

Peter Haertel

Die Klassifizierung mechanischer Rechenmaschinen

**The classification of
mechanical calculating machines**



Teil 7 / Part 7:

**Zähl- und Rechenwerke
Counting registers and arithmetic units**

Lilienthal,
Januar 2015

Kurzfassung veröffentlicht 2013/14 von
IFHB
- Internationales Forum Historische Bürowelt e.V. -

Short version published in 2013/14 by
IFHB
- Internationales Forum Historische Bürowelt e.V. -

Vollversion Veröffentlichung 2015 im
Rechnerlexikon
Die große Enzyklopädie des mechanischen Rechnens

Full version published in 2015 by
Rechnerlexikon
Die große Enzyklopädie des mechanischen Rechnens

Titelseite / Frontpage:
Astra Klasse 0,
SN 61783

Copyright © 2015 Peter Haertel

Teil 7: Zähl- und Rechenwerke / <i>Counter and arithmetic units</i>		
	Inhaltsverzeichnis / <i>Contents</i>	Seite <i>Page</i>
		3
1	Einführung	6
1.1	Definition Zählwerk, Rechenwerk, Rechenmechanik	6
1.2	Definition „Direkte Subtraktion“	7
1.3	Definition Addiermaschine - Saldiermaschine	7
1.4	Anmerkungen zum Saldieren	7
2	Zählwerke	9
2.1	Allgemein	9
	<i>Begriffe und Beispiele zur Klassifizierung der Zählwerke</i>	
2.2	Zählwerke der Einspezies-Maschinen	10
2.2.1	mit einem schwenkbaren Zählrädersatz	10
2.3	Zählwerke der Zweispezies-Maschinen	11
2.3.1	zwei schwenkbare Zählrädersatz	11
2.3.2	ein feststehender Zählrädersatz mit Plus-/ Minus-Zwischenrädern	13
2.3.3	ein schwenkbarer Zählrädersatz in einer Rechenwerkskassette	14
2.3.4	Einschwenken eines Zählrädersatzes beim Vor- oder Rücklauf der Rechenmechanik	15
2.4	Zählwerke der Duplex-Maschinen	16
2.5	Sonderformen der Zählwerke	16
2.5.1	für nichtdezimales Rechnen	17
2.5.2	mit zusätzlichen Ziffernrollen	19
3	Aufbau der Rechenwerke	21
3.1	Allgemein	21
	<i>Begriffe und Beispiele zur Klassifizierung des Rechenwerk-Aufbaus</i>	
3.2	Verbundrechenwerke	21
3.3	Kompaktrechenwerke	22

4	Funktionen nicht saldierender Rechenwerke	23
4.1	Allgemein	23
	<i>Begriffe und Beispiele zur Klassifizierung nicht saldierender Rechenwerke</i>	
4.2	Verbundrechenwerke	23
4.3	Kompaktrechenwerke	25
4.3.1	mit Ziffernrollen	25
4.3.2	mit Mehrfach-Zählrollen	26
4.3.2.1	und Zehner-Übertragskurven	26
4.3.2.2	und Zehner-Übertragsnocken	27
4.4	Horizontal- und Vertikal-Rechenwerke	28
5	Funktionen saldierender Rechenwerke	29
5.1	Allgemein	29
	<i>Begriffe und Beispiele zur Klassifizierung saldierender Rechenwerke</i>	
5.2	mit zwei Zählrädern	29
5.2.1	Zehnerringschaltung	28
5.2.2	Kapazitätsüberschreitung	31
5.3	mit einem feststehenden Zählrädern	31
5.3.1	Zehnerringschaltung	32
5.4	mit einem schwenkbaren Zählrädern in einer Rechenwerkskassette	33
5.4.1	Zehnerringschaltung	34
6.	Rechenmechanik ohne Saldo-Funktion	36
6.1	Allgemein	36
	<i>Begriffe und Beispiele zur Klassifizierung einer Rechenmechanik</i>	
6.2	Werteeingabe	36
6.3	Vorlauf zur Werteinlagerung	37
6.4	Ausdruck des Eingabewertes	37
6.5	Einlagerung des Rechenwertes	39
6.6	Zwischensumme	39
6.7	Endsumme	40
6.8	Schreiben von Hinweiszahlen	41

7	Rechenmechanik mit Saldo-Funktion	42
7.1	Allgemein	42
	<i>Begriffe und Beispiele zur Klassifizierung einer saldierenden Rechenmechanik</i>	
7.2	mit zwei Zählrädern	42
7.2.1	Zwischen- und Endsumme	42
7.3	bei einem feststehenden Zählrädern	43
7.3.1	Einlagerung des Rechenwertes	43
7.3.2	Zwischen- und Endsumme	44

1. Einführung:

Teil 7 der „Klassifizierung mechanischer Rechenmaschinen“ behandelt die Zähl- und Rechenwerke der Addier- und Saldiermaschinen und ihr Zusammenwirken mit anderen Mechanismen für die wichtigsten Funktionsabläufe.

Zähl- und Rechenwerke stellen hohe Ansprüche an die Betriebssicherheit und waren immer wieder eine Herausforderung für die Konstrukteure. In vielen Fällen führte es dazu, betriebssichere und kostengünstige Lösungen zu übernehmen. In der Regel geschah dies mit rel. kleinen Anpassungen an die Mechanik einer neuen Maschine.

Dieses Vorgehen erklärt auch das auffallend häufige Auftauchen gleicher oder sehr ähnlicher konstruktiver Lösungen bei vielen Fabrikaten, so dass bei dem Großteil aller Maschinen schon von *Standardlösungen* gesprochen werden kann.

Zur besseren Unterscheidung wiederholt verwendeter, wichtiger Begriffe wird deren Definition voranzustellen.

1.1 Definition Zählwerk, Rechenwerk, Rechenmechanik

Zählwerk:

Zählrädersatz inkl. seiner Lagerung und der Mechanik zur Einkopplung in Zahnstangen oder -segmente. Das Zählwerk ist Teil eines Rechenwerks.

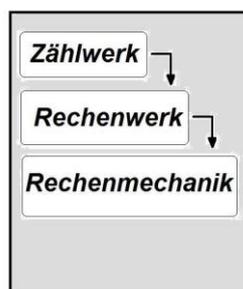
Rechenwerk:

Einrichtungen zur Addition oder Subtraktion eingegebener Zahlenwerte.

Bestandteile sind Zählwerke einschließlich der Mechanismen zur Zehnerübertragung und Saldofunktion. Das Rechenwerk ist Teil der Rechenmechanik.

Rechenmechanik:

Mechanismen für Eingabe, Verarbeitung (Addition, Subtraktion, Speicherung) und Ausgabe der Zahlenwerte.



Struktur der rechnenden Mechanik

1.2 Definition „Direkte Subtraktion“

Direkte Subtraktion bedeutet, dass der Rechengang auf direktem Wege erfolgt und keine Vorbehandlung der Operanden durchzuführen ist (wie z. B. bei der *indirekten Subtraktion*; hier werden Komplementzahlen ermittelt und addiert).

1.3 Definition Addiermaschine - Saldiermaschine

Einspezies-Addiermaschine:

nur Addition; Subtraktion als Hilfslösung nur indirekt durch Addition des Komplementwertes.

Zweispesies-Addiermaschine:

für Addition und direkte Subtraktion nur bis 0. Bei Unterschreitung der Kapazität von Plus zu Minus wird bei einem Summenzug die Komplement-Summe ausgegeben.

Zweispesies-Saldiermaschine:

für Addition und direkte Subtraktion auch unter 0. Bei einem Summenzug wird die tatsächliche Plus- oder Minus-Summe ausgewiesen.

1.4 Anmerkungen zum Saldieren

In der Buchführung ist der Saldo die Differenz zwischen der Soll- und Habenseite eines Kontos. Eine Aussage, ob es sich um eine Plus- oder Minus-Differenz handelt, ist hiermit nicht verbunden.

Dieser Definition entsprechen auch die Formulierungen des Fachnormenausschusses für Bürowesen im DNA mit Erstellung der DIN 9751 „*Rechenmaschinen, Begriffe*“:

- Blatt 3 / Ausgabe Oktober 1958:

Saldieren: Darstellen auch eines negativen Rechenergebnisses als absolute Zahl mit Minus-Kennzeichnung

- Blatt 2 / Ausgabe Januar 1971:

Saldieren: Vorgang im Rechnungswesen, bei dem aus beliebigen Zahlen durch Addieren oder Subtrahieren eine Summe oder Differenz (Saldo) gebildet wird.

Im früheren Sprachgebrauch der Büromaschinenbranche und in der Fachliteratur für mechanische Rechenmaschinen jedoch hat das *Saldieren* immer nur die Bedeutung einer Unter-Null-Rechnung, bei der das Rechenergebnis als absolute Zahl mit Minuszeichen dargestellt wird.

Für saldierende Zweispezies-Maschinen werden die nachfolgenden Bezeichnungen gebraucht:

- *Saldiermaschine*
- *saldierende Addiermaschine*
- *Addier- und Saldiermaschine* (Abb. 1)

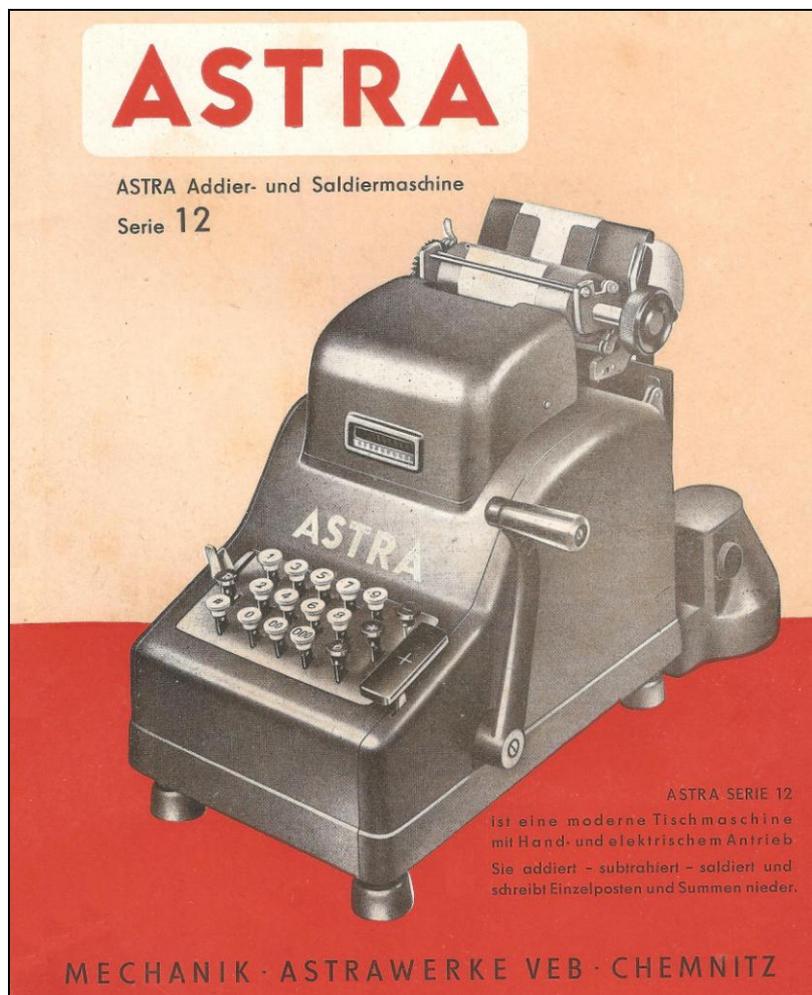


Abb. 1:
Addier- und Saldiermaschine der
Mechanik Astrawerke VEB, Chemnitz

2. Zählwerke

2.1 Allgemein

Beschrieben werden zum einen Zählwerke, die zur Kategorie der so genannten *Standardlösungen* gehören. Die Zählwerke bestehen aus einem oder zwei Zählrädern. Die Anzahl der Zählräder eines Zählrädernsatzes entspricht der Ausgabekapazität der Maschine.

Zum anderen werden einige spezielle Ausführungen nach Patenten der Hersteller Odhner und Burroughs beschrieben.

Bei den Maschinen für dezimales Rechnen hat jedes Zählrad zehn bzw. ein Mehrfaches von zehn Zähnen. Jeweils einer von zehn Zähnen trägt den Schalteknocken für das Auslösen eines Zehnerübertrags. Dieser Vorgang erfolgt in der Regel außerhalb des Zählwerkes, die zugehörige Mechanik ist Teil des übergeordneten Rechenwerkes.

Zählräder mit abweichenden Zähnezahlen kommen vor bei Maschinen für nichtdezimales Rechnen. Beispiele sind Währungsrechner (alte Sterling-Währung) oder Zeitrechner.

Ein Klassifizierungsschema der Zählwerke ergibt sich aus

- dem Einsatz in Ein- oder Zweispezies-Maschinen
- der Anzahl eingesetzter Zählrädernsätze
- den unterschiedlichen Konstruktionsmerkmalen

Anzahl der Zählrädernsätze		Bemerkung
	Zählwerke der Einspezies-Maschinen	
1	schwenkbarer Zählrädernsatz	Standardlösung
	Zählwerke der Zweispezies-Maschinen	
2	zwei Zählrädernsätze in einer schwenkbaren Halterung	Standardlösung
1	feststehender Zählrädernsatz mit Plus-/ Minus-Zwischenrädern	Odhner-Patent SE91280, 1935
1	schwenkbarer Zählrädernsatz in einer Rechenwerkskassette	Odhner-Patent SE196230, 1960
1	Einschwenken eines Zählrädernsatzes beim Vor- oder Rücklauf der Rechenmechanik	Burroughs Klasse 9, Zweispezies-M.

Unterscheidungsmerkmale der Zählwerke

*Begriffe und Beispiele zur Klassifizierung
der Zählwerke*

**2.2 Zählwerke der
Einspezies-Maschinen**



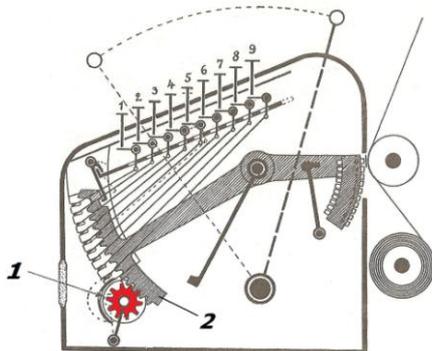
Beispiel:
Addiermaschine der Wanderer-Werke
AG. mit nur einem Zählwerk:
Modell Continental 8

bestehen aus einem Zählrädersatz. Die Einlagerung der Rechenwerte erfolgt in der Regel beim Rücklauf der Rechenmechanik.

Anmerkung:
Hersteller einfacher Einspezies-
Maschinen waren u. a.

- Adwel
- Aldo Bona
- Astra
- Burroughs
- Corona
- Dacometer
- Dalton
- GIM
- Monarch
- Remington
- Victor
- Wanderer / Continental

**2.2.1 mit einem schwenkbaren
Zählrädersatz**



Beispiel: Zählrädersatz der
Burroughs Einspezies-Maschinen
Klasse 1

Das früheste Beispiel liefern die Burroughs-Maschinen der Klasse 1 ab 1895¹.

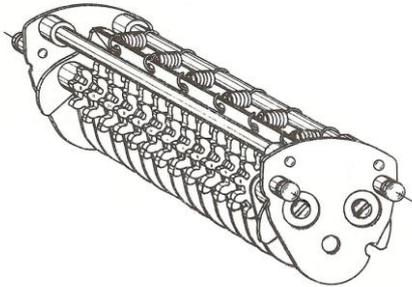
Der Rädersatz (1) entspricht dem Plus-Rädersatz der Zweispezies-Maschinen. Er wird beim Rücklauf der Rechenmechanik in die Zahnsegmente (2) eingeschwenkt.

Anmerkung:

Die simple Anordnung eines Zählrädersatzes wurde von zahlreichen Herstellern der Einspezies-Maschinen übernommen und damit zur Standardlösung.

¹ United States Patent and Trademark Office, Patentschriften No. 388116 u. 388118 v. 21. Aug. 1888;
Deutsches Kaiserliches Patentamt, Patentschrift Nr. 77068 v. 13. Sept. 1893

2.3 Zählwerke der Zweispezies-Maschinen



Beispiel:
Zählwerk der Walther-Saldiermaschine S12 mit zwei Zählrädern

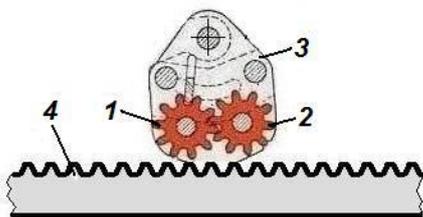
bestehen aus einem oder zwei Zählrädern.

Die Einlagerung der Rechenwerte erfolgt in der Regel beim Rücklauf der Rechenmechanik.

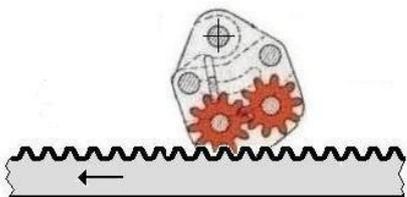
Einlagerungen beim Maschinenvorlauf - Burroughs Klasse 9 nutzt z. B. den Vorlauf für die Subtraktion - sind eher die Ausnahme.

2.3.1 Zwei schwenkbare Zählrädern

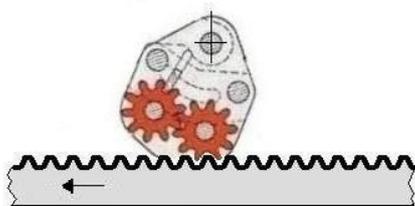
Beispiel 1:
in Verbindung mit Zahnstangen;



a) Grundstellung, kein Zählrädern im Eingriff



b) Addition, Plus-Rädern im Eingriff



c) Subtraktion, Minus-Rädern im Eingriff

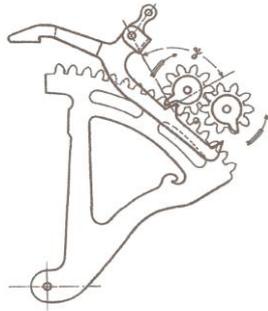
Das Zählwerk besteht aus einem Plus-Rädern (1) und einem Minus-Rädern (2), die über ihre Verzahnung gekoppelt sind.

Die Auswahl eines Rädern erfolgt über die Plus- und Minus-Funktionstasten, auch Postensteuerung genannt.

Die Rädern werden gemeinsam in einer schwenkbaren Halterung (3) gelagert, die zum Einkoppeln eines Rädern in die Zahnstangen (4) bei vielen Konstruktionen auch eine zusätzliche Vertikalbewegung ausführt.

Einlagerung der Rechenwerte auch hier beim Rücklauf (s. Pfeilrichtung) der Rechenmechanik. Dies gilt für

- nicht druckende Maschinen
- druckende Maschinen; der Abdruck der Rechenwerte erfolgt vorab am Ende des Vorlaufs der Rechenmechanik.



Beispiel 2:
in Verbindung mit Zahnsegmenten;
hier Astra Modell B von 1924.



Beispiel:
Astra Modell B, SN 1785

In der Grundstellung - keine Werte im Rechenwerk - stehen die Plusräder auf 0 und die Minusräder auf 9.

Anmerkungen:

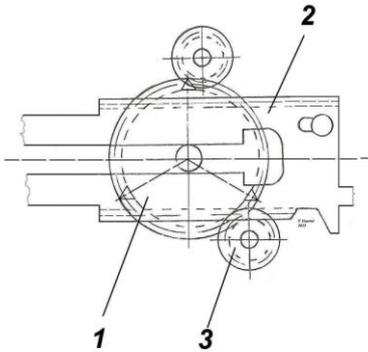
1. John E. Greve, Konstrukteur der Astra-Maschinen, setzte zwei schwenkbare Zählrädersatzes bereits ab dem Modell B ein².

Das Umschwenken des beschrifteten Zählräder-Gehäuses wird vorteilhaft als Statusanzeige der Additions- oder Subtraktions-Funktion ausgenutzt.

2. Standardlösung vieler Maschinen mit oder ohne Saldofunktion. Für Jahrzehnte war es der Stand der Technik. Alle Anwender haben maschinenspezifische Anpassungen eingebracht, die einander ähneln, das Prinzip grundsätzlich aber nicht änderten.

² Deutsches Reichspatentamt, Patentschrift Nr. 378078 v. 13. Sept. 1921

2.3.2 Ein feststehender Zählrädersatz mit Plus -/ Minus- Zwischenrädern



Zählwerks-System Odhner,
Anordnung der einzelnen Zählräder
zwischen den Zahnstangen.



Beispiel:
Odhner Modell X11 C-6 mit
feststehendem Zählrädersatz

Patentierter Konstruktion von 1935 des schwedischen Herstellers Odhner³. Hauptteil des Zählwerks ist ein Zählrädersatz, dessen Zählräder (1) auf einer gemeinsamen Achse zwischen den einzelnen Zahnstangen (2) angeordnet sind.

Die Verbindung der Zählräder zu den Zahnstangen wird durch zwei einschwenkbare Zwischenrädersatz (3) hergestellt, deren Ansteuerung durch die Plus- oder Minus-Taste erfolgt.

Anmerkungen:

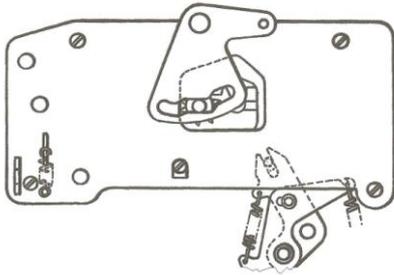
1. Die Konstruktion wurde in zahlreichen Odhner-Modellen eingesetzt, Beispiele sind X 11 C-6 und X 9 C-7.

2. Bei diesen Maschinen handelt es sich um so genannte Rundläufer; hier dreht sich die Hauptachse bei jedem Arbeitsgang um 360°. Die Rechenfunktionen werden über Kurvenscheiben gesteuert⁴.

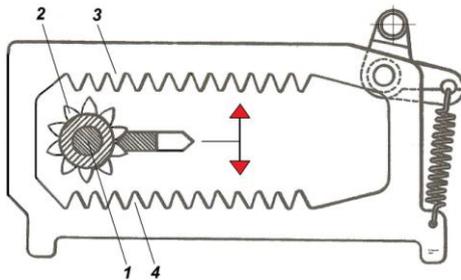
³ Schwedisches Patent- und Registrieramt, Patentschrift Nr. 91280 v. 21. Dez. 1935, Erfinder: Gustav Vilhelm Liljeström

⁴ vgl.: „Der Rechenvorgang bei einer Odhner X11 C-6“ in: *Der Büromaschinenmechaniker*, Heft 122 / 1968, S. 230f und Heft 123 / 1968, S. 250ff

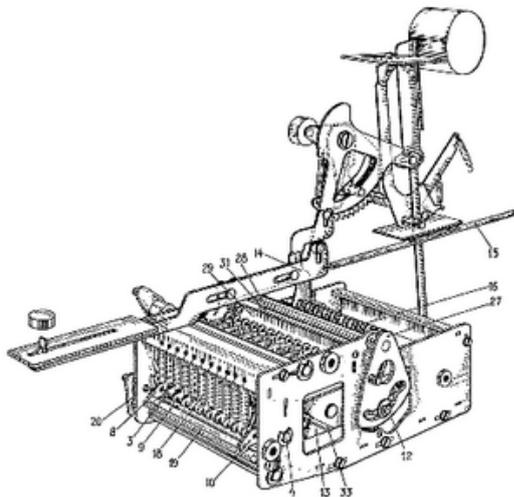
2.3.3 Ein schwenkbarer Zählrädersatz in einer Rechenwerkskassette



Beispiel:
Seitenansicht der geschlossenen Kassette



Beispiel:
Zählrädersatz in Mittelstellung



Anordnung nach Patentschrift
SE196230 von 1960

Das System ist eine Erfindung des schwedischen Konstrukteurs Sven Leopold Almvide, Patentinhaber die Firma AB Original-Odhner, Göteborg⁵.

Hier wurde das Zählwerk dekadenweise in kassettenähnlichen Einheiten unterteilt. Alle Zählräder liegen auf einer gemeinsamen Achse (1). Diese ist vertikal verstellbar, so dass die Zählräder (2) in eine obere Plus-Zahnstange (3) und eine untere Minus-Zahnstange (4) eingreifen. In seiner Grundstellung liegt der Rädersatz mittig zwischen den Zahnstangen.

Beim Einrollen von Plus-/ und Minus-Werten pendeln die Zählräder - gemeinsam mit der zugehörigen Steuermechanik für den Zehnerübertrag - zwischen den beiden Zahnstange hin und her.

Anmerkungen:

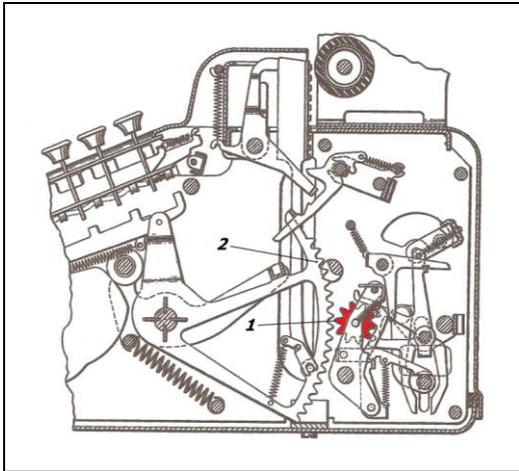
1. Ein besonderer Vorteil der Konstruktion liegt in seinen kleinen Abmessungen und einer geringen Bewegungsmasse mit kurzen Schaltbewegungen für schnelle und sichere Rechenoperationen.

2. Zum Zeitpunkt der Patentierung war dieser Lösungsansatz nicht ganz neu. Eine vergleichbare Konstruktion wurde der US-Firma Rockford Milling Machine Co. bereits 1924 patentiert und in den Sundstrand-Maschinen realisiert⁶.

⁵ Schwedisches Patent- und Registrieramt, Patentschrift Nr. 196230 v. 06. April 1960; United States Patent and Trademark Office, Patentschrift No. 3078038 v. 19. Febr. 1963

⁶ Deutsches Reichspatentamt, Patentschrift Nr. 445537 v. 01. Juli 1924

2.3.4 Einschwenken eines Zählrädersatz beim Vor- oder Rücklauf der Rechenmechanik



United States Patent and Trademark Office, Patentschrift No. 1.853.053 v. 12. April 1932



Beispiel:
Zweispesies-Maschine Modell 90801 der Burroughs Portable Klasse 9 (nicht saldierend⁷)

Der Amerikaner Allen A. Horton erhielt 1932 ein Patent für eine Zweispesies-Maschine, bei der ein Zählrädersatz (1) wahlweise beim Vor- oder Rücklauf der Rechenmechanik in Zahnsegmente (2) eingeschwenkt wird.

Bei der Addition (Einrollen eines Rechenwerts) geschieht dies im Rücklauf, bei der Subtraktion (Ausrollen eines Rechenwerts) im Vorlauf.

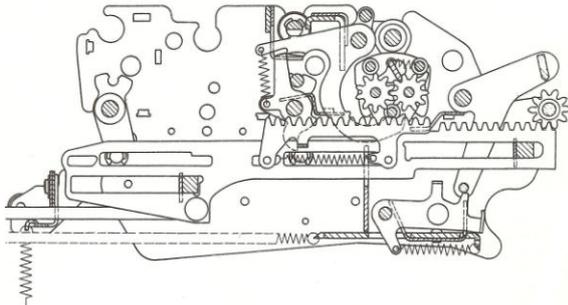
Anmerkung:

Eingesetzt wurde die Konstruktion ab 1926 bei den Burroughs Maschinen der Klasse 9:

Modell	Kapazität	Bemerkung
90801	8 x 8	Handantrieb
90802	8 x 8	Handantrieb, Breitwagen
90851	8 x 8	E-Antrieb
91020	7 x 7	Handantrieb, Datumsdruck
91051	10 x 10	E-Antrieb

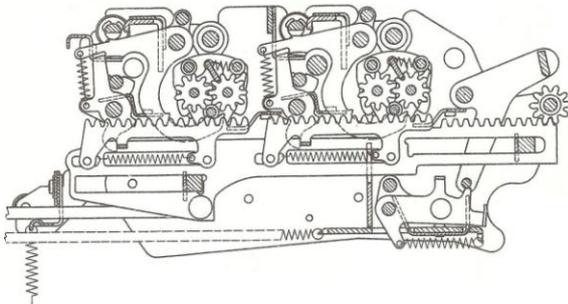
⁷ vgl.: Internationales Forum Historische Bürowelt IFHB (Hg.): Rechenmaschinen-Lexikon: Burroughs Klasse 9, Eintrag Hans Frank, 04/2001

2.4 Zählwerke der Duplex-Maschinen



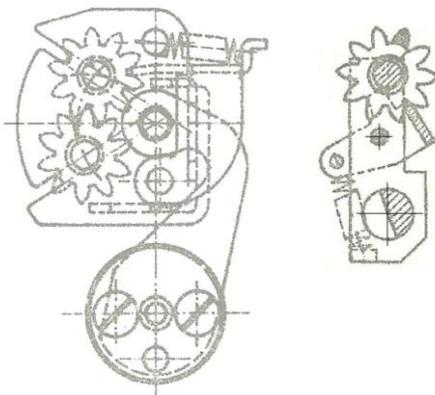
Beispiel:

Walther Saldiermaschine S 12
(Basismaschine) mit Einbaumöglichkeit für ein zweites Zählwerk.



Beispiel:

Walther Duplexmaschine DS12 mit zwei baugleichen Zählwerken.



Beispiel:

Rokli-Modell Duplex 221 mit unterschiedlichen Zählwerken:
links : Zählwerk I (Hauptzählwerk)
rechts: Zählwerk II (Zusatzzählwerk)

Der mechanische Aufbau und die Funktion der Zusatz-Zählwerke entsprechen vielfach dem Hauptzählwerk, ganze Modellreihen wurden mit baugleichen Zählwerken ausgestattet.

Beispiel:

Das Zählwerk der Walther-Saldiermaschine S 12 wurde zweimal in die aus diesem Modell abgeleiteten Duplex-Modelle

- DS 12
- DS 124
- DS 132
- DS 224
- DS 232

eingebaut.

Dazu gab es Maschinen mit unterschiedlichen Zählwerken wie z. B. das Rokli-Modell Duplex 221:

Zählwerk I (Hauptzählwerk) hat zwei Zählwerks-Rädersätze und Saldofunktion; Zählwerk II mit nur einem Rädersatz kann nur addieren.

Der Inhalt des Zählwerkes II kann wahlweise als Plus- oder Minus-Wert in das Zählwerk I übertragen werden.

Anmerkungen:

1. Die Mehrfachverwendung der Zählwerke gilt auch für die Triplex-Maschinen.
2. Ein weiterer Einsatz der Zählwerke waren die Speicherwerke.

2.5 Sonderformen der Zählwerke

gehörten in der Regel nicht zur Standard-Produktion. Die Sondermaschinen liefen als Kleinserien, brachten aber gute Deckungsbeiträge.

2.5.1 für nichtdezimales Rechnen

Sterling-Währung bis 1971:

1 Pfund Sterling = 20 Schilling

1 Schilling = 12 Pence

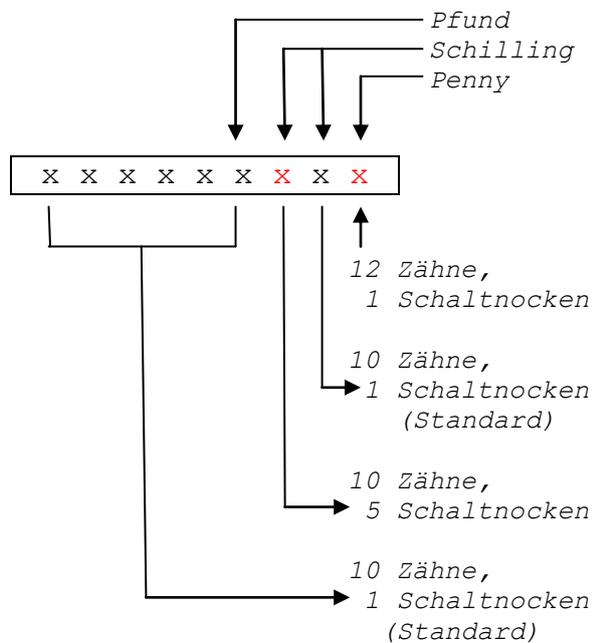
1 Pfund Sterling = 240 Pence

Abkürzungen:

£ = Pfund

s = Schilling

d = Pence



1. Anwendungsbeispiel:

Rechnen mit der alten englischen Sterling-Währung

Bei der Addition und / oder Subtraktion von Pfunden, Schillingen und Pennies gibt es in der ersten und dritten Dekade keinen Zehnerübertrag; die Auslösung eines Übertrags erfolgt in der ersten Dekade bei dem Wert 12, in der dritten bei dem Wert 2.

Rechenbeispiel:

	2 £	17 s	3 d
+	1 £	12 s	11 d
+		04 s	9 d
<hr/>			
=	4 £	14 s	11 d

Wichtig ist, dass einem einstelligen Schilling-Betrag eine 0 vorangestellt wird.

Anmerkungen:

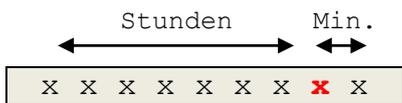
1. Die Dateneingabe erfordert immer eine Sondertastatur⁸.

2. Bei den Sondermaschinen für die alte englische Währung können in der Regel die drei rechten Zählwerksstellen abgeschaltet werden. Mit reduzierter Rechenkapazität arbeitet die Maschine dann im Dezimalsystem.

3. Mit einem Vierspezies-Rechner ohne Sondereinrichtung ist es auch möglich, Pfunde, Schillinge und Pennies zu addieren. In einem ersten Schritt werden die Werte gleicher Währungseinheiten wie einfache Zahlen getrennt addiert. Im zweiten Schritt werden dann die Pennies in Schillinge und die Schillinge in Pfunde umgewandelt⁹.

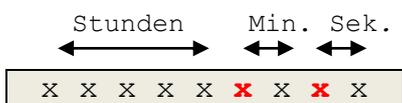
⁸ vgl.: Die Klassifizierung mechanischer Rechenmaschinen, Teil 6, Sondertastaturen, Abs. 3.4.3.4 und 3.5.7.2

⁹ vgl.: Der Büromaschinen-Mechaniker, Heft 12, Hamburg 1960, S. 111f



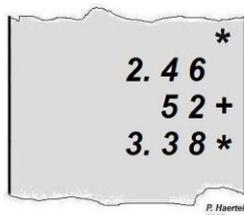
Übertrag nach
Überschreiten
des Wertes 6

Beispiel 1:
Neunstelliges Zählwerk für die
Addition von Stunden und Minuten:

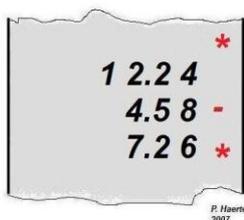


Übertrag nach
Überschreiten
des Wertes 6

Beispiel 2:
Neunstelliges Zählwerk für die
Addition von Stunden, Minuten und
Sekunden:



Beispiel 3:
Ausdruck bei Addition
2 h 46 min.
plus 52 min.



Beispiel 4:
Ausdruck bei Subtraktion
12 h 24 min.
minus 4 h 58 min.

2. Anwendungsbeispiel:

*Zeiterfassungen in
Minuten- oder Sekunden-
Genauigkeit.*

Dienststellen der Luftwaffe
der Deutschen Bundeswehr
arbeiteten z. B. mit Rechnern
zur Erfassung der Flugzeiten
der Maschinen.

Bei einer Addition oder auch
Subtraktion von Stunden und
Minuten erfolgt eine nicht-
dezimale Übertragung in der
zweiten Dekade, wo das Zählrad
nach Überschreitung des Wertes
6 einen Übertrag auslöst.

Sollen Zeiten mit Sekunden-
genauigkeit erfasst, so
erfolgt ein nichtdezimaler
Übertrag in der zweiten und
vierten Dekade.

Anmerkungen:

1. Die Eingabe eines Minuten- oder
Sekundenwertes kann wahlweise in
einer oder auch zwei Dimensionen
erfolgen. Zu beachten ist hierbei,
dass max. zweistellige Werte
eingegeben werden.

Beispiel: 1 h 12 min.

Eingabemöglichkeit a) **1.12** oder
Eingabemöglichkeit b) **72**

2. Hersteller so genannter „Zeit-
rechner“ waren u. a.:

- Olympia-Werke AG.;
Basis waren Zweispezies-Maschinen
der Modellreihe AE (vierte Baureihe
D4, produziert von 1967-1974).

- Original-Odhner AB;
Basis waren Serienmodelle wie
X 11 C-6 oder X 9 C-7
Die Zählwerks-Zählräder dieser
Serienmaschinen haben 30 Zähne mit
jeweils 3 Zehnerschaltnocken für das
dezimale Rechnen (vgl.: Abs. 2.3.2).

Hier bot es sich an, in den nicht-



Beispiel:
Olympia-Modell AE 9 D/60/60 (2183-060) für das Addieren von Minuten und Sekunden.

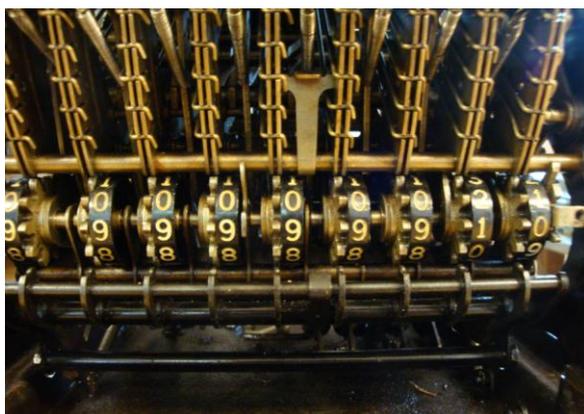
dezimalen Dekaden Zählräder mit 5 Zehnerschaltnocken einzusetzen, so dass ein Übertrag bereits bei Überschreiten des Wertes 6 erfolgt.

3. Sondertastaturen waren bei den Zeitrechnern nicht erforderlich.

4. Olympia-Zeitrechner wurden auch dem Vermessungswesen für das Berechnen von Altgrad, Grad-Minuten und Grad-Sekunden angeboten

(vgl.: *Der Büromaschinenmechaniker*, Heft 116, Juni 1968, S. 114).

2.5.2 mit zusätzlichen Ziffernrollen



Beispiel:
Burroughs Klasse 1 mit Gehäuse-Frontscheibe für das direkte Ablesen des Rechenwertes am Zählwerk. So können jederzeit Zwischensummen ohne Ausführung der entsprechenden Funktion abgelesen werden.

Die Möglichkeit, bei schreibenden Rechnern ein Resultat auch ohne Ausdruck zu erhalten, war für viele Anwender von einiger Bedeutung. Nicht immer wurde ein Rechenbeleg benötigt.

Bei großvolumigen Maschinen wie z. B. den Burroughs-Maschinen der Klasse 1 und 2 war es leicht möglich, zusätzliche Ziffernrollen an den Zählrädern zu befestigen.

Bei Maschinen mit kompakten Zählwerken (Beispiel: Olympia-Werke) verbinden zusätzliche Zwischenräder die Zählräder mit den Ziffernrollen.

Anmerkungen:

1. Diese feste Kopplung der Zählräder mit den Ziffernrollen ist nicht zu verwechseln mit den sogenannten „Ziffernrollen-Rechenwerken“, die bevorzugt bei Kleinrechnern wie z. B. Regina, Resulta oder Summira eingesetzt werden.

Auch hier liegen Zählräder und zugeordnete Ziffernrollen gemeinsam auf einer Achse, jedoch verbunden durch den Mechanismus der Zehnerübertragung (siehe Abs. 4.3.1).

3. Aufbau der Rechenwerke

3.1 Allgemein

Hauptbestandteile eines Addiermaschinen-Rechenwerks sind das Zählwerk und der Mechanismus für die Zehnerübertragung, bei einer Saldiermaschine kommen Teile für die Saldofunktion hinzu.

Der Zehnerübertrag wird immer automatisch ausgeführt. Wird die Funktion manuell durchgeführt, so sprechen wir von einer Rechenhilfe.

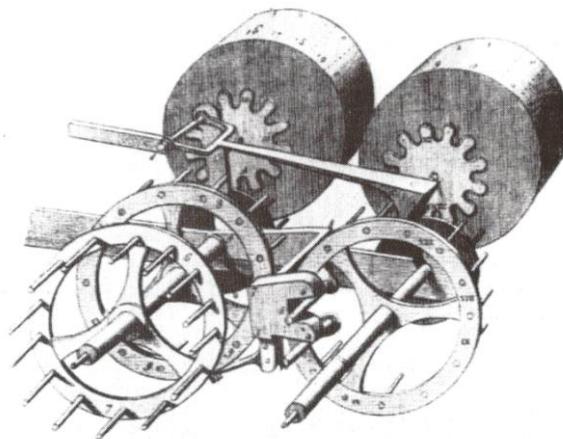
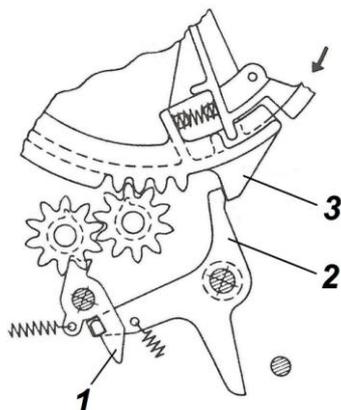


Abb. 2: Teilansicht Blaise Pascals „Pascaline“ von 1642, frühes Beispiel einer Zehnerübertragung.

Begriffe und Beispiele zur Klassifizierung des Rechenwerke-Aufbaus

3.2 Verbundrechenwerke

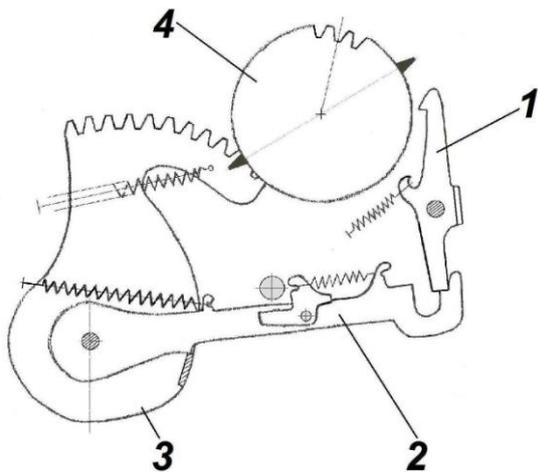


Beispiel:
Olympia Modell AM,
Zählwerk mit zwei Zählrädern
und externer Zehnerübertragung

Ein Verbundrechenwerk entsteht durch das Zusammenwirken von Zählwerk und Zehnerübertragung.

Wichtige Funktionsteile einer Zehnerübertragung sind Zehnerschaltklinke (1), Stützhebel (2) und Übergabelemente wie Zahnsegmente (3) oder Zahnstangen.

Bei den einzelnen Fabrikaten bzw. Konstruktionen ist der jeweils umbaute Raum für Zählwerk mit Zehnerübertragung unterschiedlich groß.



Beispiel:

Add Index¹¹-Addiermaschine:

1. Zehnerschaltklinke
2. Stützhebel
3. Zahnsegment
4. Zählwerk; Zählräder mit 20 Zähnen und 2 Zehnerschaltnocken.

Speziell die vielen Varianten zur Zehnerübertragung bilden in ihrer räumlichen Anordnung keine klar abgegrenzten Teilgruppen.

Die durch den Verbund beider Teilgruppen gebildeten Funktionsgruppen sind somit wenig kompakt und auch als komplette Einheit nicht austauschbar.

Anmerkung:

1. In Abhängigkeit von Maschinenart und Konstruktion (Fabrikat)

- arbeiten die Zahlwerke mit einem oder zwei Zählrädern

- arbeiten die Zählräder der Zahlwerke mit unterschiedlich vielen Zähnen und Zehnerschaltnocken.

3.3 Kompaktrechenwerke



Beispiel:

Kleinrechenmaschine Regina Modell K mit Kompaktrechenwerk.

bestehen aus den Zahlwerken mit einem oder zwei Zählrädern plus einer integrierten Zehnerübertragung.

Die Bauteile zusammen bilden eine kompakte Funktionsgruppe.

Anmerkung:

Einsatz vorrangig bei den nicht saldierenden Kleinrechenmaschinen wie z. B.

- Regina
- Resulta
- Summira

¹¹ ab 1934 Herstellung und Vertrieb durch R.C. Allen Calculators Inc. in Grand Rapids, Michigan/ U.S.A.

4. Funktionen nicht saldierender Rechenwerke

4.1 Allgemein

Das Rechenwerk ist eine Einrichtung zur Durchführung von Rechenoperationen¹².

Wichtige Funktion ist die Zehnerübertragung, bei der bei Überschreiten der Kapazität einer Zählstelle nach oben oder unten eine Zählseinheit in entsprechendem Zähl Sinn in die nächste Zählstelle übertragen wird¹³.

Diese Norm-Definition besagt: Wird bei einer Addition ein Rechenwerks-Zählrad von 9 auf 10 gedreht, so wird in das Zählrad der nächsthöheren Dekade der Pluswert 1 eingerollt.

Wird dagegen bei einer Subtraktion ein Zählrad von 0 auf 9 gedreht, so wird bei dem Zählrad der nächsthöheren Dekade der Minuswert 1 ausgerollt.

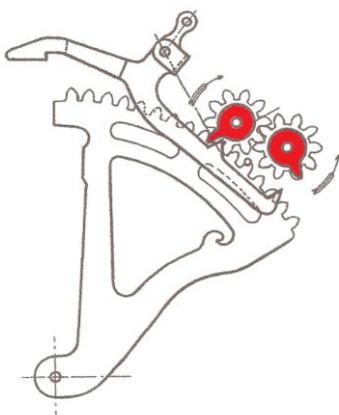
Begriffe und Beispiele zur Klassifizierung nicht saldierender Rechenwerke

4.2 Verbundrechenwerke



Beispiel:

Untergruppe Zählwerk,
Zählräder mit Zehnerschaltnocken



Die Zählräder dezimal rechnender Maschinen – die Anzahl der Zählrädersatzes spielt keine Rolle – haben in der Regel zehn Zähne, von denen einer mit etwa doppelter Dicke als Zehnerschaltnocken die Funktion der Zehnerübertragung steuert (Standardlösung).

Bei anderen Herstellern wie z. B. Astra, Burroughs oder Precisa wurden diese Schaltnocken als einfache Stanzteile ausgeführt und seitlich an die Zählräder gesetzt.

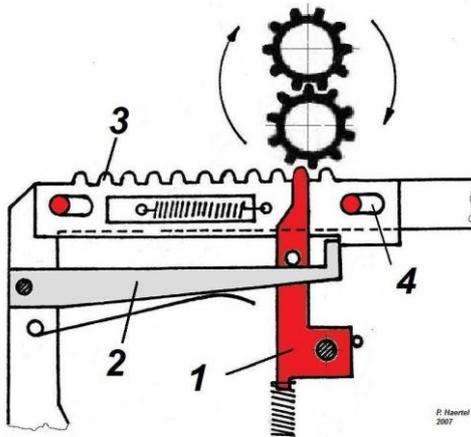
Der Zehnerübertrag wird in der Regel beim Rücklauf der Maschine durch die Zehnerschaltnocken in Verbindung mit Zehnerschaltnocken (1) durchgeführt. Diese ragen mit einem Schaltzahn zwischen den

¹² vgl.: Rechenwerk: DIN 9751, Blatt 2, S. 10 und 9763, Blatt 2, S. 11

¹³ vgl.: Zehnerübertragung: DIN 9751, Blatt 2, S. 6 und DIN 9763, Blatt 2, S. 6

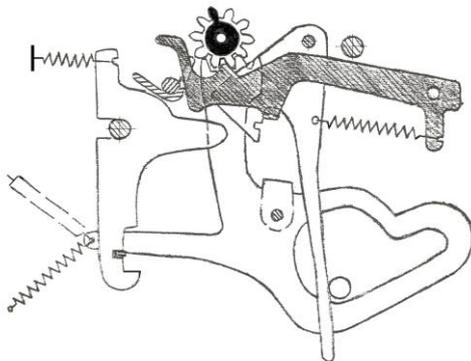
Beispiel:

Astra Modell B Zehnerübertragung,
Zählräder mit aufgesetzten
Schaltnocken.



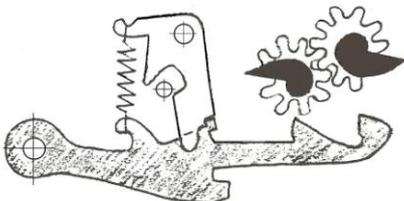
Beispiel:

Mechanik für Zehnerübertrag
unterhalb des schwenkbaren Zählwerks
(Schema).



Beispiel:

Burroughs Klasse 8 (Portable),
Zehnerübertragung, Zählräder mit
aufgesetztem Schaltnocken.



Beispiel:

Precisa Zehnerübertragung,
Zählräder mit aufgesetztem Schalt-
nocken

Übergabe-Zahnschienen (2)
hervor, werden durch Feder-
kraft in ihrer Grundstellung
gehalten und sind jeweils der
nächsthöheren Dekade
zugeordnet.

Die Addition: Beim Verdrehen
eines Zählrades vom neunten
auf den zehnten Zahn erfolgt
ein Zehnerübertrag. Hierbei
drückt der Zehnerschaltnocken
die Zehnerschaltklinke (1)
nach unten. Hierdurch wird ein
Stützhebel (2), der den An-
schlag der Übergabezahnschiene
(3) bildet, nach unten ge-
schwenkt. Diese bewegt sich
durch Federkraft in ihren
Langlöchern (4). Der zurück-
gelegte Weg entspricht einer
Zahnweite, d. h. der zusätz-
liche Wert 1 wird in das
nächsthöhere Zählrad einge-
rollt.

Mit dem Ausschwenken des Zähl-
werkes zu Beginn des neuen
Arbeitstaktes werden alle vor-
gefallenen Zahnschienen und
die Zehnerschaltklinken (1)
durch Spannhebel wieder in die
Grundstellung gebracht.

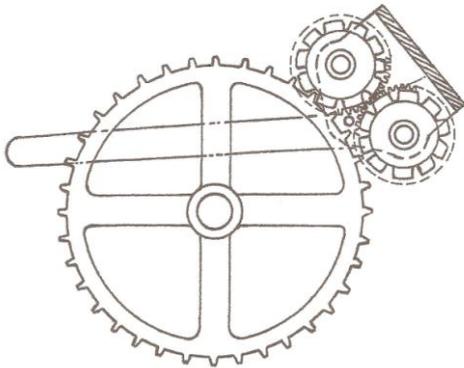
Anmerkungen:

1. Der Zehnerübertrag entfällt bei
Überschreitung der Rechenwerks-
Kapazität.

2. Die Zahnformen der Zählräder und
der aufgesetzten Schaltnocken müssen
nicht gleich sein.

3. Zehnerschaltnocken:
auch Zehnerschaltzahn

4.3 Kompaktrechenwerke



Beispiel:

Resulta-Kleinrechner der Firma Paul Brüning in Berlin, komplettes Rechenwerk mit zwei Zählrädern; Deutsches Reichspatent DE640417 von 1936.

Der Zehnerübertrag erfolgt innerhalb des Rechenwerks, wobei die Drehbewegung eines Zählrades bei Überschreiten seiner Kapazität nach oben oder unten direkt auf das Zählrad der nächsthöheren Dekade übertragen wird.

Die Rechenwerke können aus einem Zählrädernsatz (Einspezies-Maschinen) oder zwei Zählrädernsätzen (Zweispesies-Maschinen) bestehen.

4.3.1 mit Ziffernrollen



Beispiel:

Triumphator KA, Zweispesies-Maschine mit Ziffernrollen-Rechenwerk

für Ein- oder Zweispesies-Maschinen. Die Rechenwerke bestehen aus Zählrädern mit seitlich befestigten Ziffernrollen, die auf einer waagerechten Achse angeordnet sind. Der Mechanismus für die Zehnerübertragung ist integriert.

Anmerkungen:

1. Hauptverwendung bei den nicht saldierenden Kleinrechenmaschinen wie z. B.

- Argenta
- Lipsia Addi
- Regina
- Resulta
- Summira
- Triumphator KA

2. Das Rechenergebnis wird direkt am Rechenwerk abgelesen.

3. Bei Zweispesies-Maschinen mit einem Plus- und einem Minus-Zählrädernsatz trägt nur der Plus-Rädernsatz Ziffernrollen.

4.3.2 mit Mehrfach-Zählrollen



Beispiel:

Addimat der Firma Brevetti Lanza in Savona / Italien

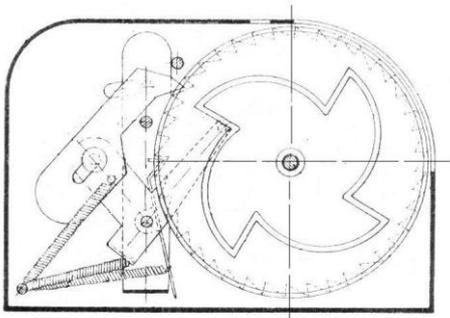
Am Außenmantel der Mehrfach-Zählrollen sind die Zifferngruppen 0, 1 bis 9 mehrfach vorhanden und jeder Gruppe ist ein Zehnerübertrags-Mechanismus zugeordnet. Für die Eingabe der Werte 0, 1 bis 9 sind am Gehäuse Eingabemarken vorhanden.

Das Rechenergebnis wird direkt am Umfang der Zählrollen abgelesen.

Anmerkung:

siehe auch Teil 3 / Abs. 11.

4.3.2.1 und Zehner-Übertragskurven



Beispiel:

Ausführung nach Patent IT554094 von 1956 der Firma Brevetti Lanza in Savona / Italien



Beispiel:

Simex Caroline

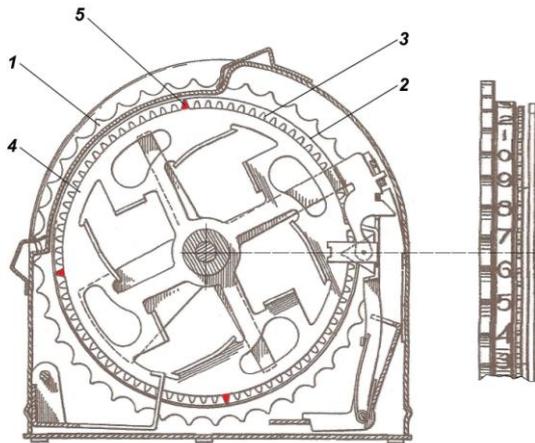
An jeder Zählrolle sind die Zifferngruppen 0, 1 bis 9 vierfach vorhanden, der Zehnerübertrag erfolgt durch eine der vier zugeordneten Übertragskurven. Durch einen Fühlhebel auf dieser Kurve wird eine Schaltklinke schrittweise angehoben und eine Rückholfeder gespannt. Jede Übertragskurve ist so ausgelegt, dass der Fühlhebel mit dem Wert 9 den höchsten Kurvenpunkt erreicht hat und beim Übergang zur 0 auf die tiefste Stelle der nächsten Kurve zurückfällt. Hierbei wird die Zählrolle der nächsthöheren Dekade durch die zurückfallende Schaltklinke um den Wert 1 weitergedreht. Die Konstruktion der Zehner-Übertragung lässt nur eine Drehrichtung der Zählrollen zu.

Anmerkung:

Maschinen mit Zehner-Übertragskurven wurden unter folgenden Markennamen verkauft:

- Addimat
- Addipresto
- Caroline
- Fossa-Mancini
- Schnellrechner
- Swift Handy Calculator

4.3.2.2 und Zehner-Übertragsnocken



Beispiel:

ADDAC,
Addac Company, Grand Rapids,
Michigan / USA;
Patent: US1661605 von 1928

Hier bedeuten:

1. Einstellrad
2. Ziffernrolle mit vierfacher Beschriftung 0, 1 bis 9
3. Zahnscheibe
4. Trägerplatte mit Schaltnocken
5. Schaltnocken



Beispiel:

SOLO,
Solo Calculating Machine Co. Ltd.,
Japan

An jeder Zählrolle sind die Zifferngruppen 0, 1 bis 9 mit jeweils einem zugeordneten Zehner-Übertragsnocken drei- oder vierfach vorhanden. Die Konstruktion ist so ausgelegt, dass die Ziffernrollen in zwei Richtungen gedreht werden können.

Ein Zehnerübertrag erfolgt immer dann, wenn in der Anzeige eine Zifferngruppe den Wert von 9 auf 0 (Addition) oder von 0 auf 9 (Subtraktion) durchläuft. Dann greift der Übertragsnocken in die Mechanik der nächsthöheren Zählrolle und dreht hier den Plus- / oder Minus-Wert 1 ein.

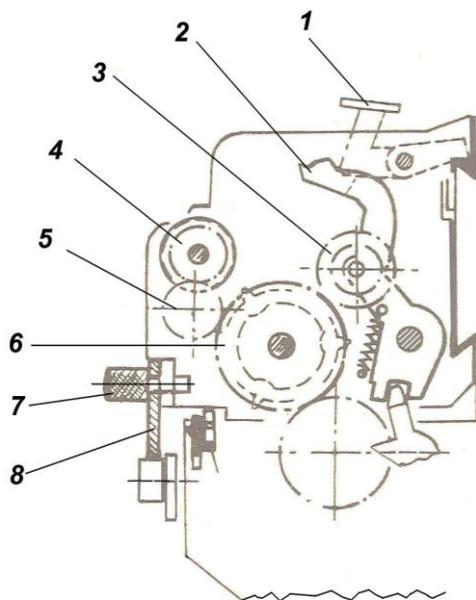
Anmerkungen:

1. Anzahl der Zifferngruppen / Zehner-Schaltnocken:

- ADDAC: vierfach
- SOLO : dreifach

2. Die Bedienung der Maschinen erfolgt so, dass die Zählrollen bei der Addition heruntergezogen und bei der Subtraktion hochgeschoben werden.

4.4 Vertikal- und Horizontal-Rechenwerke



Beispiel:

Vertikal-Rechenwerk (Schema)

1. Druckknopf zum Abnehmen oder Versetzen des Rechenwerks
2. Übertragungshebel, Ansteuerung durch die Zifferntasten
3. Übertragungsrad
4. Ziffernrolle
5. Zwischenrad
6. Zählrad mit $z=30$, 3 Zehnerschalt-nocken
7. Rändelschraube zum Lösen der Steuerplatte
8. Steuerplatte für die Einstellung der gewünschten Rechenart



Beispiel:

Mercedes Addelektra, rechnende Buchungsschreibmaschine mit drei Vertikal- und zwei Horizontal-Rechenwerken

sind Sonderformen der Rechenwerke, die in dieser Bauart auch als Register oder Speicher bezeichnet werden. Verwendung in den *Rechnenden Buchungsschreibmaschinen* für die Summierung vertikaler und horizontaler Zahlenreihen.

Vertikal-Rechenwerke sind Teil des Buchungswagens und können mittels Klemmvorrichtung an eine beliebige Stelle der vorderen Halteschiene gesetzt und damit den zu erfassenden Spalten zugeordnet werden. Je nach Bauart /Einstellung nur Addition oder Addition und Subtraktion bis 0. Die Ansteuerung einer Dezimalstelle des Rechenwerks erfolgt durch den Tabulator.

Horizontal-Rechenwerke nehmen Beträge in Zeilenrichtung auf für die Saldierung. Sie liegen rechts neben der Tastatur, üblich sind ein oder zwei Werke.

Anmerkungen:

1. Horizontal-Rechenwerke werden auch als *Quer-Rechenwerke* bezeichnet.

2. Führende deutsche Hersteller rechnender Buchungs-Schreibmaschinen waren:

- Wanderer-Werke A.-G., Schönau, später:
Wanderer-Continental VEB
- Mercedes-Werke A.-G., Zella-Mehlis

3. Wichtiger Hersteller der Vertikal- und Horizontal-Rechenwerke war die Berliner Firma W. Feiler, Feinmechanik GmbH.

Erstes Feiler-Patent:
DE517365 von 1929

4. Rechnende Buchungsschreibmaschine: auch Rechnende Schreibbuchungsmaschine

5. Funktionen saldierender Rechenwerke

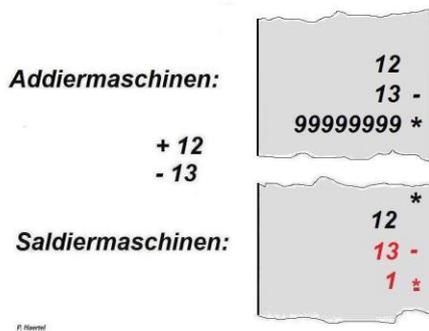
5.1 Allgemein:

Die unter 0 rechnenden bzw. saldierenden Maschinen sind immer mit einer so genannten *Zehnerringschaltung* ausgerüstet. Beschrieben werden unterschiedliche Formen dieser Rechenwerke in den Zweispezies-Maschinen.

Die Auswahl der Konstruktionsbeispiele erfolgte in Anlehnung an Abs. 2 und 3.

Begriffe und Beispiele zur Klassifizierung saldierender Rechenwerke

5.2 mit zwei Zählrädern



Beispiel:

Unterschiede beim Ausdruck einer negativen Endsumme

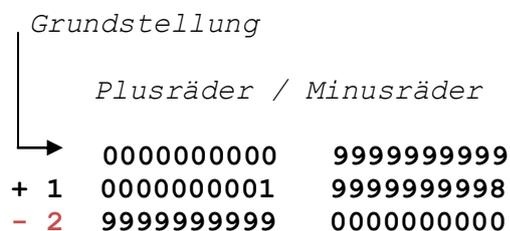
Die unter 0 rechnenden Saldiermaschinen unterscheiden sich von den einfachen Addiermaschinen durch Zusatzfunktionen im Rechenwerk, wodurch Minus-Beträge als Saldo ausgewiesen werden.

Anmerkungen:

1. In der Buchhaltung ist der Saldo die Differenz zwischen der Soll- und Haben-Seite eines Kontos;
positiver Saldo = Habensaldo
negativer Saldo = Sollsaldo

2. Der Negativ-Saldo wird in der Regel rot gedruckt.

5.2.1 Zehnerringschaltung



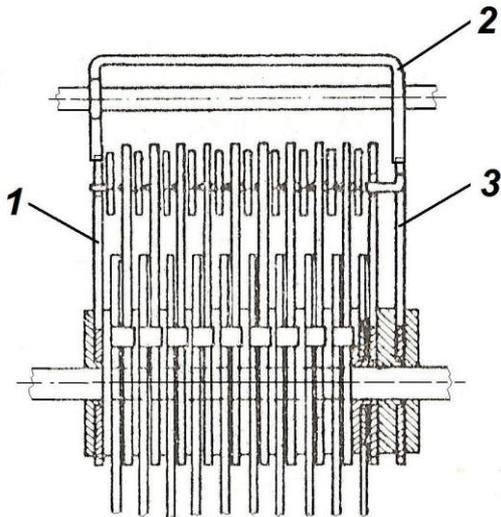
Beispiel:

Inhalt der Zählrädern vor Beginn der Zehnerringschaltung.

Werteingabe und -einlagerung erfolgen wie bei den Maschinen ohne Saldofunktion:

Bei nebenstehendem Rechenbeispiel (+1)-(+2) wurden alle Zählräder im Minus-Rädernsatz durch fortlaufende Zehnerringschaltung erst einmal auf 0 gesetzt, obwohl das Ergebnis -1 beträgt.

Damit beginnt die Funktion der Zehnerringschaltung. Sie wird immer dann ausgelöst, wenn der Wert 0 über- oder unterschritten wird. Hierbei wird die Zehnerschaltung von der höchsten zur ersten Dekade fortgesetzt.



Beispiel:
Brunsviga AS,
Zehnringschaltung über eine
Kreisschaltbrücke

	Plusrädersatz	Minusrädersatz
5 *	000000 5	999999
9 -	000005	999994 9
		(1)000003 → 1
7	999995 7	000004
	(1)000002 1	
3 *	000003	999996

Beispiel:
Ablauf der Zehnringschaltung im
Plus- oder Minus-Rädersatz



Beispiel:
Totalia Modell 8441 mit Kreditsaldo-
anzeige oberhalb der Minus-Taste.

Hierfür gibt es verschiedene Verfahren.

Auslöser ist z. B. die letzte Zehnerschaltklinke, die über die so genannte Kreisschaltbrücke die erste Zehnerschaltklinke auslöst und damit das Einrollen des Wertes 1 in die erste Dekade auslöst.

Bei nebenstehendem Beispiel wird der Zehnerschritt des Zahnsegmentes (1) hinter der höchsten Dekade über die Kreisschaltbrücke (2) auf ein Zahnsegment (3) vor der ersten Dekade übertragen, das hier den zusätzlichen Wert 1 einrollt¹⁴.

Generell gilt, dass eine Zehnringschaltung immer mit einer Änderung des Saldo-Vorzeichens verbunden ist.

Anmerkungen:

1. „Zehnringschaltung“ ist ein Begriff nach DIN 9763 / Blatt 2, S. 6;

Weitere gebräuchliche Bezeichnungen sind:

- Kreisschaltung,
- Ringschaltung,
- durchlaufende (fortlaufende) Zehnerübertragung,
- flüchtige Eins.

2. Die ausführende Mechanik wird auch als Kreditsaldomechanismus bezeichnet.

3. Mit dem Umlegen der Kreisschaltbrücke kann auch eine optische Saldoanzeige gesteuert werden, wenn der Inhalt des Rechenwerkes im Minusbereich liegt. Die Anzeige erfolgt in der Regel durch einen roten Punkt in einem kleinen, runden Signalfenster.

¹⁴ vgl.: Lind, Wilhelm: Büromaschinen, Teil 1, Füssen 1954, S. 104

5.2.2 Kapazitätsüberschreitung

	Plusrädersatz	Minusrädersatz
* 637	0000000 637	9999999
7506886	0000637 7506886	9999362
2500000	7507523 2500000	2492476
9992475 ±	(1)0007523 0007524	9992476
		9992475

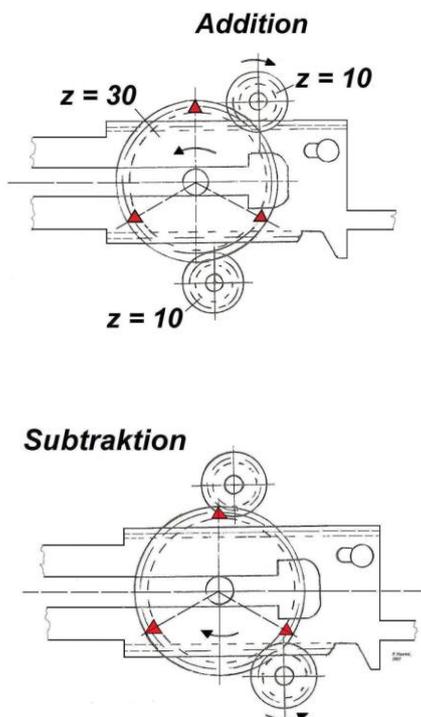
Beispiel:

Falschrechnung als Ergebnis einer Zehnerringschaltung bei Kapazitätsüberschreitung

Auch bei einer Überschreitung der Rechenkapazität findet eine Zehnerringschaltung statt. Hierbei wird zwangsläufig das Saldo-Vorzeichen geändert und bei einem Summenzug der falsche Rädersatz eingeschwenkt.

Das nebenstehende Rechenbeispiel zeigt, wie aus einem Positivwert ein verfälschter Negativ-Wert wird, der dem Minusrädersatz entnommen wird.

5.3 mit einem feststehenden Zählrädersatz



Beispiele:

Zentrale Zählräder mit jeweils drei Zehnerschaltnocken.

Das System entspricht dem Odhner-Patent Nr. SE91280 von 1935.

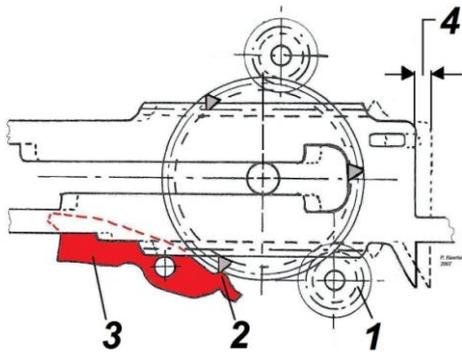
Hier haben die Plus- und Minus-Zwischenräder jeweils zehn und die zentralen Zählräder dreißig Zähne, von denen jeder zehnte als Zehnerschaltnocken ausgebildet ist.

Nach jedem Einrollen von zehn Zähnen durch die Zwischenräder (1) erfolgt ein Zehnerübertrag

Der Schaltvorgang selbst wird ausgelöst durch eine Zehnerschaltnocke (2), deren Übertragungsnase (3) bei den Plus- / Minus-Drehrichtungen des Zählwerksrades von zwei Seiten angesteuert werden kann.

Über weitere Mechanismen bewirkt dies einen Zehnerschritt (4) bei der Zahnstange der nächsthöheren Dekade.

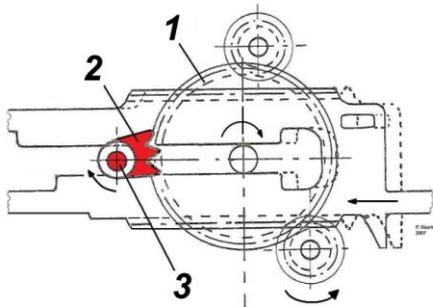
Nach der Ausgabe einer positiven Endsumme steht das Zählwerk mit Inhalt 0 auf



Beispiel:
 Auslösen der Zehnerübertragung durch
 Zehnerschaltklinke und
 Zehnerschaltnocken

Plus. Hierbei liegt - von der rechten Maschinenseite aus gesehen - bei jedem Zählwerksrad immer ein Zehnerschaltnocken rechts von der Übertragungsnase (2) der Zehnerschaltklinke (3).

5.3.1 Zehnerringschaltung



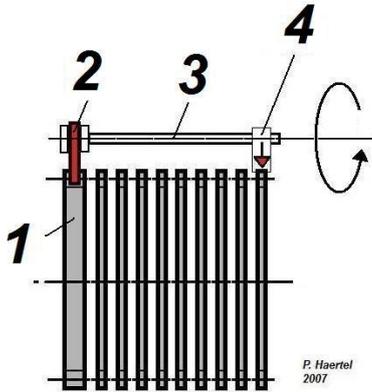
Beispiel:
 Zahnsegment (2) und Saldierachse (3)
 für die Zehnerringschaltung.

Wird danach z. B. der Minuswert 7 (-7) eingegeben, so läuft die Zahnstange der ersten Dekade um sieben Schritte vor. Während des Abdruckes schwenken die Minus-Zwischenräder in die unteren Zahnstangen ein, so dass bei dem nachfolgenden Zahnstangen-Rücklauf das Zählrad der ersten Dekade um sieben Zähne gedreht wird.

Durch die Minus-Drehrichtung des Zählrades und die Lage des Zehnerschaltnockens direkt vor der Übertragungsnase des Zehnerschalthebels wird ein Zehnerschritt in der nächsthöheren Dekade ausgelöst.

Auch das Zählrad der zweiten Dekade bewegt sich nach dem Einrollen des Minuswertes 1 zwangsläufig um einen Zahn weiter, was wiederum einen Zehnerschritt in der dritten Dekade auslöst.

In dieser Form setzt sich der Schaltvorgang als „durchgehen-



Beispiel:
Ablauf der Zehnerringschaltung über die Saldierachse (3),
Rechenwerk 10-stellig

Schritte: 1 2 3 4 5 6 7
Zählrad: +0 -0 -1 -2 -3 -4 -5 -6
 ↑
 Ausgangsstellung

Beispiel:
Inhalt des Zählrades der ersten Dekade vor der Zehnerringschaltung

der Zehnerübertrag" bis zu dem letzten, breiteren Zählrad (1) auf der linken Maschinenseite (von vorne gesehen) fort. Hier fehlt die Zehnerschaltklinke; dafür kämmt das Rad mit dem Zahnsegment (2), das mit der so genannten Saldierachse (3) fest verbunden ist.

Im nächsten Schritt wird die aus dem letzten Zehnerübertrag resultierende Drehbewegung des linken Zählrades (1) durch das Zahnsegment (2) auf die Saldierachse (3) übertragen. Die geht hierdurch in eine Minus-Stellung.

Auf der rechten Seite der Saldierachse (Maschine von vorne gesehen) sitzt ein zweites Zahnsegment (4), das in Verbindung mit einer speziellen Zehnerschaltklinke den Zehnerschritt an das Zählrad der ersten Dekade weiterleitet.

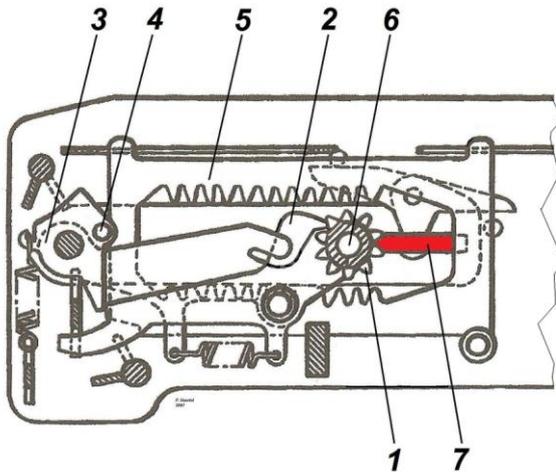
Bei Beginn der Rechnung stand das Zählrad der ersten Dekade - wie auch alle anderen Zählräder - mit Inhalt 0 auf Plus. Bei Eingabe des Wertes -7 machte das Zählrad folgerichtig auch sieben Schritte.

Erst durch den Zehnerübertrag der Zehnerringschaltung auf die erste Dekade wurde der Wert von -6 auf den richtigen Wert -7 angehoben.

5.4 mit einem schwenkbaren Zählrädersatz in einer Rechenwerkscassette

Das System entspricht dem Odhner-Patent Nr. SE196230 von 1960.

Auch hier hat jedes Zählrad (1) des Rädersatzes zehn Zähne, von denen ein breiterer der Zehnerschaltnocken ist. Mit jedem Durchlauf dieses



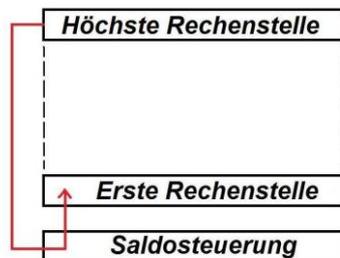
Beispiel:
Ablauf der Zehnerübertragung

Schaltnockens wird ein Übertragungshaken (2) ausgelöst, der wiederum einen Sperrhaken (3) betätigt und eine Sperre (4) für die Zahnstange (5) der nächsthöheren Dekade freigibt.

Die Zehnerübertragung erfolgt beim Rücklauf der Rechenwerksmechanik. Hier bewegt sich die freigeschaltete Zahnstange (5) bzw. die ganze Kassette um einen Schritt über die eigentliche Nulllage hinaus und übergibt den Wert 1 an das entsprechende Zählrad.

Nach Abschluss eines Rechenvorgangs geht die gemeinsame Achse (6) aller Zählräder (1) in eine Mittelstellung, die Zählräder selbst werden durch ein Ausrichtglied (7) verriegelt.

5.4.1 Zehnerringschaltung



Beispiel:
Schema einer Übertrag von der höchsten zur ersten Dekade über die Saldosteuerung.

Von der höchsten Wertstelle bzw. Dekade des Rechenwerks wird der Wert 1 ohne Zwischenoperationen direkt in die erste Wertstelle des Rechenwerks übertragen¹⁵.

Die Zehnerringschaltung beginnt damit, dass der Zehnerschaltnocken des Zählrades (1) der höchsten Dekade den Übertragungshaken (2) und damit auch den Sperrhaken (3) auslöst, der in dieser Funktion auch als *Kredithaken* bezeichnet wird. Dieser ist über die Saldierachse (4) mit einem ähnlichen Sperrhaken (5) verbunden, der eine Verbindung zur Saldo-Zahnstange (6) herstellt. Diese liegt vor der

¹⁵ Schwedisches Patent- und Registrieramt, Patentschrift Nr. 203393 v. 21.06.1960: *Kreditsaldoanordning vid komplett räkneverk för additionsmaskiner, bokförings-maskiner och andra räknande maskiner*, Erfinder: Sven Leopold Almvide, Patentinhaber: AB Original-Odhner, Göteborg

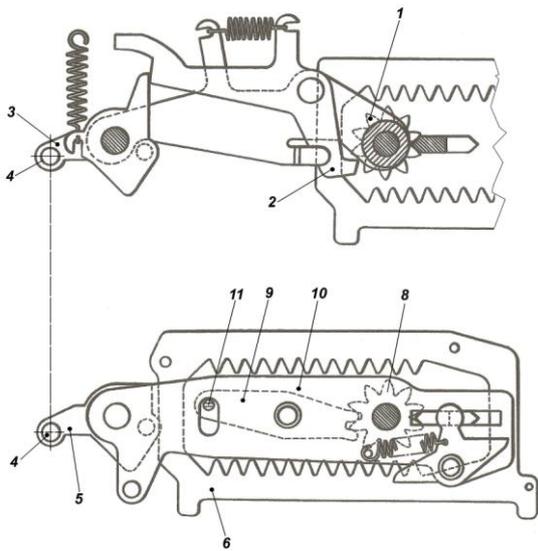
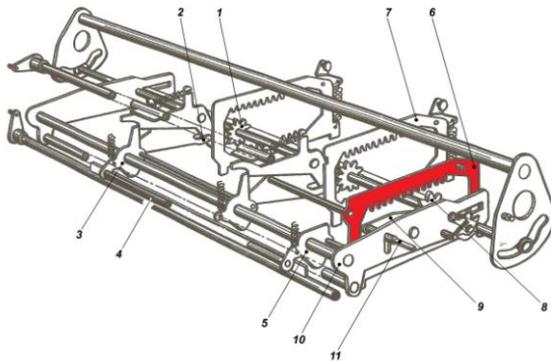


Abbildung oben:
Rechenwerkskassette der höchsten Dekade

Abbildung unten:
Saldo-Zahnstange vor der Rechenwerkskassette der ersten Dekade.



Beispiel:
Zehnerringschaltung nach SE196230

Zahnstange der ersten Dekade (7) des Rechenwerks und ist funktionell mit dieser verbunden.

Wird durch Weitergabe aus der höchsten Dekade die Saldo-Zahnstange (6) um einen Schritt unter 0 bewegt, so folgt auch die Zahnstange der ersten Dekade (7).

Auslöser ist das Zähl- oder auch *Kreditrad* (8) der Saldo-Zahnstange (6). Es hat keinen Übertragungshaken und betätigt bei der Drehung um einen Schritt eine Saldosperre (9), die an einem Tragarm (10) gelagert ist und über einen Sperrzapfen (11) die Zahnstange der ersten Dekade (7) freigibt.

Anmerkungen:

1. Rechenwerkskassette:
s. auch Abs. 2.3.3
2. Saldierachse:
auch *Kreditsaldobügel*
3. Saldo-Zahnstange:
auch *Kreditsaldozahnstange*

6. Rechenmechanik ohne Saldofunktion

6.1 Allgemein:

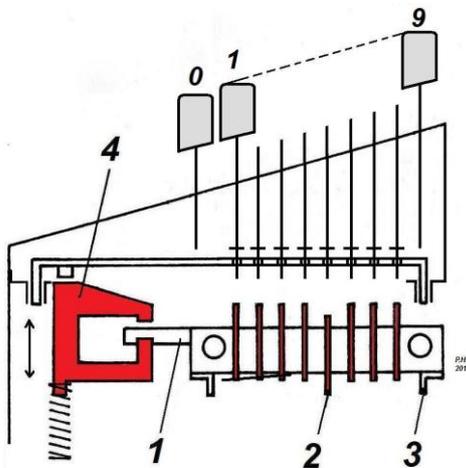
Beschrieben wird das Zusammenwirken der nicht saldierenden Rechenwerke mit den Eingabe- und Ausgabeeinrichtungen. Zur Erklärung herangezogen wurden typische Konstruktionsbeispiele aus Zehntertastatur-Maschinen.

Die Reihenfolge der beschriebenen Grundfunktionen entspricht im Wesentlichen dem Ablauf eines Rechengangs und erfolgt anhand vereinfachter Funktionsbilder.

Zum besseren Verständnis wird nochmals auf die Definitionen der Begriffe *Zählwerk*, *Rechenwerk* und *Rechenmechanik* nach Abs. 1.1 verwiesen.

Begriffe und Beispiele zur Klassifizierung einer Rechenmechanik

6.2 Werteingabe

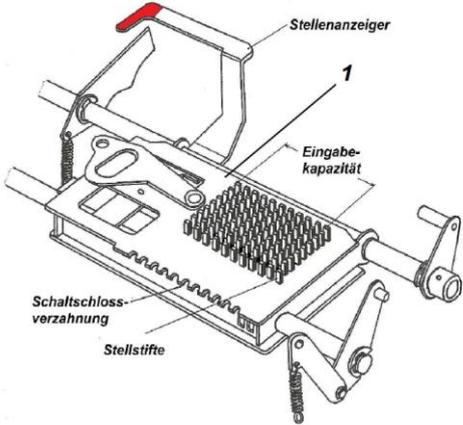


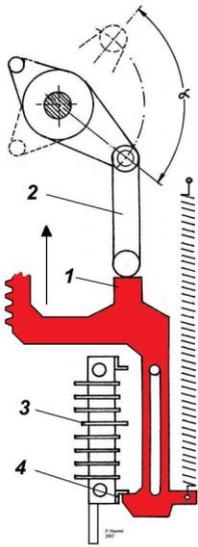
Beispiel:
Zehntertastatur für das Setzen der Stellstifte in einem verschiebbaren Stiftschlitten, hier mit acht Stellstiften pro Dekade (Schema).

Mit der stellenweisen Eingabe in die Zehntertastatur erfolgt eine Zwischenspeicherung durch so genannte Stellstifte, die gedrückt und nachfolgend von der Rechenmechanik abgefragt werden.

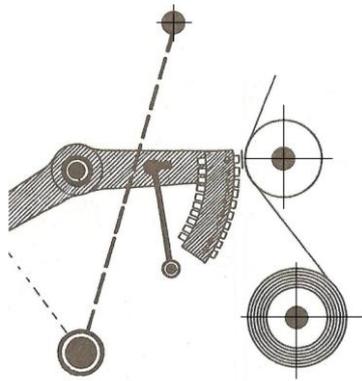
In der Regel sind die Stellstifte Bestandteil eines verschiebbaren Stiftschlittens (1). Mit jedem Drücken einer Zifferntaste springt dieser, ausgelöst durch ein Schaltwerk (4), in die nächsthöhere Dekade. Der Wert bereits eingegebener Teilwerte wird mit jedem Sprung um Faktor zehn erhöht, der Endwert mit Abschluss der Eingabe erreicht.

Je nach Bauart gibt es für jede Eingabestelle (Dekade) acht oder neun Stellstifte (2), die den Grundwerten 1 bis 8 bzw. 1 bis 9 entsprechen. Bei nur acht Stiften wird der Wert 9 durch eine gemeinsame Neuneranschlagleiste (3) gebildet.

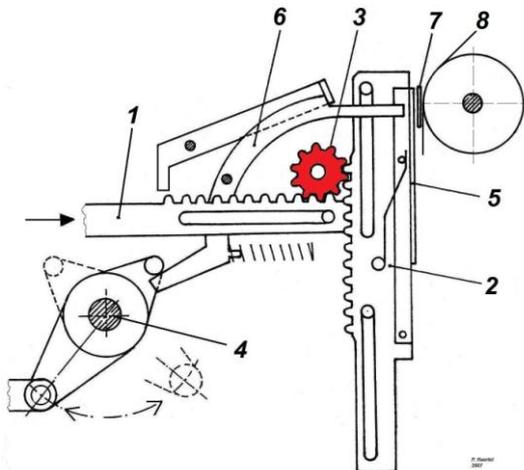
 <p><u>Beispiel:</u> Verschiebbarer Stellsäpfelschlitten für die Speicherung des Eingabewertes</p>	<p><u>Anmerkung:</u></p> <p>Als Matrix angeordnete Stellsäpfel zur Speicherung von Eingabewerten wurden erstmals bei Maschinen von Dalton (ab 1906) und Sundstrand (ab 1913) eingesetzt (vgl.: Teil 6 / Abs. 3.5.1 und 3.5.2).</p>
---	--

<p>6.3 Vorlauf zur Werteinlagerung</p>  <p><u>Beispiel:</u> Arretierung der Zahnstangen in den Dekaden ohne Eingabe.</p>	<p>Nach Betätigen der Motortaste bzw. beim Ziehen eines Handzughebels werden die Übergabezahnschienen (1) durch einen Schieber (2) gleitend freigegeben und durch Federkraft gegen die gesetzten Stellsäpfel (3) bzw. den Neuneranschlag des Stellsäpfelschlittens gezogen. Bei höheren Dekaden ohne Eingabe werden die Zahnstangen von der so genannten Nullenleiste (4) in der Grundstellung gehalten.</p> <p><u>Anmerkungen:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nullenleiste: auch Nullenkamm 2. Ausdruck der Nullen innerhalb einer Zahl: s. Teil 4 / Abs. 2.5.1
---	---

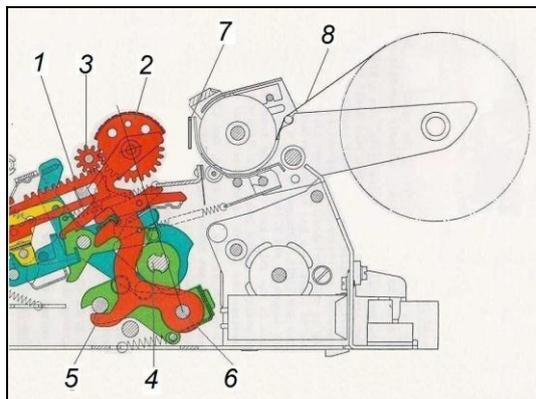
<p>6.4 Ausdruck des Eingabewertes</p>	<p>Die ersten druckenden Addiermaschinen, ein Produkt der <i>American Arithmometer Comp.</i> (später <i>Burroughs</i>), kamen 1895 auf den Markt. Sie waren groß, schwer und standen auf einem Stahlrohrständer. Die Einzelteile des Druckwerks waren entsprechend groß und robust, die Funktion gut überschaubar.</p>
--	--



Beispiel 1:
Druckwerk der ersten Burroughs-
Addiermaschine der Klasse 1



Beispiel 2:
Typenstangen-Druckwerk (Schema)



Beispiel 3:
Walther comptess,
Typenrad-Druckwerk

Bei den Druckwerken nachfolgender Fabrikate dominieren Stangen und Segmente als Träger der Drucktypen.

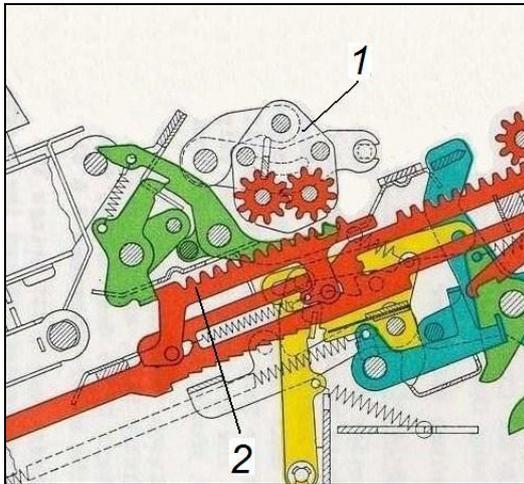
Die Funktion Beispiel 2: Synchron zum Vorschwingen der Zahnstangen (1) werden die verzahnten Typenstangen (2) über Zwischenräder (3) in ihre Druckposition gehoben. Mit Erreichen des äußersten Arbeitspunktes der oszillierenden Hauptwelle (4) liegen die dem Eingabewert entsprechenden Drucktypen (5) der Typenstangen ausgerichtet auf einer gemeinsamen Drucklinie¹⁶. Mit dem Auslösen der Druckhämmer (6) schlagen die Typen gegen das Farbband (7) vor dem Papierstreifen (8), wo der Abdruck erfolgt. Die Druckhämmer werden beim Rücklauf der Maschine wieder gespannt durch Nocken auf der Hauptwelle.

Neuere Maschinen der 1960er Jahren erinnern nur noch wenig an die Technik der Anfangsjahre. Deutlich kleinere und leichtere Typenrad-Druckwerke ermöglichen eine höhere Druckgeschwindigkeit.

Hier werden z. B. beim Vorlauf der Zahnstangen (1) teilverzahnte Typenräder (2) über Zwischenräder (3) in ihre Druckposition gedreht. Ausgelöst durch Steuernocken auf der rotierenden Hauptwelle (4) schwenkt das Druckwerk (5) in seiner Lagerung (6) und die Typenräder (2) schlagen auf das Farbband (7) vor dem Papierstreifen (8).

¹⁶ vgl.: Die Klassifizierung mechanischer Rechenmaschinen, Teil 4 / Abs. 1.1

6.5 Einlagerung des Rechenwertes



Beispiel:

Walther comptess, Werteeinlagerung bei zwei Zählrädern.

	Grundstellung	
	Plusräder / Minusräder	
	0000000000	9999999999
+ 12	0000000012	9999999987
- 13	9999999999	0000000000

Beispiel:

Zählwerksbelegungen während eines Rechenganges

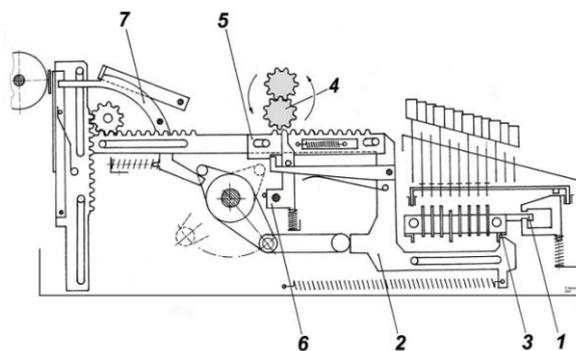
Bei Maschinen mit zwei Zählrädern wird beim Addieren das Zählwerk (1) mit seinem Plus-Rädernsatz mit Beginn des Maschinenrücklaufs in die Übergabe-Zahnschiene (2) eingeschwenkt und der Wert eingerollt. Gleichzeitig wird der Wert aus dem Minus-Rädernsatz ausgerollt.

Das Subtrahieren unterscheidet sich von der Addition nur dadurch, dass nach dem Einschwenken des Minusrädernsatzes der Minuswert hier eingerollt und gleichzeitig beim Plus-Rädernsatz ausgerollt wird.

Getriebetechnisch gesehen arbeiten eingeschwenkte Minus-Zählräder als Zwischenräder für die Plus-Zählräder zwecks Änderung der Drehrichtung beim Subtrahieren.

Das Zählwerk wird bei Beginn eines neuen Additions- oder Subtraktionsvorgangs immer wieder ausgeschwenkt.

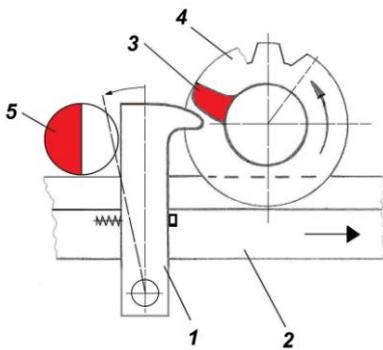
6.6 Zwischensumme



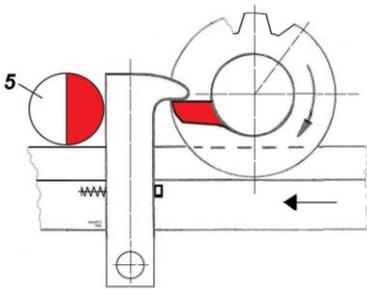
Beispiel:

Ablauf der Funktion „Zwischensumme“ mit eingeschwenkten Plus-Rädernsatz.

Mit dem Drücken der Zwischensummentaste wird der Stiftschlitten (1) um die halbe Sprungweite verstellt, so dass die Zahnstangen (2) durch Schlitze in der kammartig ausgebildeten Nullenleiste (3) freigegeben werden. Gleichzeitig wird der Plus-Rädernsatz (4) des Zählwerks in die Übergabe-Zahnschienen (5) eingeschwenkt. Damit kann der gespeicherte Wert beim Vorlauf der Mechanik ausgerollt werden. Hierbei werden die Zählräder in ihrer Null-



Beispiel:
 Blockierung der Zehnerschaltnocken
 durch Sperrklinken,
 a) Freigabe beim Vorlauf



b) Blockierung beim Rücklauf

stellung dadurch blockiert, dass die Zehnerschaltnocken gegen die Zehnerschaltnocken (6) schlagen, die in dieser Funktion arretiert sind.

Nach dem Auslösen der Druckhämmer (7) und Zwischensummen-Ausdruck wird der Wert beim Rücklauf der Mechanik wieder in den Plus-Rädersatz (4) eingerollt, der Stiftschlitten (1) in Grundstellung gebracht und die Blockierung der Zehnerschaltnocken (6) aufgehoben.

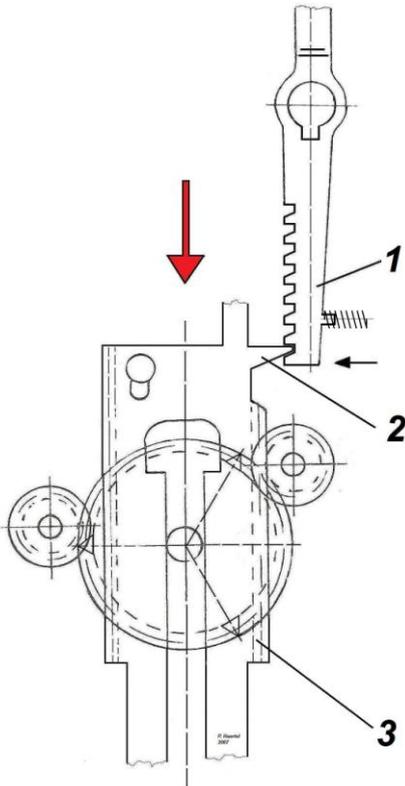
Eine Variante der Zählräder-Blockierung arbeitet mit federnd angeordneten Sperrklinken (1), die beim Vorlauf der Zahnstangen (2) durch den Zehnerschaltnocken (3) des Zählrades (4) ausgelenkt werden.

Beim Rücklauf schlägt der Zehnerschaltnocken (3) unter die Sperrklinge (1). Aufgrund einer 180°-Drehung der Sperrwelle (5) zu Beginn des Rücklaufes kann diese jetzt nicht ausgelenkt werden, das Zählrad (4) wird blockiert.

6.7 Endsumme

Die ersten Abläufe entsprechen der Zwischensummen-Funktion. Lediglich der für den Summenausdruck auf 0 gesetzte Plus-Rädersatz wird beim Rücklauf der Rechenmechanik ausgeschwenkt und nimmt den Wert nicht wieder auf.

Bei älteren Maschinen bis etwa 1950 bewirkt das Ausschwenken des Plus-Rädersatzes noch sehr häufig ein schlagartiges Zurückfahren der Zahnstangen in ihre Grundstellung, was mit



Beispiel:
Summenschlagsperre einer Odhner-Maschine mit einem Zählrädersatz.

starkem Geräusch und hoher Materialbeanspruchung verbunden ist. Mit Einführung der so genannten *Summenschlagsperre* wurden diese Nachteile aufgehoben. Hierbei werden die Zahnstangen kurz vor dem Ausschwenken des Rädersatzes abgefangen und gedämpft in ihre Grundstellung geführt. Dies kann z. B. in der Form erfolgen, dass eine verzahnte Summenschlagsperre (1) in eine Fangvorrichtung (2) am hinteren Teil der Zahnstange (3) eingerastet wird. Beim weiteren Rücklauf wird die federnde Sperre (1) immer dann zur Seite ausgelenkt, wenn die Fangvorrichtung über einen der Zähne läuft. Die so erzeugte Reibung bewirkt einen gedämpften Zahnstangen-Rücklauf.

6.8 Schreiben von Hinweiszahlen

Mit der so genannten *Nummernschaltung* ist eine Sperrfunktion gekoppelt, die das Einschwenken des Rechenwerkes in die Übergabe-Zahnschienen verhindert. Eine eingegebene Zahl wird lediglich ausgedruckt, rechnerisch aber nicht verarbeitet.

7. Rechenmechanik mit Saldo-Funktion

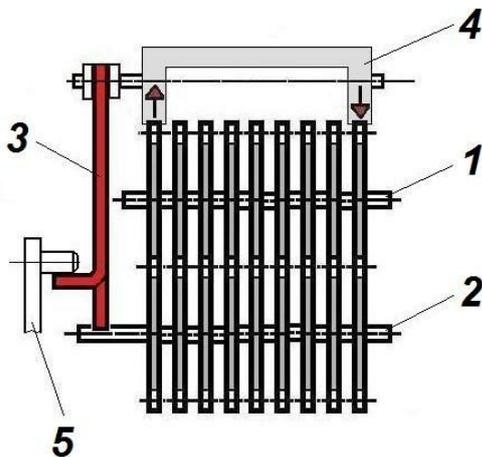
7.1 Allgemein:

Das Zusammenwirken saldierender Rechenwerke mit den Eingabe- und Ausgabeeinrichtungen entspricht im Wesentlichen den allgemeinen Beispielen nach Abschnitt 6. Beschrieben werden nur abweichende bzw. zusätzliche Funktionen.

*Begriffe und Beispiele zur Klassifizierung
einer saldierenden Rechenmechanik.*

7.2 mit zwei Zählrädern

7.2.1 Zwischen- und Endsumme



Beispiel:

Plus / Minus-Ansteuerung des Rechenwerks durch den Saldofühlhebel (Schema).

Für den Ausdruck einer Summe müssen der Plusrädersatz (1) oder Minusrädersatz (2) des Rechenwerks angesteuert werden. Die Auswahl erfolgt durch Abfrage der Inhalte der Rädersatzes. Dies geschieht z. B. durch den so genannten Saldofühlhebel (3), der mit einer Kreisschaltbrücke (4) für die Zehnringschaltung gekoppelt ist.

Wurde der Minusrädersatz (2) eingeschwenkt und erfolgte eine Zehnringschaltung, so ist der Inhalt des Rechenwerks negativ.

Bei dieser Zehnringschaltung hat sich der Saldofühlhebel (3), ausgelöst durch die Kreisschaltbrücke (4), auf die Achse des Minusrädersatzes (2) gelegt. Bei einem nachfolgenden Summenzug löst er in dieser Position den so genannten Saldenhebel (5) aus, der die Ansteuerung des Minusrädersatzes (2) auslöst.

Wurde dagegen der Wert 0 überschritten, so fällt der Saldofühlhebel (3) unter die Achse des Minusrädersatzes (2). In dieser Position kann er den Saldenhebel (5) nicht auslösen und der Plusrädersatz (1) wird eingeschwenkt.

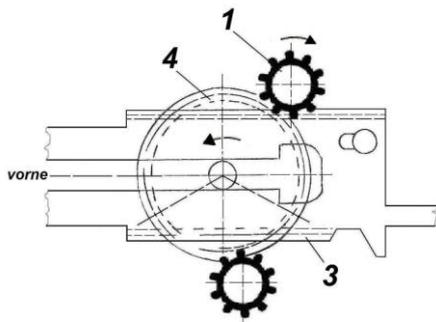
7.3 bei einem feststehenden Zählrädersatz

- Die Einzelfunktionen
- Werteeingabe
 - Vorbereitung zur Werteeinlagerung
 - Ausdruck des Eingabewertes

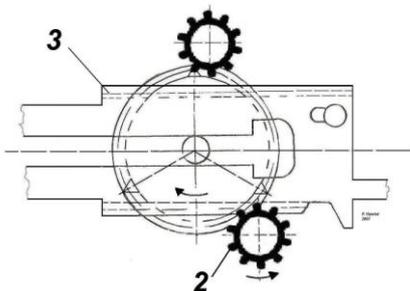
entsprechen im Wesentlichen den Abläufen bei Maschinen mit zwei Zählwerksrädersatz. Funktionsabweichungen beginnen erst mit der Einlagerung des Rechenwertes.

Anmerkung:
s. auch Abs. 2.3.2

7.3.1 Einlagerung des Rechenwertes



Beispiel:
Stellung der Plus-Zwischenräder (1) bei Addition (Schema)

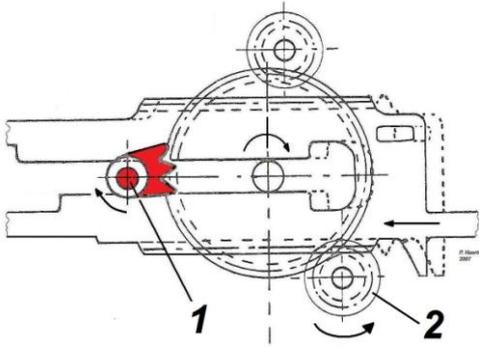


Beispiel:
Stellung der Minus-Zwischenräder (2) bei Subtraktion (Schema)

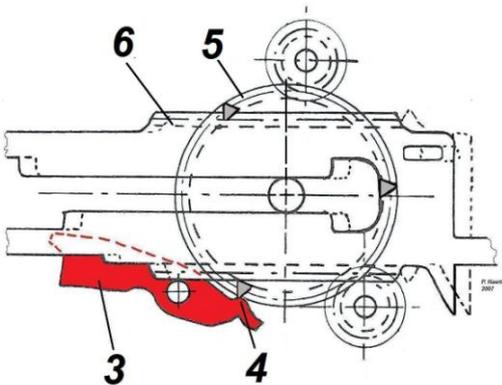
Die Einlagerung der Rechenwerte erfolgt nach dem Abdruck mit dem Rücklauf der Zahnstangen. Hierbei stellen die einschwenkbaren Plus-Zwischenräder (1) oder Minus-Zwischenräder (2) eine Verbindung zwischen den Zahnstangen (3) und den Zählrädern (4) her.

Anmerkung:
Die Zahnstangen zur Übertragung des Rechenwertes in das Rechenwerk werden auch Einlagerer genannt.

7.3.2 Zwischen- und Endsumme



Beispiel:
Steuerung der Plus- / Minus-
Zwischenräder über die Saldierachse.



Beispiel:
Blockierung der Zehnerschaltklinke
bei Zwischen- und Endsumme

Wird die Zwischensumme gezogen, so bewirkt die Stellung der Saldierachse (1) z. B. bei dem gespeicherten Wert -7 ein Einschwenken der Minus-Zwischenräder (2). Zeitgleich werden alle Zehnerschaltklinken (3) blockiert, so dass die Zehnerschaltnocken (4) der Zählräder (5) beim Vorlauf der Zahnstangen (6) hier auflaufen und deren Drehung begrenzen.

Nach dem Ausdruck wird der Wert beim Rücklauf der Zahnstangen wieder in die Zählräder eingerollt.

Wird dagegen die Endsumme gezogen, so gleichen die Abläufe bis zum Ausdruck noch der Zwischensummen-Funktion.

Danach aber wird der für den Summenausdruck auf 0 gesetzte Plus-Rädersatz beim Rücklauf der Rechenmechanik ausgeschwenkt und nimmt den Wert nicht wieder auf.

File: Klassifizierung Teil 7_03