

C U R T A - Rechenbeispiele

Diese Rechenbeispiele ergänzen die CURTA-Gebrauchsanweisung, die jeder CURTA-Rechenmaschine beigegeben ist, und setzen die gründliche Kenntnis der darin erläuterten vier Grundrechnungsarten voraus.

Ein Vermerk gibt am Anfang eines jeden Beispiels an, ob die betreffende Rechnung mit beiden CURTA-Typen, oder nur mit CURTA Type II ausgeführt werden kann. Wir erinnern hier daran, dass der Unterschied zwischen den beiden CURTA-Typen lediglich in der Stellenanzahl liegt:

CURTA Type I hat 8 Stellen im Einstellwerk
6 Stellen im Umdrehungszählwerk
11 Stellen im Resultatzählwerk

CURTA Type II hat 11 Stellen im Einstellwerk
8 Stellen im Umdrehungszählwerk
15 Stellen im Resultatzählwerk

In sämtlichen Beispielen werden folgende Abkürzungen verwendet:

"EW" = Einstellwerk
"UZW" = Umdrehungszählwerk
"RZW" = Resultatzählwerk

Der Ausdruck "Maschine rechenklar" bedeutet, dass

- 1) EW, RZW und UZW gelöscht sind,
- 2) die Kurbel in der Grundstellung ist,
- 3) der Rundwagen an der ersten Stelle steht,
- 4) der Umschalthebel oben steht.

Wir begrüßen es jederzeit, von Seiten der CURTA-Benützer auf spezielle Anwendungsbeispiele aus ihrem Fachgebiet aufmerksam gemacht zu werden. Wir hoffen, auf diesem Wege wertvolle Anregungen zum weiteren Ausbau dieser Sammlung zu erhalten. Für Ihre freundliche Mitarbeit möchten wir Ihnen jetzt schon unseren herzlichen Dank aussprechen.

C O N T I N A A.G.
Vaduz /Liechtenstein

Rechenbeispiele für C U R T A Type I und II

ADDITION

$$\begin{array}{r} 0,0058177 \\ + 0,159306 \\ \hline = \quad ? \end{array}$$

Maschine rechenklar!

Man stellt zuerst die Anzahl der Dezimalstellen derjenigen Zahl fest, die die meisten Stellen nach dem Komma hat, im vorliegenden Fall also 7 Dezimalstellen. Für das EW setzt man am Fusse der Maschine einen Kommaknopf zwischen die siebente und achte Stelle des EW und für das Resultatzählwerk setzt man gleicherweise einen Kommaknopf zwischen die 7. und 8. Stelle.

EW: Man fängt mit dem Einstellen am besten von rechts an, stellt also die Zahlen von rechts nach links ein. An der ersten Stelle schiebt man also den Einstellgriff auf 7, an der zweiten Stelle auf 7, an der dritten Stelle auf 1 usw. Man vergleicht die Zahlen in den Fenstern der Einstellkontrolle: 0,0058177. Das Einstellen erfolgt am besten mit dem Daumen der linken Hand, in welcher man die Maschine hält.

Kurbel: eine positive Drehung.

EW: Von rechts anfangend stellt man die Zahlen des zweiten Additionspostens ein, indem man die Stellung der Einstellgriffe entsprechend ändert. In der Einstellkontrolle prüfen: 0,1593060.

Kurbel: eine positive Drehung.

Das Resultat steht im RZW: 0,1651237, das UZW zeigt die Anzahl der addierten Posten an, nämlich 2.

Rechenbeispiele für C U R T A Type I und II

ADDITION MIT NACHFOLGENDER DIVISION

$$\begin{array}{r} 9526,8 \\ + 37,51 \\ + 645,62 \\ \hline \end{array}$$

= X Die Summe ist durch 3 zu dividieren.

$$\frac{9526,8 + 37,51 + 645,62}{3} = ?$$

Maschine rechenklar!

Vor Beginn der Addition versetzt man den Rundwagen möglichst weit nach rechts, damit die Summe möglichst weit links im RZW gebildet wird. Es ist jedoch darauf zu achten, dass der Wagen nicht zu weit nach rechts versetzt wird, weil sonst der linke Teil des RZW die Summe der Posten gegebenenfalls nicht mehr aufnehmen könnte. Also Rundwagen auf die 5. Stelle, das Komma zwischen die 2. und 3. Stelle des EW setzen. Im RZW ein Komma zwischen die 6. und 7. Stelle setzen.

1. Posten im EW einstellen - eine positive Kurbeldrehung (Achtung: an der 1. Stelle eine 0)
2. Posten im EW einstellen - eine positive Kurbeldrehung
3. Posten im EW einstellen - eine positive Kurbeldrehung

Summe im Resultatwerk: 10209,93

Achtung! Nur das UZW (weiss) löschen.

Rundwagen an die 6. Stelle. Im EW den Divisor 3 an der 5. Stelle einstellen, alle anderen Einstellgriffe auf Null.

Umschaltgriff nach unten. Normal durch Subtraktion dividieren (Kurbel nach oben), indem nacheinander jede Stelle des Rundwagens (8, 7, 6, 5 usw.) auf Null gebracht wird.

$$\begin{array}{r} \text{Dezimalstellen im RZW} \quad 6 \\ \text{weniger Dezimalstellen im EW} \quad \underline{4} \\ \hline \text{Dezimalstellen im UZW} \quad = \quad 2 \end{array}$$

Also Quotient im UZW: 3403,31

Rechenbeispiele nur für C U R T A Type II

$$\begin{array}{r} a^2 + b^2 + c^2 + \dots \text{etc.} \\ a + b + c + \dots \text{etc.} \end{array}$$

Summe der Quadrate bei gleichzeitigem Erhalt der Summe der ins Quadrat zu erhebenden Zahlen.

(Es ist zu berücksichtigen, dass es sich hier in der Regel um Zahlen mit nicht mehr als 4 Stellen handelt.)

$$\begin{array}{r} 3672 \\ 6925 \\ 7866 \\ 9785 \\ \hline + \\ \hline = \quad ? \end{array} \qquad \begin{array}{r} 3672^2 \\ 6925^2 \\ 7866^2 \\ 9785^2 \\ \hline + \\ \hline = \quad ? \end{array}$$

Maschine rechenklar! Umschalthebel oben.

Zwei Kommaknöpfe zusammen über der 10. Stelle des RZW setzen.

EW: An Stelle 11 eine 1 einstellen (die während der ganzen Rechnung stehen bleibt).

Stellen 1 - 4 : 3672 einstellen

Die Multiplikation mit 3672 normal ausführen nacheinander in den Stellungen 1, 2, 3 und 4 des Rundwagens.

Das UZW zeigt: 3672, das RZW: 036720013483584

Nur das UZW löschen. Rundwagen an die erste Stelle.

EW: an den Stellen 1 - 4 6925 einstellen.

Die Multiplikation mit 6925 normal ausführen.

Das UZW zeigt: 6925, das RZW 1 0 5 9 7 0 0 6 1 4 3 9 2 0 9
 (Summe der Zahlen) (Summe der Quadrate)

7866 einstellen, nur UZW löschen, Multiplikation mit 7866 ausführen. UZW zeigt 7866, RZW 184630123313165.

9785 einstellen, nur UZW löschen, Multiplikation mit 9785 ausführen. UZW zeigt 9785.

Das RZW zeigt

links 2 8 2 4 8 0 2 1 9 0 5 9 3 9 0 rechts

Somit Summe der Zahlen: 28248
 Summe der Quadrate: 219059390

Rechenbeispiele für C U R T A Type I und II

Rechnung unter Verwendung der Neunerbrücke.

Von einem Produkt $979 \times 866 = X$ sollen verschiedene Posten nacheinander abgezogen werden:

$$X - 13 = X_1$$

$$X_1 - 156 = X_2$$

$$X_2 - 1267 = X_3$$

Gesucht wird X , X_1 , X_2 , X_3 und ausserdem die Summe der Abzüge.

Maschine rechenklar!

Man errechnet das Produkt 979×866 durch gewöhnliche Multiplikation. Das Produkt steht ganz rechts im Resultatzählwerk: 00000847814.

Nur das UZW löschen, Wagen an die erste Stelle.

EW: Die Einstellgriffe der Stellen 1 bis 7 auf 9 stellen (9999999).

Der erste Abzug ist 13. Es genügt, 13 normal im UZW zu entwickeln, also:

Rundwagen 1. Stelle - 3 positive Kurbeldrehungen
Rundwagen 2. Stelle - 1 positive Kurbeldrehung

Die 13 ist von 847814 abgezogen worden und im linken Teil des RZW aufgeführt. Es steht dort:

00130847801

Nur UZW löschen. Wagen an die erste Stelle. Im UZW 156 entwickeln. Die 156 sind vom rechten Teil des Resultatzählwerkes abgezogen und zum linken Teil hinzugezählt. Das RZW zeigt:

01690847645

Nur das UZW löschen. 1267 an den entsprechenden Stellen des UZW entwickeln. Das RZW zeigt links die Summe der Abzüge: 1436 und rechts den Saldo: 846378.

Rechenbeispiele für C U R T A Type I und II

Rechnungen des Typs $\frac{a \times b \times c}{d \times e \times f}$ etc.....

$$\frac{325 \times 677}{12 \times 119} = ?$$

Man führt zuerst die Division von $\frac{325}{12}$ nach der additiven Methode aus. 5 Stellen des Quotienten genügen; die Division wird also mit dem Wagen an der 5. Stelle begonnen. Der Quotient 27,083 erscheint an den 5 ersten Stellen des Umdrehungszählwerkes.

Nur das RZW löschen.

EW: 677 an den Stellen 1 - 3 setzen.

Umschalthebel unten.

In allen Stellungen des Rundwagens (1, 2, 3 etc...) nacheinander positive Kurbeldrehungen ausführen, indem man die Zahlen im Umdrehungszählwerk beobachtet, bis jede Stelle im UZW auf Null zurückgeführt ist. Das Produkt: 18 335,191 erscheint im Resultatzählwerk.

Rundwagen an die 6. Stelle.

EW: Den neuen Divisor 119 an den Stellen 1 - 3 einstellen. Subtraktive Division von Stelle zu Stelle bis zur 1. Stelle des Rundwagens einschliesslich ausführen. Das RZW zeigt nun einen Rest von 0,028, das UZW zeigt den Quotienten: 154,077.

Rechenbeispiele nur für C U R T A Type II

DREISATZRECHNUNG IN EINEM ARBEITSGANG.

In Fällen wo die zu verwendenden Zahlen nicht zu lang sind, kann die Dreisatzrechnung mit der CURTA Type II in einem Arbeitsgang ausgeführt und ein 4- bis 5-stelliger Quotient erhalten werden.

$$\begin{array}{r} 2007 \times 375 \\ \hline 144 \end{array}$$

Maschine rechenklar!

Die Division 2007 : 144 wird nach dem aufbauenden Verfahren in dem linken Teil des R.Z.W. ausgeführt. Gleichzeitig erfolgt im rechten Teil des R.Z.W. die Multiplikation des Quotienten dieser Division mit 375.

EW: 14400000375

Wagen: 5. Stelle

Mittels 144 die Zahl 2007 aufbauen. Also mit Wagen in der

5. Stelle	eine	Plusdrehung
4. "	4	Plusdrehungen
3. "	1	Minusdrehung
2. "	4	Plusdrehungen
1. "	3	Minusdrehungen

RZW: 2006,928 0 5226,375

UZW: 00013,937

2006,928 ist der Dividend

13,937 ist der Quotient von 2007 : 144, Rest 0,072

5226,375 ist das Endergebnis (also das Produkt von 13,937 und 375)

$$\begin{array}{r} 19,45 \times 87,2 \\ \hline 34,4 \end{array}$$

Maschine rechenklar!

EW: 34,40000087,2

Wagen: 4. Stelle; nachdem die erste Zahl des Dividenden kleiner ist als die erste Zahl des Divisors, muss noch eine Stelle im RZW (also die 15. Stelle) frei gelassen werden.

Mittels 34,4 die Zahl 19,45 aufbauen, von Stelle zu Stelle, also in den Positionen 4,3,2 und 1 des Wagens.

RZW: 19,44976 0 49,30288

UZW: 000,5654

Rechenbeispiele für CURTA Type I und Type II

KOSTENVERTEILUNG

Die jährlichen Unkosten von drei verschiedenen Abteilungen belaufen sich auf

Fr.	3'545.--	für Abteilung A
"	6'893.--	für Abteilung B
"	2'360.--	für Abteilung C

insgesamt: Fr.12'798.--

Welcher ist der prozentuelle Anteil jeder Abteilung an den Gesamtkosten ?

Es handelt sich also darum, den Unkostenbetrag einer jeden Abteilung durch 12'798 zu dividieren.

Maschine rechenklar!

Im EW rechts 12'798 einstellen. Die erste Division 3'545 : 12'798 von der 5. Stelle des Wagens ausgehend nach dem Aufbauverfahren ausführen.

Nach erfolgter Division zeigt das RW 003545,04600
das UZW: 27,70% = Anteil A

Nicht löschen. Von der 5. Stelle des Wagens ausgehend den Dividenden 3545 durch positive oder negative Kurbeldrehungen in den neuen Dividenden 6893 umwandeln. Also mit Wagen in der

5. Stelle	2 Plusdrehungen
4. Stelle	6 Plusdrehungen
3. Stelle	2 Plusdrehungen
2. Stelle	4 Minusdrehungen

Das RZW zeigt: 006893,00280, das UZW: 53,86% = Anteil B

Nicht löschen. Von der 5. Stelle des Wagens ausgehend den Dividenden 6893 durch positive oder negative Kurbeldrehungen in den neuen Dividenden 2360 umwandeln. Also mit Wagen in der

5. Stelle	4 Minusdrehungen
4. Stelle	5 Plusdrehungen
3. Stelle	4 Minusdrehungen
2. Stelle	2 Minusdrehungen

Das RZW zeigt: 002359,95120, das UZW: 18,44% = Anteil C

Es ist leicht zu kontrollieren, ob die Rechnung stimmt, indem man die drei Prozentanteile addiert. Die Summe muss möglichst genau 100% ergeben. Mit der CURTA Type II ist es möglich, diese Kontrolle automatisch in der Maschine nach erfolgter Rechnung vorzufinden (siehe gesondertes Rechenbeispiel).

Rechenbeispiele nur für C U R T A Type II

KOSTENVERTEILUNG

Die jährlichen Unkosten von drei verschiedenen Abteilungen belaufen sich auf

Fr. 3'545.--	für Abteilung A
" 6'893.--	" " B
" 2'360.--	" " C

insgesamt: Fr.12'798.--

Welcher ist der prozentuelle Anteil jeder Abteilung an den Gesamtkosten?

Maschine rechenklar!

EW: 10000012798

Wagen in die 5. Stelle.

Aufbauend auf 3'545 dividieren. Also mit dem Wagen in der

5. Stelle 3 Plusdrehungen

4. Stelle 2 Minusdrehungen

3. Stelle 3 Minusdrehungen; die weitere

Entwicklung in der 2. und der 1. Stelle erübrigt sich in diesem Fall.

Im RZW links steht der Prozentsatz 27,70% = Anteil Abt. A

Im UZW steht die gleiche Zahl und wird zwecks Speicherung mit den weiteren Ergebnissen nicht gelöscht.

Nur RZW löschen, Wagen an die 5. Stelle. Die aufbauende Division auf 6'893 nach dem üblichen Schema ausführen.

Im RZW links steht der Prozentsatz 53,86% = Anteil Abt. B

Im UZW sind die beiden Prozentsätze gespeichert worden: 81,56%.

Nur RZW löschen, mit dem Wagen in der 5. Stelle beginnend die nächste Division aufbauen, also auf 2'360.--. Im RZW wird der Wert 2'359,95120 erreicht als nahester Wert zu 2'360.

Im RZW links steht der Prozentsatz 18,44% = Anteil Abt. C.

Im UZW steht nun zur Kontrolle die gespeicherte Summe der 3 Prozentanteile: 100%.

Rechenbeispiele für CURTA Type I und II

QUADRATWURZELZIEHEN (Methode nach Herrmann)

Der Rechner, welcher Quadratwurzeln benötigt, hat immer die Möglichkeit, einen Näherungswert für dieselben zu ermitteln (mittels Rechenschieber oder Tabellen); was ihm fehlt, ist die Genauigkeit über 3 oder 4 Stellen hinaus.

Man benutzt diese Möglichkeit, rasch eine Annäherung zu ermitteln, und bedient sich der CURTA, um die gewünschte Genauigkeit zu erhalten.

$$\sqrt{150} = ?$$

Näherungswert 12,2

Maschine rechenklar!

Wagen: an die 6. Stelle

EW: an den Stellen 6 - 4 12,2 einstellen

Mit 12,2 multiplizieren ausgehend von der 6. Stelle des Rundwagens, somit:

Rundwagen	Stelle	6	-	1	positive	Kurbeldrehung
"	"	5	-	2	positive	Kurbeldrehungen
"	"	4	-	2	positive	Kurbeldrehungen

Im Resultatwerk einen Kommaknopf zwischen die 9. und 8. Stelle setzen.

EW: Das Doppelte des Näherungswertes, also 24,4 an den gleichen Stellen einstellen, an denen der Näherungswert eingestellt wurde (also die Einer an der Stelle der Einer, die Zehner an der Stelle der Zehner usw.) Durch entsprechende Kurbeldrehungen in den aufeinander folgenden Stellungen des Rundwagens die Zahl im Resultatzählwerk vervollständigen, bis die 1 5 0 am nächsten liegende Zahl erreicht ist.

also: Rundwagen	Stelle	4	-	1	positive	Drehung
"	"	3	-	5	negative	Drehungen
"	"	2	-	3	"	"
"	"	1	-	5	positive	"

Das Umdrehungszählwerk zeigt die bis zu 6 Stellen genaue Wurzel: 12,2475.

Diese Methode ergibt soviele zusätzliche genaue Stellen der gesuchten Wurzel, wie man genaue Stellen geschätzt hat. In diesem Falle mit 12,2 haben wir also 3 genaue Stellen geschätzt und wir erhalten 6 genaue Stellen. Nach dieser Regel ist es unnötig, noch weiter zu gehen; im übrigen sind wir in diesem besonderen Fall mit 149,999

QUADRATWURZELZIEHEN (Fortsetzung)

der gewünschten Zahl (150) sehr nahe gekommen.

Benützt man CURTA Type II und wünscht man, die Wurzel mit 8 genauen Stellen zu erhalten, so kann man im vorliegenden Fall die Operation wiederholen, indem man sich der Schätzung $12,2\bar{5}$ bedient, also mit 4 genauen Stellen. Man erhält dann als Wurzel im UZW:

12,247449.

Anmerkung: Die Regel, nach welcher man ebenso viele zusätzliche genaue Stellen der Wurzel erhält, wie man genaue Stellen geschätzt hat, ist in einigen beschränkten Fällen Ausnahmen unterworfen.

Rechenbeispiele für CURTA Type I und II

INTERPOLATION

$$\text{Tang. } 19^{\circ} 12',34 = ?$$

$$\begin{aligned} \text{Die Tabellen zeigen: } \text{tang. } 19^{\circ} 20' &= 0,3508482 \\ \text{tang. } 19^{\circ} 10' &= 0,3475846 \end{aligned}$$

Die entweder aus den Tabellen ersichtliche oder durch normale Subtraktion mit der CURTA sich ergebende Differenz

$$\begin{aligned} 10' &= 0,0032636 \\ \text{also } 1' &= 0,00032636 \end{aligned}$$

Maschine rechenklar!

Im Einstellwerk Stelle 5 - 1 die Differenz setzen (also den 1' entsprechenden Wert). Im Einstellwerk das Komma markieren, indem man einen Knopf vor die 8. Stelle setzt.

Multiplikation mit 2,34 normal ausführen.

EW: Vom Komma ab, also an den Stellen 8 - 2 den Wert tang. $19^{\circ} 10'$, d.h. 0,3475846, einstellen.

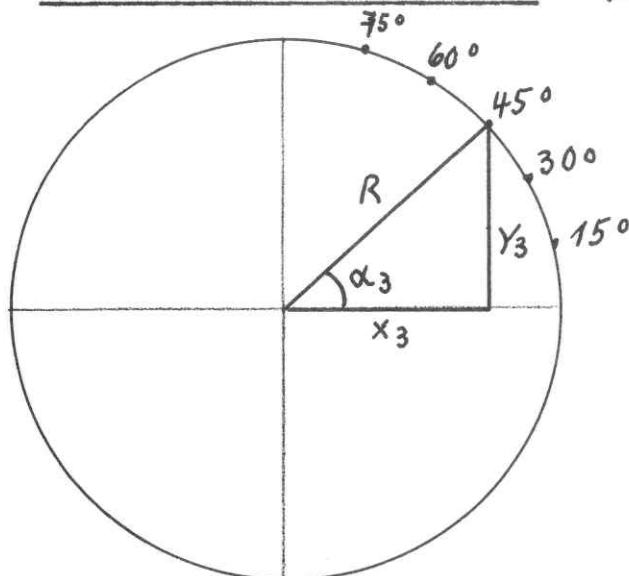
Eine positive Kurbeldrehung (der Rundwagen ist hierzu an der dritten Stelle geblieben).

Das Resultatzählwerk ergibt

$$\underline{\text{tang. } 19^{\circ} 12',34 = 0,3483482824}$$

Rechenbeispiele für CURTA Type I und II

BERECHNUNG VON KOORDINATEN (für Bohrungen usw.)



gegeben: $R = 21,7$
 $\alpha = 15 - 75^\circ$

gesucht: $x_1 - x_5$
 $y_1 - y_5$

Bohrung No.	α	$\cos. \alpha$	$x = R \cdot \cos. \alpha$	$\sin. \alpha$	$y = R \cdot \sin. \alpha$
1	15°	0,96593	20,960681	0,25882	5,616394
2	30°	0,86603	18,792851	0,50000	10,850000
3	45°	0,70711	15,344287	0,70711	15,344287
4	60°	0,50000	10,850000	0,86603	18,792851
5	75°	0,25882	5,616394	0,96593	20,960681

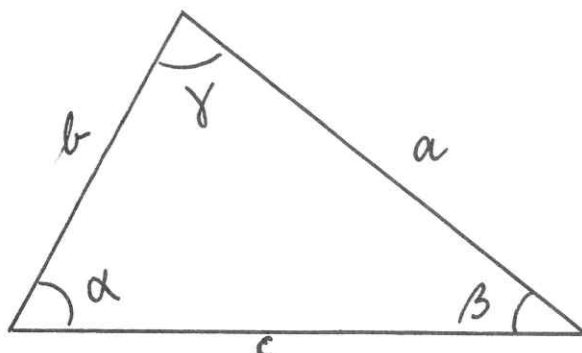
Einstellwerk: $R = 21,7$ 1. - 3. Stelle

Fortlaufende Multiplikationen mit den veränderlichen Faktoren, d.h. den Werten $\cos. \alpha$ und $\sin. \alpha$.

Die Resultate nicht auslöschen, sondern nur die veränderlichen Werte im Umdrehungszählwerk durch positive oder negative Kurbeldrehungen ändern.

Rechenbeispiele nur für C U R T A Type II

Winkelberechnung eines spitzwinkligen Dreiecks



gegeben: $a = 16,786$
 $b = 13,629$
 $c = 20,333$

gesucht: γ

$$\cos. \gamma = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2 a b}$$

$$\cos. \gamma = \frac{16,786^2 + 13,629^2 - 20,333^2}{2 \times 16,786 \times 13,629}$$

Einstellwerk Stelle 1 - 5 16,786, Rundwagen 1. Stelle, Umschalthebel oben. Multiplikation mit 16,786, also

Rundwagen	1. Stelle	4	negative	Kurbeldrehungen	(Kurbel oben)
"	2.	"	1	"	"
"	3.	"	2	"	"
"	4.	"	3	"	"
"	5.	"	2	positive	(Kurbel unten)

Resultat: 281,769796. Nur das Umdrehungszählwerk löschen.

Einstellwerk Stelle 1 - 5 13,629, Rundwagen 1. Stelle, mit 13,629 multiplizieren, also

Rundwagen	1. Stelle	1	negative	Kurbeldrehung	(Kurbel oben)
"	2.	"	3	positive	Kurbeldrehungen (Kurbel unten)
"	3.	"	6	"	"
"	4.	"	3	"	"
"	5.	"	1	"	"

Resultat: $(a^2 + b^2) = 467,519437$. Nur Umdrehungszählwerk löschen.

Umschalthebel unten, Kurbel oben. Rundwagen 1. Stelle. Einstellwerk Stelle 1 - 5 20,333.

Rundwagen 1. Stelle 3 negative Kurbeldrehungen, dasselbe an der 2. und 3. Stelle des Rundwagens. An der 5. Stelle des Rundwagens noch 2 negative Kurbeldrehungen.

Resultat: $a^2 + b^2 - c^2 = 54,088548$.

Dieses Resultat notieren. Alles löschen, Umschalthebel wieder nach oben und Kurbel nach unten. $2 \times 16,786 \times 13,629$ normal multiplizieren ($= 2ab$) = 457,552788. Division $54,088548 / 457,552788 = 0,1182127 = \cos. \gamma$

Rechenbeispiele für C U R T A Type I und II

Flächenberechnung aus Koordinaten

(nach der Elling'schen Methode)

Die zu berechnende Fläche ist durch folgende Koordinaten gegeben: (x vertikal, y horizontal), die zum Zweck der Rechnung wie folgt untereinandergeriht werden.

<u>Punkt</u>	<u>y</u>	<u>x</u>
1	12	68
2	44	64
3	68	56
4	88	72
5	100	52
6	60	32
7	20	44

Die Berechnung erfolgt aufgrund der allgemeinen Formel:

$$2 F = \sum (y_{n+1} - y_{n-1}) x_n \quad (\text{nach } x \text{ geordnet})$$

$$2 F = \sum (x_{n+1} - x_{n-1}) y_n \quad (\text{nach } y \text{ geordnet})$$

Man kurbelt zuerst y_1 in das UW. Nun wird x_2 in das EW eingestellt. x_2 soll mit $(y_1 - y_3)$ multipliziert werden, also:

UW: 12 einkurbeln

EW: ganz rechts 64 einstellen

UW: Umkurbeln auf 68 (Differenz y_1, y_3)

Die Pfeile auf dem obigen Schema zeigen den weiteren Fortgang der Rechnung an:

EW: 72 ; UW umkurbeln auf 100

EW: 32 ; UW umkurbeln auf 20

EW: 68 ; UW umkurbeln auf 44

EW: 56 ; UW umkurbeln auf 88

EW: 52 ; UW umkurbeln auf 60

EW: 44 ; UW umkurbeln auf 12

RW: zeigt $3856 = 2 F$

$F = 1928$

Ist die Anzahl der gegebenen Punkte gerade, so wird in der Praxis der letzte Punkt doppelt aufgeführt. Die beiden Punkte gelten dann als unendlich nahe und bleiben ohne Einfluss auf die Richtigkeit der Berechnungsweise.

Dieses einfache Beispiel erfüllt den Zweck, das Prinzip der Berechnungsweise mit der Maschine zu veranschaulichen. Dem Prinzip nach gilt diese Berechnungsweise auch wenn die Punkte in mehrere Quadranten zu liegen kommen. Am einfachsten ist es jedoch, wenn alle Koordinaten positiv sind; ist dies nicht der Fall, so ist es empfehlenswert, das Achsenkreuz durch Addition entsprechender Konstanten zu verschieben.

Rechenbeispiele für CURTA Type I und II

Koordinatenberechnung des Schnittpunktes zweier Geraden.

	Schema (Abzug)		(Abzug)			
P ₁	y ₁		x ₁			
P ₂	y ₂	y ₂ -y ₁	x ₂	x ₂ -x ₁	λ	
P ₃	y ₃		x ₃		λ-μ	
P ₄	y ₄	y ₄ -y ₃	x ₄	x ₄ -x ₃	μ	
					y _a	x _a
					Probe	(y _b)
					A	Y
						X

	Beispiel					
	+ 65000.00		+ 8000.00			
P ₁	+ 348.89		+ 340.23			
P ₂	+ 283.49	- 65.40	+ 450.02	+ 109.79	- 0.59568	
P ₃	+ 283.29		+ 433.56		+ 0.39458	
P ₄	+ 310.74	+ 27.45	+ 405.84	- 27.72	- 0.99026	
					+ 308.400	+ 408.20
					399	20
					A	+ 65308.40 + 8408.20

$$\lambda = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$\mu = \frac{y_4 - y_3}{x_4 - x_3}$$

$$X_a = \frac{y_3 - y_1 + x_1 \cdot \lambda - x_3 \cdot \mu}{\lambda - \mu}$$

$$X_b = \frac{y_4 - y_2 + x_2 \cdot \lambda - x_4 \cdot \mu}{\lambda - \mu}$$

$$Y_a = y_1 + x \cdot \lambda - x_1 \cdot \lambda$$

$$Y_b = y_3 + x \cdot \mu - x_3 \cdot \mu$$

Berechnung von λ und μ

1.) Die Werte $y_2 - y_1$, $y_4 - y_3$; $x_2 - x_1$, $x_4 - x_3$ können (falls sie nicht mit dem Bleistift direkt auf dem Rechenschema ausgerechnet werden) durch normale Subtraktion mit der Maschine ermittelt und dann eingetragen werden.

2.) Es folgen zwei Divisionen $\lambda = \frac{-65,40}{109,79}$, $\mu = \frac{27,45}{-27,72}$
 Maschine rechenklar!

Berechnung von λ
 (Aufbau-Division)

EW: 00010979

Wagen: 6.Stelle : 6 +Drehungen
 5.Stelle : 1 -Drehung
 4.Stelle : 6 +Drehungen
 3.Stelle : 3 -Drehungen
 2.Stelle : 2 -Drehungen
 1.Stelle : 3 +Drehungen

RW: 06540003657
 UW: λ = - 0,59568(3)

Berechnung von μ
 (Aufbau-Division)

EW: 00002772

Wagen: 6.Stelle : 10 +Drehungen
 5.Stelle : 1 -Drehung
 4.Stelle : -
 3.Stelle : 3 +Drehungen
 2.Stelle : 4 -Drehungen
 1.Stelle : -

RW: 02745000720
 UW: μ = - 0,99026

$\lambda - \mu$

Maschine rechenklar!

$$-0,59568 + 0,99026 = +0,39458 \quad (\text{normale Subtraktion})$$

Berechnung von X_a

1.) $y_3 - y_1 + x_1 \cdot \lambda - x_3 \cdot \mu$

$$283,29 - 348,89 - 340,23 \cdot 0,59568 + 433,56 \cdot 0,99026$$

Maschine rechenklar!

Wagen: Position 6

EW: 00283,290; 1 Plusdrehung
RW: Kommaknopf vor die 8. Stelle
EW: 00348,890; 1 Minusdrehung

Wagen: Position 1

EW: 00340,230

Umschalthebel unten - Multiplikation in Minus mit 0,59568:

Wagen Position 1 : 2 Plusdrehungen
Wagen Position 2 : 3 Plusdrehungen
Wagen Position 3 : 4 Plusdrehungen
Wagen Position 4 : -
Wagen Position 5 : 6 Minusdrehungen

RW zeigt: 731,7317936

Nur UW löschen, Umschalthebel oben. Wagen Pos.1

EW: 00433,560. Normale Multiplikation mit 0,99026

RW zeigt: 161,0689192

2.) Division durch $\lambda - \mu$

Nur UW löschen; Umschalthebel unten. Wagen Pos.6

EW: ($\lambda - \mu$) 00039458. Subtraktive Division:

Wagen Position 6 : 4 Minusdrehungen
Wagen Position 5 : 1 Minusdrehung
Wagen Position 4 : 2 Plusdrehungen
Wagen Position 3 : 2 Minusdrehungen
Wagen Position 2 : -
Wagen Position 1 : 3 Minusdrehungen

Ergebnis UW : 408,203 = X_a

(RW zeigt Rest = 0,00017946)

Berechnung von X_b

$$\frac{y_4 - y_2 + x_2 \cdot \lambda - x_4 \cdot \mu}{0,39458} =$$
$$\frac{310,74 - 283,49 - 450,02 \cdot 0,59568 + 405,84 \cdot 0,99026}{0,39458}$$

Die Rechnung wird genau nach dem gleichen Schema wie für X_a ausgeführt. Das Ergebnis der Division ist 408,204.

$$X = \text{Abzug } 8000,00 + 408,20 = \underline{8408,20}$$

Berechnung von Y_a

$$348,89 - 408,203 \cdot 0,59568 + 340,23 \cdot 0,59568$$

Maschine rechenklar!

Den Wert 348,89 addieren wir erst nach erfolgter kumulativer Multiplikation, also:

EW: 00059568

Umschalthebel unten. Mit hochgezogener Kurbel die Negativ-Multiplikation mit 408,203 ausführen.

RW zeigt: 756,84163696. (Kommaknopf vor die 8.Stelle im RW setzen)

Umschalthebel oben. Nur UW löschen.

Die Multiplikation mit 340,23 von der Position 6 des Wagens ausgehend ausführen.

RW zeigt: 959,50984336

Wagen 6. Stelle - EW: 00348,890 - 1 Plusdrehung

RW zeigt: 308,39984336

$$\underline{Y_a = +308,400}$$

Berechnung von Y_b

$$283,29 - 408,204 \cdot 0,99026 + 433,56 \cdot 0,99026$$

Die Rechnung wird genau nach dem gleichen Schema wie für Y_a ausgeführt. Das Ergebnis ist: 308,39903256.

$$Y = \text{Abzug } 65'000,00 + 308,40 = \underline{65'308,40}$$

Bemerkung: Für Fälle, wo mit grösseren Zahlenwerten gearbeitet wird, empfehlen wir die Verwendung von CURTA Type II, 11 x 8 x 15-stellig.

UW: 00,948339 = $\text{tg } \varphi$; φ (Tafel) = $248^{\text{g}} 31^{\text{c}} 24^{\text{cc}}$
 $\cos \varphi = 0,725601$ - EW nicht löschen!

4: $\frac{X_B - X_A}{\cos \varphi}$

Nur UW und RW löschen -

Wagen Pos. 7 : 1 Plusdrehung -

RW: 000262,173000000 = Dividend $X_B - X_A$

EW: 00000,725601 - Wagen Position 6 - UW löschen.

Umschalthebel unten - Subtraktive Division ausführen -

UW: 00361,318 = D.

5: $\frac{Y_B - Y_A}{\sin \varphi}$ (Zur Kontrolle!)

$\sin \varphi = 0,688116$

Maschine rechenklar -

Die Division 248,629 : 0,688116 ausführen.

UW: 361,31844 D = 361,318

Rechenbeispiele für CURTA Type I und II

Rechnungen nach der Formel $\frac{(a \times b) - (c \times d)}{e}$

wobei $(a \times b) < (c \times d)$ ist.

Führen wir das Beispiel mit folgenden Zahlenwerten aus:

$$\frac{(3,15 \times 17,5) - (9,6 \times 23,3)}{137,4}$$

Maschine rechenklar!

$(a \times b) - (c \times d)$

EW: 3,15 ganz rechts (also Reihen 1 bis 3) einstellen.
Kommaknopf vor Stelle 2 in EW setzen.

Wagen Pos.4: Normale Multiplikation mit 17,5 in Pos.4,5 und 6 des Wagens.

RZW: 55,125... Kommaknopf vor Stelle 4 UZW und vor Stelle 6 RZW setzen.

Nur UZW löschen.

EW: 9,6 unter Berücksichtigung des dort gesetzten Kommas, also in Reihen 3 und 2 einstellen. Reihe 1 auf Null.

Wagen Pos.4: Umschalthebel unten.

Die Multiplikation mit 23,3 mit hochgezogener Kurbel ausführen (Negativ-Multiplikation) in den Pos.4,5 und 6 des Wagens.

RZW: ..9831,445... = Komplementwert des Dividenden.

RZW nicht löschen.

Division durch e

Diese Division wird durch die Ergänzung des Dividenden auf die nächste dekadische Einheit mittels dem Divisor ausgeführt.

Umschalthebel oben. Nur UZW löschen. Wagen Pos.6.

EW: 137,4 in Reihen 1 bis 4 einstellen.

Kommaknopf vor Reihe 1 EW und dementsprechend vor Stelle 5 im UZW. Durch Plusdrehungen wird getrachtet, die Zahlen im RZW möglichst auf Null zu verändern (bezw. auf 9999..... etc.) Also RZW beobachten und

Wagen Pos.6	:	1 Plusdrehung
" " 5	:	2 Plusdrehungen
" " 4	:	2 "
" " 3	:	7 "
" " 2	:	3 Minusdrehungen
" " 1	:	5 Plusdrehungen

Damit ist im RZW der Null am nächsten stehende Wert erreicht (0,0000450).

Die Antwort - 1,22675 steht im UZW.

Wenn mit längeren Zahlen gerechnet werden soll, empfehlen wir die Verwendung von CURTA Type II - 11x8x15-stellig, wobei dann zur vollen Ausnutzung der Stellenkapazität der Maschine schon bei der ersten Multiplikation der Multiplikator möglichst in den höchsten Stellen des UZW entwickelt werden soll.

Rechenbeispiele für CURTA Type I und II

Berechnen des arithmetischen Mittels und dessen mittleren Fehlers.

Gegeben seien N Messwerte x_1, x_2, \dots, x_N .

Für das arithmetische Mittel \bar{x} gilt:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{N}$$

Als mittlerer Fehler dieser Grösse wird definiert:

$$\Delta x = \pm \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N(N-1)}}$$

Um die Rechenarbeit zu verringern geht man gewöhnlich von einem angenommenen Wert x_0 aus; man kann auf diese Weise die Stellenzahl der in die Rechnung eingehenden Zahlen verkleinern. Es ist:

$$\bar{x} = x_0 + \frac{\sum (x_i - x_0)}{N}$$

und
$$\sum (x_i - \bar{x})^2 = \sum (x_i - x_0)^2 - N(\bar{x} - x_0)^2$$

Die Rechenarbeit kann nun mit der CURTA auf einfache Weise ausgeführt werden, wobei die Kapazität von Type II in allen Fällen ausreichend ist. Sind die Anzahl der Messungen und die Streuung der einzelnen Werte nicht zu gross, so genügt auch eine CURTA Type I, wie es das nachfolgende Zahlenbeispiel zeigt:

Messwerte:

x_1	=	215,3
x_2	=	216,4
x_3	=	214,7
x_4	=	217,1
x_5	=	213,8
x_6	=	217,3
x_7	=	216,6

Man geht vom Wert $x_0 = 210$ aus; es ist daher $x_1 - x_0 = 5,3$; $x_2 - x_0 = 6,4$ usw.

Maschine rechenklar!

EW: 5,3000100; Wagen Position 1.

Man multipliziert mit 5,3 und löscht nur das UZW.

EW: 6,4000100; Wagen Position 1.

Multiplikation mit 6,4. Nur UZW löschen.

Nach diesen zwei Schritten erhält man im RZW:

$$069,05 / 0 / 11,700$$

also $(x_1 - x_0)^2 + (x_2 - x_0)^2 / (x_1 - x_0) + (x_2 - x_0)$

Man fährt so weiter und erhält nach 7 Schritten im RZW:

$$252,84 / 0 / 41,200$$

also $\sum (x_i - x_0)^2 / \sum (x_i - x_0)$

Nur UZW löschen.

EW: $041,20007$

also $\sum (x_i - x_0) / N$

Die Division $41,2 : 7$ im rechten Teil des RZW nach dem Abbaufahren ausführen. Also Umschalthebel unten und die Division mit Wagen in Pos.4 beginnen. Nach beendeter Division zeigt das UZW:

$$005,885, \text{ das ist } \frac{\sum (x_i - x_0)}{N}$$

Der mittlere Wert der Messungen ist also:

$$\bar{x} = 210 + 5,885 = \underline{215,885}$$

Im RZW steht $010,37800005$. Bis auf die letzte 5 (Rest der Division) ist das aber

$$\sum (x_i - x_0)^2 - N(\bar{x} - x_0)^2 = \underline{\sum (x_i - \bar{x})^2}$$

Nur UZW löschen; Wagen Position 6.

EW: $N(N - 1)$ einstellen; also: 00004200 . Die Division

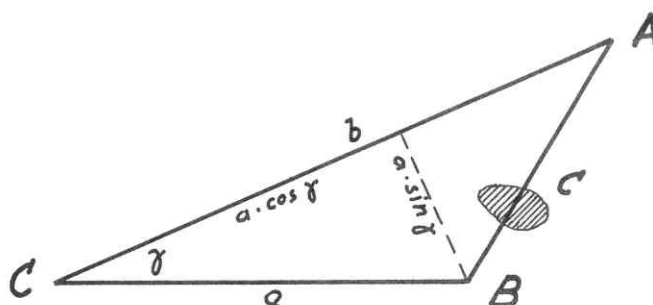
$\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N(N - 1)}$ subtraktiv ausführen. Ergebnis im UZW: $0,2470$.

Mit dem Rechenschieber oder mit der CURTA zieht man daraus die Quadratwurzel $0,497$.

Das Messresultat lautet endgültig:

$$\underline{x = 215,885 \pm 0,497}$$

Rechenbeispiele für CURTA Type I und Type II

Vereinfachte Berechnung der Seite eines stumpfwinkligen Dreiecks.

Die Distanz \overline{AB} ist unbekannt, oder bezw. sie konnte wegen eines Hindernisses nicht ausgemessen werden.

Es sind gegeben: $a = 21,47 \text{ m}$
 $b = 32,14 \text{ m}$
 $\gamma = 32^{\circ} 11' 20''$

Es wird gesucht: $c = ?$

Die Berechnung nach der klassischen Formel des Kosinussatzes ($c^2 = a^2 + b^2 - 2a \cdot b \cdot \cos \gamma$) ist rechentechnisch unbequem, sobald grössere Zahlen vorliegen. Am besten geht man wie folgt vor:

- 1) Man schlägt die Werte $\sin \gamma = 0,532712$, und $\cos \gamma = 0,846296$ nach.
- 2) Man berechnet $a \cdot \cos \gamma$ und ($\pm b \mp a \cdot \cos \gamma$).
- 3) Nach Pythagoras ist dann $c = \sqrt{(a \cdot \sin \gamma)^2 + (\pm b \mp a \cdot \cos \gamma)^2}$

Maschine rechenklar!

EW :21,47. Mit der Kurbel 0,532712 im UZW entwickeln.
 RZW: $a \cdot \sin \gamma = 11,437$. Diese Zahl notieren und nichts löschen.
 UZW: mittels Kurbeldrehungen auf 0,846296 verändern.
 RZW: $a \cdot \cos \gamma = 18,16997...$, nicht löschen. Wagen 6.Stelle.
 EW : $b =32,14$ stellengenau zur Zahl im RZW einstellen.
 Kurbel: 1 Minusdrehung. Ist $b > a \cdot \cos \gamma$ erscheint ein Komplementwert im RZW, wie es gegenwärtig der Fall ist.
 EW : die Ergänzungszahl zu derjenigen im RZW stellengenau einstellen. (Ist $b < a \cdot \cos \gamma$ dann einfach die im RZW stehende Zahl einstellen)
 Im vorliegenden Fall also abgerundet ..13,970.. Zur Kontrolle kann gegebenenfalls eine Plusdrehung ausgeführt werden, die im RZW (1)0000... bzw. 99999.... ergeben sollte.
 RZW und UZW löschen. Anschliessend normale Multiplikation der noch im EW stehenden Zahl mit sich selbst, also $13,970 \times 13,970$.
 RZW: $195,160900... = (\pm b \mp a \cdot \cos \gamma)^2$. Nur UZW löschen.
 EW : ..11,437 = $a \cdot \sin \gamma$. Multiplikation mit 11,437.
 RZW: $325,965869 = (a \cdot \sin \gamma)^2 + (\pm b \mp a \cdot \cos \gamma)^2$
 Nun die Quadratwurzel nach Töpler oder Herrmann (siehe CURTA Gebrauchsanleitung) oder nach einer anderen beliebigen Methode ermitteln.

Das Ergebnis ist $18,054 \text{ m} = c$.

N.B. Diese Methode erlaubt einen beträchtlichen Zeitgewinn gegenüber der Berechnung durch den klassischen Kosinussatz.

Rechenbeispiele für CURTA Type I und II

Ketten-Multiplikationen des Typsa x b x c x d x ... etc.

Einleitende Bemerkung: Die Grenze einer derartigen Rechnung ist erreicht, wenn die Stellenzahl des Produktes gleich derjenigen des Resultatwerkes der verwendeten Maschine ist, also bei 11 Stellen für CURTA Type I und bei 15 Stellen für CURTA Type II. Ehe die Rechnung begonnen wird, ist es möglich, die voraussichtliche Stellenzahl des Endproduktes zu schätzen, indem die Stellen der verschiedenen Faktoren zusammengezählt werden. Man kann gegebenenfalls innerhalb der vorgeschriebenen Genauigkeit die letzten Stellen von einzelnen Teilprodukten streichen, um ein übermässig langes Endprodukt zu vermeiden.

Selbstverständlich kann man eine Rechnung wie $a \times b \times c \times d$ usw. ausführen, indem man zuerst die beiden ersten Faktoren untereinander multipliziert. Das so erhaltene Produkt wird neu eingestellt und wiederum normal mit dem nächsten Faktor multipliziert usw. usw. Diese Methode bietet den Nachteil von zahlreichen Neueinstellungen im Einstellwerk. Wir schlagen im Nachfolgenden eine andere Methode vor, die in vielen Fällen gerne verwendet wird.

(Abkürzungen: EW = Einstellwerk, UW = Umdrehungszählwerk, RW = Resultatzählwerk)

$$38 \times 24 \times 57 \times 63,44 = ?$$

- I. EW: Stellen 1 und 2 die Zahl 38 einstellen
 UW: 24 entwickeln (normale Multiplikation)
 RW: Ergebnis 912 = Teilprodukt I
- II. EW: Den nächsten Faktor um ein Zehntel vermindert, also 56,9 an den Stellen 1-3 einstellen. Der so erhaltene Neuner wird zur Kontrolle dienen.

Wagen: Die höchste Stelle links des Teilproduktes I im RW wird über die letzte 9 rechts im Einstellwerk gestellt; d.h. also Wagen in Position 3.

Kurbel: Positive Drehungen, bis die Zahl im Resultatwerk, die über der 9 des Einstellwerkes steht, in eine 0 verwandelt ist. Man beobachtet also die Stelle des RW, auf welche der Stellenpfeil zeigt (3. Stelle) und man höre mit den positiven Drehungen auf, sobald diese Stelle eine 0 zeigt (optische Kontrolle).

RW: zeigt 513012.

Wagen: Position 2. Man beobachte die 2. Stelle des RW; nach einer positiven Drehung zeigt diese eine 0. RW zeigt 518702.

Wagen: Position 1. Man beobachte die 1. Stelle des RW; nach 2 positiven Drehungen zeigt diese eine /0/. Das RW zeigt 519840. Das Teilprodukt II ist 51984,0 (durch das Einstellen von 56,9 anstelle von 57 ergibt sich eine Dezimalstelle im RW). Das Teilprodukt II setzt sich wie folgt zusammen: $56,9 \times$ Teilprodukt I + $1/10$ Teilprodukt I (welches sich schon im RW befand) = $57 \times$ Teilprodukt I.

III. EW: Die Zahl 63,439 an den Stellen 1-5 einstellen.

Wagen: Position 6. Positive Kurbeldrehungen bei gleichzeitiger Beobachtung der sechsten Stelle im RW. Wenn diese 0 anzeigt, steht im RW 31720019840.

Wagen: Position 5. Wenn die 5. Stelle des RW auf 0 gebracht ist, steht im RW 32354409840.

Man fährt so fort von Stelle zu Stelle, bis und mit Position 1 des Wagens. Zum Schluss zeigt das RW: 32978649600. Das Endprodukt unter Berücksichtigung der 3 Dezimalstellen der Zahl 63,439 ist also 3'297'864,96.

Bemerkung: Es kann vorkommen, dass die Stellenzahl eines Teilproduktes grösser ist, als die Stellenzahl, innerhalb welcher der Wagen versetzt werden kann. Aus dem nachfolgenden Beispiel ist es ersichtlich, dass die Rechnung trotzdem nach der gleichen Methode ausgeführt werden kann. Es ist jedoch empfehlenswert, woimmer möglich die Reihenfolge der Faktoren so einzuteilen, dass der Faktor mit der grössten Stellenzahl als letzte Zahl im EW eingestellt wird (siehe 1. Beispiel).

$$63,44 \times 38 \times 24 \times 57 = ? \quad (\text{dessen Ergebnis uns bereits bekannt ist})$$

Die Multiplikation $63,44 \times 38 = 2410,72$ normal ausführen.

EW: 23,9 einstellen an den Stellen 1-3.

Wagen: Position 6, durch Plusdrehungen der Kurbel in den Positionen 6,5,4,3,2 und 1 des Wagens nacheinander jede Stelle im RW auf 0 bringen. Das RW zeigt 57857280. Das Teilprodukt ist also 57857,280.

Fortsetzung der Rechnung mit der CURTA Type I :

Wagen: Position 6.

EW: 56,9 an den Stellen 5-3 einstellen (Stellen 1 und 2 auf 0).

Durch Plusdrehungen der Kurbel nacheinander in den Positionen 6-1 des Wagens jede Stelle im RW auf 0 bringen (zuerst die 8. Stelle, dann die 7. usw.). Die 2. und die 1. Stelle des RW sind nicht auf 0 gebracht worden. Das RW zeigt 3'297'860,4080. Wir können dieses Ergebnis mit demjenigen des vorherigen Rechenbeispiels vergleichen. Wird eine absolute Genauigkeit auch für die letzten Stellen verlangt, so kann man die Rechnung folgendermassen fortführen:

EW: 56,9 an den Stellen 3-1 einstellen (Stellen 4 und 5 auf 0).

Wagen: Position 2. Durch Plusdrehungen die 8 auf der zweiten Stelle des RW in eine 0 verwandeln.

Wagen: Position 1. Die 1. Stelle des RW ist bereits eine 0, die Rechnung ist beendet. Das RW zeigt 3'297'864,9600.

Fortsetzung der Rechnung mit einer CURTA Type II :

Mit einer CURTA Type II, deren Wagen um 8 Stellen versetzt werden kann, würde man die Rechnung ganz normal wie in unserem 1. Beispiel fortführen. Jedoch als Uebung für die Fälle, wo die Stellenzahl des Teilproduktes grösser ist, als die Anzahl der Positionen des Wagens und um das Prinzip zu erlernen, wollen wir nun genau so vorgehen, wie soeben für CURTA I beschrieben. Wir bitten Sie also, sich an die Anweisungen des vorherigen Absatzes zu halten und dieselben mit Ihrer CURTA Type II auszuführen. Das Endergebnis im RW wird das gleiche sein.