Stephan Weiss

Notizen zur Rekonstruktion der Arithmetischen Maschine von Pereire 1751

Bearbeitungsstand 16. März 2008

Nachdem die originale Beschreibung der Arithmetischen Maschine von Jacob-Isaac Pereire (1715 – 1780) und ihre Übersetzung[1] in Deutsch zur Verfügung stehen liegt die Idee nahe, diese Maschine nach Aussehen und Funktion zu rekonstruieren. Bilder der Maschine, andere Nachbauten oder Originale sind mir nicht bekannt. Im Folgenden werden Überlegungen und Feststellungen hierzu nach Durchsicht der Texte wiedergegeben.
Diskussionsbeiträge seitens der Leser sind erwünscht.

Der Autor der Beschreibung der Arithmetischen Maschine nimmt Bezug auf den Addierer[2] von Claude Perrault (1613-1688), von dessen Addierer ebenfalls Beschreibungen[3] existieren. Er schreibt

---

1 Die Arithmetische Maschine von Pereire 1751 in
Journal des Sçavans, Paris 1751, S. 507ff,
sowie bei
http://www.ami19.org/17-18thCentury/1750Pereire.pdf (Druckansicht),
http://www.ami19.org/17-18thCentury/1750Pereire.html (Abschrift),
Deutsche Übersetzung von Wolfgang Irler (10. 3. 2008) bei
http://www.rechnerlexikon.de/artikel/Die_Arithmetische_Maschine_von_Pereire_1751
Zu Biografie von Pereire s. http://www.ami19.org/17-18thCentury/BiographiePereire.doc

2 Additionneur de Perrault (Inv. 00800-0000-), Musée des Arts et Métiers, Paris.
Dieses Gerät wird im Original auch *abaque rabdologique* genannt, weil es mit Stäben arbeitet (gebildet aus Rabdos, richtiger transliteriert Rhabdos, griech. = Rute, Stäbchen, Stab).
Mit dem System der Rechenstäbe von Neper (John Napier) haben beide Geräte weder im Aufbau noch in der Funktion etwas zu tun.

3 Machines et inventions approuvées par l'Académie royale des sciences, Paris 1699, T. 1, S. 55ff
http://www.ami19.org/17-18thCentury/1700Perrault.pdf (Druckansicht), sowie in
Bischoff, Johann Paul: Versuch einer Geschichte der Rechenmaschine. Ansbach 1804, Hrsg. Stephan Weiss, Systhema Verlag München 1990, S. 60ff.

> „Anstatt die beiden Ziffernspalten jedes Stabes übereinander anzuordnen, hätte Perrault sie Seite an Seite und eine etwas höher als die andere anbringen können, um sodann die oberen und unteren Fenster, in denen die Ziffern abzulesen sind, entsprechend anzulegen. Damit hätte der Abakus nicht mehr eine solche Länge gebraucht. Die Maschine von Herrn Pereire folgt dieser Idee, ist aber noch einfallsreicher...“

Wegen dieses Rückbezugs ist die Kenntnis des Addierers von Perrault unbedingte Voraussetzung für das Verständnis und für eine Rekonstruktion der Maschine von Pereire. Der Addierer ist in Anhang 2 abgebildet.

Die Zählscheiben

An Stelle von geraden Schiebern verwendet Pereire Scheiben (Räder), die auf ihrem Umfang beschriftet und drehbar auf einer gemeinsamen Achse gelagert sind. Zehn Scheiben bilden miteinander einen Zylinder von 3 Daumen[4] (ca. 80 mm) Länge und 18 Linien (ca. 40 mm) Duchmesser. Vierzig Millimeter Durchmesser ergeben 125 mm Umfang. Erstaunlich ist hier wie auch bei manchen anderen Rechenhilfen aus diesem Zeitraum ihre Kleinheit. Wenn 10 Scheiben nebeneinander einschliesslich ihrer Zwischenräume 80 mm lang sind, dann bleiben für eine Scheibe nur noch ca. 4 mm Dicke.

Die senkrechten Zahlenspalten für Addition und Subtraktion bei Perrault werden versetzt gegeneinander und dreimal hintereinander am Umfang einer Scheibe angebracht (vgl. Anhang 1). Beim Drehen einer Scheibe erscheinen nacheinander immer wieder die gleichen Zahlenfolgen, eine Begrenzung der Bewegung wie bei geraden Stäbe wird vermieden. Der Versatz der Zahlenfolgen bringt die Ableseöffnungen für Addition und Subtraktion näher zueinander.
Zusätzlich zu den Scheiben für 1 *livre* bis 1000000 *livre* gibt es noch Scheiben für die kleineren Währungseinheiten[5] *denier* und *sol*. Über ihre Beschriftung wird nichts ausgesagt, man muss jedoch wegen der gleichartigen Bedienung wie bei *livre* annehmen, dass sie ebenso wie diese in zweimal drei Spalten geteilt sind. Sie unterscheiden sich im Wertebereich: die Zahlenfolgen für *denier* reichen bis 11, die für *sol* bis 19.
Man beachte die geringe Grösse der Zahlenfolgen, wenn sie aufgetragen sind: für *sol* müssen auf einem Umfang der Scheibe von 125 mm 3 * 20 = 60 Zahlen aufgetragen werden.

Zusätzlich gibt es noch eine Scheibe für Brüche mit der frei angenommenen Bezeichnung *fraction*. Das Rechenbeispiel nennt Brüche mit den Nennern 3, 4, 6, 8, 12

---

4 1 Daumen = 12 Linien, 144 Linien ≈ 325 mm.

5 Vor 1794 gilt für die Währungseinheiten 12 denier = 1 sol, 20 sol = 1 livre.

und 24. Deren kleinstes Vielfaches ist 24. Das bedeutet, dass die Zahlenfolge für Addition oder Subtraktion der Brüche auf 1/24 aufbaut (vgl. Anhang 1). Da die Zahlenfolge der Brüche nicht mehrFelder besitzt als die bei *livre* muss man annehmen, dass sie ebenfalls 3 mal hintereinander aufgetragen war.

Die Anordnung der 10 Scheiben nebeneinander lautet

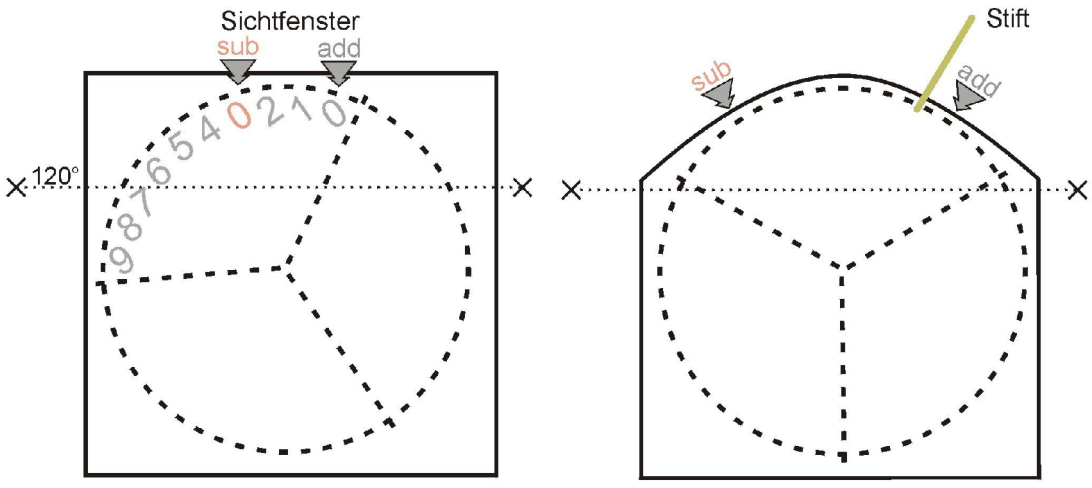
1000000 livre	... ...	10 livre	1 livre	sol	denier	fraction

Die Scheibe der Brüche muss ganz rechts stehen, andernfalls wird die Kontinuität der Vervielfachung von rechts nach links unterbrochen. Der ganzzahlige Anteil einer Summe von Brüchen kann auch an der Scheibe für *denier* abgelesen werden.

Wie am Addierer von Perreire befindet sich neben jeder Zahl auf einer Scheibe eine kleine Öffnung. Dort hinein wird ein Stift gesetzt und nach unten gezogen. Der Stift wird in einer länglichen Führung mit setlichen Markierungen geführt. Die Markierungen geben an, wo der Stift einzustecken ist, damit diese Zahl auf der Scheibe addiert bzw. subtrahiert wird. Diese Markierungen umfassen den Wertebereich ihrer Scheibe, also 0 bis 9, 0 bis 11 oder 0 bis 19, die Markierungen neben der Scheibe der Brüche sind nicht bekannt.

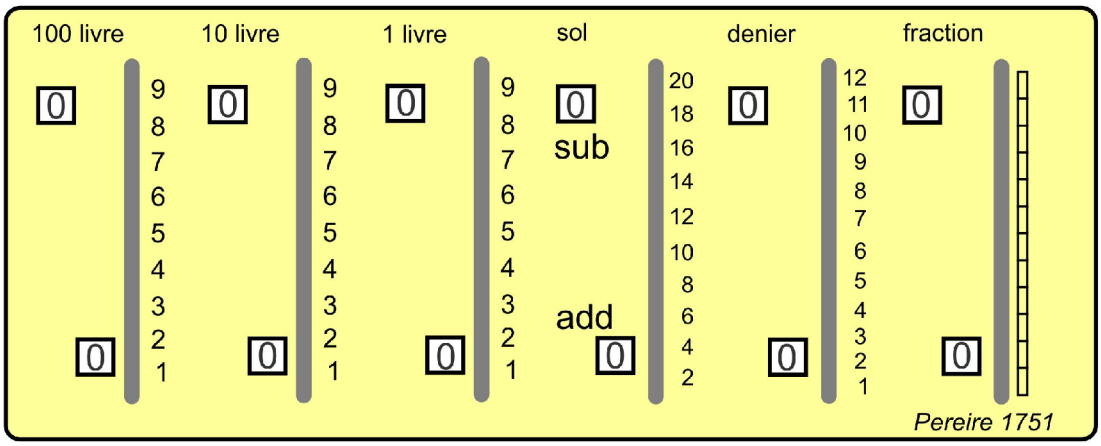
Der Kasten

Das Paket aller Scheiben ist in einen Kasten eingebaut, der oben geschlossen ist. Über jeder Scheibe stehen zwei Öffnungen, die die Ziffern der Ergebnisse für Addition und Subtraktion anzeigen. Daneben liegt die längliche Führung, in die der Stift gesteckt wird.



Das Bild oben zeigt einen Querschnitt durch den Kasten und die Grössenverhältnisse des Kastens in Bezug auf die Scheiben.
Die Scheiben sind hier wegen der drei Zahlenfolgen, die aufgetragen sind, in drei Sektoren geteilt. Die mit x—x markierte Linie kennzeichnet jene Ebene, über der ein Drittel des Scheibenumfangs liegt.
Die linke Skizze zeigt eine ebene Abdeckung des Kastens. Die beiden Öffnungen zum Ablesen der Ziffern müssen eng nebeneinander liegen, andernfalls sind die Ziffern schlecht ablesbar, weil sie nach schräg unten in den Kasten zeigen.
Die Führung des Stiftes muss einen Bogen von 120° überdecken. Mit einem Ausschnitt in einer geraden Abdeckung ist dies schwer möglich. Zudem ist eine Zuordnung der Beschriftung neben der Führung zu den Öffnungen in der Scheibe unmöglich.
Die rechte Skizze zeigt den gleichen Kasten mit einer gekrümmten Abdeckung. Hier können die Öffnungen zum Ablesen der Ziffern auch weiter voneinander entfernt platziert werden, die Ziffern bleiben trotzdem gut sichtbar. Ebenso behält die Führung des Stiftes über die ganze Länge des Bogens ihre Wirkung und die Zuordnung der Beschriftung zu den Öffnungen ist möglich. Aus diesen Feststellungen ergibt sich die Schlussfolgerung, dass die Abdeckung des Kastens gewölbt gewesen sein muss.

Das Bild unten stellt den Kasten des Addierers dar, wie er annähernd ausgesehen haben kann. Seine Grösse stimmt nicht mit der Beschreibung überein und die Proportionen der Bauelemente zueinander werden mit Sicherheit andere gewesen sein. Deswegen ist auch in der Skizze die ursprüngliche Zahl der Stellen von 10 auf 6 reduziert. Es fehlen die 4 Stellen für 1000 *livre* bis 1000000 *livre*, die nach links folgen müssten. Auch ist die Anordnung und die Ausführung der Beschriftung unbekannt und deshalb hier frei angenommen.

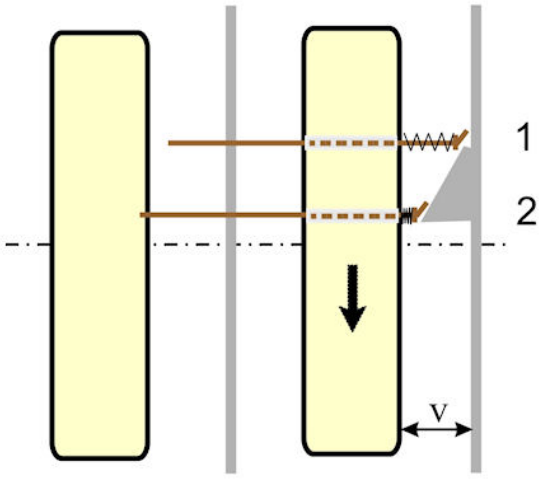


Der Übertrag

Die Scheiben tragen einen Mechanismus, der einen Übertrag auf die nächste Scheibe der höheren Stelle ausführt. Dieser Übertrag ist notwendig, wenn die Scheiben eine bestimmte Anzeige überschreiten:

- die Scheibe der Brüche von 23/24 auf 1,
- die Scheibe der *denier* von 11 auf 0,
- die Scheibe der *sol* von 19 auf 0,
- alle Scheiben der *livres* von 9 auf 0.

Tritt ein solcher Fall auf, muss die nächste links liegende Scheibe um eine Einheit weiter gedreht werden.
Die originale Beschreibung geht auf diesen Mechanismus ein. Wie die Erfahrung bisher gezeigt hat sollte man solchen Darstellungen mit einem gewissen Misstrauen begegnen.



Die schematische Skizze oben zeigt, wie der Mechanismus der Beschreibung entsprechend in etwa ablaufen soll.
Ein Hebel (hier als Stab angenommen) wird von einer Feder nach aussen gedrückt, d. h. im unwirksamen Zustand gehalten (Pos. 1), bis beim Drehen der Scheibe sein abgeschrägtes Ende gegen einen Zacken auf dem Blech zwischen den Scheiben trifft. Dann wird er durch das Rad und einen Einschnitt im nächsten Blech links hindurch geschoben, trifft auf das nächste Rad und nimmt dieses an einer Vertiefung oder an einem Haken solange mit, bis das schräge Ende wieder am Zacken abgleitet (Pos. 2).
Dieser Ablauf muss sich während einer Umdrehung einer Scheibe sooft wiederholen, wie an dieser Scheibe Übergänge von einer Skala auf die nächste vorhanden sind, bei den Scheiben für *livres* demnach 3 mal. Hierfür genügen ein Mechanismus und drei Zacken auf dem Zwischenblech.
Soweit die Theorie.

Der Mechanismus weist mehrere Unzulänglichkeiten auf:

- das Abgleiten zweier schräg geformter Teile aneinander kann leicht zu Zwangskräften führen, die die Teile nicht bewegen sondern verbiegen.
- Ein solcher Übertrag muss wegen der Kleinheit der Ziffern auf den Scheiben innerhalb eines oder zwei Millimeter ablaufen. Holz, Blech und Drahtstifte sind für eine präzise und betriebssichere Feinmechanik in längerem Einsatz wenig geeignet.
- Der Verdrehwinkel einer Scheibe, die den Übertrag erhält, entspricht dem Drehwinkel des Übertrags der vorhergehenden Scheibe. Die Teilungen beim Übergang von den Scheiben für Brüche, *dernier* und *sol* auf die nächste sind jedoch unterschiedlich lang. Die Unterschiede in den Teilungen können nur durch die wirksame Länge der Zacken ausgeglichen werden.
- Ein Übertrag über mehrere Scheiben gleichzeitig hinweg wird kaum fehlerfrei ablaufen.
- Die Platzverhältnisse zwischen den Scheiben sprechen gegen den im Originaltext geschilderten Ablauf. Massgeblich ist der maximal mögliche Verschiebeweg (Masspfeil **v** in der Skizze). Nur um diesen Betrag kann der Hebel sich bewegen. Er muss demnach auf der anderen Seite heraus- und durch das Zwischenblech hindurchragen, damit er wirksam werden kann. Auf dem gleichen Radius wie der Hebel befinden sich auf der anderen Seite die Übertragungsmechanismen der nächsten Scheibe.

Alle Feststellungen zusammen betrachtet führen zu dem Schluss, dass die Beschreibung des Übertragungsmechanismus allenfalls das Prinzip, nicht aber die tatsächlichen Verhältnisse wiedergibt.

Bewertung

Die Arithmetische Maschine von Pereire hat keine grosse Bedeutung erlangt, sie geriet in Vergessenheit. Selbst Bischoff 1804 kennt sie nicht.
Bemerkenswert an der Maschine sind zwei Besonderheiten: erstens ist sie der Versuch, ein vorhandenes Prinzip, nämlich das der verschieblichen Stäbe, in eine kreisförmige Bewegung umzusetzen, damit die Vorteile dieser Umsetzung zum Tragen kommen. Zweitens stellt sie einen frühen Lösungsansatz dar, wie man den Zehnerübertrag realisieren könnte – ein Problem, an dem sich auch noch spätere Erfinder mit mehr oder weniger Erfolg und auf unterschiedlichen Lösungswegen versucht haben. In Anerkennung der Schwierigkeiten, die der Bau einer solchen Maschine mit sich bringt, vor allem wenn man einer der ersten ist, dürfen die negativen Schlussfolgerungen aus der Analyse des Mechanismus, wie oben vorgenommen, nur als Feststellung und nicht als Kritik verstanden werden.

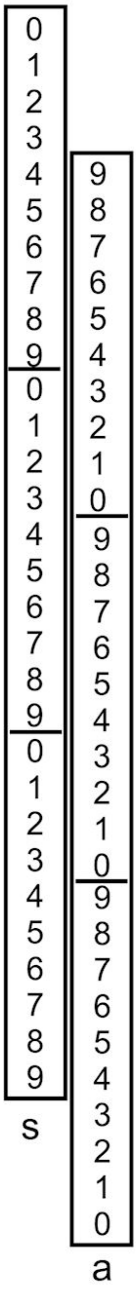
Nachtrag

Sollte jemand von der Arithmetischen Maschine von Pereire so überzeugt sein, dass er sie käuflich erweben möchte, verweise ich ihn auf eine Anmerkung am Ende des Originaltexts. Es könnte nämlich durchaus sein, dass der Erfinder über den Preis mit sich handeln lässt. Seine Adresse ist angegeben.

> „Auch wenn die arithmetische Maschine von Herrn Pereire, deren Eigenart oben beschrieben wurde, keinen beträchtlichen Preis haben sollte, werden diejenigen, die sich eine anschaffen wollen, diesbezüglich urteilen, und – indem sie Herrn Pereire überzeugen – einen noch geringeren Preis herausschlagen, aufgrund des Nachfrageumfangs.“

Anhang 1: Die Abwicklung der Zählscheiben

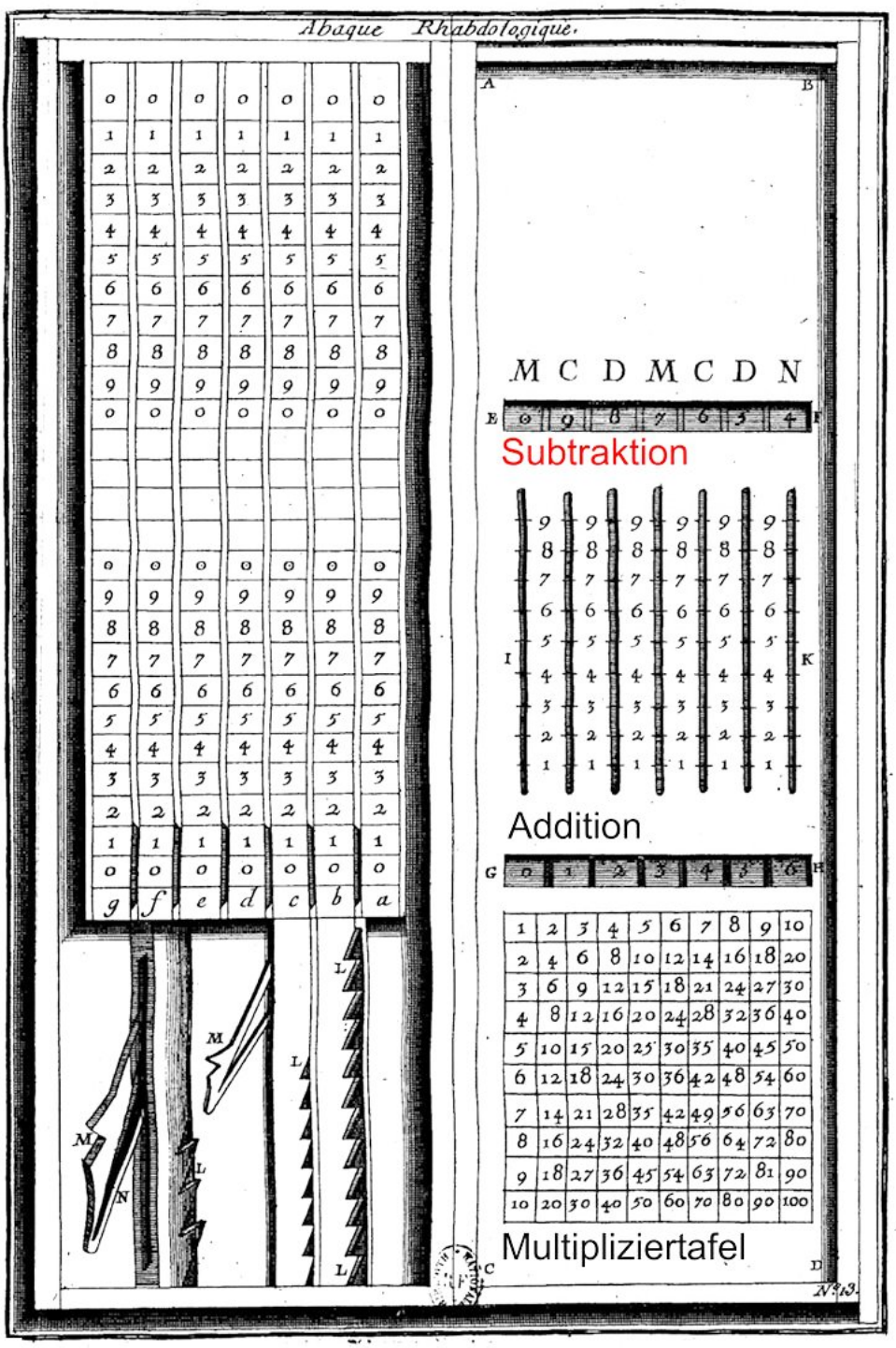
Brüche
23/24
11/12
21/24
5/6
19/24
3/4
17/24
2/3
5/8
7/12
13/24
1/2
11/24
5/12
3/8
1/3
7/24
1/4
5/24
1/6
1/8
1/12
1/24
0



Dezimalteilung
a: addieren
s: subtrahieren,
angen. Versatz = 4

Anhang 2: der Addierer von Perrault

Quelle: Machines et inventions approuvées..., Paris 1699, vom Verf. ergänzt.



□