

# **Funktionsweise der Rechenmaschine Curta II**

Vortragsskript zum „Seminar Angewandte Mathematik 1“

Verfasser: Clara Werdermann, 57481  
Betreuer: Prof. Dr. rer. nat. Udo Hebisch  
29.04.2016

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Verwendungszweck und Aufbau der Curta II</b>	<b>2</b>
1.1	Verwendungszweck . . . . .	2
1.2	Aufbau der Curta II . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Die Grundrechenarten mit der Curta</b>	<b>4</b>
2.1	Addition . . . . .	4
2.2	Subtraktion . . . . .	4
2.3	Multiplikation . . . . .	5
2.4	Division . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Komplexe Rechnungen</b>	<b>7</b>
3.1	Addition von Produkten . . . . .	7
3.2	Dreisatzrechnung . . . . .	7
3.3	Berechnung von Wurzeln . . . . .	7
3.4	Berechnung von Polynomen . . . . .	8
3.5	Berechnung von Potenzreihen . . . . .	9
<b>4</b>	<b>Literatur- und Quellenverzeichnis</b>	<b>11</b>

# 1 Verwendungszweck und Aufbau der Curta II

## 1.1 Verwendungszweck

Die Curta ist eine mechanische Handrechenmaschine. Sie wurde von dem Österreicher Curt Herzstark in den 1940er Jahren entwickelt. Das erste Modell, die Curta I<sup>1</sup>, ist die kleinste serienmäßig hergestellte mechanische Rechenmaschine, mit der alle vier Grundrechenarten ausgeführt werden können. Diese Rechenmaschinen wurden zur schnellen Berechnung von Summen, Differenzen, Produkten und Quotienten verwendet. Durch geeignete Programme können auch komplexere Rechnungen durchgeführt werden (vgl. Kapitel 3).

## 1.2 Aufbau der Curta II

Die Curta setzt sich aus dem zylindrischem Grundkörper, dem Rundwagen und der Kurbel zusammen.

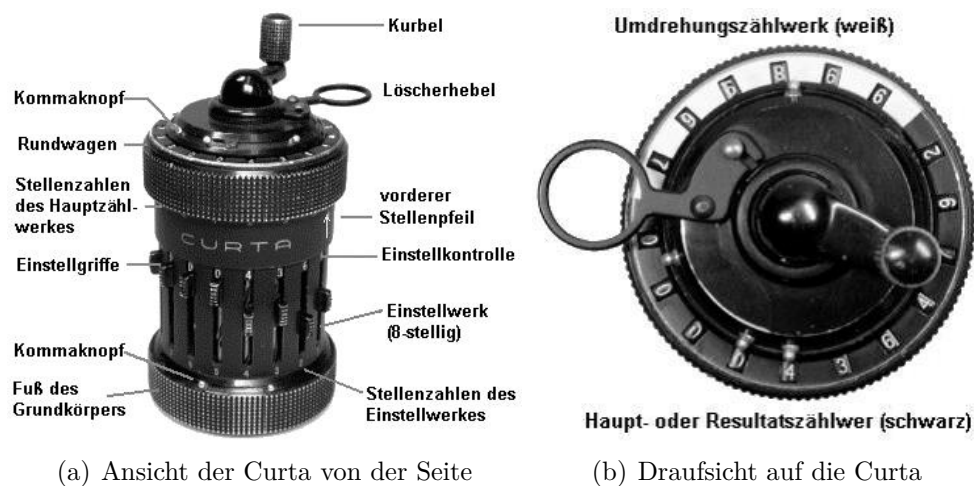


Abbildung 1: Aufbau der Curta I

### Der Grundkörper

Auf dem Grundkörper befinden sich das Einstellwerk und der Umschalthebel.

*Das Einstellwerk:*

Das Einstellwerk besitzt 11 Einstellschieber. Jedem Schlitz im Einstellwerk und damit jedem Einstellschieber ist von rechts beginnend eine Stellenzahl ( $10^0, 10^1, \dots, 10^{10}$ ) zugeordnet. Unter diesen Schlitz befinden sich die Kommaknöpfe zum Markieren des Dezimalkommata. Zum Einstellen einer Zahl werden die jeweiligen Einstellschieber heruntergeschoben. Zur Kontrolle der eingestellten Ziffer befindet sich über jedem Schlitz ein Kontrollfenster, welches die eingestellte Ziffer anzeigt.

### Die Kurbel

Die Kurbel darf ausschließlich im Uhrzeigersinn gedreht werden. Sofern die Kurbel in der Grundstellung eingerastet ist, kann sie hochgezogen und wieder hinuntergedrückt werden. Eine voll-

<sup>1</sup>Die Curta I unterscheidet sich gegenüber der Curta II im Wesentlichen nur durch die Anzahl der Stellen im jeweiligen Zählwerk. Sie besitzt ein 8-stelliges Einstellwerk, ein 6-stelliges Umdrehungszählwerk und ein 11-stelliges Hauptzählwerk.

ständige Kurbeldrehung überträgt die Zahl vom Einstellwerk in das Hauptzählwerk. Ist die Kurbel dabei hinuntergedrückt, wird die Zahl zum Hauptzählwerk hinzuaddiert (additive Drehung). Im anderen Fall wird die Zahl vom Hauptzählwerk subtrahiert (subtraktive Drehung).

### **Der Rundwagen**

Befindet sich die Kurbel in der Grundstellung, kann der Rundwagen angehoben und gedreht werden. Wenn der Stellenpfeil auf eine Stellenziffer des Hauptzählwerkes zeigt, rastet der Rundwagen ein. Durch eine Kurbeldrehung wird die Zahl im Einstellwerk einfach, zehnfach, hundertfach usw. ins Hauptzählwerk übertragen. Die Versetzung des Rundwagens bewirkt somit eine Multiplikation mit  $10^0, 10^1, 10^2, \dots$ .

Auf der Oberseite des Rundwagens befinden sich das Haupt- und das Umdrehungszählwerk mit Kommaknöpfen sowie der Löscherhebel.

*Das Hauptzählwerk:*

Das Hauptzählwerk besitzt 15 Stellen. Die einzelnen Stellen sind dabei am unteren Rand des Rundwagens eingraviert.

*Das Umdrehungszählwerk:*

Das Umdrehungszählwerk umfasst 8 Stellen. Es zeigt die Anzahl der Kurbeldrehungen an. Befindet sich der Umschalthebel in der oberen Position, erhöht sich das Zählwerk bei einer additiven Drehung bzw. verringert sich bei einer subtraktiven Drehung. Ist der Umschalthebel in der unteren Position, erhöhen subtraktive Drehungen das Zählwerk und additive Drehungen vermindern es.

*Der Löscherhebel:*

Der Löscherhebel kann sich in zwei Grundstellungen befinden. Diese sind jeweils zwischen dem Haupt- und Umdrehungszählwerk. Durch Betätigen des Löscherhebels können die Zählwerke gelöscht werden. Dazu muss der Rundwagen angehoben werden, um eine versehentliche Löschung eines Zählwerks zu erschweren. Um nun ein Zählwerk zu löschen, muss der Hebel über das entsprechende Zählwerk hinweggeführt werden.

## 2 Die Grundrechenarten mit der Curta

Bevor eine Rechnung mit der Curta durchgeführt werden kann, muss die Maschine rechenklar sein, d. h.:

- i) Die Kurbel befindet sich in der Grundstellung.
- ii) Beide Zählwerke sind gelöscht.
- iii) Alle Einstellgriffe stehen auf Null.
- iv) Der Rundwagen steht an der Position 1.

Im weiteren muss, sofern nicht anders angegeben, die Maschine vor jeder Rechnung rechenklar sein und sich der Umschalthebel in der **oberen** Position befinden.

### 2.1 Addition

#### Addition von ganzen Zahlen

Der erste Summand wird im Einstellwerk eingestellt und durch eine additive Kurbeldrehung in das Hauptzählwerk übertragen. Der nächste Summand wird im Einstellwerk eingestellt und durch eine erneute additive Kurbeldrehung zum ersten Summanden im Hauptzählwerk hinzuaddiert. Das Hauptzählwerk zeigt nun die Summe der beiden Zahlen und das Umdrehungszählwerk die Anzahl der Summanden an.

#### Addition von Dezimalzahlen

Die größte vorkommende Anzahl an Dezimalstellen wird ermittelt. Entsprechend dieser Zahl wird jeweils ein Kommaknopf im Einstell- und Hauptzählwerk verschoben. Danach wird die Rechnung entsprechend der Addition von ganzen Zahlen durchgeführt. Die Summe steht analog dazu im Hauptzählwerk und die Anzahl der Summanden im Umdrehungszählwerk.

#### Beispiel

Berechnung von  $34,92 + 6,90$ :

Die Zahl  $34,92$  wird im Einstellwerk eingestellt und durch eine additive Kurbeldrehung in das Hauptzählwerk übertragen. Im Anschluss wird die Zahl  $6,90$  eingestellt, wobei auf die Dezimalstellen zu achten ist. Beide Summanden müssen die gleiche Anzahl an Dezimalstellen besitzen. Durch eine weitere additive Kurbeldrehung zeigt das Hauptzählwerk die Summe  $41,82$ .

### 2.2 Subtraktion

#### Subtraktion mit positivem Ergebnis

Der Umschalthebel befindet sich in der unteren Position. Der Minuend wird im Einstellwerk eingestellt und durch eine additive Kurbeldrehung ins Hauptzählwerk übertragen. Danach wird das Umdrehungszählwerk gelöscht. Der Subtrahend wird im Einstellwerk eingestellt und es wird eine subtraktive Drehung durchgeführt. Das Hauptzählwerk zeigt die Differenz an und das Umdrehungszählwerk die Anzahl der Subtrahenden. Bei der Subtraktion von Dezimalzahlen kann analog zur Addition von Dezimalzahlen vorgegangen werden.

## Subtraktion mit negativem Ergebnis

Bei der Rechnung wird analog zur Rechnung mit positivem Ergebnis vorgegangen. Das Hauptzählwerk zeigt jedoch nicht die Differenz, sondern die Komplementärzahl dazu an. Die Komplementärzahl ist die Ergänzung einer Zahl zu einer dekadischen Einheit. In dem Fall der Curta II ist die Ergänzung zu  $10^{15}$ . Um das tatsächliche Ergebnis zu erhalten, wird die Komplementärzahl ins Einstellwerk übernommen, wobei die vordersten vier Ziffern unberücksichtigt bleiben, da diese vom Einstellwerk nicht mehr erfasst werden können. Durch zwei subtraktive Kurbeldrehungen ergeben sich die Ziffern der negativen Differenz, wobei wieder die vordersten vier Ziffern unberücksichtigt bleiben.

### Beispiel

Berechnung von  $34,92 - 6,90$ :

Der Umschalthebel wird in die untere Position gestellt. Der Minuend  $34,92$  wird im Einstellwerk eingestellt und durch eine additive Kurbeldrehung in das Hauptzählwerk übertragen. Das Umdrehungszählwerk wird gelöscht und der Subtrahend  $6,90$  im Einstellwerk eingestellt, wobei darauf zu achten ist, dass der Minuend und der Subtrahend die gleiche Anzahl an Dezimalstellen besitzen. Durch eine subtraktive Kurbeldrehung zeigt das Hauptzählwerk die Differenz  $28,02$  an.

## 2.3 Multiplikation

Die Multiplikation wird mithilfe der wiederholten Addition durchgeführt. Der erste Multiplikand wird im Einstellwerk eingestellt. Danach werden die jeweiligen Stellen des Multiplikators durch entsprechende Kurbeldrehungen im Umdrehungszählwerk entwickelt. Befindet sich der Rundwagen an der Stelle  $n$ , so entspricht eine additive Kurbeldrehung der Multiplikation mit  $10^{n-1}$ . Dabei ist es nicht erforderlich, bei der niedrigsten Stelle zu beginnen. Wenn das Einstellwerk den richtigen Multiplikanden und das Umdrehungszählwerk den richtigen Multiplikator anzeigt, kann das Produkt im Hauptzählwerk abgelesen werden.

Indem der Multiplikator durch entsprechende Kurbeldrehungen abgeändert wird, kann eine neue Rechnung mit gleichbleibenden Multiplikanden durchgeführt werden.

Die Kommaregel bei der Multiplikation lautet:

*Dezimalstellen des Multiplikanden + Dezimalstellen des Multiplikators = Dezimalstellen des Produkts.*

### Verkürzte Multiplikation

Bei der Multiplikation mit Zahlen, deren letzte Ziffer groß ist, kann die Multiplikation mit weniger Kurbeldrehungen durchgeführt werden. Zum Beispiel müssen bei der Rechnung  $55 \times 9$  nicht neun Drehungen durchgeführt werden. Durch geschickte Umformung reichen zwei Kurbeldrehungen aus:  $55 \times 9 = 55 \times (10 - 1) = -55 + 55 \times 10$ . Bei diesem Beispiel wird zunächst eine subtraktive Drehung durchgeführt. Dabei zeigt das Umdrehungszählwerk  $999999$  - die Komplementärzahl von  $1$  - an. Durch die zweite, additive Drehung erscheinen im Umdrehungszählwerk ab der zweiten Stelle Nullen. Das wird als Nulldrehung bezeichnet. Damit erscheint im Umdrehungszählwerk die richtige Zahl  $9$  und im Hauptzählwerk steht das Ergebnis der Rechnung  $495$ .

Bei der verkürzten Multiplikation ist es von Vorteil mit der Entwicklung bei der niedrigsten Stelle zu beginnen, da sie so ohne größere Überlegungen über die Zerlegung des Multiplikators auskommt.

## Beispiel

Berechnung von  $78,45 \times 12,9$ :

Den ersten Faktor 78,45 im Einstellwerk einstellen. Nun durch Versetzen des Rundwagens und der entsprechenden Anzahl an Kurbeldrehungen den anderen Faktor 12,9 im Umdrehungszählwerk aufbauen. Das Hauptzählwerk zeigt nach Beendigung der Rechnung den Wert 1012005. Entsprechend der Kommaregel für die Multiplikation ergibt sich das Produkt von 78,45 und 12,9 als 1012,005.

## 2.4 Division

### Aufbauverfahren

Die Division durch das Aufbauverfahren wird auch additive Methode oder Division durch Multiplikation genannt. Der Divisor wird im Einstellwerk eingestellt. Nun wird durch Multiplikation der Dividend im Hauptzählwerk aufgebaut. Der Quotient erscheint im Umdrehungszählwerk. Die Kommaregel bei der Division lautet:

*Dezimalstellen des Dividenden - Dezimalstellen des Divisors = Dezimalstellen des Quotienten.*  
Für Divisionen, deren Quotient mehrere Stellen aufweist, wird der Rundwagen vor Beginn der Rechnung in eine höhere Position versetzt, um möglichst viele Stellen des Quotienten zu erhalten. Wird der Wagen auf die Position  $n$  versetzt, so erhält man einen  $n$ -stelligen Quotienten. Um eine möglichst hohe Genauigkeit zu erhalten, sollte der Rundwagen an die höchste Stelle gesetzt werden. Wenn die gewünschte Genauigkeit erreicht wurde oder die Rechnung aufgeht, kann der Vorgang abgebrochen werden.

### Abbauverfahren

Das Abbauverfahren, auch subtraktive Methode genannt, eignet sich besonders, wenn der Dividend das Ergebnis einer vorherigen Rechnung ist und bereits im Hauptzählwerk steht. Für dieses Verfahren muss sich der Umschalthebel in der unteren Position befinden und das Umdrehungszählwerk gelöscht werden. Bei dem Abbauverfahren wird der Divisor so oft vom Dividenden abgezogen, bis das Hauptzählwerk 0 oder einen möglichst nach an 0 gelegenen Wert anzeigt. Der Quotient steht im Umdrehungszählwerk und gibt somit die Anzahl an subtraktiven Kurbeldrehungen an.

### Division mit Rest

Bei der Division mit Rest wird zunächst versucht eine Zahl im Hauptzählwerk zu erreichen, die möglichst nah am Dividenden liegt. Der Rest kann nach Beendigung der Division als Differenz zwischen dem Dividenden und der im Hauptzählwerk stehenden Zahl berechnet werden.

## Beispiel

Berechnung von  $729 : 32,4$  mit dem Aufbauverfahren:

Im Einstellwerk wird der Divisor 32,4 eingestellt und der Rundwagen an die 8. Position versetzt, um möglichst viele Ziffern des Quotienten zu erhalten. Durch additive Kurbeldrehungen wird im Hauptzählwerk eine Zahl, die möglichst nah am Dividenden 729 liegt, erzeugt. Anschließend wird der Rundwagen in die nächst niedrigere Position versetzt und erneut versucht, eine Zahl zu erzeugen, die möglichst nah an 729 liegt. Entsprechend wird der Rundwagen danach in die nächste Position versetzt, bis der Dividend im Hauptzählwerk steht oder der Rundwagen sich in der ersten Position befindet. Das Umdrehungszählwerk zeigt unter Berücksichtigung der Kommaregel den Quotienten 22,5 an.

## 3 Komplexe Rechnungen

### 3.1 Addition von Produkten

Berechnungen vom Typ  $(a_1 \times b_1 + a_2 \times b_2 + \dots + a_n \times b_n) - (c_1 \times d_1 + c_2 \times d_2 + \dots + c_m \times d_m)$  können alle nach dem gleichen Schema berechnet werden. Zunächst werden die Produkte  $a_i \times b_i$ ,  $i = 1, \dots, n$ , berechnet, ohne dabei das Hauptzählwerk zu löschen. Dazu wird zunächst  $a_1 \times b_1$  berechnet und danach das Umdrehungszählwerk gelöscht. Analog wird mit den restlichen  $a_i \times b_i$  für  $i = 2, \dots, n$  fortgefahren. Um nun die  $c_j \times d_j$ ,  $j = 1, \dots, m$ , abzuziehen, muss sich der Umschalthebel in die untere Position versetzt und die Kurbel hochgezogen werden. Das Produkt  $c_1 \times d_1$  wird berechnet und das Umdrehungszählwerk gelöscht. Analog wird mit den restlichen Produkten  $c_j \times d_j$  für  $j = 2, \dots, m$  fortgefahren. Das Endergebnis der Rechnung steht zum Schluss im Hauptzählwerk.

#### Beispiel

Berechnung von  $24,3 \times 217 - 9,6 \times 10,04 - 19,5 \times 3,45 + 7,81 \times 27$ :

Durch geeignete Umformungen lässt sich diese Summe als  $(24,3 \times 217 + 7,81 \times 27) - (9,6 \times 10,04 + 19,5 \times 3,45)$  darstellen. Zunächst wird das Produkt  $24,3 \times 217$  berechnet, danach  $7,81 \times 27$ . Nun muss der Umschalthebel in der unteren Position stehen und die Kurbel hochgezogen werden. Jetzt werden die Produkte  $9,6 \times 10,04$  und  $19,5 \times 3,45$  berechnet. Dabei ist darauf zu achten, dass nach jedem Produkt das Umdrehungszählwerk gelöscht wird. Die Endsumme lautet 5320,311.

### 3.2 Dreisatzrechnung

Berechnungen der Art  $p = \frac{a \times b}{c}$  können auf verschiedene Weise durchgeführt werden. Da die Curta II in den einzelnen Werken ausreichend Stellen umfasst, kann die Multiplikation und Division in vielen Fällen zeitgleich durchgeführt werden. Dazu müssen das Einstell- und das Hauptzählwerk durch Marken geteilt werden. Im linken Teil des Einstellwerkes wird der Nenner  $c$  und im rechten Teil o. B. d. A. der Faktor  $a$  eingestellt. Durch eine Aufbaudivision wird im linken Teil des Hauptzählwerkes der Faktor  $b$  entwickelt. Im rechten Teil des Hauptzählwerkes erscheint der Wert für  $p$  und im Umdrehungszählwerk  $\frac{a}{c}$ .

Beispiel:  $\frac{4 \times 28}{3} = \frac{112}{3} \approx 37,333$ .

### 3.3 Berechnung von Wurzeln

Zur Berechnung von Wurzeln können mehrere Verfahren angewendet werden. Zur Berechnung der zweiten Wurzel kann das Verfahren nach Töpler verwendet werden. Eine zweite Möglichkeit bildet das Verfahren nach Herrmann, das für die Berechnung der  $n$ -ten Wurzel verallgemeinert werden kann.

Um nun  $\sqrt[n]{R}$  zu berechnen, wird eine Näherungslösung  $N$  benötigt. Ausgehend von dieser Näherung wird durch das Heron-Verfahren ein verbesserter Wert  $N_1 = N + d$  mit  $d = \frac{R - N^n}{nN^{n-1}}$  berechnet. Es gilt  $N_1 \geq \sqrt[n]{R}$  mit dem Fehler  $r \approx \frac{(n-1)d^2}{2N}$ . Ist  $N \leq \sqrt[n]{R}$ , so gilt die Abschätzung  $N_1 - r < \sqrt[n]{R} < N_1$ . Um nun die neue Näherung  $N_1$  zu erhalten, wird eine Aufbaudivision auf  $R - N^n$  durchgeführt. Der Wert  $N_1$  erscheint dabei im Umdrehungszählwerk. Bei wiederholter Anwendung des Verfahrens kann ein entsprechend genauer Näherungswert für den Wert der Wurzel  $\sqrt[n]{R}$  berechnet werden. Dabei konvergiert die Lösung des Verfahrens gegen den tatsächlichen Wert  $\sqrt[n]{R}$ . Verwendet man statt  $N_1$  die Näherungslösung  $N_1 - r$ , lässt sich das Verfahren in den meisten Fällen abkürzen.



## Berechnung mit der Curta II

Zu Beginn wird der Näherungswert  $N$  im Einstellwerk eingestellt und im Umdrehungszählwerk aufgebaut. Dadurch zeigt das Hauptzählwerk den Wert für  $N^2$  an. Dieser Wert  $N^2$  wird ins Einstellwerk übernommen und das Umdrehungs- und das Hauptzählwerk werden gelöscht. Dieses Vorgehen wird wiederholt, bis sich im Hauptzählwerk der Wert  $N^{n-1}$  befindet (insgesamt  $(n-1)$ -mal). Der Wert  $N^{n-1}$  wird in das Einstellwerk übernommen und im Umdrehungszählwerk der Wert  $n$  aufgebaut. Das Hauptzählwerk zeigt nun den Wert  $nN^{n-1}$ , der notiert werden muss. Anschließend wird ohne Veränderung des Einstellwerkes der Wert von  $N$  im Umdrehungszählwerk aufgebaut. Das Hauptzählwerk zeigt den Wert für  $N^n$  an. Der notierte Wert  $nN^{n-1}$  wird nun im Einstellwerk eingestellt und es werden so lange Kurbeldrehungen durchgeführt, bis das Hauptzählwerk den Wert  $R$  anzeigt. Der neue Näherungswert  $N_1$  kann vom Umdrehungszählwerk abgelesen werden.

### Beispiel

Berechnung von  $\sqrt[3]{786}$ :

Ein Näherungswert für  $\sqrt[3]{786}$  ist  $N = 9$ . Der Wert für  $N$  wird im Einstellwerk eingestellt und im Umdrehungszählwerk aufgebaut. Es ergibt sich  $N^2 = 81$ . Nun werden das Umdrehungs- und das Hauptzählwerk gelöscht und der Wert  $N^2 = 81$  in das Einstellwerk übernommen. Im Umdrehungszählwerk wird der Wert  $n = 3$  aufgebaut, wodurch sich  $nN^2 = 3 \times 9^2 = 243$  ergibt. Durch das Aufbauen von  $N$  im Umdrehungszählwerk zeigt das Hauptzählwerk  $N^3 = 729$ . Abschließend wird  $nN^2 = 243$  im Einstellwerk eingestellt und der Wert  $R = 786$  im Hauptzählwerk aufgebaut. Das Umdrehungszählwerk zeigt die neue Näherungslösung  $N_1 = 9,2346$ .

## 3.4 Berechnung von Polynomen

Zur Berechnung von Polynomen mit der Curta wird das Horner-Schema verwendet. Sei  $p(x)$  ein Polynom vom Grad  $n$  der Form  $p(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0$ . Nun wird  $x$  so weit wie möglich ausgeklammert  $p(x) = (a_n x^{n-1} + a_{n-1} x^{n-2} + \dots + a_2 x + a_1)x + a_0$ . Das Polynom in der Klammer besitzt einen Grad von  $n-1$  und es kann erneut  $x$  ausgeklammert werden. Nach wiederholter Anwendung ergibt sich  $p(x) = (\dots (a_n x + a_{n-1})x + \dots + a_2)x + a_1)x + a_0$ .

Damit das Hauptzählwerk nicht in jedem Schritt gelöscht werden muss, wird im Einstellwerk  $|x-1|$  statt  $|x|$  eingestellt. Um auch  $|x-1|$  nicht in jedem Schritt neu einzustellen, wird dieser Wert an den höchsten Stellen des Einstellwerks eingestellt. Bei der Curta werden die vordersten Ziffern bei einer Kurbeldrehung nicht ins Hauptzählwerk übernommen.

Bei der Berechnung von Polynomen müssen zwei Regeln beachtet werden. Zum einen muss eine subtraktive Kurbeldrehung durchgeführt werden, wenn der entsprechende Koeffizient negativ ist und falls der Wert  $x-1$  negativ ist, so muss der Umschalthebel in die untere Position gestellt werden.

### Berechnung mit der Curta II

Der Umschalthebel befindet sich in der oberen Position, falls  $x-1 \geq 0$  oder in der unteren Position, falls  $x-1 < 0$ . Der Wert von  $|x-1|$  wird nun an den höchsten Stellen des Einstellwerkes und der Koeffizient  $a_n$  wird an den niedrigsten Stellen eingestellt. Durch eine additive Kurbeldrehung wird  $a_n$  in das Hauptzählwerk übernommen. Danach das Umdrehungszählwerk und den Wert des Koeffizienten  $a_n$  aus dem Einstellwerk löschen. Der Wert  $a_n$  wird im Umdrehungszählwerk aufgebaut, wodurch das Hauptzählwerk den Wert  $a_n x$  anzeigt. Im nächsten Schritt wird  $a_{n-1}$  im Einstellwerk eingestellt und durch eine additive Kurbeldrehung

im Hauptzählwerk hinzuaddiert. Dieses zeigt nun  $a_n x + a_{n-1}$ . Danach das Umdrehungszählwerk und den Wert des Koeffizienten  $a_{n-1}$  aus dem Einstellwerk löschen. Im Umdrehungszählwerk muss nun der Wert  $a_n x + a_{n-1}$  aufgebaut werden. Das Hauptzählwerk zeigt dann den Wert für  $(a_n x + a_{n-1})x$  an. Dieses Vorgehen wird nun für jeden Koeffizienten  $a_j$  wiederholt, wobei das Hauptzählwerk nicht gelöscht wird.

### Beispiel

Berechnung von  $p(x) = 0,025x^3 + 0,051x^2 - 3,12x - 12,75$  für  $x = 12$ :

Der Wert  $|x - 1| = 11$  und der Koeffizient  $a_3 = 0,025$  werden im Einstellwerk eingestellt. Durch eine additive Kurbeldrehung wird  $a_3 = 0,025$  in das Hauptzählwerk übernommen. Das Umdrehungszählwerk wird gelöscht und der Wert für  $a_3$  im Einstellwerk auf 0 gesetzt. Der Wert von  $a_3 = 0,025$  wird im Umdrehungszählwerk aufgebaut. Dieses Verfahren wird für die restlichen Koeffizienten durchgeführt, wobei für  $a_1 = -3,12$  und  $a_0 = -12,75$  jeweils subtraktive Drehungen durchgeführt werden müssen. Abschließend steht im Hauptzählwerk der Wert 0,354.

## 3.5 Berechnung von Potenzreihen

Es sei  $s = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots + a_n x^n + a_{n+1} x^{n+1}$  eine Potenzreihe, deren Summe für ein bestimmtes  $x$  berechnet werden soll. Aus den Koeffizienten der Reihe werden zunächst die Quotienten  $z_j = \frac{a_j}{a_{j+1}}$ ,  $j = 0, \dots, n$ , gebildet. Die Teilsummen  $s_n$  können dadurch, wie folgt, berechnet werden:

$$s_0 = a_0,$$

$$s_1 = a_0 + a_1 x = s_0 + \frac{a_0 x}{z_0} = s_0 + \frac{s_0 x}{z_0},$$

$$s_2 = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 = s_1 + \frac{a_1 x}{z_1} x = s_1 + \frac{(s_1 - s_0)x}{z_1},$$

$\dots,$

$$s_{n+1} = a_0 + \dots + a_n x^n + a_{n+1} x^{n+1} = s_n + \frac{(s_n - s_{n-1})x}{z_n}.$$

Die Teilsumme  $s_{i+1}$  wird aus der bereits bekannten Summe  $s_i$  und einem Glied der Form  $\frac{(s_i - s_{i-1})x}{z_i}$  gebildet. Das Glied  $\frac{(s_i - s_{i-1})x}{z_i} = \frac{pb}{q}$  wird nach der Dreisatzrechnung ermittelt (vgl. Abschnitt 3.2). Dazu wird  $s_i$  im linken Teil des Hauptzählwerkes und  $s_{i-1}$  im rechten Teil berechnet.

### Berechnung mit der Curta II

Der erste Koeffizient  $a_0$  wird im linken Teil des Einstellwerk eingestellt und durch eine additive Drehung in das Hauptzählwerk übertragen. Nun wird im linken Teil des Einstellwerkes  $x$  und im rechten Teil  $z_0$  eingestellt. Durch additive Kurbeldrehungen wird  $a_0$  im rechten Teil des Hauptzählwerkes aufgebaut. Der linke Teil zeigt die Teilsumme  $s_1$  an, welche notiert werden muss. Im Einstellwerk wird  $z_0$  zu  $z_1$  geändert und im im rechten Teil des Hauptzählwerkes  $s_1$  aufgebaut. Der linke Teil zeigt den Wert für  $s_2$  an, welcher wieder notiert werden muss. Durch wiederholte Anwendung wird die Summe  $s$  näherungsweise berechnet.

### Beispiel

Berechnung von  $e^{0,69}$ :

Die Reihe für  $e^x$  lautet  $e^x = 1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \dots$ . Es gilt:  $z_0 = 1$ ,  $z_1 = 2$ ,  $z_2 = 3, \dots$

Der Wert  $x = 0.69$  wird im linken Teil des Einstellwerkes eingestellt und  $z_0 = 1$  im rechten Teil. Durch additive Kurbeldrehungen wird  $a_0 = 1$  im Hauptzählwerk aufgebaut. Der linke Teil zeigt die Summe  $s_1 = a_0 + a_1 x = 1 + 1 \times 0,69 = 1,69$ . Der Wert  $z_0$  wird zu  $z_1$  geändert und  $s_1 = 1,69$

im Hauptzählwerk aufgebaut. Es ergibt sich  $s_2 = a_0 + a_1x + a_2x^2 = 1 + 1 \times 0,69 + \frac{1}{2} \times 0,69^2 = 1,92805$ . Nach der dritten Iteration erhält man den Näherungswert für  $e^{0,69} \approx s_3 = 1,9828015$ .

## 4 Literatur- und Quellenverzeichnis

### Literatur

- [1] Contina AG.: Gebrauchsanweisung für die Curta; Vaduz / Fürstentum Liechtenstein: 2003.
- [2] Contina AG.: kurze Bedienungsanleitung zur Curta Rechenmaschine; Vaduz / Fürstentum Liechtenstein: 2001.
- [3] Schilt, H.: Programme für die Berechnung von Wurzeln, Polynomen und Potenzreihen mit Handrechenmaschinen; Schweizerische Bauzeitung; Sonderdruck aus dem 76. Jahrgang, Heft 21, 24. Mai 1958; Biel: 1958.
- [4] Schuppar, B.: Elementare Numerische Mathematik - Eine problemorientierte Einführung für Lehrer und Studierende; Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH; Braunschweig / Wiesbaden: 1999; S. 51-52.

### Internetquellen

- [5] Meyer, J.: Curt Herzstark und die Curta (2003), URL: <http://www.curta.de/> (Stand: 18.04.2016)
- [6] Meyer, J.: Curta Simulator (2008), URL: [http://www.curta.de/kr34/curta\\_simulator.htm](http://www.curta.de/kr34/curta_simulator.htm)
- [7] Curta (2016), URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Curta> (Stand: 18.04.2016)