

Wie arbeitet eine mechanische Rechenmaschine?

- Die Funktionen der Addiermaschine -

1. Einleitung:

Anfang der 1960er Jahre kamen die ersten elektronischen Tischrechner auf den Markt und die mechanischen Rechenmaschinen verschwanden innerhalb weniger Jahren von den Arbeitsplätzen. Heute sind rund fünfzig Jahre vergangen und die Vertreter einer vergangenen Technik werden als Meisterwerke der Feinmechanik in privaten Sammlungen und Museen bestaunt (Abb. 1). Ein Blick unter das Gehäuse bietet eine verwirrende Ansammlung unterschiedlicher Hebel, Getrieberäder, Rollen, Stangen, Zug- und Druckfedern, Kurvenscheiben und Wellen, gehalten von vielen Schrauben, Muttern, Nieten und Sicherungsringen. Für einen Laien ist es nur schwer vorstellbar, wie in diesem Innenleben Rechenwerte entstehen und verarbeitet werden.

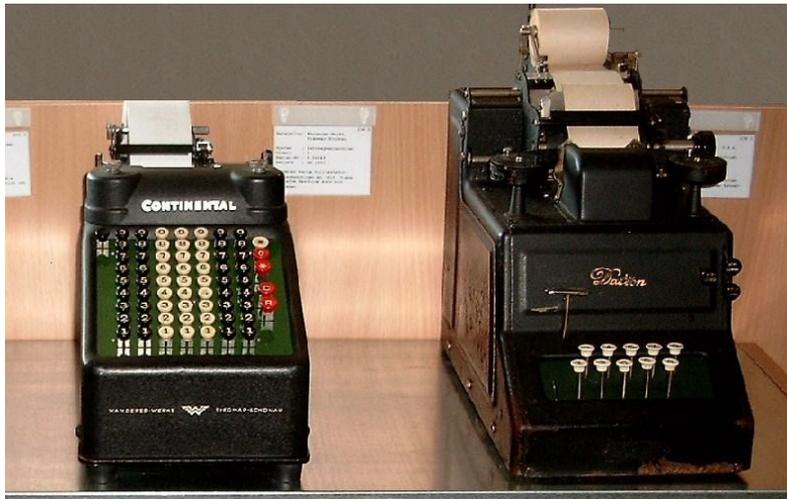


Abb. 1:
Aus dem Museum:
Einspezies-
Maschine der
Wanderer-Werke
A.G. (links)
und
Zweispezies-
Maschine der
Dalton Adding
Machine Company.

Je nach Fabrikat und Konstruktion können mit den mechanischen Rechenmaschinen bis zu fünf Rechenarten durchgeführt werden. Wir unterscheiden:

Maschinenart:	+	-	x	÷	√
Einspezies-Maschine	x				
Zweispezies-Maschine	x	x			
Dreispezies-Maschine	x	x	x		
Vierspezies-Maschine	x	x	x	x	
(Fünfspezies-Maschine)	x	x	x	x	x

Für Vierspezies-Maschinen mit Quadratwurzel-Funktion wurde um 1954 der neue Begriff „Fünfspezies-Maschine“ geprägt, der sich weder in deutschen noch in internationalen Normgremien durchsetzen konnte.

2. Der Aufbau einer Rechenmaschine:

Für die Durchführung der vier Grundrechenarten gibt es in der Praxis viele unterschiedliche Konstruktionen, die in der Regel aber zu gleichen bzw. ähnlichen Rechenabläufen führen. Sie alle zu beschreiben ist hier nicht möglich. Die Unterscheidungen sind zum Teil auch nur gering und für ein grundsätzliches Verständnis ohne Bedeutung.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen in vereinfachter Form die wichtigsten Funktionsabläufe einer schreibenden Zehntasten-Addiermaschine mit Funktionselementen, wie sie in vielen Maschinen verwendet werden.

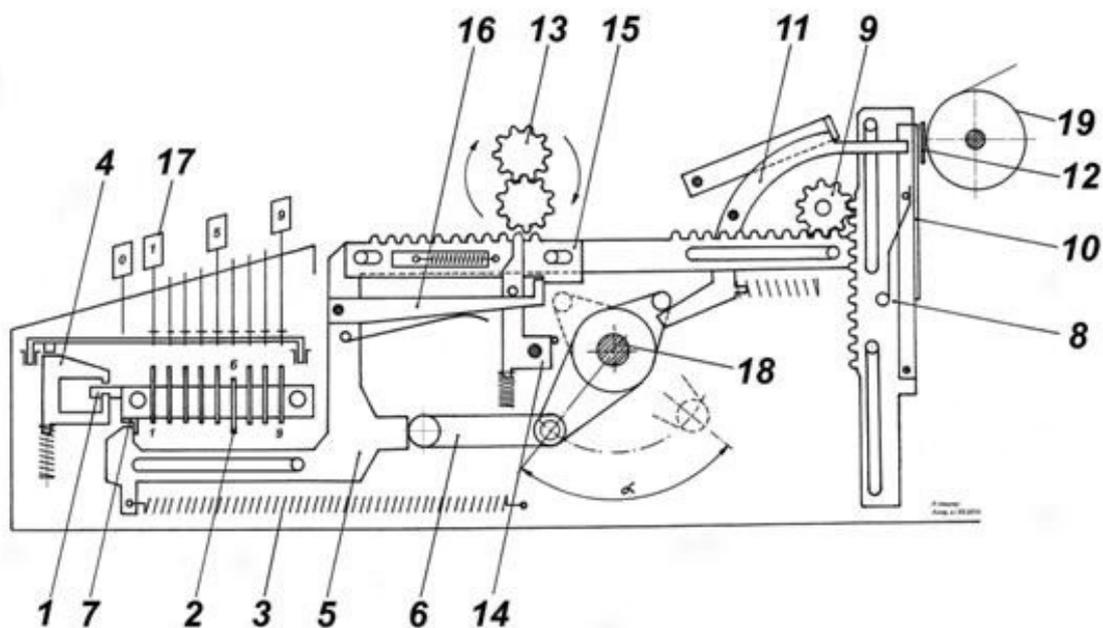


Abb. 2:
Die Funktionselemente einer druckenden
Zweispazies-Maschine mit Zehnertastatur

Die hierzu aufgelisteten und in den nachfolgenden Texten benutzten Begriffe gehörten zur Fachsprache des ausgestorbenen Büromaschinenmechanikers:

1	Stiftschlitten	11	Druckhämmer
2	Stellstifte	12	Farbband
3	Zugfedern	13	Plus- / Minusrädersätze
4	Schaltenschloss	14	Zehnerschaltklinken
5	Einlagerer	15	Übergabe-Zahnschienen
6	Schieber	16	Stützhebel
7	Nullenleiste	17	Zehnertastatur
8	Typenstangen	18	Hauptwelle
9	Zwischenräder	19	Papierrolle
10	Drucktypen 0, 1 bis 9		

3. Der Rechenablauf:

Die Reihenfolge der beschriebenen Funktionsabläufe entspricht im Wesentlichen dem Ablauf eines Rechenvorganges bei einer Maschine ohne Saldofunktion¹.

3.1 Wie kommt ein Rechenwert in die Maschine?

Rechenwerte werden über die Zifferntasten 0, 1 bis 9 der Zehner-Tastatur eingegeben. Die Eingabe eines mehrstelligen Rechenwertes - Beispiel 95481 - beginnt immer mit der höchsten (linken) Zehnerstelle.

Alle Stellen dieser fünfstelligen Zahl werden von einem Eingabespeicher aufgenommen, dem so genannten Stiftschlitten (Abb. 3).

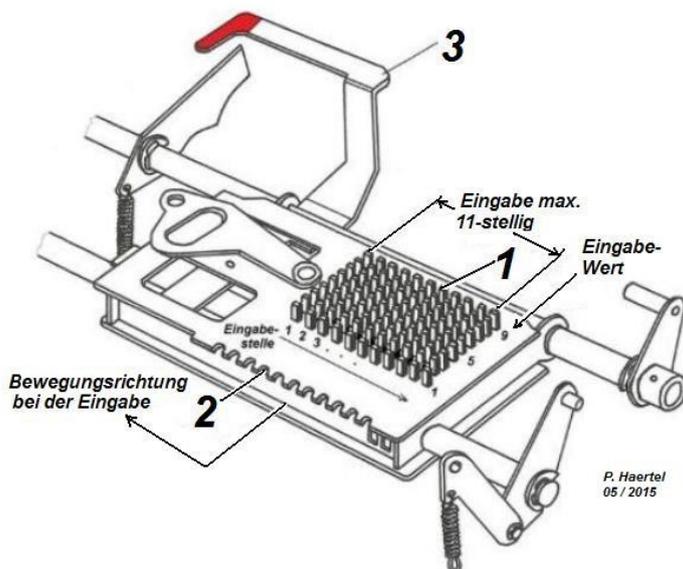


Abb. 3:
Der Eingabespeicher
(Stiftschlitten)

Der Stiftschlitten war das mit Abstand bewährteste Speicherkonzept. Bis zur Produktionseinstellung der mechanischen Rechenmaschinen etwa Mitte der 1970er Jahre wurde es weltweit von fast allen Herstellern der Zehntasten-Maschinen übernommen.

Hier gibt es in jeder Eingabestelle - Abbildung 3 zeigt maximal elf - neun Stellstifte (1), die nach unten verschoben werden. Sie entsprechen den Zahlenwerten 1 bis 9.

Eine gängige Variante arbeitet mit acht Stellstiften und einem Festanschlag für den Wert 9.

¹ Saldofunktion: Darstellen auch eines negativen Rechenergebnisses als absolute Zahl mit Minus-Kennzeichnung.

Nach jeder Eingabe eines einstelligen Teilwertes springt der gesamte Stiftschlitten um eine Teilung seiner Verzahnung (2) zur linken Seite.

Die Anzahl eingegebener Stellen eines Rechenwertes wird in der Regel von einem Stellenzeiger (3) an einer von außen sichtbaren Skala angezeigt.

3.2. Die Abfrage des Eingabespeichers:

Die Abfrage des Eingabespeichers und Einlagerung einzelner Teilwerte in das Rechenwerk erfolgen durch die so genannten Einlagerer (1), die in ihrer Grundstellung von einer Nullenleiste² (2) am Stiftschlitten (3) gehalten werden (Abb. 4).

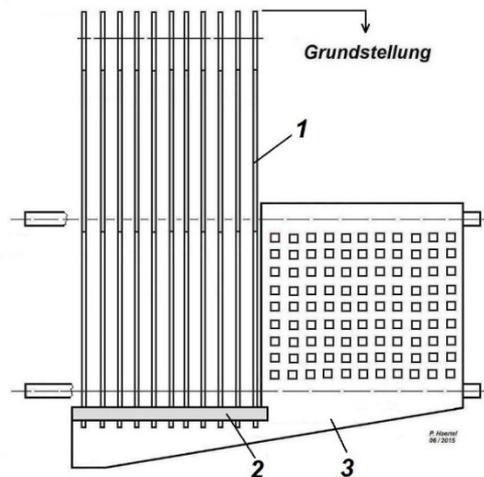


Abb. 4:
Grundstellung
der Einlagerer

Mit der stellenweisen Eingabe z. B. der fünfstelligen Zahl 95481 und dem gleichzeitigen Verschieben des Stiftschlittens (3) inkl. der Nullenleiste (2) werden die fünf Einlagerer (1) schrittweise für eine Werteverarbeitung vorbereitet. (Abb. 5).

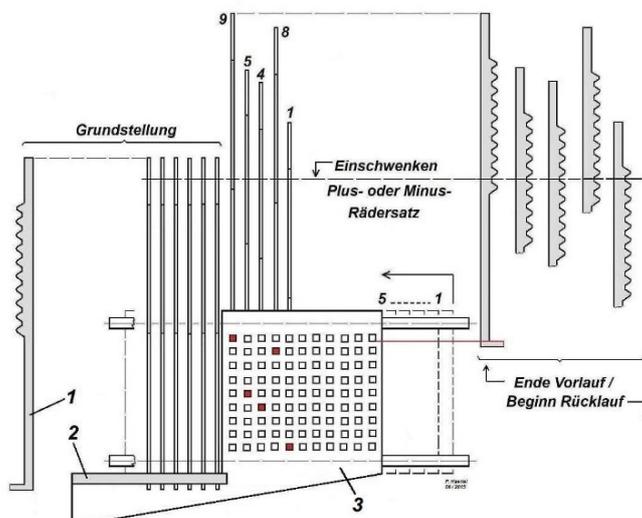


Abb. 5:
Übernahme der
fünfstelligen Zahl
95481

² Bezeichnung auch *Nullenkamm*

In den höheren Zehnerstellen ohne Eingaben werden die Einlagerer (1) weiterhin von der Nullenleiste (2) in ihrer Grundstellung gehalten.

Beim Drücken der Motortaste oder Ziehen des Hand-Zughebels werden die entriegelten Einlagerer (1) von einem Schieber (2) gleitend freigegeben und durch Federkraft mit ihren Anschlägen gegen die gesetzten Stellstifte (3) des Stiftschlittens (4) gezogen (Abb. 6).

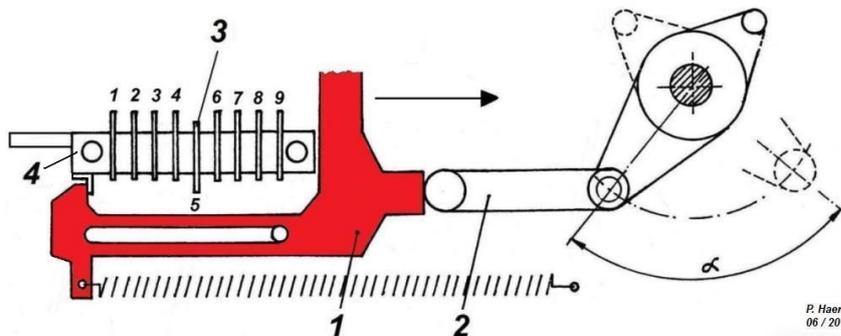


Abb. 6:
Abfrage des
Eingabespeicher
s

Einlagerer (1) der Dekaden mit dem Eingabewert 0 werden weiterhin durch eine sogenannte Nullensperre blockiert.

Bei dem Eingabebeispiel 95481 legt der Einlagerer (1) in der Zehntausender-Stelle (fünfte Dekade) den längsten, in der Einer-Stelle den kürzesten Weg zurück;
Alle Weglängen sind proportional den Teilwerten von 95481.

3.3. Ausdruck und Löschen des eingegebenen Wertes:

Synchron zum Vorlauf der Einlagerer (1) werden die zugeordneten Typenstangen (2) durch Zwischenräder (3) in ihre Druckpositionen hochgefahren (Abb. 7).

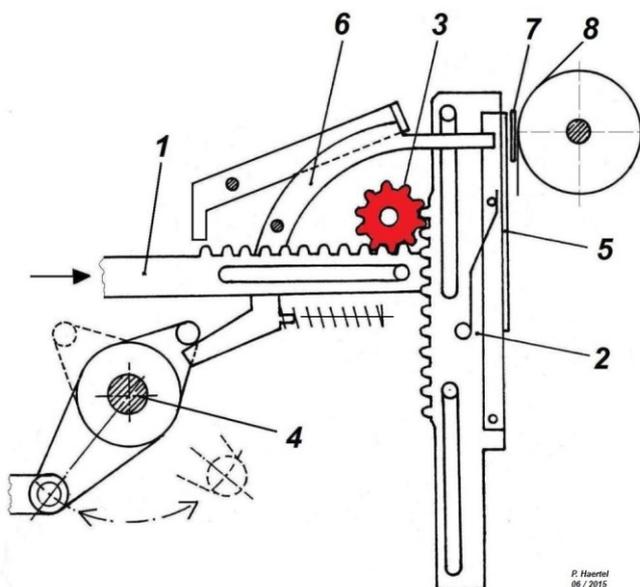


Abb. 7:
Der Druckvorgang

Mit Erreichen des äußersten Arbeitspunktes der oszillierenden Hauptwelle (4) liegen die Drucktypen (5) mit den fünf Ziffern 95481 ausgerichtet auf einer gemeinsamen Drucklinie.

In Dekaden mit 0-Eingaben bleiben die Typenstangen (2) in ihrer Grundstellung; die Drucktypen der 0 liegen immer genau auf der Drucklinie.

Jetzt werden die Druckhämmer (6) ausgelöst und schlagen die Drucktypen (5) gegen das Farbband (7) vor dem Papierstreifen (8), wo der Abdruck erfolgt. Die Federn der Druckhämmer (6) werden beim Rücklauf der Rechenmechanik durch Nocken auf der Hauptwelle (4) wieder gespannt.

Nach der Addition eines Summanden wird der Stiftschlitten am Ende eines Maschinenganges wieder in die rechte Ausgangsstellung geschoben; hierbei werden alle gesetzten Stellstifte hochgedrückt (gelöscht).

Anders ist es, wenn ein eingegebener Summand mehrfach addiert werden soll. In diesem Fall wird durch Drücken der Wiederholungstaste (Repetier-Taste) die Löschung des Stiftschlittens blockiert und manuell erst dann aufgehoben, wenn die Anzahl der Additionen erreicht wurde.

3.4 Das Rechenwerk:

Das Rechenwerk ist das Herz der Maschine. Es besteht aus zwei Zählrädern und einer Mechanik für die Zehnerübertragung. Jedes der Zählräder hat zehn Zähne, die den Rechenwerten 1 bis 9 und 0 entsprechen. Die Anzahl der Zählräder entspricht der max. Rechenkapazität einer Maschine.

Die Zählräder der Zweispezies-Maschinen (Abb. 8) setzen sich zusammen aus einem Plusrädernsatz (1) und einem Minusrädernsatz (2). Beide sind über ihre Verzahnung gekoppelt.

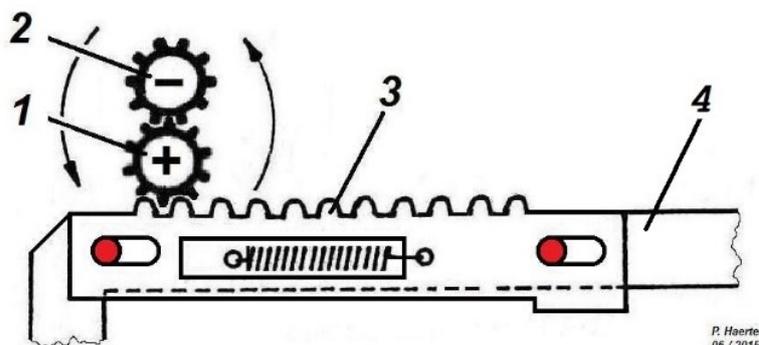


Abb. 8:
Beginn der
Einlagerung des
Rechenwertes

Die Rädernsätze werden gemeinsam in einem drehbaren Gehäuse gelagert, das zum Einschwenken eines Rädernsatzes in die Übergabe-Zahnschienen (3) an den Einlagerern (4) auch eine

kleine Vertikalbewegung durchführt. In der Grundstellung - keine Werte im Rechenwerk - stehen alle Plusräder (1) auf 0 und alle Minusräder (2) auf 9.

Bei einer Addition wird mit Beginn des Rücklaufes der Rechenmechanik das Rechenwerk mit dem Plusrädersatz (1) in die Übergabe- Zahnschienen (3) am Einlagerer eingeschwenkt und der Pluswert eingerollt. Gleichzeitig wird dieser Wert aus dem Minusrädersatz (2) ausgerollt.

Eine Subtraktion unterscheidet sich von der Addition nur dadurch, dass hierbei der Minusrädersatz (2) eingeschwenkt und der Minuswert eingerollt (addiert) wird. Gleichzeitig wird der Wert aus dem Plusrädersatz (1) ausgerollt.

Die Zählrädersatz werden mit Beginn eines neuen Additions- oder Subtraktionsvorgangs wieder ausgeschwenkt.

Wichtigste Funktion bei der Übergabe eines Rechenwertes an einen Zählrädersatz ist die Zehnerübertragung (Abb. 9).

Bei jedem Zählrad ist der zehnte Zahn durch Verbreiterung zum Zehnerschaltnocken ausgebildet. Wird bei einem Additions- oder Subtraktionsvorgang in einer Dekade der Wert 10 erreicht, so steht das Zählrad auf 0 und in das Zählrad der nächsthöheren Dekade wird der zusätzliche Wert + 1 eingerollt.

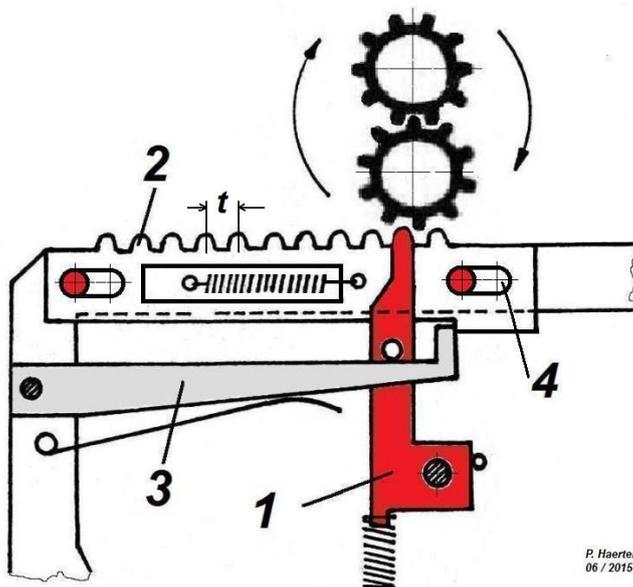


Abb. 9:
Das Rechenwerk mit
zwei Zählrädersatz
und dem Mechanismus
der Zehnerübertragung.

Der Vorgang erfolgt beim Rücklauf der Rechenmechanik durch die Zehnerschaltnocken in Verbindung mit den Zehnerschaltnocken (1).

Diese ragen mit einem Schaltzahn zwischen den Übergabe- Zahnschienen (2) hervor, werden durch Federkraft in ihrer Grundstellung gehalten und sind jeweils der nächsthöheren Dekade zugeordnet.

Beim Verdrehen eines Zählrades vom neunten auf den zehnten Zahn erfolgt die Zehnerschaltung. Hierbei drückt der Zehnerschaltnocken die Zehnerschaltklinke (1) nach unten. Hierdurch wird der Stützhebel (3), der den Anschlag der Übergabe-Zahnschiene (2) bildet, nach unten geschwenkt. Diese bewegt sich durch Zugfederkraft in ihren Langlöchern (4) zur linken Seite. Der zurückgelegte Weg entspricht einer Zahnteilung t der Übergabe-Zahnschiene (2), d. h. der zusätzliche Wert + 1 wird in das nächsthöhere Zählrad eingerollt.

Mit dem Ausschwenken des Zählwerkes zu Beginn eines neuen Arbeitstaktes werden zeitgleich die vorgefallenen Übergabe-Zahnschienen (2) und die Zehnerschaltklinken (1) durch Spannhebel wieder in die Grundstellungen gebracht.

Die Zählräderbelegungen einer Maschine ohne Saldofunktion:

Beispiel: Plusrädersatz / Minusrädersatz

1. Grundstellung	:	0000000000	9999999999
2. Addition	+ 12	: 0000000012	9999999987
3. Subtraktion	- 13	: 9999999999	0000000000

3.5 Abfragen des Rechenwerkes:

Über die Funktionstasten

Zwischensumme \diamond oder Endsumme *

kann der Inhalt des Rechenwerkes abgefragt werden (Abb. 10).

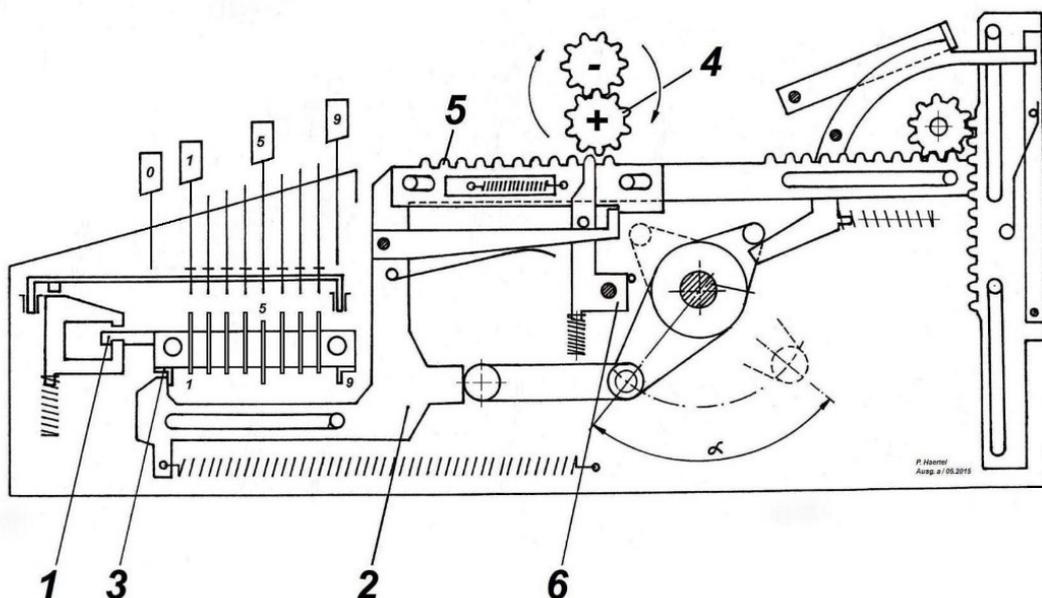


Abb. 10:
Zwischen- und Endsumme

Zwischensumme: Mit dem Drücken der Zwischensummentaste wird der Stiftschlitten (1) um einen halben Schritt verstellt, so dass die Einlagerer (2) durch Schlitze in der kammartig ausgebildeten Nullenleiste (3) freigegeben werden. Gleichzeitig wird der Plusrädersatz des Rechenwerkes (4) in die Übergabe-Zahnschienen (5) eingeschwenkt. Damit kann der gespeicherte Wert beim Vorlauf der Rechenmechanik ausgerollt werden. Hierbei werden die Zählräder des Rechenwerkes in den Nullstellungen blockiert, wenn die Zehnerschaltnocken gegen die Zehnerschaltnocken (6) schlagen, die in dieser Funktion blockiert sind.

Nach dem Ausdrucken wird der Wert beim Rücklauf der Rechenmechanik wieder in den Plusrädersatz (4) eingerollt, der Stiftschlitten (1) in Grundstellung gebracht und die Blockierung der Zehnerschaltnocken (6) aufgehoben.

Endsumme: Die Funktionsabläufe sind im Wesentlichen gleich. Lediglich der für den Summenausdruck auf 0 gesetzte Plusrädersatz (4) wird beim Rücklauf der Rechenmechanik ausgeschwenkt und nimmt den Wert nicht wieder auf.

3.6 Schreiben von Hinweiszahlen:

Mit dem Drücken der Nichtrechentaste wird eine zuvor eingegebene Zahl zur *Hinweiszahl*. Sie wird mit der Kennzeichnung # ausgedruckt, rechnerisch aber nicht verarbeitet.

Mit der Nichtrechentaste ist eine Sperrfunktion gekoppelt, die das Einschwenken des Zählrädersatzes (4) in die Übergabe-Zahnschienen (5) verhindert (s. Abb. 10).

-

Informationen aus dem *Handwerkmuseum des Lilienhofes*
in Lilienthal-Worphausen

Text und Abbildungen:

Peter Haertel, Lilienthal,

Mitglied / member of

IFHB Internationales Forum Historische Bürowelt

Copyright © Peter Haertel 2021