

Neue konstruktive Wege im Rechenmaschinenbau¹

Von Prof. Dr. Karl Holecek, Techn. Hochschule Wien

Einleitung

Es wird über die Konstruktion der von C. Herzstark erfundenen Universalrechenmaschine in Taschenformat berichtet. Der Bericht zeigt, wie man auch bei solchen Aufgaben, die auf den ersten Blick fast unlösbar scheinen, durch folgerichtige Anwendung feinmechanischer Konstruktionsgedanken zu überraschend guten Lösungen kommen kann, wenn man bereit ist, neue Wege zu beschreiten, also an die Aufgabe völlig unvoreingenommen heranzugehen, ohne Hergebrachtes zu kopieren.

Aufgabenstellung

Es liegt die Aufgabe vor, eine Universalrechenmaschine mit Handantrieb zu bauen, die man bequem in der Rocktasche tragen und beim Rechnen leicht in der Hand halten kann. Sie muß, um zu entsprechen, mindestens 11 Stellen im Hauptzählwerk, 6 Stellen im Umdrehungszählwerk und 8 Stellen im Einstellwerk haben.

Diese Forderung ist nicht etwa aus der Luft gegriffen, sondern von zahllosen Rechnern immer wieder gestellt worden, insbesondere von Vermessungsingenieuren, Forstleuten, Kaufleuten usw., in erster Linie also von solchen Benutzern, die fortwährend in die Lage kommen, fern von ihrem Schreibtisch rechnen zu müssen.

Soll man die Rechenmaschine ohne Ermüdungsgefahr in der Hand halten und betätigen können, dann ist als vorgegeben zu betrachten:

1. der Raum, etwa in der Größe eines Trinkglases, also ein Zylinder von 50 bis 60 mm \varnothing und 80 bis 100 mm Höhe

¹ Aus einem Vortrag des Verfassers bei der technisch-wissenschaftlichen Tagung „Feinwerktechnik“ in Braunschweig am 19./20. Oktober 1950.

und

2. das Gewicht, 250 bis 300 g.



Es ist von vornherein klar, daß man zur Erfüllung dieser Forderung nicht etwa eine der an sich bewährten Konstruktionen einfach linear verkleinern kann, sondern ganz neue Wege suchen muß. Vor allem ist eine äußerst gedrängte Konstruktion mit möglichst wenigen Bauteilen anzustreben. Die Bemessung mit Rücksicht auf das Kräfteispiel ist dabei mehr von untergeordneter Bedeutung, weil die einzelnen Teile einer so kleinen Maschine infolge der winzigen Bedienungskräfte im allgemeinen weit weniger beansprucht werden als die einer großen Maschine.

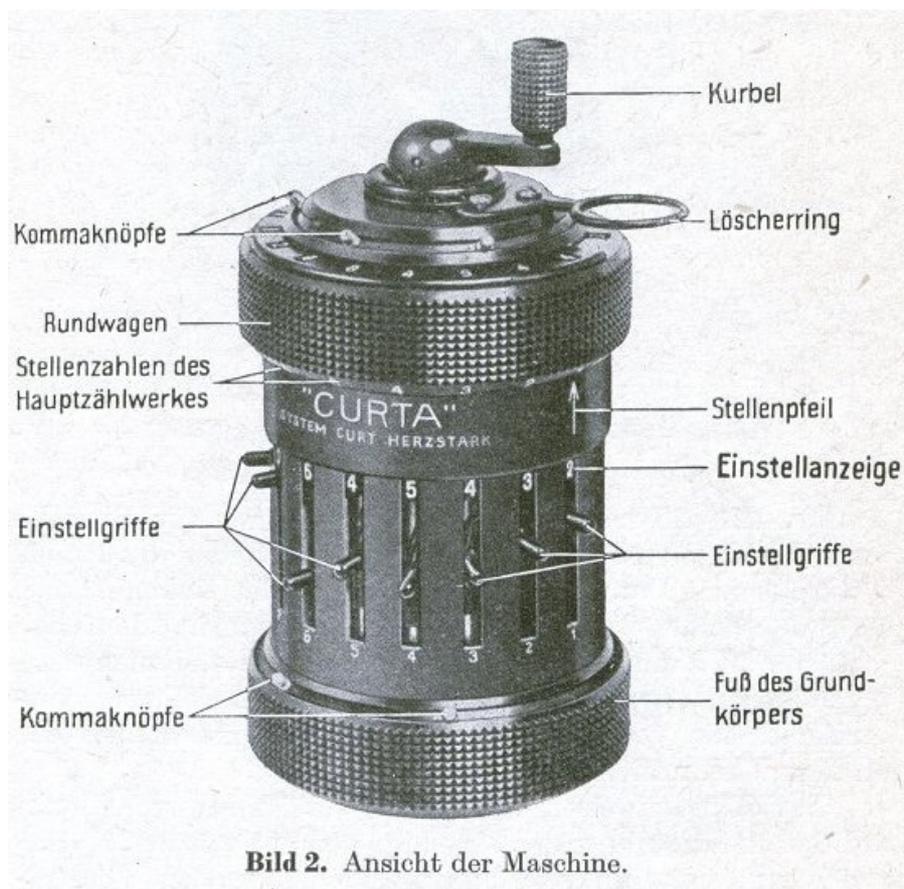


Bild 2. Ansicht der Maschine.

Der äußere Aufbau der Maschine

Nach dem gegebenen Äußeren kommt nur eine Rundbau-
maschine in Frage. Bild 1² zeigt, wie die Maschine in der
linken Hand gehalten wird und wie die Schieber des Ein-
stellwerkes, das in dem zylindrischen Grundkörper unterge-
bracht ist, zu betätigen sind. Die Griffe ragen aus einzelnen
Schlitzen des Mantels heraus³. Am oberen Ende jedes
Schlitzes erscheint die zugehörige Ziffer der Einstellan-
zeige.

In Bild 2 sind die Einzelheiten besser zu erkennen. Auf
dem Grundkörper sitzt der Wagen, der hier als Rundwagen
ausgebildet ist. Er enthält Haupt- und Umdrehungszählwerk

² Die Bilder wurden von der Fa. Contina A.G. in Mauren (Fürstentum
Liechtenstein), die die Maschine serienmäßig erzeugt, freundlicher-
weise zur Verfügung gestellt.

³ Geübte Rechner gebrauchen zum Einstellen gar nicht die rechte
Hand, sondern verschieben die Griffe einfach mit dem Daumen der
linken Hand.

ringförmig in geschlossenen Zahlenbildern angeordnet (Bild 3). Zur deutlichen Unterscheidung ist das Hauptzählwerk in einem schwarzen Sektor, das Umdrehungszählwerk in einem weißen untergebracht.

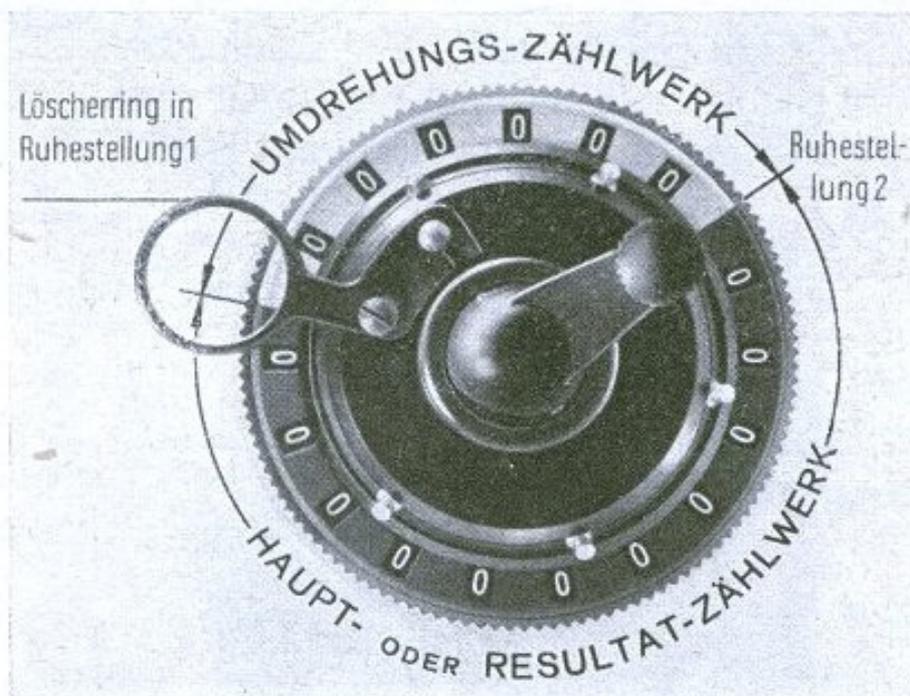


Bild 3. Draufsicht auf den Rundwagen.

Mit dem seitlich angebrachten Ring kann die obere Abschlußkappe, die Löscherkappe, in beliebigem Drehsinne gedreht und damit die Löschung der Zählwerke vorgenommen werden. Es wird immer jenes Zählwerk gelöscht, das von dem Ringhebel überstrichen wird. Dadurch ist es also möglich, jedes Zählwerk für sich, oder auch, durch eine volle Umdrehung, beide gemeinsam zu löschen. Selbstverständlich müssen dabei die Zählwerke außer Eingriff mit den Übertragungselementen gebracht werden. Das geschieht durch leichtes Anheben des Rundwagens mit Daumen und Zeigefinger der linken Hand. An den beiden Trennstellen der Zählwerke sind deutliche Rasten für den Löscherring vorgesehen. Bei nicht angehobenem Rundwagen ist die Löscheinrichtung verriegelt. Die verschiebbaren weißen Knöpfe dienen der Kommakennzeichnung.

Zur dekadensweisen Versetzung des Rundwagens kann dieser um die Achse der Maschine gedreht werden. Natür-

lich muß man ihn auch hierzu anheben, um die Übertragungselemente außer Eingriff zu bringen. Bild 4 zeigt den Vorgang bei der Dekadenversetzung. Zur Kennzeichnung der Wagenstellung dient der weiße Pfeil auf dem Grundkörper, der auf die Stellenziffern des Hauptzählwerkes weist. Die Versetzung ist, entsprechend dem 6 stelligen Umdrehungszählwerk, innerhalb von sechs Stellen möglich.

Das Übertragungswerk

1. Grundsätzliches

Als Mittel zur Übertragung der eingestellten Zahlen in das Hauptzählwerk kommt bei der äußeren Anlage der Maschine nur ein zentral angeordnetes, staffelwalzenähnliches Element in Betracht, das nacheinander sämtliche Stellen des Einstellwerkes überstreicht.

Nun ist hier einzuschalten, daß Versuche zur Konstruktion von Rundbaumaschinen mit einer einzigen Staffelwalze aus dem alten Schrifttum bekannt sind. Aber keiner dieser Versuche ist bis zu wirklich brauchbaren Modellen gediehen. Sie scheiterten hauptsächlich an der Umständlichkeit der Subtraktion.

Diese Schwierigkeit konnte umgangen werden, indem man die Subtraktion auf die Addition der Komplementzahl zurückführte.

2. Subtraktion durch Addition des Komplementes

Eine Differenz, z.B. $481 - 247 = 234$, kann auch durch Addition des „Zehnerkomplementes“ des Subtrahenden gebildet werden.

Das Zehnerkomplement einer Zahl ist ihre Ergänzung auf eine dekadische Einheit. Wählen wir als diese z.B. $10^{11} = 100000000000$, dann ergibt sich als (11 stelliges) Zehnerkomplement von 247 die Zahl $100000000000 - 247 = 99999999753$. Bildet man nun die Summe

$$\begin{array}{r} 481 \\ + 99999999753 \\ \hline 100000000234 \end{array}$$

dann erhält man, nach Abstreichen der vordersten Eins, das Resultat der obigen Subtraktion⁴.

Will man diese Art der Subtraktion auf einer Rechenmaschine ausführen, dann wählt man zweckmäßig eine solche dekadische Einheit, die ebenso viele Nullen hat, wie das Hauptzählwerk Stellen besitzt. Um die vorderste Eins braucht man sich dann gar nicht zu kümmern, da sie in der Maschine nicht mehr gebildet werden kann.

Die in den folgenden Kapiteln zu besprechenden konstruktiven Maßnahmen sind besser zu übersehen, wenn man die Darstellung mit dem sogenannten Neunerkomplement betrachtet. Dieses ist um 1 kleiner als das Zehnerkomplement; es ist also die Ergänzung auf eine nur aus Neunen bestehende Zahl. Das 11 stellige Neunerkomplement des Subtrahenden 247 ist 99 999 999 752. Die Subtraktion $481 - 247$, durch Addition des Neunerkomplementes ausgeführt, sieht dann so aus:

$$\begin{array}{r} 481 \\ + 99\,999\,999\,752 \\ \hline 1\,000\,000\,000\,234 \end{array}$$

Eine Rechenmaschine wird also selbsttätig durch Addition subtrahieren, wenn sie an jeder Stelle des Hauptzählwerkes statt der Ziffern des eingestellten Subtrahenden deren Ergänzung zu neun ins Hauptzählwerk additiv überträgt und an der niedrigsten Stelle eine Eins hinzufügt.

4

Die mathematische Begründung für dieses Verfahren ergibt sich aus der Definition des n -stelligen Zehnerkomplementes einer Zahl b

$${}^nK_{10}(b) = 10^n - b, \quad (1)$$

wobei $n \geq z_b$, wenn z_b die Stellenzahl von b ist. Für die Differenz $a - b$ erhält man daher:

$$a - b = a + {}^nK_{10}(b) - 10^n. \quad (2)$$

Wählt man stets $n \geq \max(z_a, z_b)$, dann ergibt sich:

1. Wenn $a - b \geq 0$, dann ist

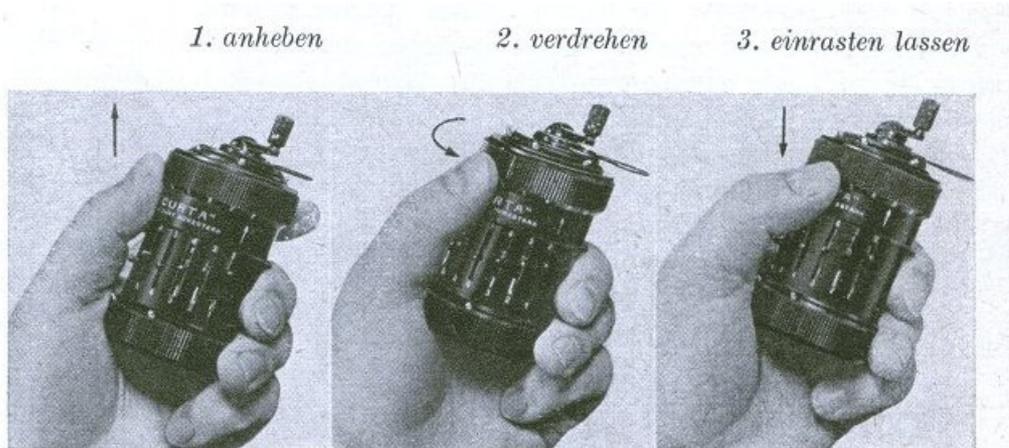
$$0 \leq a - b < 10^n.$$

Daher gilt für die Summe $a + {}^nK_{10}(b) = a + 10^n - b$ die Beziehung:

$$10^n \leq a + 10^n - b < 2 \cdot 10^n.$$

$a + {}^nK_{10}(b)$ ist daher immer eine $n + 1$ -stellige Zahl, deren vorderste Ziffer eine Eins ist.

2. Wenn $a - b < 0$, dann ist die Summe $a + {}^nK_{10}(b)$ das Zehnerkomplement von $|a - b|$, wie sich aus Formel (2) ergibt.

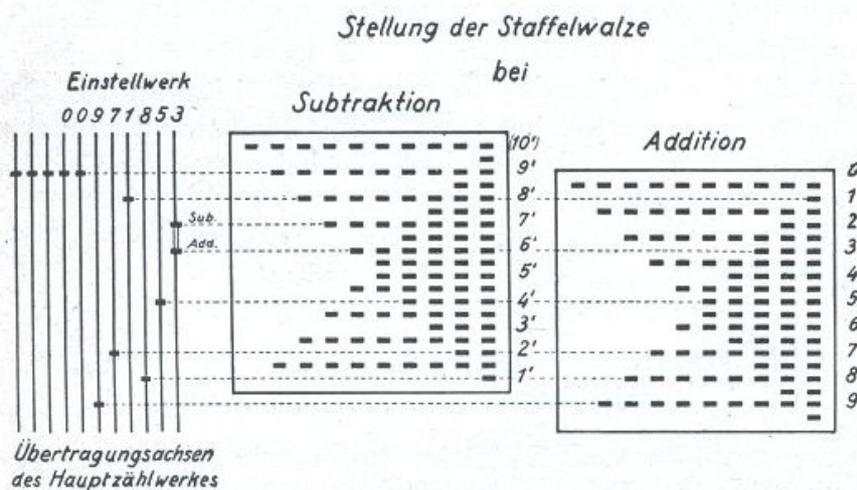
**Bild 4.**

Die Daumenbewegung bei der dekadensweise Versetzung des Rundwagens.

Das konstruktive Problem besteht nun darin, zweierlei Zahnsysteme wahlweise zur Wirkung kommen zu lassen. Bewegliche Zähne anzuordnen, kam bei der Kleinheit des zur Verfügung stehenden Raumes und auch wegen der dann zu erwartenden Unsicherheit im Betrieb nicht in Betracht. Die Lösung wurde mit einer einfachen Konstruktion gefunden, die im folgenden Abschnitt beschrieben ist.

3. Die HERZSTARKSche Komplementär-Staffelwalze

Bild 5 zeigt im Schema die Wirkungsweise dieses Übertragungselementes. Rechts ist die Abwicklung der Staffelwalze in zwei Höhenlagen eingezeichnet (die einzelnen

**Bild 5.** Wirkungsweise der Herzstarkschen Staffelwalze.

Zähne sind durch starke Striche angedeutet), ganz links nebeneinanderliegend die 11 Übertragungsachsen für das Hauptzählwerk. In der ausgeführten Maschine sind diese Achsen in einem Kreisbogen konzentrisch zur Staffelwalze angeordnet. Sie werden bei Drehung der Staffelwalze von ihr nacheinander angetrieben und übertragen ihre Bewegung über einen Winkeltrieb auf die Ziffernrollen. Die ersten acht Achsen von rechts tragen die Einstellzahnräder (in Bild 5 durch starke Querstriche dargestellt), die mit ihnen drehschlüssig verbunden sind, aber mit Hilfe der Einstellgriffe längsverschoben werden können. Die Bedeutung der übrigen drei Achsen wird später erläutert.

Die HERZSTARKSche Komplementärstaffelwalze kann als eine starre Vereinigung zweier normaler Staffelwalzen angesehen werden, von denen die eine auf den Kopf gestellt ist.

Die eine Zahngruppe, die der Addition dient, beginnt, wie bei jeder gewöhnlichen Staffelwalze, oben mit einem Zahn und endet mit neun Zähnen. Diese Zahnsegmente sind in der Abwicklung (Bild 5 rechts) mit 1 bis 9 bezeichnet. Ihr Abstand in senkrechter Richtung ist natürlich gleich dem Verschiebungsweg der Einstellzahnräder um je eine Einheit.

Die zweite Zahngruppe, die "Komplementärverzahnung" ist in die erste eingeschachtelt, und zwar so, daß einundeinhalb Segmentabstände unter jedem Segment der Normalverzahnung ein solches Segment der Komplementärverzahnung liegt, welches das erstere zu neun ergänzt. Durch diese Einrichtung kann man die eingestellte Zahl subtrahieren, indem man einfach die Staffelwalze mittels der Antriebskurbel um einundeinhalb Segmentabstände hochzieht und im gleichen Sinne wie bei der Addition dreht. Dabei wird, wie die folgende Erläuterung zeigt, selbsttätig das 11 stellige Neunerkomplement addiert und die erste Stelle um 1 erhöht.

Die Komplementärsegmente sind bei der Addition unwirksam, weil sie zwischen den möglichen Stellungen der Einstellzahnräder leer hindurchgehen. Ist aber die Staffelwalze um einundeinhalb Segmentabstände angehoben (vgl. Bild 5 Mitte), dann greift die Komplementärverzahnung in die Einstellzahnräder ein, dreht also jedes Zahnrad des Ein-

stellwerkes nicht um die der eingestellten Zahl entsprechende Anzahl von Zähnen weiter, sondern um deren Ergänzung zu neun. Im Bild 5 kann man das an der Zahl 971 853 verfolgen. In der Mitte des Bildes ist die Staffelwalze in ihrer Subtraktionsstellung dargestellt. Die Zahnsegmente der Komplementärverzahnung sind mit 1' bis 9' bezeichnet.

Damit nun zum Zwecke der Subtraktion das vollständige 11 stellige Neunerkomplement übertragen wird, muß an jeder der drei vordersten Stellen, die ja bereits außerhalb des Einstellwerkes liegen, 9 addiert werden. Zu diesem Zweck sitzen auf den drei vordersten Achsen feste, in der Höhe der Null stehende Zahnräder, die im Falle der Subtraktion das 9 zählige Segment 9' erfaßt. Somit wird tatsächlich bei angehobener Staffelwalze das 11 stellige Neunerkomplement addiert.

Wie im vorhergehenden Abschnitt gezeigt wurde, ist aber zur Ausführung der Subtraktion außer der Addition des Neunerkomplementes noch notwendig, daß an der niedrigsten Stelle eine Eins hinzukommt. Dies wird einfach dadurch erreicht, daß an der ersten Stelle des Einstellwerkes mit dem normalen Einstellzahnrad ein zweites fest verbunden ist, das um einen Segmentabstand höher liegt (vgl. Bild 5).

Bei der Addition ist es wirkungslos. Bei der Subtraktion dagegen kommt es in den Bereich des um einen Zahn längeren Segmentes, wird also schon um einen Zahn früher erfaßt als das untere. Damit das nun auch dann geschieht, wenn an der niedrigsten Stelle 0 eingestellt ist, muß ein Segmentabstand oberhalb des 9 zähligen Komplementärsegmentes noch ein zehnter Zahn angebracht sein. Diesem Zweck dient das oberste, mit (10') bezeichnete 10 zählige Segment.

Bild 6 zeigt die tatsächliche Ausführung der HERZ-STARKSchen Staffelwalze. Die einzelnen Zahnsegmente sind in Form von ausgeschnittenen Lamellen auf einen Grundkörper aufgeschoben. Dadurch ist man in der Lage, die Segmente aus dem geeignetsten Werkstoff herzustellen, z. B. aus nichtrostendem Stahl oder Neusilber, den Grundkörper dagegen in Leichtmetall auszuführen und damit die ganze Staffelwalze leicht zu halten.

Die eigenartige Zahnform wurde gewählt, um bei engstem

Raum eine möglichst grobe Teilung verwenden zu können.

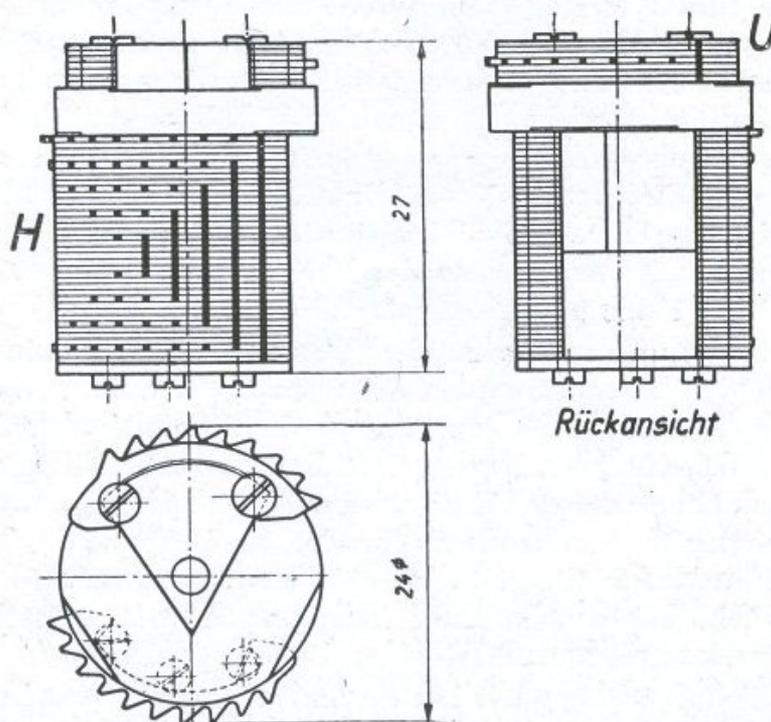


Bild 6. Ausführungsform der Herzstarkschen Staffelwalze in drei Ansichten.

H Verzahnung für das Hauptzählwerk
U Verzahnung für das Umdrehungszählwerk

Auf Konstanz des Übertragungsverhältnisses brauchte man kein Gewicht zu legen, da sich die anzutreibenden Ziffernrollen der Zählwerke wegen der notwendigen Rasthaltungen sowieso sprunghaft bewegen. Überdies arbeiten die Räder in stets gleichem Drehsinn. Die Verzahnung hat sich ausgezeichnet bewährt; die Abnützung ist auch nach Millionen von Umdrehungen noch geringfügig, was wohl in erster Linie auf die außerordentliche Kleinheit der bewegten Massen zurückzuführen ist.

Das Umdrehungszählwerk

Der Staffelwalzengrundkörper trägt auf der Hinterseite die Zahnsegmente für das 6 stellige Umdrehungszählwerk (vgl. Bild 6), dessen Wirkungsweise Bild 7 zeigt. Rechts sind diese Zahnbögen schematisch durch starke Striche dargestellt, links davon die sechs Übertragungsachsen mit den

darauf befindlichen Übertragungszahnradern. Die Bewegungsübertragung auf die Zifferrollen *ZU* des Umdrehungszählwerkes erfolgt – so wie beim Hauptzählwerk – über einen Winkeltrieb.

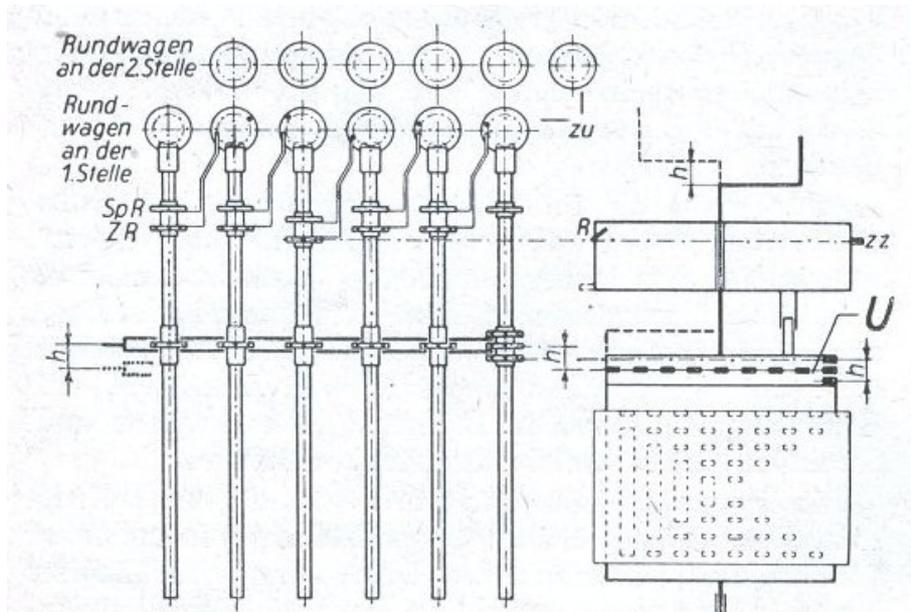


Bild 7. Schema des Umdrehungszählwerkes.

ZU Zifferrollen des Umdrehungszählwerkes

ZR Zehnerschaltrad

ZZ Zehnerschaltzahn

SpR Sperrad

R Rückstellnase

h Verschiebungsweg der Staffelwalze und der Umsteuerungsgabel

U Verzahnung für das Umdrehungszählwerk

Beim Addieren, also in der unteren Stellung der Staffelwalze, wird das unterste der drei zu einem Block vereinigten Zahnrad der ersten Achse bei jeder Umdrehung um einen Zahn weitergeschaltet. Die an den weiteren Achsen vorhandenen Zahnrad bleiben unberührt.

Beim Subtrahieren wird die Staffelwalze um den Betrag h , der $1\frac{1}{2}$ Segmentabständen der Staffelwalze entspricht, angehoben. Dadurch kommt das 9 zählige Segment in den Bereich des mittleren Zahnrad des Blockes auf der ersten Achse. Es wird daher dieses, sowie die gleich hoch liegenden Zahnrad aller folgenden Stellen um 9 Zähne gedreht, somit 999 999 gezählt, d. h. von der im Umdrehungszählwerk stehenden Zahl 1 subtrahiert.

Das Umdrehungszählwerk muß aber natürlich auch auf Gegenlauf umschaltbar sein, so daß subtraktive Umdrehungen positiv und additive Umdrehungen negativ gezählt werden, wie das manche Rechenoperationen erfordern. Um das zu erreichen, werden die Zahnräder aller sechs Achsen von einer Gabel umfaßt, durch die sie gemeinsam, mittels eines nach außen ragenden Hebels, um die Strecke h gesenkt werden können. Dadurch ist in der unteren (der additiven) Stellung der Staffelwalze die gleiche Lage der Übertragungsräder relativ zu den Zahnsegmenten geschaffen, wie vorhin bei der oberen (der subtraktiven) Stellung der Staffelwalze. Additive Umdrehungen werden also subtraktiv gezählt. Wird aber jetzt, bei gesenkter Gabel, die Staffelwalze zum Zwecke der Subtraktion angehoben, dann kommt der untere Einzahn in den Bereich des obersten der drei Zahnräder der ersten Achse. Die übrige Verzahnung liegt ganz oben und bleibt wirkungslos. Es werden also bei gesenkter Gabel, d. h. gegenläufig geschaltetem Umdrehungszählwerk, die Umdrehungen in der subtraktiven Stellung der Staffelwalze positiv gezählt.

Die Zehnerübertragung und damit zusammenhängende konstruktive Einzelheiten

In Bild 7 ist auch das Schema der Zehnerübertragung eingezeichnet. Jede Übertragungsachse, mit Ausnahme der ersten, trägt ein Zehnerschaltrad ZR . Sobald an einer der ersten fünf Stellen des Zählwerkes die im Schauloch sichtbare Ziffer von 9 auf 0 springt, drückt ein in die Ziffernrolle eingesetzter Stift über einen Zehnerschieber das Zehnerschaltrad der folgenden Stelle nach unten. Dadurch kommt es in den Bereich des mit der Staffelwalze synchron laufenden Zehnerschaltzahnes ZZ . In Bild 7 wird gerade das Zehnerschaltrad der vierten Stelle nach unten geschoben.

Das Rückstellen besorgt eine gleichfalls mit der Staffelwalze umlaufende Nase R , die die herabgedrückten Zehnerschieber samt ihren Zehnerschalträdern wieder hochhebt. Es wird aber nicht, wie dies normalerweise geschieht, am Schluß der Kurbeldrehung, nach erfolgter Zehnerübertragung rückgestellt, sondern bei Beginn der Drehung, knapp

vor dem Eingriff des längsten Zahnsegmentes der Staffelwalze. Diese Maßnahme ist sehr zweckmäßig, weil dadurch ein eventuelles Herunterschleudern von Zehnerschiebern, das etwa durch kräftiges Aufschlagen der Maschine auf einen Tisch verursacht werden könnte, bedeutungslos wird.

Bemerkenswert ist, daß sich bei der kreisförmigen Anordnung der Übertragungsachsen ganz von selbst eine bis in die vorderste Stelle durchgehende Zehnerübertragung ergibt. Im Hauptzählwerk ist die Konstruktion der Zehnerübertragung grundsätzlich die gleiche. Beide Zählwerke haben durchgehende Zehnerübertragung.

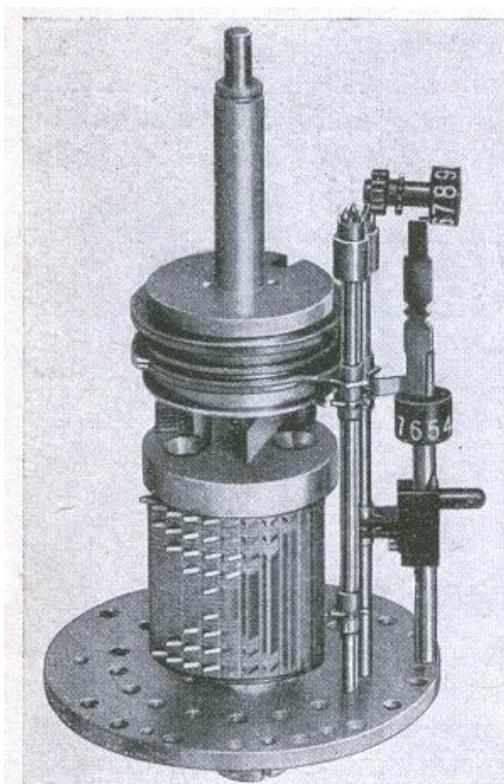


Bild 8. Die Wirkung des Übertragungsmechanismus, der Zehnerübertragung und der Schleudersperre.

Bild 8 zeigt das Zusammenarbeiten der Hauptteile der Maschine: Ganz rechts eine Einstellachse samt Schieber, links davon zwei Übertragungsachsen, darüber eine Ziffernrolle des Hauptzählwerkes und in der Mitte die Staffelwalze. Jede Übertragungsachse ist am oberen Ende mit einer Triebstockverzahnung versehen und kämmt unmittelbar mit

dem als Stirnrad ausgebildeten inneren Ende einer darüber sitzenden Ziffernrolle. Im zusammengebauten Zustand sind alle Ziffernrollen im Rundwagen gelagert. Man erkennt in Bild 8 den Schaltstift, der den Zehnerschieber samt dem Zehnerschaltrad der nächsten Stelle nach unten verschoben hat. Den Zehnerschaltzahn trägt die unterste Scheibe des oberhalb der Staffelwalze erkennbaren zylindrischen Zehnerschaltkörpers. Diese Scheibe dient auch gleichzeitig der Rückstellung der Zehnerschieber. Sie ist zu diesem Zweck an der entsprechenden Stelle dachförmig aufgebogen (im Bilde nicht sichtbar).

Über der Zehnerschalt- und Rückstellscheibe befindet sich ein teilweise ausgenommenes Scheibenpaar. Es sind dies die Sperrscheiben zur Verriegelung der Übertragungsachsen nach erfolgtem Durchlauf der Staffelwalze (Schleudersperre). Da im Falle einer Zehnerschaltung die Verriegelung erst um eine Zahnteilung später einsetzen darf, ist die untere Scheibe des Paares, in deren Höhe das Sperrrad dann steht, um den entsprechenden Betrag weiter ausgenommen, wie man aus Bild 8 entnehmen kann. Oben befinden sich noch die Scheibe mit dem Zehnerschaltzahn für das Umdrehungszählwerk und die zugehörigen Sperrscheiben.

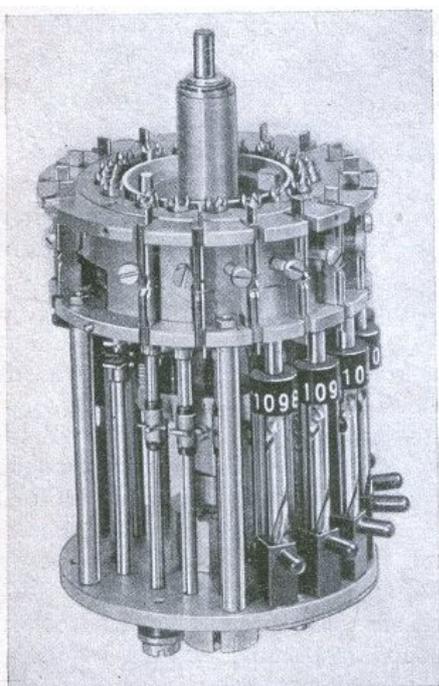


Bild 9.

Maschine geöffnet, ohne Rundwagen.

Man beachte, daß sowohl die Einstellräder und Zehnerschalträder, als auch die Triebköpfe der Übertragungsachsen 5 zählig ausgeführt sind. Die Zähnezahzahl dieser Zwischenglieder ist zwar für das Übersetzungsverhältnis zwischen der Staffelwalze und den 10 zähligen Ziffernrollen belanglos, sofern sie nur untereinander gleich sind, doch wurde eine möglichst kleine Zähnezahzahl gewählt, um Platz zu sparen bzw. bei den gegebenen Raumverhältnissen eine möglichst grobe Teilung nehmen zu können.

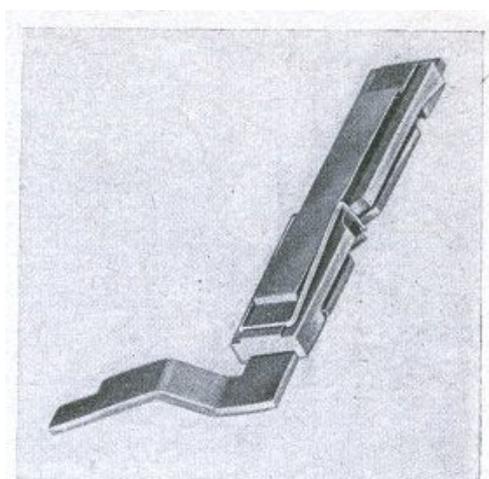


Bild 10. Zehnerschieber mit Führungsschiene und Rastfeder.

Bild 9 zeigt das Übertragungswerk und das Einstellwerk im vollständig zusammengebauten Zustand. Die Aufmerksamkeit sei hier zunächst auf die Anordnung der Zehnerschieber gelenkt, die ein besonders einfaches Einbauen gestattet. Die Schieber sind in kleinen Führungsschienen gelagert, die beim Zusammenbau von der Seite her in die Schlitze des Maschinenkörpers eingesetzt werden. Die richtige Höhenlage der Schienen ist durch einen niedrigen Absatz in der Breite der Ausdrehung des Maschinenkörpers gegeben.

Die Schienen tragen, wie aus dem stark vergrößerten Bild 10 zu erkennen ist, auch die Höhenanschlüge für die Zehnerschieber, die in den beiden Stellungen durch einen feinen, haarnadelartig gebogenen Federdraht gesichert werden. Die Feder liegt ihrerseits in einem Schlitz der Schiene. Beachtenswert ist, daß durch die beidseitig drückende Rast-

feder Reibung infolge von einseitigen Lagerdrücken vermieden ist.

Durch das Einschieben der ganzen Gruppe in den Schlitz des Maschinenkörpers sind nun die Teile in ihrer gegenseitigen Lage völlig festgelegt. Es liegt hier ein typischer Fall von Schachtelbauweise vor.

An dieser Stelle sei auch noch die Konstruktion der kleinen Räderblöcke gezeigt, z. B. des aus Zehnerschaltrad und Sperrad bestehenden Blockes.

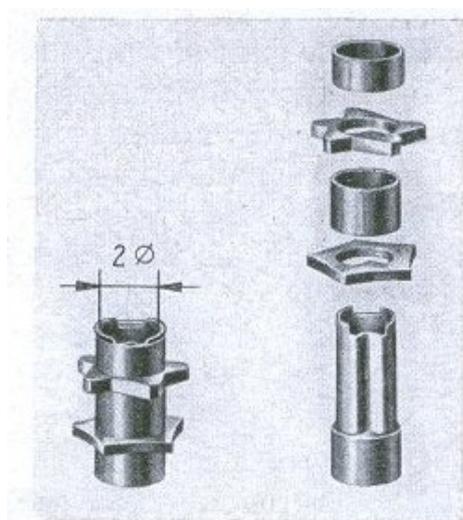


Bild 11. Räderblock, bestehend aus Zehnerschaltrad u. Sperrad.

Bild 11 gibt in starker Vergrößerung links den zusammengebauten Block und rechts die Einzelteile wieder. Den Grundkörper bildet die rechts unten dargestellte Hülse. In diese ist eine V-förmige, axial verlaufende Vertiefung eingedrückt, die als Mitnehmer für die Hülse selbst dient und gleichzeitig als Mitnehmernut für das Zehnerschaltrad und das Sperrad. Die Nuten in den Übertragungsachsen, auf denen diese Räderblöcke gleiten, sind nicht gefräst, sondern es kommt gezogenes Material zur Verwendung. Das obere Ende der Hülse ist geschlitzt, so daß zwei Lappen entstehen. Beim Zusammenbau werden nun die Räder unter Beilage einer Distanzhülse aufgeschoben, ein Abschlußring aufgesetzt und die Lappen mit einem Biegewerkzeug umgelegt. Die Schlitzung bedingt eine Verringerung des Biegedruckes und beseitigt damit die Gefahr einer Hülsen-

stauchung.

Die Einstellanzeige

Besonders einfach ist der Aufbau der Einstellanzeige, die ohne Zahnräder arbeitet (Bild 12).

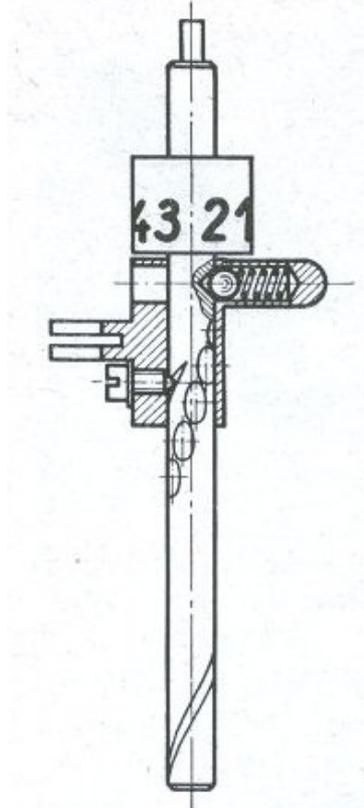


Bild 12. Einstellachse mit Einstellgriff und Ziffernrolle der Einstellanzeige.

Die Einstellachse trägt eine schraubenförmige Nut, der Einstellschieber ein Körnerschräubchen. Die Steigung der Nut ist genau 10 mal so groß wie die Strecke, um die der Einstellschieber bei Verschiebung um eine Einheit bewegt wird. Jede solche Verschiebung dreht daher die mit der Einstellachse fest verbundene Ziffernrolle um $1/10$ ihres Umfanges, also um eine Ziffer weiter, so daß im Gehäuseschlitz stets die eingestellte Ziffer sichtbar ist. Zur Sicherung der richtigen Lagen des Schiebers ist in den Einstellgriff eine unter Federdruck stehende Rastkugel eingebaut,

die in seichte Anbohrungen der Einstellachse einrastet (vgl. die Bilder 12 und 9). Die Einstellachse dient damit gleichzeitig als Rastsäule. Durch dieses Ineinanderbauen konnte man viel Raum einsparen und die Teile entsprechend kräftiger ausführen.

Die Unterbringung der Zählwerksstellen im Rundwagen

Es ist noch eine grundsätzliche Schwierigkeit der Rundbauweise zu besprechen und die Art, wie sie überwunden wurde. Man trachtet natürlich, bei einer Rundbaumaschine den Umfang für die Unterbringung von Zählwerkstellen möglichst vollständig auszunutzen. Nun kann man aber die beiden Zählwerke nicht in gleichmäßiger Teilung aneinander anschließen, da sonst bei der Versetzung des Rundwagens die Zahnräder des einen Zählwerkes mit den Übertragungsachsen des anderen kämmen würden, was natürlich völlig unzutraglich ist.

Man hat vor Jahrzehnten versucht, bei einer Rundbaumaschine den Dekadensprung doppelt so groß zu machen wie die Zählwerksteilung und über den ganzen Umfang immer abwechselnd eine Stelle des Hauptzählwerkes und eine Stelle des Umdrehungszählwerkes anzuordnen. Um einem Verwechseln der Zahlen in den beiden Zählwerken vorzubeugen, wurden die Ziffern verschieden gefärbt und ein Abdeckring vorgesehen, der immer nur ein Zählwerk freigibt. Trotzdem ist das Ganze vollkommen unübersichtlich. Es ist durchaus verständlich, daß sich eine solche Konstruktion nicht einbürgern konnte, ja kaum bekannt geworden ist.

Wie dieses Problem nun gelöst wurde, zeigt Bild 13. Der Umfang des Rundwagens ist in 18 gleiche Teile geteilt. Elf Teilungspunkte (*H 1* bis *H 11*) sind von den Stellen des Hauptzählwerkes besetzt, während die sechs Stellen des Umdrehungszählwerkes *U 1* bis *U 6* jeweils genau in die Mitte zwischen zwei Teilungspunkte gesetzt sind. Durch geeignete Bemessung der Triebköpfe und Zahnräder wird ein Zusammenstoßen nicht zusammengehöriger Übertragungsachsen und Zählwerksräder vermieden, bei Wahrung geschlossener Zahlenbilder in den beiden Zählwerken.

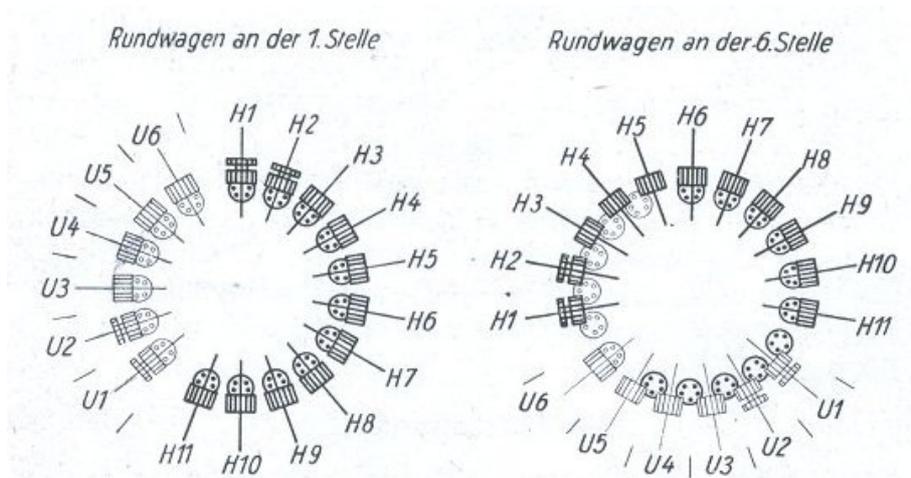


Bild 13. Die Lage der Zählwerkstellen zu den Übertragungsachsen.

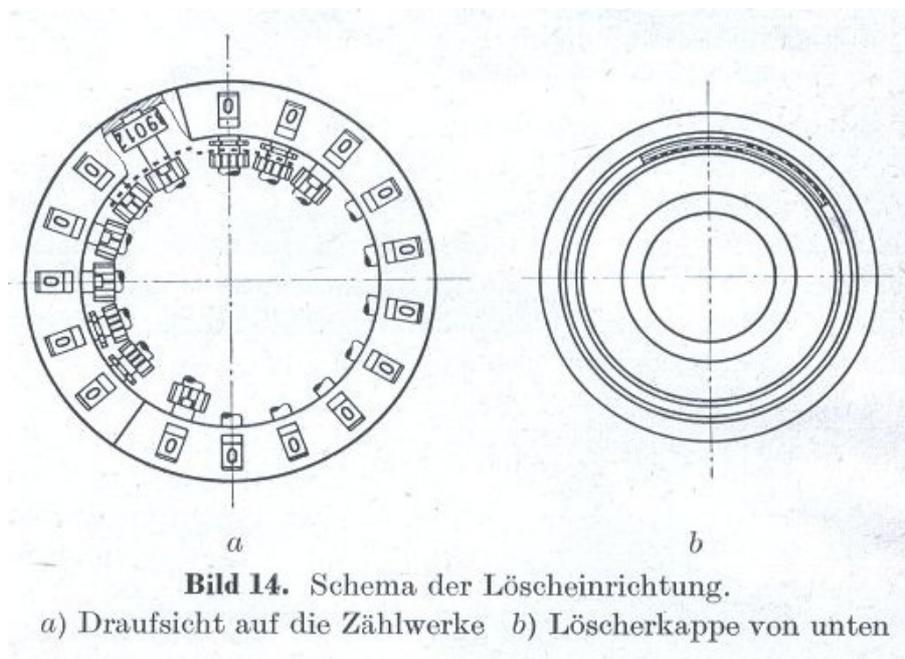
Es ist leicht zu erkennen, daß die geschilderte Anordnung jede beliebige Erweiterung der Stellenzahl zuläßt, wenn man eine entsprechende Vergrößerung des Durchmessers in Kauf nimmt. Zwei größere Modelle mit $11 \times 9 \times 14$ und $12 \times 7 \times 16$ Stellen sind bereits im Bau. Der Größtdurchmesser dieser beiden Bauarten beträgt 63 mm, die Höhe, so wie beim kleineren Modell, 100 mm und das Gewicht 300 g. Die Maschinen lassen sich also immer noch sehr bequem in der Hand halten und bedienen. Weiters die meisten Bestandteile sind für alle Modelle die gleichen, so z. B. die Teile des Einstellwerkes, der Zehnerschaltung und des Übertragungswerkes, mit Ausnahme der Staffelwalze.

Die Löschung der Zählwerke

Bild 14 zeigt das Prinzip der Löscheinrichtung. Es handelt sich um eine Zahnsegmentlöschung, wobei die gleiche Stirnradverzahnung der Ziffernrollen, in die die Triebköpfe der Übertragungsachsen eingreifen, auch zur Löschung benutzt wird. Die Stirnräder sind in der Nullstellung der Ziffernrollen angefräst (Bild 14), damit sie von dem in die Löscherkappe eingesetzten Zahnsegment durch die Löschbewegung immer bis zur Null verdreht werden.

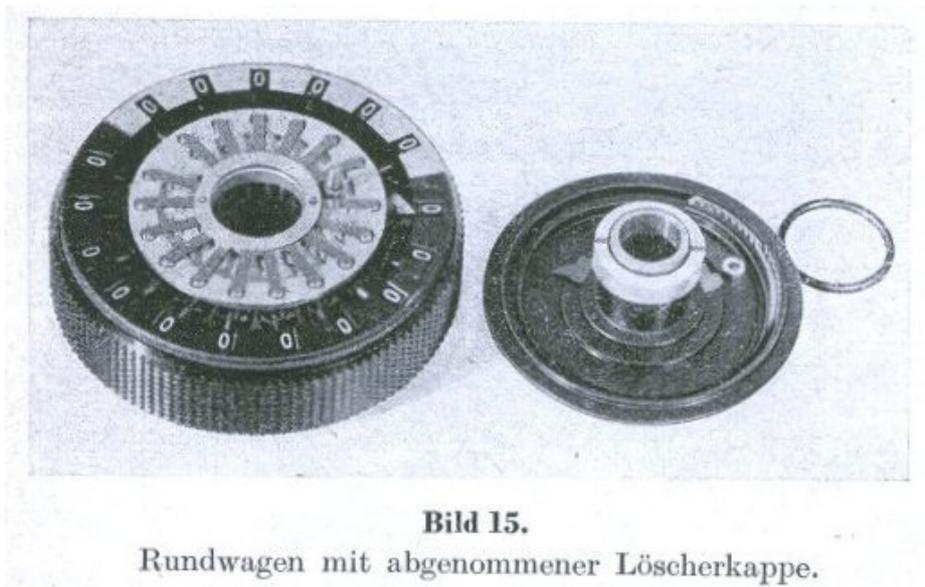
Der Konstrukteur stand nun vor der Aufgabe, das Löschsegment so unterzubringen, daß es beim Rechnen nicht stört. Es muß ja mindestens so lang sein wie die Abwick-

lung des Zahnrades an der Ziffernrolle und würde daher, bei



der fast geschlossenen Anordnung der Zählwerkstellen, in der Ruhestellung zwei Ziffernrollen an der Bewegung hindern. Die Lösung besteht in der Anordnung von zwei gleichlangen Zahnsegmenten, die, radial versetzt aneinander anschließend, sich in die Löscharbeit teilen. In Bild 14 ist rechts die Löscherkappe umgelegt dargestellt. In eine Ringnut sind die beiden aus nichtrostendem Stahlblech als Zahnstangen ausgeschnittenen Segmente eingepreßt. Das äußere Segment, das bei der links im Bilde gezeichneten Draufsicht auf den Rundwagen links von der Trennstelle der Zählwerke seine Ruhestellung hat, findet dort freien Platz, denn es liegt knapp außerhalb der Zahnräder. Das Segment löscht bloß die ersten zwei Stellen von Haupt- und Umdrehungszählwerk. An diesen Stellen sind die Zahnräder daher etwas breiter ausgeführt. Nun muß aber auch das innere Segment, das die Löschung der übrigen Stellen zu übernehmen hat und in der Ruhestellung rechts von der Trennstelle liegt, dort frei stehen. Um dies zu ermöglichen, sind die beiden ersten verbreiterten Zahnräder jedes Zählwerkes mit einem eingedrehten Hals versehen. Analog liegen die Verhältnisse bei der anderen Ruhestellung der Löschsegmente. Diese Anordnung ermöglicht es erst, mit einem einzigen Löschergriff wahlweise jedes Zählwerk ein-

zeln, oder beide gemeinsam, zu löschen. Bild 15 zeigt die ausgeführte Löscheinrichtung⁵.



In Bild 15 ist noch eine andere Einzelheit zu erkennen. Die in der Mitte angeordnete sternförmige Blattfeder dient zur Rasthaltung der Zählräder. Sie drückt auf Kugeln, die ohne Zwischenschaltung irgendwelcher anderen Bauteile in die Zahnräder der Zählwerke einrasten.

Verriegelungen

Die Maschine muß natürlich, wie jede Universalrechenmaschine, eine Reihe von Verriegelungen aufweisen, um Bedienungsfehler unmöglich zu machen. So muß z. B. die Drehung der Staffelwalze gegen die Umsteuerung von Addition auf Subtraktion oder umgekehrt, verriegelt werden. Bild 16 zeigt die konstruktive Ausführung. Die Achse der Staffelwalze trägt einen Bund, in den zwei Rillen eingestochen sind. Ein auf einem Bund der Bodenplatte befestigtes Sperrblättchen gleitet in einer der beiden Rillen und sperrt während der Drehung der Staffelwalze die Umsteue-

⁵ Die tiefschwarze Färbung der aus Leichtmetall hergestellten Teile wird durch Einfärben im Zuge einer anodischen Oxydation erreicht. Auch das Gehäuse ist in dieser Weise behandelt, wodurch sich saubere, wirklich dauerhafte und korrosionsfeste Überzüge ergeben.

rung. Sie ist nur in der Grundstellung der Kurbel möglich, bei der das Sperrblättchen der Ausnehmung gegenübersteht. Die Grundstellung ist durch eine Rast deutlich fühlbar gemacht. Um die axiale Stellung der Staffelwalze dem Benutzer auch optisch anzuzeigen, ist die schwarz gehaltene Kurbel an ihrem Hals mit einem hellen Ring versehen, der in der Subtraktionsstellung sichtbar wird.

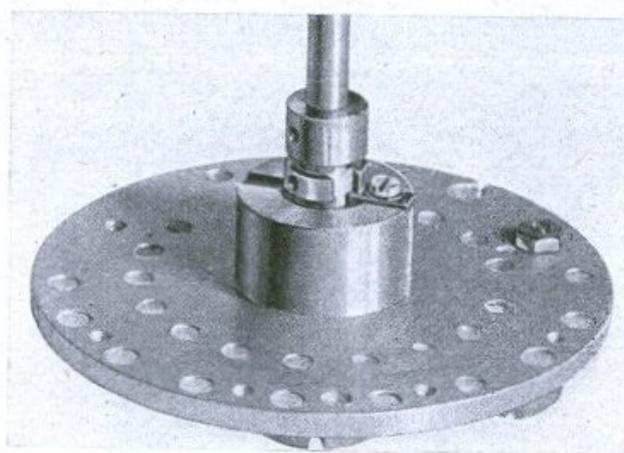


Bild 16. Verriegelung der Kurbeldrehung gegen die axiale Verschiebung der Staffelwalze.

Die übrigen Verriegelungen sind Bild 17 zu entnehmen, das zwei Schnitte durch die Maschine zeigt. Eine Kugelsperrung verriegelt die Kurbeldrehung gegen das Wagenheben. Hebt man den Rundwagen an, dann schiebt eine an ihm angebrachte Innenkegelfläche die Kugel in die Querbohrung in den beiden Hülsen, die die Hauptachse umschließen. Die innere Hülse ist eine Verlängerung des Zehnerschaltkörpers, dreht sich also mit der Hauptachse, die äußere ist ein Teil des Maschinenkörpers. Versucht man nun die Kurbel bei hochgezogenem Wagen, also eingeschobener Kugel zu drehen, dann teilt sich dieser Impuls über Mitnehmerstifte auch dem Zehnerschaltkörper und damit der inneren Hülse mit, die jedoch gegen die äußere, feststehende Hülse durch die Kugel verriegelt ist. Umgekehrt schiebt sofort bei Beginn der Kurbeldrehung die kegelige Wand der Bohrung der inneren Hülse die Kugel nach außen und verriegelt damit über die Kegelfläche am Rundwagen diesen gegen die äußere, feststehende Hülse. – Um die Löschbewegung bei eingerastetem Rundwagen bzw. das

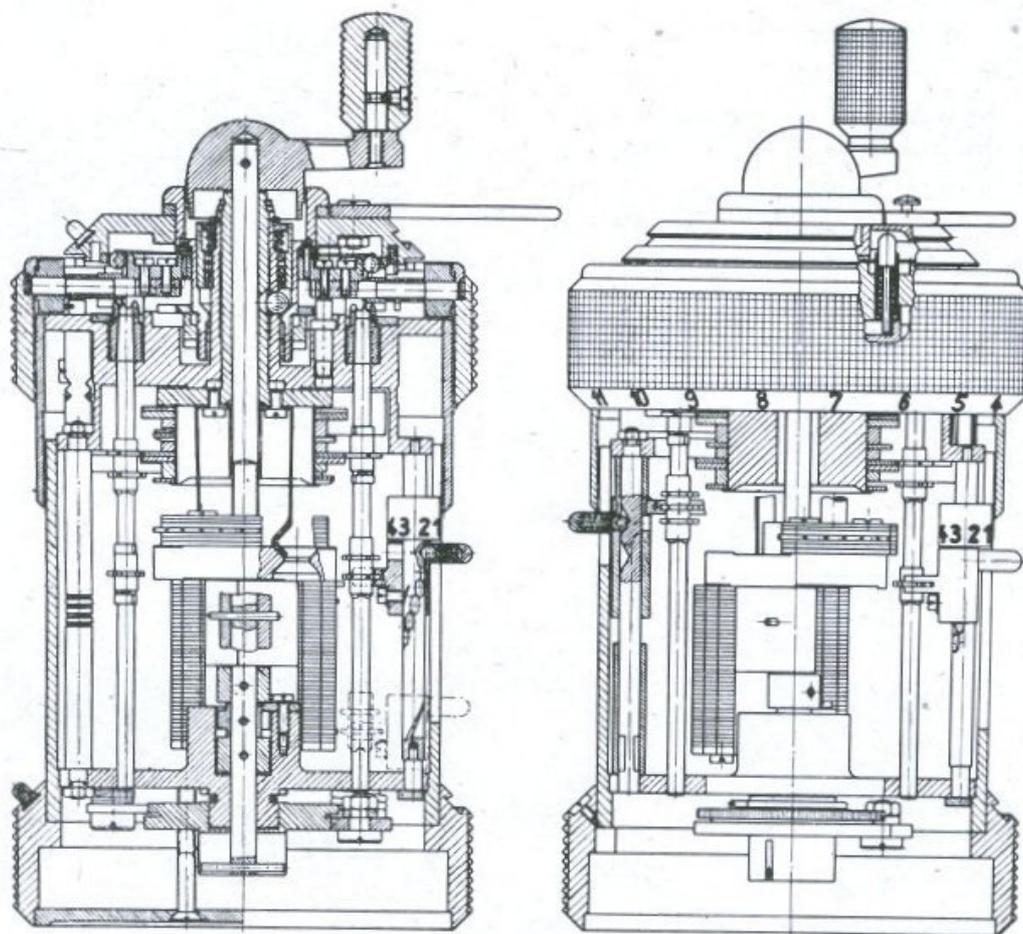


Bild 17. Zwei Hauptschnitte durch die Maschine.

Einrasten des Wagens bei nicht vollendeter Löschung zu verhindern, sind überhaupt keine eigenen Teile erforderlich. Das besorgt gleich der Raststift für die Löscherkappe, der im rechten Schnitt von Bild 17 zu erkennen ist. Der Stift ist so lang gemacht, daß er im eingerasteten Zustand mit seinem unteren Ende an der Stirnfläche des Maschinenkörpers anstößt. Damit sperrt er einerseits die Löscherkappe, wenn der Rundwagen nicht angehoben ist und hält andererseits den Rundwagen hoch, solange die Löscherkappe sich nicht in ihrer Ruhestellung befindet, die Löschung also nicht vollendet ist.

Schlußwort

Wie diese Zeilen zeigen, ist es gelungen, die eingangs skizzierte feinmechanische Sonderaufgabe mit sparsamsten Mitteln zu lösen und eine funktionstüchtige Hand-Universalrechenmaschine in gedrängtester Bauweise zu konstruieren, die alle an sie zu stellenden Forderungen restlos erfüllt.

Man erkennt aber auch, wie notwendig es ist, sich bei schwierigen Problemen vom Herkömmlichen möglichst frei zu halten und schon bei der Stellung der Aufgabe neue Wege zu suchen.

Der Artikel ist erschienen in *Feinwerktechnik* Jg. 55, H. 6, 1951 und wird hier unverändert wiedergegeben. Er darf nur für private oder wissenschaftliche Zwecke kopiert werden, eine kommerzielle Nutzung ist nicht zulässig.

Copyright für diese Bearbeitung und Übertragung in das Format PDF Stephan Weiss 2004