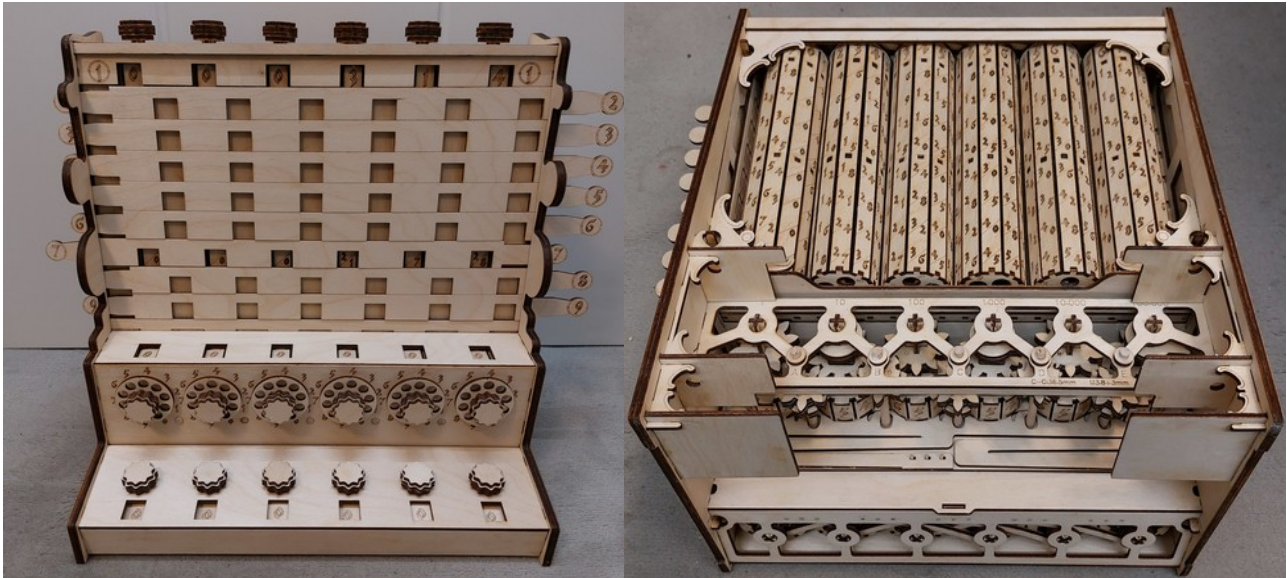


Die Rechenmaschine von Wilhelm Schickard 1623

- Bedienungsanleitung -

1. Aufbau der Maschine

Die Maschine besteht aus drei voneinander unabhängigen Funktionseinheiten, dem Multiplizierwerk, dem Addierwerk und dem Speicherwerk. Wenn man diese beim Rechnen geschickt miteinander kombiniert, kann die Maschine mit bis zu sechsstelligen Zahlen alle vier Grundrechenarten ausführen.



Das Multiplizierwerk (oben) basiert auf den Napierschen Rechenstäbchen¹, die das kleine Einmaleins in Form von Tabellen auf Holzstäbchen enthalten. In diesen Napier-Tabellen sind die Zehnerstellen durch einen Schrägstrich / getrennt von den Einerstellen geschrieben. Für die Berechnung des Produktes **357** x **7** legte Napier (1617) dann einfach die Stäbchen mit den Tabellen für 3, 5 und 7 nebeneinander und summierte für jede Ziffer in Zeile 7 die Produkte, wobei er immer die Zehner in die Stelle links daneben summierte. Es müssen also nur Ziffern auf den Napier-Stäbchen abgelesen und addiert werden. Das Einmaleins muss man nicht kennen. Schickard hat nun die 10 Napier-Tabellen des kleinen Einmaleins auf sechs nebeneinander angebrachte Trommeln geschrieben, auf denen man die gewünschten Ziffern des ersten Faktors nach vorne dreht und dann mit dem Schieber in der Zeile des zweiten Faktors den Blick auf die Zwischenergebnisse freigibt.

		3	5	7
1		0/3	0/5	0/7
2		0/6	1/0	1/4
3		0/9	1/5	2/1
4		1/2	2/0	2/8
5		1/5	2/5	3/5
6		1/8	3/0	4/2
7		2/1	3/5	4/9
8		2/4	4/0	5/6
9		2/7	4/5	6/3
R	2	1+3	5+4	9
E	2	4	9	9

Das Addierwerk (in der Mitte) kann nun zum Summieren der Ziffern des Zwischenergebnisses bei der Multiplikation oder eben einfach auch nur zur Addition oder Subtraktion zweier Zahlen benutzt werden. Es besteht aus sechs Wellen mit Zahnrädern und den Zifferntrommeln, die bei der Eingabe einer Zahl mit einer Art Wählscheibe gedreht werden und dabei die Zahlen addieren. Die mechanische Herausforderung ist es, dafür zu sorgen, dass immer nach einer vollständigen Drehung einer Trommel ein Zehnerübertrag in die nebenliegende

¹ Napiersche Rechenstäbchen, siehe https://de.wikipedia.org/wiki/Napiersche_Rechenstäbchen


höhere Stelle erfolgt. Dies wird mit fünf weiteren Wellen mit Zahnrädern und einem Übertragungszahn für den Zehner realisiert.

Das Speicherwerk (unten) besteht aus sechs Ziffernscheiben, die einzeln gedreht werden können, so dass man sich bis zu sechsstelligen Zahlen (z.B. Eingabewerte, Zwischenergebnisse) merken kann.

2. Rechnen mit den vier Grundrechenarten

Addieren (1. Summand + 2. Summand = Summe)

$$245 + 183 = 428$$

- Der 1. Summand wird in das Addierwerk Ziffer für Ziffer rechtsbündig eingegeben. Dafür kann man für jede Ziffer den Einstellstift in das mit der Ziffer bezeichnete Loch im Eingaberad stecken und eine Rechts drehung bis zum Anschlag bei 0 ausführen. Einfacher ist es, das Rad mit der Hand zu drehen und dabei die Schritte mitzuzählen. → Der 1. Summand wird in den Ziffernfenstern angezeigt.	000245
- Der 2. Summand wird darunter rechtsbündig Ziffer für Ziffer in den Speicher eingedreht.	000183
- Aus dem Speicher werden die Ziffern wie beim schriftliche Addieren rechts beginnend Stelle für Stelle mit Rechtsdrehungen vom Speicher in die darüber liegenden Fenster des Addierwerks übertragen und dabei incl. automatischem Zehnerübertrag addiert ² (beachte die ). Die Räder können mit dem Stift oder besser per Hand gedreht werden (s.o.). → Die Summe wird in den Ziffernfenstern angezeigt.	¹ 000428

Subtrahieren (Minuend - Subtrahend = Differenz)

$$531 - 318 = 213$$

Wenn der **Minuend größer** ist **als** der **Subtrahend**, dann

- wird der Minuend in das Addierwerk Ziffer für Ziffer mit Rechtsdrehungen rechtsbündig eingegeben (siehe Addition). → Der Minuend wird in den Ziffernfenstern angezeigt.	000531
- Der Subtrahend wird darunter Ziffer für Ziffer rechtsbündig in das Speicher eingedreht.	000318
- Aus dem Speicher werden die Ziffern rechts beginnend Stelle für Stelle mit Links drehungen in die darüber liegenden Fenster des Addierwerks übertragen (wie beim schriftlichen Subtrahieren) und dabei subtrahiert ² . Das muss per Hand erfolgen, wobei die Schritte wieder gezählt werden. → Die Differenz wird in den Ziffernfenstern angezeigt.	000213

Wenn der **Minuend kleiner** ist **als** der **Subtrahend**, dann beachte, dass gilt $318 - 531 = - (-318 + 531) = - (531 - 318) = - (213) = -213$. Also muss man Subtrahend und Minuend vertauschen und bei der Differenz das Vorzeichen wechseln.

² Wenn's beim Zehnerübertrag hakt, muss man an der Zehnerstelle vorsichtig nachhelfen.

Multiplizieren (1. Faktor x 2. Faktor = Produkt)

$318 \times 46 = 1272$

Das Multiplizieren läuft auf der Maschine nach dem gleichen Schema wie die schriftliche Multiplikation. Zuerst wird der erste Faktor mit dem Einer des zweiten Faktors multipliziert und dann folgen die höheren Ziffern des zweiten Faktors, deren Produkte um den Stellenwert der Ziffern nach links verschoben notiert werden. Anschließend wird die Summe berechnet. Mit der Maschine müssen die Teilprodukte nicht berechnet werden, sondern können von den Walzen des Multiplizierwerks ablesen werden. Und für die Additionen ist dann das Addierwerk zuständig.

318×46
1908
1272
14628

- Alle Schieber stehen rechts, so dass die Fenster des Multiplizierwerks geschlossen sind.	
- Der 1. Faktor wird mit den Knöpfen oben auf der Maschine rechtsbündig eingegeben. → Der 1. Faktor wird in den Ziffernfenstern in Zeile 1 angezeigt.	000318
- Der zweite Faktor wird rechtsbündig in das Speicherwerk eingeben. → Der 2. Faktor wird in den Ziffernfenstern angezeigt.	000046
- Der 1. Faktor wird mit der Einerstelle des 2. Faktors multipliziert, also im Beispiel mit der Ziffer 6. Deshalb wird der Schieber 6 nach links geschoben. → Die Fenster zeigen die 6-fachen der Ziffern von Zeile 1 an.	1/8 0/6 4/8
- Nun werden mit dem Addierwerk die Summen wie oben mit den Napierstäbchen nacheinander aus Einerstellen und Überträgen der vorhergehenden Stelle bestimmt. → Die Fenster des Addierwerks zeigen das Produkt des 1. Faktors mit der Einerstelle des 2. Faktors $318 \times 6 =$	<div style="text-align: right;"> $\begin{array}{r} 4/8 \\ 0/6 \\ 1/8 \\ \hline 1 \end{array}$ </div> <div style="text-align: right;">0 0 1 9 0 8</div>
- Mit Schieber 6 werden die Fenster wieder geschlossen.	
- Der 1. Faktor wird nun mit dem Zehner des 2. Faktors multipliziert, im Beispiel also mit 4. Deshalb wird der Schieber 4 nach links geschoben. → Die Fenster zeigen die 4-fachen der Ziffern von Zeile 1 an.	1/2 0/4 3/2
- Das Produkt mit der Einerstelle steht schon im Addierwerk. Die Teilprodukte mit der <u>Zehner</u> stelle haben jeweils den 10-fachen Wert, müssen also um eine Stelle nach links verschoben in das Addierwerk gebracht werden. (Der Einer des Teilproduktes steht dann über dem <u>Zehner</u> im Speicher.) → In den Fenstern des Addierwerks wird die Summe aus dem Zwischenergebnis und dem Produkt des 1. Faktors mit dem Zehner des 2. Faktors angezeigt. $12720 + 318 \times 6 =$	<div style="text-align: right;"> $\begin{array}{r} 3/2 \\ 0/4 \\ 1/2 \\ \hline 1 \end{array}$ </div> <div style="text-align: right;">0 1 4 6 2 8</div>

Wenn der zweite Faktor drei- oder mehrstellig ist, müssen die Teilprodukte um entsprechend mehr Stellen nach links geschoben werden.

Dividieren Dividend : Divisor = Quotient

$296 : 8 = 37$

Die Division läuft mit der Maschine so wie die schriftliche Division. Man beginnt, indem man vom Dividenden von links so viele Ziffern nimmt, dass die Zahl daraus größer ist als der Divisor. Im Beispiel ist die 2 dafür zu klein, also muss man noch die 9 dazu nehmen. Die erste Stelle des Quotienten findet man, indem man die Vielfachen des Divisors durchgeht und das größte auswählt, das noch nicht größer als der Teil des Dividenden ist. Man findet also $3 \times 8 = 24$ und notiert als erste Stelle des Quotienten eine 3. Dann wird die Differenz $29 - 24 = 5$ bestimmt und zum Rest die nächste Stelle des Divisors dazu genommen, also 56. Es wird wieder nach Vielfachen von 8 gesucht: $7 \times 8 = 56$. Die 7 wird notiert, wieder wird die Differenz bestimmt. Sie ist 0. Damit ist die Rechnung abgeschlossen.

$$\begin{array}{r} 296:8=37 \\ \underline{24} \\ 56 \\ \underline{56} \\ 0 \end{array}$$

- Der Dividend wird linksbündig in das Addierwerk eingetragen. → In den Ziffernfenstern wird angezeigt:	Addierer 2 9 6 0 0 0
- Der Divisor wird linksbündig in das Multiplizierwerk eingetragen. → Die Ziffernfenstern in Zeile 1 zeigen:	Mutiplizierer 8 0 0 0 0 0
- Da im Beispiel der Divisor größer ist als die erste Ziffer am Anfang des Dividenden, wird die zweite Ziffer dazugenommen für $29 : 8$.	Addierer aktueller Teil 2 9
- Die Schieber des Multiplizierwerks werden nacheinander kurz nach links geschoben, um die Vielfachen von 8 zu sehen und das größte Produkt zu finden, das noch nicht größer ist als der aktuelle Teil des Dividenden. Die 29 liegt zwischen 24 und 32 in der Tabelle. Also ist 24 das gesuchte Produkt. Die 24 steht auf Schieber 3. Somit ist die 3 die erste Stelle des Quotienten. Sie kommt linksbündig in den Speicher.	Speicher 3 0 0 0 0 0
- Von der 29 im Addierwerk wird die 24 abgezogen und man erhält die 5. Dies ist der Rest, der noch zu teilen ist	Addierer 0 5 6 0 0 0
- Die dritte Stelle wird dazu genommen. Die Suche nach dem geeigneten Vielfachen von 8 (s.o.) ergibt die 56 auf Schieber 7. Die 7 ist die nächste Stelle des Quotienten, die in den Speicher kommt.	Speicher 3 7 0 0 0 0
- Von der 56 im Addierwerk wird die 56 abgezogen und man erhält 0. Es bleibt kein Rest. 37 ist also der gesuchte Quotient.	

Kommaschieber hat Napier an seiner Maschine noch nicht vorgesehen. Die Position des Kommas muss man sich merken. Wenn die Division nicht, wie im Beispiel gezeigt, aufgeht, können nach dem beschriebenen Verfahren auch noch Nachkommastellen bestimmt werden bis die Kapazität der Maschine erschöpft ist. Wenn der Divisor mehrstellig ist, klappt das Verfahren auch. Auch hier kann man den Rest noch weiter teilen und weitere Dezimalstellen.

$$\begin{array}{r} 1788 : 48 = 37,25 \\ \underline{144} \\ 348 \\ \underline{336} \\ 120 \\ \underline{96} \\ 240 \\ \underline{240} \\ 0 \end{array}$$

Beispiel: $1788 : 48 = 37,25$

- Der Dividend wird linksbündig in das Addierwerk eingetragen. → In den Ziffernfenstern wird angezeigt:	Addierer 1 7 8 8 0 0
- Der Divisor wird linksbündig in das Multiplizierwerk eingetragen. → Die Ziffernfenstern in Zeile 1 zeigen:	Multiplizierer 4 8 0 0 0 0
- Die ersten drei Stellen des Dividenden sind zusammen größer als der Divisor.	Aktueller Teil 1 7 8
- Mit den Schiebern werden die Vielfachen von 48 durchsucht. Auf Schieber 3 findet man $1/2$ $2/4$, also 144. In den Speicher kommt also 3.	Speicher 3 0 0 0 0 0
- Im Addierer wird von 178 die 144 abgezogen.	Addierer 0 3 4 8 0 0
- Nun werden mit den Schiebern die Vielfachen von 48 durchsucht. Auf Schieber 7 findet man $2/8$ $5/6$, also 336. In den Speicher kommt also 7 dazu.	Speicher 3 7 0 0 0 0
- Im Addierer wird von 348 die 336 abgezogen. Es bleibt ein Rest von 12, der aber weiter geteilt werden kann, um Dezimalstellen zu berechnen. Im Speicher muss nach der 2 ein Komma gedacht werden. An den aktuellen Teil wird eine 0 angefügt.	Addierer 0 0 1 2 0 0 Aktueller Teil 1 2 0
- Mit den Schiebern werden die Vielfachen von 48 durchsucht. Auf Schieber 2 findet man $0/8$ $1/6$, also 96. In den Speicher kommt also 2 hinter das gedachte Komma.	Speicher 3 7, 2 0 0 0
- Im Addierer wird von 120 die 96 abgezogen. An die Differenz wird wieder eine 0 angefügt. So erhält man 240.	Addierer 0 0 2 4 0 0
- Mit den Schiebern werden die Vielfachen von 48 durchsucht. Auf Schieber 5 findet man $2/0$ $4/0$, also 240. Im Speicher wird also eine 5 angefügt.	Speicher 3 7, 2 5 0 0
- Im Addierwerk wird 240 von 240 abgezogen. Der Rest ist 0. Es gibt keine weiteren Nachkommastellen.	Addierer 0 0 0 0 0 0

Wenn man sich beim Suchen nach den Vielfachen vertut und z.B. einen zu großen Wert annimmt, wird der Rest bei der anschließenden Bildung der Differenz negativ. Die erste Stelle des Addierer geht über 0 nach 9. Nimmt man einen zu kleinen Wert, dann ist der Rest immer noch größer als der Divisor.

3. Weitere Anleitungen und Literatur im Internet

Dort gibt es gibt viele weitere Anleitungen zur Bedienung der Schickard-Maschine zu finden. Es lohnt sich zu suchen mit / bei

- *schickard jens puhle*
- https://www.boelter.rechnerlexikon.de/_Schickard/Schickard.pdf
- <https://mathematikalpha.de/schickardsche-rechenmaschine>
- https://www.boelter.rechnerlexikon.de/_Schickard/Sch_start1.html
- *schickard bedienung* oder andere passend Suchworte

So! Und nun viel Spaß beim Rechnen.

