V.

Die innere Einrichtung der Brunsviga

Die nachfolgenden Ausführungen bezwecken nicht, den inneren Aufbau der Maschine bis in seine kleinsten Details zu verfolgen; sie sollen nur in großen Zügen über das Zustandekommen der mechanischen Rechenoperationen aufklären. Der verwickelte Organismus der »Brunsviga« würde — in seiner Gesamtheit betrachtet — schwer verständlich zu machen sein, da der Umfang der der Maschine obliegenden Funktionen ein vorhergegangenes Studium der Getriebelehre voraussetzen würde. Um die Übersicht zu erleichtern, hat es der Verfasser deshalb für zweckmäßig erachtet, den Werdegang einer gedachten Rechenmaschine unter Anlehnung an die »Brunsviga«-Konstruktion zu besprechen. Allmählicher Ausbau des gedachten Apparates und schrittweise Umgestaltung seiner Bestandteile wird dem Leser nach und nach eine genaue Kenntnis der tatsächlichen Zusammensetzung der »Brunsviga« vermitteln und ihm um so deutlicher zum Bewußtsein bringen, welche reiche Fülle schöpferischer Intelligenz sich betätigen mußte, um ein mechanisches Kunstwerk von dem Range einer »Brunsviga« zu schaffen.

Die beigefügten Zeichnungen erheben keinen Anspruch auf getreue Wiedergabe der betreffenden Maschinenteile, da mit Rücksicht auf deutliche und gemeinverständliche Darstellung hier und da von der Wirklichkeit abgewichen und Nebensächliches unterdrückt werden mußte.

Als Ausgangspunkt für unsere Betrachtungen wählen wir eine der »Ziffernscheiben« der »Brunsviga«. (Siehe Figuren 15 und 16.)

Mit der Seitenfläche der Ziffernscheibe z ist ein zehnzähniges Rädchen r fest verbunden; beide sind um ihre gemeinsame Mittelachse drehbar. In die Zähne des Rades r greift ein federndes Gesperr g ein. Dieses Gesperr hat den Zweck, z und r in deren jeweiliger Stellung festzuhalten. Die Ziffernscheibe z trägt auf ihrem etwa 1/2 cm breiten Rande die Ziffern 0 bis 9 in geschlossener Folge. (Vgl. Fig. 16. Der Deutlichkeit halber ist hier die Darstellung des Gesperrs unterblieben.) Jede dieser zehn Ziffern entspricht je einem Zahne des Rades r.

In Figur 17 ist neben dem Rade r bzw. der Scheibe z eine Scheibe s dargestellt, die mit einem zahnartigen Vorsprunge versehen und vermittels einer kleinen Kurbel k um ihre Mittelachse gedreht werden kann.

Führen wir jetzt mit der Kurbel k eine volle Umdrehung der Scheibe s in der Pfeilrichtung aus, so wird deren Zahn mit einem solchen von r in Berührung kommen und r um $1/10$ seines Umfanges drehen. Eine weitere Bewegung des Rades r wird durch das Gesperr g verhindert. Dieses wird während des Zahneingriffes durch die benachbarten Zähne verdrängt; nachdem es über deren Spitzen hinweggeglitten ist, fällt es in die nächsten Zahnlücken ein und hält r in seiner veränderten Stellung fest. Als selbstverständliche Folge der stattgehabten Zehnteldrehung des Rades r ergibt sich eine Zehnteldrehung der Ziffernscheibe z und somit das Erscheinen der Ziffer 1 unter a an Stelle der vorher dort sichtbar gewesenen 0. Jede weitere Kurbeldrehung wird bedingen, daß die einzelnen Ziffern ruckweise nacheinander unter a erscheinen; nach der zehnten Drehung wird sich also unter a wie zu Anfang die 0 befinden.

Verwenden wir statt der Scheibe s eine solche mit zwei Zähnen, so wird r sich nach einmaliger Kurbelumdrehung um $2/10$ seines Umfangs, nach zweimaliger Drehung um $4/10$ gedreht haben u. s. f. Es werden unter a also nacheinander die Ziffern 2, 4 u. s. f. erscheinen. Wir sind demnach in der Lage, eine Reihe kleiner Additionen auszuführen und zwar $0+2=2+2=4+2=6$ u. s. f. Da die gedachte Maschine jedoch schon nach der fünften Drehung insofern versagt, als sie zwar die Einerstellen der Resultate richtig angibt, von nun an aber eine Angabe der Zehnerstellen vermissen läßt, wollen wir ihr jetzt dadurch eine kleine Erweiterung geben, daß wir neben z eine zweite Ziffernscheibe y anbringen. (Siehe Figur 18.) Diese unterscheidet sich von z nur durch die umgekehrte Anordnung ihrer Ziffern. Sodann versehen wir die Scheibe z mit einer sogenannten »Schaltklinke« l. Aus Figur 18 ist die Stellung ersichtlich, die der Schaltklinke gegeben werden muß, damit diese auf einen Zahn des an y befestigten Rades einwirken kann, wenn eine volle Umdrehung der Scheibe z beinahe vollendet ist.

Kurz bevor die 0 der Ziffernscheibe z in ihre Anfangsstellung unter a zurückkehrt, wird also die Schaltklinke l eine Zehnteldrehung der Scheibe y herbeiführen, und unter b wird die 1 sichtbar werden. Vergegenwärtigen wir uns nun nochmals, daß diese Situation bei der fünften Kurbelumdrehung eintritt, so werden wir uns ohne weiteres darüber klar werden, daß wir nach fünfmaliger Drehung als Resultat der Additionsreihe $0+2+2+2+2+2$ die Zahl 10 von den Ziffernscheiben y und z ablesen können. Nach weiteren

fünf Drehungen müssen wir in gleicher Weise das Resultat 20 erhalten u. s. f.

Es ist klar, daß wir durch Verwendung einer größeren Anzahl Ziffernscheiben, die in der angedeuteten Weise nebeneinander zu reihen und mit Schaltklinken für die Übertragung der Zehner, Hunderter, Tausender usw. — kurzweg »Zehnerübertragung« genannt — zu versehen wären, eine beliebige Erweiterung unserer Maschine für Additionen mit der Zahl 2 erzielen würden. Ersetzen wir nun die mit zwei Zähnen versehene Scheibe s durch eine solche mit drei Zähnen, so können wir eine beliebige Reihe von Additionen mit der Zahl 3 ausführen. Würden wir eine Serie von Scheiben mit ein, zwei bis neun Zähnen verwenden und diese abwechselnd in die Maschine einsetzen, so würde die Maschine also mit jeder der Zahlen 1 bis 9 in beliebiger Kombination zu addieren vermögen. Befestigen wir nun die neunteilige Räderserie auf einer gemeinsamen, verschiebbaren und mit einer Kurbel versehenen Achse (Figur 19), so sind wir in der Lage, jedes Serienrad mit den Zähnen des mit der Ziffernscheibe z verbundenen Zahnrades auf bequeme Weise zum Eingriff zu bringen (Figur 20).

Unsere Maschine hat somit schon eine leidliche Vollkommenheit erreicht, obwohl ihr eine praktische Bedeutung noch nicht zuzusprechen ist. Die Verwendbarkeit der Maschine für Multiplikations-Rechnungen ergibt sich von selbst aus der Erwägung, daß die wiederholte Addition einer und derselben Zahl mit einer Multiplikation dieser Zahl gleichbedeutend ist (z. B. $5+5+5=3\times5$). Die Lösung von Multiplikations-Aufgaben würde sich demnach in derselben Weise vollziehen wie die Ausführung von Additions-Reihen mit gleichen Summanden. Es ist jedoch zunächst Bedingung, daß der Multiplikandus eine einstellige Zahl ist, während der Multiplikator von beliebiger Größe sein kann, wenn nur die erforderlichen Ziffernscheiben und Schaltklinken für die Zehnerübertragung vorhanden sind.

Der weiteren Ausgestaltung unserer Maschine für Additionen und Multiplikationen mit mehrstelligen Zahlen würden sich bei Verwendung der oben beschriebenen Räderserie erhebliche Schwierigkeiten entgegenstellen; insbesondere würden wir mit einer zu großen räumlichen Ausdehnung der Maschine und mit einer schwerwiegenden Umständlichkeit der erforderlichen Manipulationen zu kämpfen haben. Die gedachte neunteilige Serie von Rädern verschiedener Zahnung bildet indessen die theoretische Grundlage für eine Einrichtung, die eines der schwierigsten Probleme auf dem

Gebiete des mechanischen Rechnens glänzend löst und uns unserem Endziele, der Konstruktion einer mit mehrstelligen Zahlen zuverlässig arbeitenden Rechenmaschine, ganz bedeutend näher bringt. — Der Konstrukteur der »Brunsviga« hat es nämlich verstanden, die neun Räder unserer Serie zu einem einzigen Rade zu verschmelzen, dem vermöge einer äußerst sinnreichen Vorrichtung die jeweils erforderliche Zahl von Zähnen (von einem bis zu neun Zähnen) durch einen einfachen Handgriff gegeben werden kann. Die »Brunsviga« verdankt ihre zierliche Gestalt und die verhältnismäßig einfache Form ihrer Bestandteile in erster Linie dieser hervorragenden Errungenschaft — ihrer Einstellvorrichtung.

Die Konstruktion der Einstellvorrichtung wird durch die Figuren 21 bis 25 veranschaulicht.

Die Scheiben p und q befinden sich untereinander und mit ihrer Mittelachse in fester Verbindung. Um die kleinere Scheibe p legt sich eine ringförmige Scheibe f, deren Umfang dem der Scheibe q gleicht, und die mittelst des Hebels h um p gedreht werden kann. Um ein seitliches Ausweichen des Ringes f zu verhindern, ist auf p eine Platte befestigt, die auf der Zeichnung nicht mit dargestellt ist, um die Übersicht nicht zu erschweren. (Vgl. jedoch Figur 34). In die Seitenfläche von q und p sind neun radial verlaufende Einschnitte eingelassen, in denen sich neun vierkantige, mit einem kleinen Vorsprunge v versehene Sprossen m bewegen. Die Vorsprünge v ragen in den zweiteiligen Einschnitt e des Ringes f hinein.

Wird nun der Hebel h nach rechts bewegt, so gleiten die Vorsprünge v nacheinander über die zwischen den beiden Teilen des Einschnittes e belegene Stufe hinweg in den höher gelegenen Teil von e, und die oberen Enden der Sprossen m ragen dann über den Rand der Scheibe q hinaus. Es können also auf diese Weise beliebig viele Sprossen zum Hervortreten und durch rückwärtige Bewegung des Hebels h wieder zum Verschwinden gebracht werden. — Die Einrichtung wird durch ein federndes Gesperr vervollständigt, das in eine am inneren Rande von f angebrachte Zahnreihe eingreift. Da die Konstruktion eines solchen Gesperrs bereits an anderer Stelle erläutert worden ist, konnte von seiner bildlichen Darstellung im Interesse der Übersichtlichkeit der Zeichnungen Abstand genommen werden. Besagtem Gesperr fällt die Aufgabe zu, eine freiwillige Drehung des Ringes f zu verhindern und dadurch die Auf- und Abwärtsbewegung der Sprossen von der manuellen Betätigung des Hebels h abhängig zu machen.

In der Einstellvorrichtung steht uns also ein neunsprossiges Rad zur Verfügung, dessen Sprossenzahl wir je nach Bedarf mit Leichtigkeit verändern können.

Bringen wir jetzt ein solches Sprossenrad an Stelle der in Figur 20 dargestellten Räderserie an, so ist ohne weiteres klar, daß dieses eine Sprossenrad die Funktionen jener neunteiligen Räderserie übernimmt (siehe Figur 26). *)

Würden wir die Achsen der Ziffernscheibe auf einem über dem Sprossenrade verschiebbaren Schlittengestell befestigen, so könnten wir die Sprossen wahlweise mit den Zahnrädern jeder einzelnen Ziffernscheibe in Eingriff bringen und wären nunmehr imstande auch mit mehrstelligen Multiplikanden zu operieren.

Wenn wir jetzt das Sprossenrad z. B. auf die Zahl 3 einstellen (siehe die punktierten Sprossen in Figur 26) und den Schlitten derart verschieben, daß die Zehner-Ziffernscheibe y über das Sprossenrad gelangt, so hat eine einmalige Kurbelumdrehung in der der bisherigen entgegengesetzten Drehungsrichtung zur Folge, daß die 3 der Ziffernscheibe y an die Stelle der 0 rückt.

Die Zehnerscheibe würde allerdings auch auf die an der Einerscheibe angebrachte Schaltklinke einwirken und eine Verschiebung der Einerscheibe herbeiführen. Es läßt sich jedoch eine Einrichtung denken, durch welche dem erwähnten Vorgange vorgebeugt wird, so daß also die Schaltklinke zwar auf die Zehnerscheibe einwirkt, diese aber nicht auf die Schaltklinke. Unter dieser Voraussetzung, d i e w i r e i n s t w e i l e n b e i b e h a l t e n w o l l e n, würden demnach die Ziffernscheiben die Zahl 30 als Resultat der Drehung anzeigen. Wir haben also durch eine einmalige Kurbelumdrehung dasselbe erreicht, was wir bei der früheren Gestalt der Maschine durch viel weitläufigere Manipulationen, etwa durch zehnmalige Umdrehung des dreizähnigen Serienrades, erzielt haben würden. Um eine einstellige Zahl mit 10 zu multiplizieren, werden wir demnach künftig das Sprossenrad mittels einmaliger Kurbeldrehung auf die Zehnerscheibe einwirken lassen. — Es ist klar, daß zweimalige Kurbeldrehung einer Multiplikation mit 20 gleichkommt u. s. f. Hieraus folgt, daß die Multiplikation einer einstelligen mit einer mehrstelligen Zahl dadurch bewirkt werden kann, daß wir die einstellige Zahl nacheinander mit jeder Stelle des Multiplikators auf der dem Werte der

*) Die Stellung des Sprossenrades bedingt eine anderweitige Placierung der Sperrklinken g, die ü b e r den Ziffernscheiben angebracht zu denken sind. Ihre Darstellung ist von nun an unterblieben, da die Bedeutung der Gesperre jetzt als bekannt vorausgesetzt werden darf.

Multiplikatorstellen entsprechenden Ziffernscheibe multiplizieren. Z. B. 3×13. — Das Sprossenrad wird auf 3 eingestellt. — Einmalige Bewegung der Zehnerscheibe ergibt auf dieser die Zahl **3** (3×10 = 30). — Dreimalige Bewegung der Einerscheibe = **9** (3×3 = 9) — Resultat also = 39.

Denken wir uns unsere Maschine um eine Hunderterscheibe und eine Schaltklinke an der Zehnerscheibe erweitert, so bereitet die Lösung des Exempels 32×13 nun keinerlei Schwierigkeiten mehr; wir multiplizieren einfach erst den Zehner 3 und darauf den Einer 2 mit den einzelnen Stellen des Multiplikators, indem wir die Zehnermultiplikation auf der Hunderterscheibe und die Einermultiplikation auf der Zehnerscheibe beginnen.

Das Vorhandensein der entsprechenden Anzahl Ziffernscheiben und Zehnerübertrager vorausgesetzt, könnten wir jetzt jede beliebige Multiplikation vielstelliger Zahlen auf unserer Maschine vornehmen. — Additionen mehrstelliger Summanden wären natürlich dementsprechend durch aufeinander folgende Addition der Summandenstellen von gleichem Stellenwerte zu bewirken. — Die Notwendigkeit, jede einzelne Stelle der Summanden bzw. Multiplikanden auf dem Sprossenrade einzustellen und nacheinander zu addieren bzw. zu multiplizieren, legt den Gedanken nahe, jeder Ziffernscheibe ein Sprossenrad gegenüberzustellen und dadurch eine gleichzeitige Addition bezw. Multiplikation sämtlicher Summanden- bzw. Multiplikandenstellen zu ermöglichen. — Diese letzte Vervollkommnung, die wir unserer Maschine angedeihen lassen können, begegnet jedoch noch mannigfachen Schwierigkeiten und bedingt eine völlig veränderte Anordnung ihres Räderwerks. Bevor wir die erforderliche Umgestaltung der Maschine vornehmen, wollen wir ihr wenigstens in Gedanken noch diejenigen Teile einfügen, die — bei im übrigen unveränderter Gestalt der Maschine — notwendig sind, um Subtraktions- resp. Divisionsrechnungen ausführen zu können.

Wir gehen von der Annahme aus, daß wir auf die bekannte Weise eine einmalige Addition der Zahl 12 zu 0 bewirkt haben. Den Schlitten rücken wir in seine Anfangsstellung zurück. Das Sprossenrad befindet sich dann also unter der Scheibe z. (Die Situation wird durch Fig. 27 veranschaulicht.)

Stellen wir jetzt auf dem Sprossenrande die Zahl 2 ein und führen wir eine volle Kurbelumdrehung in der Pfeilrichtung aus, so wird die Ziffernscheibe z nach vollendeter Drehung in die Ruhestellung zurückgekehrt sein, unter a

also die 0 zeigen. Bei der zweiten Drehung greift die an z befestigte Schaltklinke in das benachbarte Zahnrad ein und bewirkt das Erscheinen der 0 unter b; gleichzeitig rückt die 8 der Scheibe z unter a. Vier weitere Drehungen haben dann zur Folge, daß unter a wieder die 0 sichtbar wird. Wir haben mithin von der Zahl 12 sechsmal die Zahl 2 abgezogen, was mit einer Division der Zahl 12 durch 2 gleichbedeutend ist.

Durch unsere bisherige Handhabung der Maschine sind wir mit ihrer Wirkungsweise hinlänglich vertraut, um uns ohne Kommentar darüber klar zu werden, daß eine Subtraktion mehrstelliger Zahlen durch Einstellung des Minuenden auf den Ziffernscheiben und durch aufeinanderfolgende Subtraktionen der einzelnen Subtrahendenstellen unter Berücksichtigung ihres Stellenwertes zu geschehen hat.

Wie eine mehr als zweistellige Zahl durch eine einstellige zu dividieren ist, ergibt sich zwar aus dem oben angeführten Beispiel; um Irrtümern vorzubeugen, wollen wir indessen noch die Möglichkeit in Betracht ziehen, daß einzelne Stellen des Dividenden nicht ohne Rest durch den Divisor teilbar sind, wie z. B. bei der Aufgabe 1345 : 4. — Es ist natürlich auch in diesem Falle Voraussetzung, daß die nötigen Ziffernscheiben und Zehnerübertrager vorhanden sind. — Der Dividendus wird wieder durch Addition auf die Ziffernscheiben gebracht und der Schlitten um drei Stellen nach rechts ausgerückt, so daß das mit vier Sprossen zu versehende Sprossenrad unter der Hunderterscheibe, also unter der Zahl 3 des Dividenden steht. Wir dividieren dann — wie bei der gebräuchlichen schriftlichen Division — zunächst die Zahl 13 durch 4. Nach dreimaliger Kurbeldrehung ergibt sich auf der Hunderterscheibe der Rest 1. Der Schlitten wird jetzt um eine Stelle nach links eingerückt, und wir dividieren nun die Zahl 14 durch 4. Auf der Zehnerscheibe verbleibt nach dreimaliger Drehung der Rest 2. Nach abermaliger Einrückung des Schlittens und sechsmaliger Kurbeldrehung ist die Aufgabe gelöst. Durch Aneinanderreihung der Umdrehungszahlen ergibt sich der Quotient 336 und als Rest 1.

Divisionen mit mehrstelligem Divisor sind vorerst nicht ausführbar, da sie die vorangegangene Vermehrung der Sprossenräder, die wir schon früher in Aussicht genommen haben, voraussetzen würden.

Die Divisionsresultate haben wir bisher durch einfaches Nachzählen der erforderlichen Kurbelumdrehungen ermittelt. Wir können diese Arbeit zwar durch Einschaltung einer einfachen Vorrichtung unserer Maschine aufbürden; um jedoch später nicht eine Veränderung des Zählapparates vornehmen zu müssen, wollen wir uns zuvor der wiederholt als notwendig erkannten Umgestaltung der Maschine zuwenden.

Die wünschenswerte Vermehrung der Sprossenräder würde zur Folge haben, daß jedes von ihnen für Operationen mit mehrstelligen Zahlen mit einer besonderen Kurbel versehen und einzeln in Bewegung gesetzt werden müßte. Diese Kalamität wird beseitigt, wenn wir die Sprossenräder — wie vordem die »Serienräder« — Seite an Seite auf einer gemeinsamen Achse befestigen. Diese Anordnung der Sprossenräder bedingt natürlich, daß auch die Ziffernscheiben nebeneinander auf eine gemeinsame, seitlich verschiebbare Achse gereiht werden.

Auf dieselbe Achse reihen wir in gleicher Weise die Ziffernscheiben des Zählapparates (Figuren 28 bis 30). Diese sind ähnlich konstruiert wie die bisher verwendeten; sie unterscheiden sich von ihnen nur durch Anordnung und Zahl der auf dem Rande befindlichen Ziffern und durch die entsprechende Zahnzahl der zugehörigen Zahnräder.

Wie aus den Zeichnungen ersichtlich ist, beläuft sich die Zahl der Ziffern und Zähne auf je 18. Die Ziffern bilden eine geschlossene, mit 0 beginnende, bis 9 ansteigende und dann wieder bis 0 absteigende Reihe. An der Kurbelachse, auf der sich die Sprossenräder befinden, ist eine Schaltklinke S angebracht (siehe Figuren 28 und 30), die bei jeder Kurbelumdrehung die ihr jeweils gegenüberstehende Ziffernscheibe des Zählapparates um eine Einheit weiter dreht. Infolge der Verschiebbarkeit der Ziffernscheibenachse kann die Schaltklinke je nach Bedarf mit jeder einzelnen Ziffernscheibe in Eingriff gebracht werden. Jede Drehung der Kurbel in der Multiplikationsrichtung bewirkt also, daß die weißen Ziffern auf der entsprechenden Ziffernscheibe des Zählapparates für jede Faktorenstelle die Anzahl der additiven Drehungen anzeigen. Wie wir oben gesehen haben, sind bei Multiplikationen im Höchstfalle neun Kurbelumdrehungen pro Stelle notwendig, da z. B. eine zehnmalige Betätigung der Einerscheibe durch einmalige Einwirkung auf die Zehnerscheibe ersetzt werden kann. Hieraus erhellt, daß wir bei Multiplikationen mit der von 0 bis 9 ansteigenden, weißen Ziffernreihe der Zählscheiben auskommen.

Bei Drehung der Kurbel in der Divisionsrichtung wiederholt sich der oben geschilderte Vorgang mit dem einzigen Unterschiede, daß nunmehr die entgegengesetzte, rote Ziffernreihe zum Zählen der Umdrehungen herangezogen wird. Auch hier kommen wir mit der Höchstzahl von neun Drehungen pro Stelle aus, da der Quotient der bei mehr-

stelligen Dividenden notwendigen Einzeldivisionen nie größer als 9 sein kann.

Bringen wir jetzt die Sprossenräder über den Ziffernscheiben an (siehe Fig. 30), so kommen wir der endgültigen Form unserer Maschine schon ziemlich nahe. Zu beachten ist, daß das in Fig. 1 dargestellte Gesperr g jetzt wieder unter jeder Ziffernscheibe angebracht zu denken ist.

Das weitaus schwierigste Problem der Rechenmaschinen-Technik harrt indessen noch einer befriedigenden Lösung: die Zehnerübertragung. Selbst wenn wir die frühere Gruppierung des Räderwerkes beibehalten hätten, würde sich die bisherige Form der Zehnerübertragung als unzulänglich erwiesen haben. (Auf einen ihrer Mängel ist bereits an früherer Stelle hingewiesen worden). — Nachdem wir aber die Sprossenräder resp. Ziffernscheiben mit ihren Breitseiten nebeneinander gestellt haben, ist die Wirkung der Schaltklinken völlig illusorisch geworden.

Auch die Schwierigkeiten der Zehnerübertragung hat der Konstrukteur der »Brunsviga« mit großem Geschick durch eine überaus fein durchdachte Vorrichtung zu überwinden gewußt.

Zunächst wurden die Sprossenräder — mit Ausnahme des Einerrades — mit je zwei Sprossen u versehen, die im Gegensatz zu den übrigen, radial beweglichen Sprossen dauernd über den Rand des Sprossenrades hinausragen. In der Ruhe nehmen sie eine seitlich-schräge Stellung ein, in der sie durch eine Feder gehalten werden.

Fig. 31 stellt ein mit den schrägstehenden Sprossen versehenes Sprossenrad dar, Fig. 32 ein von vorn gesehenes Sprossenrad.

Die Betätigung der Sprossen u wird durch eigenartig geformte, zwischen den Ziffernscheiben und den Sprossenrädern eingeschaltete Hebel t bewirkt, deren gewöhnliche Stellung durch Fig. 33 gekennzeichnet wird. Die dort dargestellte Ziffernscheibe E ist mit einem Anschlage w versehen, der t kurz vor jedesmaliger Vollendung einer vollen Umdrehung der Ziffernscheibe verdrängt und in die durch punktierte Linien veranschaulichte Stellung bringt.

Damit die Hebel t genügenden Spielraum haben, ist zwischen den Sprossenrädern und den Zahnrädern der Ziffernscheiben je ein zehnzähniges Übertragungsrad i angebracht (siehe Figuren 33 und 34), so daß die Drehung der Ziffernscheiben nicht mehr direkt durch die Einwirkung der Sprossenräder, sondern mittelbar durch die eingeschalteten Übertragungsräder bewirkt wird. — Beiläufig sei hier bemerkt, daß auch zwischen der Kurbelachse und der Achse der Sprossenräder eine Zahnradübertragung eingeschaltet ist; eine Rechtsdrehung der Kurbel hat also eine Linksdrehung der Sprossenräder und der Ziffernscheiben zur Folge.

Die Drehung sämtlicher Ziffernscheiben geschieht infolge der erwähnten Aufreihung auf eine gemeinsame Achse in gleicher Richtung, und die Anordnung der Ziffern muß mithin auf allen Scheiben die gleiche sein. (Vgl. Fig. 30).

Wir wollen uns nun folgende Situation vergegenwärtigen:

Auf dem Einer-Sprossenrade sei die Zahl 5 eingestellt. (Das Einer-Sprossenrad ist in Fig. 34 nicht dargestellt.) Nach einmaliger Kurbelumdrehung ist unter a die Ziffer 5 erschienen. Bei der zweiten Drehung ist kurz vor dem Wiedererscheinen der 0 unter a der Hebel t durch den Anschlag w verdrängt worden. Die Sprosse u_1 des Zehner-Sprossenrades Z begegnet nunmehr in dem Hebel einem Widerstande; die rundliche Wulst n drängt sie vorübergehend in die Stellung der nur radial beweglichen Sprossen und zwingt sie (die Sprosse u_1) zu einem Eingreifen in das Zahnrad i^2, wodurch eine Zehnteldrehung der in der Zeichnung nicht dargestellten Zehnerscheibe bewirkt wird. Nach Überwindung der Wulst n kehrt die Sprosse u_1 in ihre ursprüngliche, schräge Stellung zurück.

Der halbrunde Vorsprung des Hebels t ragt nach der durch den Anschlag w bewirkten Verdrängung in den freien Raum zwischen dem Zehner- und dem Einer-Sprossenrande hinein. Die Zurückbewegung des Hebels t wird durch einen an dem Zehner-Sprossenrande Z befestigten Anschlag o (siehe Fig. 31) bewirkt und durch eine mit t verbundene Kippfeder unterstützt. (Die gleiche Einrichtung für die Zehnerübertragung ist auch für die übrigen Elemente der Maschine getroffen.) — Nach Vollendung der zweiten Kurbelumdrehung ist also von der Einer-Ziffernscheibe die 0, von der Zehner-Ziffernscheibe die 1 abzulesen; der Hebel t ist in seine Ruhelage zurückgekehrt.

Die Sprosse u_2 tritt zum Zwecke der Zehnerübertragung in Funktion, wenn die Kurbel in der Divisionsrichtung gedreht wird.

Um Mißverständnissen vorzubeugen, ist in den Figuren 33 und 34 bei der Einerscheibe E das mit E verbundene Zahnrad, in Fig. 34 auch das zugehörige Übertragungsrad i^1 (siehe Fig. 33) und das Einer-Sprossenrad, nicht eingezeichnet. Es ist also zu beachten, daß i^2 einerseits mit dem Zehner-Sprossenrade Z und andererseits mit der gleichfalls nicht dargestellten Zehnerscheibe — also nicht etwa mit der

Einerscheibe E — in direkter Verbindung steht. — Die Zeichnung wird noch verständlicher, wenn man sich mit Hilfe der Fig. 30 vergegenwärtigt, daß das zu E gehörige Zahnrad auf der dem Beschauer abgewandten rechten Seite von E befestigt ist, und daß also die Ziffernscheibe E nicht in der Form von den bisher mit ihrer Breitseite dargestellten abweicht, sondern im Gegensatz zu diesen die linke Breitseite zeigt.

Nachdem wir uns mit der Einrichtung der Zehnerübertragung vertraut gemacht und die endgültige Maschinenform nunmehr in allen wesentlichen Teilen kennen gelernt haben, können wir uns jetzt an die Lösung einer Multiplikationsaufgabe mit mehrstelligen Multiplikanden heranwagen. Die Aufgabe möge lauten: 2222×6. Den Multiplikanden stellen wir auf den Sprossenrädern ein. Bei der fünften Kurbelumdrehung treten die an den Ziffernscheiben befestigten Anschläge w (siehe Figuren 33 und 34) in Tätigkeit und bewirken ein Herausschnellen der Hebel t, die ihrerseits wieder ein Eingreifen der schrägen Sprossen in die beteiligten Übertragungsräder und eine weitere Zehnteldrehung der Ziffernscheiben von der Zehner- bis zur Tausenderscheibe, sowie eine erstmalige Zehnteldrehung der Zehntausender-Ziffernscheibe veranlassen. Nach der fünften Kurbelumdrehung zeigen also die Ziffernscheiben einschließlich der Einerscheibe die Zahl 11,110, und als Resultat ergibt sich nach der sechsten Drehung die Zahl 13,332. — Der Zählapparat hat gleichzeitig auf der Einer-Zählscheibe die Zahl der Umdrehungen (6) angezeigt. —

Wird der Multiplikator durch die Zahl 60 gebildet, so verschieben wir den Schlitten um eine Stelle nach rechts und führen dann wieder wie vorhin sechs Kurbelumdrehungen aus. Da jetzt die Einerscheibe nicht zu der Rechnung herangezogen wird, bleibt ihre Stellung unverändert, und obiges Resultat wird durch die 0 der Einerscheibe auf 133,220 erweitert. Das gleiche gilt für den Zählapparat, der mithin den Multiplikator 60 angibt.

Ist derselbe Multiplikand mit 66 zu multiplizieren, so gelangen wir durch Kombination der oben ausgeführten Rechnungen zu dem gewünschten Resultat. Der Zählapparat wird dann auf der Zehner- und der Einerscheibe je sechs Kurbelumdrehungen, im Zusammenhange gelesen also die Zahl 66 als Multiplikator anzeigen.

In welcher Weise die Lösung von Aufgaben jeder Art auf dem Gebiete der übrigen Spezies zu erfolgen hat, wird zur Genüge aus dem bisher Gesagten hervorgehen.

Die Gestalt und Wirkungsweise der vorstehend beschriebenen inneren Organe ist bei allen »Brunsviga«-Modellen im wesentlichen die gleiche; aber schon äußerlich zeigt sich bei einem Vergleich der Gruppen I und II — abgesehen von der gesamten Bauart — eine Verschiedenheit hinsichtlich der Einstellhebel und der Lage des Zählapparats (Umdrehungszählwerks).

Eine sofort auffallende Eigenart der langen Einstellhebel besteht darin, daß sie die Bewegung der Antriebskurbel und demnach auch die der Sprossenräder nicht mitmachen. Sie können also mit den Ringscheiben f (Figuren 22 bis 24) nicht wie die Einstellhebel bei der Gruppe I dauernd fest verbunden sein, sondern ihre Verbindung mit den Ringscheiben muß in dem Augenblick gelöst werden, in dem die Antriebskurbel die Sprossenräder und damit gleichzeitig die Ringscheiben in Bewegung setzt.

Wenn man sich auf einer gemeinsamen Achse zwei unabhängig voneinander bewegliche Zahnräder Z_1 und Z_2 angebracht denkt (Fig. 35), mit denen ein entsprechend breiteres Zahnrad Z_3 im Eingriff steht (siehe auch Fig. 36), so ist leicht einzusehen, daß Z_3 die beiden Räder Z_1 und Z_2 derart miteinander kuppelt, daß eine Bewegung des Rades Z_1 genau dieselbe Bewegung des Rades Z_2 zur Folge hat und umgekehrt. Wird dagegen das Kuppelungsrad Z_3 so ausgerückt, wie es in Fig. 37 angedeutet ist, so können Z_1 und Z_2 wieder vollkommen unabhängig voneinander bewegt werden. Von dieser Grundidee ausgehend, sind bei den »Brunsviga«-Modellen mit langen Einstellhebeln, zu denen auch der »Arithmotyp-Trinks« gehört, die Ringscheiben f an ihrem äußeren Rande mit einer Zahnung versehen und die Einstellhebel mit einer besonderen, ganz gleichartig gezahnten Scheibe verbunden worden. In den Figuren 35 und 36 vertritt also das Zahnrad Z_1 die Einstellscheibe, wobei h den Einstellhebel bezeichnet und Z_2 eine Ringscheibe f mit dem zugehörigen Sprossenrade. Die während der Kurbelumdrehung und somit während der Drehung des Sprossenrades sowie der Ringscheibe f (Z_2) vorzunehmende Entkuppelung (Fig. 37) wird also durch ein seitliches Ausrücken des Kuppelungsrades Z_3 bewirkt, wobei durch eine sinnreiche Vorrichtung gleichzeitig eine Sperrung der Einstellscheibe Z_1 und des Einstellhebels h eintritt, damit diese während der Kurbelumdrehung nicht bewegt werden können. Diese doppelte Aufgabe fällt einer Schieberstange x zu, die in Fig. 38 dargestellt ist. In fester Verbindung mit ihr ist eine Schiene x_1 so angeordnet, daß

die Zahnräder Z_1 und Z_2 während ihrer gleichzeitigen Bewegung, d. h. während der Einstellung einer Zahl, wobei sie durch Z_3 miteinander gekuppelt sind, in einen der Einschnitte q hineinragen. Bevor aber eine Kurbelbewegung vorgenommen wird, verschiebt sich die Stange x und mit ihr die Schiene x' soweit nach rechts, daß die Schiene x', wie aus Fig. 39 ersichtlich, in eine Zahnlücke des Rades Z_1 eingreift und jede weitere Bewegung dieses Rades verhindert. Später wird wieder der in Fig. 38 gekennzeichnete Zustand hergestellt und dadurch Z_1 zu erneuter Einstellung frei. Die gleichzeitige Kuppelung bzw. Entkuppelung der Räder Z_1 und Z_2 wird nun dadurch bewirkt, daß die Schieberstange x indirekt auch das Kuppelungsrad Z_3 verschiebt und zwar stets in dem ihrer Bewegungsrichtung entgegengesetzten Sinne. Z_3 wird also entkuppelt, d. h. außer Eingriff mit Z_1 und Z_2 gebracht, wenn die Schiene x_1 das Rad Z_1 verriegelt und eine Bewegung des Einstellhebels unmöglich macht, was der Fall ist, solange sich die Kurbel und Z_2 in Bewegung befinden. Umgekehrt wird Z_3 wieder eingerückt und mit Z_1 und Z_2 gekuppelt, sobald Z_1 durch Zurückgehen der Schiene x_1 entriegelt und zu gleichzeitiger Bewegung mit Z_2 zum Zwecke der Einstellung frei gemacht wird. In Fig. 40 ist dargestellt, wie die doppelte Wirkung der Schieberstange x zustande kommt. Die Schieberstange x ist nämlich durch den zweiarmigen Hebel dg mit der seitlich verschiebbaren Stange x_2 verbunden, auf der das Kuppelungsrad Z_3 angebracht ist und die sich infolge der Wirkung des um den Punkt y schwingenden Hebels dg bei einer Verschiebung der Stange x stets in entgegengesetzter Richtung bewegt. Die Stange x_2 und das auf ihr drehbar gelagerte Rad Z_3 befinden sich in einer weiter zurückliegenden Ebene und zwar derart, daß Z_3, wenn die Stange x_2 nach rechts verschoben wird, auf der dem Beschauer abgewandten Seite in die Zahnkränze der Räder Z_1 und Z_2 eingreift, wie dies in Fig. 35, 36 u. 41 veranschaulicht ist. Bei der in Fig. 40 gekennzeichneten Stellung der Schieberstange x ist Z_1 durch die Schiene x_1 verriegelt, so daß es der durch eine Kurbelbewegung auf Z_2 übertragenen Bewegung nicht folgen kann, wogegen Z_3 ausgerückt ist und außer Eingriff mit Z_1 und Z_2 steht. Wird x nach beendeter Kurbelumdrehung nach links eingerückt (Fig. 38 u. 41), so bewegt sich x_1 natürlich gleichfalls nach links und entriegelt dadurch Z_1, während x_2 sich gleichzeitig nach rechts bewegt, wobei Z_3 die Räder Z_1 und Z_2 miteinander kuppelt und dadurch die Einstellung einer neuen Zahl ermöglicht.

Die Verschiebung der Stange x erfolgt aber nicht direkt mit der Hand, sondern mittels des in den Figuren 8 bis 10 sowie 12 und 13 dargestellten Drückers D. Wie aus diesen Figuren ersichtlich, bewegt sich D in dem unteren, mit dem Lagerbügel B verbundenen Stutzen, der gleichzeitig der dort ebenfalls deutlich sichtbaren, der Antriebsachse parallelen Schieberstange x als Führung dient. Die Figuren 42 bis 44 zeigen diese Vorrichtung perspektivisch gesehen. — Bei Fig. 42 ist angenommen, daß die Antriebskurbel und somit das Rad $Z2$ mit dem zugehörigen Sprossenrade eine Bewegung gerade begonnen hätte. Die Schieberstange x ist dann durch den Druck der sie umgebenden Spiralfeder in der Pfeilrichtung nach außen gedrückt, was — wie nunmehr bekannt — eine Verriegelung des Rades $Z1$ und eine Entkuppelung von $Z1$ und $Z2$ infolge des Ausrückens von $Z3$ bedeutet (Fig. 40). Sobald die Antriebskurbel in die Ruhestellung zurückkehrt, tritt bekanntlich der mit dem Griff G verbundene federnde Feststellstift t in die Bohrung des Stutzens r ein (Fig. 43). Wird jetzt der Drücker D in den Stutzen r hineingeschoben, so verdrängt zunächst einmal eine an der Seite des Drückers D befindliche Abschrägung die Schieberstange x, dann ein Hebel den Stift t und schließlich springt der Riegel O in eine seitliche Vertiefung des Drückers D ein, den letzteren und damit auch die Stange x in der veränderten Stellung festhaltend (Fig. 44). Nunmehr ist Z_1 entriegelt und durch das Einrücken des Rades Z_3 mit Z_2 gekuppelt, so daß die Einstellung einer Zahl erfolgen kann. Wird jetzt durch einen leisen Druck mit dem Daumen auf d die Verriegelung des Getriebes aufgehoben und eine Kurbelumdrehung ausgeführt, so schnellen der Drücker D und die Stange x unter der Einwirkung der mit ihnen verbundenen Federn in ihre Anfangsstellung gemäß Fig. 43 zurück, d. h. die Kuppelung zwischen Z_1 und Z_2 ist wieder gelöst und Z_1 wieder verriegelt, da dann auch die Schiene x_1 und die Stange x_2 mit dem Kuppelungsrade Z_3 eine entsprechende Bewegung ausführen.

Eine Betätigung des Drückers D gibt die Einstellhebel natürlich nicht nur für die Einstellbewegung, sondern auch für die rückwärtige Bewegung frei. Wird aber die Beseitigung einer vorher eingestellten Zahl nicht durch eine Rückführung der Einstellhebel mit der Hand, sondern durch eine Betätigung der Löschvorrichtung L_3 bewirkt, so ist es dennoch nicht erforderlich, vorher den Drücker D in Bewegung zu setzen, da L_3 die nötigen Verschiebungen des vorher beschriebenen Gestänges (x und x_2) automatisch besorgt.

Diese Verschiebung erfolgt vermittels eines auf der Achse der Löschvorrichtung L_3 angebrachten Schneckenganges derart, daß Z_1 unmittelbar nach Beginn der Achsendrehung entriegelt und mit Z_2 gekuppelt wird. Kurz vor beendeter Drehung der Achse von L_3 wird das Gestänge wieder in die Stellung nach Fig. 40 zurückgeführt, wodurch es die Kuppelung zwischen Z_1 und Z_2 löst und Z_1 wieder verriegelt. Hierbei vollziehen sich also genau dieselben Vorgänge wie bei dem Einschieben des Drückers D, der Bewegung der Einstellhebel mit der Hand und dem Drucke mit dem Daumen auf d.

Wir kommen nun zu dem vorerwähnten weiteren Unterschiede, der zwischen den Gruppen I und II in der verschiedenen Lage der Umdrehungszählwerke besteht. — Der früher beschriebene und in Fig. 30 dargestellte »Zählapparat« ist mit dem Umdrehungszählwerk der zur Gruppe I gehörigen Modelle identisch. Bei diesen wird die Einwirkung der Schaltklinke S auf die verschiedenen, im Schlitten untergebrachten Ziffernscheiben des Zählwerks durch die Verschiebbarkeit des Schlittens ermöglicht. Eine ebensolche Einrichtung würde bei den Modellen der Gruppe II ihre Wirkung völlig verfehlen, da das Umdrehungszählwerk hier unverschiebbar im Oberteile der Maschinen angebracht ist, so daß eine nur mit ihrer Achse drehbare, aber nicht seitlich verschiebbare Schaltklinke nur auf eine einzige Ziffernscheibe des Zählwerks einwirken könnte, was natürlich zwecklos wäre. Die Schaltklinke ist deshalb bei diesen Modellen mit einer Zugvorrichtung verbunden, die ihr die erforderliche Seitenbewegung verleiht.

Das den Seitenzug ausübende Organ besteht aus einem stählernen, über die Rollen R laufenden Bande B (Fig. 45), an dem die Mitnehmer m und m^1 befestigt sind. Letzterer greift mit seinem oberen Teile in eine mit der Schaltklinke S verbundene Führungsrolle F ein. Der Welle w, die ihre Umdrehungsimpulse indirekt durch die Antriebskurbel erhält, ist ein Vierkant v aufgelagert, der die Schaltklinke S zwingt, den Drehungen der Welle w zu folgen und sie anderseits daran verhindert, sich bei ihren Seitenbewegungen auf der Welle w um diese zu drehen. Die Schaltklinke S und die mit ihr zusammenhängende Führungsrolle F ist demgemäß neben der kreisförmigen, der Welle w entsprechenden Bohrung mit einer solchen von quadratischem Querschnitt, entsprechend dem Vierkante v, versehen (Fig. 41). Der Mitnehmer m ist mit dem Schlitten der Maschine fest verbunden. Wird dieser verschoben, so setzt sich demnach das Band B in Bewegung und läßt infolge der Mitnahme des Stabes m^1 die Schaltklinke S auf ihrer Welle w in seitlicher, der Schlittenbewegung entgegengesetzter Richtung entlanggleiten. Ist der Schlitten ganz nach rechts ausgerückt, so steht die Schaltklinke S der äußersten linken Ziffernscheibe des Umdrehungszählwerks gegenüber. Mit jeder Einrückung des Schlittens wird die Schaltklinke dann einer der übrigen Ziffernscheiben und endlich — beim Zurückkehren des Schlittens in die Grundstellung — der Einerscheibe des Umdrehungszählwerks gegenübergestellt. In drehende Bewegung wird die Schaltklinge nur durch Kurbelumdrehungen versetzt, die, wie vorher erwähnt, entsprechende Umdrehungen der Welle w zur Folge haben.

Es wird jetzt keinem Zweifel mehr unterliegen, daß die Schaltklinke S — genau wie bei den Modellen der Gruppe I (Fig. 30) — bei jeder Kurbelumdrehung eine Drehung der ihr jeweils gegenüberstehenden Ziffernscheibe um eine Einheit herbeiführt und daß sie stets auf diejenige Ziffernscheibe einwirkt, deren Stellenwert der jeweiligen Stellung des Schlittens entspricht. Wenn also der Schlitten beispielsweise um eine Stelle nach rechts ausgerückt ist und das äußerste rechte Sprossenrad bei einer Kurbelumdrehung die Zehnerscheibe des Resultatwerks bewegt, so wirkt die Schaltklinke S auch auf die Zehnerscheibe des Umdrehungszählwerks ein.

Bei den mit 2 Umdrehungszählwerken ausgerüsteten Modellen H und G sind auf der Welle w natürlich 2 Schaltklinken in angemessener Entfernung von einander angebracht. Die zu dem Umdrehungszählwerke mit Zehnerübertragung gehörige Schaltklinke setzt dabei außer den Ziffernscheiben noch eine Reihe anderer Organe in Bewegung, die außerhalb des Rahmens unserer Betrachtungen liegen, da sie zu den wichtigsten Funktionen der Maschine nur in indirekter Beziehung stehen.

Von den verschiedenen Mechanismen, die dem ursprünglichen »Brunsviga«-Modell in so reicher Fülle angegliedert worden sind, ist die Schreibvorrichtung des »Arithmotyp-Trinks« wohl die interessanteste und bedeutungsvollste.

Wie vorher beschrieben, ist jeder der auch dem »Arithmotyp« eigentümlichen langen Einstellhebel mit einer gezahnten Scheibe verbunden, die bei der Handhabung des Hebels mit einer benachbarten, gleichartig gezahnten Ringscheibe gekuppelt wird. Beide Scheiben folgen der Bewegung des Einstellhebels, bewirken das Hervortreten einer entsprechenden Anzahl der in die Zahnräder des Resultatwerks eingreifenden Sprossen und werden nach beendigter Einstellung durch die Drückerauslösung d entkuppelt.

Ohne diese Anordnung, durch die erzielt wird, daß die Einstellhebel während der Kurbelumdrehungen unverrückbar fest stehen, wäre die Ausbildung der »Brunsviga« zu einer Rechenschreibmaschine wenn auch nicht undurchführbar, so doch nur in wesentlich komplizierterer Form möglich gewesen. In der »Arithmotyp«-Maschine ist das Problem jedoch in verblüffend einfacher Weise gelöst.

Den wichtigsten Bestandteil des »Arithmotyp-Trinks« bilden die Typenträger T und T', die bei T Verzahnung, bei T' dagegen Typen aufweisen (Fig. 46). Diese Typenträger, die auf eine gemeinsame, der Achse des Einstellwerks parallele Achse A gereiht und auf dieser drehbar sind, stehen je einer der mit den Einstellhebeln fest verbundenen Scheiben Z_1 gegenüber, deren Zahnung durch ein Übertragungsrädchen auf die zehnteilige Zahnung T einwirkt. Auf dem äußeren Rande von T' sind zehn Drucktypen für die Ziffern 0 bis 9 angebracht.

Da jede Bewegung des Einstellhebels h eine entsprechende Drehung von T und T' zur Folge hat, so treten sämtliche Typen bei Einstellung der Zahlen von 0 bis 9 nacheinander der Spitze des in Fig. 46 eingezeichneten Pfeils gegenüber und als letzte natürlich die Type 9. Wird jetzt die Papierwalze W und das an ihr vorübergleitende Farbband V in der Pfeilrichtung gegen den Typenträger gedrückt, was die Maschine bei jedesmaliger Umdrehung der Antriebskurbel automatisch besorgt, so erscheint auf dem Papier ein Abdruck der Type 9. In gleicher Weise wird jede andere, mittels des Hebels h eingestellte Zahl durch eine Kurbeldrehung auf dem Papier abgedruckt.

Die Stellung der Typenträger ist von den Kurbelumdrehungen, also auch von der Rechentätigkeit der Maschine vollständig unabhängig und sie muß es sein, da während der Bewegung der Typenträger der Abdruck einer bestimmten Type überhaupt nicht oder wenigstens nur mit ganz bedeutenden Komplikationen zustande kommen könnte. Hieraus erhellt, daß das Stillstehen der Einstellhebel während des Rechnens sozusagen das Fundament des Rechenschreibverfahrens bildet.

Die obigen theoretischen Ausführungen werden den Leser erkennen lassen, daß das Walten der inneren Organe der »Brunsviga« bei weitem nicht so kompliziert ist, wie es auf den ersten Blick erscheint, sondern sich aus einer Reihe verhältnismäßig einfacher Funktionen zusammensetzt. Aber gerade diese Einfachheit gereicht ihrem geistigen Urheber zum Ruhme und es ist besonderer Anerkennung wert, daß die »Brunsviga« trotz der zahlreichen und bedeutsamen Vervollkommnungen, die sie im Laufe der Jahre erfahren hat, noch heute ist, was sie von jeher war: eine in ihren Anforderungen an den Rechner außerordentlich bescheidene Universalmaschine von unübertroffener Leistungsfähigkeit.

VI.

Regeln und Formeln

Da das vorliegende Schriftchen sich nicht ausschließlich an Leser mit theoretischer Vorbildung wendet, dürfte die nachstehende kleine Auslese arithmetischer Regeln und Formeln in vielen Fällen von Nutzen sein.

Dezimalbrüche

Addition und Subtraktion. Dezimalbrüche werden addiert oder subtrahiert, indem man sie derart untereinander stellt, daß die Kommata untereinander stehen, und sie dann wie ungebrochene (ganze) Zahlen behandelt.

$$\begin{array}{r} 3.527 \\ +\ 136.3856 \\ \hline 139.9126 \\ -\ 0.63 \\ \hline 139.2826 \end{array}$$

Multiplikation. Dezimalbrüche werden wie ganze Zahlen multipliziert. Von dem Produkt werden von rechts nach links so viele Dezimalstellen abgestrichen, wie die Faktoren zusammen enthalten.

$$20.\underbrace{4}_{1} \times 0.\underbrace{25}_{2} = 5.\underbrace{100}_{3}$$

Division. Dezimalbrüche werden wie ganze Zahlen dividiert, nachdem Dividendus und Divisor mit derjenigen dekadischen Einheit multipliziert worden sind, die den Divisor zu einer ganzen Zahl werden läßt.

$$\frac{13.824\ (\times 10)}{0.3\ \ (\times 10)} = \frac{138.24}{3} = 46.08$$

Proportionen.

Grundform. $a : b = c : d.$

Ableitungen. $a \cdot d = b \cdot c,\ a : c = b : d,\ d : b = c : a$ usf.

$$a = \frac{b \cdot c}{d},\ b = \frac{a \cdot d}{c},\ c = \frac{a \cdot d}{b},\ d = \frac{b \cdot c}{a}$$

Wenn $a : b = c : x$ und $a : b = c : y$, so ist $x = y$.

Wenn $a : b = c : d$ und $f : g = c : d$, so ist $a : b = f : g$

$(a \pm b) : (c \pm d) = a : c = b : d$	$a : (a + b) = c : (c + d)$
$(a + b) : (a - b) = (c + d) : (c - d)$	$b : (a + b) = d : (c + d)$
$(a \pm c) : (b \pm d) = a : b = c : d$	$a : (a - b) = c : (c - d)$
$(a + c) : (a - c) = (b + d) : (b - d)$	$b : (a - b) = d : (c - d)$
$(a \cdot n) : (b \cdot n) = (c \cdot n) : (d \cdot n)$	$a \cdot n : b = c \cdot n : d$
$\frac{a}{n} : \frac{b}{n} = \frac{c}{n} : \frac{d}{n}$	$\frac{a}{n} : b = \frac{c}{n} : d$ usf.

Die Proportionen sind nicht nur für wissenschaftliche Berechnungen von Wert, sondern finden auch mit Vorteil auf vielen Gebieten des praktischen Lebens Verwendung. So beruhen alle Rechnungen der einfachen und zusammengesetzten Regeldetri auf der Proportionalität gegebener Größen. Einander proportional sind z. B. die Mengen und die Gewichte eines und desselben Stoffes (5 l Wasser verhalten sich zu 1 l Wasser wie 10 Pfund zu 2 Pfund oder $5:1 = 10:2$).

Einfache Regeldetri. Aufgaben der einfachen Regeldetri sind solche, bei denen drei einander proportionale Größen gegeben sind und die vierte Proportionale gesucht wird. Z. B. $5:1 = 10:x$. Nach der Ableitung

$$d = \frac{b \cdot c}{a} \text{ ist } x = \frac{1 \cdot 10}{5} = 2.$$

Zur Lösung derartiger Aufgaben gehört also stets nur e i n e Proportion.

Zusammengesetzte Regeldetri. Hierher gehören solche Aufgaben, bei denen mehrere Proportionen mit je einer Unbekannten entweder aus den gegebenen Größen aufgestellt oder durch Zwischenrechnungen ermittelt werden können.

Potenzierung

$a^n = \underbrace{a \cdot a \cdot a \cdot a \cdot \cdots \cdot a}_{\text{n Faktoren}}$ (a^n = n-te Potenz von a, a = Grundzahl oder Basis, n = Exponent).

$a^2 = a \cdot a$, $a^3 = a \cdot a \cdot a$, $a^4 = a \cdot a \cdot a \cdot a$ usf.

1. $(a \cdot b \cdot c)^n = a^n \cdot b^n \cdot c^n$
2. $\left(\frac{a}{b}\right)^n = \frac{a^n}{b^n}$
3. $(a^n)^p = a^{n \cdot p}$
4. $a^n \cdot a^p \cdot a^q \cdot = a^{n+p+q}$
5. $\frac{a^n}{a^p} = a^{n-p}$
6. $a^{-n} = \frac{1}{a^n}$
7. $(a \cdot b \cdot c)^{-n} = a^{-n} \cdot b^{-n} \cdot c^{-n}$
8. $\left(\frac{a}{b}\right)^{-n} = \frac{a^{-n}}{b^{-n}} = \left(\frac{b}{a}\right)^n$
9. $(a^n)^{-p} = a^{-n \cdot p}$
10. $a^n \cdot a^{-p} \cdot a^{-q} = a^{n-p-q}$
11. $\frac{a^n}{a^{-p}} = a^{n+p}$
12. $\frac{a^{-n}}{a^p} = a^{-n-p}$
13. $(a^{-n})^{-p} = a^{n \cdot p}$
14. $(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$
15. $(a - b)^2 = a^2 - 2ab + b^2$
16. $(a + b) \cdot (a - b) = a^2 - b^2$
17. $(a + b)^3 = a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3$
18. $(a - b)^3 = a^3 - 3a^2b + 3ab^2 - b^3$
19. $(a + b + c)^2 = a^2 + 2ab + b^2 + 2ac + 2bc + c^2$

Radizierung

Wenn $x^n = a$, so ist $x = \sqrt[n]{a}$. ($\sqrt[n]{a}$ = n-te Wurzel aus a, a = Radikandus, n = Wurzelexponent).

1. $\left(\sqrt[n]{a}\right)^n = \sqrt[n]{a^n} = a$
2. $\sqrt[n]{a \cdot b \cdot c} = \sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{b} \cdot \sqrt[n]{c}$
3. $\sqrt[n]{a^p} = \left(\sqrt[n]{a}\right)^p$
4. $\sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}}$
5. $\sqrt[n]{\sqrt[p]{a}} = \sqrt[n \cdot p]{a} = \sqrt[p]{\sqrt[n]{a}}$
6. $\sqrt[n \cdot q]{a^{p \cdot q}} = \sqrt[n]{a^p}$
7. $a^{\frac{n}{p}} = \sqrt[n]{a^p}$
8. $\sqrt[-n]{a^p} = \sqrt[n]{a^{-p}}$
9. $a \cdot \sqrt[n]{b} = \sqrt[n]{a^n \cdot b}$

Arithmetische Reihen

$a, a + d, a + 2d, a + 3d, \cdots\cdots a + (n - 1) \cdot d$ (z. B. 1, 4, 7, 10, 13, ⋯⋯ 40).

a = Anfangsglied, z = Endglied, d = Differenz, n = Anzahl der Glieder, s = Summe der Glieder.

1. $z = a + (n - 1) \cdot d$
2. $s = \frac{n \cdot (2a + (n - 1) \cdot d)}{2}$

Geometrische Reihen

$a, a \cdot q, a \cdot q^2, a \cdot q^3 \cdots\cdots a \cdot q^{n-1}$ (z. B. 3, 6, 12, 24 ⋯⋯ 384)

a = Anfangsglied, z = Endglied, q = Quotient, n = Anzahl der Glieder, s = Summe der Glieder.

1. $z = a \cdot q^{n-1}$
2. $s = \frac{a \cdot (q^n - 1)}{q - 1}$

Zinsrechnung

k = Kapital, z = Zinsen, p = Prozentsatz, n = Anzahl der Zinsjahre, $\frac{x}{360}$ resp. $\frac{x}{365}$ = Anzahl der Zinstage.

1. für n volle Jahre:
   $$z = \frac{k \cdot p \cdot n}{100}$$
2. für x Tage:
   $$z = \frac{k \cdot p \cdot x}{100 \cdot 360} \text{ resp. } \frac{k \cdot p \cdot x}{100 \cdot 365}$$
3. für n volle Jahre + x Tage:
   $$z = \frac{k \cdot p \cdot (n \cdot 360 + x)}{100 \cdot 360} \text{ resp. } \frac{k \cdot p \cdot (n \cdot 365 + x)}{100 \cdot 365}$$

Zinseszinsrechnung

k = Kapital, p = Prozentsatz, n = Anzahl der Zinsjahre, $\frac{x}{360}$ resp. $\frac{x}{365}$ = Anzahl der Zinstage, a = durch die Verzinsung angewachsenes Kapital.

a für 1 Mk. Kapital nach einjähriger Verzinsung
$= 1 + \frac{p}{100} = r$ (Aufzinsungsfaktor),
für k Mk. Kapital $a = k \cdot r^n$

Anmerkung: Ist n eine gemischte Zahl, $n + \frac{x}{m}$, z. B. $= 5\frac{25}{360}$, resp. $5\frac{25}{365}$ so berechne man nach obiger Formel zunächst den Wert a für 5 Zinsjahre und dann die einfachen Zinsen dieses Betrages für 25 Zinstage nach der einfachen Zinsformel. (2.) Die Summe der beiden Ergebnisse stellt den gesuchten Wert dar.

Diskontorechnung

Aus der Zinseszinsformel $a = k \cdot r^n$ folgt unmittelbar:

$$k = \frac{a}{r^n}$$

Der gesuchte Wert k wird diskontierter (gegenwärtiger) Wert oder Barwert von a genannt. Wenn a = 1, so ist $k = \frac{1}{r^n}$. Dieser Ausdruck heißt Diskontierungs- oder Abzinsungsfaktor.

Anmerkung: Ist $n < 1$ (kleiner als 1), also $= \frac{x}{m}$, z. B. $= \frac{25}{360}$ resp. $\frac{25}{365}$, so wird a durch $\left(1 + \frac{p}{100} \cdot \frac{x}{m}\right)$ dividiert. Ist n eine gemischte Zahl $n + \frac{x}{m}$, z. B. $= 5\frac{25}{360}$ resp. $\frac{25}{365}$, so ist a zunächst um $\frac{x}{m} \left(\frac{25}{360} \text{ resp. } \frac{25}{365}\right)$ Jahre und das Ergebnis um n (5) Jahre zu diskontieren.

Rentenrechnung

K = Betrag der n Jahre hindurch am Jahresanfang zahlbaren Rente, Z n = zukünftiger Wert dieser Rente (nach n Jahren), r = Aufzinsungsfaktor (siehe Zinseszinsrechnung).

$$Z\,n = \frac{K \cdot r \cdot (r^n - 1)}{r - 1}$$

Hieraus ergibt sich unter Anwendung der Diskontformel für den gegenwärtigen Wert der Rente (Mise, Ablösungskapital, Kaufgeld) die Formel

$$G\,n = \frac{Z\,n}{r^n} \quad \text{oder aufgelöst} \quad G\,n = \frac{K \cdot (1 - \frac{1}{r^n})}{1 - \frac{1}{r}}$$

Anmerkung: Eine für Berufsgenossenschaften, Alters- und Invaliden-Versicherungs-Anstalten, staatliche, Provinzial- und Kommunal-Ausführungsbehörden sehr nützliche Tabellensammlung zur Erleichterung der Renten-Berechnungen wird von der Firma Grimme, Natalis & Co. gratis ausgegeben.