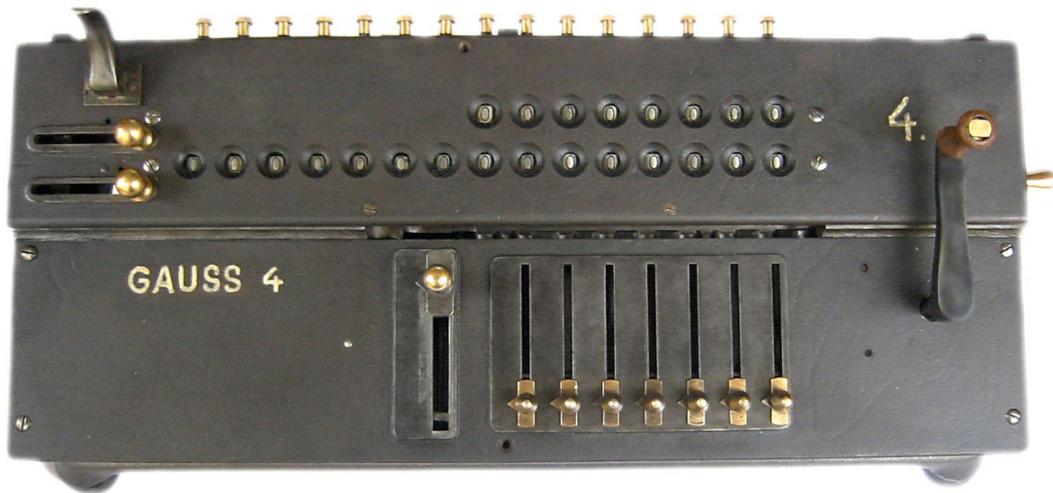


Die Rechenmaschine "Gauss 4"

Ein Unikat aus der Werkstatt von Christel Hamann

D. Bölter
© 2007





Inhalt

| | |
|--|----|
| Vorbemerkung..... | 2 |
| Teil 1: Die "Gauss 4": Konzeption und Geschichte | |
| Technische Merkmale | 3 |
| Bedienung | 5 |
| Rechenbeispiele | 6 |
| Die "Gauss 4" und die "Euklid" | 7 |
| Eine Bewertung | 9 |
| Teil 2: Restaurierung und weitere Hinweise zur Mechanik | |
| Bestandsaufnahme November 2007..... | 10 |
| Restaurierung | 12 |
| Ergänzendes zum Rechenwerk..... | 13 |
| Problembereiche..... | 18 |
| Literatur..... | 20 |

Vorbemerkung

Die von Paul Haack und Christel Hamann im Jahr 1900 patentierte und - in veränderter Form - ab 1905 gebaute, runde "Gauss" (1) sowie ihre Nachfolgerin, die "Mercedes" (3), folgten technisch der Tradition der Staffelwalzenmaschinen. Beide Modelle waren einfacher, kleiner und preiswerter als die der Konkurrenz. Die Vereinfachung ergab sich durch die Verwendung nur eines, zentralen und rotierenden Schaltelements. Die schlechte Ablesbarkeit führte damals zu Kritik, dennoch war die "Gauss" eine breit beachtete und zumeist positiv aufgenommene Innovation (14). Stephan Weiss hat beiden Modellen einen Artikel gewidmet (4), so dass ich auf technische Details nicht weiter eingehe. Siehe auch den ausführlichen Artikel von Hashagen (7).

War bei der "Gauss" für die Subtraktion noch die Eingabe der Komplementzahlen erforderlich (zweite, rote Einstellskala), so rechnete bei der "Mercedes" eine verstellbare Staffelscheibe mit den Neunerkomplementen, was Vorteile bei der Einstellung und der Fehlerkorrektur bedeutete. Auch die Ablesung wurde verbessert, fand jedoch ihre Grenze in der zwangsläufig radialen Anordnung der Zählwerke.

Bisher war nicht bekannt, dass Hamann auch eine Tischrechenmaschine entworfen und als Prototyp gebaut hatte, die nach einem ähnlichen Prinzip wie die "Mercedes" arbeitete, jedoch Kastenform besaß und die Bedienelemente und Zählwerke in gewohnt *linearer* Anordnung darbot¹. Dieser Prototyp, mit "Gauss 4" beschriftet, blieb erhalten und wurde im Archiv des "Museums in der Beschussanstalt" in Zella-Mehlis aufbewahrt. Das Museum erteilte mir im Herbst 2007 den Auftrag, die "Gauss 4" zu restaurieren und nach Möglichkeit die Funktionsfähigkeit wiederherzustellen. Da die Maschine weitgehend vollständig war und nur wenige mechanische Schäden aufwies, konnte sie zu einer voll funktionsfähigen Vierspeziesmaschine restauriert werden. Die "Gauss 4" ist jetzt Ausstellungsstück des Museums.

In **Teil 1** dieser Dokumentation wird das Rechenprinzip der "Gauss 4" erläutert, und es wird versucht, die Maschine technisch-historisch einzuordnen.

In **Teil 2** ist mehr über Restaurierung, technische Details und Problemstellen der "Gauss 4" zu erfahren.

Es wird vorausgesetzt, dass der Leser mit der Technik und der Bedienung einer traditionellen Staffelwalzenmaschine einigermaßen vertraut ist.

¹ Ein Nachtrag: Nach Abschluss dieser Dokumentation fand in Hoecken, K.: "Rechenmaschinen von Pascal bis zur Gegenwart, unter besonderer Berücksichtigung der Multiplikationsmechanismen". Sitzungsberichte der Berliner Mathematischen Gesellschaft. Jahrgang 106, Sitzung, 26. Februar 1913, den Hinweis, dass der Autor einem "System mit abgewickelter Stufenwalze, Hamann Friedenau 1911" eine eigene Rubrik zuordnete. Bedeutet das, dass Hamann die "Gauss 4" später in Fachkreisen doch vorgestellt hat?



Teil 1: Die "Gauss 4": Konzeption und Geschichte

Technische Merkmale

Art: Kurbelgetriebene Vierspezies-Rechenmaschine in abgewandeltem Staffelwalzenprinzip, Übertrag im Resultatwerk bis zur achten Stelle, kein Übertrag im Umdrehungszählwerk. Keine Einstellkontrolle.

Maße (BxHxT): 41 x 14 x 22 cm

Gewicht: 9,8 kg

Zählwerke: 7 (Einstellung) x 8 (Umdrehungszählwerk) x 15 (Resultatzählwerk)

Baujahr: ca. 1904

Konstrukteur und Hersteller: Christel Hamann, Berlin

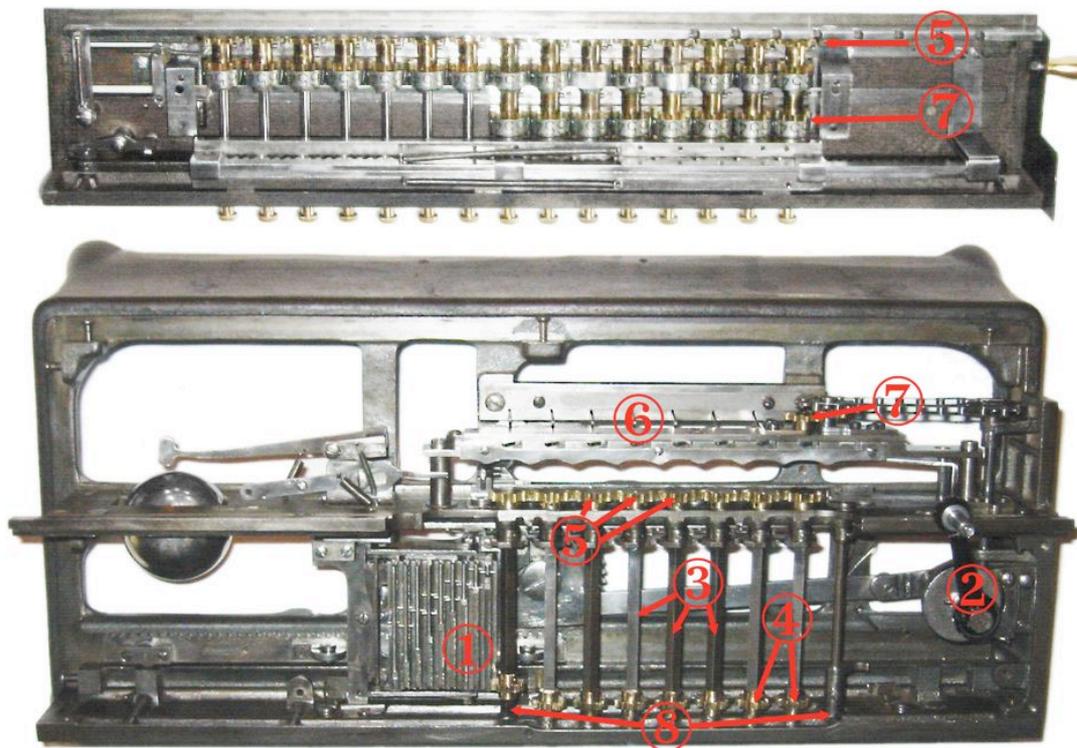


Abb. 1: Schlitten und Rechenwerk der "Gauss 4". Erläuterungen zur Bezifferung im folgenden Text

Zusammenfassung des Rechenprinzips

Eine horizontal verschiebbare, rechteckige "Staffelplatte" ① übernimmt die Funktion der stationären Staffelwalzen (bzw. der "Staffelscheibe" der "Gauss" und "Mercedes"). Diese Platte ist wie die abgewinkelte Außenwand einer Staffelwalze geformt. Die Zahnreihen sind senkrecht verschiebbar.

Die Staffelplatte wird von der Kurbel ② unter den Einstellachsen ③ vorbeigezogen. Die Zahnreihen greifen in die positionierten Einstellräder ④ und übertragen die Einstellung in das Zählwerk bei ⑤.

Die Kurbel lässt sich in beide Richtungen drehen, die Mechanik ist jedoch nicht wendeläufig. Auf das Resultat hat die Drehrichtung keine Auswirkung, jedoch auf das Umdrehungszählwerk.

Die "Gauss 4" rechnet bei Subtraktions-/Divisionsaufgaben mit Neunerkomplementen, d.h. ausschließlich durch Addition.

Resultatwerk ⑤ und Umdrehungszählwerk ⑦ besitzen vertikal, statt, wie bei anderen Staffelwalzenmaschinen, horizontal rotierende Ziffernräder. Dadurch wird der Raumvorteil genutzt, der durch das Fehlen der Staffelwalzen entsteht. Das Umdrehungszählwerk ist zehnziffrig (ohne rote Zahlen), besitzt allerdings keinen Zehnerübertrag.

Zählwerke und Löschung sind anders konstruiert als bei den klassischen Staffelwalzenmaschinen. Für die Löschung der Zählwerke ist je ein Zugschalter vorhanden. Für alle Resultatstellen gibt es eine



manuelle Einstellung per Rändelmutter. Löschung der Zählwerke und Einstellung per Rändelmutter ist, wie üblich, nur bei angehobenem Schlitten möglich.
Die Einstellung erfolgt mit Schiebern. Die Umstellung von Addition/Multiplikation zu Subtraktion/Division erfolgt durch einen "Add.-Sub." - Schieber, der die Anordnung der Zahnreihen auf der Staffelplatte verändert. Weitere Einstellmöglichkeiten sind nicht vorhanden.
Für den Zehnerübertrag, die Überlaufglocke und das Umdrehungszählwerk wurden jeweils eigene Lösungen gefunden. Die Überlaufglocke wurde deaktiviert.

Das zentrale Schaltelement - die Staffelplatte

Der Benutzer wählt mit dem "Add.-Sub." - Schieber die Rechenart vor, dadurch werden die einzelnen Zahnreihen der Staffelplatte in die entsprechende Position - nach oben (für Addition) oder unten (für Subtraktion) verschoben. Der Schieber bewegt dabei den "Einer-Zahn" ganz rechts, der die übrigen Zähne per Mitnehmerstifte mittransportiert. Das beim Neunerkomplementverfahren erforderliche Löschen der führenden "1" und die Addition der "1" auf der Einerstelle wird automatisch von den beiden Wellen ⑧ und der Übertragsmechanik ⑥ ausgeführt.
Das folgende Foto zeigt die Staffelplatte in Originalgröße.²

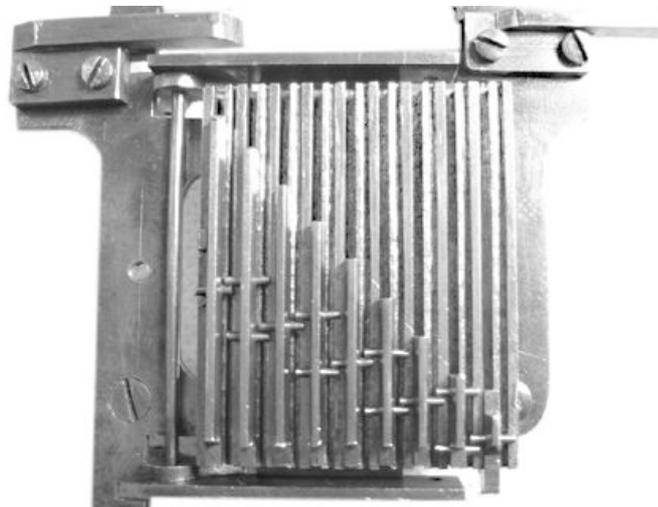


Abb. 2: Die Staffelplatte

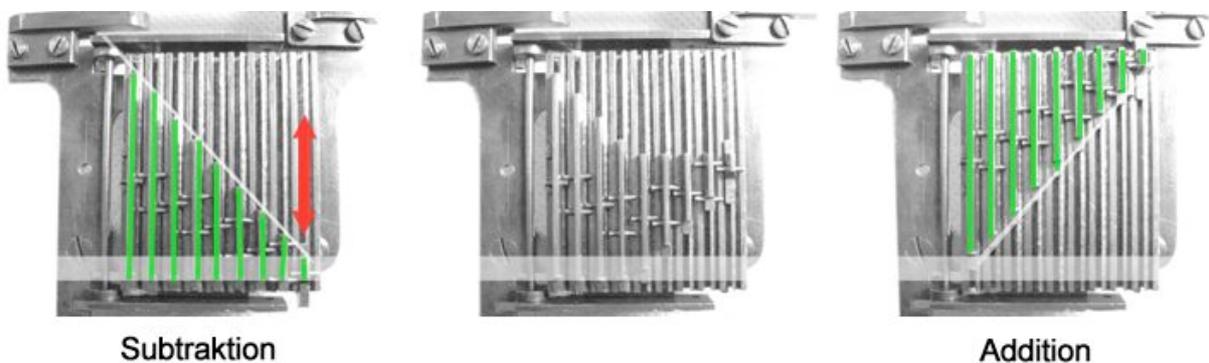


Abb. 3: Links die Einstellung für Subtraktion. In der Mitte ein Zwischenbild, es wird gerade die Einerstelle nach oben verschoben, bis in der Endstellung für Addition (rechts) die spiegelbildliche Position der Zahnreihen erreicht ist. Die Zahnreihen sind grün markiert.

² Neben der Namensgebung der Maschine ist die Staffelplatte der zweite Beleg dafür, dass die Maschine aus der Berliner Werkstatt von Christel Hamann stammt.



Die erste Hälfte der Kurbeldrehung zieht die Staffelplatte von links nach rechts unter allen Einstellwellen vorbei und übernimmt dabei die Aufgabe der sonst üblichen stationären Staffelwalzen.³ Ein eventueller Zehnerübertrag wird pro Stelle mechanisch im Speicherwerk © vorgemerkt. Die zweite Hälfte der Kurbeldrehung zieht die Platte von rechts nach links zurück, auf diesem "Rückweg" werden die gespeicherten Überträge eingerechnet.

Die untere, helle Quermarkierung zeigt die Höhe der Einstellung auf "0". Man erkennt, dass bei Addition nichts ins Resultatwerk übertragen wird. Wird der Einstellschieber auf die "1" geführt, wird das Zahnrad vom unteren Teil des linken Zahns erfasst und addiert eine "1", usw.

Bei Subtraktion hingegen wird bei der Nullstellung der Einstellschieber zunächst bei allen Stellen eine "9" addiert. Da beim Neunerkomplementverfahren bei der ersten Stelle auf "10" statt auf "9" ergänzt werden muss, erfolgt beim Rückweg der Platte zuerst die Addition einer "1" zur "9" auf der Einerstelle, was per fortlaufendem Zehnerübertrag nach links alle Resultatstellen wieder auf "0" stellt. Da der Übertrag nur bis zur achten Stelle arbeitet, wird ab dieser Stelle keine "1" mehr weiter gegeben. Ab dieser Stelle sind auch keine Neuner mehr vorgetragen.

Dass eine "positive" Null anders behandelt wird als ein "negative", ist auch von der "Mercedes-Gauss" her bekannt, und natürlich von der "Euklid", die auf ganz ähnliche Weise mit dem Neunerkomplement arbeitet wie die "Gauss 4".

Auf weitere technisch-mechanische Details wird in Teil 2 näher eingegangen.

Bedienung

Einstellung

Die Stellen werden nach Gefühl (Rasterung) eingegeben, da die Einstellschlitze nicht beschriftet wurden. Ich habe eine auflegbare Schablone gefertigt, die die Bedienung etwas erleichtert.

Umschaltung Addition-Subtraktion

Besondere Vorsicht erfordert der "Add.-Sub." - Schieber, der nicht wie ein Schalter mit zwei Wahlmöglichkeiten gebaut ist, sondern einen langen Zwischenweg benötigt. Er befindet sich auf der Deckplatte, links neben den sieben Einstellschiebern. In der oberen Stellung wird addiert und multipliziert, in der unteren subtrahiert/dividiert. Zum Verstellen wird der Kugelknopf hineingedrückt, **und er muss, bevor die Kurbel gedreht wird, in der Endstellung - oben oder unten - ankommen und wieder herausfedern!** In keiner Zwischenstellung darf die Kurbel gedreht werden, sonst rechnet die Maschine falsch.⁴

Umdrehungskorrektur

Eine begonnene Kurbeldrehung ist in jedem Fall zu Ende zu führen. Die Kurbel kann in beide Richtungen gedreht werden, die Richtung wirkt sich nur auf das Umdrehungszählwerk aus. Überzählige Drehungen (Fehldrehung/Addition bei Divisionsaufgaben) werden nach Umstellung des "Add.-Sub." - Schiebers mit anschließender, negativer Kurbeldrehung rückgängig gemacht.

Sicherungen

Der Schlitten ist gegen das mechanisch mögliche und zu Fehlern führende Anheben während des Rechnens (s. Abschnitt "Zehnerübertrag", S. 15) gesichert. Deshalb muss zum manuellen Kippen des Schlittens (für stellenweisen Transport, Löschung, Eingabe per Rändelmutter) der große Entsperrhebel oben links nach hinten gedrückt werden.

Der "Add.-Sub."-Schieber lässt sich nur in Nullstellung der Kurbel verstellen.

Löschung

Für Umdrehungs- und Resultatwerk gibt es je einen Zugschalter (links). Zur Löschung und zur manuellen Resultatwerkseingabe (hintere Einstellrädchen) ist der Schlitten **immer** anzuheben. Keinesfalls dürfen die Löschkнопfe mit Kraftaufwand gegen einen Widerstand gezogen werden. Dies kann die Mechanik verstellen und blockieren (vgl. Abb. 19).

³ Der CD-ROM-Version der Dokumentation ist ein kurzes Amateur-Video beigelegt.

⁴ Verstellt man dabei auch noch den Schieber, ist die Korrektur aufwändig. Siehe Abschnitt "Problembereiche", Punkt 6.



Rechenbeispiele

Das Rechnen mit dem Neunerkomplement ist möglicherweise nicht allen Lesern vertraut, deshalb einige Beispiele. Sie verdeutlichen auch den mechanischen Ablauf des Rechengangs. Die führenden Nullen werden dabei mitnotiert, um die siebenstellige Einstellung der "Gauss 4" abzubilden:

1. Addition

Im Resultatwerk steht bereits **0985621**, dazu soll **0058710** addiert werden. Das korrekte Resultat ist **1044331**. Bei einer stellenweisen Addition von links nach rechts ergibt sich bei der "Gauss 4" zunächst **0933331**, mit einem vorgemerkten Zehnerübertrag auf den Stellen 4, 5 und 6 (von rechts gesehen):

$$\begin{array}{r} 0985621 \text{ (Anzeige im Resultatwerk)} \\ + 0058710 \text{ (Schiebereinstellung)} \\ \hline 0933331 \text{ ("Hinweg" der Staffelplatte, der Zehnerübertrag wird gespeichert)} \\ + \underline{111} \text{ ("Rückweg", Addition gespeicherte Überträge)} \\ \hline \mathbf{1044331} \text{ (Staffelplatte von rechts nach links, der Zehnerübertrag wird addiert)} \end{array}$$

2. Subtraktion mit Neunerkomplement

Nehmen wir die gleichen Zahlen. Das korrekte Ergebnis ist:

$$\begin{array}{r} 0985621 \\ - 0058710 \\ \hline \mathbf{0926911} \end{array}$$

Die "Gauss 4" addiert stellenweise das Neunerkomplement jeder Ziffer des Subtrahenden, das ist 9941289. Als Zwischenergebnis ergibt das **99826800** ("Hinweg"). Das Resultat ist zunächst achtstellig, da die achte Welle mit auf Position "0" stehendem Einstellzahnrad bei Subtraktion wirksam ist (Abb. 3). Dann werden auf dem "Rückweg" der Staffelplatte die notwendige "1" zur Einerstelle sowie nacheinander - von rechts nach links - die übrigen, gespeicherten Überträge addiert.

Der Rechengang als Tabelle, in der ausführlichen Reihenfolge:

$$\begin{array}{r} 0985621 \text{ (Anzeige im Resultatwerk)} \\ + 9941289 \text{ (Neunerkomplement von 0058710)} \\ \hline 99826800 \text{ ("Hinweg" der Staffelplatte, der Zehnerübertrag wird gespeichert)} \\ + \quad \quad 1 \text{ ("Rückweg", automatischer Übertrag auf die Einerstelle und Addition)} \\ + 110011 \text{ (Addition gespeicherter Überträge)} \\ +1 \text{ (Addition eines neuen Übertrags)} \\ \hline \mathbf{00926911} \end{array}$$

Bei Subtraktionen wird dem Resultat anfangs *immer* eine "9" auf der achten Stelle vorausgestellt. Die obige Subtraktionsaufgabe verdeutlicht, weshalb. Die Addition auf der siebten Stelle ergibt "10" statt "0". Wird die "1" jetzt als Übertrag auf die achte Stelle gegeben, wird dort aus der "9" eine "0". Da mechanisch kein weiterer Übertrag erfolgt, verschwindet die "1".

Ein weiteres, einfaches Beispiel: Die "Gauss 4" soll $10 - 2$ rechnen; sie rechnet wie folgt:

$$0000010 + 99999997 = 99999907 + 1 + \mathbf{100} \text{ (aus dem Übertrag der Zehnerstelle bei der ersten Addition)}$$

Die "1" der dritten Stelle führt zur permanenten Weitergabe des Übertrags; die Weitergabe stoppt nach der vorausgestellten "9" der achten Stelle.



Die "Gauss 4" und die "Euklid"

Wann hat Christel Hamann die "Gauss 4" gebaut? Wir finden die Idee zur Staffelplatte in der Patentschrift für die "Mercedes" von 1908 (3). Hamann lässt sich dort die Staffelplatte als mögliche Variante zum Rechnen mit Komplementzahlen mitpatentieren. Hier ein Auszug aus dem Patent:

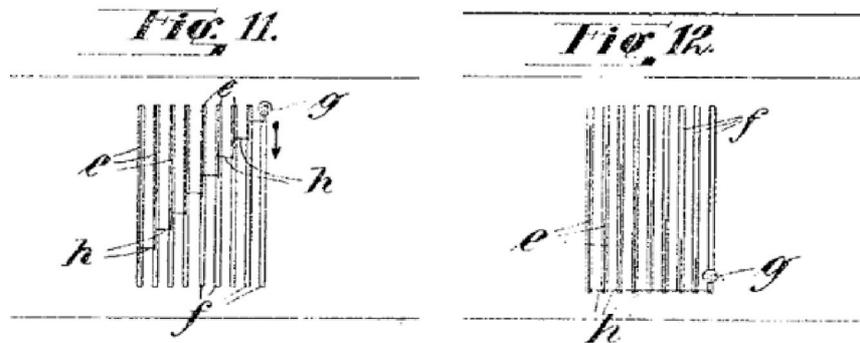


Abb. 4

"Die Fig. 11 bis 14 zeigen zwei weitere Ausführungsbeispiele, um zu beweisen, in wie verschiedenster Art die Einrichtung ausgeführt und den verschiedenen Maschinenformen angepasst werden kann.

Nach Fig. 11 und 12 sind die Zahnreihen in Schlitzen verschiebbar. An der kürzesten Zahnreihe sitzt ein Griff g. Wird derselbe in Richtung des Pfeiles verschoben, so werden nacheinander durch Mitnehmerstifte h die folgenden Zahnreihen mitgenommen..."

Das Patentdatum spricht zunächst dafür, dass Hamann die Staffelplatte im Zuge der Verbesserungsarbeit an der "Mercedes" erfand, also um 1907/1908. Ohne hier auf patentrechtliche Einzelheiten einzugehen, die die zeitliche Einordnung etwas erschweren (ausführlich Hashagen (7)), lässt sich aus rein technisch-historischer Sicht eine andere Folgerung ziehen. Die verstellbare Staffelscheibe der "Mercedes" ist eine Weiterentwicklung der "Gauss", die Staffelplatte steht jedoch damit nicht in Zusammenhang. Ihre Form weist in eine andere Richtung, nämlich die *lineare* Verschiebung des Schaltelements. Und damit ist es wahrscheinlich, dass Hamann die Staffelplatte der "Gauss" vor dem Proportionalhebel entwickelte, mit dem er die Staffelwalzentechnik endgültig überholte. Das ergibt für die "Gauss 4" ein Entstehungsjahr vor 1906, als Hamann den Proportionalhebel patentieren ließ.

Doch sehe ich eine Verbindung zwischen der "Gauss 4" und der "Euklid". Das Schaltelement der "Gauss 4" bewegte sich bereits waagrecht, es war "nur" noch ein Gedankensprung nötig. Hamann teilte die Zahnreihen und die Verstellbarkeit des Schaltelements *waagrecht* statt senkrecht auf: Das Proportionalhebelprinzip war erfunden. Der konstruktive Vorteil lag auf der Hand: die Mechanik wurde einfacher, robuster und bedienungsfreundlicher.

Die Entscheidung für das Proportionalhebelprinzip bedeutete vermutlich das Ende für die Entwicklung der "Gauss 4". Die "Mercedes" wurde noch einige Jahre gebaut, bis die "Euklid" ab 1910 in Serie ging.

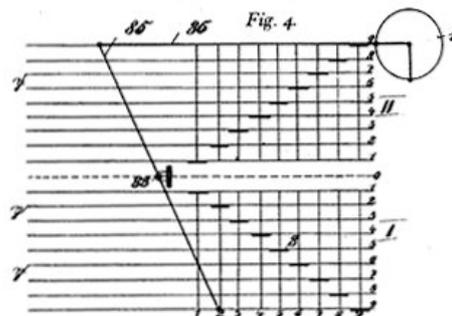


Abb. 5 Zum Vergleich: Skizze des Proportionalhebels und der waagrecht laufenden Zahnstangen, aus Hamanns Patentschrift zur "Euklid" (2).

Man vergleiche Abb. 4 und 5, um den Entwicklungsschritt nachvollziehen. Mit der 90°-Drehung war es auch möglich, die jetzt waagrecht laufenden Zahnreihen unter allen Einstellachsen *gleichzeitig* und nicht mehr



nacheinander vorbei zu bewegen. Das bedeutete einen kürzeren Gesamtschaltweg sowie eine reduzierte Schwungmasse.⁵ Und die Kurbel der "Euklid" unterscheidet sich im "Gefühl" kaum von klassischen Staffelwalzenmaschinen.

Noch einige technische Argumente, die für eine eher frühe Entstehung der "Gauss 4" sprechen:

1) Die verstellbare Staffelscheibe der "Mercedes" von 1908 ist einfacher konstruiert und besser umzuschalten als die Staffelplatte. Sie hätte, in Rechteckform gebracht, auch in die "Gauss 4" gepasst und einige Konstruktionsprobleme vermieden. Also hat Hamann wahrscheinlich zuerst die verschiebbaren Zahnreihen der Staffelplatte (samt "Gauss 4") entwickelt und erst danach die verbesserte Form, die in der "Mercedes" erscheint.

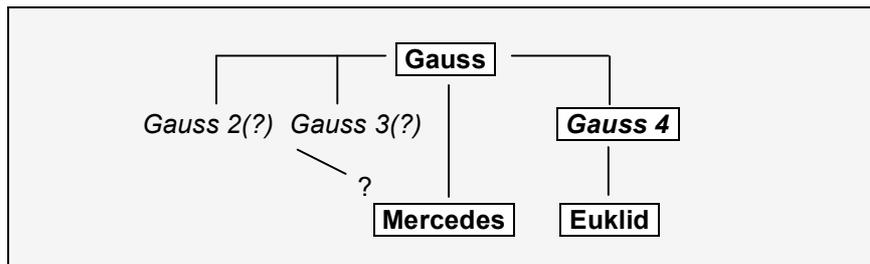
2) Dreht man versehentlich zu oft oder gibt es einen Divisionsüberlauf, müssen diese Drehungen in beiden Zählwerken korrigiert werden. Bei der "Gauss 4" erfolgt dies durch Umstellung des "Add.-Sub."-Schiebers und negative Kurbeldrehung. In der "Mercedes" wurde das technisch besser gelöst, da die Drehrichtung nicht geändert werden muss - die Linksdrehung ist ohnehin gesperrt. Auch diese Weiterentwicklung ist ein Hinweis auf die spätere Entstehung der "Mercedes".

Beides bedeutet, dass die Absicherung des Anspruchs in der Patentschrift von 1908 eher nebenher - gleichsam als Sicherung einer Erfindung "in der Schublade" - erfolgte, ohne dass Hamann zu diesem Zeitpunkt noch eine Entwicklung in diese Richtung geplant hatte.



Zu diesen Überlegungen passt noch ein weiterer Hinweis: An der Maschine hing ein winziger, alter Zettel mit der Beschriftung "II. 04.04" (siehe Abb. 10). Man kann daraus das Datum "April 1904" deuten, die "II" könnte "II. Maschine dieses Typs" bedeuten. Bedauerlicherweise gibt es auf weitere Prototypen ("2" und "3") keine Hinweise.

Zum Schluss ein kleines, zusammenfassendes Schaubild der vermuteten Entwicklungslinien:



- Serienmodell
- Prototypen
- Serienmodelle

Abb. 6

Ich sehe die "Euklid" also insgesamt als Folgemodell der "Gauss 4" an - vielleicht weniger als unmittelbare, technische Weiterentwicklung, sondern eher als Ausgangspunkt, als Zündung einer Idee. Wenn auch das Proportionalhebelprinzip auf den ersten Blick als etwas völlig Neues erscheint (vgl. Martin (15), S. 165), letztlich ist darin ein Abkömmling der hin und her schwingenden Staffelplatte verborgen, der, jetzt quer in Zahnstangen aufgeteilt, auf dem "Hinweg" addiert und auf dem "Rückweg" den Zehnerübertrag einrechnet.

Eine Bewertung

⁵ Auch hierzu ist auf der CD-ROM ein kleines Video beigelegt.



Der Vorzug des Restaurators ist, eine Maschine sehr genau untersuchen und testen zu können, bevor sie fast unerreichbar in der Museumsvitrine landet. Deshalb sollte zu seinen Pflichten neben der reinen Dokumentation auch eine Bewertung der Handhabung und der technischen Besonderheiten zählen.

Der wichtigste Unterschied zu den zeitgenössischen Staffelwalzenmaschinen ist das eine, zentrale Schaltelement, die Staffelplatte. Sie ersetzt die gewohnten, stationären Staffelwalzen, bedeutet Materialersparnis und erlaubt kompaktere Maße der Maschine. Sie muss jedoch die Arbeit für alle Stellen übernehmen und sich - anders als bei der runden "Gauss" - ruckartig hin- und herbewegen, vergleichbar mit der Bewegung eines Kolbens. Bei jeder Kurbeldrehung legt die Staffelplatte einen Weg von 32,5 cm zurück. Beansprucht man eine Übersetzung von nur 1:1, dann müsste die Kurbel für den gleichen Weg 9,5 cm lang sein. Üblich, bei Staffelwalzen- und Sprossenradmaschinen war jedoch, dass der Kurbelweg länger war, meist etwa eineinhalbfach bis doppelt so lang wie der Weg des Schaltelements. Da die Kurbel der "Gauss 4" also eine gewisse Länge braucht und sie andererseits den Schlitten nicht behindern sollte, ist es gut möglich, dass die Nullstellung der Originalkurbel *unten* war.⁶

Neben dem Material- und Raumvorteil zeigen sich auch Nachteile gegenüber den Staffelwalzenmaschinen. Die Schwungmasse ist größer, bewegt sich schneller und verursacht mehr Geräusche. Die Art der Konstruktion bedeutet *höheren* und - bedingt durch die kolbenartige Bewegung - *ungleichmäßigen* Kraftaufwand. Die Kurbel stoppt bei schnellem Drehen nicht zuverlässig in der Nut für ihre Nullstellung, sondern überschleudert leicht. Wegen der hohen Geschwindigkeit der Schwungmasse ist höherer Verschleiß zu erwarten, auch dies ist als Nachteil zu verbuchen.

Schließlich sei noch erwähnt, dass die Staffelplatte nicht nur verschleißanfällig erscheint, sondern sich ohne Abdeckung oder anderen Schutz im Inneren bewegt. Die Rillen könnten sich im normalen Betrieb bald mit Staub zusetzen, und die Säuberung der Zahnreihen ließe sich nur nach dem Zerlegen der Mechanik erledigen.

Obwohl die "Gauss 4" nicht ganz fertig gestellt wurde, ist sie kein reines Versuchsmodell. Dafür sind Gussformen und Feinmechanik in Design und Funktion zu fortgeschritten. Letztlich erscheint das Konzept jedoch nur bedingt für eine Serienproduktion geeignet, allein deshalb, weil geübte Benutzer das vergleichsweise unangenehme "Gefühl" beim Kurbeln kritisieren würden. Die Problemstellen, die in Teil 2 beschrieben werden, wären entwicklungs-technisch auszugleichen gewesen, nicht jedoch die etwas schwergängige und "unruhige" Kurbel. Auch die Umstellung von Addition zu Subtraktion ist eher umständlich, es gibt keinen "digitalen" Schalter dafür, sondern einen langen Schieberweg.

Das wichtigste Ergebnis der Restaurierung: Die "Gauss 4" funktioniert und rechnet korrekt. Sie ist ein dreifacher Hinsicht einmalig: Sie ist das Unikat (Prototyp) eines Modells, die einzige bekannte Rechenmaschine, die mit einer linear verschiebbaren Staffelplatte arbeitet und dazu die einzige erhaltene Rechenmaschine, die unmittelbar aus der genialen Hand von Christel Hamann stammt. Darüber hinaus stellt sie meiner Ansicht nach den Vorläufer der "Euklid" dar, möglicherweise ist sie sogar jenes Modell, das in der Literatur als Prototyp der "Euklid" genannt wird (Petzold, zit. n. Anthes (8)).

Ein Detailfoto, das die manuelle Fertigung und Anpassung jedes Teils beispielhaft dokumentiert. Es handelt sich um das - von vorn gesehen - linke Zahnrad innerhalb der Kette der Umdrehungszählmechanik.

Man sieht am Zahnrad noch die Markierungen der Winkelschablone für das Ausfräsen der Zähne, und an den Zähnen selbst den abschließenden, sorgfältigen Feinschliff. Die Bohrlöcher der anhängenden Befestigungsplatte sind noch oval, damit bei der Montage justiert werden kann - dies war auch an anderen Stellen beobachtbar. Wer auch nur ein Zahnrad von Hand gefertigt hat, kann einschätzen, wie viel Arbeit in einer vollständigen und völlig neuen Rechenmaschine steckt.



⁶ Über die Länge der verloren gegangenen Originalkurbel gibt es keinen Hinweis. Herr Eiselt vom Museum Zella-Mehlis fertigte eine neue Kurbel, auf meine Bitte hin mit 6,5 cm Länge, dies ist 1 cm länger als die Kurbel einer "Euklid". Bei dieser Länge beginnt - das ergaben Versuche - eine annehmbare Handhabung. Im Original war vermutlich eine Steckkurbel montiert, auch die neue Kurbel ist nur aufgesteckt und kann so um 180° gewendet werden.



Teil 2 - Restaurierung und weitere Hinweise zur Mechanik

Bestandsaufnahme November 2007

Die Abb. 7 zeigt die Maschine so, wie sie im Archiv in Zella-Mehlis erhalten geblieben war. Auf den ersten Blick vermutet man eine klassische Staffelwalzenmaschine. Oben der bekannte Schlitten mit Löschschiebern und Rändelmuttern für das Resultatwerks. Unten rechts die Kurbelachse, in der Mitte sieben Einstellschieber, links daneben die "Add.-Sub." - Einstellung. Eine Beschriftung für die Bedienung fehlte.



Abb. 7

Jeder Bedienungsversuch scheiterte, die Maschine war vollständig blockiert. Von der Unterseite her zeigte sich der Blick auf eine unbekannte Mechanik, die stark verschmutzt oder korrodiert erschien.



Abb. 8: Die Unterseite im Originalzustand

Der teilweise extrem feste Sitz der Gehäuseschrauben ließ darauf schließen, dass die Maschine seit der Einlagerung nicht mehr geöffnet worden war. Nach Abnahme der Deckplatte und des Schlittens bot sich das vermutete Bild. Man hatte die gesamte Maschine gründlich mit harzhaltigem Öl besprüht oder sogar in ein Ölbad getaucht. Die Folge war eine braune, zähe bis feste Schicht, die alle Teile, auch die Gehäuseaußenseiten, bedeckte. Die gesamte Mechanik war vollständig verklebt und blockiert. Das erklärt auch die auffallende, einheitliche "Farbgebung" der Maschine. Kaum ein Einzelteil war nicht verklebt, manches ließ sich zwar zäh verstellen oder verschieben, jedoch oft an der Grenze der Materialbeschädigung.

Es folgen einige Aufnahmen, die nach dem Öffnen gemacht wurden.

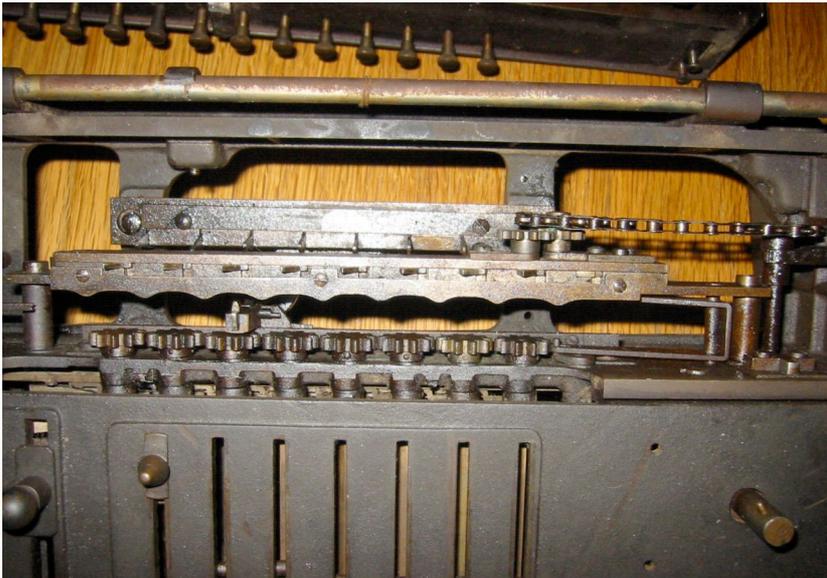


Abb. 9: Die Mechanik der Zählwerke und des Zehnerübertrags unterhalb des Schlittens



Abb. 10: Wie Abbildung 9, Aufnahme von hinten. Mitte links die völlig verhärtete Kette für das Umdrehungszählwerk.

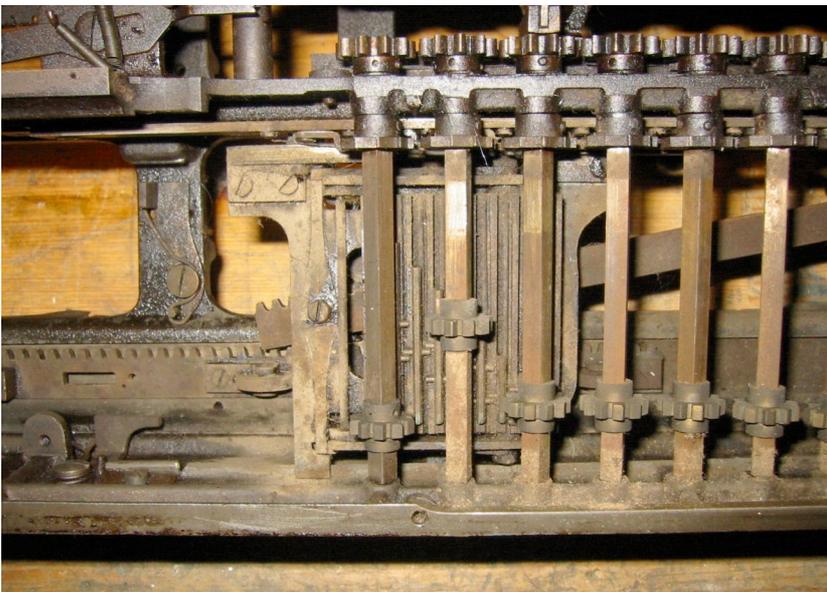


Abb. 11: Die Einstellwellen und die Staffelplatte



Abb. 12: Wie Abb. 11

Oben: Einige Vierkant-Einstellwellen von vorne. Die beiden rechten Zahnräder wurden in falscher Stellung montiert.

Anfangs war nicht einmal die Art des jeweils verwendeten Metalls zu erkennen. Auch zu vielen Funktionen gab es zuerst nur Vermutungen, zum Beispiel zum Zehnerübertrag oder zur Neunerkomplementmechanik. Ich fand verbogene Teile, einige Spiralfedern ohne Aufhängung, frei endende Hebelarme, falsch montierte Einstellzahnräder und dergleichen mehr - Merkmale, die darauf hinwiesen, dass die "Gauss 4" zum Schluss nicht funktionsfähig war.

Restaurierung

Die Totalblockade war nicht mechanisch, sondern durch die Verharzung bedingt. Ich habe die "Gauss 4" vollständig zerlegt. Die Harzschicht wurde mit speziellen Lösungsmitteln und mechanisch entfernt. Unter dem Harz fand sich auf allen Eisenteilen unterschiedlicher starker Rostbefall, der mechanisch entfernt wurde.⁷

Ich vermute, dass der Rostansatz jemanden zur "Konservierung" mit Öl veranlasste. So aufwändig die Harzentfernung auch war, diese Behandlung hat das Weiterrosten jedenfalls gestoppt.

Viele Funktionen erschlossen sich beim Zusammenbau der gereinigten Maschine, jetzt konnten auch Reparaturen erfolgen. Es wurde deutlich, dass die Arbeit an der Maschine in einem bestimmten Stadium aufgegeben wurde. Das Rechenwerk war grundsätzlich funktionstüchtig, es gab jedoch mehr oder weniger aufwändige Justierungen. Die Mechanik des "Add.-Sub."-Schieber war jedoch defekt und falsch angepasst und musste mit Eingriffen in die Substanz repariert werden (Einpassen von Führungsstiften anstelle gebrochener Schienen).

Es fehlt ein wichtiger Bauteil für die Überlaufglocke, die wiederum mit dem "Add.-Sub."-Schieber verbunden war. Die Mechanik ist in diesem Bereich eher filigran und scheint nicht "zu Ende" konstruiert, ebenso wie die Rasterung der Einstellschieber sehr vorläufig wirkt.

Einzelne Reparaturen:

1. Korrektur der Lagerung der unteren Führungsschiene der Staffelplatte
2. Korrektur der Überschleuderungssperren im Schlitten
3. Reparatur eines Lagers der Staffelplattenmechanik
4. Korrektur des linken Anschlagpunkts der Staffelplatte
5. Ersatz diverser fehlender bzw. ausgeleierter Spiralfedern
6. Korrektur der Position und der Zahnlänge einiger Einstellzahnräder
7. Anpassen einer neuen Steckkurbel
8. Anpassen einer neuen Befestigung des Schlittens an der Gleitstange

⁷ Zu den Außenflächen: Es ließ sich nicht mehr feststellen, ob die Außenflächen ursprünglich als Roheisen belassen oder brüniert waren. Rohes Gussreisen ist sehr rostanfällig, deshalb habe ich zur Konservierung eine dünne Schicht dunkelgrauen Rostschutzmittels aufgebracht. Die außen geschliffenen Flächen erhielten durch Beize eine graue, schützende Patina.



9. Korrektur der Auflageposition des Schlittens auf dem Sockel, einschließlich Korrektur am Schlittengehäuse.
10. Reparatur und Anpassung des "Add.-Sub." - Schiebers (Abb. 22)
11. Sicherungsscheibe an Einstellschieber durch Ringverdrahtung ersetzt
12. Korrektur eines verkanteten Übertragstifts (Abb. 16)
13. Anpassungen verbogener und verstellter Funktionen an diversen Stellen.

Ergänzendes zum Rechenwerk

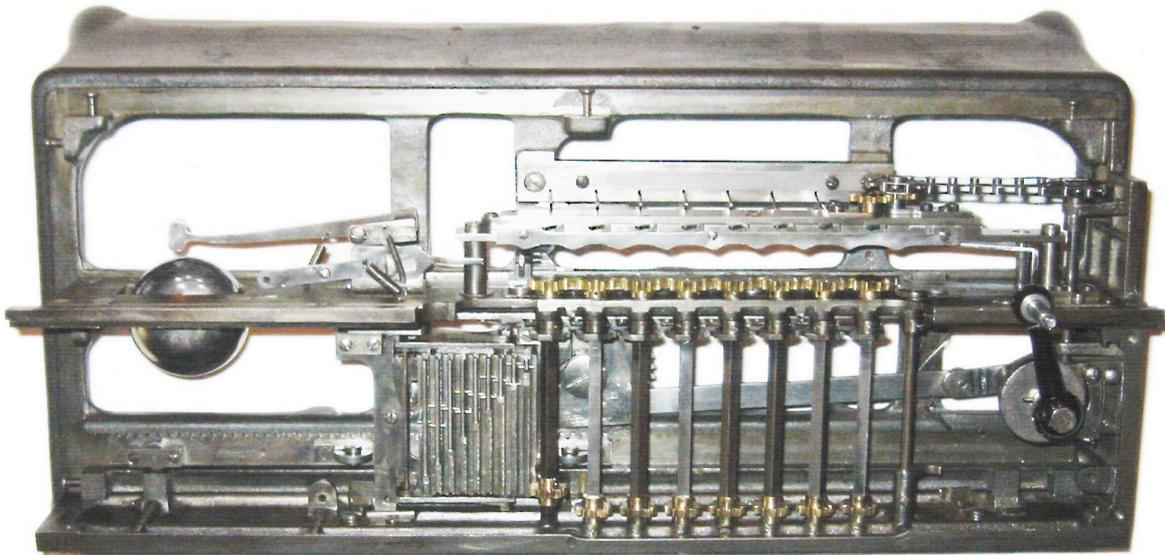


Abb. 13 Nochmals das Rechenwerk der "Gauss 4", ohne Schlitten. Man beachte, mit wie wenigen Teilen die Mechanik auskommt.

Zur Abb. 13

Von der Staffelwalzentechnik ist die Zweiteilung des Gehäuses in Rechenwerk (bei der "Gauss 4" unten) und Zählwerke (oben) bekannt, beides getrennt durch einen mittleren Träger. Unten ist die Staffelplatte zu sehen. An deren rechtem Rand die erste Einstellungswelle, mit auf Position "0" *feststehendem* Einstellzahnrad. Diese Welle wird nicht von einem Schieber bedient. Sie wird zwangsläufig bei Subtraktionsaufgaben angesprochen (Addition von "9" als Komplement der "0"). Danach folgen 7 Einstellwellen mit verschiebbaren Zahnrädern. Ganz rechts ist jene Welle (bei der Euklid "Vorbereitungswelle" genannt), die per Zehnerübertrag auf die Einerstelle die bei Neunerkomplementrechnungen erforderliche "1" addiert (mehr dazu bei Abb. 15).

Rechts die noch provisorische Kurbel. Deren Drehung wird über ein Gelenk, eine Zahnstange und eine Zahnradübersetzung an die Staffelplatte übertragen. Oberhalb der Einstellwellen befindet sich die spezielle Zehnerübertragsmechanik. Oben rechts der Kettenantrieb des Umdrehungszählwerks, das keinen Übertrag aufweist.

Zur Mechanik der Staffelplatte

In der Ausgangsposition (Abb. 13 / 14) befindet sich die Staffelplatte links vom Einstellungsbereich der Schieber. In dieser Position ist die Platte um etwa 4 mm hochgestellt (Pfeil in Abb. 14). Nur in dieser Position der Platte lässt sich der "Add.-Sub." - Schieber verstellen.

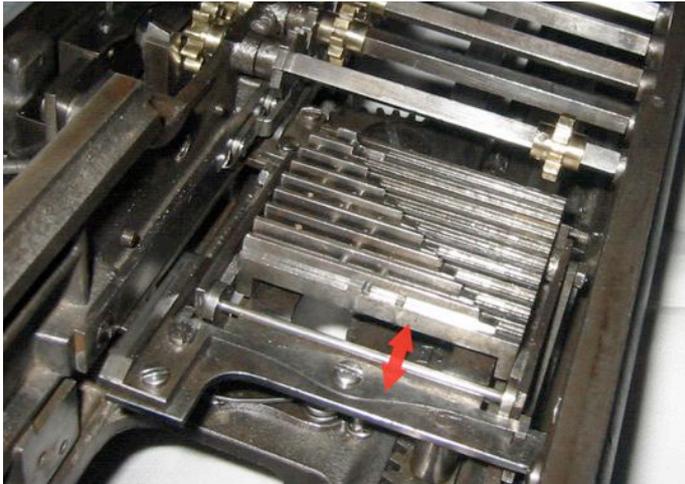


Abb. 14: Ausgangsposition vor der Kurbeldrehung, eingestellt auf Addition.⁸

Wird die hochgestellte Staffelplatte durch die erste halbe Kurbeldrehung nach rechts durchgezogen, greift sie in die positionierten Einstellzahnäder und addiert die Ziffer zur entsprechenden Stelle des Resultatwerks. Rechts angekommen (Abb. 15) stößt die Platte gegen einen Anschlag, der sie absenkt. Bei Subtraktion sind die Zahnreihen vertikal gespiegelt angeordnet. Kurz vor der Absenkung der Platte heben die Zähne den Hebel (Pfeil) der Vorbereitungswelle an - es wird der Übertrag auf die Einerstelle "vorbereitet", der für die notwendige, zusätzliche "1" bei Subtraktion sorgt. Bei Addition wird - wie in Abb. 15 ersichtlich - der Hebel nicht berührt.

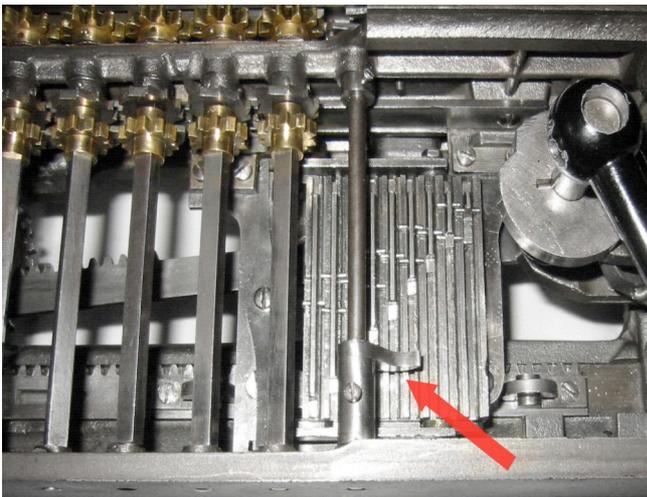
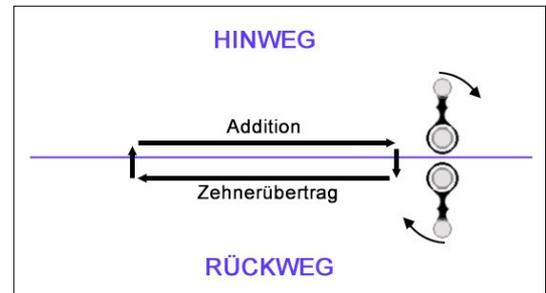


Abb. 15: Die Staffelplatte befindet sich in der rechten Endposition.

Auf dem Rückweg nach links berührt die jetzt abgesenkte Platte die Einstellzahnäder nicht, doch werden jetzt die gespeicherten Zehnerüberträge abgearbeitet. Das geschieht direkt im Resultatwerk, siehe nächste Abbildung.



Ein Teil des Hebemechanismus der Staffelplatte - aufgenommen beim Ausbau. Man erkennt die Rollenlagerung der Platte. Durch Anschläge bei den Wendepunkten der Platte - bei den jeweiligen Pfeilen - wird die Platte gehoben bzw. gesenkt.



Der Weg der Staffelplatte. Hinweg bei erster Hälfte der Kurbeldrehung: Hochgestellt und Addition. Rückweg: abgesenkt und Einrechnen des Zehnerübertrags

⁸ Hier sieht man, dass das feste Einstellzahnrad der linken äußeren Welle bei der Addition auf Position der "0" steht, also außerhalb der Zahnreihen liegt und keine Funktion hat.



Zehnerübertrag

Abb. 16 zeigt die Übertragmechanik (Speicher) von oben und hinten. Sie ist in einem quer verlaufenden Riegel untergebracht, an dem oben flache, spitze Stifte herauschauen.

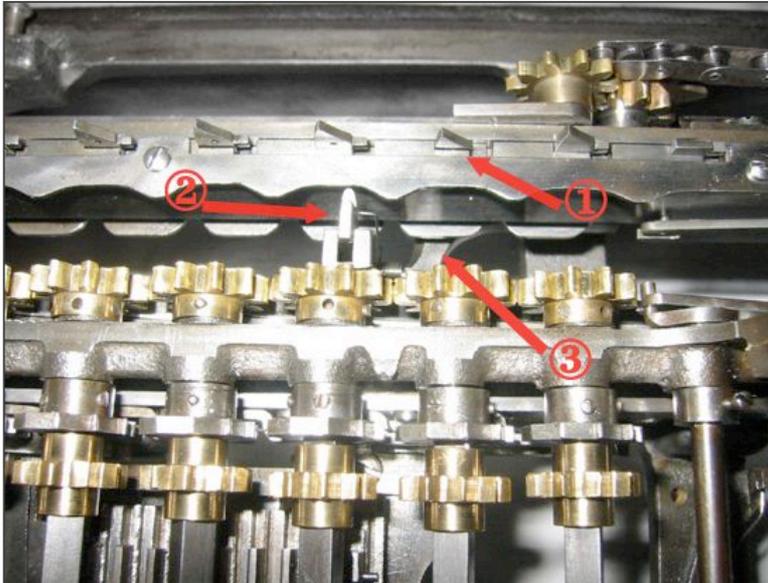
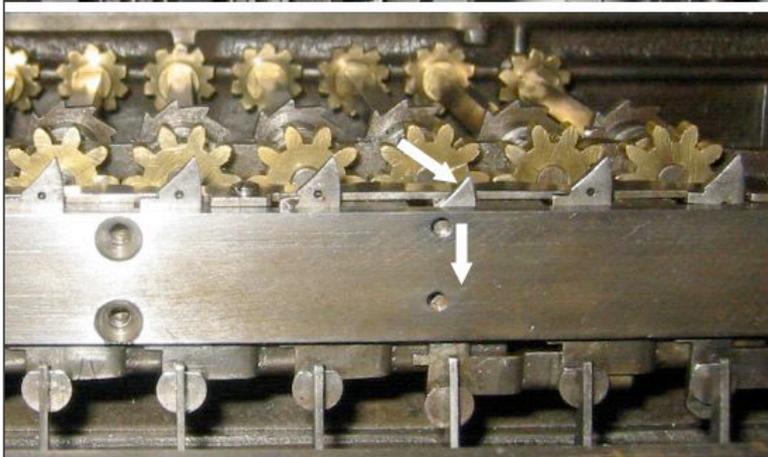


Abb. 16. Beim "Rückweg" der Staffelpatte, Einrechnen des Zehnerübertrags

Blick von oben



Blick von hinten auf den Übertragspeicher. Die Stiftabsenkung wird unterhalb des Riegels von der Staffelpatte erfasst und veranlasst den Zehnerübertrag.

Blick von oben:

Gab es beim "Hinweg" der Staffelpatte einen Übergang von "9" auf "0" im Resultatwerk, wurde ein Stift des Übertragsspeichers durch den Einzahn des Ziffernrads abgesenkt (Pfeil ①). Die Speicherung der Überträge wird jetzt, beim "Rückweg" der Staffelpatte, abgegriffen. Eine unterhalb verlaufende Führung (Pfeil ③, hier nur knapp in der Durchsicht erkennbar) hebt dabei den Stift ② nach hinten. Dieser Stift greift in ein nur für den Übertrag vorgesehenes Ziffernrad des Resultatwerks und addiert eine "1" auf der nächsten Stelle. Führt das zu einem erneuten Zehnerübertrag, so wird dieser unmittelbar danach vollzogen, da ja die Mechanik nun von rechts nach links arbeitet.

Blick von hinten:

Im Vordergrund der Zehnerübertragsspeicher. Es gab einen Übertrag auf einer Stelle, der entsprechende Stift wurde beim Hinweg der Platte abgesenkt. Die weißen Pfeile zeigen den dafür notwendigen Kraftübertrag: Der Einzahn des darüber rotierenden Ziffernrads drückt den Stift nach rechts unten. Der Druck auf den Stift wird vom Gewicht des Schlittens gehalten; die Absenkung des Stifts bis zur tieferen Rasterstellung beträgt knapp 2 mm. Der Stift kann sich nur senkrecht bewegen, also erfolgt hier eine Umlenkung, die eine ähnliche Reibung in Kauf nehmen muss wie die Sprosse eines Sprossenrads. Mehr dazu im Abschnitt "Problemgebiete".

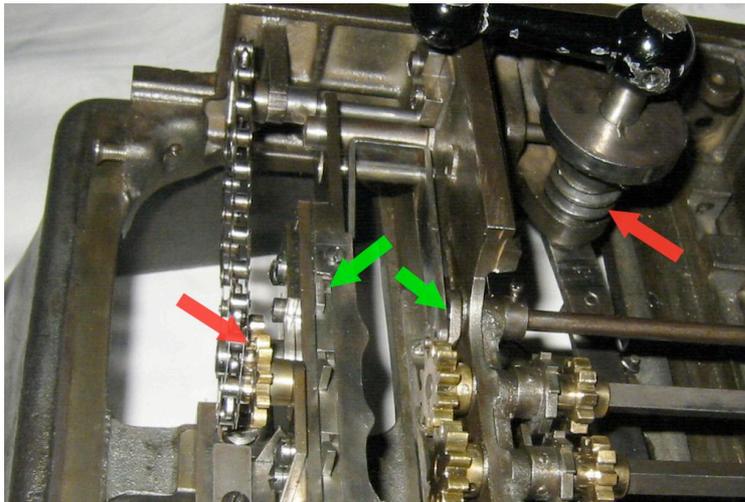


Abb. 17: Der Übertrag auf die Einerstelle durch die Vorbereitungswelle (grüne Pfeile) und der Schneckenantrieb des Umdrehungszählwerks (rote Pfeile).

Die grünen Pfeile in Abb. 17 zeigen auf den hinteren Wirkungsbereich der Vorbereitungswelle. Ab dem rechten grünen Pfeil wird die Wellendrehung über einen Bügel auf die erste Stelle des Übertragsspeichers übergeben (linker grüner Pfeil). Siehe auch Abb. 16 oben, dort ist ganz rechts das Ende der Vorbereitungswelle zu sehen, darüber der Bügel und der Übergang zum Übertragsspeicher.

Schlitten und Zählwerke

Die roten Pfeile in Abb. 17 zeigen den Weg der "analogen" Umdrehungszählung. Er beginnt mit einem Schneckenantrieb an der Kurbelachse (rechts), führt dann über eine Stange zu einer Kette und schließlich zum Zählrad (linker roter Pfeil). Der Schneckenantrieb wurde wahrscheinlich gewählt, weil die Richtungsumkehr damit unproblematisch ist. Umdrehungskorrekturen werden bei der "Gauss 4" ja mit gegenläufiger Kurbeldrehung vollzogen, was auch eine gegenläufige Zählung im Umdrehungszählwerk erzielen muss.⁹ Es gibt keinen mechanischen Anhaltspunkt für eine geplante Zehnerübertragslösung, obwohl die zehnzahnige Ausführung in diese Richtung weist.¹⁰

Die Löschung der klassischen Thomas-Maschinen hakelte bisweilen, was hier und da kritisiert wurde (13). Hamann hat aus der runden "Gauss die reibungsärmere Löschtechnik (per Zahnrad und Zahnstange) übernommen - an dieser Stelle nicht Kosten sparend. Im Schlitten sind 84 Messingzahnäder zu finden sowie Überschleuderungssperren für beide Zählwerke.

Die Anordnung der Zählwerke erlaubt es, den Abstand der Ziffern im Vergleich zu den klassischen Staffelwalzenmaschinen zu halbieren, das erbringt einen deutlichen Vorteil in der Ablesung - ein Vorteil, der sich in der "Euklid" fortsetzt.



Abb. 18 der Schlittenunterseite: Resultat- (unten) und Umdrehungszählwerksstellen (oben) besitzen jeweils eine gemeinsame Welle. Resultatwerk (Pfeile): Die Zahnäder in Höhe des unteren Pfeils sind an die Einstellwellen des Rechenwerks gekoppelt. An die Zahnradreihe darüber (oberer Pfeil) wird der Zehnerübertrag übergeben (vgl. Abb. 16, oben).

⁹ Der Vorgang entspricht übrigens dem bei Sprossenradmaschinen, wobei die zu der damaligen Zeit angewandte Methode über Exzenterscheiben nur schwer auf die "Gauss 4" übertragen wäre.

¹⁰ Auch bei den Sprossenradmaschinen wurde diese Technik gerade entwickelt (z.B. bei Triumphator, Patent 1906)



Im Bereich des Schlittens waren keine Reparaturen notwendig, lediglich Justierungen. Es fehlten jedoch zwei Ziffernkränze des Resultatwerks, ich habe dafür (erkennbaren) Ersatz angefertigt. Ein weiteres Ziffernrad war unvollständig und wurde ergänzt. In Abb. 18 fehlt noch die Beschriftung.

Einstellungen und Überlaufglocke

Im Bereich der Einstellungen und der Überlaufglocke fanden sich die deutlichsten Zeichen, dass die Entwicklungsarbeit abgebrochen wurde: Es fehlen Teile, andere sind offensichtlich als eher provisorisch zu werten, Defekte wurden nicht repariert. Das Gleiche gilt übrigens für die Drehrichtungssperre der Kurbel, hier gibt es Reste einer wieder ausgebauten, vermutlich nur getesteten Lösung, die unvollständige Kurbeldrehungen verhindern sollte.

Die Überlaufglocke funktioniert nicht, da der zuführende Mechanismus ausgebaut wurde (siehe nächster Abschnitt). Die Mechanik war ursprünglich mit dem "Add.-Sub." - Schieber verbunden, da die Glocke beim Subtrahieren an anderer Stelle eine Zehnerwarnung auslösen muss als beim Addieren (3). In der "Gauss 4" bleibt die Glocke völlig stumm.

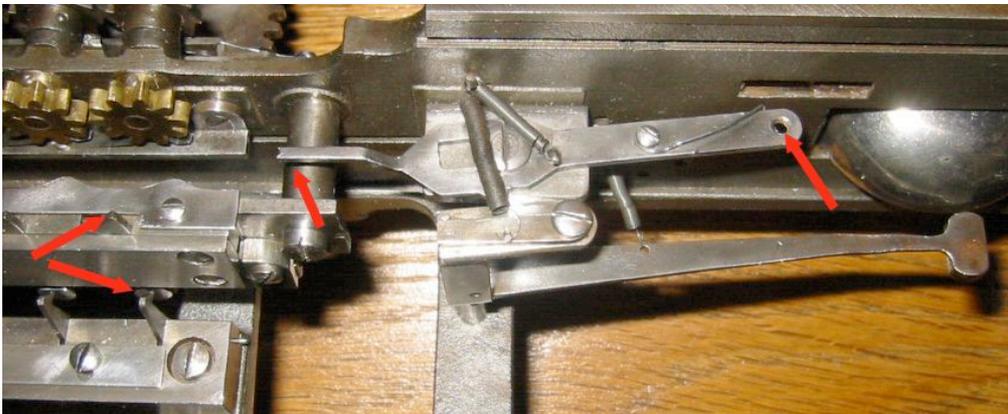


Abb. 19. Blick von hinten auf den Übertragsspeicher links und die Glocke. Rechter Pfeil: An dieser Stelle war die Glockenmechanik mit dem "Add.-Sub."-Schieber verbunden. Pfeil Mitte links: In die kleine Kerbe am Hebelende griff ein Schieber oder Hebel ein, der von der Übertragsmechanik (linke Pfeile) ausging. Unterhalb dieses Bereiches sind einige Gewindebohrungen zu finden, die eine solche Mechanik getragen haben könnten.

Problembereiche

Die "Gauss 4" arbeitet nach der Restaurierung wieder korrekt, dennoch gibt es einige kritische Stellen und zu beachtende Vorsichtsmaßnahmen.

1) Die Löschmechanik kann sich mit der Zeit minimal verstellen kann, vor allem bei schneller (der Alltags-Rechenpraxis entsprechender) Bedienung. Abb. 20 zeigt einen Schwachpunkt der Mechanik. Die Verschraubung an der bezeichneten Stelle ist nicht stabil (keine Senkschrauben, keine Stiftsicherung, ovale Bohrlöcher). Versagt einmal die Löschung, ist die Ursache zuerst hier zu suchen. Die

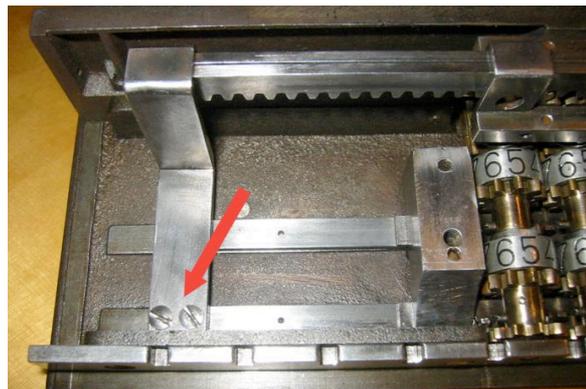


Abb. 20: Bei hochgeklapptem Schlitten: Etwa ein Zehntelmillimeter Spiel genügt für eine Winkelverstellung, die die Löschung (obere Zahnstange) blockieren kann.



Schrauben sind jetzt maximal angezogen, und eine eher sanfte Bedienung der Löschung - nur bei angehobenem Schlitten!" - sollte das Verstellen vermeiden können.¹¹

2) Der Zehnerübertrag ist anfällig. Hakelt oder klemmt ein Speicherstift (Abb. 16, unten) nur leicht, kann der Ein Zahn des Ziffernrads über den Stift hinweg gleiten, statt ihn in seine untere Rasterung zu drücken, dabei wird den Schlitten ganz leicht angehoben. Die Folge ist natürlich ein falsches Resultat. Die Stifte werden bei korrekter Einrastung um 2 mm abgesenkt (s. Abb. 16), tatsächlich genügt das Anheben des Schlittens um ca. 1 mm, um den Rasterpunkt zu verfehlen.

Auch damals wurde dieser Schwachpunkt bemerkt. Ich vermute, dass das zwei Folgen hatte: Zunächst sicherte man den Schlitten gegen das Anheben durch die Mechanik (Hebel oben links) und nahm den Bedienungsnachteil in Kauf¹². Zusätzlich baute man die Mechanik für die Überlaufglocke aus. Deren Anschlag wurde durch das Absenken des letzten Stifts des Übertragsspeichers ausgelöst, und dieser Anschlag besaß wohl soviel Widerstand (siehe die Spiralfedern in Abb. 19), dass sich bisweilen eher der Schlitten anhob, als dass sich der Stift senkte.

Beide Vorsichtsmaßnahmen reichten jedoch nicht. Bei meinen Tests hakelte einer der Stifte, und der Ein Zahn glitt über den Stift hinweg, ohne ihn abzusenken. Die einzige Abhilfe ist, die Stifte des Übertragsspeichers sehr gut gleitend zu halten. Sollte einmal der Übertrag versagen, so beginnt die Diagnose beim möglichen Anheben des Schlittens.

3) Die Aufhängung des Schlittens am Korpus erscheint etwas provisorisch und unpräzise. Die Stange kann sich seitlich herausschieben, und sie ist minimal verbogen. Das bedeutet, dass der Schlitten nicht in jeder Drehstellung der Stange gleich gut gleitet. Außerdem lag der Schlitten rechts nicht völlig plan auf. Dies war eine weitere Fehlerquelle, die den Fehler unter Punkt 2) begünstigte. Dies alles habe ich nach Möglichkeit ausgeglichen, doch ist stets auf die völlig plane Auflage des Schlittens zu achten.

4) Die Einstellschieber sind, wie schon erwähnt, nicht auf Dauerbelastung ausgelegt. Die gesamte Mechanik der Rückseite erscheint wie provisorisch, aus sehr dünnem Federstahl gefertigt. Ein bereits gebrochenes Federstahlplättchen (Schieber Nr. 6) musste durch einen Drahring ersetzt werden. Auch die Einstellschieber sind also "sanft" zu behandeln.



Abb. 21 : Unterseite eines Schiebers, Maßstab etwa 1:1

¹¹ Für den Restaurator eine grenzwertige Entscheidung. Ich habe auf das Anbringen einer Stiftsicherung verzichtet, da mir die Erhaltung der historischen Substanz wichtiger erschien als die Absicherung der Funktionalität.

¹² Ca. 50 Jahre zuvor schlug sich bereits Thomas de Colmar mit diesem Problem herum. Schließlich ließ er den Schlitten automatisch verriegeln, sobald sich die Kurbel in Drehung befand.

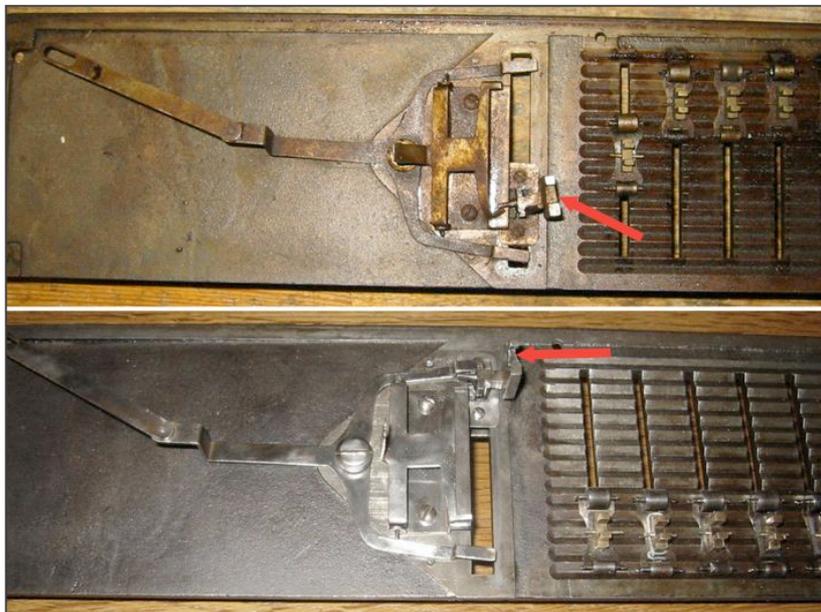


Abb. 22: Die Unterseite der Front-Deckplatte, oben nach der ersten Abnahme der Platte. Man erkennt verbogene Teile: Hier wurde das Schicksal der "Gauss 4" endgültig besiegelt, denn danach ging nichts mehr. Unten nach der Reparatur. Im Schieber selbst gab es abgebrochene Teile, die damals ungenügend ersetzt wurden. Links der freie Arm der Hebelmechanik, der die Überlaufglocke - je nach Addition oder Subtraktion - umstellte.

5) Abb. 22: In der Mitte beider Fotos ist der "Add.-Sub."-Schieber zu sehen, der in den Einer-Zahn der Staffelplatte greift (Pfeile) und die Zahnreihen vertikal verschiebt. Die Wirkungsweise des Schiebers und seiner Sperre ist hier nicht ohne weiteres ersichtlich, man erkennt jedoch die "Leichtbauweise". Irgendwann hatte jemand einen eher rabiaten Einstellversuch gemacht, der zum Bruch von Teilen und Verbiegungen (Foto oben) führte.

Auch nach Reparatur der Schiebermechanik war die Funktion durch falsche Passungen gestört, d.h., der Schieber griff nicht korrekt in die Staffelplatte. Dieser ganze Bereich, der im Originalzustand den größten Defekt aufwies, ist auch nach erfolgter Reparatur der anfälligste. Der Schieber ist mit Vorsicht zu bedienen (siehe Abschnitt "Bedienung", S. 4).

6) Falls einmal die Deckplatte abgenommen wurde: Sie darf **keinesfalls** wieder montiert werden, solange die Kurbel in Nullstellung (Staffelplatte ganz links) steht. Die Staffelplatte muss zuerst nach rechts verschoben werden. Versäumt man das, wird beim Verschrauben der Deckplatte die Sperre des "Add.-Sub." - Schiebers verbogen.

Danach werden die Zahnreihen der Staffelplatte manuell in diejenige Endstellung verschoben, in die auch der "Add.-Sub." - Schieber gebracht wird. Die Deckplatte kann jetzt wieder aufgesetzt werden, wobei natürlich alle Schieber korrekt auf die Einstellräder kommen müssen. Erst zum Schluss darf die Kurbel wieder in die Nullstellung!

7) Es fehlt eine Drehrichtungssperre, die beide Drehrichtungen zulässt, jedoch keine Änderung einer begonnenen Drehung erlaubt (damals bereits in der Brunsviga verwendet). Bei der "Gauss 4" kann eine Richtungsänderung zu Blockaden führen. Dabei verhakt sich die Staffelplatte in den asymmetrischen Einstellzahnradern. Kommt dies einmal vor, versucht man zunächst, die Kurbel vorsichtig in **die anfangs begonnene Richtung** zu drücken. Gelingt dies nicht, muss nach Abnahme der Deckplatte die Staffelplatte selbst mit mehr oder weniger Kraft nach rechts gedrückt werden, bis sie sich aus den jeweiligen Einstellrädern löst.



Literatur:

1. Patentschrift Nr. 194527, Christel Hamann in Friedenau b. Berlin: "Rechenmaschine mit radial angeordneten, in einer Ebene liegenden Schalt- und Zählwerksachsen, die durch ein gemeinsames Element bewegt werden." Patentierte ab 23. März 1905. ["Gauss"]
2. Patentschrift Nr. 209817, Mercedes-Bureau-Maschinen-Gesellschaft m.b.H, Berlin: "Rechenmaschine, bei welcher die Schaltwerkstelle durch eine Antriebsvorrichtung proportional den Zahlen 1 bis 9 gegeneinander verschoben werden." Patentierte ab 31. Mai 1906. ["Euklid 1"]
3. Patentschrift Nr. 210661, Ch. Hamann, Math. Mech. Institut, G.m.b.H, in Berlin: "Einrichtung an Rechenmaschinen zur Ausführung negativer Rechnungen ohne Änderung der Drehrichtung der Kurbel." Patentierte ab 11. Febr. 1908. ["Mercedes"]
4. Weiss, Stephan: "Die Rechenmaschine Gauss, Original und Modell", <http://www.mechrech.info/workmod/mgauss/MGaussMod.pdf>
5. Jacobs, Dieter und Manfred Tumma: "Von Mercedes zu Robotron", Eine Weltfirma im Wandel der Geschichte. Heinrich Jung Verlagsgesellschaft, Zella-Mehlis 2006
6. "Euklid Branchenlehrbuch 1938", Kopie der Originalausgabe, Museum in der Beschussanstalt, Zella Mehliis.
7. Hashagen, Ulf: "Die Rechenmaschine Gauss - eine gescheiterte Innovation?" in Hashagen, Ulf, Oskar Blumtritt, Helmuth Trischler (Hrsg.): "Circa 1903", Artefakte in der Gründungszeit des Deutschen Museums, München 2003, S. 371-398
8. Anthes, Erhard: "Die Mercedes Euklid 1910-1970, Wandlungen einer Rechenmaschine" http://www.ph-ludwigsburg.de/fileadmin/subsites/2e-imix-t-01/user_files/mmm/mmm_online/gruen_mercedes.htm
9. Patentschrift Nr. 117682, Paul Haack in Berlin: "Rechenmaschine mit Stufenwalze". Patentierte ab 14. 1. 1900
10. Patentschrift Nr. 703,785 (USA), Christian Hamann, of Berlin, Germany, Assignor to Paul Haack of Berlin, Germany: "Calculating Machine". Patentierte ab 1. 7. 1902
11. Anthes, Erhard und Bernhard Stickel: "Die zylindrische Rechenmaschine von A. J. Petersson", Historische Bürowelt 31, 1991
12. Anthes, Erhard: "Die zylindrischen Rechenmaschinen von Leupold bis Herzstark", Historische Bürowelt 22, 1988
13. Mayet, Paul: "Die Rechenmaschinen auf der Pariser Weltausstellung nach ihrer Verwendbarkeit im Kaiserlichen Statistischen Amt", Berlin 1900. Übertragen und bearbeitet von Stephan Weiss. <http://rechnerlexikon.de/files/Mayet.pdf>
14. Semmler, Wilhelm: "Die Rechenmaschine "Gauss" und ihr Gebrauch", Z. f. Vermessungswesen, 1/2, 1906
15. Ernst Martin: "Die Rechenmaschinen und ihre Entwicklungsgeschichte", 1. Band, Köntopp-Verlag (Reprint o.J.)