

Inhaltsverzeichnis

Über dieses Buch	1
Die Protagonisten der Symbiose	1
Otto Kolls »Geodätische Rechnungen« von 1903	2
Otto Kolls »Geodätische Rechnungen« in zeitgenössischen Rezensionen	3
Über zeitgenössische Fachliteratur	7
Zeitgenössische Fachliteratur zur Vermessungskunde	7
1901 Lehrbuch der Vermessungskunde	7
1907 Einführung in die Geodäsie	7
1908 Handbuch der Vermessungskunde	7
1910 Lehrbuch der Vermessungskunde: Horizontalmessungen	8
Von Otto Koll empfohlene zeitgenössische Fachliteratur zu Rechenmaschinen	9
1892 Die sogenannte Thomas'sche Rechenmaschine	9
1899 Die Multiplicationsmaschine von Otto Steiger & Hans W. Egli in Zürich	10
1900 Vereinfachung der Methode zur Berechnung des Messungsgliniennetzes mittelst Rechenmaschine	12
1901 Die Theorie der Beobachtungsfehler und die Methode der kleinsten Quadrate mit ihrer Anwendung auf die Geodäsie und die Wassermessungen	13
1901 Ergebnisse einer Zuverlässigkeitsuntersuchung mit der Rechenmaschine „Brunsviga“	13
Weitere zeitgenössische Fachliteratur zu Rechenmaschinen	13
1905 Praktische Anwendung der Rechenmaschine „Brunsviga“ und der natürlichen trig. Zahlen zur Berechnung der Polygon- und Kleinpunkte, Azimuthe, Flächen und Höhen	14
1910 Die Hamannsche Rechenmaschine „Mercedes-Euklid“	15
1912 Die Praxis des Vermessungsingenieurs	15
Eggerts und Kolls »Geodätische Rechnungen« in (zeitgenössischen) Rezensionen	17
Zeitgenössische Veröffentlichungen von Rechenmaschinen-Herstellern	17
Ausblick auf die Jahre nach »Geodätische Rechnungen«	20
1933 Geodätische Rechnungen mittels der Doppelrechenmaschine	20
1937 Geodätisches Rechnen – Anleitung in Theorie und Praxis	20
1943 Die Rechenmaschine und ihre Rechentechnik	21
1949 Geodätische Rechnungen und Abbildungen in der Landesvermessung	21
1950 Geodätisches Rechnen	22
Zu guter Letzt	22
Literaturverzeichnis	24
Hinweis zum folgenden Faksimile-Druck	28
Drucktechnische Anmerkung	28
Inhaltliche Anmerkung	28
Faksimile-Druck der 2. Auflage »Geodätische Rechnungen« (nach Seite 28)	

Über dieses Buch

Es geht im vorliegenden Buch um zwei historische Bücher, die im letzten Jahrhundert unter demselben Titel veröffentlicht wurden (Bild 1): das erste 1903 von Professor OTTO KOLL,¹ das zweite 1927 von Dr. OTTO EGGERT und FRITZ KOLL.² Mit diesem Titel haben die drei Verfasser zwei wissenschaftliche Fachrichtungen angesprochen: *Vermessungskunde* und *Mathematische Instrumente* (in Form von Rechenmaschinen).

Beide Fachrichtungen hatte OTTO KOLL mit seinem Buch gewissermaßen im Sinne einer Symbiose erstmals zusammengeführt; diese wurde dann von OTTO EGGERT und FRITZ KOLL weiterentwickelt. Auf die zeitgenössische Fachliteratur zu den beiden Fachrichtungen ist unten kurz einzugehen; zunächst aber zu den Biographien der drei Verfasser, die durchaus als Protagonisten dieser Symbiose zu bezeichnen sind.



Bild 1: Die vorderen Umschlagseiten der beiden »symbiotischen Bücher«, im Original mit geprägter goldfarbener Schrift: links die Ausgabe von 1903, rechts die von 1927 (beide Umschlagseiten maßstabsgleich abgebildet)

- 1 Koll 1903
- 2 Eggert, Koll 1927; diese 2. Auflage finden Sie, liebe Leser und Leserinnen, nach Seite 28 als Faksimile-Druck, auf den im Folgenden an

Die Protagonisten der Symbiose

OTTO KOLL war, so der Eintrag auf der Innentitelseite seines Buches, „Professor, Geheimer Finanzrat und Vortragender Rat im Königlich Preußischen Finanzministerium“.³ Außer seinen »Geodätischen Rechnungen« hatte KOLL auch drei Beiträge⁴ in OTTO LUEGERS *Lexikon der gesamten Technik und ihrer Hilfswissenschaften* verfasst, dem Techniklexikon jener Zeit schlechthin. Daneben hatte er in der *Zeitschrift für Vermessungswesen* zahlreiche Aufsätze zum Thema *Geodäsie* geschrieben, auch im wissenschaftlichen Diskurs mit Fachkollegen; sie alle aufzuzählen, würde den Rahmen dieser Einleitung sprengen. Apropos *Fachkollegen*: Vier Jahre nach Erscheinen von OTTO KOLLS Buch wurde OTTO EGGERT, der Mitverfasser von KOLLS Nachfolgebuch, Mitherausgeber der *Zeitschrift für Vermessungswesen*.



- einigen Stellen verwiesen wird.
- 3 Ausführliche biographisch-berufliche Informationen in: Gerardy 1979; im Gegensatz dazu konzentrierte Informationen bei der Deutschen Nationalbibliothek (<https://d-nb.info/gnd/116314648>; 03.02.2023); deshalb die Unterscheidung ausführlich/ konzentriert. Koll war auch Träger des preußischen *Königlichen Kronenordens II. Klasse* (*Zeitschrift für Vermessungswesen* 1910, S. 117).
- 4 Koll 1908-1, 1908-2, 1910

§ 3. Die Einrichtung der Rechenmaschine von Burkhardt
in Glashütte i. S.



Fig. 3.

1.

Die beim Rechnen in Betracht kommenden wesentlichen Teile der Burkhardtschen Rechenmaschine sind in Fig. 4 unmaßstäblich dargestellt.

2.

Auf einer festen Platte, der Einstellplatte, befinden sich in der Mitte die Einstellschlitze mit den Schiebern zur Einstellung der Zahl E (§ 2,

Bild 4: ►
Quelle: Koll
1903, S. 11;
die im ersten
Satz genannte
»Fig. 4« ist in
Bild 6 zu sehen.

§ 5. Die Einrichtung der Rechenmaschine von Steiger & Egli
in Zürich.¹⁾

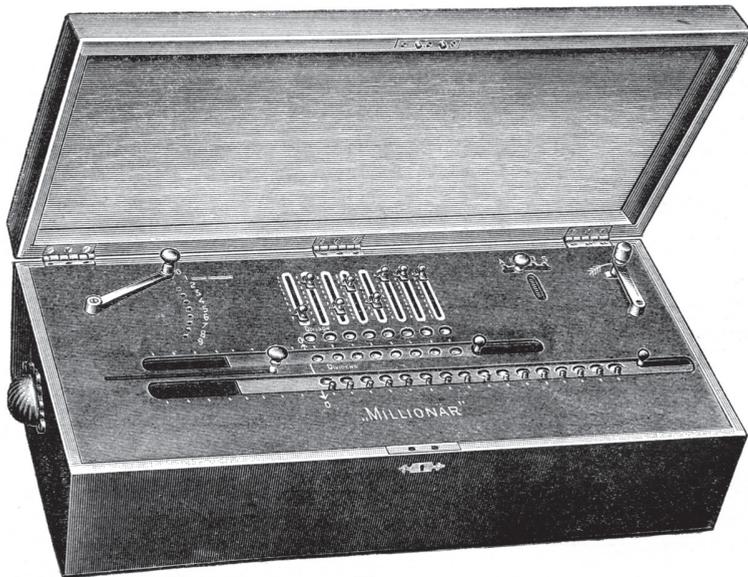


Fig. 5.

1.

Die beim Rechnen in Betracht kommenden wesentlichen Teile der Steiger & Eglicischen Rechenmaschine sind in Fig. 6 unmaßstäblich dargestellt.

2.

a) Die Maschine hat zwei feste Deckplatten. Auf der hinteren, der Einstellplatte, befinden sich in der Mitte die Einstellschlitze mit den Schiebern

Bild 5: ►
Quelle: Koll
1903, S. 20; bei
dieser »Fig. 5«
handelt es sich
um dieselbe
Abbildung, wie
sie HANS W.
EGLI in seiner
»Gebrauchsan-
leitung für die
Rechenmaschine
Millionär«
zeigte (Egli
1903-1, S. 6);
die im ersten
Satz genannte
»Fig. 6« ist in
Bild 7 zu sehen.

hilfsmittel im weitesten Sinne behandelt.⁴³ Die Darstellung ist allerdings weniger ausführlich als EGGERTS Veröffentlichung von 1908, denn sie ist eine eher unsystematische Marktübersicht mit historischen Rückblicken. Im besagten Kapitel behandelte WEITBRECHT gewöhnliche Rechenschieber, solche mit „Rechenschieberteilungen für weitere Funktionen“ (Tachymeter-Rechenschieber) und Rechenwalzen ebenso wie Rechenmaschinen („Staffelmaschine »Thomas«; Rechenmaschine »Gauss«; Rechenmaschine System Odhner »Berolina«, »Duplikator«, »Monopol«; Rechenmaschine »Brunsviga«; »Unitas«; »Saxonia«; »Millionär«). Über die letztgenannte Maschine schrieb WEITBRECHT:

„Die einzige, wirkliche Multiplikationsmaschine ist die von Egli-Steiger in Zürich erfundene und von der Fabrik Stolzenberg in Oos hergestellte Maschine »Millionär«, welche für jede Stelle des Multiplikators, oder Quotienten nur eine Einstellung (Zeiger links) und eine einzige Kurbeldrehung erfordert. Hieraus ergibt sich als weiterer Vorzug die Möglichkeit automatischer Schlittenverschiebung.“⁴⁴

Festzuhalten ist, dass WEITBRECHT in dem besagten Kapitel auf mehrere seinerzeit aktuelle Beiträge in der Zeitschrift für Vermessungswesen hingewiesen hatte. Und bemerkenswert ist WEITBRECHTS fast schon elegischer Schlusssatz, der an HAMMERS Rezension zu KOLLS Buch erinnert (vgl. S. 6):

„Wenn es gelänge, eine Maschine zu bauen, welche neben der Einstellung von Zahlenwerten auch diejenige von sin, cos und tangens von Winkeln direkt an einer Winkelskala gestattete, (statt der Zwischenverwendung von Tafeln mit ihren natürlichen Werten), so wäre wohl die Logarithmentafel bald endgültig aus der Reihe der im Vermessungsberuf zu benützenden Rechenhilfsmittel zu streichen.“⁴⁵

Resümee

Für die geodätische Fachliteratur ist festzustellen: In der Regel ist es die Beschränkung/Konzentration auf die »reine Geodäsie«. In einigen Fällen wurden (manchmal eher marginal) auch

43 Weitbrecht 1910, S. 156-197

44 ebd., S. 186 (Hervorhebung im Original). Der Hinweis „Zeiger links“ bezieht sich auf die diesem Text beigelegte Abbildung der Maschine, die der von Otto Koll 1903 verwendeten Abbildung entspricht (vgl. Bild 5); Weitbrecht zeigte allerdings nur die beiden Deckplatten (als zweidimensionale Ansicht), ohne das Gehäuse wie in Kolls dreidimensionaler Abbildung.

45 ebd., S. 186

Rechenhilfsmittel im weitesten Sinne behandelt, idealiter Rechenmaschinen.

Von Otto Koll empfohlene zeitgenössische Fachliteratur zu Rechenmaschinen

In OTTO KOLLS Buch von 1903 gibt es zwar kein Literaturverzeichnis wie im Nachfolgebuch von 1927, aber an einigen Stellen wies er auf ergänzende Rechenmaschinen-Literatur hin, insgesamt auf fünf Publikationen. In seiner Einleitung zum II. Abschnitt (siehe Bild 2) schrieb er dazu:

„Die Einrichtung und der Gebrauch der Rechenmaschinen sollen hier nur insoweit dargestellt werden, wie es für die praktische Ausführung der Rechnungen unbedingt notwendig ist. Im übrigen wird auf die den Maschinen beigegebenen Gebrauchsanweisungen und auf die in den Handbüchern der Vermessungskunde vorhandenen Beschreibungen [...] verwiesen.“⁴⁶

Die Fußnote »1)« im vorigen Zitat verweist auf ein Buch über die Thomas'sche Rechenmaschine sowie auf zwei Aufsätze in der Zeitschrift für Vermessungswesen über die Rechenmaschinen Brunsviga und Millionär. Zwei weitere Literaturhinweise gab KOLL im III. Abschnitt (siehe ebenfalls Bild 2): ein Buch und ein Aufsatz zur Anwendung nicht näher bezeichneter Rechenmaschinen. Hier die KOLL'SCHE Chronologie:

1892 Die sogenannte Thomas'sche Rechenmaschine⁴⁷

Der Verfasser dieses Buches war Professor FRANZ REULEAUX⁴⁸, (neben seinem Lehrer Professor FERDINAND JACOB REDTENBACHER⁴⁹) einer der genialen Altmeister des wissenschaftlichen Maschinenbaues.⁵⁰

46 Koll 1903, S. 7

47 Reuleaux 1892. Außer dieser 2., umgearbeiteten und erweiterten Auflage, so die formelle Verlagsbezeichnung, findet sich in den einschlägigen Bibliotheksportalen (Deutsche Nationalbibliothek DNB, Gemeinsamer Verbundkatalog GVK, Karlsruher Virtueller Katalog KVK) keine als 1. Auflage bezeichnete; bekannt sind lediglich Reuleaux' Zeitschriftenaufsätze zur Thomas'schen Maschine, siehe: Reuleaux 1862-1 und 1862-2.

48 Ausführliche biographisch-berufliche Informationen in: Weber 2003, außerdem sehr ausführlich in: Anonymus 1987

49 Ausführliche biographisch-berufliche Informationen in: Mauel 2003, zeitgenössisch in: Grashof 1875

50 Dazu Reuleaux' grundlegendes Werk *Lehrbuch der Kinematik* (2 Bände, 1 Atlas): Reuleaux 1875-1, Reuleaux 1875-2, Reuleaux 1900; eine sehr ausführliche Werkübersicht in: <https://www.dmg-lib.org/dmglib/main/portal.jsp?mainNaviState=browsen.biogr.viewer&id=78004> (14.01.2021)

gekennzeichnet (Bild 10). Dass Sossna die Abdeckplatte ebenfalls selbst gezeichnet hatte, ist nicht anzunehmen, denn eine Abbildung mit exakt denselben Einzelheiten findet sich in einem Beitrag der *Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen*, der 1900, also ein Jahr vor Sossnas Aufsatz veröffentlicht wurde. Dieser Beitrag mit dem Titel *Numerisches Rechnen*⁶⁰ wurde von Professor Dr. RUDOLF MEHMKE verfasst, der an den Technischen Hochschulen Darmstadt und Stuttgart gelehrt hatte.⁶¹ Nebenbei: Dieser Beitrag findet sich auch im Literaturverzeichnis der 1927er Ausgabe der »Geodätischen Rechnungen« (Faksimile-Druck, S. VII).

Zurück zu Sossna. Im ganzen Aufsatz finden sich einige bemerkenswerte Stellen, die über eine Funktionsbeschreibung im engeren Sinne hinausgehen. So beschrieb Sossna etwa die grundsätzlichen Anforderungen an eine Rechenmaschine folgendermaßen:

„Eine Rechenmaschine muss unabhängig von der bei einer Rechenoperation nach freier Auswahl des Rechners eingeschlagenen Reihenfolge der Einzelerledigungen, innerhalb der auf ihr verfügbaren Stellen entweder vollkommen fehlerfrei arbeiten, oder aber falls dieselbe nicht im Stande ist diese Grundforderung zu erfüllen, jeden durch ihre Bauart bedingten Rechenfehler sofort ankündigen und

dem Rechner vor der Benutzung des fehlerhaften Ergebnisses warnen.“⁶²

Und mit einem Hinweis auf die Wettbewerber-Maschine *Brunsviga* ergänzte Sossna ...

„Zur Bekräftigung dieses Ausspruchs weisen wir auf den 13- und 18-stelligen Typus der »Brunsviga« hin, eine Maschine, welche im Laufe der letzten 7 Jahre in mehreren Tausenden von Exemplaren weite Verbreitung gefunden hat, jedoch nach den angestellten Untersuchungen mit grosser Vorsicht zu gebrauchen ist.“⁶³

Sein Urteil die *Brunsviga* wollte Sossna offensichtlich nicht nur auf diese Maschine beschränkt wissen, wenn er schrieb:

„In Anbetracht solcher Thatsachen und bei dem immer mehr in Aufnahme kommenden Maschinenrechnen, halten wir es für durchaus erforderlich, dass die verschiedenartigen in den Handel gebrachten Typen von Rechenmaschinen hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit und Anwendbarkeit genau untersucht und geprüft und von Sachverständigen öffentlich besprochen werden.“⁶⁴

Nebenbei: Zu den Stichwörtern »mit grosser Vorsicht« und »genau untersucht und geprüft« verfasste Sossna zwei Jahre später eine umfangreiche Zuverlässigkeitsuntersuchung mit der *Brunsviga* (siehe S. 13)

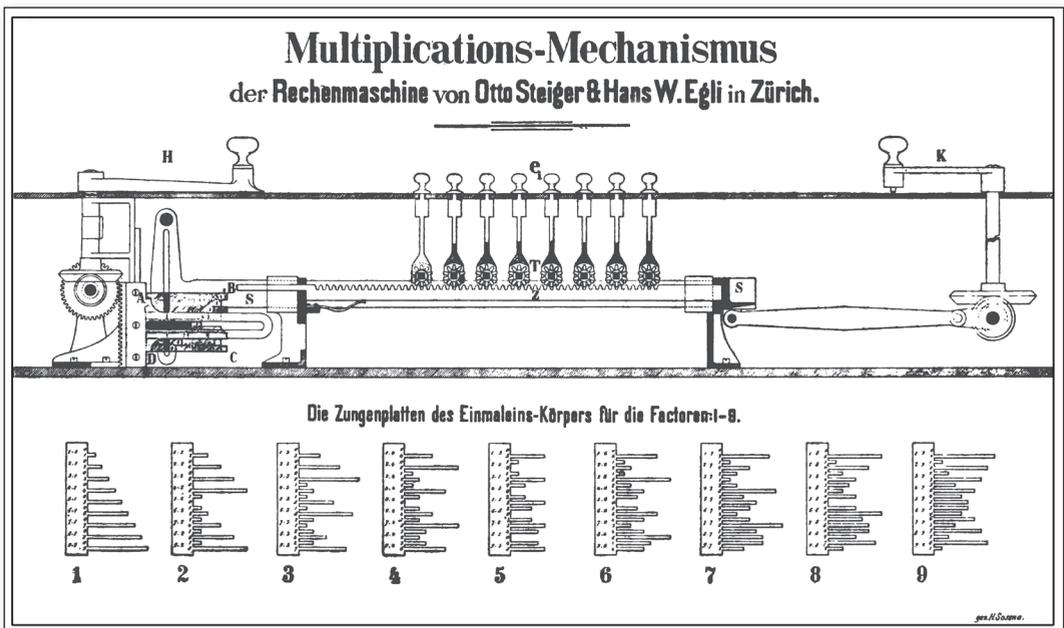


Bild 10: Quelle: Sossna 1899, S. 690

60 Mehmke 1900

61 Ausführliche biographisch-berufliche Informationen in: Fritsch 1990

62 Sossna 1899, S. 683

63 ebd., S. 683-684

64 ebd., S. 684

oder anhand bestimmter Maschinenmodelle erläutert.

1905 Praktische Anwendung der Rechenmaschine „Brunsviga“ und der natürlichen trig. Zahlen zur Berechnung der Polygon- und Kleinpunkte, Azimuthe, Flächen und Höhen⁸³

Dieser Aufsatz, hier der zweite aus dem deutschsprachigen Ausland, beginnt mit der – nach Lektüre einiger einschlägiger Aufsätze schon als (an)klagend zu bezeichnenden – Aussage ...

„Die Rechenmaschine in ihrer jetzigen Ausführung ist ein wahres Wunderinstrument und verdient es wohl in unserem Organ erwähnt zu werden, ganz besonders, da dieselbe im Geometerfach verhältnismäßig noch zu wenig vertreten ist und hauptsächlich die allseitige Verwendung der Maschine zudem noch von den meisten Besitzern derselben zu wenig gewürdigt wird.“⁸⁴

Nebenbei: Diese Aussage des Konkordatsgeometers am Katasterbureau Basel zeigt, dass die schon in einigen der vorgenannten Veröffentlichungen beklagte Zurückhaltung von Geodäten gegenüber der Verwendung von Rechenmaschinen damals offensichtlich nicht nur ein deutsches Phänomen war.

REICH beschrieb dann recht ausführlich *Das Äussere der „Brunsviga“*.⁸⁵ Bei der von ihm dazu gezeigten Abbildung handelt es sich wohl um das – von ihm allerdings nicht so bezeichnete – Modell 9 x 8 x 13 von 1894, wie der Vergleich mit der Abbildung in einer von F. TRINKS veröffentlichten Schrift über die Geschichte der Brunsviga-Maschinen zeigt (Bilder 11 und 12; gleiche Einstellungen in Zähl- und Resultatwerk, aber fehlenden Flügelmutter am Einstellwerk).⁸⁶ Mit dem folgenden Hinweis ...

„Diese allgemein kurz gehaltene Erklärung verfolgt vornehmlich den Zweck, die später folgenden Bedienungs- und Rechnungsoperationen klar und verständlich zu machen.“⁸⁷

83 Reich 1905

84 ebd., S. 106-107

85 ebd. S. 107-109

86 Trinks 1926, S. 30

87 Reich 1905, S. 109

... schloss REICH den ersten Teil des Aufsatzes und beschrieb dann auf über 13 Seiten die Berechnung aller in seiner Überschrift genannten Größen, immer wieder mit Hinweisen auf die zugehörigen Bedienungsschritte der Rechenmaschine. Erwähnenswert ist dabei auch REICHs folgender Hinweis, dass es nicht auf die Größe der Maschine ankomme:

„Eine nicht zu unterschätzende falsche Ansicht [...] gesellt sich hie und da noch hinzu, indem man annimmt die 13-stellige Maschine genüge nicht für unsere Berechnungen, man sei genötigt eine 20-stellige umständliche, kostbare Maschine anzuschaffen. Diese letztere Auffassung kann nur da auftreten, wo die genaue Kenntnis der Maschine und ihr Arbeiten mangelt und sagt auch, dass die 13-stellige Brunsviga ausreicht und es nicht die 20-stellige erfordere.“⁸⁸

Und abschließend formulierte REICH, ganz im Tenor vieler seiner Zeitgenossen:

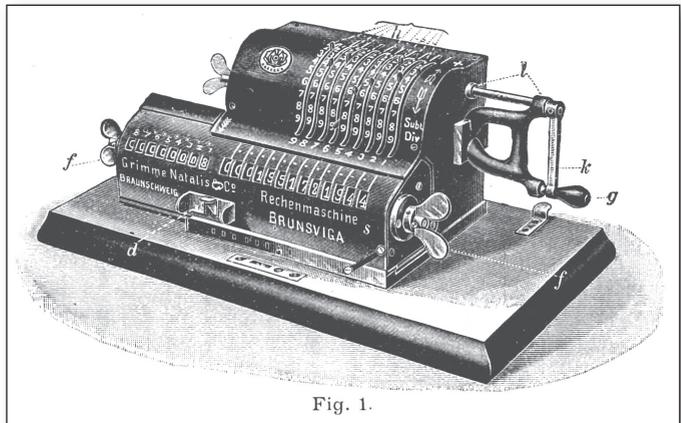


Fig. 1.

Bild 11: Quelle: Reich 1905, S. 108

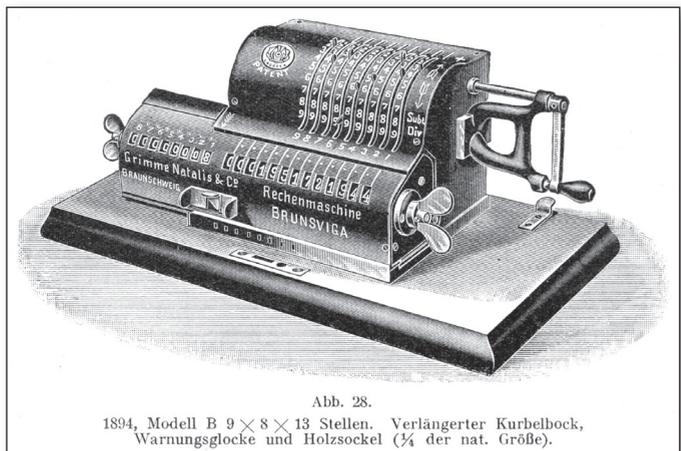


Abb. 28.

1894, Modell B 9 x 8 x 13 Stellen. Verlängerter Kurbelbock, Warnungsglocke und Holzsockel (¼ der nat. Größe).

Bild 12: Quelle: Trinks 1926, S. 30

88 ebd., S. 107

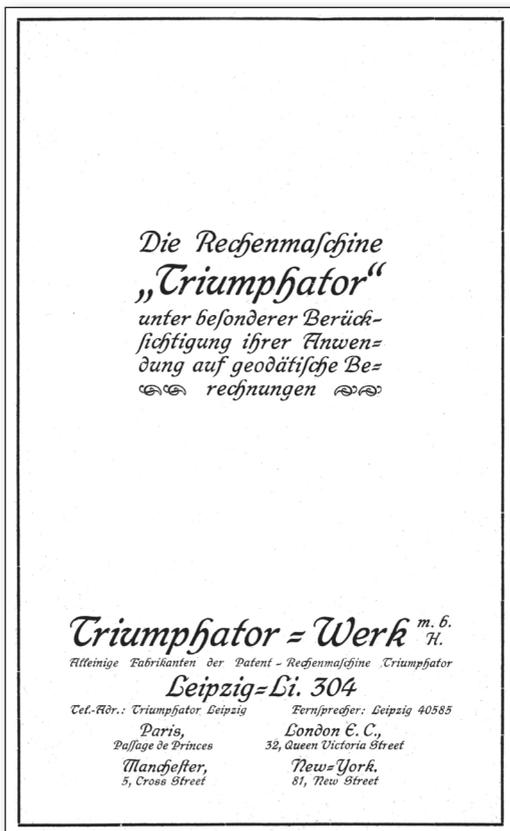


Bild 16: Quelle: Triumphator 1914-2, Titelseite

Die von den BRUNSVIGA-WERKEN herausgegebene Schrift¹²⁰ (Bild 17) befasst sich, anders als die TRIUMPHATOR-Schrift, auf 57 Seiten dem Titel entsprechend nur mit der Beschreibung der Doppel-Rechenmaschine; selbst die Einleitung behandelt ausschließlich das Modell *Doppel 13Z*.

Ausblick auf die Jahre nach »Geodätische Rechnungen«

Mit dieser Zeitangabe sind die Jahre nach dem Erscheinen der 1. Auflage von 1903 bzw. der 2. Auflage 1923 gemeint. Es geht dabei um Publikationen, die ebenfalls »Geodätische Rechnungen« zum Thema bzw. sogar im Titel hatten. Auch hier gilt wie oben schon gesagt: Die Auswahl ist eine subjektive, aber die aufgeführten Titel sollen jeder für sich einen bestimmten Aspekt der Fachliteratur aufzeigen. Hier also eine kleine Chronologie.

1933 Geodätische Rechnungen mittels der Doppelrechenmaschine¹²¹

Nach der oben schon genannten TRIUMPHATOR-Schrift von 1914 ist die erste Publikation

¹²⁰ Schieferdecker 1941

¹²¹ Kerl 1933

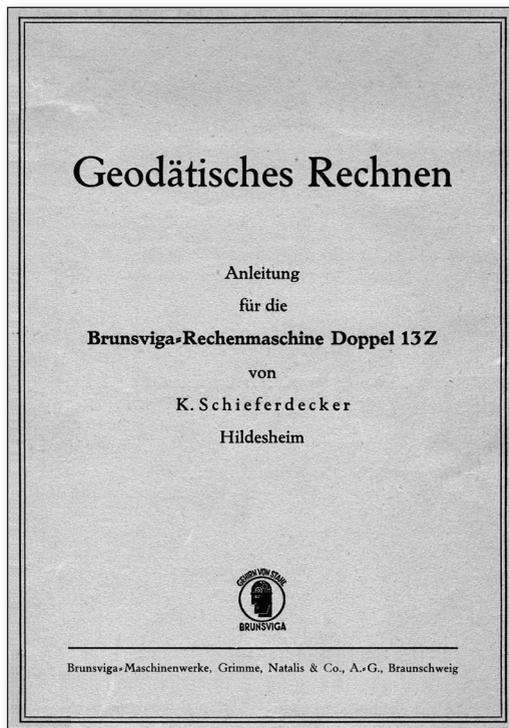


Bild 17: Quelle: Schieferdecker 1941, Titelseite

ein mehrteiliger, 1933 in den *Allgemeinen Vermessungs-Nachrichten* veröffentlichter Aufsatz (erschieden auch als Sonderdruck, auf den sich hier die Seitenangaben beziehen). Der Verfasser Dr. OTTO KERL, Regierungs- und Steuerrat bei der Bau- und Finanzdirektion in Berlin, behandelte darin *Vorwärts- und Rückwärtseinschneiden*, die *Berechnung des Richtungswinkels* und das *Schnittpunktproblem*. Dabei verwies er auf Rechenmaschinen weniger im Sinne von Anwendungsbeschreibungen als vielmehr marginal in Fußnoten auf die *Brunsviga-Doppelmaschine*¹²² sowie auf die *Thales- und Triumphator-Doppelmaschine*¹²³. Diese Maschinen fasste er später als „die drei deutschen Doppelrechenmaschinen Brunsviga, Thales, Triumphator“ zusammen.¹²⁴

1937 Geodätisches Rechnen – Anleitung in Theorie und Praxis¹²⁵

Dieses Buch ist als nicht näher bezeichnete *Neueste Auflage* erschienen.¹²⁶ Der Verfasser HERMANN KERSZUS, Stadtvermessungsinspektor in

¹²² ebd. Fußnoten 1 und 3 auf S. 13, 14

¹²³ ebd. Fußnote 2 auf S. 14

¹²⁴ ebd. S. 21

¹²⁵ Kerszus 1937

¹²⁶ Das Inhaltsverzeichnis der 1929 erschienen (ebenfalls nicht näher bezeichneten) Auflage bei der Deutsche Nationalbibliothek (DNB): <https://d-nb.info/57551082x/04> (27.12.2022)

Inhalt.

Vorwort	III
Literatur	VII

I. Abschnitt.

Einrichtung und Gebrauch der Rechenmaschinen.

	Seite
§ 1. Allgemeines	1
§ 2. Die Staffelwalzenmaschinen	13
§ 3. Sprossenradmaschinen	17
§ 4. Maschinen mit Einmaleinskörpern	19
§ 5. Besondere Bauarten	26
§ 6. Rechenbeispiele	30

II. Abschnitt.

Geodätische Rechnungen.

§ 7. Allgemeines	38
§ 8. Berechnung der rechtwinkligen Koordinaten der Kleinpunkte . . .	39
§ 9. Berechnung der rechtwinkligen Koordinaten der Polygonpunkte . .	41
§ 10. Umformung rechtwinkliger Koordinaten	44
§ 11. Berechnung der Neigungen und Entfernungen aus den rechtwinkligen Koordinaten	45
§ 12. Berechnung der rechtwinkligen Koordinaten eines durch den Bogen- schnitt zweier gemessenen Linien bestimmten Punktes	46
§ 13. Berechnung der rechtwinkligen Koordinaten eines durch einfaches Einschneiden bestimmten Punktes	49
§ 14. Berechnung der rechtwinkligen Koordinaten eines durch einfaches Rückwärtseinschneiden bestimmten Punktes	50
§ 15. Berechnung der durch Einschneiden bestimmten Zentrierungselemente	52
§ 16. Zentrierung exzentrisch beobachteter Richtungen	55
§ 17. Berechnung der rechtwinkligen sphärischen Koordinaten aus den geographischen Koordinaten	57
§ 18. Berechnung der rechtwinkligen Koordinaten eines durch den Bogen- schnitt von mehr als zwei gemessenen Linien bestimmten Punktes nach der Methode der kleinsten Quadrate	60
§ 19. Berechnung der rechtwinkligen Koordinaten eines durch Einschneiden bestimmten Punktes nach der Methode der kleinsten Quadrate . .	64
§ 20. Berechnung der rechtwinkligen Koordinaten eines durch Rückwärts- einschneiden bestimmten Punktes nach der Methode der kleinsten Quadrate	67
§ 21. Berechnung der rechtwinkligen Koordinaten eines durch Einschnei- den bestimmten Punktes mit graphischer Darstellung der Visier- strahlen	67

	Seite
§ 22. Berechnung der rechtwinkligen Koordinaten des Durchschnittspunktes zweier geraden Linien	75
§ 23. Flächenberechnung	76
§ 24. Teilung eines Dreiecks	77
§ 25. Proportionalteilung eines Vierecks	77

III. Abschnitt.

Das Rechnen mit elf Ziffern oder mit dekadischen
Ergänzungen.

§ 26.	80
---------------	----

Anhang.

Tafel 1. Einige Maße des Erdsphäroids	83
Tafel 2. Additive $2A_{ij}''$ und $2A_y$	93

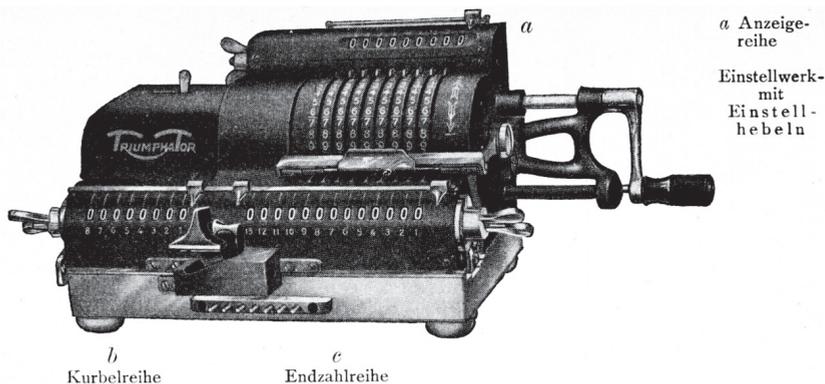


Fig. 1. Triumphator-Sprossenradmaschine mit Einstellhebeln.

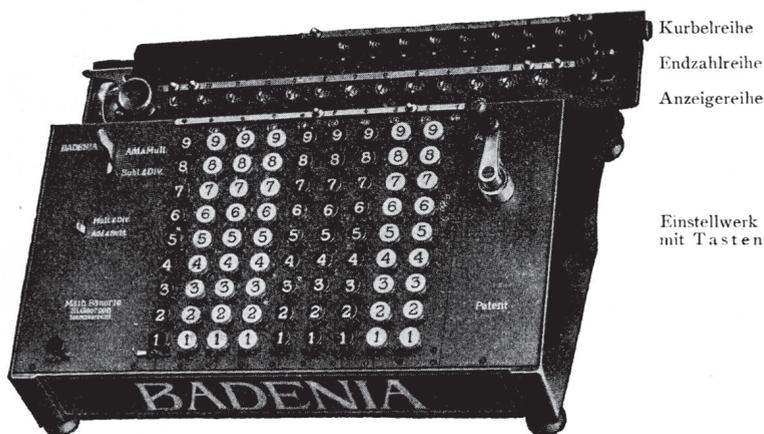


Fig. 2. Badenia-Staffelwalzenmaschine mit Tasten-Einstellwerk.

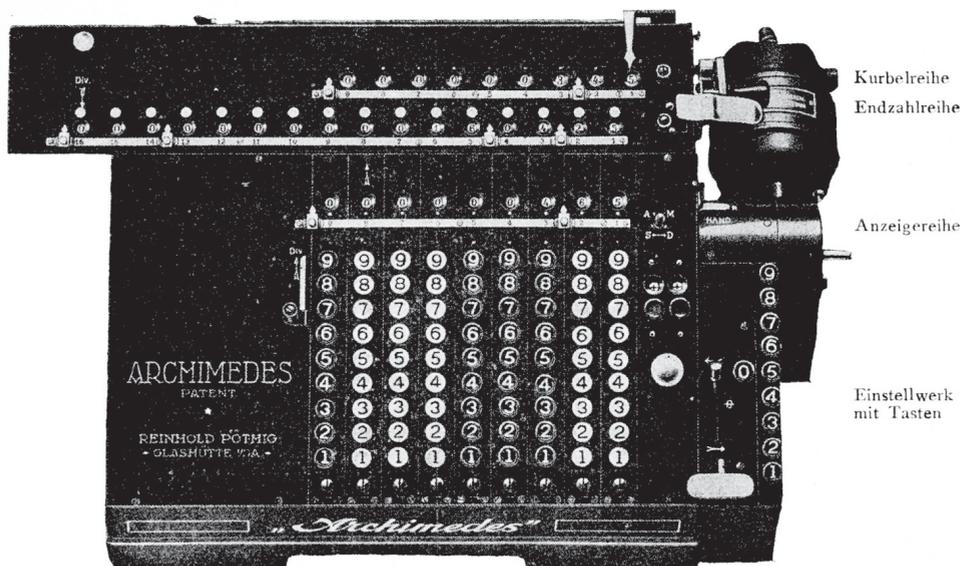


Fig. 3. Archimedes-Staffelwalzenmaschine mit elektrischem Antrieb.

dem zweiten Produkt zusammengezählt. Die Summe kann alsdann in das Aufspeicherwerk übertragen werden.

Eine eigenartige Lösung bietet die „Nova-Brunsviga Mod. 3“ (vgl. Fig. 5). Diese Maschine ist mit zwei Umdrehungszählwerken ausgestattet, von denen nur das eine mit Zehnerübertragung ausgestattet ist. Das Vervielfältigen wird unter Benutzung des oberen Umdrehungszählwerks durchgeführt. Ist eine solche Teilrechnung beendet, so werden die im oberen Umdrehungszählwerk und im Einstellwerk stehenden Zahlen gelöscht, während die Ergebnisse in der zweiten Kurbelreihe und in der Endzahlreihe stehen bleiben. In der Kurbelreihe erscheinen die Multiplikatoren der Produkte zusammengezählt, während in der Endzahlreihe die Summe der Produkte angezeigt wird.

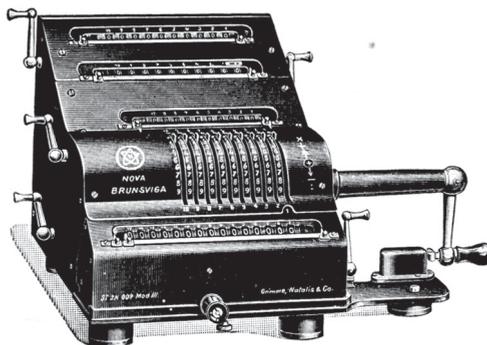


Fig. 5. Nova-Brunsviga (Modell 3).

Von den Sprossenradmaschinen wird außerdem noch die „Lipsia“ mit zwei Umdrehungszählwerken (beide mit Zehnerübertragung) gebaut (vgl. Fig. 6). Die Maschinen Triumphator-Duplex und Berolina-Duplikator werden mit doppelten Einstell- und Hauptzählwerken hergestellt und stellen somit eigentlich zwei miteinander gekuppelte Maschinen dar.

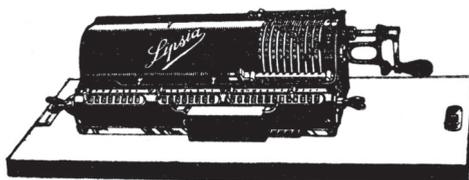
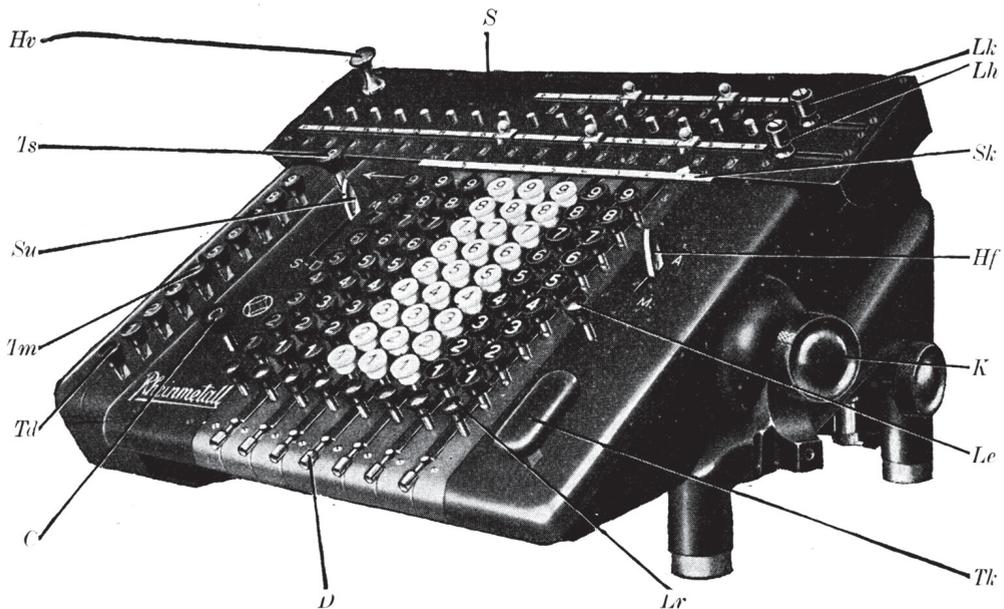


Fig. 6. Rechenmaschine mit zwei Umdrehungszählwerken (Lipsia 6a).

Manche Rechenmaschinen haben auch Einrichtungen, die es dem Rechner gestatten, ein im Hauptzählwerk angezeigtes Ergebnis in das Einstellwerk zu übertragen. Das ist vorteilhaft, wenn mehr als zwei Zahlen miteinander vervielfältigt werden sollen. Solche Vorrichtungen finden sich beispielsweise bei der „Nova-Brunsviga Mod. 3“ (vgl. Fig. 7) und den „Kuhrt AB und US“.

11.

Die Maschinen sind im allgemeinen mit einer Glocke ausgestattet. Diese warnt, wenn in der Endzahlreihe die erste Stelle nach unten oder die letzte Stelle nach oben überschritten wird. Bei Maschinen, deren Zehnerübertragung nicht bis zur letzten Stelle durchgreift, wird die Glocke auch anschlagen, wenn in der Grenzstelle der Zehnerübertragung die Ziffernscheibe von 0 auf 9 oder von 9 auf 0 übergeht (Zehnerwarnung).



Erklärung der Buchstaben zu Fig. 8

K Kurbel bei Maschinen mit mechanischem Antrieb, hier Wellenende, *Tk* Taste für Einzeldrehungen, *S* Schlitten, *Hv* Handhabe zum Verschieben des Schlittens, *Ts* Taste für die Schlittenverschiebung, *Su* Umschalthebel, *C* Berichtigungstaste, *Sk* Stellenanzeiger für Kommastellung, darüber die Endzahlreihe (Hauptzählwerk), *D* Kommalineale, *Tm* Multiplikator-tasten, *Lh* Löschriff für die Endzahlreihe, *Lk* Löschriff für die Kurbelreihe, links vom oberen Löschriff die Kurbelreihe (Umdrehungszählwerk), *Le* Gesamtlöschaste für das Einstellwerk, *Lr* Reihenlöschaste, *Hf* Tastenfesthaltehebel, *Tl* Divisionstaste, zugleich Multiplikations-Nulltaste.

Fig. 8. Die einzelnen Teile einer Staffelwalzen-Rechenmaschine „Rheinmetall“.

Die Buchstabenbezeichnung der einzelnen Teile ist diesen da, wo sie zum erstenmal erwähnt werden, in Klammern beigesetzt.

6.

Auf einer festen Platte, der Einstellplatte, befinden sich die Einstellschlitze mit den Schiebern zum Einstellen der Zahl *E*. An deren Stelle sind auf Maschinen mit Tasteneinstellung, wie im Beispiel, die Tastenreihen untergebracht. Vielfach ist mit dem Einstellwerk noch eine Anzeigereihe verbunden, in deren Schauöchern der Rechner die zickzackförmig und daher unübersichtlich eingestellte Zahl *E* noch einmal in leicht zu übersehender Form wiederholt findet.

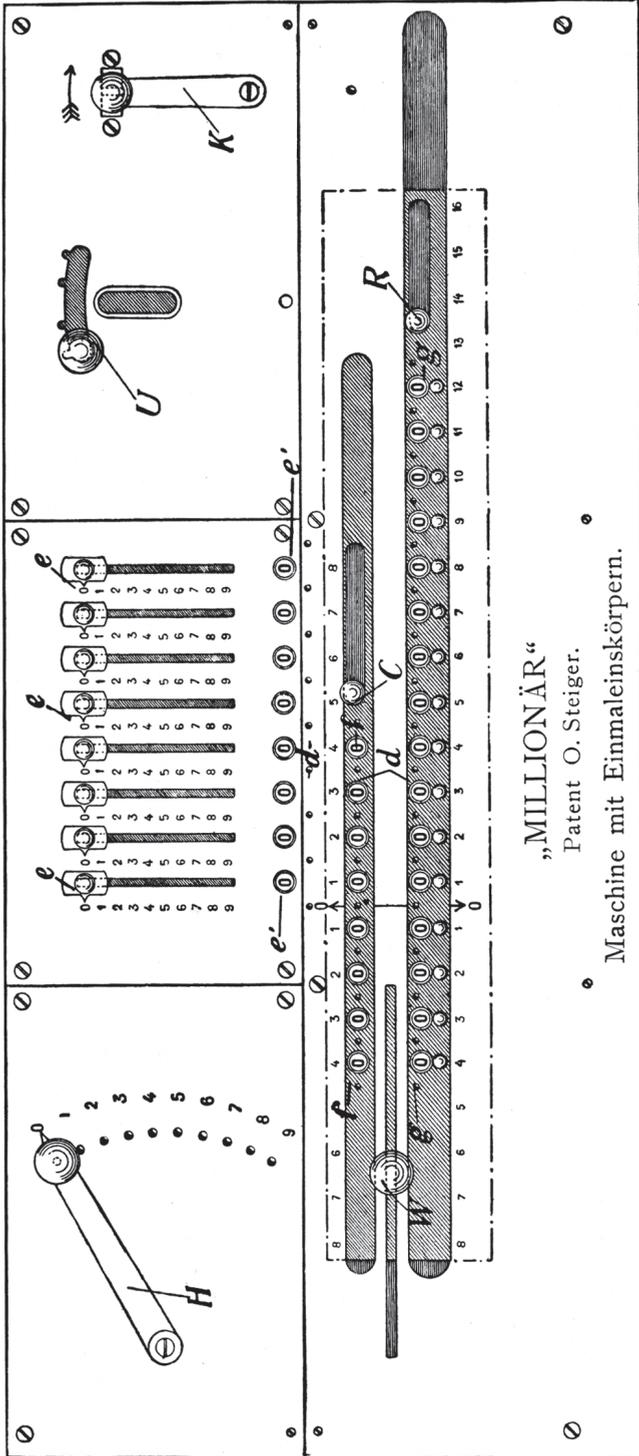
Neben dem Einstellwerk befindet sich im allgemeinen der Umschalthebel, mit dem die Maschine auf Zurechnen (Addition und Multiplikation) und auf Abrechnen (Subtraktion und Division) geschaltet werden kann.

Die Kurbel (*K*) wird rechts von dem Einstellwerk eingebaut, da sie sich von hier aus am bequemsten bedienen läßt. Sie kann nur im rechtsläufigen Sinne gedreht werden. Während des Drehens vollzieht sich die Art von Rechnung, auf die die Maschine geschaltet ist.

7.

Auf dem Schlitten (*S*) befinden sich die Schauöchern der Kurbelreihe und der Endzahlreihe, vgl. *L* (*h* u. *k*), sowie vielfach noch zum Verstellen der unter den Schauöchern liegenden Zifferscheiben dienende, auf den Achsen der Zifferscheiben oder -rollen sitzende Stellknöpfe.

Außerdem ist der Schlitten noch mit Vorrichtungen ausgestattet, die es dem Rechner ermöglichen, Zahlen, die in der Kurbelreihe oder auch in der Endzahlreihe stehen, zu löschen *L* (*h* u. *k*).



„MILLIONÄR“
 Patent O. Steiger.
 Maschine mit Einmaleinskörpern.

- Erklärung der Buchstaben:
- e Einstellknöpfe
 - e'-e' Anzeigereihe
 - K Kurbel
 - H Stellhebel
 - W Knopf zum Verschieben des Schlittens
 - U Umstellvorrichtung
 - f-f Überwachungsreihe
 - g-g Endzählreihe
 - R, C Löscheinrichtungen
- Fig. 10.

vom Komma liegen werden, wie sich nach Abzug der Dezimalstellen der Maschine in der Einstellreihe von den Dezimalstellen der Maschine in der Endzahlreihe ergeben. Soll also mit $78\,938,76$ das Produkt $(+81,72) \times (-0,561\,48)$ zusammengerechnet werden, so ergibt sich (Umstellhebel auf D)

als Anfangsbild:		und als Schlußbild:
Einstellreihe 00561480	 00561480
Überwachungsreihe 00000000	 00081720
Endzahlreihe 0078938760000000	 0078892875854400

Bei der Division ist es für den Rechner vorteilhaft, die zu teilende Zahl zu Anfang so zu stellen, daß die erste Stelle im zweiten Schauloch links erscheint.

Bevor der Stellhebel auf die einzelnen zu bestimmenden Ziffern eingestellt wird, muß vorher geschätzt werden, wie oft E in P_a oder in dem noch in der Endzahlreihe stehenden Rest von P_a enthalten ist. Dann ergibt sich nach dem Kurbeln

1. wenn die gewählte Ziffer richtig ist, in der Endzahlreihe in den betreffenden Stellen ein positiver Rest, der kleiner ist als E ,
2. wenn die gewählte Ziffer um eine Einheit zu klein ist, ein positiver Rest, der größer ist als E ,
3. wenn die gewählte Ziffer um eine Einheit zu groß ist, ein negativer Rest in Form der dekadischen Ergänzung, dessen Erscheinen durch Glockenzeichen der Maschine angezeigt wird und auch durch Auftreten von Neunen links augenfällig wird.

In den Fällen 2 u. 3 muß der Fehlgriff gut gemacht werden. Wie das geschieht, ist an Hand eines Beispiels auf S. 35 erläutert.

Daß ein Verschieben des Schlittens bei der Maschine „Kuhrt US“ nicht nötig wird, damit ein Zusammenlaufen der Zehner- und Einerwerte ermöglicht wird, und daß infolgedessen das Berichtigungsverfahren bei einem Überschätzen der Quotientenziffer einfacher als bei der Maschine „Millionär“ ist, wurde schon erwähnt.

§ 5. Besondere Bauarten.

a) Mercedes-Euklid.

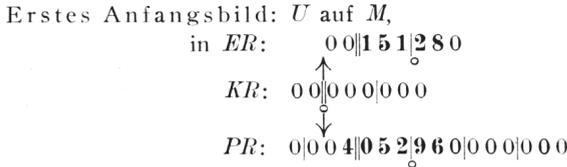
1.

Bei den meisten Rechenmaschinen trennt sich in dem Augenblick, wo der Antrieb aufhört, die Antriebsvorrichtung von den Zählwerksteilen, während sich diese noch in voller Bewegung befinden. Die lebendige Kraft bestrebt sich dann diese Teile fortzubewegen, oder, wie man auch sagt zu überschleudern. Damit schädliche Wirkungen dieser Erscheinung aufgehoben werden, müssen die Zählwerksteile durch besondere Sperren gebremst und in der richtigen Stellung festgehalten werden.

Der Erbauer der Mercedes-Euklid-Maschine hat die Schwierigkeiten, die einer einwandfreien Durchbildung solcher Sperrvorrichtungen entgegenstehen, umgangen, indem er eine Antriebsvorrichtung wählte, die grundsätzlich von der anderer Maschinen verschieden ist.

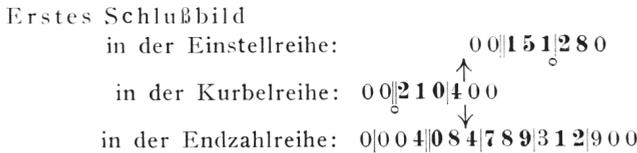
Der sogenannte „Proportionalhebel“, durch den die Bewegung übertragen wird, wird durch einen Kurbeltrieb bewegt. Er kommt im Totpunkt des Kurbeltriebes einen Augenblick ganz zur Ruhe. An dieser nehmen alle Zahnstangen, Stellrädchen und Zahlenrollen teil. Dieser Augenblick wird benutzt, um die Antriebsvorrichtungen von den Zählwerksteilen zu trennen. Damit ist dem Überschleudern wirksam vorgebeugt und der Einbau der weniger zuverlässigen Sperren ganz überflüssig. Für den Rechner hat das den Vorteil, daß

Beispiel 4: Gerechnet mit einer Einmaleinskörpermaschine „Millionär“:
 Zu der Ordinate $y = 4052,96$ sollen die sich aus den Streckenlängen $\left\{ \begin{array}{l} s_1 = 151,28 \\ s_2 = 225,42 \end{array} \right.$ und den Sinus $\left\{ \begin{array}{l} \sin \nu_1 = \sin 167^\circ 51,2' = + 0,21 04 \\ \sin \nu_2 = \sin 193^\circ 20,5' = - 0,23 08 \end{array} \right.$ der Neigungswinkel ergebenden Ordinatenunterschiede $\Delta y_1 = s_1 \sin \nu_1$ und $\Delta y_2 = s_2 \sin \nu_2$ addiert werden.

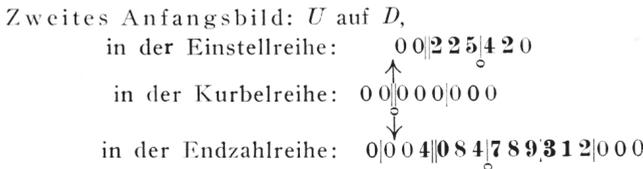


Die Stellung von 4052,96 in der Endzahlreihe ist gegeben dadurch, daß in der Einstellreihe 1 Gruppe, in der Kurbelreihe 2 Gruppen rechts vom Dezimalkomma stehen und demnach in der Endzahlreihe $1 + 2 = 3$ Gruppen rechts vom Dezimalkomma stehen müssen.

H nacheinander auf 2, 1, 0, 4.

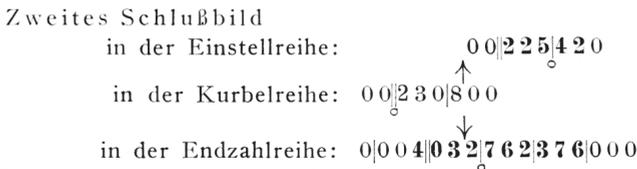


Erstes Ergebnis $y_1 = 4084,79$.



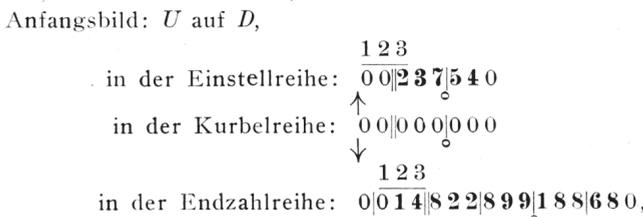
In der Einstellreihe ist $s_2 = 225,42$ eingestellt, in der Kurbelreihe alles auf Null, in der Endzahlreihe unverändert, der Wagen so weit nach rechts verschoben, daß 2308 in der Kurbelreihe an die richtige Stelle kommt.

St nacheinander auf 2, 3, 0, 8.



Zweites Ergebnis $y_2 = 4082,76$.

Beispiel 5: Gerechnet mit einer Einmaleinskörpermaschine „Millionär“:
 14822899,18868 ist durch 237,54 zu dividieren.



Schieber in der Produktentafel auf 24.

II. Abschnitt.

Geodätische Rechnungen.

Bearbeitet von O. Eggert.

§ 7. Allgemeines.

1.

Im folgenden werden die nötigen Anleitungen für die Ausführung der wichtigeren geodätischen Rechnungen mittels der Rechenmaschinen gegeben.

Die Entwicklung der bei diesen Rechnungen allgemein gebräuchlichen Formeln wird als bekannt vorausgesetzt, während die Entwicklung besonderer für das Maschinenrechnen gebildeter Formeln mitgeteilt wird.

Dazu werden Beispiele in zweckmäßig angeordneten Formularen gegeben. In allen Fällen werden Rechenproben vorgesehen, wodurch die Ergebnisse der Rechnungen sichergestellt werden. Wo dies ausnahmsweise nicht in genügend einfacher Weise geschehen kann, wird auf die dann bei der Rechnung zu beobachtende besondere Sorgfalt hingewiesen.

Von den auf den Maschinen erscheinenden Zwischenzahlen werden in den Formularen so viele aufgeschrieben, daß einerseits für einigermaßen eingübte Rechner beim Vorkommen von Rechenfehlern keine allzu großen Nachrechnungen erforderlich werden, und daß andererseits auch die Revision der Rechnungen nicht zu weitläufig wird. Wenig geübte Rechner werden gut tun, sich noch weitere Zwischenzahlen mit allen auf der Maschine stehenden Dezimalstellen besonders aufzuschreiben.

2.

Für die Rechnungen, die nach den im I. Abschnitt gegebenen Erläuterungen nicht in einfacher Weise ausgeführt werden können, ist eine besondere „Anordnung der Rechnung“ beigegeben.

a) In dieser ist in der mit „*U auf*“ überschriebenen Spalte durch Eintragung von „*M*“ oder „*D*“ angegeben, ob die Maschine auf Zurechnung (Multiplikation) oder auf Abrechnung (Division) zu schalten ist. Diese Angaben beziehen sich immer auf das voranstehende Beispiel; sie sind zum Teil nicht maßgebend für andere Fälle, wo die Maschine nach Maßgabe der Vorzeichen der entscheidenden Zahlen anders zu schalten ist.

b) In den drei folgenden mit „*ER*“ = Einstellungsreihe, „*KR*“ = Kurbelreihe, „*PR*“ = Produktenreihe überschriebenen Spalten wird angegeben, welche Zahlen in diesen Reihen auf der Maschine erscheinen müssen. Die zu bestimmende Zahl wird durch Fettdruck ihrer Bezeichnung gekennzeichnet.

Außerdem wird in diesen Spalten durch „*DK1*“, „*DK2*“, „*DK3*“ angegeben, auf welchen Gruppenstrich (§ 1, Nr. 13, S. 11), den ersten, zweiten oder dritten, das Dezimalkomma *DK* fallen muß.

In der letzten Spalte der Anordnung der Rechnung wird, wo es nötig ist, noch angegeben, an welcher Stelle des vorher gegebenen Formulars das Ergebnis anzuschreiben ist.

§ 12. Berechnung der rechtwinkligen Koordinaten eines durch den Bogenschnitt zweier gemessenen Linien bestimmten Punktes.

1.

Erste Lösung.

a) Von den Punkten P_a , P_b , deren Koordinaten y_a , x_a , y_b , x_b gegeben sind, seien zur Bestimmung der Koordinaten y , x des Punktes P die Streckenlängen s_a , s_b gemessen.

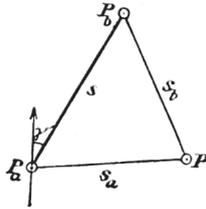


Fig. 15.

b) Alsdann ergibt sich zunächst für $P_a P_b$

$$(1) \quad \cotg v = \frac{x_b - x_a}{y_b - y_a}, \quad \left| \quad (2) \quad s^2 = (y_b - y_a)^2 + (x_b - x_a)^2, \right.$$

und für die weitere Berechnung

$$(3) \quad A = \frac{s^2 + s_a^2 - s_b^2}{2(y_b - y_a)}, \quad \left| \quad (4) \quad B = \frac{s \cdot s_a}{y_b - y_a} \right.$$

c) Sodann haben wir zur Entwicklung der Formel, wonach y zu berechnen ist:

$$(5) \quad (y - y_a)^2 + (x - x_a)^2 = s_a^2,$$

$$(6) \quad (y - y_b)^2 + (x - x_b)^2 = s_b^2.$$

Aus (5) und (6) folgt durch Subtraktion (6) - (5):

$$(7) \quad -2y(y_b - y_a) + (y_b^2 - y_a^2) - 2x(x_b - x_a) + (x_b^2 - x_a^2) = s_b^2 - s_a^2,$$

durch den Zusatz von:

$$+ 2y_a(y_b - y_a) + (-2y_a y_b + 2y_a^2) + 2x_a(x_b - x_a) + (-2x_a x_b + 2x_a^2) = 0$$

$$(8) \quad -2(y - y_a)(y_b - y_a) + (y_b - y_a)^2 - 2(x - x_a)(x_b - x_a) + (x_b - x_a)^2 = s_b^2 - s_a^2$$

und nach Division durch $-2(y_b - y_a)$ unter Beachtung von (1), (2) und (3)

$$(9) \quad y - y_a = -(x - x_a) \cotg v + \left(\frac{s^2 + s_a^2 - s_b^2}{2(y_b - y_a)} = A \right)$$

oder

$$(10) \quad y = y_a - (x - x_a) \cotg v + A.$$

d) Setzen wir jetzt den in (9) für $y - y_a$ erhaltenen Ausdruck in (5) ein, so ergibt sich:

$$(11) \quad (x - x_a)^2 \cotg^2 v - 2A(x - x_a) \cotg v + A^2 + (x - x_a)^2 - s_a^2 = 0,$$

$$(12) \quad (x - x_a)^2 (\cotg^2 v + 1) - 2A(x - x_a) \cotg v + A^2 - s_a^2 = 0,$$

$$(13) \quad (x - x_a)^2 \frac{s^2}{(y_b - y_a)^2} - 2A(x - x_a) \cotg v + A^2 - s_a^2 = 0$$

und nach der allgemeinen Formel für die Auflösung der quadratischen Gleichung

$$ax^2 + bx + c = 0: \quad x = \frac{-b \mp \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a},$$

$$(14) \quad x - x_a = \frac{A^2 - s_a^2}{A \cotg v \mp \sqrt{(A \cotg v)^2 - \frac{s^2}{(y_b - y_a)^2} (A^2 - s_a^2)}}$$

$$(15) \quad x - x_a = \frac{A^2 - s_a^2}{A \cotg v \mp \sqrt{\frac{A^2((x_b - x_a)^2 - s^2)}{(y_b - y_a)^2} + \frac{s^2 \cdot s_a^2}{(y_b - y_a)^2}}}$$

und unter Beachtung von (2) und (4)

$$(16) \quad x - x_a = \frac{A^2 - s_a^2}{A \cotg v \mp \sqrt{B^2 - A^2}},$$

womit sich x ergibt nach

$$(17) \quad x = x_a + (x - x_a).$$

III. Abschnitt.

Das Rechnen mit elf Ziffern oder mit dekadischen Ergänzungen.

Bearbeitet von F. Koll.

§ 26.

1.

Bei den gewöhnlichen Rechnungen wird mit den 10 Ziffern 0, 1, . . . 9 und mit positiven und negativen Zahlen gerechnet, die wir uns bildlich veranschaulichen können, indem wir auf einer Linie von einem Nullpunkte ausgehend die positiven Zahlen von dem Nullpunkte nach rechts, die negativen nach links abtragen:



Fig. 46.

Nehmen wir nun zu den allgemein gebräuchlichen 10 Ziffern als elfte noch die -1 hinzu und bezeichnen diese nach dem bereits eingeführten Brauche mit dem liegenden Kreuz \times , so gewinnen wir damit die Möglichkeit, den Anfangspunkt für die Zählung der Zahlen je nach Bedarf um 1, 10, 100, 1000, 10000 . . . Einheiten nach links zu verschieben und anstatt der nach links zählenden negativen Zahlen auch Zahlen zu bekommen, die ebenso wie die positiven Zahlen nach rechts zählen, wobei dann, weil alle Zahlen gleiche Richtung haben, die Vorzeichen ganz wegfallen können. Hiermit ergibt sich für das Bild in Fig. 46 das folgende Bild der Zahlenreihe:



Fig. 47.

2.

Mit der Ziffer $-1 = \times$ wird ebenso gerechnet, wie mit den übrigen Ziffern, ihr Zahlenwert richtet sich nach der Stelle, worin sie steht. Es ist also

$$\begin{array}{r}
 \times 63\,742,06 = -100\,000,00 + 63\,742,06 = -36\,257,94, \\
 \times 742,06 = -1\,000,00 + 742,06 = -257,94, \\
 \times 42,06 = -100,00 + 42,06 = -57,94, \\
 \times 2,06 = -10,00 + 2,06 = -7,94, \\
 \times ,06 = -1,00 + 0,06 = -0,94.
 \end{array}$$

Die hinter \times folgenden Zahlen ergänzen die entsprechenden negativen Zahlen zu 1, 10, 100, 1000,, weshalb sie als dekadische Ergänzungen bezeichnet werden. Jede unmittelbar hinter \times folgende 9 steht für 0 in der entsprechenden negativen Zahl. Daher können alle unmittelbar auf \times folgenden 9,