
BRAD DECECCO

Als Rechner noch geschoben wurden

Vor der Ära der Taschenrechner waren Rechenschieber bei Wissenschaftlern und Ingenieuren äußerst beliebt. Ihre »Intelligenz« und ihr praktischer Nutzen erstaunen noch heute.

Als Rechenschieber noch in Mode waren, schwor jeder Ingenieur auf seinen Schiebestab. Erst die Taschenrechner beendeten ihre Karriere.

Von Cliff Stoll

Vor zwei Generationen hatten Ingenieure ein Standard-Outfit: weißes Hemd, enge Krawatte und Rechenschieber samt Schutzhülle. Seitdem mutierten Hemd und Krawatte zum T-Shirt mit Software-Werbung, die Schutzhülle wich der Handytasche und Rechenschieber wurden durch Taschenrechner ersetzt.

Doch der Rechenschieber ist einen Rückblick wert. Holen Sie ihn doch mal aus der Schublade, in die er vor 30 Jahren gelegt wurde, oder basteln Sie sich einen eigenen (siehe Kasten auf S. 94). Sie werden rasch erkennen, warum er damals unverzichtbar war. Vor 1970 war der Rechenschieber ähnlich verbreitet wie Schreibmaschinen oder Vervielfältigungsmaschinen. Mit ein paar Handgriffen konnte jedermann multiplizieren, dividieren, Quadrat- und Kubikwurzeln ziehen. Mit wenig mehr Aufwand kann jeder etwas Geübte auch Inverse, Sinus, Cosinus oder Tangens ermittelten.

Mit seinen über ein Dutzend Skalen symbolisierte der kleine Helfer die Geheimnisse der Wissenschaft. Tatsache jedoch ist, dass für fast alle Aufgaben zwei Skalen bereits ausreichten, da sich viele technische Berechnungen auf Multiplikation und Division beschränken. Ein Pianist mag alle Tasten des Klaviers ausreizen, doch nur selten nutzten Ingenieure alle Skalen ihres Begleiters.

Einige Forscher besaßen – vielleicht weil sie befördert werden wollten – Rechenschieber aus feinem Mahagoni oder Buchsbaum; andere prunkten mit Geräten aus Elfenbein, Aluminium oder Fiberglas. Geizhälse indes – wie der Autor dieses Artikels – begnügten sich seinerzeit mit Plastikmodellen. Alle Typen – vom elegantesten bis zum einfachsten – basieren jedoch auf Logarithmen (siehe Kasten auf S. 96).

John Napier, ein schottischer Mathematiker, Physiker und Astronom, erfand ▷

Rechenschieber im Eigenbau

Sie können sich aus Papier und selbstklebender Folie selbst einen funktionsfähigen Rechenschieber bauen. Unsere Tests haben gezeigt, dass sich mit Fotokopien dieser Vorlagen auf dickerem Papier ein hinreichend stabiles Modell fertigen lässt. Diese Vorlagen finden sich auch im Internet auf der Seite www.spektrum.de.

a

c

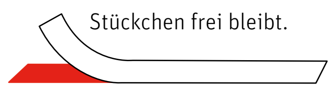
BAUANLEITUNG

(1) Schneiden Sie mit einer Schere das gesamte helle Rechteck aus (a); anschließend entlang der Linie die Teile A und B trennen (b) und den Überstand (c) abschneiden.

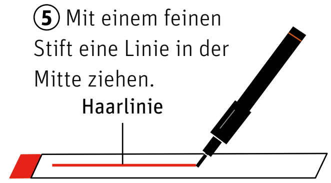
(2) Teil A an den durchgezogenen Linien falten

(3) Teil B in den gefalteten Teil A stecken

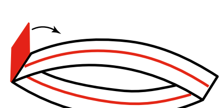
(4) Zur Fertigung des Läufers zwei Streifen selbstklebende Folie in der Länge der beiden Linien (links) zuschneiden: der eine Streifen so lang wie schwarze Linie, der andere so lang wie die rote Linie. Anschließend beide Streifen mit ihren klebenden Seiten so zusammenkleben, das am oberen Ende des unteren Streifens ein Stückchen frei bleibt.



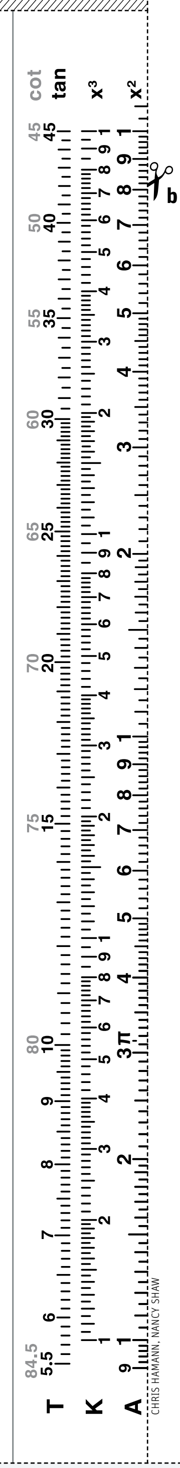
(5) Mit einem feinen Stift eine Linie in der Mitte ziehen.



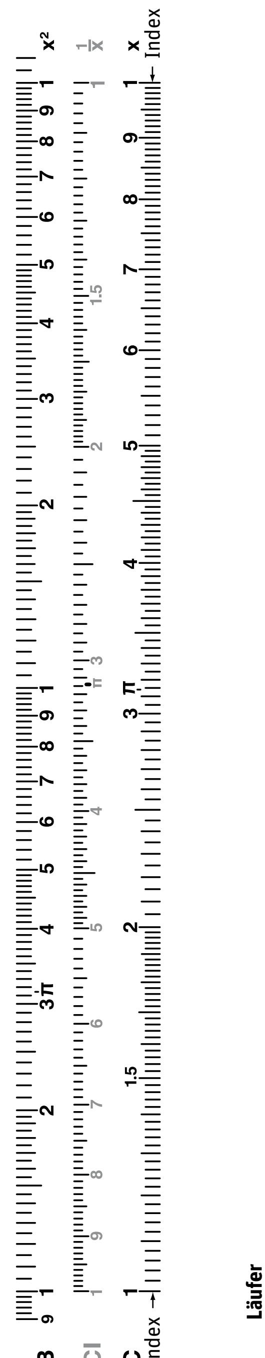
(6) Die gefaltete Folie um den Rechenschieber legen. Das freie Ende zum Zusammenkleben der Folie verwenden.



Teil **A**



CHRIS HAMANN, NANCY SHAW



Teil **B**

CLIFF STOLL / SCIENTIFIC AMERICAN

▷ im Jahr 1614 die Logarithmen. Sein »Canon of Logarithms« beginnt so: »Da für Mathematiker und Rechenkundige nichts so beschwerlich ist wie Multiplikation, Division und das Ziehen von Quadrat- oder Kubikwurzeln aus großen Zahlen – es kostet nicht nur viel Zeit, sondern führt gerne auch zu Flüchtigkeitsfehlern –, überlegte ich mir, wie ich diese Hemmnisse auf zuverlässige und geschickte Weise umgehen könnte.«

Tatsächlich wurden Logarithmen – der Horror des Mathematikunterrichts in der Schule – erfunden, um unser Leben zu vereinfachen. In wenigen Generationen werden Leute vielleicht ähnlich schockiert reagieren, wenn sie hören, dass auch Computer einmal erfunden wurden, um unser Leben einfacher zu gestalten. Und wie funktionierten Napiers Logarithmen?

»Sie gestatten«, notierte der Erfinder, »die Zahlen, die multipliziert, dividiert oder aus denen Wurzeln gezogen werden sollen, einfach beiseitezulegen und sie durch andere Zahlen zu ersetzen, mit denen die Lösung viel einfacher gefunden werden kann – nämlich lediglich durch Addition, Subtraktion, Division durch zwei oder drei.«

Kepler und der Mars

Somit lassen sich durch Logarithmen Multiplikationen auf Additionen reduzierten, Divisionen auf Subtraktionen, Quadratwurzelziehen auf Divisionen durch zwei, Kubikwurzelziehen auf Divisionen durch drei. Will man etwa 3,8 mit 6,61 multiplizieren, sucht man in einer Tafel Logarithmen dieser Zahlen – 0,58 und 0,82. Ihre Addition ergibt 1,4. Nun schaut man wieder in die Logarithmentafel und sucht die Zahl, deren Logarithmus 1,4 ist, und erhält als ziemlich genaue Näherung 25,12. Und schon ist es vorbei mit »Flüchtigkeitsfehlern«!

Napiers Erfindung revolutionierte die Rechenkunst: Mathematiker griffen die Idee sofort auf, um ihre Arbeit zu beschleunigen. So nutzte etwa Anfang des 17. Jahrhunderts der deutsche Astronom Johannes Kepler die neuartigen Logarithmen, um die Umlaufbahn des Mars zu berechnen. Ohne sie hätte er vielleicht nie seine drei Gesetze der Himmelsmechanik formulieren können. Henry Briggs, seinerzeit Englands be- ▷

Bedienungsanleitung für Rechenschieber

Zunächst wollen wir die Teile des einfachen Rechenschiebers benennen: Das zweiteilige Instrument hat oben gewöhnlich die A-Skala. Die Skalen B und C befinden sich auf der beweglichen Zunge in der Mitte des Rechenschiebers. Die D-Skala steht auf dem unteren Teil. Der linke Index auf der Zunge ist die Ziffer 1 am linken Ende der C-Skala. Am rechten Ende der Zunge findet sich eine weitere 1: der rechte Index. Auf dem beweglichen Läufer sitzt die Strichmarkierung.

Zum Multiplizieren zweier Zahlen muss die Zunge so verschoben werden, dass ihr linker Index auf die erste der beiden Zahlen auf der D-Skala zeigt. Jetzt wird der Läufer verschoben, bis seine Strichmarkierung auf die zweite Zahl auf der C-Skala zeigt. Die Lösung findet sich unter der Strichmarkierung auf der D-Skala. Um beispielsweise 2 mit 4 zu multiplizieren, ist die C-Skala so weit zu verschieben, dass ihr linker Index über der 2 auf der D-Skala steht. Nun stellen Sie die Strichmarkierung des Läufers auf die 4 der C-Skala ein. Die Lösung, 8, findet sich auf der D-Skala – ebenfalls an der Position der Strichmarkierung.

Wenn das Ergebnis so groß ist, dass es außerhalb der Länge des Rechenschiebers läge, muss der rechte Index verwendet werden. Um beispielsweise 6 mit 7 zu multiplizieren, ist der rechte Index auf die 7 auf der D-Skala einzustellen, die Strichmarkierung auf die 6 auf der C-Skala. Als vorläufiges Ergebnis wird unter der Strichmarkierung auf der D-Skala 4,2 angezeigt. Nun muss das Dezimalkomma um eine Stelle nach rechts verschoben werden. Die korrekte Lösung lautet: 42.

Zur Division ist die Strichmarkierung des Läufers auf den Wert des Dividenden auf der D-Skala einzustellen. Danach wird die Zunge verschoben, bis der Teiler (Divisor) unter der Markierung liegt (an der gleichen Stelle wie der Dividend). Der gesuchte Quotient ist die Zahl unter dem Index. Zur Übung teilen wir 47 durch 33. Zunächst stellen Sie die Strichmarkierung auf 4,7 auf der D-Skala ein und verschieben die Zunge, bis der Wert 3,3 auf der C-Skala ebenfalls unter der Strichmarkierung liegt. Der rechte Index zeigt das Ergebnis an: 1,42. Wollen Sie auch das Quadrat einer Zahl berechnen? Dazu muss die Zunge nicht bewegt werden. Es genügt, die Strichmarkierung über eine Zahl auf der D-Skala zu schieben. In gleicher Position auf der A-Skala zeigt die Strichmarkierung das Quadrat dieser Zahl an. So findet sich direkt über der 7 auf der D-Skala der Wert 4,9 auf der A-Skala. Sie verschieben jetzt das Dezimalkomma eine Stelle nach rechts, und schon haben Sie die korrekte Lösung: 49.

Um Quadratwurzeln zu ziehen, muss die Zunge ebenfalls nicht bewegt werden. Aber dabei ist zu beachten, dass die A-Skala in zwei Hälften unterteilt ist. Die linke Hälfte geht von 1 bis 10, die rechte von 10 bis 100. Um die Quadratwurzel einer Zahl zwischen 1 und 10 zu ziehen, schiebt man die Läufermarkierung über die entsprechende Zahl auf der linken Hälfte der A-Skala, die rechte Hälfte ist für Zahlen zwischen 10 und 100.

Soll die Quadratwurzel einer Zahl zwischen 1 und 10 gefunden werden, muss der Läufer über diese Zahl auf der linken Hälfte der A-Skala geschoben werden, die Quadratwurzel der Zahl findet sich in gleicher Position auf der D-Skala. Mit der rechten Hälfte der A-Skala lassen sich Quadratwurzeln von Zahlen zwischen 10 und 100 bestimmen. Werden Zahlen in wissenschaftlicher Schreibweise mit Hilfe von Exponenten dargestellt (wie $1{,}23 \cdot 10^4$), finden sich solche mit geraden Exponenten auf der linken Seite der A-Skala, die mit ungeraden Exponenten (wie $1{,}23 \cdot 10^3$) auf der rechten.

Es gibt auch viele Möglichkeiten, Rechnungen zu vereinfachen. So kann die Läufermarkierung als »Kurzzeitgedächtnis« zum Zwischenspeichern von Lösungen umfangreicherer Kalkulationen verwendet werden. Oder man kann die CI-Skala benutzen, um zu verhindern, dass Ergebnisse jenseits des Rechenschieber-Endes liegen. Auf dem Rechenschieber zum Selbstbasteln (links) finden sich noch weitere Skalen. Die K-Skala dient der Berechnung von Kubikzahlen und Kubikwurzeln, die S- und die T-Skala stehen für Sinus und Tangens. Die L-Skala liefert den Logarithmus einer Zahl auf der D-Skala. Probieren Sie es selbst. Nach ein wenig Übung werden Sie erstaunt sein, wie einfach er zu handhaben ist – und wie nützlich er sein kann.

▷ deutendster Mathematiker, reiste eigens nach Schottland, um Napier aufzusuchen.

»Mein Herr«, soll Briggs zu dem Forscher gesagt haben, »ich habe diese lange Reise in der Absicht unternommen, zu erfahren, welcher Genius und welche Weisheit Sie als Ersten diese für Astronomen so überaus hilfreiche Idee finden ließ. Ich frage mich, warum niemand zuvor darauf kam, wo sie doch jetzt, da sie bekannt ist, so einfach erscheint.« Briggs hatte ein gutes Auge für Genies: Napier erfand später noch das Dezimalkomma, Rechenstäbe (bekannt als Napiers Knochen) und lieferte Grundlagen für Isaac Newtons Differenzialrechnung.

John Napier hatte zwar das Rechnen vereinfacht, doch dafür musste man eine Logarithmentafel zur Hand zu haben. So kam es, dass 1620 der Londoner Mathematiker Edmund Gunter ein Lineal mit Logarithmen markierte – wodurch seine rechnenden Kollegen Logarithmen ermitteln konnten, ohne erst lange in die Bibliothek zu gehen. Gunter zog eine Zahlenlinie, in der die Zahlen proportional zu ihren Logarithmen positioniert wurden. In dieser Skala liegen aufeinanderfolgende Zahlen am linken Ende deutlich weiter auseinander als am rechten, wo sie immer enger zusammenrücken. Zwei Zahlen konnten nun miteinander multipliziert werden, indem man mit einem Stechzirkel den Abstand vom Anfang der Skala bis zum ersten Faktor abtrug, die Zirkelspitze dann auf den zweiten Faktor setzte und an der Position des zweiten Schenkels das Ergebnis ablas.

Um 1622 legte William Oughtred, ein anglikanischer Geistlicher, zwei logarithmische Skalen nebeneinander und schuf so den ersten Rechenschieber. Einige Jahre später konstruierte er außerdem eine Rechenscheibe – einen kreisförmig ausgelegten Rechenschieber (siehe Bild rechts). Oughtred prahlte nicht mit seinen Errungenschaften. Er schätzte die reine Mathematik und glaubte wohl, seine Erfindungen hätten keinen besonderen Wert. Schließlich würden sich Mathematiker Gleichungen ausdenken, sie nutzen sie nicht. (Dies trifft auch heute noch zu: Geld verdient man oft damit, eine Anwendung für etwas zu finden, was jemand anders entwickelt hat.)

Gut zu Fuß und zu Pferd

Aus welchem Grund auch immer – Oughtred versäumte es jedenfalls, seine Erfindung publik zu machen. Doch einer seiner Studenten, Richard Delamain, behauptete in einer 1630 veröffentlichten Druckschrift, dass ihm die Idee der Rechenscheibe gekommen sei. Delamain, eher Ingenieur als Mathematiker, freute sich besonders über die gute Mobilität der Scheibe – und schrieb, sie ließe sich »sowohl beim Reiten als auch zu Fuß« benutzen. Als ihm so sein Anrecht auf die Erfindung geraubt wurde, geriet

Rechnen mit Logarithmen

Fühlen Sie sich bei Logarithmen leicht benebelt? Das ist kein Wunder: Wenn jeder Schüler einen Taschenrechner hat, brauchen Logarithmen nicht mehr so umfassend wie früher gelehrt zu werden. In der Gleichung $a^x = m$ ist x der Exponent.

Man kann x auch als »Logarithmus von m zur Basis a« bezeichnen. Dabei kann a jede beliebige Zahl sein. Wir wollen uns aber auf die gängige Logarithmen zur Basis 10 beschränken (bei denen also a = 10 ist). Der Logarithmus von 1000 ist dann 3, weil 10 potenziert mit 3, also 10^3, 1000 ist. Umgekehrt ist der Antilogarithmus von 3 1000 – er ist das Ergebnis, das man erhält, wenn man 10 mit 3 potenziert.

Exponenten müssen nicht ganzzahlig sein. So ist beispielsweise auch $10^{0,25}$ erlaubt, was rund 1,778 ergibt; $10^{3,7}$ ergibt rund 5012. Der Logarithmus von 1,778 ist daher 0,25, und der von 5012 ist 3,7. Logarithmentafeln findet man in Online-Bibliotheken wie www.sosmath.com/tables/logtable/logtable.html.

Wenn Zahlen als Zehnerpotenzen dargestellt werden, lassen sie sich multiplizieren, indem man ihre Exponenten addiert. So liefert $10^{0,25}$ mal $10^{3,7}$ das Ergebnis $10^{3,95}$ ($10^{0,25\,+\,3,7}$). Und was ist $10^{3,95}$? Suchen Sie den Antilogarithmus zu 3,95 in der Tabelle, das Ergebnis ist 8912 – was in der Tat dem Produkt aus 1,778 und 5012 entspricht.

Auf die gleiche Weise, wie Multiplikation zur – einfacheren – Addition wird, wird Division zur Subtraktion. Hier ein Beispiel, wie sich 759 mit Hilfe von Logarithmen durch 12,3 teilen lässt: Zunächst müssen die Logarithmen zu 759 und 12,3 nachgeschlagen werden: Es sind 2,88 und 1,09. Zieht man 1,09 von 2,88 ab, so erhält man 1,79. Nun sucht man den Antilogarithmus zu 1,79 heraus – und erhält als Lösung 61,7. Wollen Sie die Quadratwurzel aus 567,8 berechnen? Zunächst müssen Sie dazu den Logarithmus suchen: 2,547. Teilen Sie diesen durch 2, und Sie erhalten 1,377. Schlagen Sie nun den Antilogarithmus zu 1,377 nach. Die Lösung ist 23,82.

Es gibt auch Komplikationen. In Logarithmentabellen findet sich nur die Mantisse – die Nachkommastellen des Logarithmus. Um den tatsächlichen Logarithmus zu finden, muss man eine (ganzzahlige) Zahl (die so genannte Kennziffer) zur Mantisse addieren. Die Kennziffer ist die Anzahl der Dezimalstellen, um die das Dezimalkomma der zugehörigen Zahl verschoben werden muss. Um etwa den Logarithmus von 8912 zu bestimmen, schlägt man die Logarithmentafeln auf und findet den Wert 0,95. Danach sucht man die Kennziffer zu 8912 heraus – es ist die 3 (weil das Dezimalkomma drei Stellen nach links verschoben werden muss, um von 8912 zu 8,912 zu kommen). Addiert man nun die Kennziffer zur Mantisse, erhält man den vollständigen Logarithmus: 3,95.

Berechnungen mit Logarithmen stellen immer nur gute Näherungen dar, da die Tabellen nicht vollkommen exakt sind. Logarithmen tauchen überall in der Wissenschaft auf. Chemiker nutzen sie, um den Säuregehalt mittels pH-Wert anzugeben (der pH-Wert ist der negative Logarithmus der Wasserstoffionen-Konzentration einer Lösung).

Schallintensität wird gemessen in Dezibel (dem zehnfachen Logarithmus der Intensität geteilt durch eine Standardintensität). Die Stärke von Erdbeben wird in Werten der Richterskala angegeben, die auf Logarithmen basiert – ebenso wie die scheinbaren Helligkeiten (angegeben in Klassen) von Sternen und Planeten.

Aber auch im täglichen Leben begegnen uns Logarithmen. Viele Diagramme, die große Zahlen darstellen, nutzen logarithmische Skalen, deren Werte in Zehnerpotenzen (10, 100, 1000 und so weiter) zunehmen – wie auf den Skalen der Rechenschieber.

Den Rechenschieber erfand der anglikanische Geistliche William Oughtred im Jahr 1622. Henry Sutton konstruierte um 1633 ein kreisförmiges Modell und Robert Bissaker 1654 die erste Version, bei der ein Stab in einer festen Halterung gleiten konnte. Der Ingenieur Otis King aus London wickelte 1921 meterlange Skalen um einen Zylinderstab, der in die Tasche passte (unten).

OBEN: SCIENCE AND SOCIETY PICTURE LIBRARY / SCIENCE MUSEUM; UNTEN: VINTAGECALCULATORS.COM

Oughtred außer sich. Er veranlasste seine Freunde, Delamain als »schamlos« und »geistigen Taschendieb« zu beschimpfen. Der Streit setzte sich bis zu Delamains Tod fort. »Diese Schmach«, schrieb Oughtred einmal später, »brachte mir viele Nachteile.« Wer seine Erfindung in Händen hielt, brauchte keine Logarithmentafeln mehr. Er musste nicht einmal mehr wissen, was Logarithmen sind. Multiplikation erforderte nur noch, zwei Zahlen aneinanderzureihen und eine Skala abzulesen. Rechenschieber waren schnell und leicht zu transportieren.

Obwohl eine grandiose Idee, brauchte das Gerät dennoch zwei Jahrhunderte, um sich durchzusetzen. »Für ein paar Schillinge«, beklagte noch 1850 der französische Mathematiker Augustus de Morgan die geringe Verbreitung, »könnten viele Leute einige Hundert Mal so viel Rechenkraft in ihre Taschen stecken, als sie im Kopf haben.«

In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde der Rechenschieber verbessert und erweitert. Peter Roget, der Erfinder des Thesaurus, beschrieb 1814 in einem Vortrag vor der Royal Society den von ihm erfundenen Log-Log-Rechenschieber. Damit konnte er sogar fraktionale Potenzen und Wurzeln berechnen – etwa 30,6 hoch 2,7. Der Nutzen des Log-Log-Rechenschiebers wurde jedoch erst nach 1900 erkannt, als Chemiker, Elektroingenieure und Physiker mit immer komplizierteren mathematischen Formeln konfrontiert wurden.

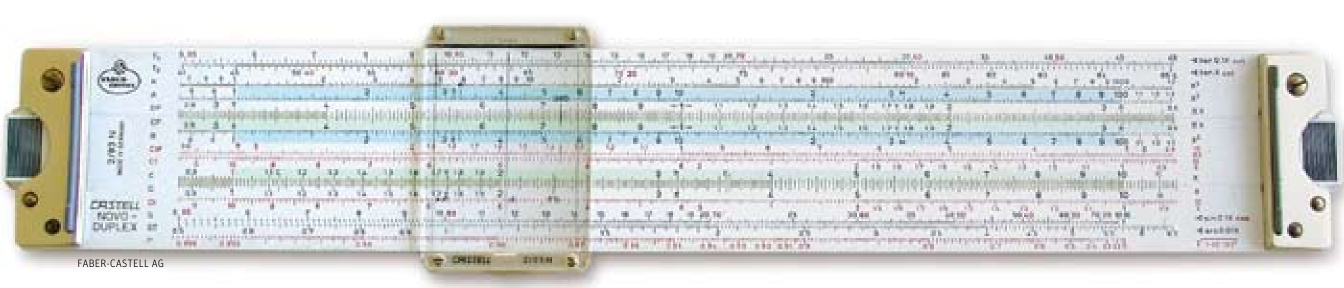
Es bedurfte eines 19-jährigen französischen Artillerieleutnants – Amédée Mannheim –, um den Rechenschieber weithin populär zu machen. 1850 wählte er die vier wichtigsten Skalen aus und fügte dem Rechenschieber einen verschiebbaren Läufer hinzu – eine Ablesehilfe, die auf beliebige Zahlen eingestellt werden konnte. Innerhalb weniger Jahre nahm sogar die französische Armee diese Geräte in ihre Bestände auf. Denn wenn die preußische Armee angriffe, wer hätte dann noch Zeit, mit einer Kanone auf den Feind zu zielen und gleichzeitig lange Kalkulationen durchzuführen?

Kreise, Scheiben und Spiralen

Mit der Zeit übernahmen Europas Ingenieure, Landvermesser, Chemiker und Astronomen Mannheims verbessertes Modell. Nach dem Ersten Weltkrieg setzten es auch amerikanische Wissenschaftler ein. Fast alle Rechenschieber – bis auf die ganz billigen – zeigten Quadratzahlen und Quadratwurzeln an, Kubikzahlen und Kubikwurzeln, inverse Zahlen, Sinus und Tangens. Die besten warteten sogar mit hyperbolischen Funktionen auf, mit denen sich etwa Vektoren und Kettenkurven berechnen ließen, beispielsweise für die Konstruktion von Hängebrücken. Um die Instrumente noch genauer zu machen, fügten die Hersteller Lupen hinzu, mit denen sich die Skalen detaillierter einstellen und ablesen ließen, unterteilten die Skalen noch feiner und verlängerten das Instrument. Zudem trugen sie Napiers Logarithmen auf kreis-, spiral-, scheiben- oder zylinderförmige Rechenhilfen auf. 1921 wickelte der Londoner Ingenieur Otis King eine gut 1,50 Meter lange logarithmische Skala sogar um einen Zylinder von rund 2,5 Zentimeter Durchmesser, der gut in die Tasche passte.

Ingenieure rühmten sich ihrer Berechnungen mit vierstelliger Genauigkeit. Für noch größere Präzision mussten sich Wissenschaftler einen so genannten Fuller-Kalkulator zulegen – damals die genaueste mechanische Rechenhilfe: Eine 12,50 Meter lange Spirale schlängelte sich um einen hölzernen, gut 30 Zentimeter langen Zylinder. Dank seiner speziellen Anzeige hatte der Fuller-Kalkulator die Präzision eines Rechenschie- ▷

Einer der schönsten und beliebtesten Rechenschieber aller Zeiten: der Faber-Castell 2/83N



FABER-CASTELL AG

IBM

Als »Computer« wurden ursprünglich Menschen bezeichnet, die ihre Zeit mit Berechnungen von Zahlen verbrachten. Bis in die 1960er Jahre benutzten sie dazu meist Rechenschieber. Das änderte sich, als elektronische Taschenrechner und digitale Computer aufkamen.

bers von 25,3 Meter Länge, was fünfstellige Genauigkeit lieferte. Das Gerät konnte auch mit einem gravierten Nudelholz verwechselt werden.

Mangels Alternativen übernahmen auch die Ingenieure der Technikära den Rechenschieber. Hersteller versahen ihn mit zusätzlichen Markierungen, die das Rechnen beschleunigten. Auf den Skalen fanden sich nun auch die Konstanten Pi, Pi/4 und *e* (Basis des natürlichen Logarithmus), und zuweilen gab es Markierungen, um Inch in Zentimeter oder Pferdestärken in Watt umzurechnen. Zudem erschienen Modelle für Spezialisten: mit Molekulargewichten für Chemiker, mit Hydraulikformeln für Schiffbauer oder mit radioaktiven Zerfallskonstanten für Kerntechniker.

Um 1945 war bei Ingenieuren der Log-Log-Duplex-Rechenschieber weit verbreitet. Mit bis zu 12 Skalen auf jeder Seite versetzte er seine Besitzer in die Lage, eine Zahl mit einer beliebigen anderen zu potenzieren und trigonometrische Berechnungen mit Sinus-, Cosinus- und Hyperbel-Funktionen durchzuführen. Im Zweiten Weltkrieg nutzten amerikanische Bomberstaffeln und Navigatoren, die rasch Ergebnisse benötigten, spezielle Geräte. Die US-Marine entwickelte einen Standard-Rechenschieber mit Aluminiumkörper und Plastikläufer, in den Zelluloidkarten für spezielle Anwendungen eingesetzt werden konnten – bei Flugzeugen etwa für Reichweite, Kraftstoffverbrauch oder Flughöhe.

Noch bis in die 1960er Jahre konnte man keine Ingenieurausbildung abschließen, ohne auch einen einwöchigen Kurs im Gebrauch von Rechenschiebern absolviert zu haben. In jedem Fachbereich für Elektrotechnik hingen sie in Lederhüllen an den Arbeitsplätzen. In Seminaren konnte man sehen, wer die Zahlen des Referenten nachprüfte. Hightech-Firmen verschenkten sie mit eingravierten Markenzeichen an Kunden.

Vergegenwärtigen Sie sich einmal, welche technischen Meisterleistungen ihre Existenz der Tatsache verdanken, dass zwei Stäbe aneinander entlangglitten: das Empire State Building, der Hoover-Damm, die geschwungenen Kurven der Golden Gate Bridge, Automatikgetriebe von Autos, Transistorradios, die Boeing 707. Wernher von Braun, Erfinder der V2-Rakete sowie der Saturn V, verließ sich auf einen recht einfachen Rechenschieber der Marke Nestler. Die Firma Pickett stellte Modelle her, die sogar bei jeder Apollo-Mission zum Mond für den Notfall mitgeführt wurden. Der sowjetische Raumfahrtingenieur Sergej Korolew benutzte bei der Entwicklung der Sputnik- und Wostok-Raumsonden ein Nestler-Modell. Auch Albert Einstein bevorzugte diese Marke.

Doch Rechenschieber haben eine Achillesferse: Standardgeräte sind nur auf drei Ziffern genau. Das genügt vollauf, wenn es darum geht, wie viel Zement benötigt wird, um im Boden ein Loch zu füllen. Doch für die Berechnung der Flugbahn einer Raumsonde auf Mondkurs reicht es nicht. Und was noch schlimmer ist: Man muss die Dezimalkommastelle im Kopf behalten. Wenn der Läufer auf »346« steht, kann das 3,46, 3460 oder 0,00346 bedeuten.

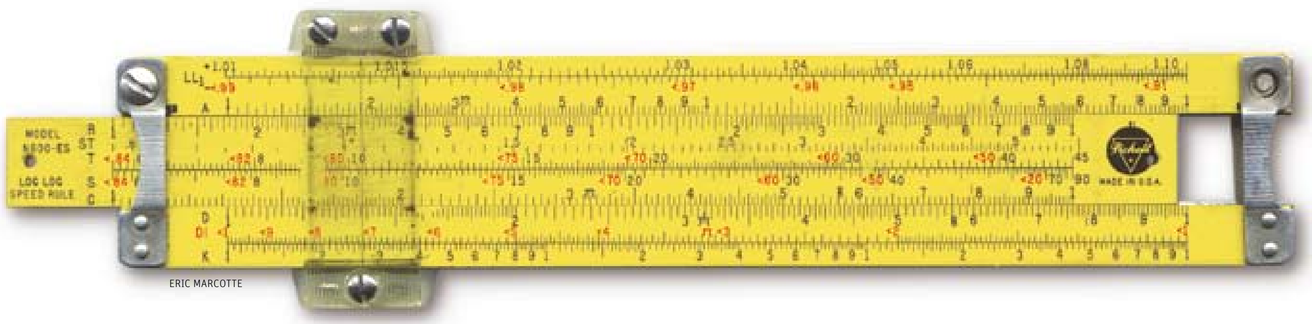
Die Stolperfalle der falsch gesetzten Dezimalkommastelle veranlasste jeden verantwortungsbewussten Ingenieur, seine Ergebnisse zweimal zu überprüfen. Zunächst schätzte er das ungefähre Ergebnis ab, dann verglich er es mit der ermittelten Zahl. Ein positiver Nebeneffekt war, dass die Benutzer sehr gut mit Zahlen vertraut und sich der systematischen und Rundungsfehler bewusst waren – im Gegensatz zu heutigen Ingenieuren, die nur noch Computerprogramme verwenden. Wer sich mit einem Ingenieur aus den 1950er Jahren unterhält, bekommt höchstwahrscheinlich ein Loblied auf die Tage zu hören, als Berechnungen und ein tieferes Verständnis der Materie noch Hand in Hand gingen.

Statt einen Computer mit Zahlen zu füttern, hatten damalige Forscher ein Verständnis für die Feinheiten von Belastungen und Dehnungen, Spannungen und Strömen, Winkeln und Distanzen. Per Hand ermittelte Zahlen lösten Probleme auf Grund von Wissen und Analyse – nicht durch Computersimulationen. Gezwungenermaßen lernten sie auch, Probleme zu vereinfachen.

Die Kunst der Daumenregeln

Da lineare Gleichungen auf Rechenschiebern leichter zu bewältigen sind als komplexere Systeme, bemühten sich Wissenschaftler, mathematische Beziehungen zu linearisieren, wobei naturgemäß Glieder höherer Ordnung oft unter den Teppich gekehrt wurden. So kam es, dass Autoentwickler den Kraftstoffverbrauch hauptsächlich aus der Motorstärke berechneten und den mit zunehmendem Tempo steigenden Windwiderstand ignorierten. Ingenieure suchten

RICK FURR



ERIC MARCOTTE

Fahrt ins All: Der Pickett N600-ES war beim Apollo-Mondflug mit dabei.

nach Vereinfachungen und entwickelten Daumenregeln. Positiv betrachtet sparte das Zeit. Negativ war, dass diese Näherungen Fehler versteckten, Parameter überdimensionierten oder auch zu Fehlkonstruktionen führen konnten.

Da die Ingenieure sich auf grobe Berechnungen stützen mussten, gingen sie bei ihren Entwicklungen naturgemäß konservativ vor. Sie machten Mauern dicker als nötig, Flugzeugflügel schwerer und legten Brücken stärker aus. Solche Sicherheitszuschläge mögen die Verlässlichkeit und Haltbarkeit erhöht haben, verteuerten aber die Herstellung, reduzierten die Leistung und machten Produkte schwerfälliger.

Den schwierigen Umgang mit Rechenschiebern zu lernen, schreckte die breite Masse ab. Zwar gab es Lebensmittelhändler, die damit Rabatte berechnen konnten; und der Autor dieses Artikels ertappte einmal seinen Englischlehrer dabei, wie er während einer Klassenarbeit mit dem Gerät den Gewinner einer Dreierwette beim Pferderennen ermitteln wollte. Ins tägliche Leben drangen die Rechenschieber jedoch nie vor, da man mit ihnen nicht addieren und subtrahieren kann und weil es nicht jedem leicht fällt, die Dezimalkommastelle im Kopf zu behalten. So blieben die Geräte Werkzeuge für Techniker.

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts entwickelten sich mechanische Rechenmaschinen zu den wichtigsten Konkurrenten der Rechenschieber, und Anfang der 1960er Jahren begann der Siegeszug der Elektronik. Robert Ragen baute 1963 den »Friden 130« – einen der ersten elektronischen Rechner mit Transistoren. Das Gerät in der Größe eines Desktop-PCs beherrschte die vier Grundrechenarten und verblüffte damit, Ergebnisse geräuschlos mit 12-stelliger Genauigkeit zu liefern. Ragen erinnert sich daran, wie er dieses elektronische Wunderwerk ausschließlich mit analogen Werkzeugen entwickele: »Sämtliche Schaltungswerte, von den Transistorströmen bis zur Speicherauslegung, habe ich mit meinem ›Keuffel & Esser‹-Rechenschieber berechnet.« So half der Rechenschieber bei der Konstruktion eben der Maschine, die ihn überflüssig machte.

Dieser Taschenrechner HP-35 versetzte den Rechenschiebern den Todesstoß. Das Mitte 1972 von Hewlett-Packard eingeführte tragbare Gerät kostete damals 395 Dollar, enthielt sechs integrierte Schaltkreise (insgesamt sechs Chips) und war mit einem Display aus roten Leuchtdioden ausgestattet. Den Strom lieferten drei AA-Batterien oder ein Netzteil.

In den späten 1960er Jahren konnte man für ein paar hundert Dollar einen tragbaren elektronischen Taschenrechner mit den vier Grundrechenarten kaufen. 1972 präsentierte Hewlett-Packard den ersten wissenschaftlichen Taschenrechner – den HP-35 (Foto links unten). Der konnte alles, was auch ein Rechenschieber zu leisten vermochte – und noch einiges mehr. In seiner Bedienungsanleitung stand: »Wir dachten uns, Sie würden gern etwas besitzen wollen, was man sonst nur bei fiktiven Helden wie James Bond, Walter Mitty oder Dick Tracy erwarten wüde.«

Dutzende anderer Hersteller folgten. Texas Instruments nannte sein Konkurrenzprodukt »Rechenschieber-Kalkulator«. In einem Versuch, beide Techniken zu vereinigen, produzierte Faber-Castell einen Rechenschieber mit einem Taschenrechner auf der Rückseite.

Der elektronische Taschenrechner beendete schließlich die Vorherrschaft der Rechenschieber. 1975 schaltete die Firma Keuffel & Esser ihre Gravur-Maschinen ab. Alle anderen bekannten Hersteller – Post, Aristo, Faber-Castell und Pickett – stellten die Produktion ebenfalls bald ein. Nachdem mehr als 40 Millionen Rechenschieber hergestellt worden waren, endete ihre Ära. Sie wurden in Schreibtischschubladen verstaut und verschwanden nach und nach von der Bildfläche – ebenso wie Bücher mit fünfstelligen Logarithmentafeln.

Heute hängt an meiner Wand noch ein zweieinhalb Meter langer Rechenschieber von Keuffel & Esser. Einst diente er dazu, meine Kommilitonen im Physikstudium in die Geheimnisse analoger Berechnungen einzuweihen. Jetzt ist er nur noch ein surfbrettgroßer Wandschmuck – ein Zeichen der Vergänglichkeit. Spät in der Nacht, wenn es in meinem Haus still geworden ist, unterhält er sich flüsternd mit meinem Pentium: »Pass bloß auf«, warnt er den Prozessor. »Man weiß nie, wann man seinem eigenen Nachfolger den Weg bereitet.« ◁

AUTOR UND LITERATURHINWEISE

Cliff Stoll promovierte an der University of Arizona in Planetenphysik und arbeitete an verschiedenen Observatorien. Er wurde bekannt, als er in den Frühzeiten des Internets half, einen Hacker-Ring auszuheben, wie er in seinem Buch »The Cuckoo's Egg« schildert. Weitere Titel: »High Tech Heretic: Why Computers Don't Belong in the Classroom« und »Silicon Snake Oil«. Stoll befasst sich derzeit mit Kleinschen Flaschen und lehrt Physik an einer Highschool. Er lebt mit seiner Familie in Oakland/Kalifornien. Der Logarithmus der Anzahl seiner Kinder beträgt 0,301, und sie haben fast $10^{0,4772}$ Katzen.

Dennert & Pape ARISTO 1872 – 1978 mit 2 CD-ROMs. Von Klaus Kühn und Karl Kleine (Hg.). Zuckschwerdt-Verlag, 2004

Slide rules: their history, models and makers. Von Peter M. Hopp. Astragal Press, 1999

A history of the logarithmic slide rule and allied instruments. Von Florian Cajori. Erstveröffentlichung 1909, nachgedruckt von Astragal Press, 1994

Weblinks zu diesem Thema finden Sie unter www.spektrum.de/artikel/866419