

Justus Bürgi und der Weg seines Kunstweges nach England.

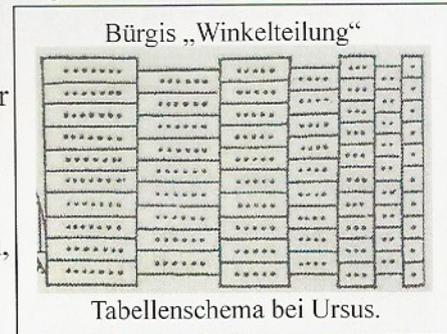
Jost Bürgi, wie er sich zumeist nennt und wie er zitiert wird, ist am 28. Februar 1552 als Sohn eines Schlossers geboren in Lichtensteig im Toggenburg in der Schweiz. Er gehörte dem reformierten Glauben an und gilt heute als eines der größten Genies seiner Zeit, war Uhrmacher, Feinmechaniker und Instrumentenkonstrukteur und -erfinder, Mathematiker, Astronom und Metallurge. Da er nur ungern und selten seine Erkenntnisse veröffentlichte, blieb er lange Zeit wenig beachtet. Er besaß nur eine Grundschulbildung, hat nie ein Gymnasium oder eine Universität besucht, und beherrschte kein Latein; auch dies war ein Grund für seine geringe Neigung zu Veröffentlichungen. Als Autodidakt hat sich dieses „Genie der Mathematik und Technik“¹ all sein Wissen selbst angeeignet. Er beschreibt dies treffend: „Und weil mir aus Mangel der Sprachen die Tür zu den Autoritäten nicht allzeit offen gestanden, wie andern, habe ich etwas mehr als etwa die Gelehrten und Belesenen meinen eigenen Gedanken nachhängen und neue Wege suchen müssen.“² Jedenfalls hat er eine Lehre als Uhrmacher und vermutlich als Silberschmied absolviert, um dann 1579 „aus dem Nichts“ in Kassel bei Landgraf Wilhelm IV. als Uhrmacher angestellt zu werden. Dort blieb er bis 1604, um dann bis 1630 in Prag als kaiserlicher Hofuhrmacher bei Rudolph II. zu sein. Seine letzten beiden Lebensjahre verbrachte er wieder in Kassel, bis er dort mit fast 80 Jahren am 31.1.1632 starb.



Jost Bürgi 1618 zu seinem 66. Geburtstag. Stich von Ägidius Sadeler.

Eine seiner wichtigen mathematischen Entdeckungen ist eine Differenzenmethode zur einfachen, schnellen, selbstkorrigierenden Berechnung von Sinuswerten. Er hat diesen „Kunstweg“, von ihm selbst „artificium“ genannt, bereits vor 1586 fertig entwickelt, denn er hat dieses Verfahren seinem Freund Nicolaus Reimers Ursus in Kassel erläutert, mit der Auflage der Schweigepflicht. Ursus hat dann in seinem Werk *Fundamentum Astronomicum* 1588

auf Blatt C1r Bürgis Verfahren in Form eines Rätsels dargestellt, unter Nennung von Bürgi als Autor, jedoch so dass keiner der Zeitgenossen das Rätsel lösen konnte; jedenfalls glaubte man dies bis ins Jahr 2015. Insbesondere durch das scharfsinnige Zusammentragen von kleinen Informationen und Hinweisen, durch Bewertung von Vermutungen und Spekulationen, gelang es Fritz Staudacher in Widnau/Schweiz den Weg aufzuzeigen, den Bürgis Kenntnis vom „Kunstweg“ über John Dee, der diese wohl in Kassel sich angeeignet hatte, zu Henry Briggs und John Bainbridge in England genommen haben kann. Bürgi hat seinen „Kunstweg“ in seinem Manuskript *Fundamentum Astronomiae* von 1592 (auf Blatt 36r/v) mit Zahlenbeispielen dargestellt. Dieses Manuskript hatte Bürgi dem Kaiser am 22. Juli 1592 anlässlich des Überbringens eines Himmelsglobus von Landgraf Wilhelm IV. überreicht.



Tabellenschema bei Ursus.

Allerdings ließ der Kaiser das Manuskript nicht drucken. Es verschwand später unbekannt, kam um 1629 in Wallensteins Gefolge nach Sagan, zu Paul Guldin ins Augustiner-Chorherrenstift (gegr. 1284). Seit 1810 (Säkularisierung) befindet es sich in der Universitätsbibliothek Breslau (heute Wrocław), bis es Menso Folkerts dort entdeckte.

sinus 5				sinus 4				sinus 3				sinus 2				sinus 1									
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
10	10	20	51	0	10	20	51	0	0	38	51	52	18	51	52	0	34	24	1	3	1	3	2		
20	20	22	50	3	10	1	59	8	0	37	9	20	18	17	28	1	7	45	37	21	2	4	1	1	4
30	29	47	39	66	9	24	49	48	0	54	19	3	17	9	43	1	39	2	31	17	3	1	0	57	5
40	38	18	10	41	8	30	30	45	1	9	49	44	18	30	41	2	7	18	28	18	3	1	0	51	7
50	45	38	51	42	7	20	41	1	1	23	13	7	13	23	23	2	31	47	24	24	4	30	0	44	8
60	51	35	19	35	5	59	27	54	1	34	4	48	10	51	41	2	51	30	19	18	5	12	0	35	9
70	55	59	42	42	4	23	27	5	1	42	4	59	8	0	11	3	6	6	14	35	5	39	0	17	10
80	55	41	0	49	2	41	18	7	1	45	59	4	3	15	7	4	54	5	8	57	5	56	0	17	11
90	59	35	19	52	0	54	19	3	1	48	38	6	3	18	4	1	39	2	3	1	6	2	0	6	12

Bürgis Kunstweg, *Fundamentum Astronomiae* S. 36r.

¹ Fritz Staudacher; *Jost Bürgi, Kepler und der Kaiser*, 4. Auflage Zürich 2018, S. 51.

² Jost Bürgi; Einleitung zu seiner *Coss*; siehe List/Bialas, *Die Coss von Jost Bürgi*, München 1973, S. 7.

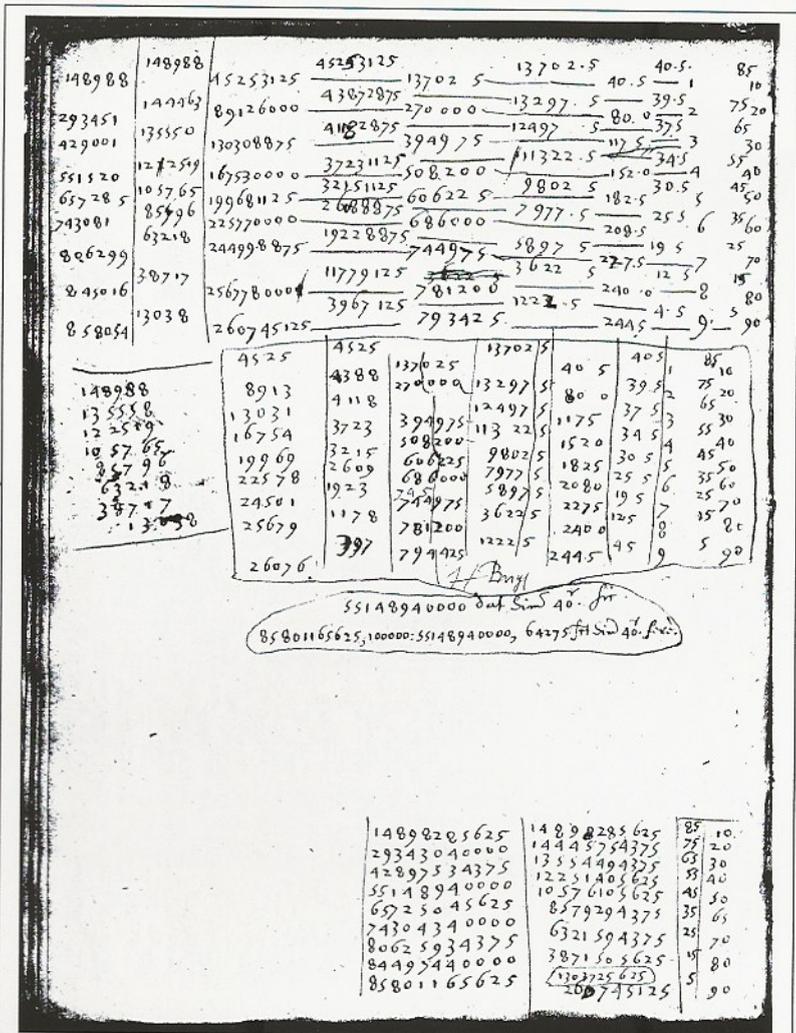
In dem oben schon erwähnten *Fundamentum Astronomicum* 1588 von Ursus, Exemplar in der UB Leiden Sign. 538 E 2, ist auf einem der vielen Einlageblätter vor Blatt 9r = C1r in der Seitenmitte der Name „H. Briggs“ geschrieben, um den Autor der Rechnung zu Bürgis „Kunstweg“ zu benennen. Darunter steht Briggs' Berechnung von $\sin 40^\circ = 0,64275$. Es handelt sich auf diesem Einlageblatt um eine **Auflösung** des Rätsels, das Ursus in seinem *Fundamentum Astronomicum* veröffentlicht hatte.

Briggs hat also den „Kunstweg“ von Jost Bürgi entschlüsselt oder von einem Unbekannten genannt bekommen und das Rechenbeispiel auf dem Einlageblatt angeführt! Wie Martha List³ feststellt, sind die Handschriften in diesem Band jedenfalls nicht von Kepler. Ich vermute, dass sie von John Bainbridge stammen, denn Briggs wird sich nicht selbst nennen.

Bürgi benutzt die (besseren) Start-Zahlen 0,2,4,6,7,8,9,10,11,12, diese sind schon gut an die damit zu ermittelnden Sinuswerte angepasst. Briggs verwendet die „schlechteren“ Startzahlen 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9.

Beide Tabellen rechnen von rechts nach links (!!!); Bürgi rechnet im Hexagesimalsystem (60er), Briggs sogleich im Dezimalsystem. Bürgi hat in seiner Beispieltabelle 10er-Schritte für die Winkel, Briggs verwendet auch die dazwischen liegenden 5er-Winkel und erweitert damit Bürgis „Kunstweg“. Nach jeweils 4 Rechenschritten, nach 72 einfachen Rechenoperationen, also in „Spalte 5“, erhält man die Sinus-Rohwerte von 10° bis 80° ; nach Division eines jeden Rohwertes durch den Rohwert für 90° erhält man den jeweiligen Sinus. Die Genauigkeit der Ergebnisse in Bürgis Verfahren ist überraschend hoch, der Rechenaufwand gering. Nach den 4 Rechenschritten hat Bürgi bereits eine Genauigkeit für die Sinuswerte auf 6 Dezimalstellen nach dem Komma, Briggs wegen der „schlechteren“ Startzahlen und der Verwendung des Dezimalsystems (statt des 60er-Systems) 4 Dezimalstellen.

Die folgende Übersicht zeigt dies. Nach 4 Rechenschritten haben Bürgi beziehungsweise Briggs folgende Rohwerte, die ich zusätzlich in Sinuswerte umgerechnet habe.



Henry Briggs: Lösung des Kunstweg-Rätsels. Ursus, *Fundamentum Astronomicum* 1588, Einlageblatt fol. 9r. im Exemplar in Leiden. Es kam wahrscheinlich mit John Dee nach England. Geschrieben wahrscheinlich von John Bainbridge.

α	Briggs	$\sin \alpha$	Bürgi
0°	0	0	0
10°	1 0,111	0,174	2 0,167
20°	2 0,222	0,342	4 0,333
30°	3 0,333	0,500	6 0,500
40°	4 0,444	0,642	7 0,583
50°	5 0,555	0,766	8 0,667
60°	6 0,667	0,866	9 0,750
70°	7 0,778	0,940	10 0,833
80°	8 0,889	0,985	11 0,917
90°	9 1	1	12 1

Startzahlen bei Briggs (schlechter) und Bürgi (besser) und damit angenäherte Sinuswerte. Briggs benötigt deswegen mehr Rechenschritte.

³ In der UB Leiden liegt der Briefwechsel mit Martha List vom Okt./Nov. 1964; im Deckel des Ursus-Buches steht „Zie voor de inscriptiesbrief van Kepler-Kommission ingek. 27/11-1964 nr. 1836.“

α	Briggs Rohwert	Briggs Sinus	korrekt	Bürgi Sinus	Bürgi Rohwert
0°	0	0	0	0	0
10°	148.988	0,173.6 34	0,173.648.178	0,173.648 25	2.235.060
20°	293.451	0,341.9 95	0,342.020.143	0,342.020 23	4.402.208
30°	429.001	0,499.9 70	0,500.000.000	0,500.000.00	6.435.596
40°	551.520	0,642.7 56	0,642.787.610	0,642.787 48	8.273.441
50°	657.285	0,766.0 18	0,766.044.443	0,766.044 20	9.859.902
60°	743.081	0,866.0 07	0,866.025.404	0,866.025 15	11.146.776
70°	806.299	0,939.6 83	0,939.692.621	0,939.692 45	12.094.962
80°	845.016	0,984.80 5	0,984.807.753	0,984.807.7 0	12.675.649
90°	858.054	1	1	1	12.871.192

Bürgi setzt die Rechnung in seinem Schema noch 3 weitere Schritte fort („Spalte 8“) und erhält dann nach 7 Rechenschritten sogar eine Genauigkeit von 10 dezimalen Nachkommastellen:

$\sin 10^\circ = 0,173.648.177.80$	statt	$0,173.648.177.667$
$\sin 20^\circ = 0,342.020.143.3 32$	statt	$0,342.020.143.326$
$\sin 40^\circ = 0,642.787.609.6 76$	statt	$0,642.787.609.687$
$\sin 50^\circ = 0,766.044.443.1 01$	statt	$0,766.044.443.119$
$\sin 70^\circ = 0,939.692.620.7 74$	statt	$0,939.692.620.786$
$\sin 80^\circ = 0,984.807.753.0 08$	statt	$0,939.807.753.012$

Bei Briggs, bei seiner Lösung des Kunstwegrätsels auf dem Einlageblatt, findet man die Rohwerte links ganz oben. Als Beispiel für $\sin 40^\circ$ rechnet Briggs dann für 7 Rechenschritte $55.148.940.000 : 85.801.165.625 = 0,64275$ statt $0,64279$.

Jost Bürgi, *Fundamentum Astronomiae* 1592, Manuskript UB Breslau, Sign. 4 Q 38a; fol. 36v.
Fortsetzung der Rechnung auf 7 Schritte (Spalte 8). Genauigkeit 10 Dezimalstellen nach dem Komma.

Ausführlicher bei Dieter Launert; *Bürgis Kunstweg im Fundamentum Astronomicum, Entschlüsselung seines Rätsels*. Nova Kepleriana N.F. 141, München BAdW 2015; S. 43-57.

Die Kopien des Leidener Exemplars [Sign. 538 E 2] von Ursus hat mir dankenswerterweise Hans van de Velde aus Leiden zur Verfügung gestellt!

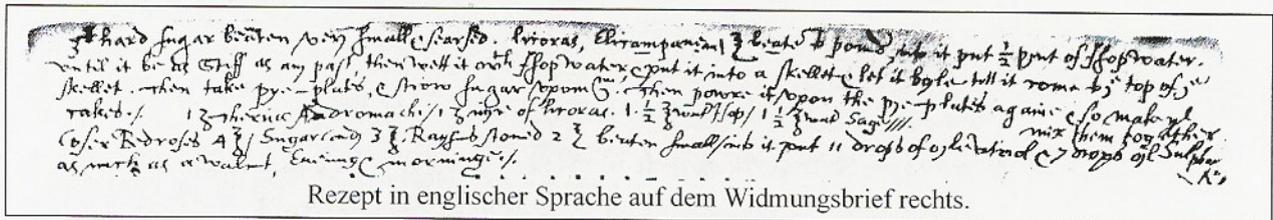
Bereits 1588 hatte Nicolaus Reimers Ursus in seinem *Fundamentum Astronomicum* Bürgis Verfahren als Rätsel dargestellt, das jedoch Zeitgenossen nicht lösen konnten. Dennoch gibt es eine bis nahezu heute unbekannt Quelle, die eine Lösung des Ursusschen Rätsels für Bürgis „Kunstweg“ zeigt. Es handelt sich um das Exemplar von Ursus' *Fundamentum Astronomicum* in der UB Leiden (538 E 2), in dem sich sehr viele handschriftlichen Anmerkungen befinden, teilweise auf Originalseiten, teilweise auf eingebundenen Einlageblättern.

- Als Daten sind darin verzeichnet: 10. Febr. 1617, 1. July 1619, 4. May 1620, 15. August 1621. Wahrscheinlich sind in diesem Zeitraum in England viele der Anmerkungen erstellt worden.

- Auf dem Titelblatt wird Ursus' Werk als „Magnus opus minorum“ bezeichnet; neben dem Druckerzeichen steht „Ex libris Danieli Mölleri a Mollenberg 95 Praga“.

Unten ist ein Besitzerzettel aufgeklebt: „Ex Bibliotheca Viri Illustr. Isaaci Vossii. 189“

- Ein Rezept in englischer Sprache befindet sich am rechten und unteren Rand des Widmungsbriefes an Kettenheim, Heldt und Kniebs.



- Die Rechnung, die die Lösung von Bürgis Kunstweg-Rätsel darstellt, befindet sich auf einem Einlageblatt vor Seite 9r=C1r. Der damalige Besitzer dieses Buches, wohl John Bainbridge, hat diese Rechnung Henry Briggs zugewiesen. Bainbridge und Briggs waren beide 1619 am Merton College in Oxford, und bis zu Briggs' Tod 1630 Professorenkollegen und befreundet, Briggs für Geometrie und Bainbridge für Astronomie.

Dieses Einlageblatt ist das Beweisstück, dass Henry Briggs bereits vor 1619, wahrscheinlich schon vor 1603 die Lösung von Bürgis „Artificium“ kannte. Ob Briggs das Rätsel selbst gelöst hat oder ob er die Lösung mitgeteilt bekam, habe ich damals 2015 offengelassen. Heute erscheint es mir wahrscheinlich, dass John Dee 1589 in Kassel Hinweise zur Lösung erfuhr, diese in England weitergab an Henry Briggs, und dass dieser John Bainbridge informierte. Allein schon der Aufbau der Tabelle, das Rechnen von rechts nach links, die beliebigen Startzahlen, die Rechnung mit 4 Schritten und die Steigerung der Genauigkeit von 4 auf 7 Rechenschritte gleichen dem bei Bürgi so sehr, dass die Vermutung einer Information durchaus Berechtigung und Wahrscheinlichkeit hat.

Auch Anton von Braunmühl vermutete in seiner Geschichte der Trigonometrie (Bd. II, S. 28), dass Briggs vielleicht „aus einer unbekannten Quelle nähere Mitteilungen zukamen“; dies geschah dann wohl vor 1603, weil Henry Gellibrand 1633 im Vorwort zu Briggs' *Trigonometria Britannica* sagt, dass Briggs seine Sinustafel mit 15 Stellen schon vor 30 Jahren erstellt hatte.

Nach Leiden kam das Exemplar 1690 durch Kauf von den Erben von Isaac Vossius in England. Ein Vorbesitzer wird wahrscheinlich John Bainbridge gewesen sein. Dee hat vielleicht die Information zum Lösen des Rätsels aus Kassel mitgebracht. Der Weg könnte also gewesen sein:

Dee → Briggs → Brainbridge → Vossius → UB Leiden.

Für die Anregungen, Hinweise und Beweise, insbesondere zum Weg der Rätsellösung, danke ich Fritz Staudacher in Widnau in der Schweiz!

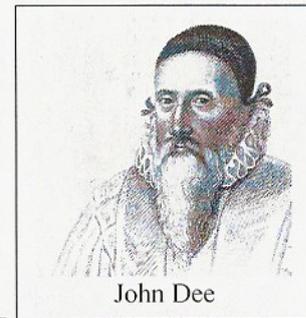
- **John Dee** (1527 London – 1608 Mortlake/Richmond)

Geboren aus wohlhabendem altem Adel; studierte am St. Johns' College in Cambridge. Mathematiker, Astronom, Geograph, Astrologe und Mystiker. Unter Maria I. Tudor, der Katholischen (reg. 1553-1558; *1516 als Tochter Heinrichs VIII.; ∞ Philipp II. von Spanien), der Ketzerei verdächtigt und verfolgt.

1548 Master of Arts. Seit 1558 Berater der Königin Elisabeth I. Tudor (reg. 1558-1603; *1533 als Tochter Heinrichs VIII.)

Sept. 1583 Abreise im „Spionageauftrag“⁴ der Königin, in Polen und Prag, bei Rudolph II.; Ausweisung und Flucht über Kassel nach Trebon; 1586-1589 bei Wilhelm Rosenberg auf Schloss Trebon; März/April 1589 in Kassel bei Wilhelm IV. und Rothmann, dort Information über Bürgis Kunstweg ???; Abreise am 9. April 1589 zurück nach England.

Schreibt an Henry Briggs „good friend“. Unter Jakob I. (reg. 1603-1625; *1566 als Sohn Maria Stuarts von Schottland) ohne Einfluss und verarmt.



John Dee

- **Henry Briggs** (1561 Halifax – 1630 Oxford)

Studierte seit 1577 in Cambridge; 1585 Master of Arts; 1588 Fellow des St.-Gorge-College. Mathematiker, Mediziner in London, 1596 Prof. der Geometrie am Gresham College London.

Ab 1615 Beschäftigung mit 10er-Logarithmen (14 Stellen; 30.000 Logarithmen). 1618 erster Savillian-Professor für Geometrie in Oxford am Merton-College.

Auf dem Einlageblatt vor Seite 9r (mit der Darstellung von Bürgis Kunstweg) im *Fundamentum Astronomicum* 1588 von Ursus findet sich die Lösung des Rätsels, eine Beispielrechnung, und der Name von „**H. Briggs**“, um den Autor der Rechnung zu benennen.

Auch auf dem Einlagezettel nach dem Widmungsbrief steht als Überschrift zu den folgenden Rechnungen „H. Briggs“.



Henry Briggs

- **John Bainbridge** (1582 Ashley/Leicestershire – 1643 Oxford)

Studierte am Emmanuel-College in Cambridge; Arzt, Astronom, Mathematiker. 1614-18 zurück nach Ashley als Arzt.

1619 zweiter Savillian Professor für Astronomie in Oxford am Merton College. Besitzt 1620 wahrscheinlich das Leidener Exemplar von Ursus' *Fundamentum Astronomicum* 1588. Das Rezept (englisch) auf S. 2r weist auf Bainbridge als Besitzer hin, er war Arzt.



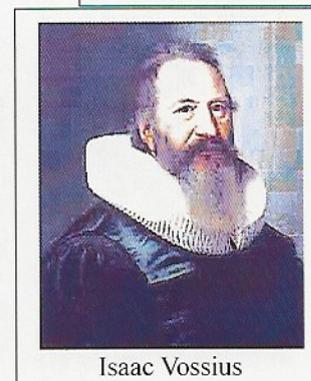
John Bainbridge

- **Isaac Vossius** (1618 Leiden – 1689 Windsor) Altphilologe

Erziehung durch Hauslehrer; lernt Latein, Griechisch, Arabisch und antike Geographie. 1641-1644 Studienreisen. 1648-1655 in Schweden Hofbibliothekar; dann wieder in den Niederlanden. 1670 siedelt er nach England über; 1670 Abschluss in Common Law in Oxford. 1673 Kanoniker in Windsor Castle.

Vossius besitzt Ursus' *Fundamentum Astronomicum* 1588, das 1690 von der Uni Leiden von Vossius' Erben gekauft wird [538 E 2].

Vossius hatte den Band wahrscheinlich in England erworben, denn die sehr vielen handschriftlichen Anmerkungen sind teilweise in englisch. 1716 im Katalog der UB Leiden aufgeführt. Auf dem Titelblatt ist ein Zettel aufgeklebt: „**Ex Bibliotheca Viri Illust. Isaaci Vossii.**“



Isaac Vossius

⁴ Siehe dazu ausführlich bei Fritz Staudacher 2018.

- Daniel Moller von Mollenberg

Auf dem Titelblatt des Leidener Ursus-Exemplars steht neben dem Druckerzeichen „Ex libris Danielis Molleri a Mollenberg 95 Praga“.

Mollenberg ist einerseits ein Ortsteil von Hergensweiler bei Lindau/Bodensee und ein Dorf bei Genthin in Sachsen-Anhalt. Unser Daniel Moller von Mollenberg (adlig) stammt jedoch aus Breslau in Schlesien; er ist 1591 in Olmütz in der Jesuitenakademie immatrikuliert; er hatte vorher in Leipzig studiert. Am 1.11.1593 ist er in Padua in der Artistenfakultät immatrikuliert als „Daniel Möller de Mollenberg Vratislaviensis Silesius“.

Die Familie war seit 1570 im Reichsadel.

- Johann Baptista

Auf dem Einlageblatt nach S. 9v in Ursus' *Fundamentum Astronomicum* steht „Joh. Baptista benedictus 34“.

Johann Baptista van Helmont, aus flämischem Landadel. *12.1.1580 Brüssel – 30.12.1644 Vilvoorde. Arzt, Naturforscher und vieles mehr, studierte im Jesuitenseminar in Löwen, 1599 Dr. med. Studienreisen u.a. nach England.

1605 als Arzt in Antwerpen, ab 1606 in Vilvoorde/Brüssel.

- Hans van de Velde in Leiden

Er weist mich auf das Exemplar [538 E 2] von Ursus' *Fundamentum Astronomicum* 1588 in der UB Leiden mit sehr vielen handschriftlichen Anmerkungen hin und schickt mir die Kopien.

[Seine Kopien als pdf-Datei tragen die Nummern P1010847.jpg - P1010940.jpg.]

[Siehe insbesondere die vielen Veröffentlichungen von Fritz Staudacher.]

Literatur:

Bürgi, Justus; *Fundamentum Astronomiae*, Prag 1592; Manuskript in der UB Breslau (Wrocław), Sign. IV Q 38a.

Folkerts, Menso; *Eine bisher unbekannte Schrift von Jost Bürgi zur Trigonometrie*, in: Gebhard, Rainer (Hrsg.); *Arithmetik, Geometrie und Algebra in der frühen Neuzeit*, Annaberg-Buchholz 2014, S.107-114.

Folkerts, Menso / Launert, Dieter / Thom, Andreas; *Jost Bürgi's method for calculating sines*; arXiv: 1510.03180; 2015.

Launert, Dieter; *Bürgis Kunstweg im Fundamentum Astronomicum, Entschlüsselung seines Rätsels*. Nova Kepleriana Neue Folge 141, München BAdW 2015.

Launert, Dieter; *Ursus, Leben und Werk*, 4. Aufl. Heide 2000.

Staudacher, Fritz; *Jost Bürgi, Kepler und der Kaiser*; 4. Aufl, NZZ Libro Zürich 2018.

Ursus, Nicolaus Reimers; *Fundamentum Astronomicum*, Straßburg 1588.

Waldvogel, Jörg; *Jost Bürgi and the discovery of the logarithms*. Elem. Math. 69, 2014, S. 89-117.

Zonta, Claudia; *Schlesien an italienischen Universitäten der frühen Neuzeit 1526-1740*; Stuttgart 2000. www.elb.uni-stuttgart.de