen Merkur 1779 öffentlich beschrieben. Die letzte, vierte Maschine, wurde durch Hahns Sohn, kgl. Hofmechaniker in Stuttgart, 1809 fertig gestellt. Sie ist noch in vollständig gutem Zustande vorhanden und zwar im Besitz Ihrer Durchlaucht der Frau Herzogin von Urach. Die hohe Frau hatte gestattet, die Maschine 1876 auf der in London veranstalteten »Ausstellung wissenschaftlicher Apparate im Süd-Kensington-Museum«*) zur Schau zu stellen. Der Katalog sagt S. 9 wörtlich über die Maschine:

»Das vorliegende Exemplar zeigt bis ins Einzelne die Ein-
»richtung der jetzt gebräuchlichen Thomas'schen Rechenmaschine
»mit dem Unterschiede, dass bei Thomas die Zahlen geradlinig,
»bei Hahn im Kreise angeordnet sind. Höchst wahrscheinlich
»ist ein Exemplar Muster für die Thomas'sche Rechenmaschine
»gewesen. Die Maschine arbeitet jetzt vollkommen gut bis zu
»zwölfziffrigen Zahlen.«

Diese, von dem Prüfungsausschuss festgesetzte Bemerkung geht sehr weit. Viel zu weit darin, dass »bis ins Einzelne« die Uebereinstimmung bei Thomas vorliege. Ich kann das nicht bestätigen aus einer anderen vortrefflichen Ausführung der Hahnschen Rechenmaschine, die im Besitz der Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin und vollständig gangbar ist. Diese Ausführung ist für ihre Entstehungszeit — 1789 bis '90 — geradezu musterhaft zu nennen. Sie rührt her von Hahns Schwager, dem Kleinuhrmacher Schuster in Ansbach, der 1778 bis '80 in des Pfarrers Werkstatt als Geselle gearbeitet und daselbst die Rechenmaschine genau kennen gelernt hatte. Erwähnen will ich noch, dass es eine sogen. Müller'sche Rechenmaschine gibt, herrührend und verfertigt von dem Darmstädtischen Ingenieurhauptmann

---

*) Dies der amtliche deutsche Titel der Ausstellung, vergl. den Bericht darüber von Dr. R. Biedermann, London 1877; englisch heisst die Ausstellung; *Special Loan Collection of Scientific apparatus at South-Kensington 1876.*

Johann Helfreich Müller, über die schon Kästner 1784 im 120ten Stück der Göttinger Gelehrten Anzeigen Nachricht gibt. Die Maschine hat die Bauart der Hahn'schen, die Müller gekannt. ist aber im Schaltwerk ein wenig verbessert, indem die Verstellung der Staffelwalzen auf ihren Achsen bequemer gemacht ist.

Zunächst ist nunmehr hervorzuheben, dass von den hochstehenden Gutachtern, aus deren Berichten ich oben wörtliche Anführungen gegeben habe, als das wesentliche Stück, das »wichtigste Organ«, der »karakteristische Werththeil« jene gerriefte Walze, (cylindre cannelé) ausdrücklich bezeichnet wird. Diese aber ist in der Hahn'schen Maschine vorhanden und dient ganz demselben Zweck, wie bei Thomas. Die Anwendungen unterscheiden sich nur dadurch, dass bei Hahn die Staffelwalze gegen das Triebrädchen, bei Thomas umgekehrt das Triebrädchen (*B* unserer Zeichnung) gegen die Staffelwalze verschoben wird, um sie mit 1, 2, 3 . . usw. Zähnen in den Triebling eingreifen zu lassen. Der Unterschied ist unerheblich, weil er keine Verschiedenheit im erzielten Zwanglauf mit sich bringt*).

Eine zweite Verschiedenheit ist stärker: es fehlt bei Hahn das Wendegetriebe an den Zifferscheiben. Diese laufen immer im selben Sinne um und tragen für Subtraktion und Division die oben besprochenen zwei Ziffernringe von entgegengesetzter Aufsteigung, roth und schwarz. Nun aber hatte 1822 die Thomas'sche Maschine auch nicht das Wendegetriebe, liess ebenfalls die Zifferscheiben stets rechts laufen und hatte ebenfalls die zwei Ziffernringe, roth und schwarz.

Eine dritte grössere Verschiedenheit, die man in London zu gering anschlug, liegt in der geradlinigen statt kreisförmigen Anordnung. Diese Verschiedenheit ist allerdings bezüglich des Ver-

---

*) Die Darstellung der Thomas'schen Rechenmaschine von 1820 im Jahrbuch der Aufmunterungsgesellschaft (Soc. d'Enc. pour l'Ind. nationale) 1822, November, S. 355 ff., zeigt, dass Thomas zu jener Zeit die Staffelwalze mit einer feintheiligen Verzahnung versah, so dass immer 2 Zähne für jede Zehnteldrehung in das 20zähnige Triebrädchen (*B* unsrer Zeichnung) eingriffen. Hahn wandte nur 10 Zähne an.

legens des Schaltwerks gegen das Zählwerk etwas Aeusserliches, nicht aber wegen des Antreibens der Schalträder. Bei Hahn bewegte die Kurbel einen Zahnbogen von zehn Zähnen, der nacheinander in die Triebrädchen (*B*) eingriff. Bei Thomas dagegen waren 1822 die Staffelwalzenachsen alle durch Zwischenräder miteinander verbunden, was im Mechanismus einen wesentlichen Einfluss hatte, übrigens aber schon alt war*).

Endlich eine vierte Verschiedenheit lag in der Zehnerübertragung. Diese geschah schon 1822 bei Thomas ähnlich, wenn auch nicht ganz so, wie bei seiner heutigen Maschine, bei Hahn dagegen auf wesentlich abweichende, übrigens sehr vollkommene Weise.

Somit können wir die Londoner Bemerkung:

> dass bei Hahn bis ins Einzelne die Einrichtung der jetzt gebräuchlichen Thomas'schen Rechenmaschine schon vorhanden gewesen, und nur der Unterschied zwischen kreisförmiger und geradliniger Anordnung vorliege,

nicht bestätigen.

Noch muss ich hervorheben, dass bei Thomas 1822 die Kurbel Hahns nicht zum Betreiben diente, vielmehr der Rechner an einem aufgewickelten Band zu ziehen hatte, um die Staffelwalzen umzutreiben: dies geschah zugleich so, dass die Walzen bei einem Zug sogleich 1, 2, 3 usw. mal umgetrieben wurden, wenn 1, 2, 3, usw. mal multiplizirt werden sollte. Diese Einrichtung, welche verschiedene Spätere als Verbesserung vorschlagen wollten, ist unzweckmässig und wurde von Thomas bald wieder verlassen. Sie war auch misslich, indem sie u. a. Thomas genöthigt hatte, durch ein Schwungrädchen mit Bleikranz den Bandzug zu unterstützen.

So können wir denn der Londoner Bemerkung, als sei die Thomas'sche Maschine aus der Hahn'schen durch die geringe Wandlung von kreisförmig in geradlinig hergestellt, nicht beipflichten. Ob Thomas eine Hahn'sche Rechenmaschine vor sich

---

*) z. B. bei einer Rechenmaschine von Leupold vorkam.

gehabt, wie der Londoner Bericht vermuthbar machen will, könnte Herr Thomas der Jüngere wohl leicht feststellen; mir kommt es zweifelhaft vor. Dagegen ist nach dem Vorstehenden die Behauptung von Régnier,

> Thomas habe mit niemandem den Ruhm zu theilen, den Arithmometer ersonnen und ausgeführt zu haben,

durchaus hinfällig, da die Hahn'sche Maschine vierzig Jahre vor Thomas schon die ganze Reihe der Rechnungswirkungen, die der Thomas'sche Arithmometer aufweist, bereits besass und bis heute an wohl erhaltenen Ausführungen durchführt.

Bescheidentlich sagte Hahn von seiner Maschine in der vorerwähnten Beschreibung im deutschen Merkur:

> wenn auch der Nutzen für die geübten Mathematiker, da man in grossen Zahlen mit Logarithmen zu rechnen pflege, nicht gross scheine, so begnüge er sich, gefunden zu haben, was er verlangt, um die Maschine für sich selbst benutzen zu können.

Dass seine Bescheidenheit viel zu weit ging, haben wir oben gesehen. Erstaunlich ist aber, wie Herr Régnier, der von Hahns Leistungen etwas gewusst hat, mit den letzteren fertig wird. Er sagt nämlich (S. 65) darüber Folgendes:

»Um dieselbe Zeit brachte Mathias Hann, Pfarrer von Korn-
»westheim bei Ludwigsburg (Würtemberg) nach jahrelangen
»Arbeiten und grossen Ausgaben eine arithmetische Maschine
»vor, mittelst welcher er sehr schwierige Rechnungen ausführte.
»Diese Maschine rief anfangs allgemeines Erstaunen hervor;
»aber bald erkannte man, dass die mit diesem Instrument aus-
»geführten Rechnungen sehr begrenzt und sehr ungenau waren (!);
»die Hahn'sche Erfindung wurde verlassen. Man kennt deren
»inneren Bau nicht, da Wielands Merkur nur deren äussere
»Form beschrieben hatte.«

Ich stehe nicht an, diese seltsame Verurtheilung der ausgezeichneten Leistungen Hahns auf Unkenntniss bei Régnier zu-

rückzuführen. Nunmehr aber liegen die Beweise von ihrer Ungerechtigkeit vor. Ganz ohne Einschränkung haben die französische Akademie und die Aufmunterungsgesellschaft als den wesentlichen Werktheil der neueren Maschine die Staffelwalze bezeichnet. die Hahn zuerst und mit vollständigem Erfolge schon angewandt. Damit ist durch Gewährsmänner ersten Ranges anerkannt,

dass die Rechenmaschine in ihren wichtigsten Zügen auf deutschem Boden entstanden, nämlich sowohl ersonnen, als auch erfolgreich ausgeführt worden ist, wobei durch den Erfinder alle die grossen Schwierigkeiten der Zehnerübertragung, die von den beiden hohen Beurtheilungsstellen keineswegs genügend gewürdigt worden sind, vollständig überwunden wurden.

Indem ich diesen Nachweis geführt, habe ich Thomas nichts von seinem wirklichen Verdienst streitig gemacht, das darin besteht, die Rechenmaschine noch praktischer ausgebildet zu haben, als sie bereits war und sie zugleich durch Herstellung in grossem Maassstab allgemeiner erreichbar gemacht zu haben, wofür er jahrelanges Mühen und grosse Ausgaben nicht gescheut hat. Thomas selbst ist, soviel ich irgend erfahren, niemals über diese Ansprüche hinausgegangen.

Ich muss aber nun noch weiter gehen, da noch einige wichtige Punkte in der Erfindungsgeschichte unsrer Maschine nun der Aufklärung dringend bedürfen. Ich muss mich nämlich zu der Rechenmaschine von Leibniz zurückwenden, deren Erörterung ich oben, S. 6, abbrach. Leibniz hat eine der Ausführungen seiner Maschine nach Paris gebracht und der Akademie vorgelegt. Veröffentlicht ist von dieser Maschine bis jetzt nur die äussere Form und Einiges über ihre angeblich sehr grossen Leistungen, über die Leibniz 1697 an Johann Bernoulli begeistert schrieb. Diese äussere Form ist aber ganz merkwürdig. Sie zeigt nämlich die geradlinige Anordnung und gegenseitige Verlegung von

Schaltwerk und Zählwerk*), sodass wir Thomas auch in dieser Beziehung das Erstrecht der Erfindung absprechen müssen, ganz entgegen der Vermuthung des Londoner Ausschusses. Nichtsdestoweniger mag Thomas ganz selbständig auf die geradlinige Anordnung gekommen sein.

Wovon aber hier Vermerkung zu nehmen ist, ist wiederum das Urtheil des Herrn Régnier. Er sagt bei Besprechung des Leibnizischen Versuchs:

»Es ward gefunden, dass seine Maschine sehr unvollkommen »ausgeführt war, ein wenig sicheres Spiel hatte und nicht »weiter ging, als bis zu einer Addition und einer Subtraktion »von vierstelligen Zahlen.«

»Um das Unglück voll zu machen, vermuthete man, da »Grillet seine Maschine hergegeben hatte, ohne dass man wusste »wohin, dass Leibnitz deren mittelbarer Erwerber geworden sei »und sie beinahe sklavisch nachgemacht habe.«

Man höre nur: »das Unglück voll zu machen«! Welch ein verwegenes Urtheil! Hier wird einer der grössten Mathematiker aller Zeiten, auf der höchsten Ehrenstufe auch als Karakter stehend, einer würde- und ehrlosen Handlungsweise bezichtigt. Wenn auch in den angeführten Sätzen gleichsam nur aus dritter Hand berichtet wird, »man habe vermuthet«, »man habe nicht gewusst« usw., so kann und darf das den Angriff nicht decken. Zweierlei ist demselben entgegenzustellen.

Erstens, dass die Grillet'sche Maschine genau bekannt und von gänzlich anderer Anordnung, Handhabung und Anlage ist, als die Leibnizische. Sie lehnt sich an die Pascal'sche Maschine an, hat drei untereinanderliegende Reihen von je sieben Zifferscheiben, die mit einem Pfriem eingestellt werden, wie bei Pascal, besitzt kein verlegbares Schaltwerk, keine Drehungseinleitung mittelst Kurbel, Rad oder Band, nichts von alledem.

Zweitens, dass eine Ausführung der Leibnizischen

---

*) Ja selbst auch die Unterbringung in einem Kasten mit Deckel, zum Verwechseln äusserlich dem Thomas'schen ähnlich.

Maschine noch vorhanden ist. Aus Erkundigungen, die ich in Göttingen auf Grund einer Angabe in Püttners »Versuch einer Akademischen Gelehrten-Geschichte der Universität Göttingen 1765« angestellt, wobei ich von Prof. Dr. Klein freundlichst unterstützt wurde, ging hervor, dass sich die, aus äusseren Abbildungen bekannte Leibnizische Maschine heute noch auf der Königlichen öffentlichen Bibliothek in Hannover befindet. An ihr wird die noch nicht öffentlich bekannte Zusammensetzung der Maschine untersucht und festgestellt werden können. Leider ist diese, laut mir gewordener Erklärung des Vorstandes genannter Bibliothek, in einem Zustande, der ihre Schaustellung auf der eben bevorstehenden Mathematiker-Versammlung in Nürnberg nicht gestattet.

Ich habe nun Gelegenheit genommen, das kostbare und denkwürdige Stück persönlich in Augenschein zu nehmen und kann darüber Folgendes mittheilen. Die hannövrische Maschine ist — abweichend von der bei Leupold und Andern mitgetheilten Abbildung — sehr sorgfältig aus Messing und Stahl ausgeführt. Das Werk ist 67 cm lang, 27 breit und 17 hoch und ist in einen truhenförmig gebauten Kasten aus Eichenholz eingesetzt. Es zerfällt in Zählwerk, Schaltwerk und Quotient; das Schaltwerk wird mit einer Kurbel angetrieben, die am Schaltwerk gelagert ist. Das Zählwerk hat 16, das Schaltwerk 8 Stellen. Das Zählwerk liegt fest am hinteren Rande des Kastens; vor ihm her wird das Schaltwerk an jede einzelne Stelle verlegt. Wir haben oben gesehen, dass ein wesentlicher Unterschied nicht besteht, wenn einmal, wie hier und bei Hahn, auch Beireis (wovon unten mehr) das Schaltwerk gegen das Zählwerk, oder umgekehrt das Zählwerk gegen das Schaltwerk verlegt wird. Bei der Leibnizischen Maschine, die in Hannover steht, ist das Schaltwerk recht schwer, wie aus den angegebenen Abmessungen schon zu schliessen ist. Deshalb konnte es nicht gut durch einfaches Schieben mit der Hand verlegt werden; vielmehr ist, um die Schiebung zu bewirken, eine stählerne Leitschraube von einer Steigung gleich dem Abstande der benachbarten Zifferscheiben angebracht, die mittelst einer aufsteckbaren Kurbel mit der Linken gedreht wird; mit

der Rechten wird die Kurbel gefasst, welches das Schaltwerk in Bewegung setzt.

Nun aber das Innere. Man konnte mir vorläufig nicht gestatten, Theile der Maschine herauszunehmen. Indessen war soviel deutlich sichtbar, dass im Zählwerk wie im Schaltwerk die vielberufene Staffelwalze angewandt ist. Somit ist durchaus nicht Thomas, ja auch nicht der kunstreiche Pfarrer Mathias Hahn, sondern Leibniz der Erfinder der Staffelwalze der Rechenmaschine.

An einigen Stellen des stark eingerosteten Werkes war die Verstellung der Staffelwalze noch ausführbar. Auch hier wird, wie bei Hahn, die Walze gegen das Triebrädchen verschoben, nicht wie bei Thomas das Rädchen gegen die Walze. Die Zehnerübertragung wird, wie ich ermitteln konnte, von den Zifferscheiben aus bei Uebergang von der 9 zur 0, oder umgekehrt, vorbereitet und dann durch das Werk ausgeführt. Subtraktion und Division werden bei gleicher Drehrichtung der Zählscheiben vermöge Beachtung der rothen und schwarzen Ziffernringe mit entgegengesetzter Aufsteigung bewirkt. Bei guter Gangbarkeit konnte man auf der hannövrischen Leibnizischen Maschine alle die Rechnungswirkungen, die wir bei Thomas und bei Hahn besprochen haben, mit 8stelligen Faktoren und 16stelligem Produkt durchführen.

Die Herstellung weist gewisse Feinheitsmängel auf, die wir der Zeit vor zwei Jahrhunderten zu Gute halten müssen; wesentliche Hindernisse guter Gangbarkeit konnte ich aber nicht entdecken; solche waren auch schwerlich an dem mit grossem Aufwand von Tüchtigkeit hergestellten Werke vorhanden.

Das ist das Werk, von dem Herr Régnier uns mittheilt, dass es nur 4stellige Zahlen habe ab- und zuzählen können!

Das ist das Werk, das nach Herrn Régnier's dunklen Vermuthungen der grosse Leibniz, der seine Maschine fertig nach Paris brachte, dem Hofuhrmacher Grillet, der etwas gänzlich Anderes, ganz Schwaches, uns auch Wohlbekanntes gemacht, »sklavisch nachgebaut« hätte!

Bemerken möchte ich hier, dass die Zehnerübertragung bei Hahn so geschieht, dass der Uebergang von 9 zu 0 ein Spannwerkchen spannt, das nachher ausgelöst wird, während bei Leibniz eine ganz andere Schaltungsweise benutzt ist, sodass die Hahn'sche Maschine nicht eine Nachbildung der Leibnizischen genannt werden kann.

Noch einer anderen Rechenmaschine muss ich aber bei dieser Gelegenheit gedenken, da sie in der oben berührten Londoner Ausstellung auch vorgeführt, nämlich von mir dorthin gesandt war. Es ist eine Rechenmaschine, die aus dem Nachlass des vielgenannten Hofrathes und Professors Beireis in Helmstädt herstammt und jetzt der Sammlung der Kgl. Technischen Hochschule in Berlin angehört. Sie hat Kreisaufstellung wie die Hahn'sche Maschine und überhaupt äusserlich manche Aehnlichkeit mit derselben. Demzufolge wurde sie vom Londoner Ausschuss auch für eine Hahn'sche Maschine gehalten und als solche im Katalog bezeichnet. Ihr Mechanismus ist aber ein ganz anderer: sie hat nicht die Staffelwalze, sondern ein sehr davon verschiedenes Schaltgetriebe, welches übrigens nicht recht zweckmässig genannt werden darf. Bemerkenswerth ist das Beireis'sche Nachlassstück durch die sehr vollständige Gebrauchsanweisung, die ihm handschriftlich beiliegt.

Ich erwähne die Maschine aus einem bestimmten Grunde. Aus den hinterlassenen Papieren Leibnizens, auf deren baldige Herausgabe wir hoffen dürfen, geht nämlich hervor, wie mir der Herr Bearbeiter mittheilte, dass seiner Zeit zwei Leibnizische Rechenmaschinen einem Mechaniker in Helmstädt zur Ausbesserung übergeben worden seien. Da die Spuren dieser beiden Maschinen einstweilen verloren sind, hätte die Beireis'sche eine derselben sein können. Dem widerspricht aber nun ganz entschieden die ganze Anordnung, der Aufbau, das Schaltgetriebe. Auch der Hahn'schen Maschine kann die (ältere) Beireis'sche wegen der Verschiedenheit im ganzen Getriebe nicht als Vorbild gedient haben.

Die Wichtigkeit der Leibnizischen Rechenmachine für die Geschichte der mathematischen Wissenschaft überhaupt und die-

jenige der Arbeiten des grossen Gelehrten ist so gross, dass es sich sicherlich empfiehlt, Schritte zu thun, die hannövrische Maschine wieder gangbar zu machen und womöglich eine gutgearbeitete, sonst aber ganz getreue Nachbildung derselben herstellen zu lassen. Auf Grund beider Stücke werden sich dann die unrichtigen Meinungen, die darüber noch im Umlauf sind, zu allseitiger Befriedigung berichtigen lassen.

Meine Leser werden der vorstehenden Darstellung nicht entnommen haben, dass ich in ihr den »unheimlichen Hader« um Erstlingsrechte angestellt, sondern nur gesucht habe, der Wahrheit in einer Sache zu dienen, die allen gebildeten Nationen gleichviel werth ist und gleiche Segnungen allen denen gewährt, die die mathematische Wissenschaft in die Aufgaben des praktischen Lebens zu übertragen berufen sind.

VI.

Schlussbemerkungen

Die Aufmerksamkeit, welche die Mathematiker und insbesondere die praktischen Zahlenrechner der Rechenmaschine zugewandt haben, hat sich mehr und mehr gesteigert, der Anwendungen sind mehr und mehr geworden. Vortheilhaft für alles praktische Rechnungswesen, werthvoll für die Wissenschaft, bedeutungsvoll als Erzeugniss menschlicher Denkkraft ist das Rädergetriebe in dem zierlichen Kasten, das sich bereit stellte, Denkarbeit auszuführen wie ein Spiel, oder, wie Adolf Hirn sagte, bei dem ich den Arithmometer kennen lernte, »wie eine Kaffeemühle«*). In Versicherungsgesellschaften, bei denen ja die Genauigkeit der Berechnungen und damit die Ausdehnung der zu verwendenden Formeln nur zugenommen hat, kann man

*) »Donnez-moi la Kaffeemühle« rief er der Gattin zu, die gern in seiner Studirstube in Logelbach weilte, wenn er beim Schreiben auf eine Stelle stiess, wo er rechnen musste.

ohne den Arithmometer nicht mehr auskommen. An eine Stelle dieser Art hat Herr Burkhardt nicht weniger als fünfzehn Maschinen geliefert. In- und Ausland haben sich nach und nach von der Güte der Erzeugnisse seiner Werkstätte überzeugt. Wie Herr Burkhardt mir mittheilt, steht in letzterer die Vollendung der fünfhundertsten Maschine bevor. Diese hohe Zahl spricht für Beide, für die Besteller wie für die liefernde Werkstätte. Unter den Bestellern hat obenan gestanden der ehemalige Direktor des preussischen statistischen Amtes, Geh. Rath Dr. Engel, wie denn überhaupt die statistischen Aemter die Maschine besonders gewürdigt und verständnisvoll anerkannt haben.

Herrn Burkhardt sind vielerlei Auszeichnungen auf Ausstellungen zu Theil geworden, dem richtigen Platz, wo Einrichtungen dieser Gattung dem grösseren Publikum bekannt werden können. Jede öffentliche Ausstellung gewinnt der Maschine neue Freunde und Bewunderer. Viel Raum für sie ist noch in unsren Maschinenfabriken, wo manche gute Stunde und manche schwere Kopfarbeit erspart werden könnte durch Zuhülfenahme des Arithmometers.

Die Pariser Werkstätte, die 1871 an den Sohn des Herrn Thomas überging, ist stiller geworden. Indessen ist auch sie immer noch thätig in der Verbreitung der Maschine, die jetzt durch ein volles Menschenalter hindurch schon ihre Segnungen verbreitet und sie zweifellos noch in weit grösserem Maassstabe verbreiten wird.

Fig. 1

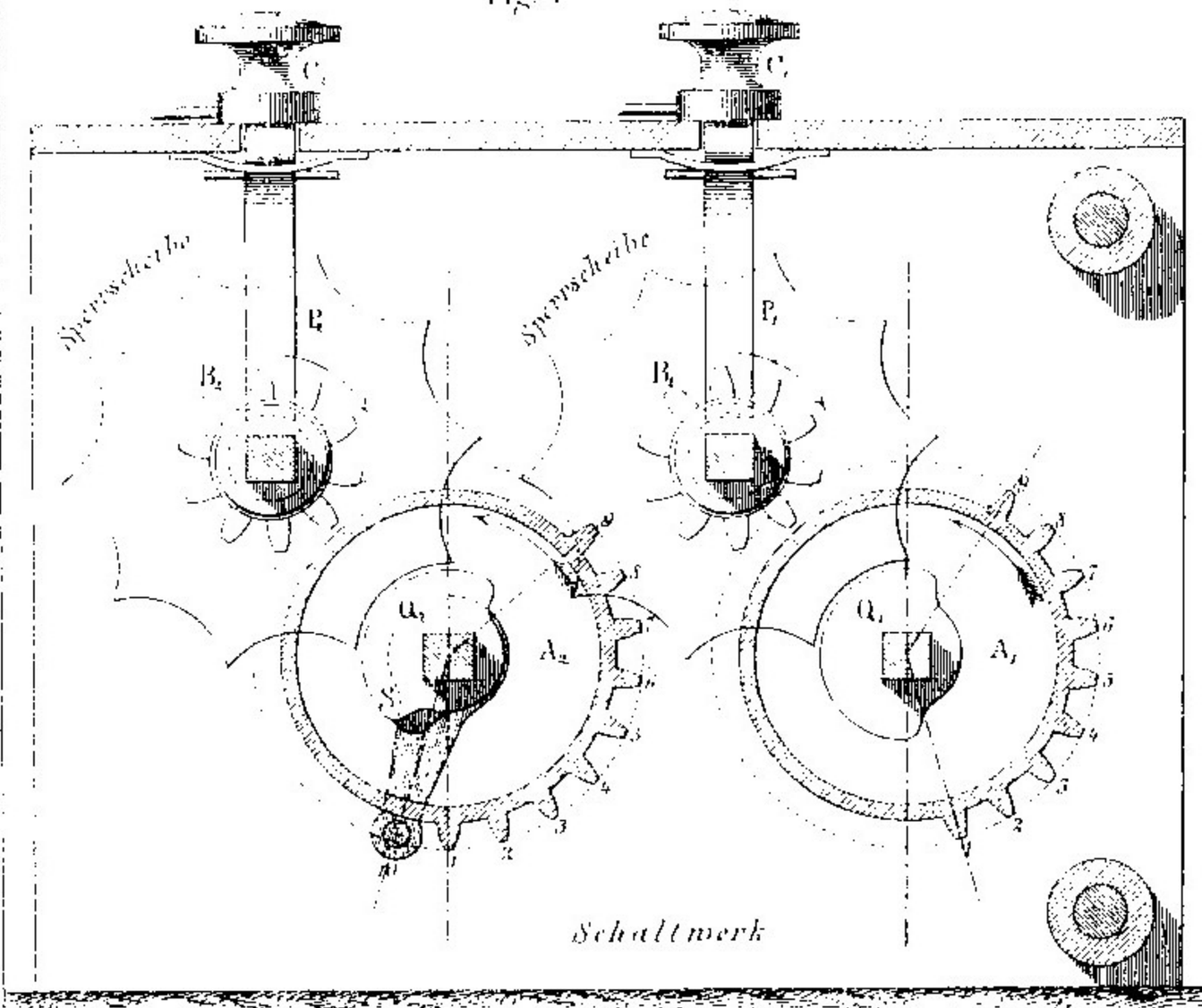


Fig. 2

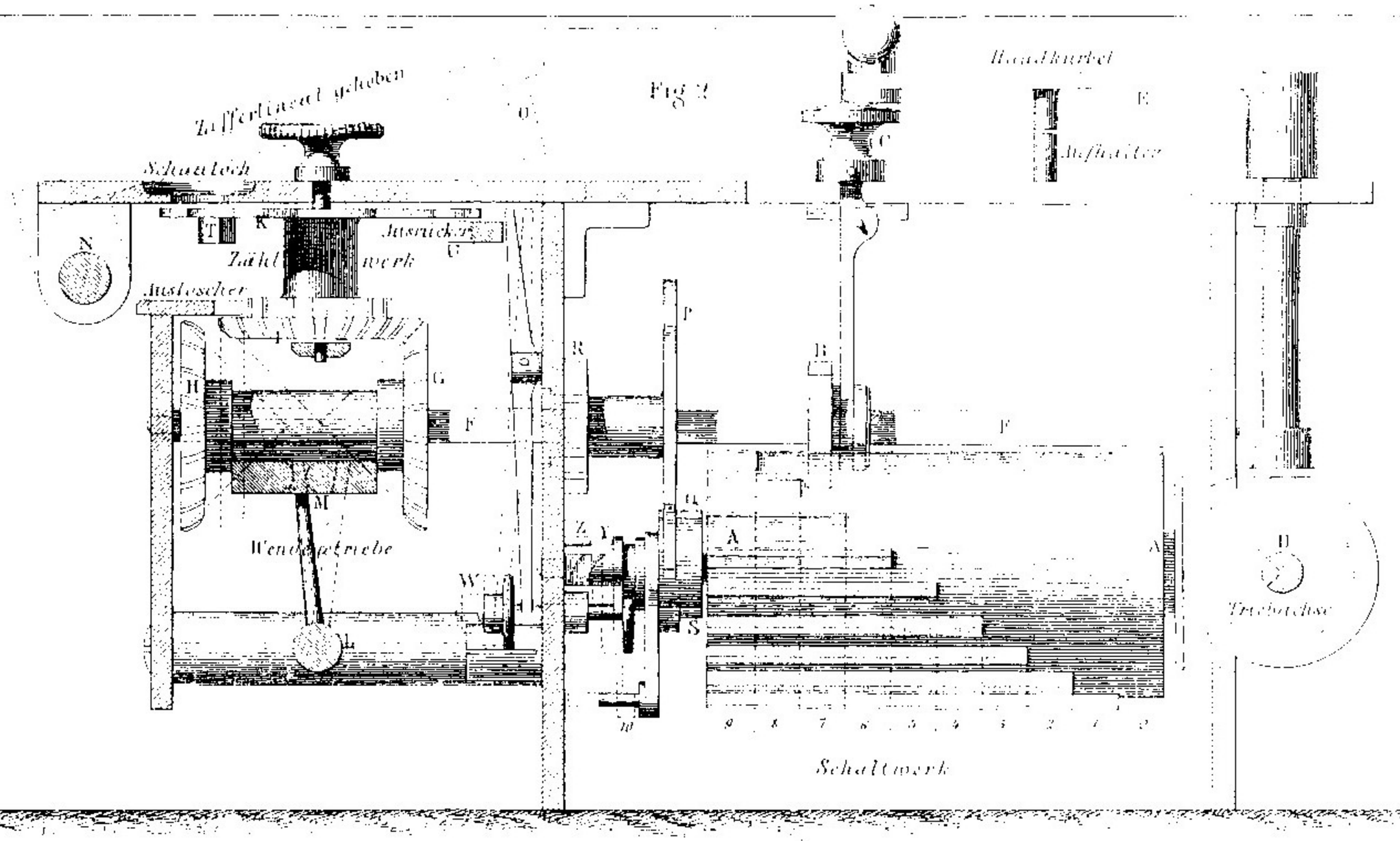


Fig. 4 *Zifferscheibe K*

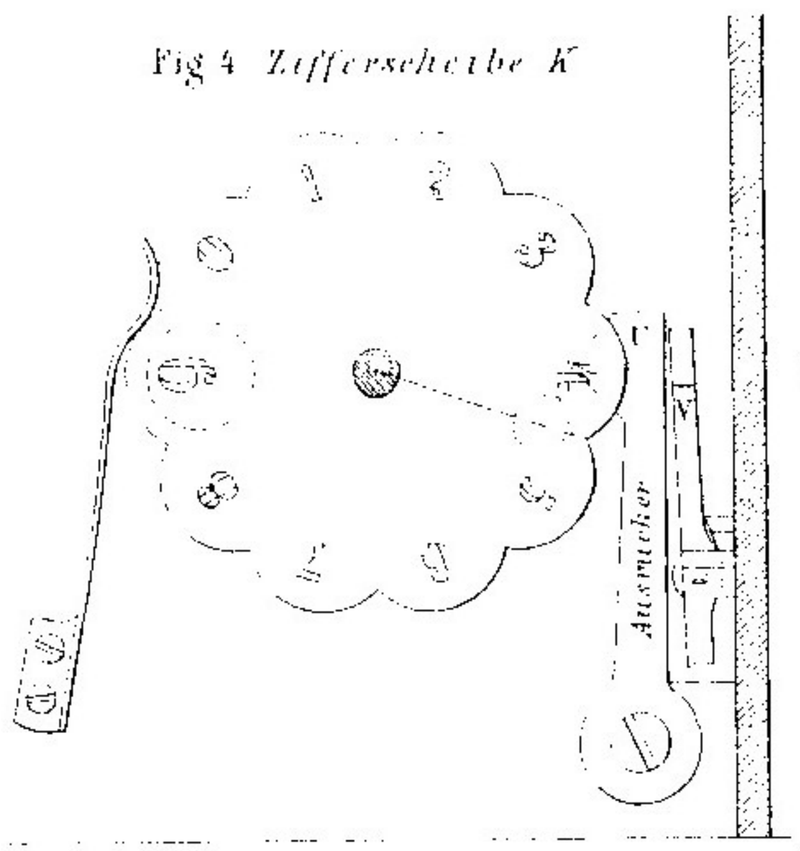


Fig. 5 *Auslöscher*

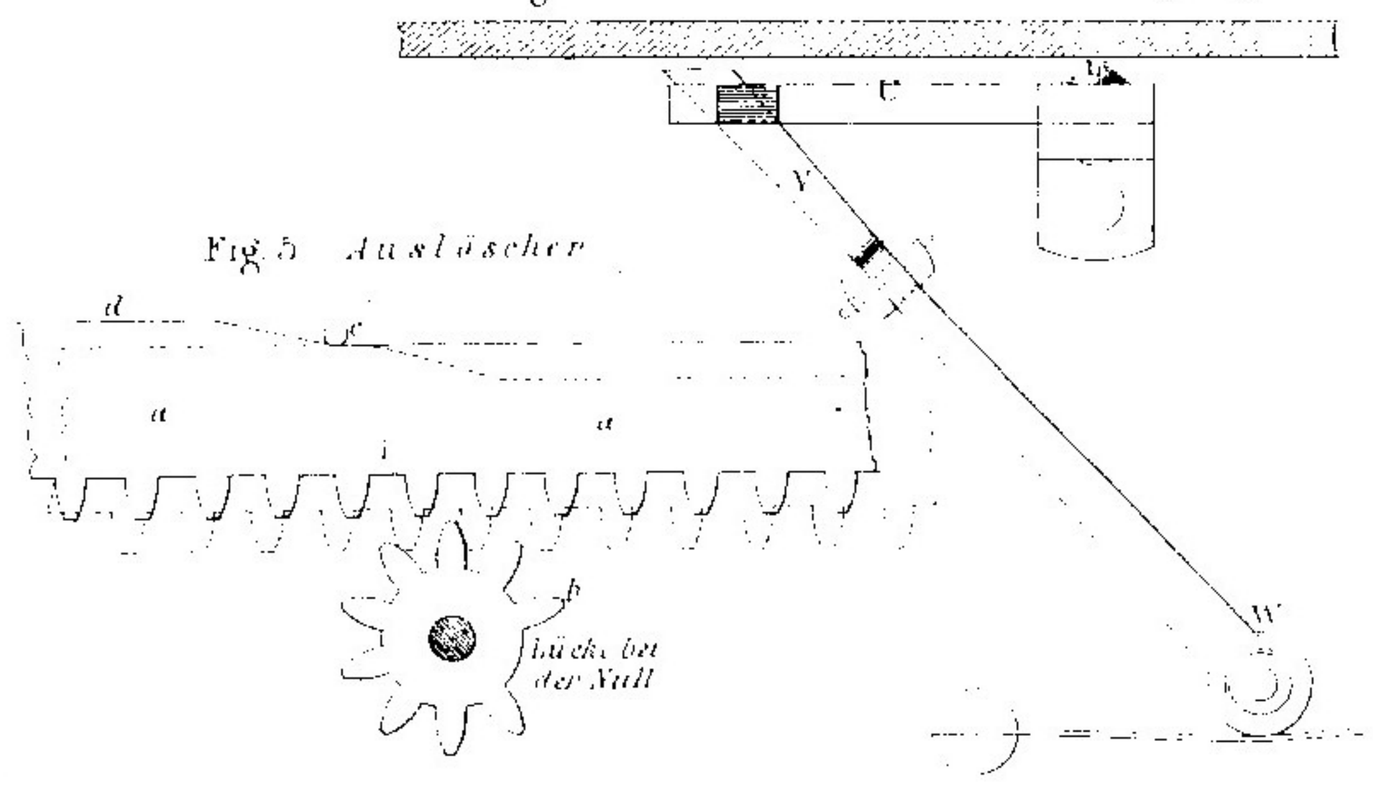
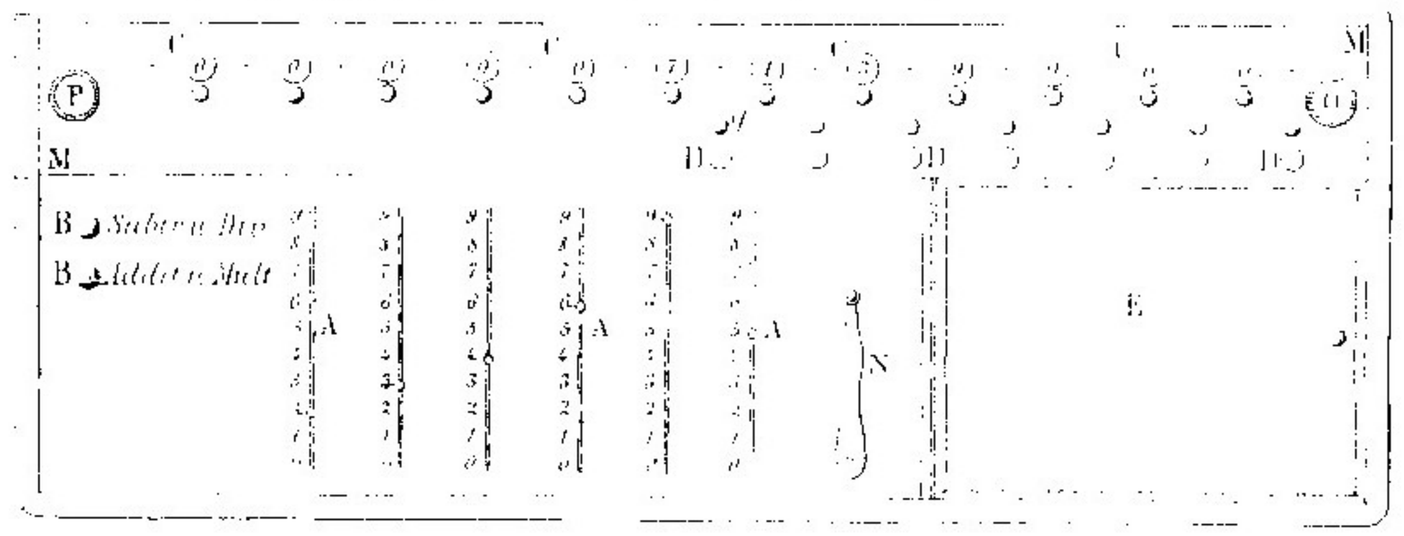


Fig. 6 *Arithmometer von Thomas*



Verlag v. Arthur Felix in Leipzig