Zeitschrift: Elemente der Mathematik (Beihefte zur Zeitschrift)

Herausgeber: Schweizerische Mathematische Gesellschaft

Band: 3/4/5 (1948)

Artikel: Jost Bürgi und die Logarithmen

Autor: Voellmy, Erwin

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-3642

Langsam keimt ein Gedanke

Die Geschichte der Mathematik kennt fruchtbare Gedanken, die langsam Wurzel fassen, unterirdisch keimen und mit Macht durchbrechen, wenn ihre Zeit gekommen ist, sei es in einem Kopf, sei es in mehreren Köpfen zugleich. Doch nur wenigen Gedanken eignet eine so lange Entwicklungszeit wie den Logarithmen.

Wer immer ernsthaft rechnet, sucht seine Arbeit zu erleichtern, schon um Mühe, aber auch Zeit zu sparen, endlich um der Nachprüfung willen. Der auch nur 28 mit 6 vervielfacht, zerlegt die Rechnung und fügt die Teilergebnisse zusammen. Er hat dabei die Multiplikation wenigstens teilweise durch eine Addition ersetzt, anders gesagt, eine Rechenart zweiter Stufe durch eine Rechenart erster Stufe bewältigt und damit erleichtert. Aber gänzlich hat er die höhere Stufe nicht auf die niedrigere herabsetzen können. Und doch ist das möglich!

Die erste Ahnung davon findet sich schon im Altertum, im einfallsreichen Gehirn des *Archimedes* (287 bis 212 v. Chr.); kein Wunder, weil dieser bedeutende Mathematiker und Physiker gern neue Wege wandelte, die traditionellen Schranken zwischen abstrakter Wissenschaft und angewandter Wissenschaft bewußt durchbrach, und seiner Zeit um viele Jahrhunderte, sogar um mehr als ein Jahrtausend voraus war: in seinen tiefsten Gedanken findet er Fortsetzer in Leibniz und Newton.

Dieser Prometheus der Mathematik hat einen langen Brief geschrieben, schon mehr eine Abhandlung, beginnend mit den Worten: «Etliche glauben, König Gelon, daß die Zahl der Sandkörner unendlich sei». Damit hat Archimedes nicht allein den damaligen Beherrscher von Syrakus unsterblich gemacht, sondern auch das griechische Zahlensystem erweitert, Meßapparate beschrieben, die Größe der Erde mit guter Annäherung geschätzt und dem heliozentrischen Weltbild des Aristarch von Samos das Wort geredet; vergriffen hat er sich allein in der Annahme über die Größe der Fixsternwelt. Er kam zum Schluß, daß die Zahl der Sandkörner nicht unendlich sei, weil sich eine Zahl angeben liesse, die größer wäre, als die Zahl der Sandkörner, die das Weltall ausfüllen würden; als diese Zahl nannte er, was wir heute 10^{63} schreiben, das ist eine Eins mit 63 angehängten Nullen, ein richtiges Zahlenungeheuer! Die inhaltsreiche Schrift, die den großen Geist des Archimedes widerspiegelt, wird kurz als «Sandzahl» zitiert.

In den zugehörigen Betrachtungen kommt Archimedes auf rasch ansteigende Zahlenfolgen zu sprechen wie

$$1 \quad 2 \quad 4 \quad 8 \quad 16 \quad 32 \quad 64 \quad 128 \quad \text{usw.}$$

oder

$$1 \quad 10 \quad 100 \quad 1000 \quad 10\,000 \quad 100\,000 \quad 1\,000\,000 \quad \text{usw.};$$

wir nennen solche heutzutage *geometrische Folgen* mit dem Anfangsglied 1.

Man kann sie heute allgemein schreiben, z. B.:

$$1 \quad a \quad a^2 \quad a^3 \quad a^4 \quad a^5 \quad a^6 \quad \text{usw.},$$

wobei $a = 2$ das erste und $a = 10$ das zweite Zahlenbeispiel liefert. Diese allgemeine Schreibweise war Archimedes noch versagt, weil die Griechen ihre Buchstaben als feste

Zahlen benützten: $\alpha = 1$, $\beta = 2$, $\gamma = 3$, usw. So war ihnen aus Mangel an besonderen Zahlzeichen (Ziffern) der Aufstieg zur Buchstabenrechnung verrammelt, ein Hemmnis von schwerwiegenden Folgen. Auch der große Geist des Archimedes überwand diese Schranke nicht. Dennoch fand er heraus: «*Wenn von Zahlen, die von der Einheit ab in festem Verhältnis stehen, irgend zwei miteinander multipliziert werden, so wird auch das Produkt derselben Zahlenfolge angehören, und zwar wird dieses von dem größeren der beiden Faktoren ebenso weit abstehen, wie der kleinere von der Einheit in der Zahlenfolge absteht; von der Einheit aber wird es um eine Stelle weniger weit abstehen, als die Abstandszahlen beider Faktoren von der Einheit aus zusammen betragen*» [1].

Obwohl das gründlich gedacht und deutlich gesagt ist, sei es doch am ersten unserer Zahlenbeispiele und am Buchstabenbeispiel erläutert; denn es enthält nach heutiger Erkenntnis den ersten Keim des logarithmischen Rechnens.

Unter Abstandszahl versteht Archimedes die Nummer; daher sei diese klein über die Glieder der Folge gesetzt:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024

Das Produkt $16 \cdot 32 = 512$ läßt sich so finden: 16 ist die 5. Zahl, 32 die 6. Zahl; 256 steht von 32 ebenso weit ab, wie 16 von 1. Oder die Summe der Nummern $5 + 6 = 11$, vermindert um 1, liefert die Nummer 10, zu welcher das Produkt 512 gehört.

Noch deutlicher wird das am allgemeinen Beispiel:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	a	a^2	a^3	a^4	a^5	a^6	a^7	a^8	a^9	a^{10}	a^{11}	a^{12}	a^{13}

Nach der Wahrnehmung des Archimedes gehört $a^3 \cdot a^8 = a^{11}$ ebenfalls der Folge an; $4 + 9 - 1 = 12$ ist die zugehörige Nummer. Weil er die Potenzschreibweise $a \cdot a \cdot a = a^3$; $a \cdot a \cdot a \cdot a \cdot a \cdot a \cdot a \cdot a = a^8$ nicht kennen konnte, ging er um Haaresbreite neben dem einfacheren Gesetz vorbei, welches mit $3 + 8 = 11$ unmittelbar das Produkt a^{11} anzeigt.

Hätte Archimedes auch das gefunden, so wären die Logarithmen schon im 3. vorchristlichen Jahrhundert entdeckt worden, zu einer Zeit also, die für eine so gewaltige Entdeckung noch gar nicht reif war!

Die antike Welt ging unter. Nur zögernd entwickelte das Mittelalter eine Kunst des Rechnens, gehemmt auch durch die römischen Ziffern, welche wirklich für die Praxis wenig taugen: wer es nicht glaubt, möge 967 mit 23 multiplizieren oder durch 37 dividieren, aber alles in römischen Zahlzeichen! Man stand allgemein in der Rechenfertigkeit nicht viel höher als unsere Primarschüler, wenn sie am Zählrahmen üben; mit einem Vorfahren dieses Gerätes, dem Abacus, behalf sich auch das Altertum, und hernach die mittelalterliche Welt mit Rechentischen und Rechenpfennigen; das Rechenbrett spielt noch eine sprichwörtliche Rolle in den Redensarten: bei jemand einen Stein im Brett haben; jemanden einen Stein in den Garten(!) werfen. Erst der arabische Einfluß half weiter; er brachte dem Abendland die indischen Ziffern mitsamt der vorher entbehrten Null.

Es ist ungewiß, ob jemand die angefangene Entdeckung des Archimedes wieder ausgrub und verwendete. Eine schwache Spur findet sich bei *Johannes Nemorarius*, der mit dem deutschen Dominikanergeneral *Jordanus Saxo* († 1237) identisch sein soll,[2]) und dessen wenige Bücher arabischen Einschlag bekunden. Er verwendet die archimedische Regel beim Multiplizieren von Sexagesimalbrüchen wie $\frac{1}{60}$, $\frac{1}{3600}$, den babylonischen Vorläufern unserer Dezimalbrüche; dabei scheint er einem schon vorhandenen Brauch zu folgen, der die «Nummern» des Archimedes um 1 erniedrigt und so die Regel vereinfacht[3]), ohne indessen die Potenzen zu kennen. Für diese gab es noch 1494 bei dem berühmten *Luca Pacioli,* in dessen Hauptwerk «Summa» erst Wortbezeichnungen: cosa für x, censo für x^2, cubo für x^3.

Aber ein Zeitgenosse des Italieners, der französische Arzt und Mathematiker *Nicolas Chuquet,* um 1484 in Lyon, gelangte weiter. In seinem handschriftlich überlieferten, niemals gedruckten Werk «*Triparty en la science des nombres*» schrieb er kühn 12^0, 12^1, 12^2, 12^3 und meinte damit 1, $12x$, $12x^2$, $12x^3$; er benannte die Potenzen mit nombres premiers, seconds, tiers, quartz usw. Folgerichtig stellte er eine Doppelfolge auf wie

$$\begin{array}{ccccccccc} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & \dots \\ 1 & 3^1 & 3^2 & 3^3 & 3^4 & 3^5 & 3^6 & 3^7 & \dots \end{array}$$

Die oberen Zahlen nannte Chuquet die «dénominations»[4]) der untern, also ungefähr ihre «Nenner». So kam er zum Satz: *Das Produkt zweier Glieder der unteren Folge ist ein Glied derselben Folge und zwar ist sein Nenner gleich der Summe der Nenner der Faktoren.* Aus der einfachen Folge des Archimedes wird bei Chuquet eine doppelte Zahlenfolge!

Damit ist der langsam aufwärts drängende Keim des logarithmischen Rechnens schüchtern ans Tageslicht getreten. Zum heutigen Baum fehlen ihm aber noch Stamm und Krone.

Ungeachtet der schwachen Verbreitung von Chuquets Werk ging die einmal gewonnene Regel nie mehr ganz verloren. Sie tauchte bei einem halben Dutzend oder mehr «Cossisten» (so benannt nach der Unbekannten, der «cosa», also Algebraiker oder auch Rechenmeister) wieder auf[5]), doch eben nur als Regel. Einen Sonderfall kennt auch heute jeder Rechner: wenn man Stufenzahlen wie 10 000 und 100 000 zu multiplizieren hat, so zählt und addiert man vorteilhaft die Nullen; $4 + 5 = 9$, also 1 000 000 000. Das aber ist gleichbedeutend mit der Rechnung $10^4 \cdot 10^5 = 10^9$, d. h. man hat mit den Zehnerlogarithmen der Potenzen eine Addition anstelle einer Multiplikation ausgeführt.

Einen wichtigen Fortschritt in der Einsicht erzielte 1544 der ehemalige Augustinermönch und nachmalige lutherische Wanderprediger *Michael Stifel* (Esslingen 1486 oder 1487 — Jena 1567), ein gar merkwürdiger Geselle und hochstehender Mathematiker. In seiner «Arithmetica integra» setzte er die Doppelfolge auch nach links fort:

$$\begin{array}{ccccccccccc} \dots -4 & -3 & -2 & -1 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \dots \\ \dots \frac{1}{16} & \frac{1}{8} & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & 1 & 2 & 4 & 8 & 16 & 32 \dots \end{array}$$

Er nannte die oberen Zahlen «exponentes», die Ausgesetzten. Es ist leicht wahrzunehmen, daß die Regel noch gilt. Damit verband Michael Stifel ein tieferes Eindringen:

«Addition in der arithmetischen (oberen) Folge entspricht der Multiplikation in der geometrischen, ebenso Subtraktion in jener der Division in dieser. Die einfache Multiplikation in der arithmetischen Folge wird zur Multiplikation in sich (Potenzierung) bei der geometrischen Folge. Die Division in der arithmetischen Folge ist dem Wurzelziehen in der geometrischen Folge zugeordnet, wie die Halbierung dem Quadratwurzelausziehen.»[6])

Das ist nicht weniger als eine vollständige Aufzählung der Regeln des logarithmischen Rechnens mit der klaren Einsicht in die Erniedrigung der Rechenoperationen. Michael Stifel ist der erste Mathematiker, der die Theorie des logarithmischen Rechnens klar eingesehen und ausgedrückt hat.

Was fehlt denn noch? Vom rein theoretischen Standpunkt aus der einwandfreie Beweis, vom praktischen aus aber weit mehr! Die beiden Zahlenfolgen sind für das wirkliche Rechnen zu lückenhaft; man kann mit dem vorigen Beispiel nicht einmal $2 \cdot 5$ oder $3 \cdot 3$ bewältigen; zuviele Zahlen fallen in die gewaltigen Zwischenräume, z. B. zwischen 32 und 64; man denke dabei nicht allein an die Ganzen, sondern auch an die unerschöpfliche Menge der Brüche zwischen 1 und 2! Es mangelt die *Verdichtung* der Zahlenfolgen, ein für jene Zeit noch zu schwieriges Problem. Es fehlten die zweckmäßigen Zeichen für die einzuschiebenden Zahlen: die Dezimalbrüche. Um 1544 waren die Männer noch nicht geboren, welche diese technische Aufgabe bewältigen sollten.

Über die Zwischenzeit hinweg die tiefere Einsicht Stifels gerettet zu haben, ist das Verdienst des Mathematikers *Simon Jacob* († 1564); er hat die Bemerkungen Stifels genau und für die damalige Zeit leicht verständlich wiedergegeben, schließend mit: «... letztlich was dort ist Radicem extrahiern, das ist hie schlechts Diuidiern mit der zal die der Radix in Ordnung zeigt.»

Was man von Jost Bürgis Leben weiß

„Wir Wilhelm von gotts gnaden landgrave zu Heßenn, grave zue Caczenelnpogen etc., thun kunth und bekennen hirann, das wir unsern lieben getreuen Joist Burgk von Liechtensteig aus Schweicz zu unserm auermacher und diehner auf- und angenommen haben, und thun daselbig hirmitt und in craft dis brifs, derogestalt und also, das ehr unser auermacher und diener unser auerwerk klein und groß allesampt in gang erhalten, anrichten und keinswegs in abgang kommen laßen und was daran zerbricht oder zu beßern ist, uff seinen coisten jederzeith wider machen, das darann durchaus kein mangel seie, und sonsten in sachen, darzue wir ihne seiner kunst nach zu geprauchen wißen, sich jederzeith wilfährig, unverdroßen und vleißig befinden laßen, unser treu, hold, gehorsam und gewertig sein und alles dasjenig thun, so ein treuer auermacher und diener seinem hern schuldig und pflichtig ist, in maßen er uns solches gelobt und geschworen und deßen seinen reversbrief ubergeben hatt. Darentgegen und von solches seins diensts wegen sollen und wollen wir ihme jedes jars, so lange diße unsere Bestallung wehret, handreichen und geben laßen dreißig gulden gelts durch unsern cammerschreiber, eine gewöhnliche Hoifkleidung und die coist zue hoif bei andern unsern werkmeistern, darzue freie wohnung und herberg in unser munz oder sonsten unser gelegenheit nach und noitturftig holz und kohlen zue seiner befeurung und behuf seines handwerks. Wenn ehr uns aber außer unser auerwerk ein neu werk macht, daßelbe soll ihme von uns in zimlichen pillichen[7]) werth bezahlet werden. In urkunth haben wir uns mit aigen handen underschriben und unser sekrett hiruff getruckt. Signatum Caßel den 25ten julii anno etc. 1579.

Wilhelm landgrave zu Heßenn."

So lautet die erste offizielle Kunde über Jost Bürgi, zusammen mit seinem Reversbrief aufbewahrt im preußischen Archiv zu Marburg in Hessen. In der Bestätigung schreibt sich der Lichtensteiger so, wie es hier durchwegs geschieht, *Jost Bürgi.* Sein Name ist in den Schriftstücken aus jener Zeit vielfach entstellt, auch etwa als Byrgius latinisiert, aber aus der Heimat ist die Form wohlbezeugt; der letzte Träger des Namens, Karl Bürgi, starb 1921; mit ihm erlosch eine alteingesessene Familie.

Erst aus späteren Angaben erfährt man, daß Jost Bürgi am 28. Februar 1552 zu Lichtensteig geboren worden ist. Zwischen diesem Datum und der Anstellung am hessischen Hofe zu Kassel klafft also eine bedenkliche Lücke von 27 Jahren! Man weiß nicht, welche Schul- und Berufsbildung der junge Jost daheim genossen (eine recht geringe, vermutet Kepler), wann und weshalb er auswanderte und wie er nach Kassel kam. Er mag ungefähr dem Rhein gefolgt sein, als Uhrmachergeselle von Stadt zu Stadt wandernd; er mag sich in Basel als Schiffsknecht verdingt haben... In Basler Zunftberichten ist er nicht nachweisbar und ebenso wenig in Zürich.

Nur ein Punkt auf diesem langen Wege hat eine gewisse Wahrscheinlichkeit für sich. In *Straßburg* wurde am Münster von 1570 bis 1574 die zweite astronomische Uhr gebaut, ein vielbestauntes Wunderwerk der damaligen Technik, und zwar fast ausschließlich von schweizerischen Händen. Sie war das Werk der Brüder *Isaak* und *Josua Habrecht* aus Dießenhofen, deren Vater Joachim Habrecht sich schon in Bern einen Namen gemacht hatte, da er die Uhr des Zytglockenturmes wieder herstellte. Den malerischen Schmuck steuerte Tobias *Stimmer* bei. Die für das Straßburger Werk nötigen Berechnungen lieferte zuerst der dortige Mathematiker Christian *Herlin,* nach dessen Tode aber sein Nachfolger und Schüler *Konrad Dasypodius* (Rauchfuß) aus Frauenfeld. Die große Arbeit bedurfte vieler Hände; es ist nicht abwegig zu denken, daß die Habrechte sich Hilfe aus der Heimat holten. So war Straßburg während dieser Zeit das Mekka der Mathematiker und Uhrmacher; es wird weder an Gesellen, noch an bewundernden Laien und kritischen Astronomen gefehlt haben, unter den einen könnte sich Bürgi, unter den andern der Liebhaberastronom Wilhelm IV. von Hessen befunden haben. Das Werk hielt 215 Jahre stand, und das heutige benützt noch sein kunstvolles Gehäuse.

Der gelehrteste unter Bürgis Biographen, der in Zürich wirkende Astronom *Rud. Wolf,* vermutete in seiner Geschichte der Astronomie, Professor K. Dasypodius habe Bürgi einen Empfehlungsbrief an den Landgrafen mitgegeben. Ebenso gut möglich ist auch, nach R. Wolf, eine persönliche Berührung der beiden in oder bei Straßburg. Für diese zweite Lesart spricht, daß die Bestallung an einen «lieben und getreuen» Jost Bürgi ergeht. Nun mag das eine Höflichkeitsformel sein, doch schwerlich ohne allen Inhalt. Es spricht daraus etwas wie persönliche Bekanntschaft, zum mindesten das Bestreben des Landgrafen, zwischen ihm und seinem Uhrmacher ein engeres Dienstverhältnis aufzurichten, so eng, wie es der Abstand zwischen dem feudalen Herrn und dem Handwerker nur immer gestattete. Gefühlsmäßig darf man das um so eher so auffassen, als dieses Verhältnis in der Tat lange gedauert hat und ungetrübt geblieben ist; es übertrug sich sogar auf Sohn und Enkel des Dienstherrn.

Für einen Aufenthalt Bürgis in Straßburg spricht noch ein bisher wenig beachteter Grund. Dort ist die einzige Hochschule auf Bürgis Weg, wenn man von Basel absieht. Wo in aller Welt sollte sich der junge Toggenburger sein erstaunliches mathematisches Wissen erworben haben! In Straßburg könnte er neben seiner Gesellenarbeit an der Münsteruhr zu Herlins Füßen gesessen oder bei Dasypodius Belehrung gesucht haben; mit beiden mag er gerade durch seine Arbeit an der Uhr zusammengekommen sein.

Es ist nicht von der Hand zu weisen, daß Bürgi sich auch in Kassel weiterbilden konnte. Er arbeitete dort unter dem Hofastronomen *Rothmann;* er hatte so Gelegenheit, mathematische Werke einzusehen. Daß er aber bald einmal fähig war, Rothmann zu vertreten, zeigt doch wohl, daß er den Grundstock seines Wissens in früheren Jahren schon erworben, und eben dafür ist Straßburg als Bildungsort wahrscheinlich. Wenn nicht neue Urkunden entdeckt werden, und das ist nach zwei verheerenden Kriegen unwahrscheinlich, wird diese Frage ewig offen bleiben. In Kassel z. B. ist die ganze auf Bürgi bezügliche Literatur des Landesmuseums bei einem Bombardement verbrannt.

Über den Fortgang sind wir unvergleichlich besser unterrichtet, obwohl die Quellen spärlich fließen. Der oben so ausführlich wiedergegebene Vertrag zeichnet Bürgis Leben in großen Zügen vor. Unser Schweizer wurde und blieb Hofuhrmacher; er diente unter zwei Landesfürsten.

Bürgis erster Dienstherr war ein ernsthafter und ehrgeiziger Astronom, der Astrologie durchaus abgeneigt, also für jene Zeit ein seltener Vogel. Die Erstellung eines Sternkataloges war sein Ziel. Bürgi hatte die astronomischen Uhren in Ordnung zu halten, beteiligte sich aber bald auch an den Beobachtungen unter Rothmann und wurde dadurch unentbehrlich.

In der Folge verheiratete sich Bürgi in Kassel. Von seiner Frau weiß man allerdings nur, daß sie aus der Familie *Bramer* stammte; die Ehe blieb offenbar kinderlos und endete mit dem Tode der Frau im Oktober 1609. Doch wenigstens zu einem Pflegesohn verhalf sie unserm Uhrmacher. Der Schwiegervater Bramer starb am 10. Juli 1591 an der Pest und hinterließ einen dreijährigen Knaben Benjamin. Diesen nahm Bürgi zu sich, zog ihn auf und unterrichtete ihn in Mathematik. *Benjamin Bramer* half Bürgi bei kleineren Arbeiten, begleitete ihn später nach Prag und kehrte mit ihm 1609 nach Kassel zurück. Erst nachher trennten sich ihre Wege: Bramer wurde vom Landgrafen als Baumeister und Geometer in Marburg, Kassel und Ziegenhain verwendet. Er starb 1650. Zum Unterschied von seinem Pflegevater, dem er sehr anhing, war er schreibselig; er hat sehr viel veröffentlicht, und wir verdanken ihm manche Mitteilung über seinen Lehrer [8]).

Jost Bürgi ging am 17. Juni 1611 eine zweite Ehe ein mit Catharina, Hieronymi Oerings widbe (Witwe); diese zweite Frau überlebte ihn um einen halben Monat und blieb ebenfalls kinderlos[9]). Benjamin Bramer ist der einzige bekannte Erbe.

Im Häuserverzeichnis von Kassel wird 1623 erwähnt: «Brinckgasse (Nr. 96), Hausnummer 616: Jost Bürgi, klein Uhrmachers Haus steht zu». Damals war Bürgi in Prag. Der Hauskauf aber steht in Verbindung mit seiner Einbürgerung (1591) in der Stadt Kassel: Hofangestellte mußten sich einbürgern. Das Haus wurde später ermittelt als das Gasthaus zur Stadt Homberg, Nr. 60 des Grabens.

Der Ruhm des kunstreichen Handwerkers scheint bis an den kaiserlichen Hof gedrungen zu sein. Am 14. März 1592 schrieb Kaiser Rudolf II. (1552—1612), der in Prag ein schwächliches Regiment führte, jedoch ein großer Kunstliebhaber und Gönner war, an seinen Onkel, den Landgrafen Wilhelm IV., daß er ihm Bürgi mit einer Uhr, welche die Planetenbewegung darstelle, zusenden möge. Gefalle ihm die Uhr, so wolle er sie kaufen, zum mindesten aber die Reise vergüten. Der Landgraf mußte diesem Wink gehorchen, betonte aber, daß er Bürgi nicht entbehren könne. Am 10. Juni kam Bürgi in Prag an mit einem silbervergoldeten Globus, der ein Uhrwerk enthielt und den Lauf der Sonne samt dem Auf- und Untergang der Sterne anzeigte; die Planeten werden nicht ausdrücklich erwähnt. Die folgenden Tage brachte Bürgi damit zu, daß er die ganze Einrichtung überprüfte und einige Sterne durch rote Farbe hervorhob. Vorgelassen wurde er am 4. Juli, vermutlich neuen Stils. Außer dem «schön Uhrwerk» übergab Bürgi dem Kaiser noch ein anderes Geschenk, einen Zirkel eigener Erfindung, nach späteren Angaben einen Proportionalzirkel. Über beide Geschenke zeigte sich der Kaiser hocherfreut; er ließ Bürgi ein Ehrengeschenk von 300 Talern anweisen. Wie das bei Hofe so Brauch war, mußte sich der Beschenkte nachher darum bemühen, daß ihm der Betrag auch wirklich ausbezahlt wurde; das erreichte er am 27. Juli neuen Stils (= 17. Juli alten Stils). Darnach begab er sich auf eine langsame Rückreise über Nürnberg und Augsburg nach Bayern; denn er hatte auch dessen Herzog Wilhelm V. ein Meßwerk und eine Reiseuhr als Geschenk des hessischen Landgrafen zu überreichen. Das eine Stück scheint ein Musikautomat gewesen zu sein; denn Bürgi mußte unterwegs noch die zugehörigen kleinen Glocken beschaffen.

Heimgekehrt, traf Bürgi seinen Dienstherrn nicht mehr am Leben; Landgraf Wilhelm war am 25. August 1592 gestorben. Ihm folgte sein Sohn Moriz, und obwohl dieser nicht ganz die astronomischen Neigungen seines Vaters teilte, ließ er doch die Sternwarte bestehen und erneuerte auch am 1. Januar 1593 den Vertrag mit Bürgi. Die neue Bestallung ist beinahe eine Abschrift der alten. Nur von freier Wohnung ist nicht mehr die Rede: Bürgi war inzwischen bereits Hausbesitzer geworden.

Im folgenden Jahrzehnt muß Bürgi zweimal nach Prag fahren, um die überbrachte Uhr zu reparieren oder zu regulieren, so 1596 und 1604; das erstemal hält er sich nur kurz dort auf, das zweitemal jedoch vom Mai bis gegen Jahresende. Er scheint, daß ihn der Kaiser anforderte, um ihn in seinen Dienst zu nehmen. Bestimmt wissen wir das erst durch ein kaiserliches Schreiben anfangs 1605 an den Vetter Landgrafen. Moriz antwortete am 4. Februar 1605 zusagend, aber Aufschub verlangend: er benötige Bürgi noch zum Fertigstellen angefangener Arbeiten. Damit erreichte er eine merkliche Verzögerung. Erst am 23. Dezember trat Bürgi in des Kaisers Dienst; er wurde zum Cammeruhrmacher mit einem Monatsgehalt von 60 Gulden ernannt, aber erstmals ausbezahlt am 15. Mai 1605. Er bekam Wohnung und Werkstatt in der kaiserlichen Burg, dem Hradschin, dazu zwei Gehilfen; der eine hieß Heinrich Stolle. In Prag eingebürgert wurde Bürgi erst 1610 [10]).

Doch verzichtet der Landgraf Moriz keineswegs auf einen so geschätzten Untertan. Im Jahre 1606 schreibt er «unserm uhrmacher und lieben, getreuen Jost Bourgj, anjetze zu Prag», ja er bittet ihn um seine Hilfe in einer peinlichen Angelegenheit: der kaiserliche Vetter schmollt und will nicht einmal den hessischen Gesandten vorlassen! Deshalb soll Bürgi seinen Einfluß beim Kaiser gebrauchen, damit der kleine Zwist beigelegt werde. Man sieht, wie hoch Bürgi beiderseits in Gunst steht. Wie er sich dieses diplomatischen Auftrages im einzelnen entledigt hat, weiß man nicht. Merkwürdigerweise ließ sich der Kaiser bewegen, die einträgliche Aufsicht über das katholische Stift Hersberg dem Sohne des Landgrafen, dem Prinzen Otto und damit einem Protestanten zu übertragen. Das zur Zeit, da Steiermark einen Kepler wegen seines Glaubens vertrieb.

Wenn man aus solchen Ereignissen auf Bürgis Charakter zurückschließen darf, so kann man sich nicht des Eindruckes erwehren, daß der biedere und schlichte Eidgenosse auf die großen Herren ähnlich gewirkt habe, wie 1646—48 der Basler Bürgermeister Johann Rudolf Wettstein im Kreise der viel glänzender ausgestatteten Gesandten, durch seine Lauterkeit und Unbestechlichkeit: eine Kontrastwirkung. Dabei fehlte es unserm Toggenburger nicht an Mutterwitz und Eigensinn. Dafür sind zwei kleine Proben überliefert. Bürgi wies ein Aktenstück zurück, worin der Notarius ihn als kaiserlichen Astrologen zubenannt hatte; er unterzeichnete es erst, nachdem das anstößige Wort in Astronom umgeändert war. Der nachmals so mächtige Wallenstein trat durch einen Sendboten an Bürgi heran: er wollte ein Horoskop haben. Bürgi antwortete: «Eure vorgeblichen Thematas sind Absurditäten, die nur für Esel und Dummköpfe passen».

Ein Kapitel für sich bilden allerdings die verschiedenen Rechtshändel, die Bürgi zu führen hatte, da ihn der Handel mit Gold und Edelsteinen für seine Kunstwerke mit einigen Figuren minderen Charakters zusammenbrachte. Man hat über Bürgi ebenso viele Akten aus Prozessen als andere; doch soll hier nicht darauf eingegangen werden. Ganz ohne Einbußen liefen alle diese Streitigkeiten nicht ab. Sie waren wohl unerwünschte Früchte des Handels mit Edelsteinen, sozusagen Betriebsunfälle, und geradezu häufig in jener Zeit; sie scheinen Bürgi in den Augen seiner Zeitgenossen nicht geschadet zu haben.

Unter dem 3. Februar 1611 verzeichnet das Reichssiegelbuch zu Wien: Nobilitatio und Wappen für Jobsten Burgi, cammeruhrmacher. Der Text läßt erkennen, daß es sich um ein gemehrtes und gebessertes Wappen handelt. Das ganze ist kaum mehr als eine Geldangelegenheit. Im selben Jahr muß Bürgi wieder in Kassel gewesen sein, da er dort zum zweitenmal heiratete, um 1617 abermals für geraume Zeit, da er den Prinzen Hermann in Astronomie unterrichtete, wozu er sich einen Globus aus der landgräflichen Sammlung erbat.

Aus Prag wiederum vernehmen wir, daß der berühmte Hofkupferstecher *Egidius Sadeler* 1619 den eben 67 Jahre alt gewordenen Uhrmacher an dessen Geburtstag nach dem Leben zeichnete und auch sehr lebendig wiedergab; der Stich, den er darnach verfertigte, diente einem Buche Bramers als Medaillon im Titelkupfer, der im übrigen von Anton Eisenhaut herrührt. (Siehe Abbildung auf Seite 1)

War es Bürgi wirtschaftlich schon in Kassel gut ergangen, so steigerten sich seine Einkünfte noch in Prag. Er hatte sich dort auch das Schneiden von Kristallen angeeignet und wußte sie zu Globen zu verwenden. Aber sein Hauptgewinn war nicht materieller, sondern geistiger Natur: Bekanntschaft, ja Freundschaft mit dem hochstehenden Menschen und Gelehrten *Johannes Kepler.*

Das war ein Mann nach seinem Herzen, und er konnte ihn auch ergänzen. Wegen seiner schwachen Augen nahm Kepler gern die Hilfe eines so geschickten Beobachters an; er schätzte nicht allein Bürgis geschickte Hand, sondern auch sein mathematisches Wissen; ehrend erwähnt er ihn in seinen Briefen. In schroffem Gegensatz zu Aristoteles, der die quantitas der Dinge über der qualitas stark vernachlässigte, hielt es Kepler mit der durch Erfahrung und Messung gewonnenen Naturerkenntnis; er bemühte sich, die ins Dunkel gehüllten Dinge ins Licht klarer Erkenntnis zu ziehen; für ihn existierten mathematische Gestalten als Urbilder im Geiste Gottes von Ewigkeit her. Ihm erst gelang die große Leistung, die Naturwissenschaft hinwegzuführen über das riesengroße Hindernis, das ihr Aristoteles bereitet hatte durch den Satz: «Es gibt keine stetig fortdauernde Bewegung außer der Kreisbewegung». Eine geistige Linie führt von Archimedes über Nicolaus von Cusa und Paracelsus zu Kepler und Leibniz. — Für Bürgi war es ein großes Glück, mit einem so auserlesenen Geist zusammenzukommen. Seinem Leben war so ein neuer Aufschwung beschieden.

In diese Periode von Keplers Einfluß fällt auch Bürgis endliche Veröffentlichung seiner Logarithmen; doch davon später.

Die Kaiser kamen und gingen; auf Rudolf folgte Matthias, auf diesen Ferdinand. Der Cammeruhrmacher blieb. Allmählich machte sich aber auch bei ihm das Alter fühlbar; auch hatte sich aus den böhmischen Wirren ein europäischer Krieg entwickelt. Da erinnerte sich Bürgi seiner Wahlheimat und zog 1631 nach Kassel zurück. Dort ist er am 31. Januar 1632 gestorben. Beigesetzt wurde er im Friedhof der Freiheitergemeinde, die zur Martinskirche gehörte. Kein Denkstein meldet sein Grab. Doch im Totenbuch konnte man noch lange lesen:

„Anno domini 1632. Jost Bürgi von Liechsteig aus Schweitz, seiner Kunst ein uhrmacher, aber der Erfahrung ein berümbter (am kaiserlichen hoff und fürstlichen höffen) astronom und gottselig mann, aetatis 81 anno."

In der Altersangabe irrt sich der Schreiber. Es fehlte Bürgi noch ein Monat zur Vollendung des 80. Jahres.

Uhrmacher, Astronom und Erfinder

Bei Bürgis Zeitgenossen gründete sich sein Ruhm auf die Werke seiner Hand. Weil aber der Zweck dieses Heftes in einer andern Richtung liegt, soll hier nur kurz darauf eingegangen werden, zumal andere Veröffentlichungen gutes Material bieten [11]). Kassel besaß die größte Sammlung seiner Uhrwerke, Himmelsgloben und Planetarien und bewahrt sie noch heute im hessischen Landesmuseum auf; sie sind der Zerstörung des zweiten Weltkrieges entgangen.

Es ist uns in einem Brief ein hübsches Zeugnis darüber erhalten geblieben, das etwa mitten zwischen Bürgis Zeit und der unserigen datiert. Ein Enkel des berühmten Johannes Bernoulli, genannt Johann III., hat 1768 in seinem zierlichen französischen Stil über einen Besuch der Sammlung geschrieben:

«La pièce la plus curieuse de la salle des horloges est, sans contredit, une machine astronomique automate, exécutée par l'habile Juste Byrgius, sous la direction de Guillaume IV. On ne sait ce qu'on doit admirer le plus ou de l'invention ou de l'exécution; elle cause un véritable étonnement, et plusieurs pages ne suffiraient pas pour la décrire. En l'examinant on ferait un cours assez complet d'Astronomie Ptolémaïque, et encore faudrait-il, pour la comprendre, avoir des notions peu communes d'horlogerie.»

Die hier angetönten astronomischen Kenntnisse verdankte Bürgi dem Hofastronomen Rothmann und einem Helfer namens Wittich; der täuferisch gesinnte Rothmann verließ aber bald den hessischen Hof, der ihm nicht fromm genug war; so blieb Bürgi mehr und mehr auf sich selbst angewiesen.

Die Uhr zu einem genauen Werkzeug der Astronomie zu machen, war der Ehrgeiz des gräflichen Astronomen Wilhelm und wohl mit ein Grund dafür, daß er Bürgi angestellt hatte. Noch war die Zeit der Pendeluhr nicht gekommen; aber eine durch Federn bewegte Unruhe gab es schon; in ihrer Verbesserung lag der Fortschritt. Es gelang Bürgi, eine Uhr mit Sekundenschlag und Sekundenzeiger herzustellen, indem er die Unruhe auf Sekundenschwingung einrichtete. Rud. Wolf schätzt in seiner Geschichte der Astronomie diese Neuerung so hoch ein, daß er sagt, erst darnach sei die Uhr zu einem Instrument der Astronomie und diese selbst in den Rang einer genauen Wissenschaft erhoben worden. Fälschlicherweise hat die Fama selbst die Erfindung der Pendeluhr unserm Bürgi zugeschrieben, wahrscheinlich deshalb, weil eines seiner Prager Uhrwerke nachträglich mit der Erfindung von Huygens ausgestattet worden ist.

Jost Bürgi bewährte sich aber auch als astronomischer Beobachter. Er hat am hessischen Sternkatalog mitgearbeitet, wie man durch Snellius genau weiß, und er soll 1612 in Prag einen veränderlichen *Stern* entdeckt haben. Auch Kepler schätzte ihn als praktischen Helfer. «Was bei der ersten Mondfinsternis dieses Jahres beobachtet worden ist. Auf der Hofburg in Prag stellten wir, nachdem der *Bürgische Sextant* an geeigneter Stelle eingerichtet worden war, im Beisein und unter Mithilfe von Sachverständigen die Stundenzeichen nach der Turmuhr der Kathedrale St. Veit und die Minuten nach einem tragbaren Instrument fest...» [12]). Das Pendel fehlt noch!

Um 1592 erfand Bürgi ein praktisches *Triangulationsinstrument*. Es besteht in der

Hauptsache aus drei beweglichen Skalen. Zwei sind durch ein Gelenk verbunden. Einer dieser Stäbe trägt noch ein verschiebbares Scharnier; daran hängt der dritte Stab; zum Gebrauch bildet man daraus ein Dreieck und kann nun damit verschiedene Aufgaben lösen, die auf ähnlichen Dreiecken beruhen, so Vorwärtseinschneiden nach einem Punkt, Höhen- und Distanzmessung, mit einem Wort: Meßtischverfahren. Man muß sich daran erinnern, daß das Fernrohr noch nicht erfunden war. Heute hat der Theodolit Bürgis Erfindung verdrängt. Über die vielseitige Verwendung wollte Bürgi eine Broschüre herausgeben; aber das ist bezeichnend für ihn: er hat sie nie geschrieben. Das blieb seinem Pflegesohn Benjamin *Bramer* vorbehalten. Dieser gab sie 1648 heraus [13]). Für uns ist sie wichtig durch ihren schönen Titelkupfer mit Bürgis Bildnis von Sadeler, dazu noch durch ihre «Vorrede an den günstigen Leser». Ihres geschichtlichen Wertes halber sei sie hier angeführt; weggelassen sind einige Floskeln.

„Es hat mein lieber Praeceptor und Schwager / Jobst Bürgi, ... seliger vor ungefehr 56 Jahren zum bericht seines inventierten Triangulationsinstrumentes von Anthonio Eisenhauten Kupferstechern und Goldschmieden zu Warburg / gegenwärtige figuren erstlich schneiden lassen / ... es ist aber kein bericht darbei verfertigt worden / ... weil er aber endlich willens gewesen / diesen bericht gäntzlich verfertigen zu lassen / und denselben also auch seine schöne progreß Tabulen, und die Tabula Sinuum, so er in grad / minuten und von 2 zu 2 sekunden, mit unsäglicher arbeit calculiret, auf vieler anhalten in Truck kommen zu lassen willens gewesen / wie dann 1619 sein deß Burgi Bildnuß von Aegidio Satlern ... in den Titul gestochen / weil aber die in gantz Deutschland noch wehrende grosse Unruhe / sich damals in Böhmen entsponnen / ... ist solches alles liegen geblieben [14])... So ist mir auch wol bewust daß Anno 1603 Leonhard Zubler von Zürich ein Tractätlein von einem fast dergleichen Instrument außgegeben / wie dann auch zuvor und Anno 97 (1597) Philip Damfrie einen tractat in Frantzösischer sprach zu Pariß getruckt / an den tag kommen lassen / so diesem Triangularinstrument nicht sehr ungleich / dieweil aber solche tractate nicht mehr zu bekommen / in denselben auch nicht was hierinnen gezeiget wird / zu finden / wie dann auch diese kupferstück sehr fein geschnitten / und grosse unkosten darauf gewendet worden / also hab ich diesen kurtzen bericht nach Anleitung der figuren darzu verfertigt / dem Truck untergeben / ..."

Nach diesem Vorwort erlebte Bürgi eine besonders schöpferische Zeit um sein vierzigstes Altersjahr herum; denn zum Instrument von 1592 kam, das sei hier vorweg gesagt, um 1588 die Logarithmenerfindung, wenig später wohl auch der Proportionalzirkel. Ein Grundzug eignet den Arbeiten dieser Zeit: mit der instinktiven Sicherheit des Genies geprägt, erscheinen sie alle in ihrer einmaligen und endgültigen Gestalt.

Davon stechen ab die wechselnden Formen der Logarithmen des Schotten *John Napier* und die schwankenden Ausführungen der Feldmeßinstrumente, die in den ersten Jahrzehnten des 17. Jahrhunderts überall «erfunden» wurden, sowohl die von Bramer erwähnten wie auch viele andere; um nur ein Beispiel zu nennen: der «wol erfahrne» Basler Maler *Johan Bock* konstruierte aus einem wagrechten und einem vertikalen Quadranten eine Art Theodolit. Er kam mit den Diooptern nicht gut zurecht. — Die theoretische Grundlage, der Gedanke des Meßtisches, war seit 14 v. Chr. bekannt durch den römischen Architekten *Vitruvius Pollio.*

Nun könnte sich ja Bramer um etliche Einheiten geirrt haben, als er 1648 zurückblickend «vor ungefehr» 56 Jahren« schrieb. Doch mit 1592 will er ja nicht die Erfindung des Instrumentes festlegen. sondern den Auftrag, den Bürgi dem Kupferstecher gab. Das Instrument muß älter sein. Daß Bramer sich nicht großzügig irrt, etwa um ein ganzes Jahrzehnt, bestätigt ihm unerwartet die Kunstgeschichte. Denn ihr ist der begabte vielseitige Zeichner, Stecher und Silberschmied *Anton Eisenhaut* kein Unbehannter; sie nennt 1553—1603 als seine Lebensdaten und führt unter andern erhaltenen Arbeiten ein Blatt von ihm an, die Zeichnung zum Titelkupfer (Seite 1) des Bürgi-Bramerschen Berichtes. Damit ist der Künstler identifiziert, zugleich aber ein Zeitpunkt vor 1603 festgelegt.

Gegenüber jener Feldmesserkonkurrenz scheint Bürgi nicht ganz unempfindlich geblieben zu sein; er bewarb sich um den Patentschutz der Zeit, das kaiserliche Privileg, und erhielt es am 18. Mai 1602 [15]) für zehn Jahre; schon vor Ablauf beeilte er sich am 18. November 1611, um die Verlängerung einzukommen [16]); anscheinend wurde diese gewährt am 24. Nov. 1611.

Eine andere Erfindung Bürgis trat in Konkurrenz mit einer Leistung *Galileis:* der *Proportionalzirkel!* Galileis Instrument ist ein einfacher Zirkel mit einer größeren Anzahl von Funktionsleitern und soll 1597 entstanden sein. Sein Landsmann *Leonardo da Vinci* hatte bereits vorher ein besseres Instrument wenigstens in Skizzen dargestellt: einen Doppelzirkel mit vier Spitzen und beweglichem Kopf. Dieses Instrument führte Bürgi auch tatsächlich aus; es ist der uns allen bekannte *Reduktionszirkel,* genau so, wie er im Leitfaden der Planimetrie von Gonseth und Marti, II, 78, abgebildet ist. Das ist belegt durch eine Schrift von *Levin Hulsius,* Frankfurt 1603: «Beschreibung und Unterricht des Jobst Burgi Proportionalzirckels». Auch diese Erfindungsgeschichte verdient es, der Vergessenheit entrissen zu werden. Meines Wissens sind die technischen Skizzen Leonardos viel später bekannt geworden; Bürgis Zirkel ist seine ureigene Erfindung.

Der Mathematiker

Kepler schrieb im 43. Kapitel seines umwälzenden Werkes *Astronomia nova*: «Die Sekante von 89° und die Tangente von 89° sind zusammen so groß wie die Summe der Sinus aller Grade des ganzen Halbkreises, wie uns Cardanus in seinen Büchern ‚De Subtilitate' lehrt, ... Einen Beweis dafür kündigt *Justus Byrgius* an.» Leider ist über diesen Beweis nichts bekannt. Aber die bloße Erwähnung zeigt, wie Kepler seinen Bürgi einschätzt, «der ... in mathematischer Kenntnis und Erfindungsgabe viele der dortigen Professoren übertrifft» [17]).

Durch Benjamin Bramer weiß man auch, daß Bürgi sich der großen Mühe unterzogen hatte, eine Sinustafel von 2 zu 2 Sekunden fortschreitend zu berechnen, einem unerhört kleinen Intervall, und daß sie nach Kepler sehr «scharpff», also genau war. Die damaligen Tafeln waren besonders in den hinteren Stellen oft fehlerhaft; sie zeigten im Mittel 5 Fehler auf 1000 Werte. Leider ist Bürgis Sinustafel nicht erhalten geblieben. Ihr handschriftliches Vorwort liegt unter Keplerschen Manuskripten in Pultawa!

Wiederum ist es durch einen Brief Keplers an seinen Lehrer Mästlin vom 2. April 1620 bekannt, daß Bürgi selbstentdeckte trigonometrische Beziehungen handhabte wie

$$1 + \sin 60^0 = 2 \sin^2 75^0.$$

Heutzutage verwendet man solche Beziehungen, um algebraische Summen vor dem Logarithmieren in Produkte zu verwandeln. Früher hielt man es damit umgekehrt. Der Araber *Ibn Junus* († 1009) schrieb in Worten, was wir heute ausdrücken als

$$2 \cos \alpha \cos \beta = \cos (\alpha - \beta) + \cos (\alpha + \beta) .$$

Damit legte er den Grund zu einem viel gebrauchten Verfahren. Es hieß *Prosthaphairesis*, etwa Hilfstrennung. Sogar größere Produkte können durch Abspaltung eines einfachen Faktors wie 100 oder 1000 derart umgeformt werden und erfordern alsdann nur noch Addieren und zuletzt wieder Multiplikation mit der verwendeten Stufenzahl. Mangels Logarithmen war diese Rechenerleichterung ganz willkommen. Sie nahm einen neuen Aufschwung etwa um 1500. Durch den Astronomen *Wittich*, der bei Tycho Brahe in die Schule gegangen war, lernte Bürgi das Verfahren kennen, und er bildete es weiter aus.

Seine formale Geschicklichkeit bewies Bürgi auch im Bruchrechnen: man schreibt ihm die *Erfindung des Dezimalbruches* zu. Doch ist das eine ebenso verwickelte Geschichte wie die der Logarithmen. Schon das vorgeschichtliche Altertum kennt im Zweistromland Ausdrücke wie

$$a \cdot 3600 + b \cdot 60 + c \cdot 1 + \frac{d}{60} + \frac{e}{3600} ,$$

wo die hier verwendeten Buchstaben ein- bis zweistellige Zahlen in Keilschrift bedeuten sollen; geschrieben wurde jedoch (in Keilschrift) *a b c d e*, wobei die Stellung der *Ganzen* erst noch unsicher war. Das sind die *Sexagesimalbrüche;* von ihnen haben sich bis heute erhalten die partes minutae primae als die *Minuten*, die partes minutae secundae als die *Sekunden* der Zeit- und Winkelteilung, während die partes minutae tertiae, die Tertien, ausstarben. Die Umstellung von Sexagesimalbrüchen auf Dezimalbrüche hätte an sich nahe gelegen; allein dem römischen Zahlensystem fehlte die dafür wichtigste Ziffer, die Null! Der Dezimalbruch hatte sozusagen im Freien zu warten, bis dieser Däumling im Hause angekommen war und sich heimisch gemacht hatte.

Das 16. Jahrhundert brachte eine Fülle von astronomischen und trigonometrischen Werken hervor und führte damit wenigstens die dezimale Schreibweise ein. Unsern heutigen Einheitskreis beschrieb man damals mit einem willkürlich großen Radius, z. B. $r = 10\,000\,000$, meist aber noch größer, 10^{10} und dgl. — Sinus und Cosinus waren dann einfach die zugehörigen Katheten, und ihre Quadratsumme betrug r^2.

Unsere Gewohnheit, die Winkelfunktionen als reine Verhältniszahlen aufzufassen, hat sich erst seit *Euler* durchgesetzt. Aber schon im 16. Jahrhundert haben einzelne Wissende sin und cos wenigstens für ihren eigenen Gebrauch stets durch r dividiert, so auch Bürgi; in seiner Sinustafel soll $r = 1$ gewesen sein.

Der erste Mathematiker, der folgerichtig die Dezimalbrüche als eine Fortsetzung des dezimalen Zahlensystems einführte, war *François Viète* (Viëta, 1540—1603) in seinem *Canon mathematicus* von 1579. Er schrieb und druckte zuerst die Einerziffer besonders fett, rückte sie von den übrigen ab und schließlich trennte er sie durch einen senkrechten Strich von den nachfolgenden Ziffern: er ist der Erfinder des «Dezimalbruchstriches». Aber sein Werk war wenig verbreitet und zumal in Deutschland unbekannt.

Eine größere Leserschaft erreichte der holländische Kaufmann und Ingenieur *Simon Stevin* († 1620) durch seine Schrift von 1582: *De Thiende* (frz. La disme, der zehnte Teil). Darin flehte er die Regierungen an, zur Erleichterung von Handel und Wandel in Zahl, Maß, Gewicht und Münzen ein konsequentes Zehnersystem durchzuführen; dieses umfaßte auch die Dezimalbrüche. Wenn er auch bei den Regierungen keinen Erfolg hatte, so erreichte er doch, die Dezimalbrüche stärker zu verbreiten.

Unser Bürgi dagegen konnte keine fremde Sprache lesen, wie Kepler versichert; diese Vorgänge waren ihm unbekannt, als er seine Dezimalbrüche erfand; darin kennzeichnete er die Einerziffer durch ein darüber gesetztes Ringlein. Wenn so Bürgi zwar nicht als *der* Erfinder gelten kann, so darf man ihm doch mit Tropfke [18]) die selbständige Erfindung zubilligen und betonen, daß er zur Verbreitung der Dezimalbrüche sehr viel beigetragen hat. Durch ihn bekam *Kepler* die Anregung und ebenso *Pitiscus*, von dem das Wort Trigonometrie stammt; dieser Schlesier setzte erstmals 1608 einen Dezimalpunkt hinter die Einer, es sei denn, daß *Clavius* ihm darin zuvorgekommen wäre. Der Schotte *Napier*, von dem noch zu sprechen sein wird, übernahm ausdrücklich von Pitiscus den Punkt, ersetzte ihn aber 1617 durch ein Komma. Um dieselbe Zeit, 1616, schrieb Kepler noch in seiner Faßrechnung 16(523.

So hat Jost Bürgi sicherlich einen großen Anteil an der Ausbreitung des Dezimalbruchrechnens, und manches, was die Lehrbuchverfasser bald darauf gebracht haben, dürfte sein geistiges Eigentum gewesen sein.

Das herkömmliche Rechnen war nicht allein schwerfällig in den Operationen, sondern auch belastet mit einem großen Luxus an Ziffern: 10- bis 15-stellig waren die trigonometrischen Tafeln. Es fehlte noch die Einsicht in das Maß der Genauigkeit, und es ist besonders auffallend, wie genau man die Winkel am Himmel ohne Fernrohr hätte ablesen müssen, um damit auch nur siebenstellig zu rechnen. Es wundert uns nicht, daß Bürgi auch im *abgekürzten Rechnen* vorangegangen ist, denn als Praktiker besaß er mehr Einsicht als viele Theoretiker. Tropfke [19]) erwähnt Bürgi bei diesem Gegenstand an erster Stelle unter Berufung auf Cantor [20]), der sich seinerseits auf ein nie veröffentlichtes, wenig bekanntes Manuskript Bürgis zu einer *Arithmetica* stützt. Er bringt das folgende Beispiel für die Multiplikation zweier Dezimalbrüche, wovon allerdings nur einer durch eine vorangestellte Null gekennzeichnet ist; Bürgi hatte die üble Gewohnheit, sein Ringlein oft wegzulassen.

Bürgi:		Moderner:	Zum Vergleich ausführlich:
01234			
12358		1,2358	1,2358
01234		0,12340	0,1234
0246	8	2468	2468
037	0	370	3702
06	1	62	6170
0	9	10	9872
01525		0,1525	0,15249772

Es ist zu erkennen, daß Bürgi die 5. Stelle nach dem Komma zur Sicherheit noch mitrechnet, wenn auch nicht ganz konsequent, und daß er auf alle Fälle die 4. Stelle nach dem Komma korrekt bekommt; sein Beispiel erweist sich als gut gewählt, weil die Produkte nur 0,015 ‰ voneinander abweichen. Endlich wußte Bürgi höhere Gleichungen mit der Regula falsi zu lösen.

Bei dieser tiefen Einsicht Bürgis wundert es uns nicht, daß er sich an das schwierige von Stifel und Jacob vorgezeichnete Problem wagte, deren Reihen vornahm, verdichtete und damit auf geradlinigem Wege die Logarithmen ins Leben rief.

Die «roten Zahlen»

	0	*500*
0	100 000 000	100 501 227
10	. . . . 10 000	. . . . 11 277
20	. . . . 20 001	. . . . 21 328
30	. . . . 30 003	. . . . 31 380
40	. . . . 40 006	. . . . 41 433
50	. . . . 50 010	. . . . 51 487
60	. . . . 60 015	. . . . 61 543
70	. . . . 70 021	. . . . 71 599
80	. . . . 80 028	. . . . 81 656
90	. . . . 90 036	. . . . 91 714
100	100 100 045	100 601 773
110	. . . . 10 055	. . . . 11 834

Hier *kursiv* gedruckte Zahlen sind im Original *rot.* Die dort recht klein und eng gedruckten schwarzen Ziffern sind hier des Überblickes halber in Gruppen zu je dreien zusammengefaßt.

So sieht der Anfang von Bürgis Logarithmen aus. Der steigenden arithmetischen Folge von der Differenz $d = 10$ ist eine ebenfalls steigende geometrische Folge vom Quotienten $q = 1{,}0001$ zugeordnet. (S. Beilage)

Die Anordnung zeigt zwei neue Kunstgriffe. Um das Bild übersichtlich zu halten hat Bürgi eine große Zahl sich wiederholender Ziffern unterdrückt und durch Punkte ersetzt; dazu hat die Tafel doppelten Eingang. Unser Schema gibt die linke obere Ecke wieder; nach rechts folgen Spalten, die mit *1000, 1500, 2000,* usw. bis *3500* überschrieben sind; nach unten sind es im ganzen 51 Zeilen, deren letzte die (rote) Zahl *500* trägt. Die letzte Zahl der ersten schwarzen Spalte ist gleich der ersten in der zweiten Spalte usw. Den doppelten Eingang haben die späteren Tafeln beibehalten; nur ist es seit *Newton* üblich geworden, die größeren Werte an den Seitenrand zu setzen und etwa die zugehörigen Einer an den obern Rand, wie wir es gewohnt sind.

Zunächst wundert uns die riesenhafte 10^8 als Anfangszahl der geometrischen Folge. Doch wissen wir aus Bürgis eigenen Worten, wenn auch viel später erst, daß sie als *Eins* zu lesen ist. Verblüffend einfach ist die Berechnung der geometrischen Folge. Unter jede, eben berechnete Zahl brauchte der Schreiber nur, verschiebend, ihren zehntausendsten Teil zu setzen, zu addieren, und die Hilfszahl wieder auszulöschen. So bekommt Bürgi mit Leichtigkeit die *Numeri;* er ordnet die Tafel nach den am Rande stehenden *Logarithmen,* die er in Unkenntnis dieses Wortes *rote Zahlen* nennt. Er hat also eigentlich die erste *Antilogarithmentafel* gebaut.

Nimmt man vorweg, daß die erste schwarze Zahl 1 und nicht 10^8 lautet, so kann man mit dem hier wiedergegebenen Stück bereits und so wie gewohnt 1,00 050 01 mit 1,00 060 015 multiplizieren: zu diesen schwarzen Zahlen gehören die roten 50 und 60, deren Summe 110 auf das Produkt 1,00 110 055 weist. Innerhalb seiner Tafel interpoliert Bürgi linear mittels Proportionen.

Nach dem Vorgang *Eulers* faßt man wissenschaftlich die Logarithmen als Potenzen einer festen Grundzahl auf. Wenn $b^y = x$ ist, so bedeutet $y = {}^b\log x$ den Logarithmus von x zur Basis b. Davon ist Bürgi natürlich noch weit entfernt, übrigens ebenso wie der schottische Logarithmenerfinder *John Napier.* Doch bei Bürgis Logarithmen kann man wenigstens eine solche Grundzahl, die Basis, finden. Im Dickicht sehr verworrener Meinungen über dieses *Basisproblem* einen klaren Pfad gebahnt zu haben, dieses Verdienst gebührt meinem Basler Kollegen *Otto Mautz* († 1945): er hat diesen ganzen Fragenkomplex endgültig bereinigt [21]). Bei Bürgi liegt der Fall verhältnismäßig einfach, weil er genau nach Archimedes der Zahl 1 der geometrischen Folge die Zahl 0 der arithmetischen Folge gegenübergestellt hat. In seinen Logarithmen braucht man nur die Zahl durch Interpolieren zu gewinnen, deren rote Zahl (der Logarithmus) gleich eins ist. Sie liegt im Intervall zwischen den roten Zahlen 0 und 10 am Ende des ersten Zehntels, wird also durch die zehnte Wurzel aus der schwarzen Zahl 1,0001 gewonnen. Unter der gemachten Voraussetzung ist die Basis

$$b = 1{,}0001^{0{,}1} \approx 1{,}000\,01\,;$$

Damit gab sich die Forschung nicht ganz zufrieden. Sie urteilte mit Recht, Bürgi habe kaum eine so grobmaschige Folge von roten Zahlen neben eine so dichte Folge von schwarzen setzen wollen, sondern es sei auch bei den roten Zahlen ein Komma einzufügen und zwar so, daß das Intervall ebenfalls ein Zehntausendstel betrage:

rote Zahlen:	*0*	*0,0001*	*0,0002*	*0,0003*	...	*0,0001n*
schwarze Zahlen:	1	$1{,}0001^1$	$1{,}0001^2$	$1{,}0001^3$	usf. ...	$1{,}0001^n$

Für die Basis wird $0{,}0001\,n = 1$, damit $n = 10^4$ und die zugehörige schwarze Zahl

$$b = \left(1 + \frac{1}{10^4}\right)^{10^4} \approx 2{,}718\,145\,9\ldots$$

Das ist aber ein Näherungswert, und zwar ein recht guter, für

$$e = \lim_{n \to \infty}\left(1 + \frac{1}{n}\right)^n \approx 2{,}718\,2818\ldots,$$

die Basis der sogenannten natürlichen Logarithmen. Er liegt nur 0,05 ‰ darunter! Damit also Bürgi bewußt oder unbewußt die Erfindung des wissenschaftlich wichtigsten Logarithmensystems gestreift. Durch sein konsequentes Vorgehen ist er auf dem geraden Wege geblieben, der von Archimedes zu Euler führt [22]).

Mit seiner Arbeit an den Logarithmen soll Bürgi sehr früh begonnen haben. Das bezeugen nicht allein Kepler und Benjamin Bramer, wenn auch ohne genaue Daten: früher als Napiers Veröffentlichung, sagen sie. Genaueres steht in einer Schrift des Astronomen *Reimarus Ursus Dithmarsus,* 1588: Bürgi besitze ein Mittel, sich seine Rechnungen außerordentlich zu erleichtern [23]). Das können nach dem Stande unseres Wissens nur die Logarithmen gewesen sein. Das Jahr 1588 fällt in Bürgis beste Zeit!

Doch seine Arbeit rückte langsam voran; er entschuldigt das einmal mit Zeitmangel. Er hatte, ganz abgesehen von seinem Beruf, noch andere Eisen im Feuer. In einer Abhandlung von Bramer, Marburg 1624, findet sich in der Vorrede, S. 8/9, «daß zu seiner Zeit dess Burgi *Cossa* an den Tag gegeben wirdt». Solches kann bedeuten, daß der sonst so bescheidene Bürgi, der seine Werke nur mit den Initialen J. B. zu bezeichnen pflegte, den heimlichen Ehrgeiz mit sich herumtrug, ein umfassendes algebraisches Lehrbuch zu schreiben.

Die Progreß-Tabulen

«Der zaudernde Geheimniskrämer ließ sein neugeborenes Kind im Stich, anstatt es zum allgemeinen Nutzen großzuziehen.» Unmutig schreibt das Kepler: der sonst so feine Stilist verdirbt ein sprachliches Bild: «Im Stiche lassen» paßt nicht zum Geheimniskrämer; dieser, der «secretorum suorum custos», verheimlicht und verbirgt! [24])

In der Tat hatte Kepler längst, bevor Napiers Logarithmen 1614 herauskamen, genaue Kenntnis von Bürgis heimlichem Rechenmittel, und er hat ihn lange genug gedrängt, seine Entdeckung zu veröffentlichen. Durch die Übersetzung des *Benjamin Ursinus* wurden Napiers Logarithmen spätestens 1618 in Deutschland bekannt, vielleicht aber vorher schon, weil der Schotte etwas von Reklame verstand. Das mag schließlich Bürgi doch bewogen haben, seine roten Zahlen herauszugeben.

Der Titel (siehe Beilage) würde in neuerem Deutsch heißen: *Tafeln arithmetischer und geometrischer Zahlenfolgen mit einer gründlichen Erläuterung, wie sie zu verstehen sind und gebraucht werden können.* Wie wir sehen werden, enthält dieser Titel ein uneingelöstes Versprechen. Auf die Überschrift folgt anstelle des üblichen Kupferstiches ein sehr hübscher Auszug aus der Tafel in der Form eines Kreisringes. Außen herum laufen, links beginnend, im Uhrzeigersinn die roten Zahlen von 5000 bis 230000 in Intervallen von 5000. Innen begleiten sie die zugehörigen schwarzen Zahlen; die letzte heißt 997 303 557. Auf diese folgt aber noch die runde Zahl 10^9, geheißen die *ganze Schwartze Zahl* mit ihrer zugehörigen ganzen roten Zahl *230 270;* diese ist im Kreisinnern nochmals wiedergegeben in der Form *230 27$\overset{\circ}{0}$022;* das Ringlein bezeichnet die Einer; es ist also zu lesen 230 270,022; d. h. die außen nur rund wiedergegebene Zahl wird durch Anhängen des Dezimalbruches 0,022 vervollständigt.

Dem Prager Drucker ist jedoch ein Mißgeschick zugestoßen: er hat außen bei der ganzen schwarzen Zahl 10^9 eine Null zu wenig gedruckt und zudem hat er die darüber stehende schwarze Zahl verdruckt: anstelle der beiden unterstrichenen Ziffern 40 muß stehen: 84; Dr. O. Mautz hat das mittels der Quadratwurzel aus 110 516 539 bestätigt; abgesehen vom Komma heißt sie wirklich 105 126 847 [25]). Im abgebildeten Exemplar hat eine fremde Hand diese Fehler im Innern des Kreisrings verbessert, was leicht zu sehen ist. Kaum aber erkennt man, daß das kleine rote Ringlein an der ganzen roten Zahl, unter dem R, ebenfalls handschriftlich nachgetragen ist, und zwar wohl nur in diesem einen, dem Danziger Exemplar.

Die Tafel soll $7^1/_2$ Bogen in Klein-Quart halten, das sind 120 Seiten. Bürgi verlangte dafür am 26. Oktober ein kaiserliches Privileg und wurde darin unterstützt von einem hohen Gönner, dem Fürsten Karl von Liechtenstein; er bekam es am 29. Oktober 1621. Die Zahlenseite der Beilage ist die erste der eigentlichen Tafel mit der vorher gezeigten oberen, linken Ecke. Der doppelte Eingang enthält acht Spalten zu je 51 Zeilen.

Weil aber die versprochene Erläuterung, der «gründliche Unterricht», leider ganz und gar fehlte, ja anscheinend überhaupt nie gedruckt worden ist, mußte die Tafel unverstanden und wertlos bleiben!

Die wenigen Käufer mögen das unbrauchbare Werk weggeworfen haben; den Rest vernichtete der schon ausgebrochene dreißigjährige Krieg. Es ist ein Wunder zu nennen, daß zwei Bibliotheken je ein Exemplar bewahrt haben: die früher königliche in München und die Stadtbibliothek in Danzig. Weitere Exemplare sind nicht bekannt. Das Danziger Exemplar zeichnet sich durch die handschriftlichen Korrekturen vor dem Münchener aus.

Napiers Tafel *Mirifici Logarithmorum canonis descriptio,* also «Beschreibung des Verzeichnisses der wundertätigen Logarithmen», datiert von 1614, Bürgis Tafel von 1620. Es ist daher gar keine Frage, daß der schottische Baron dem schweizerischen Uhrmacher zuvorgekommen ist. Wer aber hat den Gedanken zuerst gefaßt? Die Anhänger Napiers stützen sich gern darauf, daß Kepler ihrem Manne zubilligt, schon 1594 die Logarithmen gehabt zu haben; sie würden das kaum tun, wenn ihnen ein früheres Datum zur Verfügung stände, obwohl Napier 24 Jahre lang daran gearbeitet zu haben behauptete; diese Arbeit war eben 1614 nicht beendet; es folgten Umformungen und ein zweites Werk. Für Bürgi ist das Datum 1588 bezeugt. Er kann also sehr wohl zuerst auf den Gedanken gekommen sein. Doch bleibt diese Untersuchung müßig. Für uns darf maßgebend und vorbildlich sein, was die Briten 1914 taten. Sie feierten in Edinburgh das dreihundertjährige Jubiläum der ersten Logarithmentafel, anerkannten dabei voll die Leistungen Bürgis und stellten seine Tafeln neben diejenigen ihres Landsmannes. Diese Lösung, *Napier und Bürgi als gleichberechtigte Erfinder* zu ehren, ist wohl die beste und schönste.

Gemeinsam haben die beiden Männer ja auch, daß sie unter ihren Landsleuten die ersten sind, die in der Geschichte der exakten Wissenschaften mit einer großen Leistung hervortreten.

Das hindert uns nicht, zu fragen, weshalb Bürgi sich so verspätete und zudem die unentbehrliche Erläuterung zurückhielt. Man hat dafür mit Recht die Stürme des dreissigjährigen Krieges verantwortlich gemacht. Zu einem gewissen Teil muß aber der Grund doch bei Bürgi selbst auch liegen, nachdem er schließlich die Tafel zwei Jahre nach Beginn der böhmischen Wirren herausgebracht hat. Da ist sein Wunsch anzuführen, ein umfassendes mathematisches Werk zu schreiben und darin die Tafel der Logarithmen und der Sinus unterzubringen; dieser Traum überstieg seine Zeit und Kraft! Wir kennen auch einen recht unbehilflichen Brief von Bürgi[26]); darin fangen von einigen elf Sätzen nicht weniger als acht mit derselben Wendung an. — Schließlich darf man nicht vergessen, in welcher Umgebung der einfache Uhrmacher lebte: sie war höfisch; Bürgi verkehrte mit Kepler und andern Astronomen in einer hochgebildeten Schicht, mit sprachkundigen Männern, die Latein fließend sprachen und schrieben, denen Hexameter vom Munde flossen.

Was Wunder, wenn bei unserm auch an Gestalt kleinen Uhrmacher so etwas wie ein Minderwertigkeitsgefühl entstanden wäre! Und ach, vorbei war auch Bürgis glückliche, die schöpferische Zeit.

Sicher ist allein, daß die unglückliche Verkettung aller Umstände zusammen mit einem verwüstenden Krieg die schweizerische Mathematik um das Alleinrecht an der Erfindung der Logarithmen gebracht hat.

Ein glücklicher Fund

Das Danziger Exemplar von Bürgis Tafeln stammt aus der wissenschaftlichen Bibliothek des Ratsherrn *Adrian Engelke.* Dieser reiste viel und hatte einmal in Nürnberg die Tafel zugleich mit Schriften Benjamin Bramers «an sich gebracht». Es besteht also Anlaß zu glauben, daß die Tafel aus dem Nachlaß von Bürgis Schwager kommt und sogar dessen Handexemplar gewesen ist, darin er Verbesserungen eintrug.

Als die Privatbibliothek in städtische Hand übergegangen war, bemerkte einmal der Danziger Oberlehrer *Gronau,* daß den gedruckten Tafeln noch geschriebene Blätter angeheftet waren. Er teilte das seinem Kollegen und Freund Dr. *Gieswald* mit und zwar längere Zeit vor 1856, und zugleich mit der Vermutung, dieses Manuskript enthalte den vermißten gründlichen Unterricht! Somit ist Gronau der Entdecker; aber Gieswald hat den wiedergefundenen Schatz gehoben und der Öffentlichkeit bekannt gemacht, indem er zuerst im Programm der Johannis-Schule 1856 und gleichen Jahres im «Archiv der Mathematik und Physik» des Professors Joh. Aug. Grunert zu Greifswald, Band 26, die Handschrift mit kurzem Kommentar und allen Schreibfehlern abdruckte. Damit kennt man nun ein einziges Exemplar von Bürgis Erläuterungen. Es liegt annoch als Manuskript 2538 in dem nunmehr polnischen Gdansk und wird hoffentlich einmal den Weg in die Schweiz finden. Der Abdruck ist hier nicht möglich, da er 15 Seiten verlangen würde; auch sind nicht alle Teile gleichwertig. Denn die Schrift beginnt mit unverkennbarem Schwung, endet aber sang- und klanglos mit Rechenbeispielen.

Die «Vorrede an den Treuherzigen Leser», schon mehr eine treuherzige Vorrede an den geneigten Leser, beginnt mit einem langen, grammatikalisch mißglückten Schachtelsatz, der besagen will, daß bisher schon viele Tafeln für *besondere Zwecke* bestanden haben, wie Einmaleinstafeln, Tafeln für Quadrat- und Kubikwurzeln u. a. m., daß aber er, J. B., schon lange gesucht habe, *general Tabulen* zu erstellen, welche alle Operationen verrichten könnten, und daß er das bei *Simon Jacob, Moritius Zons* und andern gefunden habe in der Correspondenz (eindeutigen Zuordnung) einer arithmetischen und einer geometrischen Folge; doch habe sich die Drucklegung berufshalber verzögert.

Benjamin Bramer hat sich später die Behauptung geleistet, daß Bürgi von seinem Triangularinstrument her auf die Logarithmen gekommen sei. In klarem Gegensatz dazu nennt Bürgi hier gewissenhaft die Quellen, denen er die Anregung verdankt; durch sie ist er mit dem klassischen Einfall des Archimedes verbunden. — Der Irrtum Bramers ist u. a. daraus erklärlich, daß die Logarithmen schon 1588 oder früher entstanden sind; Bürgis Pflegesohn hat die Erfindung nicht miterlebt, da er erst 1591 als Dreijähriger zu seinem Schwager kam. Für Fachleute ist Bramers Behauptung ohnehin, gelinde gesagt, ungereimt.

Die zweite Überschrift ist auch die letzte: «Kurtzer Bericht der Progreßtabulen, Wie dieselbigen nutzlich in allerley Rechnungen zu gebrauchen». Dieser Teil umfaßt im «Archiv der Mathematik und Physik» 14 Seiten.

Seine Erläuterung beginnt Bürgi sehr zweckmäßig mit einem einfachen Beispiel frei nach Archimedes: er stellt zusammen die Folgen

0	*1*	2	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*
1	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024	2048	4096

und erläutert daran die Möglichkeit, die folgenden Rechnungen zu vereinfachen: Multiplikation, Division, «Regul Detri», Quadratwurzel, Kubikwurzel, vierte Wurzel, mittlere Proportionale, zwei mittlere Proportionalen.

Es folgt der theoretisch höchst wichtige, für das Basisproblem ausschlaggebende Satz:

„... und diesse Eigenschaft haben nicht allein die 2 abgesetzten Progressen miteinander, sondern alle, sie sein, wie sie wollen, wenn der Arithmetische mit 0 und der Geometrische von 1 anfanget, wie denn auch die folgenden Tabulen nichts anderss als 2 solcher Progressen sindt."

Darin liegt erstens die genaue Erkenntnis, daß *null* der Logarithmus von *eins* sein soll, und zweitens der Hinweis darauf, daß in den gedruckten Tafeln Bürgis die Zahl 10^8 mit einem um 8 Stellen nach links verschobenen Komma als *eins* zu lesen ist, wie überhaupt diese Kommaversetzung folgerichtig alle schwarzen Zahlen angeht.

Im folgenden Abschnitt lehrt Bürgi das Aufschlagen der roten wie der schwarzen Zahlen; Gieswald hat dafür zweimal ein Stück der Tafel wiedergegeben. Das Dezimalbruchringlein kommt dabei in den roten Zahlen sparsam vor. Sachgemäß unterrichtet Bürgi den Leser an Beispielen über den doppelten Eingang. Wiederum kommt der Rechenpraktiker zum Vorschein, wenn er den Leser anweist:

«Wie dann eine Zahl für fiele, so in der Tabul just nicht zu finden weer kann mann in vielen Rechnungen davor nemen die rothe Zahl welche der fürgegebenen Zahl am nechsten ist, vor ihm aber damit nicht vorgnügen ließ kann auf folgende weise seine wahre rothe Zahl finden.» Hierauf folgt ein einziges Beispiel für die lineare Interpolation, vermöge einer in ganzen Zahlen gerechneten Proportion. Erst im Schlußergebnis taucht das Ringlein wieder auf.

Hier sei nur Bürgis 3. Rechenbeispiel wiedergegeben; es zeigt u. a., welch geschickten Gebrauch er vom Logarithmus der Zahl 10, der sogenannten ganzen roten Zahl macht.

«Man sol diuidiern 154 030 185 durch 205 518 112.

ihre rothe Zahl sein *43 200* und *72 040*, subtrahiert man des diuisoris rothe Zahl von der rothen, des diuidendi alss 72 040 von 43 200. Dieweil aber weniger ist, so addiert man die ganze rothe Zahl

	230 270 022	(+ 43 200,000!)	
	273 470 022		(Das Ringlein fehlt! Die hintersten drei Stellen sollten abgeschnitten sein!)
davon subtrire	*72 040 000*	des diuidoris	
rothe Zahl	*201 430 022*		

such dießer rothen Zahl ihr gebürendt schwarze Zahl ist 749 472 554 und soviel kombt so man 150 030 185 durch 205 518 112 diuidiert, welches doch keine ganze, sondern lauter Bruch vom ganzen alß 0749 472 554 oder $0\frac{749\,472\,554}{1000\,000\,000}$.»

Zum Vergleich gebe ich die Division 1,54 030 185 : 2,05 518 112, ausgeführt in 7stelligen *natürlichen Logarithmen.* Da auch hier der Logarithmus des Zählers kleiner als der des Nenners ist, und man nicht einfach die Kennzahl ändern kann wie bei den dekadischen Logarithmen, so addiere ich ebenfalls den

log nat 10 =	2,302 5851	
zum log des Zählers	0,431 9783	
	2,734 5634	und subtrahiere davon den
log nat des Nenners	0,720 3640	
	2,014 1994,	gehörend zu 7,494 725, demnach 0,749 4725.

Die Ähnlichkeit in den vordern Ziffern der Logarithmen dürfte wirklich auffallen.

Auch beim Radizieren weiß Bürgi stets durch ein- oder mehrmaliges Verwenden seines log 10, der «ganzen roten Zahl», den Numerus in dem Rahmen seiner Tafel zu bringen und Kommaschwierigkeiten zu umgehen. Seine raffinierten Kunstgriffe verspricht er einmal an späterer Stelle zu erklären; doch er vergißt das! Zu den fehlenden Stellenzeichen tritt sogar falsches Untereinanderschreiben.

Zudem fehlt es nicht an Versehen. Unter den Kubikwurzeln befindet sich diejenige aus 5632037; Bürgi findet durch Dreiteilung ihrer roten Zahl $1\overset{\circ}{7}77079044$, was aber nicht stimmt. Des Rätsels Lösung liegt darin, daß der Radikand 5612037 heißen müßte; da er zweimal in der falschen Schreibweise (3 statt 1) auftritt, könnte der Fehler wirklich bei Bürgi liegen: unrichtiges Abschreiben aus richtiger Vorlage.

Mit der Kommastellung, d. h. mit dem Ringlein, springt Bürgi sehr willkürlich um; das vorhin genannte Beispiel ließe sich auch lesen: Kubikwurzel aus 5,612 037 = 1,777 079 ...; nur für die Basisfrage ist die Kommastellung wichtig! Man kann sich des Eindrucks nicht erwehren, daß der «Unterricht» die Klarheit zunehmend vermissen lasse, wie wenn der Uhrmacher des Schreibens überdrüssig geworden. Seine alte, müde Hand bringt zögernd zu Papier, was der Kopf in der Zeit größter Reife mit scharfem Einfall ausgedacht.

Würdigung

Auf die Geschichte des Rechnens haben die Progreßtabulen Bürgis keinen direkten Einfluß ausgeübt: damit haben wir uns leider abzufinden. Jedoch mittelbar wird Bürgis Einfluß spürbar. Sein doppelter Eingang der Tafeln, sein Weglassen der Eingangsziffern machten sich alle Herausgeber zu eigen und natürlich auch, daß $\log 1 = 0$ sein mußte. All das können wir uns heutzutage aus einer Logarithmentafel kaum mehr wegdenken.

Alle Rechner sind den Erfindern der Logarithmen zu hohem Danke verpflichtet wegen der großen Erleichterungen, welche das logarithmische Rechnen ermöglicht, sagt *O. Mautz*. In diesen Dank muß man Bürgi mit einschließen.

Die Nachwelt hat ihn auch geehrt. Auf dem Denkmal Keplers in seinem Heimatsort Weil-der-Stadt (westlich von Stuttgart) ist neben Copernicus und Tycho Brahe auch Jost Bürgi mit dargestellt. Die eigene Heimat Lichtensteig im Toggenburg hat ihrem großen Sohn ein schlichtes Denkmal aus der Hand des Meisters *Richard Kißling* gesetzt, ein Bronzerelief an einem hohen Granitblock. Es soll nach den Worten des heimatlichen Geschichtsschreibers J. Fust «der heranwachsenden Jugend ein hervorragendes Beispiel sein, wie Arbeitstüchtigkeit und Arbeitsfreudigkeit zu großen Erfolgen führen können.» Das dauerhafteste Denkmal erwächst dem Toggenburger wohl in den Herzen unserer Jungmannschaft, wenn wir ihr zeigen, wie die Leistungen eines einzigen Mannes imstande sind, über die Jahrhunderte hinweg und in aller Welt die Rechenkunst zu erleichtern und zu bereichern.

Einen Ehrentitel gewann Jost Bürgi schon bei Lebzeiten: er wurde der zweite Archimedes genannt. Damit reichen sich zwei große Geister die Hand: der Urheber und ein Vollender des logarithmischen Gedankens; unser Schluß kehrt zum Anfang dieses Heftes zurück: *Jost Bürgi, der schweizerische Archimedes.*

ERWIN VOELLMY, Basel

Beilage: Sie zeigt die faksimilierte Wiedergabe des Titelblattes und der ersten Seite von Bürgis Logarithmentafel nach dem Druck bei O. Mautz [21]).

[1]) Archimedes, Opera, ed. Heiberg I 7, 2^2, S. 240, auch Tropfke, Geschichte der Elementarmathematik, II. Band, 2. Auflage, S. 169, Fußnote 947. — Statt «Proportionsreihe» habe ich in der Übersetzung «Zahlenfolge» als verständlicheres Wort gebraucht.

[2]) Wieleitner, Geschichte der Mathematik, I. Band, Göschen 226, S. 61.

[3]) Tropfke II$_2$, S. 170.

[4]) Ebendort mit «Ordnungszahlen» übersetzt, was mir schief vorkommt, einmal wegen des Wortes selbst, dann aber wegen des Beginnes mit null.

[5]) Siehe Tropfke II$_2$, S. 170/171.

[6]) Der lateinische Urtext ist wiedergegeben in den Fußnoten 960, 961 von Tropfke II$_2$, S. 171.

[7]) pillich, billig = geziemend, gerecht (wie in «recht und billig»), nicht etwa wohlfeil.

[8]) Wesentlich nach Alwin von Drach: Jost Bürgi ... im 15. Jahrbuch der Kunsthistorischen Sammlungen Wiens, 1894, S. 14 ff. — Das Verzeichnis der Schriften Bramers ist enthalten im «Bulletin de Bibliographie» 1858, der «Nouvelles Annales de mathématiques».

[9]) Die Daten entstammen dem Kirchenbuch von St. Martin in Kassel.

[10]) Hradschiner Bürgerrechtsbuch, Band 543 des Prager Stadtarchivs, Seite 44.

[11]) *J. Fust*, Reallehrer, Lichtensteig: Jost Bürgi, Bazenheid 1938. — *M. L. Defossez*, Genève, Jost Burgi, Horloger, astronome et mathématicien, Conférence, Société suisse d'horlogerie. Journal Suisse d'horlogerie et de Bijouterie, 1943, no 7/8, pag. 207.

[12]) Frisch: Opera omnia Kepleri, S. 565, Eclipses anno 1628.

[13]) «Bericht von Jobsten Bürgis Geometrischen Triangularinstrument», im Anschluß an sein hessisches Geometrielehrbuch, «Apollonius Cattus», 3. Auflage 1648. (Siehe Abb. auf Seite 1)

[14]) Bramer erbte diese wertvollen Kupferstiche von seinem Schwager. Zur Vielzahl der Berichte und Instrumente sei noch festgehalten, daß am Ende des 16. und in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts die Feldmeßkunst neu erwachte, derart, daß Feldmesser «wie Pilze aus dem Boden schossen».

[15]) Wiedergegeben bei A. von Drach, 15. Jahrbuch der Kunsthistorischen Sammlungen Wiens; das Privileg ist erhalten im Staatsarchiv zu Wien.

[16]) Sein Schreiben ist erhalten im Reichshofratsarchiv Wien, Abt. Impressoria, Lit. B., nach der gleichen Quelle.

[17]) De Stella in Cygno. Frisch, Opera omnia Kepl., II. 769.

[18]) Geschichte der Elementarmathematik, I$_2$, S. 142/43.

[19]) Geschichte der Elementarmathematik, I$_2$, S. 87. Das Beispiel ist dort durch einen offensichtlichen Druckfehler etwas verdunkelt.

[20]) Geschichte der Mathematik 2^2, S. 618.

[21]) *O. Mautz*, Zur Basisbestimmung der Napierschen und Bürgischen Logarithmen. Beilage zu den Jahresberichten des Gymnasiums, der Realschule und der Töchterschule Basel, Schuljahr 1918/19.

[22]) Näheres zum Basisproblem bei *O. Mautz* a. a. O. Mautz untersucht auch die beliebige Kommaversetzung in den roten Zahlen. In leichter Abänderung seines Ergebnisses läßt sich sagen: wenn man in der arithmetischen Folge das Komma um k Stellen nach *links* versetzt, so wird

$$b = 1{,}0001^{10^{k-1}}$$

Daher erwachsen die Widersprüche in der Basisfrage aus den verschiedenen Meinungen über die Stellung des Kommas. Der hier ausgeführte Fall entsteht aus $k = 5$.

[23]) *R. Wolf*, Rathausvortrag, Zürich 1872.

[24]) In Keplers Einleitung zu den Rudolfinischen Tafeln, S. 11.

[25]) Die letzte Ziffer ist korrekt aufgerundet.

[26]) Faksimile und Umschrift bei A. von Drach, a. a. O.