



Beschreibung der Rechengänge und technischen Funktionen einer Sprossenrad-Rechenmaschine anhand einer "Triumphator C, Typ 1" (Demonstrationsmodell)

Die Rechenmaschine ist funktionsfähig (zweistellig in der Eingabe und im Umdrehungszählwerk, dreistellig im Resultat).

Entfernte Teile:

Es wurden zur besseren Übersicht 7 Sprossenräder, 7 Ziffernräder der Einstellkontrolle, 6 Ziffernräder des Umdrehungszählwerks und 10 Ziffernräder des Resultatwerkes samt zugehöriger Rastersperren und Zahnräder ausgebaut. Weiterhin wurde nicht benötigte Zehnerübertragungsvorrichtungen entfernt. Der außenliegende Löschkamm der Einstellung wurde nicht eingebaut, als reine Bedienungshilfe ist er bei der Demo-Version nicht erforderlich und sogar störend. Weiterhin wurden zur Vereinfachung und besseren Übersicht diverse Kleinteile entfernt, die für das Demo-Modell nicht notwendig waren. Sämtliche ausgebauten Teile einschließlich der Verkleidungsbleche sind vorhanden und können, z.B. für die Reparatur einer anderen Maschine, einzeln oder zusammen abgegeben werden.

Sonstige durchgeführte Arbeiten:

Die Maschine wurde selbstverständlich vollständig zerlegt. Alle Teile wurden sorgfältig gereinigt und poliert. Die Lackierung der Seitenflächen von Korpus und Schlitten ist original, Benutzerspuren wurden belassen. Hier ist das Alter der Maschine bewusst demonstriert. Entrostete Stellen, die zuvor schwarz lackiert waren, wurden zum Teil mit Eisen-Schwarzbeize eingefärbt und konserviert, zum Teil dünn überlackiert. Die Farbe der Ziffernräder ist erneuert, ohne das Alter zu verleugnen. Am Sprossenrad Nr. 2 wurde der obere Teil des Sicherungsblechs abgenommen, damit die Verschiebung der Sprossen sichtbar wird. Zur Vermeidung von Schmutzanhaftung wurden die Teile sparsamst geölt. Die unschön korridierte Grundplatte wurde aus optischen Gründen schwarz lackiert. Der ursprüngliche Kurbelgriff aus Bakelit bestand nur noch aus zusammengeklebten Resten (siehe unten), er wurde ersetzt. Drei Mitnehmerstifte der Welle des RZW wurden ersetzt, die von der Löschkfunktion des Schlittens gesteuerte Trommelsperre wurde wieder funktionsfähig gemacht (Abrieb). Die Einstellsperr wurde verkürzt, da sie nur zwei Sprossenräder durchläuft. Der 13. Zehnerübertrag der Trommel wurde auf Platz 3 versetzt. Die notwendigen, zusätzlichen Sicherungen sind als Teile, die nicht im Original zur Maschine gehören, mit roten Punkten gekennzeichnet.

Zur Maschine gehört eines der ausgebauten Sprossenräder, ebenfalls gereinigt, restauriert und leichtgängig. Entfernt man die zwei Sicherungsschrauben, kann man die Funktion des "Herzens" einer Sprossenradmaschine genau studieren.

Das Zerlegen, notwendige Reparaturen, Entrosten, Reinigen, Polieren und Konservieren sowie der Umbau zur Demo-Rechenmaschine erfolgte fachkundig und benötigte über 100 Stunden Arbeit! Diese Demo-Rechenmaschine ist weniger zur detaillierten Beschreibung der Rechenmöglichkeiten gedacht, sondern vor allem zur Demonstration der damaligen Technik.

A Rechengvorgang

Einstellringe (1) und Einstellkontrollwerk (2)

Hier erfolgt die Eingabe einer Zahl durch Vorwärtsdrehen. Der eingestellte Zahl entspricht die Anzahl der im Sprossenrad ausgefahrenen Sprossen. Die Einstellung wird am Einstellkontrollwerk (2) abgelesen. Auf dem Verkleidungsblech waren übrigens bei diesem Typ keine Ziffern angegeben.

Kurbel (3)

Durch positive Umdrehung der Kurbel im Uhrzeigersinn wird die eingestellte Zahl im Resultatwerk (4) addiert, durch negative Drehen gegen den Uhrzeigersinn subtrahiert. Jede Sprosse des Sprossenrades dreht ein Ziffernrad des Resultatwerkes um eine Stelle weiter bzw. zurück. Multiplikation und Division erfolgen durch wiederholte Kurbeldrehung. Durch das Herausziehen des Kurbelgriffs vor der Drehung wird die Einstellsperre (5) aktiviert, so dass während der Drehung keine versehentliche Veränderung der Einstellung möglich ist.

Resultatwerk (4)

Zeigt das Ergebnis jeder Kurbeldrehung. Zehnerübertrag: Wird die Zahl Neun überschritten, hebt das Ziffernrad einen Hebel (6) an. Dadurch wird der Zehnerhebel (7) des links benachbarten Sprossenrades auf das dazugehörige Ziffernrad gelenkt und dreht es um eine Stelle weiter, und zwar bevor die Sprossen weitere Drehungen verursachen. Danach wird der Hebel vom Sprossenrad wieder abgesenkt.

Bei Multiplikation wird jede Stelle des Multiplikators separat gerechnet. Wird z.B. 14 mit 13 multipliziert, wird die Kurbel mit rechtsbündig eingestellter 14 zunächst dreimal gedreht (Einerstelle). Es erfolgt ein Zehnerübertrag auf die zweite Stelle ($14 \times 3 = 42$). Dann wird der Schlitten (11) um eine Stelle nach rechts gerückt und die Kurbel einmal gedreht (Zehnerstelle). Damit wird 14 zur 4 der zweiten Stelle (Zehnerstelle) addiert = 182.

Bei Division erfolgt die Rechnung umgekehrt. Der Dividend, der ja als Resultat einer Multiplikation betrachtet werden kann, wird als erstes eingegeben, und zwar so, dass er möglichst weit links im Resultatwerk erscheint. Danach wird der Divisor im Einstellwerk eingegeben und mit wiederholter negativer Drehung von dem Dividenden abgezogen. Hat man den Hebel (10) auf Division eingestellt (linke Position), wird im Umdrehungszählwerk angezeigt, wie oft die Subtraktion erfolgte. Beispiel $52 : 13 = ?$ Es wird 52 eingestellt und mit einer positiven Drehung in das Resultatwerk übertragen. Danach wird das Umdrehungszählwerk (es zeigt eine 1) gelöscht. Es wird dann die 13 eingestellt und der Hebel (10) nach links gestellt. Jede negative Umdrehung der Kurbel zieht 13 von 52 ab. Dies ist viermal möglich, bis das Resultatwerk auf Null steht. Die 4, das Ergebnis, wird am Umdrehungszählwerk abgelesen. Multiplikation und Division werden also als fortgesetzte Addition bzw. Subtraktion gerechnet.

Ist das Ergebnis nicht ganzzahlig, können auch Nachkommastellen berechnet werden. Dies erfordert meist mehr Anzeigen, als sie diese Demo-Rechenmaschine hat. Die Berechnung von einer Nachkommastelle ist jedoch als Demonstration möglich, z.B. $10 : 4 = 2,5$. Man stellt dazu - nach Eingabe von 10 im Resultatwerk - die 4 linksbündig (linkes Sprossenrad) ein. Dann wird 4 von 10 wie beschrieben fortlaufend subtrahiert. Nach der dritten Umdrehung wird der mögliche positive Wert überschritten. Die Kurbel wird um eine Umdrehung zurückgedreht. Dann wird der Schlitten um eine Position nach links verschoben. Von der Zahl 20, die jetzt im Resultatwerk steht, kann durch negative Kurbeldrehung die Zahl 4 fünf Mal abgezogen werden, danach steht das Resultatwerk auf Null. Das Umdrehungszählwerk steht auf der Zahl 25, die Kommastelle ist natürlich nicht sichtbar, da man durch die Schlittenverschiebung rechnerisch bzw. mechanisch $100 : 4$ geteilt hat.

Die Löschung des Werkes erfolgt durch Drehen der Flügelschraube (8). Durch die Drehung wird die Welle, auf der die Ziffernräder sitzen, zunächst etwas nach außen verschoben. Die Mitnehmerstifte auf der Welle können dann innerhalb der Ziffernräder auf einen Metallzahn greifen und damit das Rad bis in die Nullstellung drehen. Mit Abschluß der Drehung gleitet die Flügelschraube wieder nach innen.

Bei den Rädern, die sich bereits in Nullstellung befinden, gleitet der Mitnehmerstift der Welle um den innenliegenden Metallzahn herum, so dass diese Räder nicht gedreht werden.

Bei dieser Demo wurde das Ziffernrad Nr. 13 an Platz 3, also die äußere linke Position versetzt. Man erkennt, dass dieses Ziffernrad keinen Zehnerübertrag mehr auslöst, es fehlt der entsprechende Metallzahn. Der Zehnerübertragshebel wurde dementsprechend nicht eingebaut. Die äußere Abschrägung (zwischen den Ziffern 2 und 3) dient im Original dazu, die Überlaufglocke auszulösen. Hierdurch wird dem Bediener signalisiert, dass die ganz linken Ziffern den Betrag von 9 überschreitet und damit der Anzeigebereich des RZW überschritten wird.

Der darüberliegende Zehnerübertrag auf der Trommel ist im Original an Platz 10. Für die Funktion der Demo hat das keine Bedeutung. Es wurde dieser Zehnerübertrag eingebaut, da er die Feder der Einstellkontrolle auffängt (runde Buchse auf der linken Seite).

Umdrehungszählwerk (9)

Jede Kurbeldrehung vergrößert oder verringert die angezeigte Zahl im Umdrehungszählwerk um den Wert Eins mittels eines Metallzahns (23). Der Hebel (10) regelt die Drehrichtung der Trommel (22). Steht der Hebel auf Multiplikation (rechts), dann wird der Wert Eins bei positiver Drehung, also bei Addition und Multiplikation addiert, bei negativer Drehung subtrahiert. Steht der Hebel auf Division (links), wird der Wert Eins bei negativer Drehung addiert, bei positiver Drehung subtrahiert. Ist der Hebel (10) dem Rechenvorgang entsprechend korrekt eingestellt, wird also stets die Anzahl der tatsächlichen Rechenvorgänge angezeigt. Das Umdrehungszählwerk verfügt über den gleichen Zehnerübertrag wie das Resultatwerk, die Löschung erfolgt auch hier durch die Flügelschraube. Die Messingtrommelscheiben (22) dienen lediglich zum Zehnerübertrag.

Am UZW wurden zwei Zehnerübertragshebel belassen. Der linke hat für die Anzeige keine Funktion, da nur zweistellig angezeigt wird. Er wurde eingebaut, damit die Anhebung des Zehnerübertragshebels auf dem Schlitten durch das Ziffernrad besser beobachtet werden kann. Beim RZW wurde an dieser Stelle das Überlauf-Ziffernrad Nr. 13 eingebaut.

B Die Technik

Sprossenrad (12)

Am Sprossenrad werden die Werte für die Rechnung eingestellt. Der eingestellten Zahl entspricht die Anzahl der herausgefahrenen Sprossen. Am oberen Teil des Einstellrings befindet sich die Führung für die Sprossen, deren Verschiebung sichtbar ist. Dafür wurde der obere Teil des Sicherungsbleches abgetrennt. Unten am Sprossenrad befindet sich eine Rasterung für die genaue Stellung des Einstellrings. Weiterhin trägt jedes Sprossenrad (mit Ausnahme des ersten) zwei gefederte Stifte für den Zehnerübertrag, der vom Ziffernrad des Resultatwerkes bzw. Umdrehungszählwerkes ausgelöst wird. Dieser Stift wirkt funktionell wie eine zusätzliche Sprosse, die das darunterliegende Ziffernrad um eine Stelle transportiert, und zwar bevor die Sprossen selbst wirksam werden. Ebenso gibt es zwei Abschrägungen auf dem Sprossenrad, die den Zehnerhebel des Schlittens nach erfolgtem Zehnerübertrag wieder deaktivieren. Beide Funktionen, der Stift und die Abschrägung, sind jeweils auf beiden Seiten der Sprossenreihe angeordnet, damit sie sowohl bei positiver Drehung (Addition) wie negativer Drehung (Subtraktion) wirken können. Die aufgesetzte Zahnrad-Rasterung am oberen Ende dient dazu, die Einstellung auf das Einstellkontrollwerk zu übertragen.

Die einzelnen Funktionen des Sprossenrades können gut am beigelegten, losen Sprossenrad beobachtet werden. Nach Entfernung des Sicherungsblechs ist der ganze Einstellring sichtbar und kann auch abgenommen werden. Dabei ist Vorsicht geboten, damit die Sprossen nicht herausfallen. Entnimmt man Sprossen zur genaueren Untersuchung, dann muß darauf geachtet werden, dass jede Sprosse in ihren dazugehörigen Schacht zurückgelegt wird. Das Zerlegen des Sprossenrads muss außerdem in möglichst schmutz- und staubfreier Umgebung erfolgen, da kleinste Schmutzpartikel das einwandfreie Gleiten der Sprosse verhindern können.

Es ist hervorzuheben, dass bei aller Robustheit der Maschine die Sprossenverschiebung die mit Abstand empfindlichste und störbarste Funktion darstellt. Während alle anderen Teile Druckverhältnisse im Kilogramm-Bereich dulden oder sogar erfordern, können wenige Gramm Reibungswiderstand die Sprosse blockieren. Ein leichtes Hakeln ist bei den frühen Triumphator-Modellen oft anzutreffen, das ist bauartbedingt. Bei dieser Demo-Ausführung sind alle Sprossen aufwendig nachgearbeitet, die Einstellung ist leichtgängig.

Das links neben dem zweiten Sprossenrad aufgesetzte Teilstück (13) dient für zwei Funktionen: Zum einen ist innen in der vorstehenden Buchse jene Feder gelagert, die die Einstellsperre nach rechts

drückt. Zweitens dient dieses Teil für den Zehnerübertrag für das äußerste linke Ziffernrad des RZW. Dieses Teil ist im Original ganz links angeordnet, für die Demo wurde es nach rechts versetzt.

Überschleuderungskorrektur (14)

Bei der Einstellung werden die Ziffernräder des Einstellkontrollwerks (2) durch das Sprossenrad gesteuert. Die Kurbel dreht alle Sprossenräder, das bedeutet, dass bei der Kurbeldrehung die Sprossenräder vom Einstellzählwerk abgetrennt werden müssen. Hierzu werden die Zahnräder (20) des Einstellzählwerkes seitlich verschoben, so dass sie von dem Sprossenrad nicht mehr erfasst werden. Verstellt sich nun diese Verschiebung ein wenig, oder wird zu hastig und kraftvoll gearbeitet, kann das Einstellkontrollwerk ganz oder in Teilen bei der Kurbeldrehung mittransportiert (überschleudert) werden. Dadurch wird die Anzeige fehlerhaft. Tritt das ein, wird mit der Flügelschraube (15) das Einstellwerk wieder auf Null gedreht, ähnlich der Löschung der Schlittenzählwerke. Für diese Löschung muss, damit die Abtrennung von den Einstellringen erfolgt, die Kurbel herausgezogen werden (siehe Sperren).

Der Schlitten (11)

Der Schlitten trägt das Resultatzählwerk (4) und das Umdrehungszählwerk (9). Für die Multiplikation und Division wird er mit einem Hebel (16) seitlich verschoben, damit kann im Zehner-, Hunderter- (usw.) Bereich addiert und subtrahiert werden.

Der Schlittentransport ist nur möglich, wenn sich die Kurbel in Grundstellung befindet. Er ist bei dieser frühen Maschine noch einfach konstruiert, später wurde er stark verbessert, Tasten oder Hebel sorgten dann für eine automatische Platzierung des Schlittens in der jeweils nächsten Stelle.

Bei der Bedienung der Maschine ist es unerlässlich, dass der Transporthebel (16) stets in den Sockel eingerastet ist. Ist das nicht der Fall, sorgt eine Sperre dafür, dass die Kurbel blockiert wird (siehe Sperren).

Zur genaueren Betrachtung des Schlittens kann dieser einfach nach rechts herausgeschoben werden. Dazu ist das Sperrstück am linken äußeren Schlittenboden abzunehmen.

Die Sperren

Man begann Sperrvorrichtungen einzubauen, um Bedienungsfehler zu verhindern, außerdem vermeiden sie mechanische Schäden. Die Brunsviga-Maschinen verfügten bis ca. 1896 noch über keinerlei Sperren, dann begann man aus der Praxiserfahrung heraus, immer mehr davon einzubauen. Die Triumphator Typ 1 verfügt bereits über alle Sperren, die in den folgenden Jahrzehnten zum Standard wurden. Sie sind grundsätzlich so eingerichtet, dass stets nur eine Funktion bestätigt werden kann (Ausnahme: das gleichzeitige Löschen von UZW und RZW ist möglich).

1. Einstellsperre (5)

Die Einstellung wird verriegelt, sobald der Kurbelgriff aus seiner Halterung gelöst wird. Dies ist die einzige Sperre, die nicht direkt sichtbar ist. Zu beobachten ist, dass sich beim Kurbelzug eine lange Stange nach links bewegt und über ein weiteres Gestänge oben die Einstellräder von dem Sprossenrad trennt. Dies ist notwendig, um bei der Rotation der Trommel die Einstellung nicht zu verändern. Diese lange Stange besitzt direkt nach dem Eintritt in das Gehäuse einen Seitenarm, der von hinten (dann ganz links unten) rechtwinklig abzweigt und ebenfalls verschoben wird. Ein Dorn am Ende dieses Seitenarms verschiebt die gefederte Sperrstange, die im Inneren der Sprossenräder verläuft und löst damit die Sperre aus. Wenn man diesen Mechanismus untersuchen möchte, löse man die Schraube (22), die die Sprossenräder sichert und verschiebe die Teile nach links.

Diese Einstellsperre samt der Trennung des Einstellwerkes von den Sprossenrädern wird von zwei versteckten und gegeneinander wirkenden Federn bedient. Die stärkere befindet sich im Kurbelgriff, die andere innerhalb des linken Messingblocks (13), der die beiden Sprossenräder sichert.

2. Drehrichtungssperre (16)

Die Drehrichtungssperre sorgt dafür, dass eine begonnene Kurbeldrehung zu Ende geführt werden muss, bevor eine Kurbeldrehung in die andere Richtung möglich ist. Dies verhindert Beschädigungen am Zehnerübertrag sowie Falschanzeigen am UZW. Ihre Wirkungsweise ist gut zu beobachten.

3. Trommelsperre (17)

Die Trommelsperre wird vom Schlitten ausgelöst. Drückt man den Schlittentransporthebel (Kurbel in Nullstellung), dann greift ein hinten am Schlitten herausragende Zahn in eine Wippe (18), die wiederum einen Sperrzahn in die Aussparung der Scheibe greift und diese blockiert. Hierdurch wird

verhindert, dass sowohl beim Schlittentransport und - wichtiger - bei nicht korrekt eingerastetem Transporthebel (16) keine Kurbeldrehung erfolgen kann.

Die Trommelsperre wird auch während der Löschung des UZW oder des RZW aktiviert. Der Transporthebel (16) läuft über zwei Scheiben (19), und rastet in seine Grundstellung nur dann ein, wenn die Löschung beendet ist. Wenn man eine der Lösch-Flügelschrauben dreht, erkennt man, dass auch dadurch der Transporthebel (16) über die Wippe die Scheibe (17) sperrt. Hierdurch wird verhindert, dass nach unvollständiger Löschdrehung weitergerechnet werden kann.

Im Gegenzug sperren die Scheiben (19) die Betätigung der Wippe (18), sobald die Kurbel gedreht wird. Dies verhindert den Schlittentransport und gleichzeitig die Löschung der Schlittenwerke, wenn sich die Kurbel nicht in Nullstellung befindet.

4. Sperrung des EZW (2)

Die Zahnräder (20), die die Einstellziffern des EZW bewegen, werden beim Herausziehen der Kurbel von den Sprossenrädern getrennt, d.h., nach links verschoben. Dadurch wird auch ihre Position über der gezahnten Stange (21) verändert, und sie können sich nicht mehr drehen. Will man die Überschleuderungskorrektur (14) bedienen, dann müssen die Zahnräder sowohl von den Sprossenrädern getrennt sein (Ziehen der Kurbel) als auch frei drehen können. Deshalb wird beim Bedienen der Überschleuderungskorrektur die Zahnstange (21) mit den Zahnrädern (21) mitbewegt, so dass die Zahnräder in den Aussparungen der Zahnstange frei drehen können.

Zusätzliche Sicherung: Wird die Drehung der Überschleuderungskorrektur nicht zu Ende geführt, verbleibt die Zahnstange (21) nach links verschoben, und die Einstellung ist blockiert.