A Slide Rule for a Combinatorial Problem: Munyay's Exchangable Gears Indicator of 1865

Stephan Weiss

The introduced slide rule solves a mathematical problem of combinatorics: from a set of whole numbers four must be choosen so that two of them multiplied and then divided by the product of the other two give a predefined value. From a practical point of view this problem arose in the past when screws or threaded rods had to be cut on a historic lathe. Figure 1 on page 45, taken from the original description [1], shows such a machine tool.

The threaded rod to be cut S is held on both sides and turned on its left side by a turning spindle with lathe dog. The leadscrew L moves the cross slide which holds the cutting tool. Four toothed wheels are mounted in a gearbox on the left side of the machine. They transfer the rotation of the screw to the leadscrew. To cut threads with different pitch the gear ratio between turning spindle and leadscrew must be changeable. That is why the gears are removeable and can be replaced by others. For that purpose a set of up to 30 gears wheels belonged to every well equipped lathe. The figure shows at the bottom such an equipment containing 14 gears with their numbers of teeth 20, 20, 23, 25, ..., 120, 120. The set is printed onto the surface of a rule. A question arises: which gears should be used? An example: choose four gears c, c', d, d' out of the given set of 14 gears to generate a ratio of 1 to 3.2. From a mathematical point of view we have to handle a problem in combinatorics. It is reported that it took hours or even days to find the suitable combination. Special tables and rules of thumb were used to solve the problem. Worse, almost each ratio could occur

from: **Computing for Science, Engineering, and Production** — Mathematical Tools for the Second Industrial Revolution
Karl Kleine (editor); Norderstedt: Books on Demand, 2013; isbn 9787-3-7322-8813-1
[proceedings of the International Meeting of collectors and researchers of historical computing instruments, Berlin, October 11-12, 2013]

since with exception of Whitworth neither the pitch nor the units of length have been standarized at that time.

In 1865 Munyay invented his 'Indicator for Gear Transmissions' to solve the problem described above. Descriptions were published in technical oriented journals [1–4]. He used logarithmic scales to represent the formula given below in the German text.

First the pitch of the screw to be cut is searched on the moveable scale a and set above one of the points on scale b. They indicate the units of length the pitch is measured with. These points indicate millimeter, centimeter, one Vienna Line[1], five Vienna Lines and two tenths of a Vienna Line. Other points on scale b indicate pitches for standarized Whitworth threads. When the slider is set, the user looks for markers which meet oppositely on scales c and d. If so they give us the two pairs of gears c, c' and d, d' with their numbers of teeth, which must be mounted. The slide rule in figure 2 is based on a pitch 12.7 mm of the leadscrew, the slider is set at a pitch to be cut of 4.02 mm. We read the solution c, c = 25, 35 and d, d = 23, 120 teeth.

The design of the slide rule depends on some constants defined by the construction of a specific lathe. Therefore, when an item was ordered, the inventor asked for details of the lathe: the pitch of the leadscrew, the available gears, the construction of gearbox and drive and maybe some other specialities. Then the slide rule was drawn and these specific values were added below the scales in order to avoid usage with the wrong lathe. In figure 1 such an inscription is shown at the bottom together with the inventor's address.

We must assume that when the lathe was scrapped they also threw away the indicator and therefore Munyay's indicator is very hard to find nowadays. The author never saw one.

[1] One Vienna Line equals 2.195 millimeter.

from: **Computing for Science, Engineering, and Production** — Mathematical Tools for the Second Industrial Revolution
Karl Kleine (editor); Norderstedt: Books on Demand, 2013; isbn 9787-3-7322-8813-1
[proceedings of the International Meeting of collectors and researchers of historical computing instruments, Berlin, October 11-12, 2013]

Ein Rechenschieber zur Lösung von Aufgaben der Kombinatorik: Munyays Wechselräder-Indikator von 1865

Stephan Weiss

Der hier beschriebene Rechenschieber wurde für die Lösung einer besonderen Aufgabe entworfen: aus einer Menge vorgegebener ganzen Zahlen sollen vier gewählt werden, die im Ausdruck

$$\frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = p$$

den vorgegebenen Wert p erreichen. Ersatzweise soll der Nachweis erbracht werden, daß dies nicht möglich ist. Ihre Anwendung fand die geschilderte Aufgabe in der Vergangenheit an Zahnradgetrieben mit auswechselbaren Rädern. Sie war bei einer größeren Anzahl von Zahlen wegen der vielen Möglichkeiten von Kombinationen und aus noch anderen Gründen ohne elektronische Hilfsmittel nur unter großem Aufwand zu lösen. Die praktische Seite des Problems führt zum Schneiden eines Gewindes auf einer Drehmaschine.

Zum Drehen eines zylindrischen Körpers auf einer Drehmaschine wird das Werkstück in eine Aufnahmevorrichtung eingespannt, in Rotation versetzt und mittels des Schneidstahls, der sich parallel zur Drehachse bewegt, abgedreht. In Abbildung 1 auf Seite 45 ist oben eine solche Drehmaschine alter Bauart[1] dargestellt. Man kann auf einer solchen Werkzeugmaschine auch ein Gewinde schneiden, sofern der Schneidstahl

[1] Im neunzehnten und in der ersten Hälfte des zwanzigten Jahrhunderts war die Bezeichnung Drehbank für derartige Werkzeugmaschinen üblich. Heute spricht man bei spanabhebenden Metallbearbeitungsmaschinen für rotationssymmetrische Werkstücke generell von Drehmaschinen.

from: **Computing for Science, Engineering, and Production** — Mathematical Tools for the Second Industrial Revolution
Karl Kleine (editor); Norderstedt: Books on Demand, 2013; isbn 9787-3-7322-8813-1
[proceedings of the International Meeting of collectors and researchers of historical computing instruments, Berlin, October 11-12, 2013]

sich proportional zur Drehung des Werkstücks S bewegt. Diese Seitwärtsbewegung des Schneidstahls wird mittels der Leitspindel L, die ein Gewinde trägt, erzeugt. Die Leitspindel wiederum wird über vier austauschbare Zahnräder, sog. Wechselräder, im Getriebekasten direkt von der rotierenden Werkstückaufnahme angetrieben. Der Getriebekasten ist in Abbildung 1 oben links in der Seitenansicht dargestellt. Bei einer Übersetzung von 1 : 1 zwischen Werkstück und Leitspindel wird am Werkstück ein Gewinde mit der Steigung[2] der Leitspindel geschnitten.

Will man ein Gewinde mit anderer Steigung schneiden, müssen die Wechselräder im Getriebekasten so gewählt werden, daß eine vorgegebene Proportionalität zwischen der Drehung des Werkstücks und der Drehung der Leitspindel hergestellt wird. Zu jeder Drehmaschine gehörte daher ein Satz mit mehreren Wechselrädern unterschiedlicher Zähnezahlen.

Damit sind wir wieder bei der eingangs geschilderten Aufgabenstellung angekommen: Als Beispiel sei angenommen, zu einer Drehmaschine gehöre ein Satz von 14 Wechselrädern mit den Zähnezahlen 20, 20, 23, 25, 35, 40, 50, 73, 90, 90, 100, 100, 120, 120. Welche vier Räder muß ich in den Getriebekasten einbauen, um ein Übersetzungsverhältnis von 3,15 zu erzielen? Gibt es überhaupt eine Lösung?

Manche Drehmaschinen besaßen bis zu 30 Wechselräder[3]. Zeitzeugen berichten, daß man Stunden oder sogar Tage benötigte, um ein Ergebnis zu finden.

Faustformeln konnten nur Näherungen bringen und Übersetzungstabellen wegen der Vielzahl von Zahnrädern, die mitgeliefert wurden, auch nur einen Ausschnitt darstellen. Erschwerend kam hinzu, daß nahezu alle Übersetzungsverhältnisse möglich waren, da, von einer Ausnahme abgesehen, noch keine Normung, d.h. Stufung der Gewindesteigungen, stattgefunden hatte. Auch konnte die gewünschte Steigung in ganz unterschiedlichen landesüblichen Maßen[4] angegeben werden.

[2] Unter Steigung versteht man den Abstand zweier benachbarter Punkte auf einem Gewinde.

[3] Mit 14 Zahlen wie im obigen Beispiel ergeben sich $\frac{14!}{(14-4)!} = 24024$ mögliche Kombinationen, mit 30 Zahlen sogar 657720.

[4] So galt etwa für 1 Zoll in Bayern 24,32 mm, in Rheinbayern 27,78 mm, in Baden 30,0 mm, in Sachsen 23,6 mm und derlei mehr.

from: **Computing for Science, Engineering, and Production** — Mathematical Tools for the Second Industrial Revolution
Karl Kleine (editor); Norderstedt: Books on Demand, 2013; isbn 9787-3-7322-8813-1
[proceedings of the International Meeting of collectors and researchers of historical computing instruments, Berlin, October 11-12, 2013]

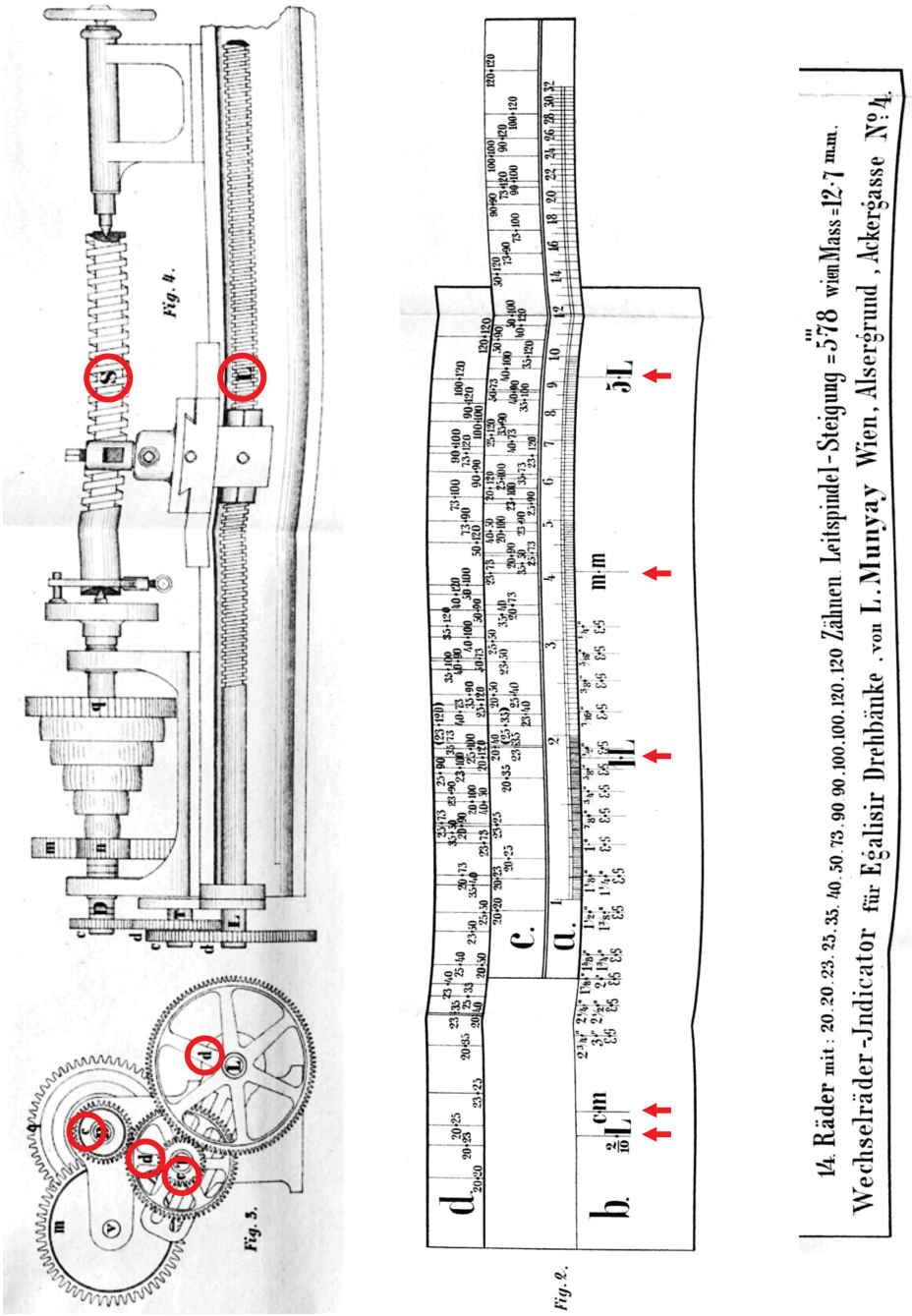

Abbildung 1: Drehmaschine und Munyay-Indikator

from: **Computing for Science, Engineering, and Production** — Mathematical Tools for the Second Industrial Revolution
Karl Kleine (editor); Norderstedt: Books on Demand, 2013; isbn 9787-3-7322-8813-1
[proceedings of the International Meeting of collectors and researchers of historical computing instruments, Berlin, October 11-12, 2013]

Etwas Theorie

Bezeichnet man mit

1. L die Steigung der Leitspindel (das ist eine Maschinenkonstante, weil ein wiederholter Wechsel der Leitspindel aus technischen Gründen nicht vorgesehen ist), mit
2. S die Steigung des Gewindes welches geschnitten werden soll, und mit
3. z_1, z_2, z_3 und z_4 die Zähnezahlen der Zahnräder in Richtung des Kraftflusses von der Werkstückaufnahme zur Leitspindel,

dann gilt:

$$\frac{S}{L} = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{z_1 \times z_3}{z_2 \times z_4}$$

In dieser Beziehung ist eine mögliche Vereinfachung zu erkennen: Die Positionen der Zahnräder des Paares z_1 und z_3 sind austauschbar, ohne daß sich am Wert des ganzen Ausdrucks etwas ändert. Das gleiche gilt für das Zahnradpaar z_2 und z_4. Aus diesem Grund sind in der Seitenansicht des Getriebekastens in Abbildung 1 nur jeweils zwei Zahnradpaare mit cc und dd gekennzeichnet. Wo die Räder eines Paares montiert werden ist letztendlich egal. Damit reduziert sich obige Gleichung auf die Form

$$\frac{S}{L} = \frac{cc'}{dd'}$$

bzw.

$$\log(L) - \log(S) = \log(dd') - \log(cc')$$

mit L als einem für eine Maschine konstantem Wert und cc' und dd' als dem Produkt von je zwei Zahlen, nämlich der Zähnezahl zweier Zahnräder, aus einer diskreten Auswahl. Damit haben wir eine der Grundaufgaben für einen logarithmischen Rechenschieber vor uns.

Die Lösung mit Hilfe eines Rechenschiebers

Im Jahr 1865 erschien in Österreich ein Artikel mit der Beschreibung von *Munyay's Wechselräder-Indikator für Egalisirbänke* [1], ein Jahr später auch in Deutschland [2]. Weitere Beschreibungen in technologisch orientierten Schriften, z.B. [3] oder [4] folgten.

from: **Computing for Science, Engineering, and Production** — Mathematical Tools for the Second Industrial Revolution
Karl Kleine (editor); Norderstedt: Books on Demand, 2013; isbn 9787-3-7322-8813-1
[proceedings of the International Meeting of collectors and researchers of historical computing instruments, Berlin, October 11-12, 2013]

Der Verfasser des Artikels [1] ist Friedrich Schulz von Straßnicki[5]. Dem Artikel ist zu entnehmen, daß Munyay die Anregung für seinen Rechenschieber aus einem Buch von Schulz von Straßnicki über Rechenschieber [5] erhielt. Dieses für die Bekanntheit des Rechenschiebers in Österreich einflußreiche Werk stammt aus der Feder von Leopold Carl Schulz von Straßnicki (1803–1852), Professor für Mathematik am Polytechnischen Institut[6] in Wien [6]. Der Artikel mit der Beschreibung von Munyays Rechenschieber stammt von seinem 1836 geborenen dritten Sohn Friedrich, der eine Ingenieurlaufbahn einschlug und 1865 Assistent für Maschinenbau am Polytechnischen Institut Wien war.

Über den Erfinder selber ist leider nur sehr wenig bekannt. Sein vollständiger Name ist L. Munyay mit bis jetzt unbekanntem Vornamen. Er studierte Maschinenbau am Polytechnischen Institut in Wien und arbeitete seit 1842 als Konstruktionszeichner bei der Firma Sigl in Wien.

Eine Variante in der Ausführung seines Rechenschiebers ist in Abbildung 1 dargestellt. Der Erfinder nennt das Instrument einen Indikator, also Anzeiger.

Zunächst wird durch Verschieben der Zunge an der unteren Skala b die gewünschte Gewindesteigung eingestellt. Es sind Markierungen für mehrere Längeneinheiten vorhanden. Hier bezeichnen sie die Maßeinheiten

mm	Millimeter
cm	Zentimeter
1L	eine Wiener Linie[7]
5L	fünf Wiener Linien
$\frac{2}{10}$L	zwei Zehntel einer Wiener Line

Beispiele für Einstellungen sind:

Steigung 1,83 Linien:	1,83 auf Skala a gesetzt über 1L auf Skala b
Steigung 60 Linien:	$60 \times 0,2 = 12$ gesetzt gegenüber $\frac{2}{10}$L auf b
Steigung 4,02 mm:	4,02 auf a gesetzt gegenüber mm auf b

Andere Punkte auf der Skala b benennen Größen des sogenannten Whitworth Gewindes[8].

[5] Der Artikel ist nur mit dem Familiennamen gezeichnet, ohne Nennung eines Vornamens. Dies sorgte zusammen mit dem Erscheinungsjahr zunächst für etwas Verwirrung, die wir jedoch mit Hilfe von [6] aufklären konnten: Es handelt sich um Vater und Sohn Schulz von Straßnitzki.

[6] Die „Polytechnischen Institute“ bzw. Schulen sind die Vorläufer der heutigen Technischen Universitäten im deutschsprachigen Raum. Sie wurden nach dem Vorbild der Pariser *École Polytechnique* (Gründung 1794) im Laufe des 19. Jahrhunderts gegründet: Wien 1815, Berlin 1821, Karlsruhe 1825, München 1827, Dresden 1828, Hannover 1831, Darmstadt 1836, Aachen 1870.

[7] Eine Wiener Linie entspricht 2,195 Millimeter.

[8] Das Whitworth Gewinde wurde im Jahr 1841 als erstes überhaupt genormt. Die Spezifikationen

from: **Computing for Science, Engineering, and Production** — Mathematical Tools for the Second Industrial Revolution
Karl Kleine (editor); Norderstedt: Books on Demand, 2013; isbn 9787-3-7322-8813-1
[proceedings of the International Meeting of collectors and researchers of historical computing instruments, Berlin, October 11-12, 2013]

Wenn die Zunge positioniert ist muß man nur noch zwei Markierungen auf den Skalen c und d suchen, die sich gegenüber stehen. Sie benennen jene zwei Paare von Zahnrädern, die auf den Positionen cc' und dd' montiert werden müssen, um mit der ermittelten Übersetzung das gewünschte Gewinde schneiden zu können.

In Abbildung 2 ist der Indikator auf eine Gewindesteigung von 4,02 mm gesetzt. Abzulesen ist die Zahnradpaarung $c, c' = 25\bullet35$ und $d, d' = 23\bullet120$ Zähne[9].

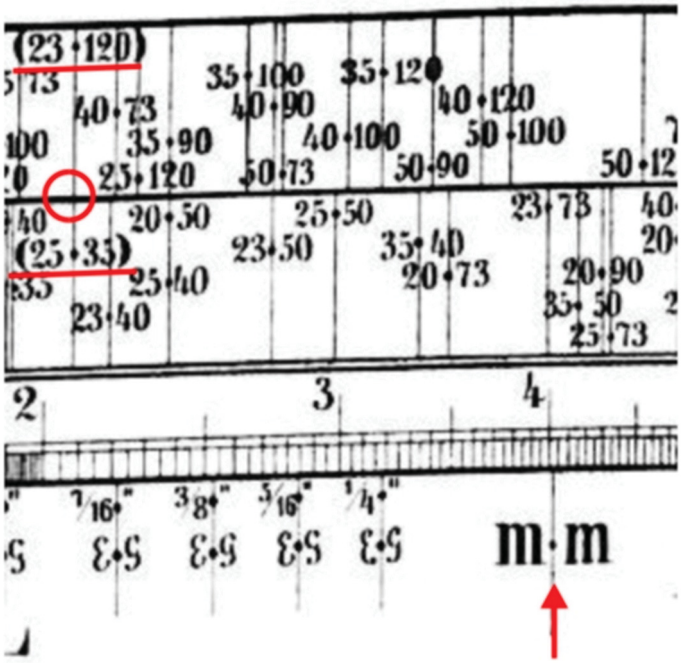

Abbildung 2: Beispiel einer Einstellung

stammen vom Ingenieur Joseph Whitworth (1803–1887), der den Gedanken des Austauschbaues verfolgte.

[9]Der gezeigte Rechenschieber gehört zu einer Drehmaschine mit einer Leitspindelsteigung von 12,7 mm. Die Nachrechnung ergibt $S = 12,7\,\text{mm} \times (25 \times 35)/(23 \times 120) = 4,026\,\text{mm}$.

from: **Computing for Science, Engineering, and Production** — Mathematical Tools for the Second Industrial Revolution
Karl Kleine (editor); Norderstedt: Books on Demand, 2013; isbn 9787-3-7322-8813-1
[proceedings of the International Meeting of collectors and researchers of historical computing instruments, Berlin, October 11-12, 2013]

Die Skalen

Munyays Rechenschieber ist einfach aufgebaut. Der Erfinder benutzt drei logarithmische Skalen mit gleicher Teilungslänge. Die Skalen c und d sind identisch und bestehen nur aus diskreten Werten, nämlich den Produkten aller Zahnradpaarungen, die zu einer Drehmaschine gehören. Die Marke 23•120 beispielsweise liegt an der Stelle log(23×120).

Die Skala a ist ebenfalls eine logarithmische Skala, an der die Steigung des Gewindes, das hergestellt werden soll, eingestellt wird. Mehrere Markierungen auf der Skala b erlauben das Einstellen von Steigungen, die in unterschiedlichen Maßeinheiten angegeben sind. Die Markierungen $\frac{2}{10}$L and 5L auf dem abgebildeten Rechenschieber ermöglichen die Einstellung auch sehr großer und sehr kleiner Werte, die die Skala a selbst nicht mehr abdeckt.

Wird die Zunge auf einen Wert der Skala a gesetzt, dann stellt der Benutzer die Differenz $\log(L) - \log(S)$ ein. Zu dieser Differenz geben die Skalen c und d alle mögliche Wertepaarungen $\log(dd') - \log(cc')$. Während der Untersuchung des Instruments stellt man bald fest, daß der Rechenschiebers einfacher aufgebaut ist als dies zunächst den Anschein hat.

Ein solcher Indikator für Wechselräder ist nicht universell verwendbar. Er muß an jede Drehmaschine, der er zugeordnet sein soll, angepaßt werden. Deshalb fragt der Erfinder vor der Fertigung des Instruments nach Details der Drehmaschine. Dazu gehören

- die Steigung der Leitspindel,
- die vorhandenen Wechselräder,
- besondere Einrichtungen des Antriebs und des Getriebes.

Mit diesen Daten werden die Skalen berechnet und der Rechenschieber wird gezeichnet. Dabei ist auch auf die relative Position der Skalen a/b und c/d zu achten, denn es gilt, wie bereits oben ausgeführt, daß mit einer Übersetzung von 1 : 1 die Steigung des Gewindes S dem der Leitspindel L entspricht. Damit das Instrument nicht an Drehmaschinen mit anderen Basisdaten verwendet wird, sind die ihm zu Grunde liegenden Daten am unteren Rand des Indikators aufgeführt. Für den als Beispiel gezeigten Rechenschieber sind sie in Abbildung 1 im unteren Teil vergrößert dargestellt. Zeitgenössische Beschreibungen des Indikators zählen die notwendigen Basisdaten auf und nennen zudem die Preise für den Indikator, die von der Anzahl der Wechselräder bestimmt sind. Man konnte den Indikator in den Längen 18 Zoll (ca. 45 cm) und drei Fuß (ca. 90 bis 100 cm) bestellen.

from: **Computing for Science, Engineering, and Production** — Mathematical Tools for the Second Industrial Revolution
Karl Kleine (editor); Norderstedt: Books on Demand, 2013; isbn 9787-3-7322-8813-1
[proceedings of the International Meeting of collectors and researchers of historical computing instruments, Berlin, October 11-12, 2013]

Wie viele Indikatoren nach Munyay gebaut wurden läßt sich nicht sagen. Wir müssen annehmen, daß mit der Verschrottung der alten Drehmaschinen auch deren nutzlos gewordene Indikatoren weggeworfen worden sind.

Ähnliche Instrumente

Soweit mir bisher bekannt, war Munyay der erste, der ein Instrument zur Lösung des vorgestellten Problems entwarf, aber er war nicht der einzige.

Dinglers Polytechnisches Journal berichtet 1894 in einer Kurzmitteilung [7] über einen Rechenschieber mit gleichem Verwendungszweck. Über das von der Firma Gustav Pickhardt in Bonn gefertigte, von Richard Rathsmann aus Peinig in Sachsen entwickelte und 1892 in DRGM 5111 mit dem Titel „Rechenschieber zur Bestimmung der Wechselräder an Leitspindeldrehbänken“ geschützte Instrument ist jedoch leider nichts näheres bekannt.[10]

Im Sonderkatalog der RWTH Aachen ihrer Exponate bei der der Gewerbe- und Kunstausstellung in Düsseldorf 1880 [8, Seiten 9–10] wird unter Nr. 70 ein „doppelter Rechenschieber nach Herrmann, zur Ermittelung der Wechselräder bei Drehbänken, ausgeführt in der Werkstatt der Technischen Hochschule“ aufgeführt. Der Beschreibung folgend läßt sich an ihm im Gegensatz zu Munyay auch die Steigung der Leitspindel einstellen. Er ist daher universell verwendbar.

Gerard van Gelswijck hat das Problem der Auswahl der Wechselräder bereits in seinem Beitrag zur IM 2003 über Rechenschieber in der Metallverarbeitung angesprochen [9]. Das Werkspoor Museum in Amsterdam besitzt einen Rechenschieber für den Gebrauch in der Konstruktionsabteilung, der ebenfalls für die Auswahl der Wechselräder dient. Er ist jedoch anders aufgebaut als der von Munyay.

Im Gegensatz zu Munyay arbeitet die „Vorrichtung zur Berechnung von Wechselrädern an Drehbänken“ des deutschen Patentes DRP 207896 aus dem Jahr 1908 mit verschieblichen nicht logarithmisch geteilten Zahlenkolonnen.

Literaturverzeichnis

[1] Friedrich Schulz von Straßnitzki: *Munyays Wechselräder-Indikator für Egalisirbänke* in *Zeitschrift des Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins*, Wien: k.k. Hof- und Staatsdruckerei, 1865, Heft 8/9, S. 165–167

[10] Dieses DRGM 5111 von 1892 ist übrigens das erste deutsche Gebrauchsmuster (*design patent*) für einen Rechenschieber.

from: **Computing for Science, Engineering, and Production** — Mathematical Tools for the Second Industrial Revolution
Karl Kleine (editor); Norderstedt: Books on Demand, 2013; isbn 9787-3-7322-8813-1
[proceedings of the International Meeting of collectors and researchers of historical computing instruments, Berlin, October 11-12, 2013]

[2] Friedrich Schulz von Straßnitzki?[11]: *Munyay's Wechselräder-Indikator für Egalisierbänke* in *Polytechnisches Journal*, Emil Maximilian Dingler (Hrsg.), Augsburg: J. G. Cotta'sche Buchhandlung, Band 180 Heft 4, 1866, S. 270–272

[3] *Munyay's Wechselräder-Indikator für Egalisierbänke* in *Friedrich Georg Wieck's Deutsche Illustrirte Gewerbezeitung*, Otto Dammer (Hrsg.), Berlin: F. Berggold Verlagshandlung, Band 31, 1866, S. 220–221

[4] Friedrich Kick: *Vorlesungen über mechanische Technologie*, Leipzig, Wien: Deuticke, 1897 (auch zweite Auflage von 1908)

[5] Leopold Carl Schulz von Straßnitzki: *Anweisung zum Gebrauche des englischen Rechenschiebers (sliding rule — règle à calcul)*, Wien: Rohrmann, 1843

[6] *Schulz von Straßnitzki* in *Biographisches Lexikon des Kaiserthums Oesterreich*, Constant von Wurzbach (Hrsg.), Wien: k. k. Hof- und Staatsdruckerei, Band 32, 1876, S. 188–202

[7] *Rechenschieber zur Bestimmung der Wechselräder an Leitspindeldrehbänken*, in *Dinglers Polytechnisches Journal*, A. Hollenberg und H. Kast (Hrsg.), Stuttgart: Verlag der J. G. Cotta'schen Buchhandlung, Band 294 Heft 3, 1894, S. 71

[8] *Special-Katalog der Königlichen Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule zu Aachen*, zugehörig zum Katalog *Gewerbe- und Kunst-Ausstellung in Düsseldorf 1880*, Aachen: F.N. Palm, 1880

[9] Gerard van Gelswijk: *Slide Rules for Metal Workshops* in *Proceedings of the 9th International Meeting of Slide Rule Collectors (IM 2003)*, Kring Historische Rekeninstrumenten / Dutch Circle for Historical Calculating Instruments, 19–20. Sept. 2003

Die Abbildungen dieses Aufsatzes wurden [1] entnommen und vom Autor mit Markierungen ergänzt.

[11] Der Artikel ist nicht namentlich gezeichnet. Die teilweise wortwörtliche Übereinstimmung legt es jedoch nahe, daß dieser Artikel eine gekürzte Fassung von [1] für Leser in Deutschland ist, und daß er ebenfalls aus der Feder von Friedrich Schulz von Straßnicki stammt.

from: **Computing for Science, Engineering, and Production** — Mathematical Tools for the Second Industrial Revolution
Karl Kleine (editor); Norderstedt: Books on Demand, 2013; isbn 9787-3-7322-8813-1
[proceedings of the International Meeting of collectors and researchers of historical computing instruments, Berlin, October 11-12, 2013]