

**Zehnerübertrag bei Tastenantrieb**  
***Tens Carry in Key-Driven Adding Machines***  
**Wolfgang J. Irlner, Clesius S.r.l., Trento, Italien**  
*(irlner at clesius dot it)*

**Abstract**

The essential characteristic which distinguishes calculating machines from simple calculating aids is their tens carry mechanism. But even the most passionate collector will describe his objects by the used gear mechanism which represents the single numbers as somehow arranged teeth and transfers them to a result indicator. Therefore we speak of “stepped gear”, “pin-wheel”, “rocking segment” or “proportional lever” machines, but not of “pawl”, “transfer dent” or “curved cam” mechanisms.

The tens carry in key-driven machines needs in this respect a special approach, to deal with the speed a key may be pressed, perhaps even several keys simultaneously. Number wheels and tens carry must work independently and always guarantee the right result.

By means of some examples, the current contribution tries to investigate these special requisites. We analyze the patent claims of three American manufacturers and show the development of some of their machines. They are „Felt&Tarant-Comptometer“, „Mechanical Accountant“, and „Burroughs-Class-5“.

**Key words:** key-driven, tens carry, spiral cam, planetary gear, rocking pallet, simplex, duplex Comptometer, Mechanical Accountant, Burroughs, Class 5

**Einleitung**

Das wesentliche Merkmal, das die Rechenmaschinen von einfachen Rechengeräten unterscheidet, ist das Vorhandensein eines automatischen Zehnerübertrags. Aber selbst ein versierter Sammler wird bei einer Beschreibung seiner Objekte bestenfalls auf das verwendete Schaltorgan hinweisen können, in dem die einzelnen Zahlen mechanisch durch irgendwie angeordnete Zähne repräsentiert und vermittels einer auszuübenden Kraft in ein Resultatwerk übertragen werden. Somit sprechen wir von „Staffelwalzen“- , „Sprossenrad“- , „Stellsegment“- und auch „Proportionalhebel“-Maschinen, aber fast nie von „Haken“- , „Übertragszahn“- oder „Kurvenscheiben“-Mechanismen.

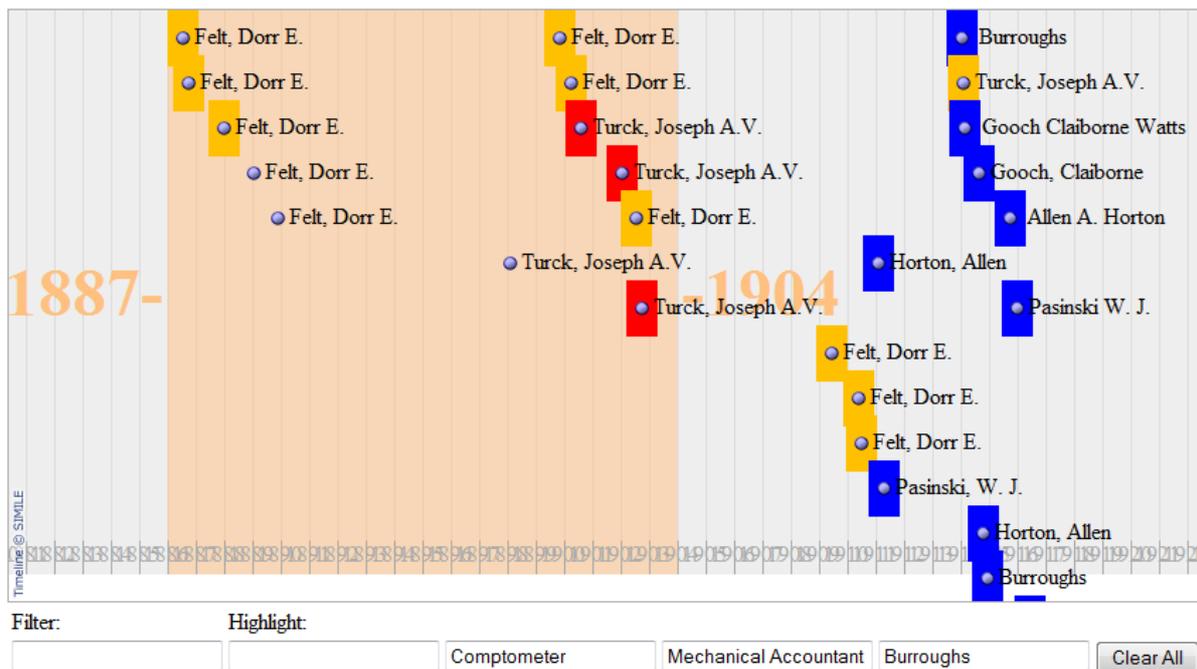
Der Zehnerübertrag bei Tastenantriebsmaschinen nimmt in diesem Zusammenhang eine Sonderstellung ein, wegen der Geschwindigkeit, mit der eine Taste oder sogar mehrere zugleich niedergedrückt werden kann. Dabei müssen Zählrad und Zehnerübertrag unabhängig voneinander funktionieren und immer das richtige Ergebnis garantieren.

Anhand einiger Beispiele wird versucht, diese Besonderheiten auszuloten und zu erläutern. Von drei verschiedenen, nur Amerikanischen Herstellern analysieren wir deren Patentansprüche zum Zehnerübertrag und die Entwicklung der Maschinen selbst. Die Firmen sind „Felt&Tarant-Comptometer“, „Mechanical Accountant“ und die „Burroughs-Klasse-5“.

## Historische Einordnung der Patente

Im vorliegenden Bericht wollen wir nur die Zehnerüberträge der um die Jahrhundertwende erfundenen Tastenantriebsmaschinen behandeln. Die betroffenen drei Herstellerfirmen: Felt&Tarrants Comptometer, Mechanical Accountant und Burroughs lassen sich mit ihren Erfindern: D.E.Felt, J.A.V.Turck und A.A.Horton/W.J.Pasinski identifizieren.

Die zeitliche Einordnung ihrer hier behandelten Patente in Bild 1 konzentriert sich auf den Zeitraum von 1887 bis 1920. Ab dem ersten von Felts Comptometer-Patenten von Mitte 1887 (US366945) sind die 17 Jahre der US-Patentgewährung hervorgehoben.



**Bild 1 Zeitliche Abfolge der behandelten Patente (1887-1904 hervorgehoben)**

Diese Hervorhebung möchte natürlich einen gewissen Zusammenhang zwischen den einzelnen Patenten suggerieren. Wir sehen, dass die rot angezeigte Zeitmarke für Turcks erstes etwa gegen Ende des Patentschutzes für Felt auftaucht, und die ersten, blau gekennzeichneten Burroughs-Patente (für reinen Tastenantrieb) noch später.

Zusätzlich zu dem zeitlichen Zusammenhang werden wir auch auf ein technisches Detail hinweisen, das bei allen Erfindungen dabei ist und entweder voneinander kopiert wurde oder als zwangsläufige Entwicklung die beste Lösung für das Problem war: die „schneckenförmige Kurvenscheibe“.

## Der Tastenantrieb und seine Konsequenzen

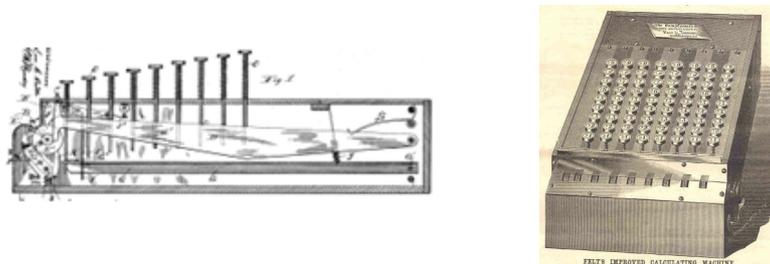
Unter Tastenantrieb versteht man einen Mechanismus, bei dem durch bloßes Drücken einer Zifferntaste mit einem Finger der gesamte Rechenvorgang ausgelöst und abgewickelt wird. Die ersten Tastenantriebsmaschinen hatten meistens eine Volltastatur mit den Tasten von 1 bis 9 für jede Stelle. Ein etwaiger Hebel dient nur zur Null- oder Umstellung.

Interessanterweise wurden die Tastenantriebsmaschinen gegen Ende des 19. Jahrhunderts in USA entwickelt, um hauptsächlich im Buchführungs- und Bankenbereich Anwendung zu finden. Das wesentliche war nicht wie bei den etwa gleichzeitigen, europäischen Erfindungen die Multifunktionalität zur Vereinfachung von komplexen Multiplikationen oder Divisionen,

sondern die einfache und schnelle Benutzung im Rechnungsbüro, hauptsächlich zum Addieren langer Zahlenkolonnen, seltener schon zum Subtrahieren. Von allen drei amerikanischen Erfindern, J.A.V.Turck, D.E.Felt, wie auch W.Burroughs kennen wir Geschichten ihrer Frustration im Büro und die letztendliche Umsetzung ihrer Ideen in mechanische Hilfsmittel für diese Tätigkeit.

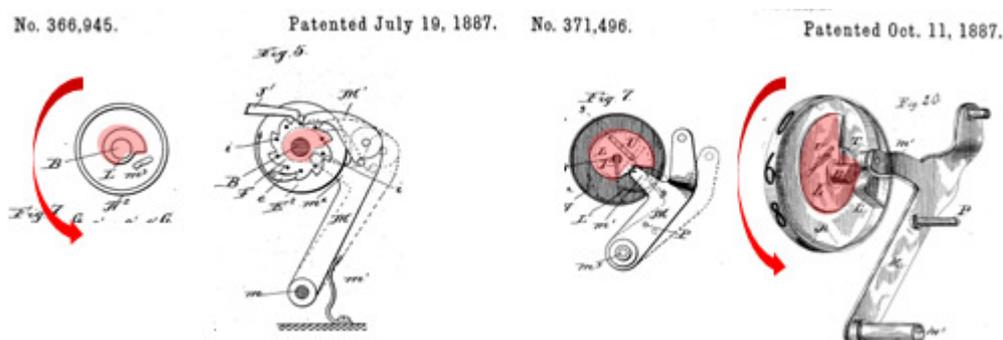
### Felt & Tarant Comptometer bis Modell D

Schon 1887 ließ sich D.Felt nach langen Versuchen seine - wie sie genannt wurde - "Makkaronibox" patentieren. Als Holzkasten-Comptometer (Bild 2) ist seine unmittelbare Weiterentwicklung sogar noch in einigen hundert Exemplaren bei betuchten Sammlern vorhanden. Neben der bekannten Design-Idee des Kastens, die später aus Metall weitere 40 Jahre beibehalten wurde, wissen die meisten Sammler bestenfalls noch, dass im Inneren ein „Schaltschwingen-System“ für die Übertragung des linearen Tastendrucks ins Resultaträderwerk sorgt. Eine Zahnstange wird dabei je nach Tastenziffer verschieden lange an einem Zahnrad vorbeigeführt und dieses entsprechend gedreht.



**Bild 2 Felt Holz-Comptometer (Patent US366945, 1887 und Scientific American, 1888)**

Die Probleme beim Übergang von 9 in einer Stelle auf 0 und das Weiterdrehen um 1 in der nächsthöheren sind jedoch ein wesentliches Merkmal dieser Maschinengruppe und nehmen bei allen Patenten einen breiten Diskussionsraum ein. Es ist einmal die Geschwindigkeit der Tastenbetätigung und die wenigen Millisekunden für den Zehnerübertrag. Außerdem könnten bei derartigen Maschinen mehrere Tasten zugleich gedrückt werden, etwa zur schnelleren Multiplikation, was aber technisch erst später verwirklicht wurde. Von Felt's Comptometer übernehmen wir die gebräuchlichen Kennzeichnungen, die den „Simplex“-Mechanismus der ersten Maschinen von einem sogenannten „Duplex“-System ablöste, der ebendies ermöglichte. Dass es „Multiplex“-System heißen sollte, da man alle Finger gleichzeitig drücken könnte, ist hier nicht von Bedeutung.

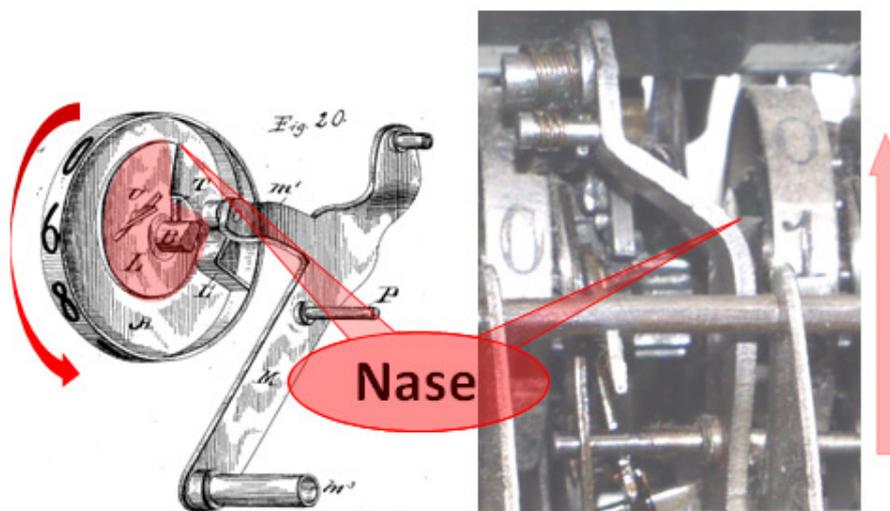


**Bild 3 Felt, erste Patente US366945 u. US371496, 1887 (Pfeile = Drehrichtung)**

Felt unterstreicht in seinen ersten Patent-Präsentationen (Bild 3) die Bedeutung einer Kraftansammlung in der Sprungfeder jedes Zahnrades, die bei notwendigen Zehnerüberträgen

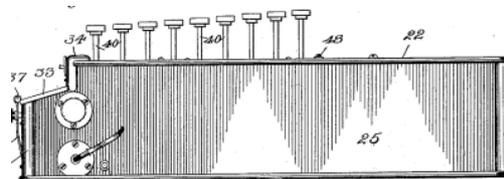
dafür sorgt, dass auch mehrstellige, aufeinanderfolgende Überträge unabhängig voneinander ablaufen, also den Kraftaufwand nicht erhöhen. Sozusagen soll jedes Zählrad aufgrund seiner momentanen Stellung für sich allein den Zehnersprung veranlassen und nicht wie bei Kurbelmaschinen eine vermehrte Kurbelkraft.

Die Sprungfeder wird bei Felt durch eine Kurven-Scheibe mit veränderlichem Radius gespannt. Er selbst beschreibt sie als: „...cams., the general outline of which is that of a spiral, except the larger or outer third, or thereabout, which is concentric.“ Wir würden heute von einer logarithmischen, schneckenförmigen Spirale sprechen, deren Radius kontinuierlich bis zu einem Maximum ansteigt, um dann abrupt abzurechnen. Ein längs der Außenkurve geführter Haken kann so über ein Hebelchen (siehe Bild 3 rechts) stetig eine Feder spannen, bis er am Ende über die Kante springt, zurückschlägt und das nächste Zählrad weiterdreht. Nennen wir sie der Einfachheit halber „(Zehnersprung)-Schneckenscheibe“, über deren „Nase“ die Kraftentladung sprunghaft stattfindet.



**Bild 4 Felt Holz-Comptometer Schneckennase bei 1 (Pfeile = Drehrichtung)**

Einige Haltezahnräder versuchen die dabei auftretenden enormen Fliehkräfte zu bändigen, die bei den frühen Maschinen dieser Art immer wieder zum „Überschleudern“ der Zahnräder führt und damit zu einem falschen Ergebnis. Die Menge der dazu notwendigen Haken und Hebeln in dem konkreten Holzkasten-Comptometer verdeckt die Sicht auf die Schneckenscheibe fast vollständig (Bild 4). Man erahnt gerade noch die Position der Nase hinter der „1“ (übrigens nicht identisch mit der Position in der Patentzeichnung).



**Bild 5 Felt Comptometer A aus Metall (Patent US733379, 1903)**

Die Folge-Patente rund um das Comptometer versuchen, die auftretenden Kräfte in den Griff zu bekommen und die Bedienungsmodalitäten zu verbessern. Für die weiteren Patententwicklungen ist es interessant, dass Felts erste Patente nach 17 Jahren, also etwa 1904 ausliefen. Da zeitlich die Turckschen Patente folgen, werden wir erst danach die Weiterentwicklungen des Comptometers behandeln. Das sogenannte „Casing“-Patent, 1903, der Beschreibung der kopierten Kastenform, bestimmt nach 1912 die Patentdiskussion mit Burroughs.

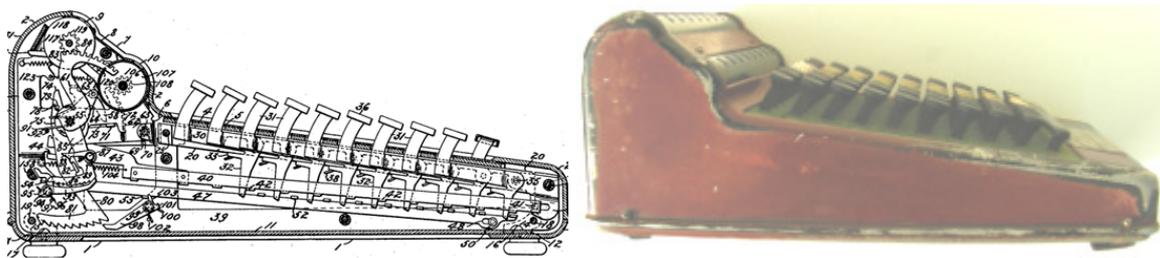
## Turcks Mechanical Accountant

J.Turck, eine anderer origineller amerikanischer Erfinder um die Jahrhundertwende, patentierte 1901 eine Maschine, die unter dem Namen „Mechanical Accountant“ für weitere 20 Jahre in kleinen Stückzahlen vertrieben wurde.



**Bild 6 Mechanical Accountant, Mod.H, SN11566**

Verschiedene Modelle sind bekannt, auch solche mit reduziertem (5-er) Tastenfeld. Das abgebildete Exemplar ist eine sogenannte „Simplex“-Maschine, die noch keine simultanen Tastenoperationen erlaubt. Spätere Maschinen hatten den „Duplex“-Mechanismus, mit dem durch geeignete Fingerstellung in einer Bewegung eine mehrstellige Zahl eingegeben werden kann und trotzdem die Zehnerüberträge richtig ablaufen.



**Bild 7 Mechanical Accountant (Patent US720086, 1903) und Mod.H, SN11566**

Von der Form her scheint die Maschine eleganter und kompakter als das Comptometer. Außerdem hat sie eine zweite Anzeigezeile mit den zuletzt eingegebenen Zahlen. Beim Comptometer muss man sich dafür auf das Gedächtnis verlassen. Daher hat der Mechanical Accountant vorne eine lange Quertaste zur alleinigen Löschung dieses Eingabefelds. Die Ergebnislöschung geschieht durch Drehen der Flügelschraube rechts.

Das erste Patent von 1901 (Bild 8) scheint ein nicht realisierter Entwurf zu sein, beinhaltet aber schon den Gebrauch der Kurvenscheibe für den Zehnerübertrag, wenn auch nur in den Illustrationen. Interessanterweise wird in den 29 „claims“ der Zehnerübertrag nicht erläutert.

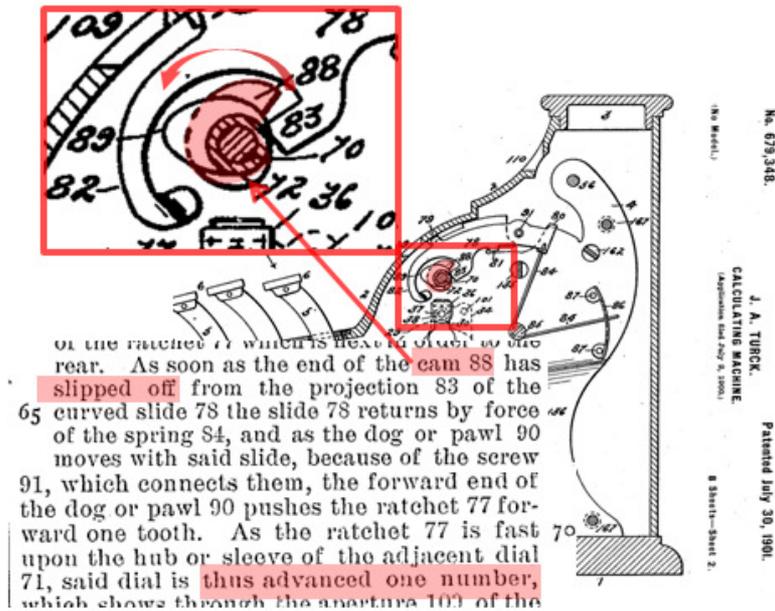


Bild 8 Patent US679348, J.A.V.Turck, July 30 1901; erste Zehnersprung-Schnecke

Zwei Jahre später lässt sich Turck ein modifiziertes Patent (Bild 9) eintragen, mit dem im weiteren produziert wird. Dort spricht er von einem „volute-shaped cam“, der schneckenförmigen Kurvenscheibe.

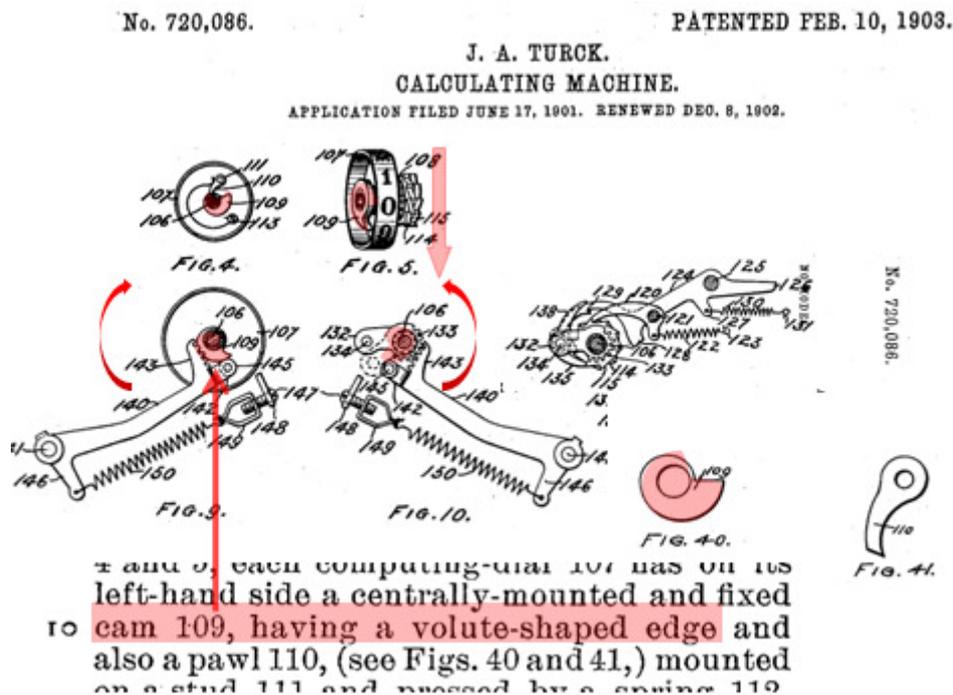
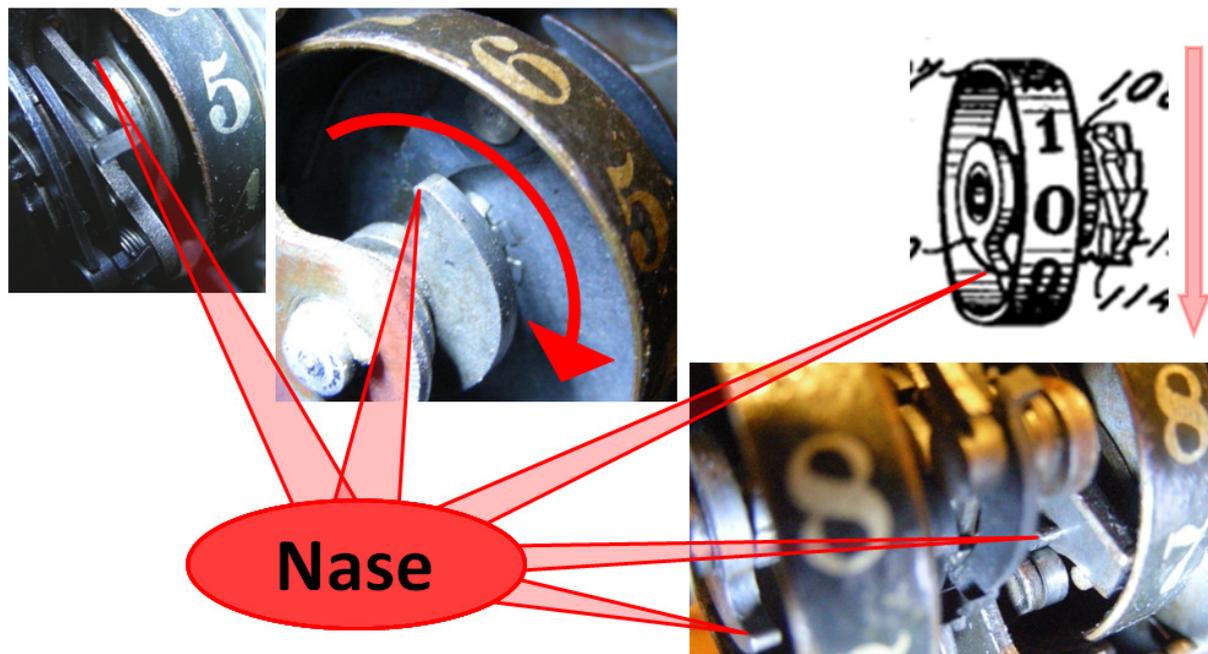


Bild 9 Patent US720086, J.A.Turck, Feb, 10 1903; zweite Zehnersprung-Schnecke (Pfeile = Drehrichtung)

Trotz der mehrfachen, expliziten Zeichnung der Kurvenscheibe im Zählrad findet sich auch hier kein Anspruch, „claim“, auf den Zehnerübertrag. Das Bild 10 versucht die Position der „Schnecken-Nase“ in der konkreten Maschine abzubilden. Im mittleren Foto kann man sie vollständig erkennen, aber nur weil dies das letzte linke Zählrad ist, das ja eigentlich keinen Zehnerübertrag veranlassen kann. Auch hier liegt die „Nase“ an anderer Stelle, als im Patent.



**Bild 10 Mechanical Accountant H, SN\_11566, Position der Schnecken-Nase  
(Pfeile = Drehrichtung)**

Interessant ist noch die Drehrichtung der Zählräder, erkennbar durch die Anordnung der Ziffern: sie bewegen sich auf den Betrachter zu (siehe Pfeil in Bild 10), von rechts gesehen gegen den Uhrzeigersinn, umgekehrt zu den anderen Tastenantrieben.

Wenn im Resultatwerk z.B. 99 steht und man in der Zehnerstelle die 9-er-Taste durchgedrückt hält und dann noch in der Einerstelle die 9-er-Taste drückt (also eigentlich 99 dazuzählen möchte), ergibt das bei der Mechanical Accountant Modell H das in Bild 11 abgebildete (falsche) Ergebnis von 188: kein Zehnerübertrag, denn durch die niedergedrückte Taste war er gesperrt. Es ist ja nur eine „Simplex“-Maschine.

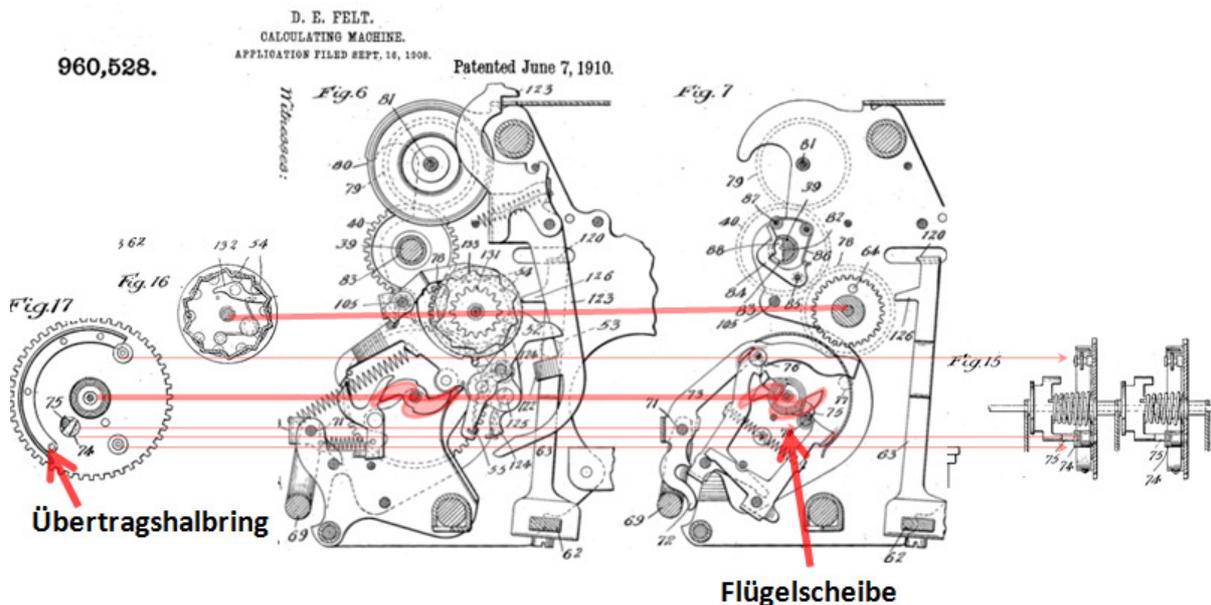


**Bild 11 Mechanical Accountant SN\_11566, kein Übertrag für gerade gedrückte Taste**

Das gleiche passiert natürlich generell, wenn gleichzeitig mehrere nebeneinanderliegende Tasten betätigt werden und zwischendrin ein Zehnerübertrag stattfinden müsste. Derselbe Test produziert selbstverständlich bei den frühen Comptometern das gleiche falsche Resultat. Erst das „Duplex“-System ermöglicht das richtige Ergebnis.

## Die späteren, gängigeren Comptometer vom Felt&Tarrant

Der Erfinder, obwohl offensichtlich die Zentralfigur der Mechanical Accountant Co., Joseph Turck, arbeitet ab 1911 für Felt&Tarrant und beantragt in seinem Namen für die neue Firma eine Reihe neuer Patente. Wahrscheinlich war dies sogar seine Hauptaufgabe: Mitarbeit bei der anstehenden Neukonstruktion des Zehnerübertrags, um die „Duplex“-Funktion zu erlauben, die sichere und gleichzeitige Betätigung nebeneinanderliegender Tasten. In seinem 1921 erschienenen Buch [1] erwähnt Turck seine frühere Tätigkeit jedoch mit keinem Wort.



**Bild 12 Comptometer, neuer Zehnerübertrag (Patent US960528, Felt 1910)**

1908 reicht Felt eine totale Modifikation des Zehnerübertrags ein, welche Mitte 1910 patentiert wurde. Im wesentlichen findet sich diese Änderung in allen späteren Comptometern ab Modell E. Die asymmetrische Schnecke wird von einer flacheren, doppelten Flügelscheibe abgelöst und die Entladung der gespannten Linearfeder durch eine Drehfeder (Bild 12). Durch eine Vergrößerung des Übertragungszahnrades auf 40 Zähne und einem darauf montierten Halbring (links) wird der Spielraum für die Stop-Vorrichtung gegen Überschleudern erweitert. An diesem Halbring gleiten jetzt gleich zwei aneinander gekettete Sprunghebel oszillierend hin und her und produzieren den Übertrag auf die nächste Stelle.

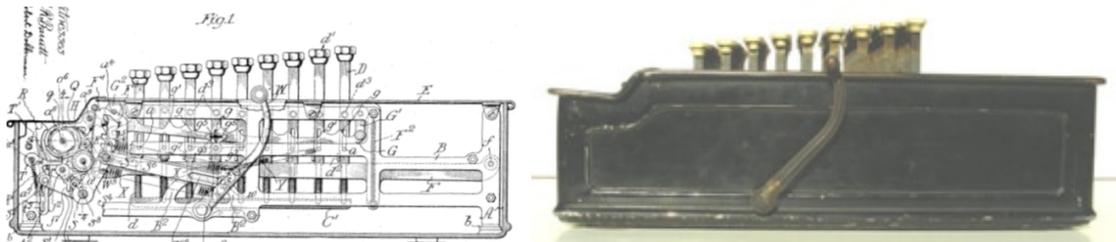


**Bild 13 Comptometer H, Flügelscheibe mit Halbring und Drehfeder**

Dieser Übertragsmechanismus wird bei den folgenden Modellen im Prinzip beibehalten, trotz seiner vielen, plutzerfordernden Einzelteile. Aber auch die Überschleuderung ist nicht hundertprozentig gelöst; vor allem intensiv genutzte Maschinen funktionieren oft nicht mehr einwandfrei und sollten vorsichtig bedient werden.

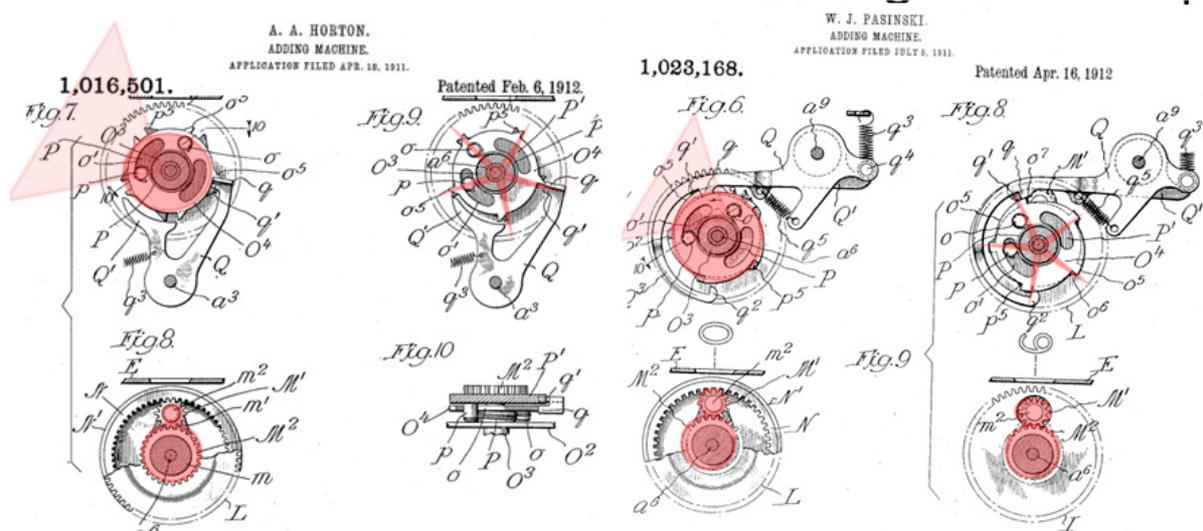
## Burroughs „Comptometer“

Im Jahre 1912 wird von A.Horton ein Modell für die Burroughs Adding Machine Company patentiert, das – auch wegen ihrer äußeren Erscheinungsform – auf den Markt der bereits eingeführten Felt&Tarant-Comptometern abzielt (Bild 14), obwohl ihr Inneres total neu konstruiert ist und es auch viel weniger wiegt. Eine wesentliche Platz- und Gewichtseinsparung ergibt sich durch die kompakte Realisierung des Zehnerübertragsmittels eines doppelten Planetengetriebes.



**Bild 14 Burroughs-„Comptometer“ (Patent US1016501, 1912) und SN\_181298**

Aber besonders die Form ist einer der Gründe für einen jahrelangen Patentstreit, der Burroughs letztendlich zwang, mit dem neuen äußeren Design der Class-5-Maschinen weiterzumachen.



**Bild 15 Burroughs Patente 1912 (Horton, US1016501, Pasinski, US1023168 rechts)**

In dem genannten ersten, mit dem Namen Horton verbundenen Patent von 1912 (Bild 15, links) ist der Zehnerübertrag nicht im einzelnen erläutert, sondern es wird nur beschrieben, wie ein Planetengetriebe innerhalb des Zählrades eine Reduktion der Umdrehungen vornimmt, sodass „...one-fifth turning of the sun gear with the disk P' will advance the number wheel, through the medium of the planet gear M', one-tenth of a revolution or one numerical step.“ Der Pleuelhebel Q links oben unterhalb des roten Pleuelrads wird durch die 5 Außenzacken (siehe überlagerten Stern weiter rechts) hin und her bewegt, was dann das nächste Zählrad weiterdreht.

Der fast gleichzeitige Vorschlag von Pasinski (Bild 15, rechts) ist jedoch derjenige, der weitgehendst in den sogenannten Burroughs-Comptometern realisiert wird. Die Auf- und Ab-Pleuelbewegung, die dann zum Übertrag führt, geschieht hier mittels des c-förmig endenden „Unruhe“-Hebels Q (rechts oben) durch alternativen Einhaken in die 5 Aussparungen des hier

rot gekennzeichneten Pendelrads. Das links neben dem Zählrad um das am Zählrad befestigten Sonnenrad2 oszillierende Planetenrad2 (auch Bild 16 links) dient nur dazu, einen Nocken in einem Sektor (rosa Dreieck von Bild 15) des Pendelrads weiterzutreiben, um den Zehnerübertrag unabhängig von der Drehung des Zählrades zu machen („Duplex“-Mechanismus). Der Nocken im Sektor wird später zu einer veritablen „Unruhe“, aber eigentlich genauso angetrieben.

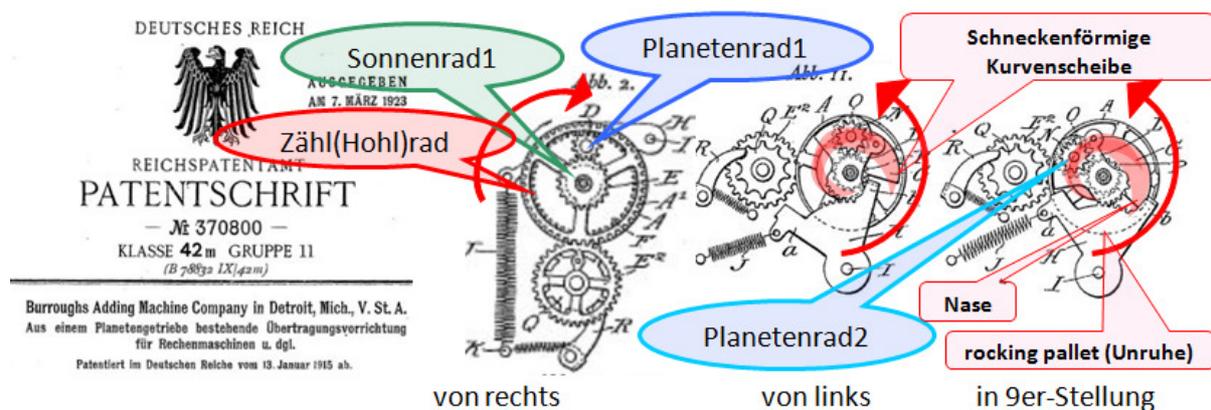


**Bild 16 Burroughs „Comptometer“ SN\_181298  
(Einerzählrad von schräg vorne, rechts Planetenrad1 sichtbar bei Ziffer 1)**

Die Burroughs-Comptometer waren nur wenige Jahre auf dem Markt, teils wegen dem Patentstreit, aber auch wegen der schon absehbaren Marktbeherrschung durch die gut eingeführten Felt&Tarrant-Comptometer.

### Burroughs Class 5

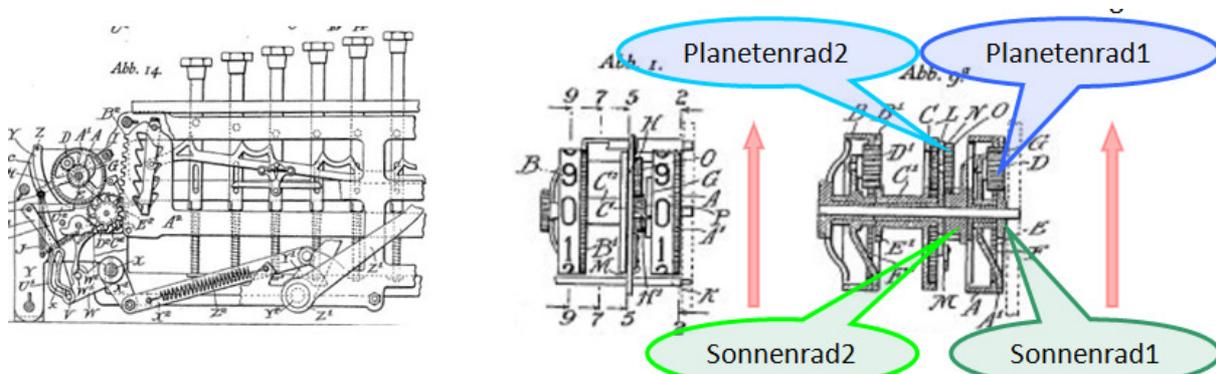
Etwa um 1914/15 unternimmt Burroughs eine sowohl äußerliche, als auch innere Neukonstruktion seiner Tastenantriebs-Maschinen. Es entsteht die Class 5 der Burroughs-Serie. Noch für die alte „Comptometer“-Form erhält C.W.Gooch Anfang 1915 ein Patent (US 1128679), das einen neuen Zehnerübertrag beschreibt. Auch hier werden wieder zwei alternative Methoden beschrieben, die beide auf einem doppelten Planetengetriebe wie bisher basieren, aber für die Federspannung auf die schneckenförmige Kurvenscheibe von Felt zurückgreifen.



**Bild 17 Burroughs Patent DE370800 1915, neuer Zehnerübertrag**

In der praktisch identischen deutschen Patentschrift (DE370800), die zwar erst 1923 ausgegeben wird, aber ab 1915 gilt (Bild 17), identifizieren wir die beiden Planetenräder und die schneckenförmige Kurvenscheibe des zweiten Vorschlags. Das Sonnenrad1 (siehe auch Bild 18) steht fest, es wird vom Planetenrad1 umkreist, das durch die Innenzähne des Zählrades angetrieben wird, welches wiederum an der linken Seite ein Sonnenrad2 befestigt

hat, in das das Planetenrad2 eingreift. Dieses sitzt auf einer Scheibe, die die Pendelunruhe (*rocking pallet* in der amerikanischen Fassung) für bis zu ca. 60° vortreibt, bis sie beim 9er-Durchgang zurückspringt und die nächste Stelle weiterzählt, unabhängig davon ob sich diese gerade im Drehen befindet: „Duplex“-Mechanismus. Man beachte noch die Drehrichtung der Zählräder, von rechts gesehen im Uhrzeigersinn, also wie beim Felt&Tarrant Comptometer, aber umgekehrt zu der Mechanical-Accountant-Realisierung.



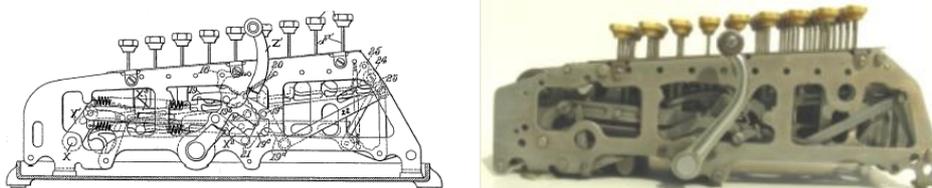
**Bild 18 Burroughs Patent DE370800, Anordnung der beiden Planetengetriebe**

Die schwingende Hin- und Her-Bewegung der Unruhe bedingt den extrem leichten Gang und sicheren Zehnerübertrag der Class-5-Maschinen. Zur Illustration sind in Bild 19 die beiden Seiten eines Zählrades abgebildet, links sieht man die 45 Außenzähne des gegen das Zählrad drehbaren Antriebsrads, in die die von den Tasten betätigte Zahnstange eingreift, um es entsprechend zu drehen. Auch einige der 50 Innenzähne des Zählrades sind sichtbar.



**Bild 19 Burroughs Zählrad (links Planetenrad1 bei 5, rechts Schneckennase fest bei 2)**

Auf einem Radialarm ist rechts davon das zehnzählige Planetenrad1 befestigt. Oben erkennt man die Kurvenschnecke und das kleine, zwölfzählige Sonnenrad2, beide fest mit dem Zählrad verbunden. Erst die Drehung dieses Sonnenrades2 bewirkt sowohl die Drehung des Zählrades, als auch die Weiterbewegung der Pendelunruhe.



**Bild 20 Burroughs-Class 5 (Patent Horton, US1243839, 1920) und SN\_ 5-592202**

Gleichzeitig mit den neuen Überträgen experimentiert Burroughs mit einem neuen Antriebsmechanismus, der den durch das lineare Antriebsgestänge notwendige hintere Ende der Maschine radikal verkürzt. Dieses Design (Bild 20), das äußerlich durch die Rundungen auffällt, wird im Prinzip bis zum Ende der Burroughsschen Tastenantriebsmaschinen beibehalten.

## Zusammenfassung

Bewusst konzentriert sich der vorliegende Bericht auf drei Hersteller von frühen Tastenantriebsmaschinen, um bei allen den Einsatz eines kleinen, aber wesentlichen Teils wiederzufinden: die **schneckenförmige Kurvenscheibe** zum Spannen einer Feder, die den Zehnerübertrag veranlasst.



**Bild 21 Die drei behandelten Zehnerüberträge und ihre Maschinen  
(links Comptometer 1887, Mechanical Accountant 1903, rechts Burroughs 1912)**

Die drei exemplarischen Maschinen-Entwicklungen hierzu sind in Bild 21 zusammen mit den erwähnten Patent-Erläuterungen aufgeführt. Die zeitliche Abfolge der beanspruchten Patente suggeriert, dass die Grundidee für das so langlebige Zentralteil dem Erfinder Dorr E. Felt gebührt, auch wenn es hauptsächlich andere Firmen in ihren Maschinen verwendeten.

## Literatur:

[1] Turck, J. A. V.: *Origin of Modern Calculating Machines*. 1921. Reprint Arno Press, New York 1972