

BAYERISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE

ABHANDLUNGEN · NEUE FOLGE, HEFT 159

NOVA KEPLERIANA

Neue Folge – Heft 7

Materialien zu den Ephemeriden
von Johannes Kepler

von

VOLKER BIALAS / ELLI PAPADIMITRIOU

Vorgelegt von Herrn Ludwig F. B. Biermann
in der Sitzung vom 9. November 1979

MÜNCHEN 1980

VERLAG DER BAYERISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
IN KOMMISSION BEI DER C.H. BECK'SCHEN VERLAGSBUCHHANDLUNG MÜNCHEN

ISSN 0005-6995

(Abhandlungen – Bayerische Akademie der Wissenschaften.
Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse)

ISSN 0078-2246

(Nova Kepleriana)

ISBN 37696 2549 8

© Bayerische Akademie der Wissenschaften München, 1980
Druck der C. H. Beck'schen Buchdruckerei Nördlingen
Printed in Germany

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort 5

Teil 1

Die Materialien

Mond-Ephemeriden 11
Sonnen-Ephemeriden 57
Merkur-Ephemeriden 77
Venus-Ephemeriden 93
Mars-Ephemeriden 101
Jupiter-Ephemeriden 121
Saturn-Ephemeriden 127
Varia 135

Teil 2

Kommentar – Erläuterungen und Ergänzungen

Vorbemerkung 141
Mond-Ephemeriden 143
Sonnen-Ephemeriden 166
Merkur-Ephemeriden 173
Venus-Ephemeriden 181
Mars-Ephemeriden 186
Jupiter-Ephemeriden 198
Saturn-Ephemeriden 204
Varia 209

Quellen und Literatur 210
Übersicht über die Mss. zu den Ephemeriden Keplers 211
Register zu Teil 2 214
Zusammenfassung 216
Summary 218

Nihil enim situm est
in principio tui operis manuarij,
nisi simul etiam natura ipsa.

Kepler: Eph. 1617, Vorrede

VORWORT

Die hier vorgelegten Materialien aus den Kepler-Mss. stehen in einem unmittelbaren Zusammenhang zu den gedruckten Ephemeriden, die für die Jahre 1617–1636 von Kepler selbst publiziert wurden und nun in Keplers Gesammelten Werken der Kepler-Kommission der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in Bd. XI/1 (KGW XI/1) neu ediert werden. Die Mss. enthalten die wesentlichen Vorarbeiten zu den Ephemeriden, Rechnungen, Tabellen und kommentierende Bemerkungen, als wichtige Ableitungen und praktische Anwendungen aus den astronomischen Hypothesen und Theorien Keplers zur Bewegung des Mondes und der Planeten. Indem die Mss. wichtige Ergänzungen zu den Tabellen und Texten der gedruckten Ephemeriden bieten, ist ihre Wiedergabe gerade im Hinblick auf die Edition des Ephemeridenwerkes von besonderer Bedeutung und kann zu dessen inhaltlichem und historisch-genetischem Verständnis erheblich beitragen. Der Zweck der Edition der Materialien zu den Ephemeriden Keplers ist also einerseits darin zu sehen, den Kommentar zu KGW XI/1 zu bereichern und zu ergänzen; andererseits bietet das Studium astronomischer Kepler-Mss. stets aufs neue die Gelegenheit, neue Einblicke in die Arbeitsweise Keplers, in sein Denken überhaupt, zu gewinnen.

Für die Absicht, die Materialien zu den Ephemeriden trotz der Neuedition des gedruckten Werkes in einem gesonderten Heft herauszugeben, hat im besonderen der Umstand gesprochen, daß nach den Editionsprinzipien der KGW aus den Kepler-Mss. nur die Briefe in den Briefbänden und größere zusammenhängende Stücke in Bd. XX ediert werden und daß über die Arbeiten Keplers zu den gedruckten Werken in den „Nachberichten“ der einzelnen Bände nur in zusammenfassender Weise berichtet werden kann. Die Einrichtung der Reihe „Nova Kepleriana – Neue Folge“ der Kepler-Kommission ermöglicht andererseits auch die kommentierende Herausgabe der in der Werkedition sonst kaum berücksichtigten Teile der Mss.

Wie die Vorarbeiten zu den „Tabulae Rudolphinae“ in den umfassenden Planeten-Kommentaren der Mss., über die schon früher für die Planeten Saturn und Jupiter ausführlich berichtet wurde (in: N. K. 2 und N. K. 4), so erstrecken sich die Arbeiten Keplers auch zu den Ephemeriden über hunderte von Folio-Seiten in den verschiedenen Bänden der Kepler-Mss. Es versteht sich, daß das Material nicht zur Gänze ungekürzt ediert werden konnte, sondern eine Auswahl aus den Mss. getroffen werden mußte. Kriterium dafür war in erster Linie der inhaltliche Zusammenhang der Mss. zum fertigen Werk, wie es durch den Druck repräsentiert ist. So konnten, ohne das Heft übermäßig mit Material zu belasten, alle wichtigen Stücke aus den Mss. berücksichtigt werden, so daß hier die Quellen als das wesentliche Ausgangsmaterial aller wissenschaftlichen Arbeit selbst zur Wiedergabe gelangen.

Zusätzlich zur Edition dieser ausgewählten Mss. ist weiteres handgeschriebenes Material zu den Ephemeriden für die Erläuterungen und Ergänzungen des Kommentars in Teil 2

dieses Heftes herangezogen worden. Hier sind weitere wichtige Textstellen und Tabellen auszugsweise wiedergegeben.

Die Edition der Mss. in Teil 1 und die Kommentierung in Teil 2 dieses Heftes ist nach den einzelnen Himmelskörpern Mond, Sonne, Planeten und innerhalb einer Gruppe nach einzelnen Jahren gegliedert. Der letzte Abschnitt umfaßt unter dem Titel „Varia“ Ausführungen, die sich auf mehrere Himmelskörper gleichzeitig beziehen. Am Schluß des Heftes sind eine Übersicht der edierten und im Kommentarteil näher erläuterten und zusätzlich erwähnten Mss. sowie ein Verzeichnis der im Kommentarteil erläuterten Fachbegriffe gegeben.

Wir kommen nun zur kurzen Beschreibung der Mss. und zu den Prinzipien ihrer Edition. In der Hauptsache handelt es sich um die im Jahre 1773 von Katharina II. für die Akademie von Petersburg für Rußland erworbenen, nach der Sternwarte von Pulkowo benannten und heute im Archiv der Akademie der Wissenschaften der UdSSR in Leningrad aufbewahrten Pulkowoer Kepler-Mss. mit der Aufteilung der Bände durch den Leipziger Magister Hansch. Zu einem geringen Teil umfassen die Mss. auch Handschriften der Wiener Nationalbibliothek. Zur weiteren Information sei auf die Geschichte des handschriftlichen Nachlasses Keplers selbst verwiesen (DGK E, 2). Die Texte wurden nicht anhand der Original-Mss., sondern anhand der im Besitz der Kepler-Kommission befindlichen Kopien sowie anhand eines Mikrofilmes der Wiener Handschriften transkribiert. Die Benutzung der Kopien anstelle der Originale hatte es zunächst mit sich gebracht, daß nicht immer der gesamte Inhalt eines Blattes zugänglich ist. Hier ist der Text bisweilen an den Rändern abgeschnitten. Für die Bewahrung auch dieser Stellen hatten seinerzeit die für die Herstellung der Kopien Verantwortlichen unter der Leitung von W. v. Dyck Rechnung getragen, indem derartige Passagen – häufig nur einzelne Buchstaben oder Zahlen – zusätzlich am Rand der Kopien mit Tinte vermerkt wurden. Jedoch ist nicht alles, das durch eine derartige Nachschrift gesichert werden sollte, auch wirklich auf der Kopie bewahrt. Denn nicht immer hat der Schreiber in seinen Ergänzungen den richtigen Wortlaut des Keplerschen Textes getroffen. Durch diesen Umstand lassen sich einige der Unterschiede zu dem Wortlaut der Texte, die Ch. Frisch anhand der Original-Mss. ediert hat (Op. Omn. III), erklären.

Im Anschluß an die Transkription konnten im Rahmen des Wissenschaftlerraustausches zwischen der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Akademie der Wissenschaften der UdSSR im Archiv der sowjetischen Akademie die Original-Mss. eingesehen und einige in der Kopie nicht lesbare Stellen verbessert werden. Dennoch bleiben andere Stellen, die schlecht oder überhaupt nicht lesbar sind. Sie sind durch darunter gesetzte oder hintereinander gesetzte Punkte näher gekennzeichnet.

Eine Folio-Seite enthält im Allgemeinen Rechnungen, Tabellen oder Texte. Sie trägt in der rechten Ecke des oberen Randes – für jeden Band gesondert – eine neuere Paginierung in arabischen Zahlen, gegebenenfalls auch die von Kepler. In der Edition sind diese Blattbezeichnungen wiedergegeben, dabei ist die Keplersche Paginierung in runden Klammern unter die neu gegebene Zahl gesetzt. Die Bände der Pulkowoer Kepler-Mss. sind mit römischen Ziffern bezeichnet, während für die Wiener Mss. die Benennung A für den herangezogenen Codex gilt.

An den Rändern stehen häufig Bemerkungen Keplers, die sich auf den Haupttext bzw. auf die Rechnungen beziehen, aber nicht immer aus derselben Zeit stammen. Sie werden, sofern ein Verweisungszeichen Keplers vorhanden ist, direkt in die Hauptpassagen der betreffenden Seite eingeordnet, oder, wenn sie als spätere Hinzufügung einzuschätzen sind, am Schluß der Seite als Anmerkung – versehen mit einer kurzen, kursiv gesetzten Beschrei-

bung der näheren Lokalisierung der Bemerkungen – wiedergegeben. Mehrere, von einander deutlich abgesetzte Bemerkungen dieser Art mit ungefähr derselben Lokalisierung sind durchnummeriert.

Orthographische Besonderheiten der Handschrift sind im Allgemeinen unverändert gelassen. Die Groß- und Kleinschreibung ist beibehalten worden mit Ausnahme der Bezeichnungen der Gestirne und der Satzanfänge, für die stets große Buchstaben verwendet wurden. Gebräuchliche Abkürzungen wurden aufgelöst, durchgestrichene Wörter und Zahlen wurden je nach Wichtigkeit im Kontext der umstehenden Ausführungen weggelassen oder wiedergegeben.

Es wurden folgende kritische Zeichen verwendet:

- ¹ Schluß-Zeichen für ein Ms.-Blatt, das mit einem Text endet;
- ◁ > Zusätze oder Veränderungen einzelner Bezeichnungen durch die Bearbeiter, Beispiel: $\langle \odot - \pi \rangle$ anstelle von: *Distantia Solis ab Apogaeo Lunae* (II, 214^v);
- [] einzelne von Kepler durchgestrichene, hier dennoch wiedergegebene Texte oder Zahlen, Beispiel: [1. 2] (II, 217);
- { ... } in der Edition oder in den Ergänzungen von Teil 2 weggelassene Zahlen oder Rechnungen Keplers;
- [...] in der Edition weggelassene Texte Keplers;
- ... einzelne, nicht lesbare Stellen, die in der Edition weggelassen werden mußten;
- ‡ 7 untergesetzte Punkte bei einzelnen, schwer lesbaren Buchstaben oder Ziffern.

Nun noch ein Wort zur wissenschaftshistorischen Einschätzung der Materialien. Inhaltlich gesehen bieten die Mss. zu den Ephemeriden Keplers ein reiches Quellenmaterial zur numerischen Ausarbeitung der Mond- und Planetenastronomie auf der Grundlage der von Kepler nach physikalischen Prinzipien abgeleiteten astronomischen Theorie. Wir erfahren nicht nur mehr über die vielfältigen Bemühungen des Astronomen um die Ableitung der monatlichen Gleichungen der Mondbewegung, sondern können auch die ersten praktischen Anwendungen aus den in der „*Astronomia Nova*“ enthaltenen Erkenntnissen in den frühen Mars-Ephemeriden studieren. Über die unmittelbare astronomische Praxis hinaus sind die Materialien als wichtige Dokumente aus der Frühzeit der Wissenschaftlichen Revolution des 17. und des frühen 18. Jahrhunderts zu bewerten, indem sie Aufschluß geben über die Anwendung der deduktiv-induktiven Methode und über Verfahren der Quantifizierung in der neuen Wissenschaft.

Für die Verfasser selbst, die mit der Aufteilung der aufeinander bezogenen Arbeitsgänge Transkription – inhaltliche Erschließung – Kommentierung der Texte arbeitsteilig vorgehen, stellt das vorliegende Heft das Produkt einer stets erinnerungswürdigen intensiven wissenschaftlichen Zusammenarbeit dar.

Abschließend sei besonders gedankt M. List für den nochmaligen Vergleich des gesetzten Textes mit der Vorlage, der Direktion der Handschriftenabteilung der Wiener Nationalbibliothek für die Erlaubnis, die Mars-Ephemeride für 1605 hier zu edieren, und der Stiftung Volkswagenwerk, die mit der Bereitstellung von finanziellen Mitteln die vorliegende Wiedergabe und Bearbeitung von Kepler-Handschriften astronomischen Inhalts ermöglichte.

TEIL 1

DIE MATERIALIEN

MOND-EPHEMERIDEN

TABULA SCRUPULORUM MENSTRUORUM LONGITUDINIS coeruleo colore inscriptorum						
Distantia Solis ab Apogaeo Lunae						Lunâ
Subtrahe Adde	Scrupula	Adde Subtrahe	Subtrahe Adde	Scrupula	Adde Subtrahe	Crescente Senescente
0 360	60. 0 14.24	180 180	60 300	30. 0 3.36	240 120	
1 359	59.59 14.24	181 179	61 299	29. 5 3.29	241 119	
2 358	59.58 14.23	182 178	62 298	28.10 3.22	242 118	
3 357	59.55 14.22	183 177	63 297	27.14 3.16	243 117	
4 356	59.51 14.21	184 176	64 296	26.18 3. 9	244 116	
5 355	59.46 14.20	185 175	65 295	25.22 3. 3	245 115	
{...}		...}	{...}		...}	
26 334	53.56 12.56	206 154	81 279	9.23 1. 8	261 99	
27 333	53.28 12.50	207 153	82 278	8.20 1. 0	262 98	
28 332	52.59 12.43	208 152	83 277	7.18 0.53	263 97	
29 331	52.29 12.36	209 151	84 276	6.16 0.45	264 96	
30 330	51.58 12.28	210 150	85 275	5.14 0.38	265 95	
31 329	51.26 12.20	211 149	86 274	4.11 0.30	266 94	
{...}		...}	87 273	3. 8 0.23	267 93	
57 303	32.41 7.50	237 123	88 272	2. 5 0.15	268 92	
58 302	31.48 7.37	238 122	89 271	1. 1 0. 8	269 91	
59 301	30.54 7.24	239 121	90 270	0. 0 0. 0	270 90	
60 300	30. 0 7.11	240 120				
Borea. Austra.	Scrupula	Austr. Borea.	Boreal. Austra.	Scrupula	Austra. Boreal.	Crescente Senescente
Distantia Solis a Nodo evehente Lunae						Lunâ
TABULA SCRUPULORUM MENSTRUORUM LATITUDINIS nigro colore subscriptorum						

II,214
(353)

II, 214^v

PROSTHAPHAERESIS, QUA EX LONGITUDINE LUNAE A SOLE,
FIT LONGITUDO EJUS AB APHELIO LUNAE

Quando a Sole, paulo minus sumendum esset, quando ab opposito
Solis paulo plus sc.

	6	7	8	
	Sub.	Sub.	Sub.	
	0	1	2	
$\langle \odot - \pi \rangle$	Adde	Adde	Adde	
0	0. 0. 0	1.41. 6	2.22.17	30
1	0. 3.58	1.43.27	2.22.55	29
2	0. 7.55	1.45.46	2.23.29	28
3	0.11.50	1.47.59	2.24. 2	27
4	0.15.45	1.50. 5	2.24.33	26
5	0.19.37	1.52. 6	2.25. 3	25
6	0.23.28	1.54. 3	2.25.30	24
7	0.27.18	1.55.56	2.25.56	23
8	0.31. 6	1.57.42	2.26.20	22
9	0.34.52	1.59.25	2.26.43	21
10	0.38.35	2. 1. 3	2.27. 4	20
11	0.42.15	2. 2.37	2.27.24	19
12	0.45.53	2. 4. 7	2.27.42	18
13	0.49.29	2. 5.34	2.27.55	17
14	0.53. 1	2. 6.56	2.28.14	16
15	0.56.30	2. 8.15	2.28.28	15
16	0.59.55	2. 9.31	2.28.41	14
17	1. 3.16	2.10.45	2.28.54	13
18	1. 6.34	2.11.53	2.29. 5	12
19	1. 9.49	2.12.56	2.29.14	11
20	1.13. 0	2.14. 3	2.29.21	10
21	1.16. 7	2.15. 4	2.29.29	9
22	1.19.10	2.16. 2	2.29.35	8
23	1.22. 8	2.16.57	2.29.41	7
24	1.25. 5	2.17.50	2.29.45	6
25	1.27.56	2.18.40	2.29.49	5
26	1.30.44	2.19.28	2.29.52	4
27	1.33.24	2.20.14	2.29.55	3
28	1.36. 3	2.20.57	2.29.57	2
29	1.38.35	2.21.38	2.29.59	1
30	1.41. 6	2.22.17	2.30. 0	0
	Adde	Adde	Adde	
	5	4	3	
	Subt.	Subt.	Sub.	
	11	10	9	

II, 214 *seitlich (quergeschrieben)*: Titulj superscripti distantijs $\gg$ a $\odot$ non referuntur ad ipsas, nec ad earum scrupula, sed ad id quod prodit per multiplicationem scrupulorum in aequationem menstruum.

unterer Rand:

(1) Hae 2 columnae, quod scrupula latitudinis attinet corruptae sunt. Volui enim dimidiare, ut accommodarem ad praeceptum in Tab: lat: scriptum, et acce . . .

(2) In hac tertia columna sume partem dimidiam sc: latit: pro praecepto in Tab. latitudinis scripto.

II, 214^v *unterer Rand*: Haec pertinet ad Tab: Variationis qua sum usus in Ephemeride Annj 1617.

TABULA VARIATIONIS TAM KEPLERIANAE QUAM TYCHONIANAE

II, 215
(355)

◁▷-○▷				Kepl: Tych: Adde				Kepl: Tych: Adde				◁▷-○▷				Kepl: Tych: Adde			
0	0'	0"	0'o"	180	30	26'50"	35'4"	150	60	32' 6"	120								
1	1.	2		179	31	27.28		149	61	31.42	119								
2	2.	4		178	32	28. 5		148	62	31.15	118								
3	3.	5		177	33	28.39		147	63	30.46	117								
4	4.	6		176	34	29.13		146	64	30.14	116								
5	5.	6		175	35	29.45		145	65	29.39	115								
6	6.	6		174	36	30.16		144	66	29. 0	114								
7	7.	6		173	37	30.44		143	67	28.21	113								
8	8.	5		172	38	31.10		142	68	27.38	112								
9	9.	5		171	39	31.35		141	69	26.52	111								
10	10.	4		170	40	31.58		140	70	26. 4	110								
11	11.	2		169	41	32.20		139	71	25.12	109								
12	12.	0		168	42	32.39		138	72	24.18	108								
13	12.57			167	43	32.56		137	73	23.21	107								
14	13.53			166	44	33.11		136	74	22.21	106								
15	14.49			165	45	33.24		135	75	21.19	105								
16	15.44			164	46	33.37		134	76	20.15	104								
17	16.38			163	47	33.46		133	77	19. 6	103								
18	17.33			162	48	33.49		132	78	17.55	102								
19	18.26			161	49	33.52		131	79	16.42	101								
20	19.18			160	50	33.54		130	80	15.27	100								
21	20. 8			159	51	33.53		129	81	14. 7	99								
22	20.57			158	52	33.51		128	82	12.44	98								
23	21.45			157	53	33.46		127	83	11.19	97								
24	22.33			156	54	33.38		126	84	9.51	96								
25	23.19			155	55	33.30		125	85	8.20	95								
26	24. 4			154	56	33.18		124	86	6.46	94								
27	24.47			153	57	33. 3		123	87	5. 8	93								
28	25.29			152	58	32.47		122	88	3.28	92								
29	26.10			151	59	32.28		121	89	1.46	91								
30	26.50			150	60	32. 6		120	90	0. 0 o'o"	90								
Subtrahe				Subtrahe				Subtrahe											

II, 215 oberer Rand:

(1) Hujus tabulae fundamentum est promotio illuminatoria quadrantis 2.45.56. in sinus multiplicata
Correctionis fundamentum 2.43.58.

(2) Correctio transcripta est in aliam Tabulam Menstruam et in schedas agglutinatas.

unterer Rand: Alio tempore circumscribe duplicem ordinem distantiae Lunae a Sole, continuatâ
illa usque ad 360, ut non sit opus monitione marginalj nec novum quid accadat in sola Variatione.

II,215^v

ALIA ET CORRECTOR TABELLA VARIATIONIS KEPLERIANAE

In semicirculo Plenilunij seu superiore								
Ad.		Sub.	Ad.		Sub.	Ad.		Sub.
180	0. 0	180	210	26. 7	150	240	32.44	120
181	0.59	179	211	26.45	149	241	32.24	119
182	1.57	178	212	27.22	148	242	32. 2	118
				NB 9.2				
183	2.57	177	213	27.58	147	243	31.37	117
184	3.55	176	214	28.32	146	244	31.10	116
185	4.53	175	215	29. 4	145	245	30.41	115
							NB aeq:	
186	5.52	174	216	29.35	144	246	30.10	114
187	6.50	173	217	30. 5	143	247	29.37	113
188	7.47	172	218	30.33	142	248	29. 1	112
189	8.44	171	219	30.59	141	249	28.23	111
190	9.41	170	220	31.23	140	250	27.42	110
191	10.37	169	221	31.46	139	251	26.58	109
192	11.33	168	222	32. 7	138	252	26.12	108
193	12.28	167	223	32.26	137	253	25.23	107
194	13.23	166	224	32.43	136	254	24.31	106
195	14.17	165	225	32.58	135	255	23.36	105
196	15.11	164	226	33.12	134	256	22.38	104
197	16. 4	163	227	33.24	133	257	21.37	103
198	16.56	162	228	33.34	132	258	20.33	102
199	17.47	161	229	33.42	131	259	19.27	101
200	18.38	160	230	33.47	130	260	18.19	100
201	19.28	159	231	33.50	129	261	17. 8	99
202	20.17	158	232	33.52	128	262	15.54	98
				[Max.]				
203	21. 5	157	233	33.52	127	263	14.37	97
204	21.52	156	234	33.49	126	264	13.17	96
							NB 4.52	
205	22.37	155	235	33.43	125	265	11.55	95
206	23.22	154	236	33.37	124	266	10.30	94
207	24. 5	153	237	33.28	123	267	9. 3	93
208	24.47	152	238	33.16	122	268	7.31	92
209	25.27	151	239	33. 1	121	269	5.55	91
210	26. 7	150	240	32.44	120	270	4.16	90
						271	2.35	89
						272	0.52	88
						272½	0. 0	87½

In semicirculo Novilunij inferiore

Sub.		Ad.	Sub.		Ad.	Sub.		Ad.
			300	30.16	60	330	26.30	30
			301	30.42	59	331	25.52	29
272 $\frac{1}{2}$	0. 0	87 $\frac{1}{2}$	302	31. 6	58	332	25.13	28
273	0.53	87	303	31.28	57	333	24.32	27
274	2.36	86	304	31.47	56	334	23.50	26
275	4.16	85	305	32. 3	55	335	23. 6	25
276	5.54	84	306	32.16	54	336	22.21	24
277	7.30	83	307	32.27	53	337	21.35	23
278	9. 1	82	308	32.35	52	338	20.47	22
279	10.28	81	309	32.41	51	339	19.58	21
280	11.52	80	310	32.45	50	340	19. 8	20
				[Max:]				
281	13.14	79	311	32.46	49	341	18.18	19
	NB 1.55							
282	14.33	78	312	32.45	48	342	17.26	18
283	15.49	77	313	32.42	47	343	16.34	17
284	17. 2	76	314	32.36	46	344	15.41	16
285	18.12	75	315	32.28	45	345	14.46	15
286	19.19	74	316	32.18	44	346	13.51	14
287	20.24	73	317	32. 6	43	347	12.54	13
288	21.27	72	318	31.52	42	348	11.57	12
289	22.27	71	319	31.36	41	349	10.59	11
290	23.24	70	320	31.17	40	350	10. 1	10
291	24.18	69	321	30.55	39	351	9. 1	9
292	25. 9	68	322	30.31	38	352	8. 2	8
293	25.57	67	323	30. 6	37	353	7. 3	7
294	26.42	66	324	29.39	36	354	6. 3	6
				NB 8.52				
295	27.25	65	325	29.11	35	355	5. 3	5
296	28. 5	64	326	28.42	34	356	4. 3	4
297	28.42	63	327	28.12	33	357	3. 2	3
298	29.15	62	328	27.40	32	358	2. 2	2
299	29.44	61	329	27. 6	31	359	1. 1	1
300	30.16	60	330	26.30	30	360	0. 0	0

II, 215^v unterer Rand: Supponitur semidiameter orbis ☽ pars 23 de semidiametro orbis Terrae. Ex hac Tabula computata est Ephemeris annj 1617.

II,216
(357)

TABULA VARIATIONIS TYCHONICAE
ad singulos semisses Minutorum Variationis

Adde		Variatio	Subtrahe		⟨ pro 10" Δ V ⟩
0. 0	90. 0	0. 0	90. 0	180. 0	7
0.21	89.39	0.30	90.21	179.39	7
0.42	89.18	1. 0	90.42	179.18	7
1. 4	88.56	1.30	91. 4	178.56	7
1.25	88.35	2. 0	91.25	178.35	7 ¹ / ₃
1.47	88.13	2.30	91.47	178.13	7
2. 8	87.52	3. 0	92. 8	177.52	7 ¹ / ₃
2.30	87.30	3.30	92.30	177.30	7
2.51	87. 9	4. 0	92.51	177. 9	7 ¹ / ₃
3.13	86.47	4.30	93.13	176.47	7
3.34	86.26	5. 0	93.34	176.26	7 ¹ / ₃
3.56	86. 4	5.30	93.56	176. 4	7
4.17	85.43	6. 0	94.17	175.43	7 ¹ / ₃
4.39	85.21	6.30	94.39	175.21	7
5. 0	85. 0	7. 0	95. 0	175. 0	7 ¹ / ₃
5.22	84.38	7.30	95.22	174.38	7
5.43	84.17	8. 0	95.43	174.17	7 ¹ / ₃
6. 5	83.55	8.30	96. 5	173.55	7
6.26	83.34	9. 0	96.26	173.34	7 ¹ / ₃
6.48	83.12	9.30	96.48	173.12	7
7. 9	82.51	10. 0	97. 9	172.51	7 ¹ / ₃
7.31	82.29	10.30	97.31	172.29	7 ¹ / ₃
7.53	82. 7	11. 0	97.53	172. 7	7
8.14	81.46	11.30	98.14	171.46	7 ¹ / ₃
8.36	81.24	12. 0	98.36	171.24	7 ¹ / ₃
8.58	81. 2	12.30	98.58	171. 2	7 ¹ / ₃
9.20	80.40	13. 0	99.20	170.40	7 ² / ₃
9.43	80.17	13.30	99.43	170.17	7 ¹ / ₃
10. 5	79.55	14. 0	100. 5	169.55	7 ² / ₃
10.28	79.32	14.30	100.28	169.32	7 ² / ₃
10.51	79. 9	15. 0	100.51	169. 9	8
11.15	78.45	15.30	101.15	168.45	7 ² / ₃
11.38	78.22	16. 0	101.38	168.22	8
12. 2	77.58	16.30	102. 2	167.58	7 ² / ₃
12.25	77.35	17. 0	102.25	167.35	7 ² / ₃
12.48	77.12	17.30	102.48	167.12	8
13.12	76.48	18. 0	103.12	166.48	7 ² / ₃
13.35	76.25	18.30	103.35	166.25	8
13.59	76. 1	19. 0	103.59	166. 1	8 ¹ / ₃
14.24	75.36	19.30	104.24	165.36	8
14.48	75.12	20. 0	104.48	165.12	8 ¹ / ₃
15.13	74.47	20.30	105.13	164.47	8 ¹ / ₃
15.38	74.22	21. 0	105.38	164.22	

	Adde		Variatio	Subtrahe		
20°	16. 3	73.57	21.30	106. 3	163.57	8 $\frac{1}{3}$
	16.27	73.33	22. 0	106.27	163.33	8
	16.52	73. 8	22.30	106.52	163. 8	8 $\frac{1}{3}$
	17.17	72.43	23. 0	107.17	162.43	8 $\frac{1}{3}$
	17.43	72.17	23.30	107.43	162.17	8 $\frac{2}{3}$
	18. 9	71.51	24. 0	108. 9	161.51	8 $\frac{2}{3}$
	18.36	71.24	24.30	108.36	161.24	9
	19. 3	70.57	25. 0	109. 3	160.57	9
	19.30	70.30	25.30	109.30	160.30	9
	19.58	70. 2	26. 0	109.58	160. 2	9 $\frac{1}{3}$
	20.26	69.34	26.30	110.26	159.34	9 $\frac{1}{3}$
	20.54	69. 6	27. 0	110.54	159. 6	9 $\frac{1}{3}$
	21.23	68.37	27.30	111.23	158.37	9 $\frac{2}{3}$
	21.52	68. 8	28. 0	111.52	158. 8	9 $\frac{2}{3}$
	22.22	67.38	28.30	112.22	157.38	10
	22.52	67. 8	29. 0	112.52	157. 8	10
	23.23	66.37	29.30	113.23	156.37	10 $\frac{1}{3}$
	23.54	66. 6	30. 0	113.54	156. 6	10 $\frac{1}{3}$
	24.26	65.34	30.30	114.26	155.34	10 $\frac{2}{3}$
	24.59	65. 1	31. 0	114.59	155. 1	11
25°	25.32	64.28	31.30	115.32	154.28	11
	26. 6	63.54	32. 0	116. 6	153.54	11 $\frac{1}{3}$
	26.41	63.19	32.30	116.41	153.19	11 $\frac{2}{3}$
	27.17	62.43	33. 0	117.17	152.43	12
	27.54	62. 6	33.30	117.54	152. 6	12 $\frac{1}{3}$
	28.33	61.27	34. 0	118.33	151.27	13
	29.13	60.47	34.30	119.13	150.47	13 $\frac{1}{3}$
	29.55	60. 5	35. 0	119.55	150. 5	14
	30.38	59.22	35.30	120.38	149.22	14 $\frac{1}{3}$
	31.23	58.37	36. 0	121.23	148.37	15
30°	32.10	57.50	36.30	122.10	147.50	15 $\frac{2}{3}$
	33. 0	57. 0	37. 0	123. 0	147. 0	16 $\frac{2}{3}$
	33.56	56. 4	37.30	123.56	146. 4	18 $\frac{2}{3}$
	34.54	55. 6	38. 0	124.54	145. 6	20 $\frac{1}{3}$
	36. 4	53.56	38.30	126. 4	143.56	
	37.14	52.46	39. 0	127.14	142.48	
	38.39	51.21	39.30	128.39	141.21	
	40.32	49.28	40. 0	130.32	139.28	
	45. 0	45. 0	40.30	135. 0	135. 0	
35°						
40°						
45°						

	Adde	Variatio	Subtrahe
	35.36	38.20	24
	36.24	38.40	25
	37.14	39. 0	26
	37.53	39.15	31
	38.39	39.30	35½
	39.32	39.45	40
23	40.32	40. 0	46
	40.55	40. 5	52
26			
29	41.21	40.10	58
32	41.50	40.15	64
40	42.22	40.20	76
	43. 0	40.25	200
	44. 0	40.28	300
	45. 0	40.30	

II, 216 unterer Rand:

- (1) Praeceptum. Ingredimur quidem ex jussu Tychonis cum Distantiâ ☽ a ☉ vel ☿ ☉ secundò aequatâ rectissimè, ad excerpendam hanc tertiam aequationem. Si tamen ingrediamur etiam cum primo aequata quam fictam appello: primùm illa proxime copulas parum differt a secundò aequata, deinde in Dist: 45.135, ubi mediocriter differt, parum efficit; quia $4\frac{1}{2}$ gradus dant $\frac{1}{2}$ scrupulum, tertio in Quadris, ubi differt per $2\frac{1}{2}$ gr: potest quidem efficere $3\frac{1}{2}$ sc: sed id rarò, et bis tantum in anno.
- (2) 1625. 20 Nov: Scrupula quae gradibus adhaerent vel quae supra inventa in Tabula proxime pauciora redundant uno loco producta divide in lateralem, quotiens secunda monstrabit addenda vel auferenda Variationi integrorum graduum.
- (3) 20 Julij 1620.

TABULA VARIATIONIS TAM KEPLERIANAE QUAM TYCHONIANAE

II,217
(359)

Cum excessu unius supra alteram in columna excedentis inserto.

Gradus distantiae Lunae à Sole Add.		Kepl.	Tych.	Gradus distantiae Lunae à Sole	
		[Adde]			
0	360	[0' 0"]	0' 0"	180	180
0. 0. 0					
1	359	[1. 2]	1.25	181	179
0. 3.29			[0.23]		
2	358	[2. 4]	2.50	182	178
0. 6.57			[0.46]		
{ ...		...		...	
44	316	[33.11]	40.28	224	136
1.39.33			7.17		
45	315	[33.24]	40.30	225	135
1.39.46			7. 6		
46	314	[33.37]	40.28	226	134
1.39.34			6.51		
47	313	[33.46]	40.25	227	133
1.39.11			6.39		
48	312	[33.49]	40.17	228	132
1.38.40			6.28		
49	311	[33.52]	40. 6	229	131
1.38. 3			6.14		
50	310	[33.54]	39.53	230	130
1.37.28			5.59		
51	309	[33.53]	39.37	231	129
1.36.24			5.44		
{ ...		...		...	
87	273	[5. 8]	4.14	267	93
0.10.24		[0.54]			
88	272	[3.28]	2.50	268	92
0. 6.56		[0.38]			
89	271	[1.46]	1.25	269	91
0. 3.28		[0.20]			
90	270	[0. 0]	0. 0	270	90
0.0.0.					
Add.		Subtrahe Titulus Ascendentium			

II,217 *unterer Rand:*

(1) Hanc dimensionem Variationis Keplerianam repudiat ultima Hypothesis physica, relictâ solâ forma Tychonica, dubiae tamen quantitatis.

Inserta est hic inter ipsos gradus, Prosthaphaeresis Nodi Kepleriana cum suo titulo. Sed tunc gradus Marginis intelligi debent de distantia Solis a Nodo Ascendente ☊.

Ut excerpatur ritè Prosthaphaeresis nodj subtrahe locum Nodj propioris à loco Solis, residuum si fuerit quadrante minus, quaere in sinistro margine columnarum, et inuenies subscriptam Prosthaphaeresin Nodj cum titulo Add: Sin autem residuum fuerit majus quadrante, subtrahe ab 180, et cum hoc Complemento age ut prius; sed tunc Excerptae Prosth: Titulus Add. est mutandum in Subt.

(2) Hoc stante praecepto, jam Prosth. Nodj potest in peculiarj columna affigi latitudinibus ☽ simplicibus. Id factum est, quare totum hoc folium est supervacuum. Excepta sola Variatione Tychonica cum marginibus et titulis suis.

II,220
(365)

TABULA SCRUPULORUM MENSTRUORUM LONGITUDINIS LUNAE
Distantia Solis ab Apogaeo Lunae.

Subtrahe Adde		Scrupula Longitudinis		Adde Subtrahe		Crescente $\rangle$ Senescente $\langle$
0	360	30' 0"	3'36"	180	180	
1	359	29.59	3.36	181	179	
2	358	29.59	3.36	182	178	
3	357	29.58	3.36	183	177	
4	356	29.56	3.35	184	176	
5	355	29.53	3.35	185	175	
6	354	29.50	3.35	186	174	
7	353	29.47	3.35	187	173	
8	352	29.43	3.34	188	172	
9	351	29.38	3.34	189	171	
10	350	29.32	3.33	190	170	
11	349	29.27	3.32	191	169	
12	348	29.22	3.32	192	168	
13	347	29.14	3.31	193	167	
14	346	29. 7	3.30	194	166	
15	345	28.59	3.29	195	165	
{...}		...	...	...}		
76	284	7.15	0.52	256	104	
77	283	6.45	0.49	257	103	
78	282	6.14	0.45	258	102	
79	281	5.43	0.41	259	101	
80	280	5.12	0.38	260	100	
81	279	4.41	0.34	261	99	
82	278	4.10	0.30	262	98	
83	277	3.39	0.26	263	97	
84	276	3. 8	0.22	264	96	
85	275	2.37	0.19	265	95	
86	274	2. 6	0.15	266	94	
87	273	1.34	0.12	267	93	
88	272	1. 3	0. 8	268	92	
89	271	0.32	0. 4	269	91	
90	270	0. 0	0. 0	270	90	
Borealis Australis		Scrupula Latitudinis		Australis Borealis		Crescente $\rangle$ Senescente $\langle$

Distantia Solis à nodo Lunae evehente.

TABULA SCRUPULORUM MENSTRUORUM LATITUDINIS LUNAE

II,220 unterer Rand: Valet ista tabula pro Hypothesj priore, in qua est Eccentricitas peculiaris menstrua, et secundum hanc tabulam, facta est tabula expansa quadrata, cum 180 frontibus et 30 lineis, admixtâ variatione Keplerianâ. Non valet in Hypothesi novâ. Vide fol. verso. Valet haec eadem tabula cum titulis in calce etiamnum, pro latitudinis menstruae scrupulis.

TABULA EXPANSA AEQUATIONIS MENSTRUAE CUM IMMIXTA
VARIATIONE KEPLERIANA

II, 252
(425)

			Gradus Distantiae Lunae à Sole, vel ejus φ					II, 252 ^v
			181	182	183	184	185	{...}
			1	2	3	4	5	
«Diff.»	«Scr. Long.»	«Cresc. »»	Adde	Adde	Adde	Adde	Adde	
1.55	0	90. 0	1. 2	2. 4	3. 5	4. 6	5. 6	
	1	88. 5	0.0.57	0.1.55	0.2.51	0.3.47	0.4.42	
1.54		271.55						
	2	86.11	0.0.54	0.1.46	0.2.36	0.3.27	0.4.17	
1.56		273.49						
	3	84.15	0.0.50	0.1.36	0.2.22	0.3. 8	0.3.54	
1.55		275.45						
	4	82.20	0.0.46	0.1.27	0.2. 8	0.2.50	0.3.29	
1.56		277.40						
	5	80.24	0.0.42	0.1.18	0.1.54	0.2.30	0.3. 5	
1.57		279.36						
	6	78.27	0.0.38	0.1. 9	0.1.39	0.2.11	0.2.41	
1.57		281.33						
	7	76.30	0.0.34	0.1. 1	0.1.26	0.1.52	0.2.17	
2. 0		283.30						
	8	74.30	0.0.30	0.0.52	0.1.12	0.1.32	0.1.53	
2. 2		285.30						
	9	72.28	0.0.26	0.0.43	0.0.58	0.1.13	0.1.28	
2. 1		287.32						
	10	70.27	0.0.22	0.0.33	0.0.44	0.0.55	0.1. 4	
2. 1		289.33						
	11	68.26	0.0.18	0.0.24	0.0.29	0.0.35	0.0.40	
2. 2		291.34						
	12	66.24	0.0.14	0.0.15	0.0.15	0.0.16	0.0.16	
2. 3		293.36				Subtra.	Subtra.	
	13	64.21	0.0.10	0.0. 6	0.0. 1	0.0. 3	0.0. 8	...}

II, 252 (1) In Hypothesj recipitur hoc, Lunam moverj in Eccentro Eccentrj, et Eccentricitatem menstruam esse praecisè dimidiam de Eccentricitate Anomaliae Solutae, et habere suum etiam aequantem, ut in Eccentricitate Solutae.

(2) Ex hac tabulâ computata est Ephemeris annj 16[19]20.

(3) Abolita est haec tabula propter duas causas. I. quia Hypothesis Aequationis menstruae merè physica est, suppeditans particulam Exsortem. II. Quia Kepleriana Variatio evanuit, inventa ratione Geometrica et Physica Variationis Tychonianae, quae reducenda est.

(4) Typus tamen Tabulae servit alij Tabulae aequationis, Luminis Compositae.

II, 252^v unterer Rand: Numeri in ipsa linea infimâ non habent situm commodum, deberent subjici margini, loco imo.

			Gradus Distantiae Lunae à Sole, vel ejus ☿					
			181 1	182 2	183 3	184 4	185 5	{ ...
«Diff.»	«Scr. Long.»	«Gr. ☉ – π»						
		«Cresc. »»	Adde	Adde	Adde	Adde	Adde	
2. 9		295.39		Subtra.	Subtra.			
	14	62.12	0.0. 6	0.0. 3	0.0.13	0.0.23	0.0.33	
2.12		297.48						
	15	60. 0	0.0. 2	0.0.12	0.0.28	0.0.42	0.0.56	
2.14		300. 0	Subtra.					
	16	57.46	0.0. 2	0.0.22	0.0.42	0.1. 0	0.1.21	
2.16		302.14						
	17	55.30	0.0. 6	0.0.31	0.0.56	0.1.20	0.1.45	
2.24		304.30						
	18	53. 6	0.0.10	0.0.40	0.1.10	0.1.39	0.2. 8	
2.26		306.54						
	19	50.40	0.0.15	0.0.48	0.1.24	0.1.58	0.2.32	
2.29		309.20						
	20	48.11	0.0.19	0.0.57	0.1.38	0.2.18	0.2.56	
2.36		311.49						
	21	45.35	0.0.23	0.1. 6	0.1.52	0.2.37	0.3.21	
2.45		314.25						
	22	42.50	0.0.27	0.1.16	0.2. 6	0.2.55	0.3.45	
2.52		317.10						
	23	39.58	0.0.31	0.1.25	0.2.21	0.3.15	0.4. 8	
3. 7		320. 2						
	24	36.51	0.0.35	0.1.34	0.2.35	0.3.34	0.4.33	
3.18		323. 9						
	25	33.33	0.0.39	0.1.43	0.2.49	0.3.53	0.4.57	
3.37		326.27						
	26	29.56	0.0.43	0.1.52	0.3. 3	0.4.13	0.5.22	
4.17		330. 4						
	27	25.39	0.0.47	0.2. 1	0.3.18	0.4.32	0.5.45	
4.36		334.21						
	28	21. 3	0.0.51	0.2.10	0.3.32	0.4.50	0.6. 9	
6.14		338.57						
	29	14.49	0.0.55	0.2.19	0.3.46	0.5.10	0.6.34	
14.49		345.11						
	30	0. 0	0.0.59	0.2.28	0.3.59	0.5.29	0.6.58	
		360. 0	0.0. 4	0.0. 9	0.0.14	0.0.19	0.0.24	
☾			Adde	Adde	Adde	Adde	Adde	
Decresc.			179 359	178 358	177 357	176 356	175 355	...}

Gradus Distantiae Lunae à Sole, vel ejus ♂.						II,260 «Gr. ☉ – π» «Scr. Decrescente Long.»	
{ ...	344 164	345 165	346 166	347 167	348 168		
	Subtra.	Subtra.	Subtra.	Subtra.	Subtra.		
	15.44 0.17.11	14.49 0.16.11	13.53 0.15.10	12.57 0.14. 8	12. 0 0.13. 6	91.55 268. 5	1
	0.18.39	0.17.33	0.16.26	0.15.20	0.14.12	93.49 266.11	2
	0.20. 7	0.18.56	0.17.44	0.16.31	0.15.18	95.45 264.15	3
	0.21.34	0.20.18	0.19. 1	0.17.42	0.16.24	97.40 262.20	4
	0.23. 3	0.21.41	0.20.17	0.18.54	0.17.30	99.36 260.24	5
	0.24.30	0.23. 3	0.21.35	0.20. 6	0.18.36	101.33 258.27	6
	0.25.58	0.24.26	0.22.52	0.21.17	0.19.42	103.30 256.30	7
	0.27.26	0.25.48	0.24. 9	0.22.29	0.20.48	105.30 254.30	8
	0.28.54	0.27.10	0.25.25	0.23.40	0.21.54	107.32 252.28	9
	0.30.21	0.28.33	0.26.43	0.24.51	0.23. 0	109.33 250.27	10
	0.31.50	0.29.55	0.28. 0	0.26. 4	0.24. 6	111.34 248.26	11
	0.33.17	0.31.17	0.29.16	0.27.15	0.25.12	113.36 246.24	12
	0.34.44	0.32.40	0.30.33	0.28.26	0.26.18	115.39 244.21	13
	0.36.13	0.34. 2	0.31.51	0.29.38	0.27.24	117.48 242.12	14
	0.37.40	0.35.24	0.33. 7	0.30.49	0.28.30	120. 0 240. 0	15
	0.39. 8	0.36.47	0.34.24	0.32. 1	0.29.36	122.14 237.46	16
	0.40.36	0.38.10	0.35.41	0.33.13	0.30.42	124.30 235.30	17
	0.42. 3	0.39.32	0.36.59	0.34.24	0.31.48	126.54 233. 6	18
... }	0.43.31	0.40.54	0.38.15	0.35.35	0.32.55	129.20 230.40	19

{ . . .	0.44.59	0.42.17	0.39.32	0.36.47	0.34. 1	131.49	20
						228.11	
	0.46.27	0.43.39	0.40.49	0.37.58	0.35. 7	134.25	21
						225.35	
	0.47.54	0.45. 1	0.42. 6	0.39.10	0.36.13	137.10	22
						222.50	
	0.49.22	0.46.24	0.43.23	0.40.22	0.37.18	140. 2	23
						219.58	
	0.50.50	0.47.46	0.44.40	0.41.33	0.38.24	143. 9	24
						216.51	
	0.52.17	0.49. 8	0.45.57	0.42.44	0.39.30	146.27	25
						213.33	
. . . }	0.53.46	0.50.31	0.47.14	0.43.56	0.40.36	150. 4	26
						209.56	
	0.55.13	0.51.53	0.48.31	0.45. 8	0.41.42	154.21	27
						205.39	
	0.56.41	0.53.15	0.49.48	0.46.19	0.42.48	158.57	28
						201. 3	
	0.58. 9	0.54.38	0.51. 5	0.47.31	0.43.55	165.11	29
						194.49	
	0.59.36	0.56. 0	0.52.22	0.48.42	0.45. 1	180. 0	30
	0. 1.28	0. 1.23	0. 1.17	0. 1.12	0. 1. 6	180. 0	
	Adde	Adde	Adde	Adde	Adde	D)	
	16	15	14	13	12	Crescen.	
	196	195	194	193	192		

QUAE DESIDERENTUR IN TABULA EXPANSA COMPOSITAE MENSTRUAE
AEQUATIONIS LUNAE

II, 263
(445)

Primùm Margo quilibet, debet adjunctam habere distantiam Solis ab Apogaeo Lunae etiam antisciam. Nam juxta vel infra 0. debet stare 360. Juxta vel infra 88.5. debet stare 271.55.

Secundo in fronte desideratur linea

Scr.	dist. ☉ ab Ap. ☽	Variatio simplex Kepl.
0.	90. 270.	1.2. 2.4. Etc:

Et nota, quod haec est ad huc in gradu 88. et 89 Addenda, igitur illi duo titulj supremj subt: debent Variationj subjicj, et eorum loco poni Add: supra Variationem.

Tertio in cellulis calcis debent ponj differentiae interlineares cujusque columnae imminuentis.

Quarto intercolumnares differentiae rubro vel viridj colore sparsim subjiciantur cuique lineae. Ut inter Columnam 0 et 1, ponitur imo loco 0.59. Inter Columnam 1.2. ponitur sub ima linea 1.30, haec differentia sufficit, usque ad Column: 23. 24, ubi ponitur 1'.33".

Quinto praeceptum de usu et valore signorum est adscribendum. Nam signa haec in sua propria significatione valent tantum per dimidium semicirculum.

Quando enim Sol ab Apogaeo Lunae distat gr: 90, usque 0. vel gr: 270, usque 360 crescente Lunâ vel quando a gr: 90 per 180 usque gr. 270 Luna decrescente, tunc aequatio est subtractoria, qualis adhibetur in tota hac tabula. Tunc igitur tantum valent signa seu Titulj.

Quando verò fit contrarium, ut Crescente quidem Luna, Sol distet ab ejus Apogaeo per Gr. 90. 180. 270, vel ut decrescente illa, distet per 270. $\frac{0}{360}$ 90. tunc adjectoria est aequatio menstrua.

Sit igitur primò ☉ ab Ap. ☽ gr: $\frac{0}{180}$ et ☽ a ☉ 90 semiaequati motu, tunc aequatio menstrua subtrahenda est 2°.30. et Motus secundo aequatus, est 87.30. cui respondet Variatio 3'.55" addenda, ut ita hic de distantia ☽ a ☉ fictâ sit auferendum tantum 2°.26'.5". Et hoc dicit mihi sanè tabula cum suis titulis, jubens auferre 2°.26'.17".

Manente jam dispositione talj Solis ab Apogaeo Lunae, distet Luna ab opposito Solis 90, fictè id est ab ipso Sole 270. Hic aequatio erit adjectiva 2.30. Et secundo aequata distantia ☽ a ☽ 92.30. Cui respondet Variatio subtractoria 3'.55", ita manet composita adjectiva 2.26.5, quanta prius subtractoria, atque hoc iterum dicit mihi tabula, si titulos permutem.

Valent igitur titulj tabulae si titulus Crescente Luna vel ☽ Crescente, superponatur ad sinistram distantiae Solis ab Apogaeo Lunae, et Titulus decrescente Luna, vel ☾ decrescente, superponatur distantiae Solis ab Apogaeo ☽ ad dextram. Contrarij titulj sunt supponendj, distantiae ☉ ab Ap: ☽ ad utrumque latus. Et sunt omnibus Columnis supponendi contrarij titulj superpositorum. Denique medio loco insertj titulj subtrahe, sunt referendi ad suprascriptas lineas, si Titulj reguntur a Calce, ad subscriptas si Titulj reguntur a fronte.

Ultimò desideratur etiam talis tabulata lat: linearum 18.¹

II,273

TABULA SCRUPULORUM MENSTRUORUM LONGITUDINIS
LUNAE CUM LOGARITHMIS

«Dist. ☉ – π»		Adde Subtrahe	{...}	Scrup.	«Dist. ☉ – π»	
Cresc.	Decr.				Cresc.	Decr.
)	(				)	(
0	180	60. 0	{...}	60. 0	180	360
1	181	59.57		60. 2	179	359
2	182	59.53		60. 3	178	358
3	183	59.47		60. 3	177	357
4	184	59.40		60. 2	176	356
5	185	59.32		60. 0	175	355
6	186	59.23		59.57	174	354
7	187	59.15		59.53	173	353
8	188	59. 3		59.47	172	352
9	189	58.51		59.40	171	351
10	190	58.39		59.33	170	350
11	191	58.25		59.23	169	349
12	192	58. 9		59.13	168	348
13	193	57.53		59. 3	167	347
14	194	57.36		58.50	166	346
15	195	57.18		58.38	165	345
{...}			...		...	
76	256	13.54		15. 8	104	284
77	257	12.55		14. 5	103	283
78	258	11.56		13. 0	102	282
79	259	10.58		11.56	101	281
80	260	9.58		10.52	100	280
81	261	8.59		9.47	99	279
82	262	7.59		8.43	98	278
83	263	7. 0		7.38	97	277
84	264	6. 0		6.33	96	276
85	265	5. 0		5.28	95	275
86	266	4. 0		4.22	94	274
87	267	3. 0		3.16	93	273
88	268	2. 0		2.10	92	272
89	269	1. 1		1. 5	91	271
90	270	0. 0	...}	0. 0	90	270
Decr.	Cresc.	Scrup.	{...}	Subtrahe	Decr.	Cresc.
(	)			Adde	(	)

II, 273 oberer Rand: Ex hac tabula computata est Ephemeris annj 1621.

USUS TABULAE PRAEMISSAE

II, 273^v

I. Distantiam Solis ab Apogaeo Lunae quaere in una columnarum quatuor Lateralium.

II. Considera, utrum crescat Luna vel decrescat. Crescit enim quamdiu Distantia Lunae a Sole est inter 0. et 180: decrescit, quamdiu haec distantia est inter 180 et inter 360. Hic titulus vel crescentis vel decrescentis Lunae, invenitur in columnae jam inventae vel fronte vel calce, monstratque in linea sua, competentem titulum Additionis vel Subtractionis, quem habitura est aequatio invenienda.

III. In columnâ illâ Scrupulorum, cui est appositus titulus jam inventus, è regione (.seu in lineâ.) distantiae Solis ab Apogaeo Lunae excerpta sunt vel scrupula ipsa, vel illorum Logarithmus, prout unâ vel alterâ viâ placet uti.

[IV. Haec scrupula sunt multiplicanda in aequationem menstruam, et prodibit portio competens. Vel Logarithmus Scrupulorum addendus est Logarithmo aequationis menstruae, summa quaesita inter logarithmos sexagenarios, ostendet inter arcus, seu in columna arcuum, aequationem competentem; cui in utraque viâ est apponendus titulus aequationis vel subtractionis secundo loco inventus, et secundum titulum agendum cum eâ.]

Reliquum praeceptj adscriptum est Tabulae aequationis menstruae.

11 Martij Examen praecepti harum 2 tabularum, ejus sc: quae hic facie praecedente est scripta, et ejus sociae in folio alio.

Etsi duplicia exhibet scrupula, non tamen exactam sistit aequationem, nec est accommodata speculationj genuinae. Vide in Tabula socia fol. verso.

Ergò praestabit reformarj has tabulas, sic ut ex ijs corrigatur Anomalia media menstrua. Fit id facilimè, si tabula hîc adhaerens, jam dudum antiquata, postliminio reducatur, aucta rectangulis quadrantis, quorum maximum est 3'. 17". Nam duplicatis scrupulis ut colligamus non 30' sed 60'. Postea rectangulum Quadrantis vel subtrahitur vel additur scrupulis excerptis per distantia ☉ ab Ap: ♄. Alicubi etiam haec a rectangulo subtrahuntur.

Haec tamen tabula cum suâ sociâ, erit utilior ad construendam novam tabulam quadratam, in qua potest commode applicarj Anomalia media, coaequatae et variatae tandemque omnia possunt reduci ad gradus integros mediae.

Praeceptum erit tale, ut excerptantur tam scrupula cum titulo, ut prius, quam rectangulum quadrantis sine titulo.¹

II, 273^v oberer Rand: 11 Martij

II,274^v

II,275

(471)

II,274^v

TABULA AEQUATIONIS MENSTRUAE PLENAE

Distantia Lunae a Sole ficta seu primò aequata		{...} Aeq: pl.	Distantia Lunae a Sole ficta seu primò aequata	
Subtr.	Add.		Add:	Subtr.
0. 0	180. 0	{...}	0. 0	180. 0
0.25	179.35	0. 1	0.21	179.39
0.50	179.10	2	0.42	179.18
1.15	178.45	3	1. 3	178.57
1.40	178.20	4	1.23	178.37
2. 5	177.55	0. 5	1.44	178.16
2.30	177.30	0. 6	2. 5	177.55
2.55	177. 5	7	2.26	177.34
3.19	176.41	8	2.47	177.13
3.44	176.16	9	3. 7	176.53
4. 9	175.51	0.10	3.28	176.32
4.34	175.26	0.11	3.49	176.11
4.59	175. 1	12	4.10	175.50
5.24	174.36	13	4.31	175.29
5.49	174.11	14	4.52	175. 8
6.14	173.44	0.15	5.14	174.46
{...}		.		{...}
{...}				{...}
74. 8	105.52	2.21	64.39	115.21
75.15	104.45	22	65.45	114.15
76.26	103.34	23	66.53	113. 7
77.41	102.19	24	68. 5	111.55
79. 3	100.57	2.25	69.24	110.36
80.36	99.24	2.26	70.56	109. 4
82.24	97.36	27	72.39	107.21
84.24	95.36	28	74.29	105.31
87. 0	93. 0	29	76.51	103. 9
90.30	89.30	2.30	80.17	99.43
91.25	88.35	2.30.10	81.10	98.50
92.40	87.20	2.30.20	82.22	97.38
95.30	84.30	2.30.30	84.30	95.30
	Adde			Subt.

II,274^v

Fundamentum hujus tabulae hoc est, vel esse debet: quòd ingressi Tabulam aequationum Lunae solutarum, cum Anomalijs Eccentrj graduum integrorum, inventam in unius cujusque cella aequationem Physicam duplicamus, et sic duplicatam addimus ad suam superscriptam in cella Anomaliam Eccentrj; quo pacto constituitur Anomalia media, seu temporaria, cuj e regione respondet Anomalia coaequata vera, in mense qui-

II, 274^v oberer Rand: Ex hac tabula computata est Ephemeris in annum 1621.

seitlich Mitte: Imo uni et eidem Anomaliae Eccentri

dem aequationis menstruae plenae. Jam igitur si hanc sic formatam Anomaliā mediam secundò quaeramus in eādē tabula aequationum Lunae solutarum; et e regione excerpamus Anomaliā coaequatā respondentem, quae valet in mense vacuo omnis aequationis menstruae, vel in articulis $\odot^{1s}$ et $\oslash^{1s}$: tunc haec anomalia coaequata in alijs mensibus, qui habent aliquam aequationem menstruam dicitur Anomalia ficta seu primò aequata: quae comparata cum primò excerpta coaequatā verā, prodit aequationem menstruam plenam, respondentem suae Anomaliae fictae, quae Anomalia ficta, respectu illius menstruae aequationis nihil est aliud, quam distantia ficti seu Syzygialiter aequali locj Lunae a loco Solis vel $\oslash$ Solis vero. Per hunc igitur modum debet eadem excerptj aequatio menstrua plena, quae hic in hac tabula excerpitur.

Est et tertius modus excerpendi hanc aequationem, sed inartificialis, cū non plane eam correctissimam exhibeat: quo tamen ego sum usus in condendā hac tabulā, adhibetā legitimā correctione, per modum primum.

Ingredivimur enim cum ficta distantia $\oslash$ a $\odot$ Tabulam aequationum $\oslash$ Solutarum, quaerentes eam in columna Anomaliae Mediae, ut mediam et e regione, sub titulo coaequatae excerpimus differentiam respondentis coaequatae et suae Anomaliae Eccentrj, quae differentia est aequatio Optica in articulis $\odot$ et $\oslash$, jam verò fit aequatio menstrua plena. Sed ad vitandam confusionem structa est ista tabula, ut possent omitti illi 2 modi.¹

USUS HUIUS TABULAE

II, 275
(471)

Inventis scrupulis menstruis ex Tabulā ab ijs denominatā; cum titulo additionis vel subtractionis competente; postea cum Distantia Lunae à Sole vel ab ejus opposito, quaerendā in illa columnā, cuj superpositus est Titulus Add: vel Subt: inventus, excerpitur vel aequatio menstrua plena vel ejus Logarithmus, et multiplicatur ipsa quidem in scrupula, ut prodeat portio competens, vel additur logarithmus aequationis, logarithmo scrupulorum, et quaeritur summa inter Logarithmos hujus Tabulae, quae ostendet e regione sub titulo Aequationis menstruae, aequationis portionem competentem, habens titulum in priori Tabula inventum.

CAUTIO

Cum lineae scrupulorum, ubi plurimum, differant per $1'.6''$, quae differentia multiplicata in $2^\circ.30'.30''$, quanta est menstrua maxima, producit $2'.46''$. At vicissim lineae aequationum differant per $1'$, quae in scrupula plena 60 ducta efficit $1'$, sed tunc cum plena scrupula, lineae non differunt plus, quā per $3''$: patet ergò. Si omissa venatione partis proportionalis semper id sumam quod est dato proximum, seu majus eo, seu minus; tunc in multiplicatione nuspiam peccarj ad dimidium de $2'.46''$, nuspiam sc: $1'.23''$ potest.¹

EXAMEN PRAECEPTJ HARUM DUARUM TABULARUM

II, 275^v
(472)

Videtur deficere praeceptum a speculatione. Distet enim oppositio Solis ab Apogaeo $\oslash$ per 45° . Triangulum igitur maximum hujus mensis dans scrupula, non acquirit altitudinem

II, 275 unterer Rand: 14. 15 Jul: 1620

II, 275^v oberer Rand:

(1) 11 Mart: 1621

(2) Sequitur de diurnis Fictis et Veris.

omnium maximam. At si proportionem ipsam aequationis menstruae assequeretur etiam in Apogaeo solutae, debuit ejusdem esse altitudinis cum triangulo aequatorio ad punctum Apogaej.

Respondetur sic. Triangula omnia primò non formantur super Eccentricitate, sed super linea ej parallela, quae determinatur perpendicularibus ex centro Eccentrici et centro Terrae $\epsilon\upsilon\alpha\lambda\lambda\acute{\alpha}\xi$ eductis.

Ideò quaeritur altitudo, super hanc parallelam, per Anomalias Eccentrj, quae differunt ab Anomalijs primò coaequatis. Jam triangulum rectangulum quadrantis in circello ad centrum, est commune augmentum omnium triangulorum super Eccentricitate stantium, superstantia super parallelâ Eccentricitatis.

Quia ergo hoc augmentum est omnium commune; non debet in sortem mittj proportionis, nec proportionalitas scrupulorum debet se extendere ultra sectionem Eccentrj cum dicta parallela.

Quare praeceptum prioris potius tabulae scrupulorum est reformandum initio, ut habeantur scrupula respondentia Anomaliae Eccentrj, quibus demum adjicitur vel aufertur valor triangulj Quadrantis, vel illa huic, ut limata prodeant scrupula. Haec verò scrupula jam sunt multiplicanda in valorem Triangulj maximj, super parallela Eccentricitatis stantis: quod Triangulum sit computatum quidem ex Anomaliâ Eccentrj, accommodatum verò seu reductum et excerptum per Anomaliam primò coaequatam. Et reformationem quidem Tabulae Scrupulorum vide post ipsam facie aversâ. In praesens proba, utrum aequationes veniant ex Anomalia Eccentrj.

Sit Anomalia coaequata in $\textcircled{8}$ $\textcircled{45}$. tantus sc: sit angulus inter lineas Apogaej $\textcircled{D}$ et $\textcircled{8}$ $\textcircled{\ominus}$, in centro terrae. Igitur triangulum maximum dabitur ex tabula priore etc. Sit jam distantia $\textcircled{D}$ ab $\textcircled{8}$ $\textcircled{\ominus}$ primò aequata 60, erit Anomalia primò aequata 105 cui respondet Anomalia Eccentrj $107^{\circ}.24'.8''$.

$$\begin{array}{r} 104.35.35 - 107.24.8 \\ 24.25 \\ 1. 0.44 \\ 24.17.30 \\ 7.30 \end{array}$$

Et hinc ablata distantia $\textcircled{\ominus}$ ab Apogaeo $\textcircled{D}$, relinquit $62^{\circ}.24'.8''$. Quod si sinus totus dat

$$\begin{array}{rcl} 2^{\circ}.30', \text{ quid sinus } 62^{\circ}.24'.8. & \text{Log:} & 12080 \\ \text{vel } 15000 & & 189700 \\ & & \hline & & 201780 \quad 132.92 \\ & & & \text{Gr. } 2.12'.55'' \end{array}$$

At verò aequatio $2^{\circ}.13'$ quaesita in hac Tabula exhibet $57^{\circ}.32'$, et $122^{\circ}.28'$. et $66^{\circ}.31'$. et $113^{\circ}.29'$. Ergò reformanda erit etiam ista Tabula: Reformatio est facilima: Jam enim extant aequationes Physicae ad gradus integros Anom: Eccentrj, quae hic sunt utiles.

Praeceptum erit ut multiplicentur scrupula in aequationem plenam, quod prodit varietur per rectangulum quadrantis, pro augmento mediae, respondentis coaequatae susceptae.

Sed forte scrupulorum multiplicatio compensabit partem potissimam? Videamus. Mihi hic ad portionem aequationis menstruam constituendam ex plena $2^{\circ}.12'.55''$, opus est scrupulis, respondentibus Anomaliae coaequatae 45° , quia coaequata metitur arcum Eccentrj illum qui terminatur ad parallelam Eccentricitatis, dans scrupula simplicia. Ergo sc:

$$\begin{array}{r}
 42'.25'' \\
 \hline
 [1. 6.27.30 \\
 \text{Maneant} \quad 26.55. 0 \\
 53.50] \\
 \hline
 [\text{Aequatio} \quad 1.34.17]
 \end{array}$$

His aufertur Rectangulum quadrantis $3'.17''$ restant scrupula 1.31

Dif: $5'.49''$

Addenda ad mediam ut primò coaequata manens sit jam secundo coaequata.

Ex his verò tabulis quia $\delta \odot$ est ab ap: $\gg 45$. Ergo $\odot$ est ab Ap: $\gg 225$ seu decrevit $\gg$.
Sc: sunt $41'.6''$. Sub: Jam cum dist. $\gg$ a $\delta \odot$ 60. Elicio

$$\begin{array}{r}
 2. 4.21 \\
 \hline
 1.22.12 \\
 2.44.24 \\
 13 42 \\
 41 \\
 \hline
 1.25.11
 \end{array}$$

Subtrahenda ut fiat secundo coaequata. Si coaequata $58^\circ.35'$ habet $1^\circ.25'$ aequationem menstruam. Ergo $60^\circ.0$: secundo coaequata, habebit aeq: menst: majorem.

Possunt igitur hae duae tabulae locum habere qualemcunque, donec duae novae conformentur: praesertim verò ideo, quia per eas ex primo aequatâ computatur prope vera.

Reliquae vide pag.469.¹

Hae duae aequationes $1^\circ.25'.11''$ et $1^\circ.31'.0''$, ad speciem quidem differunt per $5'.49''$: at re verâ et in effectum differunt multo minus nam illa quidem respondet coaequatae secundò, $58.34'.49''$, ista respondet coaequatae secundò $60^\circ.0'$. Pro eo igitur, quòd in meditatâ novâ formâ, 60° dat $1^\circ.31'.0''$ hic jam in veterj ventilatâ, $58^\circ.34'.49''$, dat $1^\circ.25'.11''$. Sed si etiam hic descendam inferius, per $1^\circ.25'.11''$. Plena fit 2' minutis auctior, quae in 41' scrupula ducta, dat auctiorem portionem per $1'.24''$, ut sit $1^\circ.26'.36''$. Distant verò comparabiles adhuc per $4'.24''$. Sed fiunt adhuc propiores uno minuto, quia in novatione colligo ego ex physica, at in veteri colligitur tanquam ex optica, physica verò opticam superat hic uno minuto.¹

II, 274
(469)

PRAESTAT OMNIUM GRADUUM DIURNOS INQUIRERE

II, 276
(473)

Ut si anomalia o.o.o.o. diurnus anomaliae sequens est o.13.3.54

Imo rectius sic.

Posita prima anomalia o.o.o.o. Inquirantur diurnj sequentium dierum 28. Inde pone primam anomalam o.1.o.o. Tunc o.2.o.o. usque ad 13.

d. 151	5.22.48.45	Jan.	1.15. 0.52
d. 243	9.24.47.27	25	10.26.37.28
		56	0.11.38.20
	5. 2. 5.19.30	Feb. bis.	2. 3.53.56
d. 248.	0. 0. 6.57	83	10. 0.29.41
			4.23.37

Quaere diurnos dierum 248.

II, 274 oberer Rand.: Haec infra post finem fol. 472 legenda.

II, 276 oberer Rand.: Praecedit Hypothesis annj 1620 cum simplice Eccentricitate

o. Primus incipit a		o. o. o.	
28.	29 nus a	5.49.10.	
56.	57 us a	11.38.20	1.25.33.
83.	84 tus a	4.23.37	
111.	112	10.12.47	
138.	139	2.58. 4	
166.	167	8.47.14	
193.	194	1.32.31	
221.	222	7.21.41	
248.	249	o. 6.57	

Quaeritur differentia inter diurnos primum et 49 num.

6.57	6.57	4.56
<u>4.56</u>	<u>5. 4</u>	<u>3.54</u>
35	35	20

1. 5.25

1. 5.45

Nulla in Apogaeo sensibilis 13. 3.54

11.58. 9 sine apogaej additione

11.36

12. 9.46

Differentia inter primum et 193 tium.

5. 4	13. 3.54
<u>32.31</u>	<u>1.32.31</u>
2.32.35	14.36.25
<u>2. .</u>	<u>4.55</u>
2.35	<u>3.½</u>
<u>5. 4</u>	2.59
7.39	<u>1.10.21</u>
	1.13.20
	<u>7.39</u>

1. 5.41

Ecce differentiam secundorum 4 non plus.¹

II,276^v

Facilius ista pervidentur ex differentijs differentia aequationum.

Nam ad An. o. 1°. sequitur differentia 5. 4 differentiarum

ad An. o.14

4.55.

Ergo tanta diurnj differentia cum his uno gradu augetur anomalia.

Ergo si differentia tam parva, nec puncto major in nonagesimo (.quia ibi 5 secundis decrescunt secundae differentiae.) non opus erit computatione diurnorum 248?

PERPENDE ITERUM

Auferuntur anomalijs, 13 gr: bini vicem discrepantibus aequationes suae. Ablatis inaequalibus ab aequalibus, relictæ differunt, ut ablata.

Auferuntur jam et anomalijs 2 gradibus discrepantibus aequationes suae, et differunt relictæ ut ablata, sed et post 13 gradus ita fit.

An:

3. 0. 0. 0	3.13. 0. 0	3. 2. 0. 0	3.15. 0. 0
<u>4.58.20</u>	<u>4.52.37</u>	<u>4.58.27</u>	<u>4.50.23</u>
2.25. 1.40	3. 8. 7.23	2.27. 1.33	3.10. 9.37
<u>3. 8. 7.23</u>			<u>2.27. 1.33</u>
13. 5.43	7. differentia: 2 gr.		13. 8. 4
<u>13. 8. 4</u>	<u>2.14. differentia: 2 gr.</u>		
2.21	2.21		

Additis hic, alibi subtractis, differentijs 2 proximorum graduum aequationem prodit differentia diurnorum .2. gradibus in anomalia differentiarum.

Hinc facile habentur diurnj omnium graduum.

4.15. 0. 0	4.28. 0. 0	4.16. 0. 0	4.29. 0. 0
<u>3.35.38</u>	<u>2.42.21</u>	<u>3.31.55</u>	<u>2.37.51</u>
4.11.24.22	4.25.17.39	4.12.28. 5	4.26.22. 9
<u>4.25.17.39</u>		<u>4.26.22. 9</u>	
13.53.17	3.43	13.54. 4	
<u>13.54. 4</u>	<u>4.30</u>		
47	47		

En hic differentia differentiarum expositarum ad initium et finem diurni differentia diurnorum.

An:	1. 0. 0. 0	1.13. 3.54	1. 1. 0. 0	1.14. 3.54
	<u>2.25.47</u>	<u>3.46</u>	<u>2.30.12</u>	<u>3.42</u>
	0.27.34.13	16	0.28.29.48	15
	<u>1. 9.44. 8</u>	3.19.30	<u>1.10.40.22</u>	<u>3.23.17</u>
	12. 9.55	..	12.10.34	1.10.40.22
	<u>11.36</u>	1. 9.44. 8	<u>11.36</u>	
	12.21.31		12.22.10	

2. 0. 0. 0	2.13. 3.54	4. 0. 0. 0	4.13. 3.54
<u>4.14.51</u>	<u>1.36</u>	<u>4.22.20</u>	<u>3.34</u>
1.25.45. 9	6	3.25.37.40	14
<u>2. 8.20.49</u>	<u>4.42.59</u>	<u>4. 9.20.54</u>	<u>3.42.46</u>
12.35.40	4.43. 5	13.43.14	4. 9.20.54.
<u>11.36</u>	2. 8.20.49	<u>11.36</u>	
12.47.16.		54.50.	

*II,277
(475)*

3. 0. 0. 0	3.13. 3.54	5. 0. 0. 0	5.13. 3.54
<u>4.58.20</u>	<u>1. 4</u>	<u>2.33.18</u>	<u>5. 8</u>
2.25. 1.40	4	4.27.26.42	20
<u>3. 8.11.21</u>	<u>37</u>	<u>5.11.34.19</u>	<u>1.29.55</u>
13. 9.41	4.52.33	14. 7.37	1.29.35
<u>11.36</u>	3. 8.11.21.	<u>11.36</u>	<u>5.11.34.19.</u>
13.21.17.		14.19.13.	

6. o. o. o	6.13. 3.54
<u>6.14.13.29</u>	<u>5.13</u>
14.13.29	21
<u>11.36</u>	<u>1. 9.14</u>
14.25. 5	<u>1. 9.35</u>
	14.13.29

Poni potest in Ephemeride diurnus per inaequalitatem primam variatus, donec inde computentur Novilunia, Plenilunia et quadrae. Tunc ab articulis NL et Pl: incipiantur correctiones causâ inaequalitatis menstruae.

Ante omnia ponitur in Ephemeride Nodus, tum motus D ab aequinoctio secundum unam inaequalitatem. Tunc reductio incipiens a nodo. Tum $\odot$ verus, tum Pl: NL, et quadrae. Tum Variatio, tum Epicyclj correctio. Ita verus D . Tunc vera latitudo.

Diebus 248, quantum absit D a $\odot$

243	2.22.21. 7		
5	2. 0.57.13		
	<u>4.23.18.20</u>		
6. o		151	
<u>2.23.18.20</u>	2	<u>248</u>	
4.46.36.40		248	
1.13.23.20. o		1240	
1.11.39.10. o	30	<u>248</u>	
1.44.10. o o		37448	80
1.11.39.10		1461	20
<u>35.49.35. o</u>	> 44 —	<u>2922</u>	
3.18.45		8228	
<u>2.23.18.20</u>		<u>7305</u>	
40		923	

II,277^v

Diurnus anomaliae mediae	13. 3.54	
Aequatio	1. 5.25.	3.54
	<u>19</u>	<u>4.56</u>
	1. 5.44	12.48
	11.58.10.	2.
Apogaej ab aequinoctio portio diurna	<u>11.36</u>	<u>4.56</u>
	12. 9.46.	<u>30</u>
		19.14
Semidiurnus	6.31.57	31.57
	30.23	<u>5. 3</u>
	<u>2.40</u>	2.38. 5
	5.58.54	1.35.51
bis	11.57.48	
	<u>11.36</u>	
Omnium minimus	12. 9.24	Ad anom: 354½ sequens
		Ad o et 347. est: 12.9.46.

An:	5. 0				
	5. 0	—	2.33.18		
	5.13	—	1.29.55.	5. 8	
			18	3.54	An: 5.23½ — 37'.33'
			<u>1.29.37</u>	17.52	
			1. 3.41	<u>31 12</u>	
			13. 3.54	18.23.	
			<u>11.36</u>		
			14.19.11.		
An.	6.o.	—	1. 9.14. —	5.13	31.57
			19	<u>3.54</u>	<u>5.20</u>
			11.36	17.52	2.40.
			<u>13. 3.54</u>	17.52	<u>11</u>
			14.25. 3.	<u>31.12</u>	2.51.
				18.41.	37.33
					34.42.
					<u>35. 4.</u>
				1. 9.46.	
				11.36	
				<u>13. 3.54</u>	
				14.25.16	Ad: 173½

DIURNJ MOTUS CENTRJ EPICYCLJ AB AEQUINOCTIO

II,278
(477)

Intelligitur autem diurnus ille qui incipit ab anomalia media data.

12. 9.46	12.21.31	12.47.16	13.21.17	13.54.50	14.19.11
12. 9.55	12.22.10	12.48.19	13.22.28	[13.55]49	14
12.10. 5	12.22.50	12.49.23	13.23.39	[13.56]49	14
12.10.16	12.23.30	12.50.26	13.24.50	[13.57]48	14
12.10.28	12.24.11	12.51.30	13.26. 1	[13.58]45	14
12.10.41	12.24.53	12.52.35	13.27.12	[13.59]41	14
12.10.55	12.25.46	12.53.40	13.28.22	[14. 0]36	14
{...		...			...}
12.17.51	12.41.12	13.14.12	13.48.34	14	14.25.16. Maximus
12.18.25	12.42.12	13.15.22	13.49.38	14	14.25
12.19. 1	12.43.13	13.16.33	13.50.42	14	14.25.
12.19.37	12.44.13	13.17.43	13.51.45	14	14.25.
12.20.14	12.45.14	13.18.54	13.52.47	14	14.25
12.20.52	12.46.15	13.20. 5	13.53.49	14	14.25
12.21.31	12.47.16	13.21.17	13.54.50	14.19.11	14.25. 3

II,291
(505)

MEDITATIO SUPER DIURNIS ET HORARIJS LUNAE COMPUTANDIS

Primum diducuntur summae motus horarij Anomaliae medij per totam periodum. Secundo omnium summarum excerpuntur aequationes simplices, hae sunt relatae in tabulam, cujus frons habet dies 13. Margo horas 24. Sed adhibita Variatio Kepleriana prior.

Horarius Anomaliae mediae	32.39.45
Aufer aeq:	<u>2.42</u>
	29.58.
Adde Horarium	
Apogaej	<u>0.17</u>
	30.15.

Aliter ex Magino

Horarius aequalis seu medij motus Lunae	
	32.56.27
Auf.	<u>2.42</u>
	30.14.27

aequa.

Tertio per subtractionem binarum aequationum habetur differentia addenda vel demenda ab horario medio.

Quarto additur Apogaej ab aequinoctio horarius; et sic conficitur horarius ab aequinoctio fictus, pro indagandis punctis Syzygiarum. Horum omnium communis meta est Locus Apogaej Lunae illo momento, cum est Luna in Apogaeo. Nam dimidium horariorum praecedit tempus et locum hunc, dimidium sequitur; incipit enim tabula Horariorum a tempore cum Luna minus unâ horâ distat a perigaeo aequabilj, desinit in eundem Lunae situm in perigaeo, temporis posterioris.

Jam porrò pro absolvendo horario vero, gemina est via, una per duas Eccentricitates, altera per unam compositam.

In priorj sic procedendum. I. per distantiam Lunae a Sole vel ejus opposito excerpitur aequatio menstrua, quae semper est dimidia aequationis solutae circiter, siquidem utrinque sumatur aequalis distantia illic a Sole, hic ab Apogaeo. II. per distantiam Solis ab Apogaeo Lunae sumuntur scrupula longitudinis, quae usque ad 60 crescunt. III. Multiplicatis scrupulis in aequationem menstruam prodit portio prosthaphaeretica.

In secunda via sic procedendum. I. per distantiam Solis ab Apogaeo Lunae excerpuntur scrupula longitudinis procedentia usque ad 30. II. per eandem excerpitur aequatio Anomaliae. III. per aequatam anomaliam excerpitur aequatio. IV. haec ducitur in scrupula, productum additur aequationj.

Jam considera quomodo habeat utraque via ad horarium D in Copulis. Prima igitur sic erit. I. Horarius fictus ipse est distantia D a $\odot$ (.si demseris Horarium Solis medium.) Excerptio igitur aequationis menstruae facilis est. Nam primi gradus distantiae D a $\odot$ aequatio menstrua una et eadem multiplicatur in horarios fictos D a $\odot$ omnes.¹

II,291^v

II. Distantia Solis ab Apogaeo Lunae est hic nihil aliud quam ipsa Anomalia Lunae primò aequata per prosthaphaeresin Longitudinis D , simplicem. Ergo aequatio simplex inventa aufertur etiam a summa horariorum Anomaliae mediorum; et cum aequalis summis excerpuntur scrupula, quae multiplicantur in aequatiunculas menstruas omnes.

SECUNDA SIC ERIT

I. Rursum distantia $\odot$ ab Apogaeo D constituitur ut in priore, adhibita aequatione simplici summarum horarij Anomaliae Mediae antecedentis.

II. per hanc igitur excerpitur aequatio Anomaliae ad horas singulas: et scrupula. Cùm autem summa horariorum vagetur ab 1. ad 180 provenient etiam aequationes a 0 ad 5°.0' omnes, et Anomaliae aequatae a 0 ad 180 omnes et scrupula a 0 ad 30 omnia.

III. Per aequatas anomalias a 0 ad 180 omnes, novae excerpuntur aequationes a 0. ad 7°½ omnes: inque eas multiplicantur scrupula. Nam quia per compositam Anomaliā aliud excerpimus quam per simplicem: vicissim portio ex multiplicatione scrupulorum addit vel demit, quod abundaturum vel defecturum in 6 8 erat.

Haec igitur via quod horarios 9 in Copulis attinet est nimis longa et per plura praestat, quod prior per pauciora motu ambagioso haec, quod illa per quietem.

IGITUR IN PRIORJ VIA

Primi gradus dist: 9 a ☉ aequatae, menstrua aequatio sic invenitur.

Aequatio primi gradus

1.2.37. dat 5.11	quid 1.0. 0	
1. 2.37	4.58"	In Apogaeo simpl.
<u>5.13. 5</u>	2'.29"	Menstrua.
2. 5		
2. 5		

Et quia in perigaeo 57.23. dat 5.17 quid 1

<u>4.46.55</u>	5'.31"½. In perigaeo
30. 5	2' 46" Menstrua.
28.41½	
<u>1.55</u>	
30.36	
18	

Cum igitur Luna plena habet Anomaliā 0. tunc etiam ☉ abest ab Apogaeo 9 180. et horarius est senescentis, estque subtrahenda aequatiuncula. Multiplicanda igitur est aeq: 2.29 in Horarium fictum, apogaea aequatiuncula in Apogaeum etiam menstruum horarium, quippe cujus index est signum Subtr: Haec horaria aequatiuncula sumitur tota, quia scrupula per 180 sunt 60.

Habeat Plena Luna Anomaliā 10°, Sol aberit ab Apogaeo 9 190, horarius iterum erit senescentis, indicans subtractionem. Multiplicanda rursum est 2'.29" in horarium fictum, quod prodit, in scrupula 59.'5" est multiplicandum pro aequatiuncula subtractoria. Ita semper minuuntur scrupula, usque dum plena 9 habet Anomaliā coaequatam 90, ubi scrupula evanescent. Porro quando superat An: coaequata 90 in plena 9, et ☉ ab Apogaeo 9 abest plus quam 270, tunc jam aequatiuncula est Additoria, tunc igitur migrat Apogaeum in 6, et in 8 est perigaeum; est igitur multiplicanda 2'29" in horarios omnes fictos, et portio in scrupula ut antea.¹

Itaque prosthaphaeresis Horariorum menstrua post 8 desumitur ex 2.29, ab Anomalia 270 usque in An: 90. Vicissim ex 2.46' ab anomalia 90 usque in 270.

II,292
(507)

Sic qui proximè sequuntur 6 cum est eadem remotio tam ☉ quam 9 ab Anomalia 9, Luna crescente, ij formantur ex 2.29 ab Anomalia 270 usque in An: 90. Vicissim ex 2.46 ab anomalia 90 in 270. Nullam affert 6 variationem ab 8, quia a 6 crescit ab 8 senescit: etsi igitur eversa dist: ☉ ab Apogaeo 9 titulum mutat, at etiam senescens in crescentem mutata titulum iterum mutat.

Summa in quadrantibus Anomaliae ante et post Apogaeum utimur aequatiunculâ Apogaeâ 2'.29" in quadrantibus ante et post perigaeum, perigaeâ 2'.46". Ita utraque multiplicanda est in fictos horarios $\gg$ a $\odot$ omnes.

Horarius Apogaej $\gg$	0°.0'.17".	Diurnus ejus 0°. 6'.41"
Horarius Solis	0. 2'.28".	0 .59'. 8" $\frac{1}{2}$
Modulus horarij Anom:		32'.39".45'''
Formatio primi fictj horarij		
Differentia Aequationum simplicium H. 1		2.42
Fictus Horarius Anomaliae		29.58
Horarius Apog: $\gg$		17
Fictus Horarius ab aequinoctio		30.15
Horarius Solis		2.28
Fictus Horarius $\gg$ a $\odot$		27.47
		2.29
Aequatiuncula menstrua competens		34
distantiae $\gg$ a $\odot$ 0.27.47. sed non		55
semper tota.		13 53
		1. 9 $\frac{1}{2}$
Summa Horariorum, seu An: M.		32.40
Aequatio summae		2.42
An: Coaeq:		0.29.58
dat sc:		1. 0. 0
		1. 9 $\frac{1}{2}$

Aequatiunculae menstruae portio	
competens dist. $\gg$ a $\odot$ seu ficto	
horario ab aequinoctio	30.15
Pene verus $\gg$ ab aequinoctio	29. 5 $\frac{1}{2}$
Horarius Solis medius	2.28
distantia $\gg$ a $\odot$ penaequata	26.37 $\frac{1}{2}$
Gradus unus ejus dat Variat.	1. 2 Ad Non est Tychonis sed
	26.37 Keplerj
Portio nostrae distantiae	1.32
conveniens	27 Add. semper
Absolutè verus $\gg$ ab aequinoctio	29.34

Repetitio

Sit Anomalia $\gg$ 0°. 0'.32'.39".45''' ab ae.	32.56.27
Aequatio sub.	2.42
Motus primo aequatus	30.14.27
Horarius $\odot$	2.28
Dist: $\gg$ a $\odot$	0.27.46.27

Et quia novilunium hoc fuit in ipso Ap: ♄, post horam igitur exactam processit Apog: per 0.0.17". Sed ☉ per 2'.28". Sol igitur distat ab Ap: ♄ 0°.2'.11".

$$\begin{array}{r} \text{Log.} \quad 481900 \\ \text{Log.} \quad \underline{000000.02} \\ 481900 \end{array}$$

Hic logarithmus est aptus ad illam aequationem, quando media anomalia est accommodanda eidem primò coaequatae, quasi secundo aequatae. Si reducatur ad usitatam rationem aequandi per tertium logarithmum, fit exiguo major quia in quarta tantum figura.

$$\begin{array}{r} \text{Ecce} \quad 481900 \\ \text{diurnus Apog. Log:} \quad \underline{8520} \\ 490420 \end{array}$$

Hic vero Logarithmus Tabella fol. 589. efficit 1'.13". Indicat enim Logarithmus iste, Numerum absolutum 750.0. Quia enim distantia ♄ a ☉ sit circiter semigradus, at cum est ☉ in Ap: ♄ mensis est Plenus, nec vacuatur nisi progressu per 2'.11", quod est minimum. Igitur totaliter usurpari etiam aequatio menstrua, cum ☉ est in Ap: ♄. Quando verò ☉ est in 90 ab Ap: ♄, tunc aequatione utendum est soluta nuda, sc: 4'.3" atque illa etiam constans est per horam, magis quàm prior: tunc enim crescit vel decrescit dist: ☉ ab Ap: ♄ tantum per 2'.11".

Sed cum ☉ est in 90 ab Ap: ♄, tunc ♄ in ☿ ☉ non est in alia Anomalia quam 90. Hic negligitur aeq: menstrua.

$$\begin{array}{r} \text{Jam Variatio Tychonica} \\ 42' \text{ dat } 60, \text{ quid} \quad 27.46.27 \mid 40'' - \\ \quad 42 \quad \mid \\ \quad 44 \quad \mid 30.14 + \\ \quad 28. 0 \mid 30.54 \end{array}$$

Quomodo jam diurnj fictj extruantur ex tabula aequationis Horariorum simplicis; qui diurnj fictj primum sunt Elementum ad veros omnivarios. II, 292^v

Saltuum	Character		
Dies	Tar. Acc.	Diurnus ♄ ab Aequinoctio est	13.10.35". 1'''
3 Ap. 20. 4	12.36	diurnus Anomaliae	13. 3.53 .56
8 53.31	11.48	Ergo diurnus Apogaej ab Aeq:	6'.41". 5'''
13 1.26.58	11. 1		
18 2. 0.25	10.14	Posito ergo loco Apogaej fixo per diem integram, Hora-	
23 2.33.52	16. 9	rius fictus ultimus contrahet vitium tantulum, quantula est	
27 3. 0.37	15.21	aequatiuncula sc: Anomaliae 6'.41". Atqui prima 32'.56",	
32 3.34. 5	14.33	(.id est primus horarius.) exhibent ex tabula aequationem	
37	13.46	2'.42". Ergò portio 32" $\frac{1}{2}$ est vitium diurnj maximum in	
42	12.59	Apogaeo: si immobile per unam diem retineamus Apo-	
47	12.12	gaeum, quod si quinque diebus retineamus immobile,	

II, 292^v oberer Rand:

(1) Breviter. In Magino habentur summae motus ♄ mediæ ab Aequinoctio, his aufer aequationes simplices.

(2) In ipsa die notata semper tot scrupulis anticipatur ♄ Apogaea quot sunt in Characterere Ante diem raro anticipatur apogaea. Si Apogaea fieret Luna praecise in fine alicujus horae.

52	11.25	summaquinque diurnorum vitiabitur per 2'.42" in Apogaeo,
57	10.38	et per 3'.1" in perigaeo. Quare post dies 5 subito pro-
61	15.49	moveamus Apogaeum justo modulo unius Horarij anoma-
66	15. 2	liae mediae; imò fiat hoc in medio, ut vitium summae
71	14.15	horariorum non sit majus quàm 1'.21", jam in excessu, jam
76	13.28	in defectu. Itaque propter hanc incertitudinem sufficit
81	12.41	scrupula prima aequationis adhibere.
86	11.54	
91	11. 7	
96	10.20	
102	11.21.50	9.56
107	11.55.17	

Quoties motus Apogaej superat aliquem
horum numerorum, salta.

Ubi mutandum vel saltandum

		d. 27.	Apog:	3. 0.37
		Horarum	6 An:	3.15.58
				<u>15.21</u>
Die	16.20			
	32.39.45			
	49. 0.15			
	1.21.39.30			
	1.54.19.15			
	2.26.59	d. 18	2. 0.25	
	2.59.39	H 4	<u>2.10.39</u>	
	3.32.19		10.14	
	4. 4.58			
	4.37.38			
	5.10.18			
	5.42.58			
	6.15.37			
	6.48.17			
	7.20.57	d. 62 —	ab Aeq. 3.6.56.11	d 61 — 2.23.45.36
	7.53.37		Anom. <u>3.0. 1.44</u>	<u>2.16.57.50</u>
	8.26.16		6.54.27	6.47.46
	8.58.56		H 13 <u>7. 4.36</u>	H 12 <u>6.31.57</u>
	9.31.36		10. 9	15.49
	10. 4.16			
	10.36.55			
	11. 9.35			
	11.42.15	die 61, debeo saltare		
	12.14.55	die 100 — 7.27.38.22	d: 101 — 8.10.48.57	
	12.47.34	<u>7.16.29.54</u>	<u>7.29.33.48</u>	
	13.20.14	11. 8.28	11.15. 9	
	13.52.54	H 21 <u>11.31.46</u>	H 21 <u>11.31.46</u>	
	14.25.34	23.18	16.37	
	14.58.13			
	15.30.53			

Die 100 si saltarem, anticiparem per 23.18. Die 102 si saltarem, anti-
ciparem per 16.37.

Ergo d: 102 — 8.23.59.32

8.12.37.42

11.21.50

11.31.46

9.56

dierum 248. Motus Apogaej est

27.37.48.46'''

Anomalía 2 dierum

26. 7.47.53

Hor: 3

1.37.59.1527.45.47. 8

H. 2 <30>

27.29.27. 8

Saltatur ergo in periodo dierum 248, quinquagies semel.¹

Horae	0	1	2	{...}	11	12	13	II, 293 (509)
	29.34			{...}				
1	0. 2.42	1. 7. 1	2. 8.25		3. 3.10	2. 1.42	0.53.4	
	29.34	29.39	29.54		37. 4	37.40	38.1	
2	0. 5.24	1. 9.40	2.10.52		3. 0.48	1.58.57	0.50.5	
	29.34	29.40	29.55		37. 6	37.41	38.2	
3	0. 8. 6	1.12.18	2.13.19		2.58.24	1.56.12	0.47.6	
	29.34	29.40	29.55		37. 8	37.42	38.3	
4	0.10.48	1.14.56	2.15.45		2.55.59	1.53.26	0.44.6	
	29.34	29.40	29.57		37.10	37.43	38.3	
5	0.13.30	1.17.34	2.18.10		2.53.33	1.50.39	0.41.7	
	29.34	29.41	29.58		37.11	37.44	38.4	
6	0.16.12	1.20.11	2.20.35		2.51. 6	1.47.52	0.38.7	
	29.34	29.41	29.59		37.13	37.45	38.4	
7	0.18.54	1.22.48	2.23. 0		2.48.38	1.45. 4	0.35.7	
	{...}						{...}	
18	0.48.26	1.50.59	2.48.18		2.20.34	1.13.41	0. 2 ..	
	29.37	29.49	30.12		37.31	37.56	38.7	
19	0.51. 6	1.53.30	2.50.41		2.17.55	1.10.46	0. 1 ..	
	29.37	29.50	30.13		37.32	37.57	38.7	
20	0.53.46	1.56. 1	2.52.53		2.15.15	1. 7.50		
	29.38	29.51	30.14		37.34	37.58		
21	0.56.25	1.58.31	2.55. 4		2.12.34	1. 4.54		
	29.38	29.51	30.15		37.35	37.59		
22	0.59. 4	2. 1. 0	2.57.15		2. 9.52	1. 1.57		
	29.38	29.52	30.16		37.36	38. 0		
23	1. 1.43	2. 3.29	2.59.25		2. 7. 9	0.59. 0		
	29.39	29.53	30.17		3.37	38. 0		
24	1. 4.22	2. 5.57	3. 1.35		2. 4.26	0.56. 2		
	29.39	29.54	30.18	{...}	37.38	38. 1		

II, 293 unterer Rand:

(1) In Areis sunt Aequationes simplices ante Apogaeum addendae, post subtrahendae, excepta ultimâ in qua fit contrarium.

II, 322
(573)

CONSILIUM NOVUM PRO TABULA MENSTRUUA

Rationes Hypotheseos sunt sic comparatae ut positâ Anomaliâ Eccentri in gradibus integris; ex una parte ej accommodetur aequatio physica ex alterâ optica, seu coaequatâ Anomalia, deinde sic coaptatis Anomaliâ mediâ, et Anomaliâ coaequata per commune vinculum Anom: Eccentri, tunc demum coaequata (Hoc in Epitome fol. 840 aliter factum. Nam An. Eccentri debet comparari) comparatur cum loco Solis ad eliciendum Argumentum menstruum, per quod aequatio anomaliae mediae quaeritur, manente coaequatâ. Denique haec ipsa coaequata tandem variatur per variationem. Cum igitur duobus nominibus opus habeamus gradibus integris Anomaliae primò coaequatae, tam propter variationem menstruum, quàm propter aequationem menstruum, addendam Anomaliae mediae: hinc consultum erit, coaequatas simpliciter, quae collocantur in tabula cum scrupulis appendicibus reducere ad gradus integros. Et haec erit radix tabulae menstruae quadratae, in hunc modum 57'.26" dat 62'.37" quid 60. Ergo utere semissibus 28'.43" dat 31'.18"½.

$$\begin{array}{r} 65009 \quad 31'.18''\frac{1}{2} \quad \text{Logarithmus igitur defectivus} \\ 73610 \quad 28'.43'' \quad \text{ostenderet summam.} \\ \hline 8601 \end{array}$$

Cum igitur careamus Logarithmis defectivis: Relinquatur primus terminus integer dimidieturque secundus, et quod colligitur, id duplicetur: Sic: 57'.26" dat 31'.18"½ quid 60'.

$$\begin{array}{r} \text{Sed hic processus valet} \quad 65009 \\ \text{tantum in principio.} \quad \underline{4360} \\ 60649 \text{ Seq. } 32'.43''. \text{ Ergo } 65'.26''. \end{array}$$

Jam porrò est operandum per differentias binarum linearum et per defectum vel excessum coaequatae ad integros gradus. Sic: 57'.26" dat 62'.37" quid 5'.8". Possem sane dicere, quid 60, secundus sc: gradus: at tunc aliquot secunda mitteremus in periculum in ultima accommodatione seu consummatione.

57'.26" dat 31'. 18"½ quid 5'.8" hic prodibit dimidium debiti. Si ergo duplicem 5'.8", prodibit justum.

$$\begin{array}{r} 65009 \\ 176609 \\ \hline 241618 \\ 4360 \\ \hline 237258 - 5.36 \end{array}$$

Ergo defectui 5.8 coaequatae, respondet defectus mediae 5'.36". Et quia media erat 2.5.14. Ergo integrata erit 2°.10'.50"

(2) Cum Horarijs Veris in $\odot$ sed per Variationem Kepleri prioris vitiosae formae.

Dimidia periodus d: 13. H. 18. 39.17½

(3) Diurnus medius ab aeq. 13°.10'.35"

4.23. 32

1. 5. 53

Horarius 32. 56.27

A. 32.56

Aufer 2.42

Rest. 30.14

29.34

Pro aeq. 40

menstrua

II, 322 oberer Rand: 8 Martij 1621 Ratisponae.

Pro 5.	12.48	154500		Pro 10	31.17½	65105	
	31.18	<u>65070</u>			25.30	<u>85567</u>	
		219570				150672	
	28.43½	<u>73605</u>			28.44	<u>73605</u>	
		145965	13.56			77067	27.46.
			{... ...}				
Pro 85	30.17	Pro altero semicirculo	62.43	dat	57.23.	quid 60	
	30. 3½		31.21½		28.41½		
	29.45				73780		
			54.53.		<u>64880</u>		
					8900		
Pro 175	13.32	148940		Pro 95	29.15	71850	
	<u>28.42</u>	<u>73740</u>			59.39	570	
	31.21	222680	{...}		<u>60.17</u>	<u>480</u>	
	12.23	<u>649</u>			28.57	72900	
		157780					

Jam hi gradus integrj anomaliae primò aequatae, sunt loco graduum integrorum elongationis Lunae à Sole, et Anomaliae Eccentrj menstruj idque 180ies. Haec emendatur in Epitomę.

Finge ex puncto menstruo describi Eccentricum, aequalem Solutae Eccentrico. In hoc igitur menstruo, gradus aequaliter ab Apogaeo id est a copulâ distantes antè vel retrò, haberent aequales aequationes physicas. Sed quia fictus est hic Eccentricus, verus verò cum apogaeo solutae, longius distat ab hoc puncto menstruo, quàm cum puncto respondente ex semicirculo menstruo altero, ideò et aequatio illic est major, hic minor, quàm in ficto. Differentia, est Rectangulj Quadrantalís areola dimidiata, ducta sc: Eccentricitate punctj menstrui in perpendicularem punctj indicem, et summâ dimidiatâ: hic semissis, in scrupula conversus, additus aequationi ἀπογειωτέρῳ, ablatuſ a περιγειωτέρῳ, conficit justam. Et valet unum quodlibet Rectangulum ex 90, pro omnibus 360 aequationibus illius positionis Eccentricj.

4362	82965	Quadrum
4362	165930	1903 0 000
		951 5 000
		21810 0 000
21810 0000	dat 15 0 Minuta, quid	9515
1454	1	1454
		<u>8724.</u> 6'.33"
		791

Iisdem porrò gradibus Anomaliae primò aequatae, quae per adjectionem ad mediam triangulj menstruj et respectu illius mediae sit secundo aequata, apponuntur vel auferuntur variationes, quibus ex gradibus integris secundo coaequatae fiunt appendices scrupulariae Anomaliae verae. Ita tandem scrupulariae verae scrupularijs Medijs respondent.

Et quia Variationes incipiunt cum menstruis aequationibus, poterunt fierj rotulae, quibus inscriptae sint tabulae: Extimus circulus immobilis habeat variationes, proximus mobilis integros gradus primò aequatae, tertius una mobilis additamenta Anomaliae mediae aperta, et scrupula gemina tota à gr. quartus intimus immobilis Anomaliam menstruam

plenam; hic in capite habeat incisuram, ubi detegantur scrupula. Vel potius aliâ ratione quae sequitur folio verso.¹

II, 322^v
(574)

In tabella scribatur circulus Variationum: et adjectoriae quidem capiant loculos suos, subtractoriae verò ponantur non ipsae, sed earum complementa ad gradum integrum anticipent loculum unum. Ita fient duo semicirculj inter se penitus aequales. Deinde fiat Rotula versatilis, habens in limbo gradus integros Anomaliae primo aequatae. Hic limbus sit extimus, ut proximè tangat circulum Variationum; eo sit interior limbus Anomaliarum Mediarum Solutae, respondentium integris extimi gradibus, ut Anomaliae primò aequatae. [Hic limbus duas habeat incisuras; unam in Apogaeo, alteram in perigaeo; id est, spacia in quibus scribendj essent numerj 0 vel 360. et 180. sint exempta, aut saltem valvulis dehiscant.

Jam in Tabella scribatur alius circulus tantae amplitudinis]. Tertius (.et intimus.) Rotulae limbus sit scrupulorum proportionalium duplicium. Nam ad Apogaeum ponantur 60, inde a summo versus sinistram, scrupula minora usque ad Anom: 90 primò aequatam, ubi ponuntur scrupula 0'.0" inde iterum scrupula minora, usque ad An. 180. ubi iterum sc: 60'.0". At porrò scrupula majora per reliquum semicirculum. Jam interior rotulae area eximatur, et in lacuna agglutinetur tabellae tabella alia, prominens circulariter, et tegens tertium et intimum Rotulae limbum. In huius agglutinatae Tabellae circulo extimo tegente, scribatur aequatio menstrua plena cum titulis S. A. initio S. facto ab initio tabellae exterioris. Et quia in duobus locis venit scribenda figura 0, sc: è regione 180. et 360. ideo fiant incisurae duae, ut semper una linea scrupulorum menstruorum prominere possit. Et valeant scrupula prominentia per omnes numeros, incisuram ordine naturalj sequentes in Anomalijs.

MELIOR ET CORRECTIOR ORDINATIO

In Variationibus Complementa non anticipent gradum, sed teneant loca sua, habeant tamen pinnulas flexiles in acutum desinentes, sub quibus rotulus versarj possit: et indicet pinna, illum gradum anomaliae non esse accensendum, sed ejus loco scrupula pinnulae contigua: quem in usum possunt scrupula ista completoria etiam promotiora poni versus rotulam. Imò etiam adjectoriae Variationes promoveantur in gr: sequ: tegendos pinnâ.

Tertius rotulae circulus potius duplex sit, quàm ut sint scrupula duplicia, in primo scrupula simplicia bis eodem ordine: in secundo, qui quartus ordine sint rectangula quadrantis, quater repetita, maximum erit 3'.17". Quae ab Apogaeo, titulum S. habeant, quae a perigaeo, titulum A.

In tegente rotulo immobili incisurae duae pateant tantum, ut et tertij et quarti circulj latitudo detegi possit, hoc est non tantum una linea scrupulorum, sed etiam una linea rectangulj, cum titulo. Valeat verò quodlibet rectangulum cum titulo, in toto semicirculo qui post incisuram deinceps numeratur. Haec ideo; quia scrupula quidem detecta, multiplicanda sunt in quacunque plenarum aequationum, Rectangulum vero detectum, addendum factis vel subtrahendum vel ej factus si minor, subtrahitur.

Tubingae Majo 1621

DE INTIMO ARGUMENTJ CIRCULO

Cùm ego definiam Argumentum menstruum sic, ut major semper arcus sit in descendentj Solis semicirculo, minor medio in ascendentj: oportet igitur cuique gradui integro anomaliae primò aequatae applicare non gradum integrum argumenti sed scrupularium

ex additione partis aequationis opticae, velut ex anomalia Eccentrj. Quare qui sunt Logarithmj in circulo intimo, repraesentantes scrupula graduum integrorum, illa non aliter valent, nisi Luna fuerit vel in copulis, vel in Apsidibus soluta. His enim casibus nihil accedit loco Lunae de Anomaliae Eccentri aequatione optica. Caeteris in locis Lunae semper esset addendum intimi circuli gradibus subintellectis, in descendentj solutae, semper auferendum in ascendentj, dimidium aequationis ex Volubili circulo. Lubet explorare, quantus is futurus sit Error, si non fiat, quod oportebat.

Sit mensis plenus: tunc Lunâ in quadris versante nihil efficitur. Nam etsi plurimum ibi addendum esset $2^{\circ}.30'$. At sinus 90° et $87^{\circ}.30'$ parum differunt. Nam 95 est pars 1053 de 100000, cùm sint minuta $150'$ in aequatione, itaque septima forte pars minutj seu $9''$ hic peccatur.

In gradu 45° debebant accedere $1^{\circ}.48'$.			
Hic peccatur $3'.20''$ circiter.	70711	108	
	<u>72897</u>	<u>32½</u>	
	2186	97½	
	<u>6558</u>	11	3½
	5131		

Puto hanc summam esse quantitatem. Nam antè plus quidem differunt sinus non multò, minor verò est aequatio multò: posterius minus differunt sinus multo, augetur aequatio non multò.

Sit nota mensis G: 45. Ergò J in Octante 45° debuit per $47^{\circ}.30'$ excerptj aequatio. Tunc scrupula menstrua sunt Log.

At scrupula argumenti pro	<u>34700</u>		
debeant esse	69400	–	$1^{\circ}.15'. 6''$
	<u>30500</u>		
	65200	–	<u>$1^{\circ}.18'.12''$</u>
			3. 6.

Hic iterum est differentia $3'.6''$ circiter, quando particula exsors 3.17. S. hic igitur ommissa particula exsors corrigit errorem. Vide et supra p: 448.

Lincij 19 Novemb: 1621.

Pro confectione Ephemeridis, computetur distantia $\odot$ ab Ap: J ut hactenus et excerpe Logarithmum et exsortem, tum J a $\odot$ ut hactenus et per hanc Variatio ex sua tabula.

Inde auferatur haec ab illo, restat An: coaequata primo, cum hac excerpe ex sua tabula mutationem dist: J a $\odot$ pro Argumento menstruo, sumpto dimidio differentiae. Cum Argumento diminuto, excerpe Logarithmum. Duo Logarithmi inter se additj efficiunt Logarithmum aeq: menstruae in sc: et gr: Anomaliae mediae cui adde part. Ex: vel $\text{a}\text{u}\text{f}\text{e}\text{r}$. Praestaret illa exhiberj utrumque in sc: et Horis sed tabella in Medulla Rotulae jam est facta. Et $13^{\circ}.3'.54''$: valent Horas 24, vel $32'.40''$ valent Horam. Et quia superest operatio reductionis ad Meridiem, etiamsi haberetur statim Hora ex tabellâ. Ideò sic argumentabimur.

$13^{\circ}.3'.54''$ dat diurnum praesentem, quid compositum praesens excerpt: men: et part: Exsorte. Log: 60800 perpetuus.

Hoc pro usu Rotulae, donec in ea Anomaliae mediae gr: et min: in meditullio, ut et in particula Exsorte, mutantur in horas et scrupula.

Sine rotulo si velis operarj, strue 2 tabellas alteram particulae Exsortis, in Horae Minutis et secundis, ad singulos gradus dist: ☽ a ☾. Alteram Valoris logarithmj ad singula minuta Horae aequationis menstruae. Nam si 13.3.54. val. 24, quid 2.30

$$\begin{array}{r} \text{fere quidem} \quad 226 \ 180 \\ \quad \quad \quad 60 \ 800 \\ \hline \quad \quad \quad 165 \ 380 \end{array}$$

Colligemus Horas 4.36, lineas ergo 276. Vide exactiora in Apographo Epistolae ad Origanum, sub calcem 20 Nov. 1621.¹

II,323
(575)

TABULA ANOMALIAE LUNAE PRIMO AEQUATAE

Anom. primò aequa.	Anomalia media vacui mensis	Logarithmj different	An: media vacui mensis	An: primo aequata	«Logarithmj different»
0	0. 0. 0		180. 0. 0	180	
	1. 5.26	8650 —	54.53		8910 +
1	1. 5.26		179. 5. 7	179	
	1. 5.24	8630 —	54.54		8890 +
2	2.10.50		178.10.13	178	
	1. 5.24	8610 —	54.54		8870 +
3	3.16.14		177.15.19	177	
	1. 5.23	8590 —	54.55		8850 +
4	4.21.37		176.20.24	176	
	5.23	8570 —	54.56		8830
5	5.27. 0		175.25.28	175	
	5.22	8560 —	54.57		8810
6	6.32.22		174.30.31	174	
	5.22	8540 —	54.57		8790
{...}		...			...}
84	88.59.12		100.57. 4	96	
	1. 0.14	530 —	59.19		1090
85	89.59.26		99.57.45	95	
	1. 0.12	390 —	59.25		940
86	90.59.38		98.58.20	94	
	1. 0. 8	260 —	59.30		790
87	91.59.46		97.58.50	93	
	1. 0. 4	130 —	59.36		630
88	92.59.50		96.59.14	92	
	1. 0. 0	000	59.41		470
89	93.59.50		95.59.33	91	
	0.59.55	140 +	59.48		300 +
90	94.59.45		94.59.45	90	

II, 323 oberer Rand, zu Spalte 2: Dimidium Excessus servit constituendo Argumento menstr:

TABULA AEQUATIONIS ARGUMENTJ MENSTRUJ
si in condendis Ephemeridibus habetur coaequata statim initio

II, 328
(585)

Dies		Horae ante Apogaeitatem													
Revolut:		12.	11.	10.	9.	8.	7.	6.	5.	4.	3.	2.	1.	0.	
1	Ad.	0.16	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.24	0.26	0.27	0.28	0.30	0.31	0.32	
2		0.48	0.49	0.50	52	53	0.54	56	0.57	59	1. 0	1. 1	1. 2	1. 3	
3		1.18	1.20	1.21	1.22	1.23	1.25	1.26	1.27	1.28	1.29	1.30	1.31	1.32	
4		1.44	1.45	1.46	1.47	1.48	1.49	1.50	1.51	1.52	1.53	1.54	1.55	1.56	
{...}		...													
12		1.18	1.16	1.15	1.13	1.12	1.11	1. 9	1. 8	1. 7	1. 5	1. 4	1. 3	1. 2	
13	Adde	0.45	0.43	0.42	0.40	0.39	0.37	0.36	0.33	0.32	0.31	0.30	0.28	0.27	
14		0. 9	0. 7	0. 6	0. 4	0. 3	0. 1	0. 0	0. 2	0. 3	0. 5	0. 6	0. 7	0. 8	
15	Subtr.	0.26	0.28	0.29	0.31	0.32	0.34	0.35	0.37	0.38	0.39	0.41	0.42	0.43	
{...}		...													
25		1.33	1.32	1.31	1.30	1.29	1.28	1.27	1.25	1.24	1.23	1.22	1.21	1.20	
26		1. 6	1. 4	1. 3	1. 2	1. 0	0.59	0.58	0.57	0.55	0.54	0.53	0.51	0.50	
27		0.34	0.33	0.31	0.30	0.29	0.27	0.25	0.24	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18	
28	Sub:	0. 2	0. 0	0. 1 0. 2 0. 4 0. 5 0. 6 0. 8 0. 9 0.10 0.12 0.13 0.14											
	Adde														

Dies		Horae post Apogaeitatem												
Revolut:		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
1		0.33	0.34	0.36	0.37	0.38	0.40	0.41	0.42	0.44	0.45	0.46	0.48	Ad.
2		1. 5	1. 6	1. 7	1. 9	1.10	1.11	1.12	1.13	1.15	1.16	1.17	1.18	
3		1.33	1.34	1.35	1.36	1.37	1.38	1.39	1.40	1.41	1.42	1.43	1.44	
4		1.56	1.57	1.58	1.58	1.59	2. 0	2. 1	2. 1	2. 2	2. 3	2. 4	2. 5	
{...}		...												
12		1. 0	0.59	0.57	0.56	0.55	0.53	0.52	0.50	0.49	0.47	0.46	0.45	
13		0.25	0.24	0.22	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.10	0. 9	Adde
14		0.10	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.20	0.22	0.23	0.25	0.26	Subtr.
15		0.45	0.46	0.47	0.49	0.50	0.51	0.52	0.53	0.55	0.56	0.57	0.58	
{...}		...												
25		1.19	1.17	1.16	1.15	1.14	1.13	1.11	1.10	1. 9	1. 8	1. 7	1. 6	
26		0.48	0.47	0.46	0.44	0.43	0.42	0.40	0.39	0.38	0.36	0.35	0.34	
27		0.16	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0. 8	0. 7	0. 6	0. 4	0. 3	0. 2	Subtrahe
28		0.16	0.17	0.18	0.19	0.21	0.22	0.24	0.25	0.26	0.28	0.29	0.30	Adde

II, 328 *unterer Rand*: Posset haec tabula commodè inseri tabulae diurni ficti nisi adhiberetur tantum in condendis Ephemeridibus.

Imò potes ubi tabula fol. 509, sumpto dimidio aequationis.

II, 346
(629)

DE SUPPUTATIONE EPHEMERIDIS LUNAE EX HIS TABULIS

Initio locus Solis verus ad dies singulos annj totius collocatur in Ephemeride, hoc artificio.

I. Quaeritur ex tabula Apogaej Solis, quo die et horâ Sol in Apogaeum veniat, et quis sit tunc locus Apogaej.

II. Si hora non est ipsissimus meridies, inquirendus est locus Solis ad meridiem proximum: quaesito diurno Solis in Apogaeo, in fronte tabulae Maginj (.fol. Eph:.) Horis vero pomeridianis, si minores 12 fuerint, vel earum complemento ad 24, si superaverint h: 12, quaesitis in margine et excerpto motu respondentj. Hic motus competens distantiae Solis a Meridiano, addendus est ad inventum locum apogaej Solis, si meridies proximus sequitur momentum incidentiae Solis in Apogaeum, auferendus ab invento loco apogaej Solis, si meridies antecedit: et habetur locus Solis ad Meridiem apogaeo proximum; qui *Radix est Ephemeridis Solis per totum annum computandae*. Diligenter autem observandum est, cujus diej Meridies emergat. Nimirum si addidistj ad Apogaeum, Locus Solis competet meridiej diej, qui sequitur diem in tabula notatum; sin subtraxistj, prodit locus illius meridiej, qui scriptus est in tabula.

III. Pro diebus caeteris sic age. Ad decimum vel vicesimum quemque diem, vel etiam ad initia et media mensium numera, quot dies intersint inter illum et Meridiem radicalem, cum ijs excerpe ex tabula diurnorum Solis summam diurnorum, cum summa differentiae diurnorum. Illam adde vel aufer a loco Solis radicalj prout dies antecesserit vel secutus fuerit; de hac verò summâ differentiarum (.quae excrescit ad 259" secunda, vel ad 4'.19".) cum horis distantiae Solis a meridie proximo, excerpe partem competentem; ut si distat Sol 12 horis, sumes dimidium 2'.10". sin horis 6, sumes 1'.5".

Haec portio seu correctiuncula est addenda loco Solis prius constituto, si fuit additio facta ad Apogaeum Solis, auferenda, si subtractum illi fuit, numero II. Ita prodit locus Solis correctus ad denos dies ante vel post *Radicalem Meridiem*.

IV. Ad dies intermedios facile habentur loca Solis etiam in secundis; si vel diurnorum in tabula digitos ultimos secundorum scrupulorum continuè addideris ad ultimum digitum locj computatj; (.quia non ultra tria secunda computatus differet ab additione vel subtractione decima, quae possunt ultimo compensarij mutatis characteribus.) vel si ex Ephemeride annj anteactj transcripseris digitos eorundem dierum¹ ultimos, auctos vel minutos aequali numero unitatum, quo differt locj computatj ultimus a suae correspondentis diej ultimo. Constitutis digitis ultimis, facilis est suppletio digitorum reliquorum in secundis et primis, etiam gradibus.

V. Pro comprobatione Ephemeridis Solis fac sic etiam cum perigaeo Solis tam antecedentj, quàm sequentj, per diurnum perigaeum quaerens locum ejus in meridie qui est perigaeo proximus; et vide an ille Ephemeridj respondeat.

JAM DE LUNA

VI. Ex tabula transformationum Lunarium Brahej, quaere quibus annj diebus et horis et scrupulis Luna veniat in apogaeum suum, cum loco Apogaej sub Ecliptica, qui est illo minuto temporis etiam locus Lunae primò aequatus. Reduc igitur illos locos ad meridies proximos, usus horarijs fictis ex alia tabula, totidem, quot horis Luna apogaea fit ante vel

II, 346 *seitlich unten, zu III.*: Utere tantum summis illis quae sunt adscriptae ad denarios dierum nam locis Solis hoc pacto constitutis, sine cura majori inveniuntur dies mensium, quibus illi respondeant, cum Solis motus diurnus nunquam sit alius, quam unius circiter gradus.

post meridiem; etiamque apogaej locum ad Meridiem illum reduc, ex sua tabella propriâ, ut locus fictus Lunae constet tam ex motu apogaej, quam ex motu Lunae ab apogaeo; id potest fieri per unicam tabulam transversam; et fac duodecim vel tredecim, vel quatuordecim frontes, in pagina separata, in quibus stent totidem Lunae loca ad meridies proximos momentis apogaeitatis.

VII. Ex Tabula diurnorum fictorum adde cuilibet fronti diurnos omnes, ut ij sese ordine consequuntur incipiens ab illo, cuj est adscripta hora proxima horae, in qua Luna fit Apogaea, non neglecta parte proportionalj inter binas columnas, si fuerit aliqua horarum differentia. Nam differunt columna minutis horarum 157, quibus respondet intercolumnaris differentia interdum 113.

Porrò primum est exscribenda series diurnorum unius revolutionis cum relictis intervallis pro locis Lunae inserendis, postea incipiendum ab additione digitj ultimi secundorum; inde reversione facta addendus primus digitus secundorum, respiciendo semper ad digitum secundum, num is creverit an decreverit: tunc ad prima, et denique ad gradus. Ita sex vicibus perficitur additio pro locis Lunae fictis seu primò aequatis.

Semper autem eo usque continuanda est series 26 vel 27 diurnorum, ut in calce prodeat is dies, qui est collocatus in sequentis columnae fronte, idque probandi causa.

VIII. Hi loci ficti sunt utiles primò ad absolvendos locos Lunae causâ inaequalitatis menstruae; secundò ad indagandas Lunae Syzygias idem oppositiones conjunctiones ex sententia veterum ablato Solis diurno a diurno $\gg$, vel horario illius ab hujus horario, et superatione quaesita in Tabulis Maginj, ut cum ijs excerpantur horae. Etsi in Phasi dichotomo primò accedit secunda aequatio deinde miscet sese horarius verus, idque secundum magis et minus, prout aliquis usus fuerit magnâ vel parvâ proportionem Orbium Solis et Lunae. Nam si illa cum veteribus sumatur ea quae 1 ad 23, differentia inter Phasin et Quadraturam erit $2^{\circ}.30'$ et consumetur horarius Lunae à Sole veris quinque et amplius. Sin utaris proportionem 1 1 ad 30, differentia erit Horarum 4 circiter. Sin autem, ut suspicor, utendum proportionem 1 ad 60, ut Orbis Lunae diameter sit medium proportionale inter diametrum orbis magnj, et diametrum corporis telluris: differentia erit horarium 2 non plus.

II, 347
(631)

Tres adhuc supersunt aequationes longitudinis, quarta latitudo, et quinta latitudo menstrua seu aequatio latitudinis menstrua; quibus ritè excerpendis opus est hisce Anomalijs, Distantiâ ficti Lunae a Sole, Solis ab Apogaeo Lunae, distantia veri Lunae a Sole, Solis a Nodo evehente. Sed Anomaliarum indagatio facilis est.

IX. Quaere ex Tabula in Transform. $\gg$ locum $\oslash$ ad principium et finem annj ablato a loco $\oslash$ adscripto in Tabula motu $\oslash$ totidem dierum et horarum, quot sunt in appendice annj cujusquam et ex Tabula Magini transcripta serie digitorum sc: primorum in Ephemerida: reliqua facile continuantur.

X. Sume igitur secundam paginam mundam, eamque in spacia 12 distribue, sic ut latitudo papyrj possit applicari longitudinj Ephemeridis Solis vel Lunae, et spacia spacijs respondeant: in hac papyro e regione Solis scribe primò distantiam Solis ab Apogaeo Lunae, subtracto Apogaeo Lunae ad dies 13. vel 14. à respondentibus Solis, et continuatis diebus interjectis; nam facile est progressus sit per 55 vel 50.

XI. Deinde ex Ephemeride fictorum Lunae, columnam cuilibet mensi competentem, diemque diej; plicâ papyrj factâ in quâ secunda fictorum tecta sint, applica à sinistris Ephemeridj Solis: eidem à dextris applica plicam columnae in papyro munda sub quam plicam sit abdita series distantiarum Solis ab apogaeo $\gg$, una cum spaciolo, in quo possint poni duae cyphrae, quod intercolumnium dicatur, sic ut secunda locorum Solis a papyro tegantur. Sic collocatis tribus chartis, subtrahe prima Solis, à primis Lunae; et scribe, quod

restat in papyro munda, progressus cum hac subtractione usque ad primum digitum graduum, praeterquàm in principio cuiusque mensis, ubi subtrahendus est totus locus Solis a toto loco Lunae: reliqui vero dies crescunt singulis denarijs graduum praeter incrementum ultimj digitj graduum, ut ita facilis sit continuatio denariorum et centenariorum, facta prius prima illa subtractione per dies singulos totius annj: His quidem duabus seriebus distantiarum $\odot$ ab Ap: $\gg$, et $\gg$ à $\odot$ nulla unquam Ephemeris Lunae carere potest, quibuscunque tabulis, quantumcunque prolixis instructi simus.

XII. Jam per distantias $\odot$ ab Ap: $\gg$ excerpe scrupula longitudinis ex tabella propria, hac methodo. Quaere singula scrupula in Tabula et vide ad quas ponantur distantias Solis ab Apogaeo Lunae, ad easdem etiam illa reponere in intercolumnio. Sunt autem scrupula nunquàm plura quàm 30.

XIII. Per distantias vero $\gg$ a $\odot$ ex tabula aeq: $\gg$, quae descripta est in scrupula aequationis integra, excerpe aequationem eamque rubrica subscribe distantiae $\gg$ a $\odot$ in gradibus et primis, additis unius scrupuli semissibus vel trientibus ex aestimatione, minutioribus neglectis.

XIV. Per easdem distantias $\gg$ a $\odot$ excerpe Variationem ex suâ tabellâ, in qua descripta Variatio sit etiam per scrupula integra, rursum autem semisses et trientes scrupulorum non planè negliga: sin autem non aequaverit excessus vel defectus, semissem vel trientem, utere signis excessus + vel defectus -. Hanc variationem pone juxta distantiam $\gg$ a $\odot$ in columella separata, quae capiat Cyphras 5 cum signo A vel S: et respondeat Variatio distantiae in eadem linea, habeatque suum signum A vel S.

347^v

XV. Per scrupula longitudinis ex intercolumnio multiplica aequationem rubrica scriptam, portionem subscribe variationi cum suo signo, idque per totum annum.

XVI. Adde Portionem variationj si signa fuerint eadem, summam cum signo partium scribe ad latus juxta variationem in peculiarj intercolumnio. Sin autem diversa signa fuerint, subtrahe numerum minorem a majori, et residuum cum signo majoris scribe. Ita nascitur columella aequationis menstruae compositae.

XVII. Jam tertiâ mundâ paginâ opus erit in 12 spacia pro totidem mensibus usualibus distinctâ, in quorum sinistris lateribus Verj locj orbitae scribantur. Applicatur enim ej ex una parte fictus Lunae, ex altera aequatio menstrua composita, secundum cujus signum ex ficto fit verus Orbitae et transcribitur in mundam.

XVIII. Hac columna hujus tertiae paginae, Verorum orbitae, applicatâ dextro laterj Ephemeridis Capitis draconis No. factae, auferuntur prima Nodj $\oslash$ à primis Orbitae $\gg$, usque ad primum graduum digitum, ut prius No. ut habeatur distantia $\gg$ a Nodo $\oslash$: quae scribitur in linea locj Orbitae, in columellâ propriâ.

XIX. Cum Distantia $\gg$ a Nodo $\oslash$ excerpitur Lat: Lunae aequabilis in gradibus minutis et minorum semissibus et Trientibus vel si quid minus inter est, cum signis + -. Et additur signum latitudinis S. M.

XX. Cum Gradibus et minutis Latitudinis (.compendiosius et facilius quam cum dist: $\gg$ a Nodo.) excerpitur secunda vice Reductio ad Eclipticam, eaque subscribitur Veris Orbitae, cum rubricae distinctionis causâ, aut cum caractere minorj. Potest tamen una vice utrumque excerpj cum dist. $\gg$ a Nodo: Bis respiciendo 1. ad lat. 2. ad reductionem.

XXI. Applicata Eph: Loci Orbitae ad Cellulam Lunae deputatam in Ephemeride, transcribitur locus $\gg$ cum additione Reductionis post quadrantes, 90. 270 cum subtractione ante quadrantes et post 0 vel 180.

II, 347 seitlich unten, zu XIV.: Hoc pacto peccatur in certis quibusdam mensibus contra praeceptum Tychonis sic ut in puncto quadrae sit aliqua Variatio, circiter 2 minorum.

XXII. Applicatâ nova hujus papyrj columellâ vacuâ ad Eph: nodj ☿, subtrahitur locus Nodj a Loco ☉, ut No. et transcribitur residuum in applicatam columellam, estque distantia ☉ a ☿.

Considerandum, an id facilius fierj possit hoc modo ut struatur tabula quae per 365 dies totius annj colligit separationem Nodj ab Apogaeo Lunae, describitque separationem per menses usuales, cum duplicj ordine dierum, uno pro anno simplicj, altero pro bissexto, sic ut semper separatio ex calce mensis prioris annj bissextilis, scribatur etiam in fronte mensis sequentis annj communis, excepto Januario. Nam haec separationis tabella applicata dist. ☉ ab Ap: ♃, per additionem separationis constituit dist. ☉ ab ☿.

XXIII. Excerptur cum hac distantia ☉ a ☿, scrupula latitudinis in primis et secundis.

XXIV. Applicatis scrupulis latitudinis ad Aequationem rubrica scriptam sub dist: ♃ a ☉, sic ut non sit tecta columella latitudinis, multiplicantur scrupula in aequationem illam, portio rubricâ subscribitur latitudinj. Signum portionis ultimo additur capto novo initio, ne error contingat, et ne haec cura cruciet in dies singulos.

XXV. Additis latitudine et portione, et applicata cellula lat. ♃ ex Ephemeride, scribitur lat. cum ipso illo signo in Ephemeride, sin diversa signa fuerint, pro lat. scribitur Residuum et signum majoris.¹

PRO SCRIBENDA EPHEMERIDE CONSILIUM ALIUD

II, 350
(637)

Memineris, quod Sol semper mediet inter Apogaeum ♃ et inter locum ♃: sic inter ☿ ♃ et inter eundem locum ♃.

Primum igitur in typo Ephemeridis scribatur locus ☉ deinde locus ☿.

Tertio insertâ chartâ inter utramque columnam ☉ et ☿, scribatur dist: ☉ a ☿ in gr: et scrupulis primis.

Quarto, aequabilis digressio Apogaej ♃ a Nod. ☿ oest dietim 9'.51".43'''. 6^{IV}.40^V. diducatur hic motus ad omnes dies annj, deinde quaere quantum initio recesserit Apogaeum à ☿, illam distantiam auge motu hoc, auctam aufer a dist. ☉ a ☿, idque ad initia mensium vel decanos dierum.

Occurret in una dierum identitas minutorum tunc ex illo die simplex fit a minutis subtractio, applicatis utrinque diebus consequentibus. Gradus deinde se facile praebent. Ut si differentia minutorum dist: Ap: a ☿, radicalis sit 23', quaeritur dies in diducta tab: motuum, ubi minutorum summa est 23: quaecunque illa sit dies, applicatur illa primae Januarij, quae illam sequitur, secunda etc.

Quinto locus ♃ fictus constituatur, ut hactenus, et sexto ejus distantia a ☉. Illa septimo aequetur aequatione menstruâ composita.

Octavo huic aequatae dist: ♃ a ☉ addatur iterum dist. ☉ a nodo, facilius enim hoc videtur, quàm ut locus Nodi subtrahatur ab aequato ♃.¹

II, 360
(657)

5. Feb. 1623

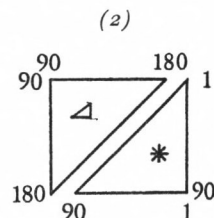
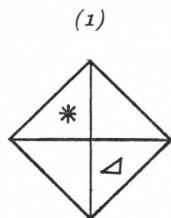
PRO NOVA STRUCTURA TABULAE AEQU: MENSTRUAE

In margine sit Elongatio $\mathbb{D}$ a $\odot$, et prima columna habeat Variationem, quae si ad semisses minutorum disponatur, habebit non plus quam 162 lineas. Primus semissis, saltat per 0.21 Elongationis, medius per $4^{\circ}.32'$. Haec columna linearum 162, habet impositam dist: $\odot$ ab Ap: $\mathbb{D}$ 90.270. Quod si jam divideremus dist: $\odot$ ab Ap: $\mathbb{D}$ sinum in 150 partes, ut pars una sit $666\frac{2}{3}$ pro totidem columnis, tunc in linea quidem media Elong: 90, accederent ex singulis columnis singula minuta. At in linea gr: 30 et 120 Elongationis accederet saltem dimidium. Ita vides nasci Tabulam forma circuli, cujus diameter erecta habeat Variationem, columnam sc: longissimam, semicirculi laterales, divisi sint in columnas semper breviores. [Et haec tabula videtur in instrumentum converti posse. Nam quia aequatio maxima habet minuta 150, Variatio tantum $40\frac{1}{2}$, ideo pro Variatione repraesentanda fiant ex diametro majoris circuli duae diametri minorum Ellipseon longiores.]* Aut si mavis disponere Tabulam in formam quadrati in angulum erecti, tunc quia dimidiâ saltem est opus, quia reliquum dimidium tantum mutatur titulos poterit igitur hoc dimidium secari, et concinnari duae Hypotenusae. Ita quadratum nascitur lateribus 162, 150. Cellae erunt 24300. Hoc incommodi, quod circa 45 saltabitur per 3 gr: et per aequationis minuta circiter duo. In chartis forma folij binae facies consummant 162. Et possunt esse 8 columnae in unâ facie, et 15 in duabus, ita sunt 10 folia 5 philyrae: vel cum tegumentis vacuis: 6. In singulis erunt duo margines, sinister ab 1 ad 90 habens Variationes adjectorias, columnas paucas, initio non plures duabus. 270.90 Dexter a 90 ad 180 habens Variationes rursum adjectorias, columnas initio 150. Ita non in omnibus faciebus erunt margo uberque. Linearum dispositio facilis 81.27.9.3. Dividetur enim spacium totum in 3.3.3. Erunt lineae praeter frontes 28. Commodior est haec forma pro Ephemeridibus, quia non ita crebro saliendum per varias facies, columnae enim tardius mutantur.

Si pro 5 lineis in medio sumpseris 14, fient 90. Rursum facilis divisio 180.36.12.4.2. sc: in 5.3.3.2. Lineae praeter frontes 46.

Praeterea cavendum, ut intelligantur margines (.in constituenda quidem Variatione.) esse Anomaliae pene absolutae, a quibus aequatio menstrua jam est subtracta. Eoque in tabula apparatoria menstrua inferior est ad marginem (.quasi primò aequatam anomaliam intellectam.) addenda, ut ex inferiorj menstrua (.quasi ad primo aequatam.) exquisita, ut ex Variatione superiorj, quasi ad pene absolutam exquisitâ fiat composita in cellam superioris lineae referenda.

II, 360 seitlich Mitte:



* Eckige Klammern hier von Kepler.

Et quia in 150 non est numerosa divisio, tenta, hic an 180. an 240 sit numerosior.

1. 150	1. 180	1. 240	Est quidem 240 numerosior, at non infra 20. Est et magnus inutiliter et inusitatus et proportionis spinosioris. Nam 15 in 24, seu 5 in 8 non ita facile mutatur, ut 15. in 18, seu 5 in 6.
2. 75	2. 90	2. 120	
3. 50	3. 60	3. 80	
5. 30	4. 45	4. 60	
6. 25	5. 36	5. 48	
10. 15	6. 30	6. 40	
	9. 20	8. 30	
	10. 18	10. 24	
	12. 15	12. 20	
		15. 16	

Crescant itaque columnae maximae cellae per 50", et fiant 180. Sit portio sinus $555\frac{5}{9}$.
 Multiplices $1111\frac{1}{9}$. $1666\frac{2}{3}$. $2222\frac{2}{9}$. $2777\frac{7}{9}$. $3333\frac{1}{3}$. $3888\frac{8}{9}$. $4444\frac{4}{9}$. 5000. Etc:

Hic jam condideremus frontes.¹

SONNEN-EPHEMERIDEN

Diurni anomaliae coaequatae eorumque summae			Apogaei motus	Diff: ex Hor. 24 ante Apog. male distributa	Dies ab Apo.	Summa diurno- rum	Diurnj		
0	0. 0. 0			[0. 0					
1	57. 3	57. 3		57. 3	1	62	59.19.25	58. 5	
2	1.54. 6	57. 4		1.54. 7	1	63	60.17.31	6	[59.19.37
3	2.51.10	57. 4	1	2.51.11	1	64	61.15.39	8	60.17.43
4	3.48.14	57. 4		3.48.15	1	65	62.13.49	10	61.15.51
5	4.45.18	57. 4		4.45.19	1	66	63.12. 1	12	62.14. 1
6	5.42.22	57. 4		5.42.23	1	67	64.10.15	15	63.12.13
7	6.39.27	57. 5		6.39.28	2	68	65. 8.31	16	64.10.28
8	7.36.31	4		7.36.32	1	69	66. 6.49	18	65. 8.44
9	8.33.36	5	2	8.33.37	2	70	67. 5. 9	20	66. 7. 2
10	9.30.41	5		9.30.42	2	71	68. 3.30	21	67. 5.22
11	10.27.47	6		10.27.48	3	72	69. 1.53	23	68. 3.43
12	11.24.52	6		11.24.54	3	73	70. 0.18	25	69. 2. 6
{ ...				... }		{ ...		27	70. 0.31
47	44.51.25			44.51.34	38	108	104.27.34	19	104.27.54
48	45.49. 6	41		45.49.15	39	109	105.27.17	59.43	105.27.37
49	46.46.48	42		46.46.57	41	110	106.27. 2	45	106.27.22
50	47.44.32	44	9	47.44.41	43	111	107.26.49	47	107.27. 9
51	48.42.17	46		48.42.27	44	112	108.26.38	49	108.26.58
52	49.40. 4	47		49.40.14	44	113	109.26.29	51	109.26.49
53	50.37.52	48		50.38. 2	45	114	110.26.22	54	110.26.43
54	51.35.42	50		51.35.52	47	115	111.26.18	56	111.26.39
55	52.33.34	52	10	52.33.44	49	116	112.26.16	58	112.26.37
56	53.31.27	54	10	53.31.38	51	117	113.26.17	60. 1	113.26.38
57	54.29.22	55		54.29.33	52	118	114.26.20	60. 3	114.26.41
58	55.27.18	56		55.27.29	53	119	115.26.25	5	115.26.46
59	56.25.17	58. 1		56.25.28	56	120	116.26.32	7	116.26.53
60	57.23.17	58. 3		57.23.29	58	121	117.26.40	9	117.27. 2
61	58.21.20	11		58.21.32]	61	122	118.26.50	10	118.27.12]

Hi diurnj
includunt etiam
motum Apogaej
Motus Apogaej

III, 120
(9)

Dies ab Apog.	Summa diurn.	diurnj	Summa differen- tiae diurnorum
123	119.27. 2	60.12	119.27.24
124	120.27.15	13	120.27.37
125	121.27.30	15 22	121.27.52
126	122.27.47	18	122.28.10
127	123.28. 6	19	123.28.29
128	124.28.27	21	124.28.50
129	125.28.50	23	125.29.13
130	126.29.15	25	126.29.38
131	127.29.42	28 23	127.30. 6
132	128.30.11	29	128.30.35
133	129.30.42	31	129.31. 6
134	130.31.15	33	130.31.39
135	131.31.50	35	131.32.14
136	132.32.26	36	132.32.50
{...}			...}
170	167. 6.21	61.16	167. 6.50
171	168. 7.37	17 30	168. 8. 6
172	169. 8.53	17	169. 9.23
173	170.10.10	17	170.10.40
174	171.11.27	18	171.11.57
175	172.12.45	17	172.13.15
176	173.14. 2	18	173.14.32
177	174.15.19	18 31	174.15.50
178	175.16.37	19	175.17. 8
179	176.17.56	19	176.18.26
180	177.19.15	20	177.19.45
181	178.20.35	20	178.21. 4
182	179.21.55	20	179.22.24
183	180.23.15	32	180.23.44
			Secunda

PRAECEPTUM COMPUTANDJ
LOCA SOLIS AD MERIDIEM
EX HIS TABULIS

Ad meridiem Apogaeo proximum computa quis sit locus Solis. Ab hoc aufer summam diurnorum ante Apogaeum, vel ei adde summam diurnorum post Apogaeum cum horis; vero, quibus Sol maturius in Apogaeum, quam in Meridiem incidit; cape de summa differentiae diurnorum, quae est apposita ad latus cujusque summae diurnorum partem proportionalem, eamque adde ad locum meridiej. Sin autem Sol post meridiem et sic tardius in Apogaeum veniret, auferenda est portio.

PARTES COMPENDIOSAE

H 12. o	2da	Horae	sunt
8. o	3tia	10.40	quat: gae
6. o	4.ta	10.18	tres 7mae
4.48	5ta	9.36	duae quintae
4. o	6ta	9. o	tres octavae
3.26	7ma	7.12	tres decimae
3. o	8va	6.52	duae 9ae
2.40	9na	5.20	
2.24	10ma		

PRAECEPTUM COMPUTANDJ
LOCUM SOLIS AD HORAM

Exscribe diem et horam Apogaej proximum cum qua compara diem et horam datam, cum diebus integris differentiae excerpe arcum coaequatae addendum vel auferendum pro re nata, si tamen prius ille et corrigatur per diurnum in horas appendices multiplicatum: addito logarithmo Horarum sin: ad logarithmum scrupulorum dex: siquidem scrupula fuerint pauciora quam 60. Sin plura, tunc

cum horis excerpuntur scrupula, quasi diurnus esset 60. Eorum logarithmus additur scrupulo diurnj residuorum logarithmo, ut prodeant addenda excerptis scrupulis.

AEQUATIONEM SOLIS INVENIRE

Quia haec propter solam Lunam expetitur: cum vero Solis ingredi tabulam aequationis temporis: ibi invenias etiam aequationem motus Solis.

COMPENDIUM DIDUCENDJ DIERUM TOTIUS ANNJ LOCA SOLIS
MERIDIANA IN SECUNDIS ETIAM

Ad meridiem denorum dierum computa, ut supra sc: ad 183. 173 ante etc: inde ex tabula diurnorum adhibe singulorum dierum secunda, raro 2 secundis aberrabis a constituto denarij diej loco.¹

[... ...]

III, 126
(23)

PRAECEPTUM COMPUTANDI LOCUM SOLIS AD OMNES MERIDIES
TOTIUS ANNI EX HIS TABULIS

Ad meridiem Apogaeo proximum, computa quis sit locus Solis viâ usitata. Ab hoc Solis loco aufer summam diurnorum ante Apogaeum, vel ei adde summam diurnorum post Apogaeum: cum horis verò, quibus Sol maturius in Apogaeum quàm in meridiem incidit, cape de Summâ differentiae diurnorum (. quae est apposita ad latus cujusque summae diurnorum.) partem proportionalem, eamque adde ad locum meridiej.

Sin autem Sol post meridiem, et sic tardius in Apogaeum veniret, auferenda est dicta portio.

Colloca huc logarithmos diurnorum, quoad describantur in suam columnnam

Horae sunt pars		Partes compendiosae	
12. o	Dimidia	11. o	Quinque undecimae
8. o	Tertia	10.40	Quatuor nonae
6. o	Quarta	10. o	Quinque Duodecimae
4.48	Quinta	9.36	Duae quintae
4. o	Sexta	9. o	Tres Octavae
3.26	Septima	8.48	Quatuor Undecimae
3. o	Octava	7.12	Tres decimae
2.40	Nona	6.52	Duae septimae
2.24	Decima	6.36	Tres Undecimae
2.12	Undecima	5.20	Duae nonae
2. o	Duodecima		

5041	3246	Privativj
5012		
5041	3103	
5012		
5042		
5012	2960	
4983		
4983	2817	
	2674	
	2532	
	2389	
	2247	
4837	2105	
	1964	
4692		
	1822	
	1681	
4546		
	1540	
	1400	
	1260	
4400		
	1120	
	980	
4256		
	840	
4111		
	700	
	560	
3966		
	420	
3822		
	280	
	140	
3678		
	0	
3534		
3390	140 -	2198 -
	280 -	

COMPENDIUM SCRIBENDI EPHEMERIDA SOLIS

Ad meridies denorum dierum computa, ut jam es edoctus, scilicet ad 183. 173. 163 etc: ante et post Apogaeum. Inde ex tabula diurnorum 365, adhibe singulorum ordine dierum secunda, addendo illa ordine ad praecedentem computatum: ita raro 2" secundis aberrabis in additione decima, a prius constituto sequentis decimae diej loco.

PRAECEPTUM COMPUTANDI LOCUM SOLIS AD
HORAM DATAM

Exscribe diem et horam qua Sol in Apogaeum incidit, proximam tuo tempori dato cum loco Apogaej: temporum horum an-

tecedens à sequentj subtrahe; cum intervallj diebus integris excerpe arcum coaequatae, et diurnum Solis ad latus: cum horis intervallj appendicibus, quaesitis in columna Horaria Heptacosiadis excerpe logarithmum logisticum, eique adde logarithmum diurnj Solis positivum, aut aufer privativum, si excurrit diurnus ultra 60': ita conficitur logarithmus qui ex Heptacosiadis Columna Sexagenaria exhibet portionem competentem horis appendicibus, quae adjiciatur ad arcum coaequatae exscriptum; ita perfectus arcus addatur vel aufertur loco Apogaej exscripto, pro re natâ; ita prodibit locus $\odot$ quaesitus.

AEQUATIONEM SOLIS INVENIRE

Quia haec propter solam Lunam expetitur: quare cum loco Solis vero ingredi Tabulam aequationis temporis, ibi invenies etiam aequationem motus Solis in peculiarj columna.¹

III, 126^v An diurni hujus paginae bonj? Sic proba.

Anno 1619.	17 Junij	Hora 21.°37' $\odot$ in	6. 3.20 $\odot$
		dies 183	180.23.15
			6.26.35 $\oslash$
Anno 1620.	17 Junij	Horâ 3.°51' $\odot$ in	6. 4.23 $\odot$
		dies 182	179.21.55
		Diff: H	6.14
			1.1.18
			6.42.28
			15.19½
		65500 -	12.28
			36
		67170 -	30.39
			6.26.33 $\oslash$
		132670	Optimè tantum habent

DISTANTIAM SOLIS A TERRA INVENIRE

Fit eadem opera et modo, quibus locus Solis ad Horam datam inquiritur. Nam intervallj diebus integris sunt appositae distantiae respondentes: cum horis vero appendicibus sumitur pars proportionalis de differentia distantiarum ad latus posita, quae differentia nunquam superat 31.¹

III, 127
(27)

CONSIDERATIO MOTUUM SOLIS DIURNORUM. Ex fol. 8. 9.

Dies 365. H: 5.49 dant motum Solis medium ab uno puncto Eclipticae ad illud ipsum gr. 360. Ergò medius motus unius diej est 59'8". Et horarum 18°11' complementj ad dies 366 motus medius est

H. 10	24.38
8	19.43
M. 11	27
	44.48.

Dierum igitur 366 motus est 360.44.48

183 180.22.24 medius.

Cum verò scribitur series diurnorum verorum 183 ab Apogaeo inceptorum, tunc breves quidem diurnj circa Apogaeum compensantur longis circa perigaeum, ut in perfecto semestrij gr: 180 motus medij aequantur gr. 180 motus verj, at residua scrupula 22'24"

motus medij cadunt ultra perigaeum. Et sunt convertenda in motum verum perigaeum 61'20" minutorum. De hoc enim Horae 9 sumunt 23. 0

M: 5½ 14

Ergo 183 diurnj inceptj ab Apogaeo, faciunt summam 180.23.14. Et hic est motus Solis verus simplex, et secretus ab admixturâ motus Apogaej. Quod si Apogaeum fixum esset sic ut Sol post 365^d 5^h 49' semper rediret iterum in Apogaeum, tunc arcus hic tam subtractus ab Apogaeo annj posterioris, quam additus ad Apogaeum annj prioris, semper eundem repraesentaret locum sub Zodiaco. Sed quia Apogaeum est mobile, sic ut Sol motu medio post 365.H.6.15', redeat in suum Apogaeum, Apogaeo interim promotum per 1.3 sub Ecliptica: quaeritur igitur, an sit immiscendus motus Apogaej in diurnos veros Solis? Et respondetur, quod non. Causa haec est, quia Ephemerides exhibent motum Solis semper in meridie cujusque diej. Quare etsi Sol deseruit apogaeum pristinum per 1'3". Et per 26' Horae tardius id assequitur, quam fert annj ratio a solstitio in solstitium, at id assecutus simul etiam per 26' Horae magis elongatur a meridie, quam si fixum esset apogaeum.

Sed in die, cum Sol est apogaeus, reducitur locus Solis ab hora, cum est apogaeus, ad horam meridiej. Per longiorem igitur elongationem, major est reductio et tanto major, quantus est motus apogaej ferè.¹

Quare perinde est, ac si fixum mansisset apogaeum, quod hos quidem diurnos attinet. *III, 127^v* Utendum est igitur diurnis simplicibus, nec immiscendus motus apogaej in diurnos, stante processu reliquo.

Altera major cautio, quod semper nos ad computationem Ephemeridis incipimus cum diurnis in meridie, Sol verò non semper fit apogaeus in meridie. Quod si maturius incipimus uno die, tunc pro uno diurno apogaeo 57'4", unum diurnum perigaeum adhibemus 61'.20", et sic per 4'.16" nimium usurpamus: hinc tabella. Horis 12 2'. 8"

11	1.57
10	1.46
9	1.36
8	1.25
7	1.14
6	1. 4
5	53
4	42
3	32
2	21
1	10

Hoc nomine differentia summae diurnorum 183 ab apogaeo inceptorum a summa diurnorum serius vel maturius inceptorum est colligenda, et de ea sumenda pars proportionalis horis anticipationis vel postventionis. Haec portio de tota summa est diducenda per dies 183, ut appareat, quanta sit portio die quolibet.

Cum ergo Sol ante meridiem in quo tu facis initium Ephemeridis struendae, in apogaeo fuit, Adde differentias loco Solis in meridie illo, radices tuae, et fac totidem loca apogaej, quot sunt dies annj; sufficit autem, ut pro toto numero talis loci apogaej scribatur ultima figura secundorum cui appone ad latus ultimam figuram secundorum de summa motuum diurnorum, subtrahendâ in semestrij vernalj, addenda in autumnalj, quibus duabus figuris formatur ultima figura locj Solis in Ephemeride.¹

III, 127^v seitlich Mitte: Vitium in eo, quod aequaliter dispertimur differentia in hanc, cum tamen circa aequinoctia diurnj sint aequales.

Radix 28 Jun: in Mer: ☉ in 6.9.0 ☉. Horae 2.23 pars ferè 10. quibus Sol prius in Apogaeo. Secunda igitur cum his excerpta addo ante Aph: subtrahe post:
diurnus ab ipsissimo Aph.

183 dierum	180.23.15	<u>170.10.10</u>	<u>159.57.49</u>	
		15.58.50	26.11.11	
	<u>☉ 6. 9. 0 ☉</u>	<u>26</u>	<u>25</u>	
Summa differentia-	5.45.45	15.59.16 ☿	26.11.36 ☿	{... ...}
rum 183, quaerunt	26 Ad.	26.19.36 ↗	16. 7.14 ↗	
ab ipsissimo Apogaeo	5.46.11 ☿			
die uno posterius	6.32.41 ☿			
quinta ut pars ...				
	{... ...}			

Probatio ingressus in ☿

27 Dec: H 12.43 in 6. 3.52 ☿	6.3.52	
27 Dec. in Meridie <u>5.31.21</u>	per 1.1.19½	
32.31	<u>6.7.57</u>	dierum 6 Motus
1.1.20 <u>30.40</u>	H 12 4. 5	
1.51	<u>2.32</u>	Minus H 1
<u>1.41</u>	40 1.33	
10	<u>1.16</u>	37
	17	Ergo 21. Dec. H 12.43
26.46.57 ☿		<u>1.37</u>
47		14.20

AD HOC EXEMPLUM EPHEMERIS ☉ AD ANNUM 1620

Radix die 27 Junij H 3.51 p: m: ☉ in Apogaeo quod est in 6.4.23 ☉.
Horae 24 dant 57.3. Ergo H 4 dant 9'30"30". Et Minuta 8 dant 19"1". Et
Minutum unum dat 2"22"30^{IV}.

24	H 4	9'30"30"	
27	Aufer M 8	19. 1	Apog: 6. 4.23
32	1	2.23	<u>9. 9</u>
37	Ergo H 3.51 9' 9"	☉ in Meridie	<u>5°55'14" ☉</u>
45	Horae 3.51 sunt pars fere sexta, sc: minus una vicesimasextâ ipsius sextae.		
55	Tot verò horis Sol est posterius in Apogaeo. Igitur subtrahò secunda cum		
7	his excerpta pro correctione diurnorum.		
22			
38			
56			
16			
37			
0			
16. 9.26			

III, 164 oberer Rand (zu Z. 3 subtrahe post): Male hoc. Adde et hic. Est ergo hic ita correctum.

183 summa	180.23.15	Pro 173	Pro di: 163
Radix	<u>5.55.14</u>	170.10.10	159.57.49
	5.31.59	15.45. 4	25.57.25
de summâ differentiae	<u>41</u>	<u>40</u>	<u>39</u>
diurnorum pars propor-	5.31.18 ☾	15.44.24 ☾	25.56.46 ☾
tionalis horis 3.51	6.18.29	26. 4.44 ↗	5.53. 3
	<u>6.17.48</u> ☾		15.52.24 ↗
Pro di. 153			Pro diebus 3.
149.46.42	21.53.30	12.21.57	2.51.11
6. 8.32	4. 1.44	3.33.17	3. 4. 3
<u>38</u>	{... ...} 2	1	0
6. 7.54 ≈	14. 1.42 II	23.33.16 II	3. 4. 3 ☉
5.41.56	7.48.44	8.17.11	8.46.25 ☉
5.41.18 ↗	27.48.42 ☉	18.17.10 ☉	

Probatio ingressuum in ☾. Prior venit 5.31.18 ☾ in meridie ab anno priorj erat 5.31.21. Sat bene. Posterior sic 24 dat 1.1.20. Ergo 4° dat 10'13". Et 1° dat 2'33" et 3' dat 8". Summa H 5. M 3 dat 12'54". Adde ad 6.4.55 ☾. Prodit in meridie 27: 6.17.49 ☾. Optimissimè.¹

III, 167

DIDUCTIO MOTUUM SOLIS AD SINGULOS DIES ANNI 1620

Cum distantijs Solis et Terrae ad denos eiusdem Anni Dies, versâ paginâ.

$\odot$			
3. 4. 3	24. Junij		
4. 1. 7	25. Jun.		
4.58.10	26. Jun.		
5.55.14	27. Junij. Dies $\odot^{\text{is}}$ Apogaei.		
6.52.18			
7.49.21			
8.46.25			
9.43.29	1. Julij		
10.40.33	4		
11.37.37	4		
12.34.41	4		
13.31.45	4		
{... ...}			
$\oslash$			
0. 9.53	18		
1.11.11	19		
2.12.30	19		
3.13.49	19		
4.15. 8	20		
5.16.28	20		
6.17.48	27. Dec.		
7.19. 7	19		
8.20.26	19		
9.21.45	19		
10.23. 3	31. Dec.		
$\oslash$ 10.37.58	1. Jan. 1620		
11.39.16	18		
12.40.34	18		
13.41.51	17		
14.43. 8	17		
15.44.24	16		
{... ...}			
		χ	
		0.25.50	23
		1.26.13	21
		2.26.34	19
		3.26.53	18
		4.27.11	16
		5.27.27	14
	25. Febr.	6.27.41	12
		7.27.53	10
		8.28. 3	8
		9.28.11	7
		10.28.18	5
		11.28.23	3
	1. Martij	12.28.26	1
		13.28.27	59
		14.28.26	57
		15.28.23	55
		16.28.18	52
		17.28.10	{... ...}
		28.18.43	$\langle \text{II} \rangle$
		29.15.47	4
		$\odot$	4
		0.12.51	4
		1. 9.55	4
		2. 6.59	4
		3. 4. 3	24. Jun.

III, 167^v

6. 4.23	$\odot$		
10.37.58	$\oslash$		
175.26.25	Distantia $\odot$ ab Apogaeo suo		
	Die 1. Januar. 1620.	98	206
6. 4.23			
16.45.40			
169.18.43	7. Januar.	98	230

<u>6. 4.23</u> <u>26.57.57</u>			<u>6. 4.23</u> <u>5.26.12</u>		
159. 6.26	17. Jan.	98 315	30.38.11	26. Maij	101 539
<u>6. 4.23</u> <u>7. 8.55</u>			<u>6. 4.23</u> <u>14.58.55</u>		
148.55.28	27. Jan.	98 448	21. 5.28	5. Junij	101 675
<u>6. 4.23</u> <u>17.18. 0</u>			<u>6. 4.23</u> <u>24.30.22</u>		
138.46.23	6. Febr.	98 632	11.34. 1	15. Junij	101 762
<u>6. 4.23</u> <u>27.24.29</u>			<u>6. 4.23</u> <u>4. 1. 7</u>		
128.39.54	16. Febr.	98 856	2. 3.16	25. Junij	101 799
<u>6. 4.23</u> <u>7.27.53</u>			<u>6. 4.23</u> <u>3.39. 6</u>		
118.36.30	26. Febr.	99 113	19.14.16	1. Julij	101 796
<u>6. 4.23</u> <u>17.28.10</u>			<u>6. 4.23</u> <u>13. 9.53</u>		
108.36.13	7. Martij	99 397	28.45.55	11. Julij	101 751
<u>6. 4.23</u> <u>27.24.49</u>			<u>6. 4.23</u> <u>22. 41.32</u>		
98.39.34	17. Martij	99 698	8.18.54	21. Julij	101 655
<u>6. 4.23</u> <u>7.17.55</u>			<u>6. 4.23</u> <u>32.14.31</u>		
88.46.28	27. Martij	100 006	17.54.41	31. Julij	101 513
<u>6. 4.23</u> <u>17. 7. 17</u>			<u>6. 4.23</u> <u>41.50.18</u>		
78.57. 6	6. Aprilis	100 314	27.30.49	10. Augusti	101 327
<u>6. 4.23</u> <u>26.53. 7</u>			<u>6. 4.23</u> <u>51.26.26</u>		
69.11.16	16. Aprilis	100 611	7.10.43	20. Aug.	101 102
<u>6. 4.23</u> <u>6.35.40</u>			<u>6. 4.23</u> <u>61. 6.20</u>		
59.28.43	26. Aprilis	100 890	16.53.46	30. Augusti	100 844
<u>6. 4.23</u> <u>16.15. 3</u>			<u>6. 4.23</u> <u>70.49.23</u>		
49.49.20	6. Maij	101 142	26.40.13	9. Sept.	100 562
<u>6. 4.23</u> <u>25.51.45</u>			<u>6. 4.23</u> <u>80.35.50</u>		
40.12.38	16. Maij	101 361	6.30.12	19. Sept.	100 266
			<u>6. 4.23</u> <u>90.25.49</u>		
				29. Sept.	99 954

<u>16.23.53</u>			<u>6.42.20</u>		
<u>6. 4.23</u>			<u>6. 4.23</u>		
100.19.30	9. Octobr.	99 646	150.37.57	28. Novemb.	98 424
<u>26.21.10</u>			<u>16.53.34</u>		
<u>6. 4.23</u>			<u>6. 4.23</u>		
110.16.47	19. Octobr.	99 348	160.49.11	8. Decemb.	98 296
<u>6.21.58</u>			<u>27. 6. 1</u>		
<u>6. 4.23</u>			<u>6. 4.23</u>		
120.17.35	29. Octobr.	99 068	171. 1.38	18. Decemb.	98 221
<u>16.25.54</u>			<u>7.19. 7</u>		
<u>6. 4.23</u>			<u>6. 4.23</u>		
130.21.31	8. Novemb.	98 815	178.45.16	28. Decemb.	98 200
<u>26.32.55</u>					
<u>6. 4.23</u>					
140.28.32	18. Novemb.	98 598			

Distantiae ☉ ab Apogaeo suo ad Annum 1621 ad illos dies ad quos loca ☉ sunt supputata in Typo Ephemeridis anni 1621:

ANNO 1621

<u>5.16.25</u>	<u>6. 5.26</u>	<u>6. 5.26</u>	<u>26.19. 1</u>	<u>15.10.42</u>
<u>6. 5.26</u>	<u>26.10.55</u>	<u>13.47.54</u>	<u>6. 5.26</u>	<u>6. 5.26</u>
179.10.59	99.54.31	22.17.32	50.13.35	129. 5.16
5. Januar.	6. 5.26	6. 5.26	5.58.33	25.17.20
1621	<u>6. 4.28</u>	<u>23.19.29</u>	<u>6. 5.26</u>	<u>6. 5.26</u>
<u>6. 5.26</u>	90. 0.58	12.45.57	59.53. 7	139.11.54
<u>15.29.31</u>	6. 5.26	6. 5.26	15.41.12	5.26.30
170.35.55	<u>15.54.18</u>	<u>2.50.17</u>	<u>6. 5.26</u>	<u>6. 5.26</u>
<u>6. 5.26</u>	80.11. 8	<u>3.15. 9</u>	69.35.46	149.21. 4.
<u>25.41.55</u>	6. 5.26	8.32.39 ☉	25.27.12	15.37.33
160.23.31	<u>25.40.36</u>	<u>6. 5.26</u>	<u>6. 5.26</u>	<u>6. 5.26</u>
<u>6. 5.26</u>	70.24.50	2.27.13	79.21.46	159.32. 7
<u>5.53. 6</u>	6. 5.26	18. 3.23	5.16.44	25.49.51
150.12.20	<u>5.23.31</u>	<u>6. 5.26</u>	<u>6. 5.26</u>	<u>6. 5.26</u>
<u>6. 5.26</u>	60.41.55	11.57.57	89.11.18	169.44.25
<u>16. 2.26</u>	6. 5.26	27.34.54	15. 9.57	6. 2.55
140. 3. 0	<u>15. 3.17</u>	<u>6. 5.26</u>	<u>6. 5.26</u>	<u>6. 5.26</u>
<u>6. 5.26</u>	51. 2. 9	21.29.28	99. 4.31	179.57.29
<u>26. 9.18</u>	6. 5.26	7. 7.41	25. 6.46	
129.56. 8	<u>24.40.18</u>	<u>6. 5.26</u>	<u>6. 5.26</u>	
<u>6. 5.26</u>	41.25. 8	31. 2.15	109. 1.20	
<u>6.13. 6</u>	6. 5.26	16.42.12	5. 7.10	
119.52.20	<u>4.14.59</u>	<u>6. 5.26</u>	<u>6. 5.26</u>	
<u>6. 5.26</u>	31.50.27	40.36.46	119. 1.44	
<u>16.13.48</u>				
109.51.38				

EPHEMERIS SOLIS AD ANNUM 1621

III, 164^v

Radix. Die 27. Junij, H. 10.5' Sol in Apogaeo, quod est in 6°5'26" ☊. Ergo in meridie ejusdem diei Sol erit in 5°41'28" ☊. Et pars proportionalis de summa differentiae diurnorum competens horis 10.5' erit subtrahenda à summâ diurnorum.

180.23.15	170.10.10	159.57.49	149.46.42	139.37.27
5.18.13	15.31.18	25.43.39	5.54.46	16. 4. 1
1.48	1.47	1.44	. 1.40	1.35
5.16.25 ☾	15.29.31 ☾	25.41.55 ☾	5.53. 6 ☾	16. 2.26 ☾
6. 4.43	25.51.38	15.39.17	5.28.10	25.18.55
6. 2.55 ☾	25.49.51 ☾	15.37.33 ☾	5.26.30 ☾	25.17.20 ☾
129.30.42	119.27. 2	109.26.29	99.29.31	89.36. 8
26.10.46	6.14.26	16.14.59	26.11.57	6. 5.20
1.28	1.20	1.11	1. 2	0.52
26. 9.18 ☾	6.13. 6 ☾	16.13.48 ☾	26.10.55 ☾	6. 4.28 ☾
15.12.10	5. 8.30	25. 7.57	15.10.59	5.17.36
15.10.42 ☾	5. 7.10 ☾	25. 6.46 ☾	15. 9.57 ☾	5.16.44 ☾
79.46.27	70. 0.18	60.17.31	50.37.52	41. 0.57
15.55. 1	25.41.10	5.23.57	15. 3.36	24.40.31
43	34	26	19	13
15.54.18 ☾	25.40.36 ☾	5.23.31 ☾	15. 3.17 ☾	24.40.18 ☾
25.27.55	15.41.46	5.58.59	26.19.20	16.42.25
25.27.12 ☾	15.41.12 ☾	5.58.33 ☾	26.19. 1 ☾	16.42.12 ☾
31.26.21	21.53.30	12.21.57	2.51.11	
4.15. 7	13.47.58	23.19.31	2.50.17 ☊	
8	4	2	0 ☊	
4.14.59 ☾	13.47.54 ☾	23.19.29 ☾		
7. 7.49	27.34.58	18. 3.25		
7. 7.41 ☾	27.34.54 ☾	18. 3.23 ☾	8.32.39 ☾	

Probatio Ingressuum ☉ in ☾. Prior venit 5°16'25" ☾. Anno praecedenti erat 5.16.28 ☾, differentia 3", qualis fuit etiam in Ephemeride Anni 1620. Cogitetur de causâ hujus rei. Posterior sic probatur. H 24 dant 1°1'20", quid H 1.11'? Dat 3'2" subtrahenda à 6°5'58" ☾ relinquitur 6°2'56" ☾, habemus autem 6.2'55". Ergo optimè. Cadit autem 183^{us} Ante Apogaeum, in 26. Decemb. Anni 1620: At 183^{us} post Apog. incidit in 27. Decemb. 1621.

EPHEMERIS SOLIS AD ANNUM 1622

Radix. Die 27. Junij, H. 16.20. Sol in Apogaeo, quod est in $6^{\circ}6'29''$ ☉. Ergo in meridie sequentis diei Sol erit in $6^{\circ}24'42''$ ☉. Ergo pars proportionalis addatur, pro H. 7.40'.

180.23.15	170.10.10	159.57.49	149.46.42	139.37.27
6. 1.27	16.14.32	26.26.53	6.38. 0	16.47.15
1.23	1.22	1.19	1.17	1.13
6. 2.50 ☾	16.15.54 ☾	26.28.12 ☾	6.39.17 ☾	16.48.28 ☾
6.47.57	26.34.52	16.22.31	6.11.24	26. 2. 9
6.49.20 ☾	26.36.14 ☾	16.23.50 ☾	6.12.41 ☾	26. 3.22 ☾
129.30.42	119.27. 2	109.26.29	99.29.31	89.36. 8
26.54. 0	6.57.40	16.58.13	26.55.11	6.48.34
1. 7	1. 0	54	48	40
26.55. 7 ☾	6.58.40 ☾	16.59. 7 ☾	26.55.59 ☾	6.49.14 ☾
15.55.24	5.51.44	25.51.11	15.54.13	6. 0.50
15.56.31 ☾	5.52.44 ☾	25.52. 5 ☾	15.55. 1 ☾	6. 1.30 ☾
79.46.27	70. 0.18	60.17.31	50.37.52	41. 0.57
16.38.15	26.24.24	6. 7.11	15.46.50	25.23.45
33	26	20	14	10
16.38.48 ☾	26.24.50 ☾	6. 7.31 ☾	15.47. 4 ☾	25.23.55 ☾
26.11. 9	16.25. 0	6.42.13	27. 2.34	17.25.39
26.11.42 ☾	16.25.26 ☾	6.42.33 ☾	27. 2.48 ☾	17.25.49 ☾
31.26.21	21.53.30	12.21.57	2.51.11	
4.58.21	14.31.12	24. 2.45	3.33.31 ☉	
6	3	1	0	
4.58.27 ☾	14.31.15 ☾	24. 2.46 ☾		
7.51. 3	28.18.12	18.46.39		
7.51. 9 ☾	28.18.15 ☉	18.46.40 ☉	9.15.53 ☉	

Examen Ingressuum ☉ in ☾. Prior est 6.2.50 ☾ atqui praecedenti anno erat 6.2.55 ☾, differentia 5" non contemnenda. Posterior; H. 24 dant $1^{\circ}1'20''$, quid 16.35? Dabunt $42'22''$ addenda ad 6.7.1 ☾ ut fiant $6^{\circ}49'23''$ ☾. habemus autem $6^{\circ}49'20''$. non malè. Cadit verò 183^{us} Ante Apogaeum in 27. Decembris 1621. At 183^{us} post Apog. in 28. Dec. 1622.¹

III, 166 ANNO 1622	9.15.53 ☉	ANNO 1623	9. 2. 7 ☉	ANNO 1624	8.48.21 ☉
	6. 6.29		6. 7.32		6. 8.35
	3. 9.24		2.54.35		2.39.46
6. 2.50 ☾	18.46.40	5.47.56 ☾	18.32.53	5.33. 3 ☾	18.19. 6.
6. 6.29 ☉	6. 6.29	6. 7.32	6. 7.32	6. 8.35 ☉	6. 8.35
56.21	12.40.11	179.40.24	12.25.21	179.24.28	12.10.31
6. 6.29	28.18.15	6. 7.32	28. 4.27	6. 8.35	27.50.38
16.15.54	6. 6.29	16. 1. 1	6. 7.32	15.46. 9	6. 8.35
9.50.35	22.11.46	170. 6.31	21.56.55	170.22.26	21.42. 3

6. 6.29	7.51. 9	6. 7.32	7.37.18	6. 8.35	7.23.27
<u>26.28.14</u>	<u>6. 6.29</u>	<u>26.13.21</u>	<u>6. 7.32</u>	<u>25.58.32</u>	<u>6. 8.35</u>
59.38.15	31.44.40	159.54.11	31.29.46	160.10. 3	31.14.52
6. 6.29	17.25.49	6. 7.32	17.11.54	6. 8.35	16.58. 1
<u>6.39.17</u>	<u>6. 6.29</u>	<u>6.24.28</u>	<u>6. 7.32</u>	<u>6. 9.38</u>	<u>6. 8.35</u>
49.27.12	41.19.20	149.43. 4	41. 4.22	149.58.57	40.49.26
6. 6.29	27. 2.48	6. 7.32	26.48.51	6. 8.35	26.34.53
<u>16.48.28</u>	<u>6. 6.29</u>	<u>16.33.42</u>	<u>6. 7.32</u>	<u>16.18.58</u>	<u>6. 8.35</u>
39.18. 1	50.56.19	139.33.50	50.41.19	139.49.37	50.26.18
6. 6.29	6.42.33	6. 7.32	6.28.31	6. 8.35	6.14.29
<u>26.55. 7</u>	<u>6. 6.29</u>	<u>26.40.26</u>	<u>6. 7.32</u>	<u>26.25.46</u>	<u>6. 8.35</u>
29.11.22	60.36. 4	129.27. 6	60.20.59	129.42.49	60. 5.54
6. 6.29	16.25.26	6. 7.32	16.11.19	6. 8.35	15.57.12
<u>6.58.40</u>	<u>6. 6.29</u>	<u>6.44. 5</u>	<u>6. 7.32</u>	<u>6.29.30</u>	<u>6. 8.35</u>
119. 7.49	70.18.57	119.23.27	70. 3.47	119.39. 5	69.48.37
6. 6.29	26.11.42	6. 7.32	25.57.29	6. 8.35	25.43.16
<u>16.59. 6</u>	<u>6. 6.29</u>	<u>16.44.37</u>	<u>6. 7.32</u>	<u>16.30.27</u>	<u>6. 8.35</u>
109. 7. 23	80. 5.13	109.22.55	79.49.57	109.38. 8	79.34.41
6. 6.29	6. 1.30	6. 7.32	5.47.11	6. 8.35	5.32.53
<u>26.55.59</u>	<u>6. 6.29</u>	<u>26.41.34</u>	<u>6. 7.32</u>	<u>26.27. 9</u>	<u>6. 8.35</u>
99.10.30	89.55. 1	99.25.58	89.39.39	99.41.26	89.24.18
6. 6.29	15.55. 1	6. 7.32	15.40.36	6. 8.35	15.26.11
<u>6.49.14</u>	<u>6. 6.29</u>	<u>6.34.55</u>	<u>6. 7.32</u>	<u>6.20.37</u>	<u>6. 8.35</u>
89.17.15	99.48.32	89.32.37	99.33. 4	89.47.58	99.17.36
6. 6.29	25.51.45	6. 7.32	25.37.35	6. 8.35	25.22.45
<u>16.38.48</u>	<u>6. 6.29</u>	<u>16.24.35</u>	<u>6. 7.32</u>	<u>16.10.22</u>	<u>6. 8.35</u>
79.27.41	109.45.16	79.42.57	109.30. 3	79.58.13	109.14.10
6. 6.29	5.52.44	6. 7.32	5.38. 9	6. 8.35	5.23.34
<u>26.24.50</u>	<u>6. 6.29</u>	<u>26.10.43</u>	<u>6. 7.32</u>	<u>25.56.36</u>	<u>6. 8.35</u>
69.41.39	119.46.15	69.56.49	119.30.37	70.11.59	119.14.59
6. 6.29	15.56.31	6. 7.32	15.41.50	6. 8.35	15.27.10
<u>6. 7.31</u>	<u>6. 6.29</u>	<u>5.53.29</u>	<u>6. 7.32</u>	<u>5.39.27</u>	<u>6. 8.35</u>
59.58.58	129.50. 2	60.14. 3	129.34.18	60.29. 8	129.18.35
6. 6.29	26. 3.22	6. 7.32	25.48.36	6. 8.35	25.33.52
<u>15.47. 4</u>	<u>6. 6.29</u>	<u>15.33. 7</u>	<u>6. 7.32</u>	<u>15.19. 9</u>	<u>6. 8.35</u>
50.19.25	139.56.53	50.34.25	139.41. 4	50.49.26	139.25.17
6. 6.29	6.12.41	6. 7.32	5.57.52	6. 8.35	5.43. 4
<u>25.23.55</u>	<u>6. 6.29</u>	<u>25.10. 1</u>	<u>6. 7.32</u>	<u>24.56. 7</u>	<u>6. 8.35</u>
40.42.34	150. 6.12	40.57.31	149.50.20	41.12.28	149.34.29
6. 6.29	16.23.50	6. 7.32	16. 8.59	6. 8.35	15.54.10
<u>4.58.27</u>	<u>6. 6.29</u>	<u>4.44.36</u>	<u>6. 7.32</u>	<u>4.30.45</u>	<u>6. 8.35</u>
31. 8. 2	160.17.21	31.22.56	160. 1.27	31.37.50	159.45.35

6. 6.29	26.36.14	6. 7.32	26.21.21	6. 8.35	26. 6.29
<u>14.31.15</u>	<u>6. 6.29</u>	<u>14.17.27</u>	<u>6. 7.32</u>	<u>14. 3.38</u>	<u>6. 8.35</u>
21.35.14	170.29.45	21.50. 5	170.13.49	22. 4.57	169.57.54
6. 6.29	6. 6.29	6. 7.32	6.34.26	6. 8.35	6. 8.35
<u>24. 2.46</u>	<u>6.49.20</u>	<u>23.48.59</u>	<u>6. 7.32</u>	<u>23.35.12</u>	<u>6.19.33</u>
12. 3.43	179.17. 9	12.18.33	179.33. 6	12.33.23	179.49. 2
6. 6.29		6. 7.32		6. 8.35	
<u>3.33.31</u>		<u>3.19.45</u>		<u>3. 5.59</u>	
2.32.58		2.47.47		3. 2.36	

III, 168

EPHEMERIS SOLIS AD ANNUM 1623

Radix. Die 27. Junij, H. 22.34' Sol venit in Apogaeum, quod est in 6°7'32" ☊. Ergo Sol in meridie sequentis diei erit in 6.10'56" ☊. Pars proportionalis est additoria, numpe pro H. 1.26.

180.23.15	170.10.10	159.57.49	149.46.42	139.37.27
5.47.41	16. 0.46	26.13. 7	6.24.14	16.33.29
<u>15</u>	<u>15</u>	<u>14</u>	<u>14</u>	<u>13</u>
5.47.56 ☾	16. 1. 1 ☾	26.13.21 ☾	6.24.28 ☾	16.33.42 ☾
6.34.11	26.21. 6	16. 8.45	5.57.38	25.48.23
6.34.26 ☾	26.21.21 ☾	16. 8.59 ☾	5.57.52 ☾	25.48.36 ☾
129.30.42	119.27. 2	109.26.29	99.29.31	89.36. 8
26.40.14	6.43.54	16.44.27	26.41.25	6.34.48
<u>12</u>	<u>11</u>	<u>10</u>	<u>9</u>	<u>7</u>
26.40.26 ☾	6.44. 5 ☾	16.44.37 ☾	26.41.34 ☾	6.34.55 ☾
15.41.38	5.37.58	25.37.25	15.40.27	5.47. 4
15.41.50 ☾	5.38. 9 ☾	25.37.35 ☾	15.40.36 ☾	5.47.11 ☾
79.46.27	70. 0.18	60.17.31	50.37.52	41. 0.57
16.24.29	26.10.38	5.53.25	15.33. 4	25. 9.59
<u>6</u>	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>3</u>	<u>2</u>
16.24.35 ☾	26.10.43 ☾	5.53.29 ☾	15.33. 7 ☾	25.10. 1 ☾
25.57.23	16.11.14	6.28.27	26.48.48	17.11.53
25.57.29 ☾	16.11.19 ☾	6.28.31 ☾	26.48.51 ☾	17.11.54 ☾
31.26.21	21.53.30	12.21.57	2.51.11	
4.44.36 ☾	14.17.27 ☾	23.48.59 ☾	3.19.45 ☾	
		0	0	
7.37.18 ☾	28. 4.27 ☾	18.32.53 ☾	9. 2. 7 ☾	

Ingressus prior in ☾ habet 4" differentiam, si nempe assumamus motum ☉ Perigaeum 1°1'20" et cadit in 27. Decemb. 1622. Pro Posteriori: H. 24 dant 1°1'20". Ergo H. 10.21' dant 26'27" addenda ad 6°8'4" ☾, ut fiant 6°34'31" ☾. Differentia est 5". Cadit in 28. Decemb. 1623.

EPHEMERIS SOLIS AD ANNUM 1624. BISSEXTUM

Radix. Die 27. Junij, H. 4.48' Sol pervenit ad Apogaeum in 6°8'35" ☊. Ergo Sol in meridie ejusdem diei 27 erit in 5°57'10" ☊. Pars itaque proportionalis subtrahenda.

180.23.15	170.10.10	159.57.49	149.46.42	139.37.27
5.33.55	15.47. 0	25.59.21	6.10.26	16.19.43
52	51	49	48	45
5.33. 3 ☊	15.46. 9 ☊	25.58.32 ☊	6. 9.38 ☊	16.18.58 ☊
6.20.25	26. 7.20	15.54.59	5.43.52	25.34.37
6.19.33 ☊	26. 6.29 ☊	15.54.10 ☊	5.43. 4 ☊	25.33.52 ☊
129.30.42	119.27. 2	109.26.29	99.29.31	89.36. 8
6.26.28	6.30. 8	6.30.41	6.27.39	6.21. 2
42	38	34	30	25
26.25.46 ☊	6.29.30 ☊	16.30. 7 ☊	26.27. 9 ☊	6.20.37 ☊
5.27.52	5.24.12	5.23.39	5.26.41	5.33.18
15.27.10 ☊	5.23.34 ☊	25.23. 5 ☊	15.26.11 ☊	5.32.53 ☊
79.46.27	70. 0.18	60.17.31	50.37.52	41. 0.57
6.10.43	5.56.52	5.39.39	5.19.18	4.56.13
21	16	12	9	6
16.10.22 ☊	25.56.36 ☊	5.39.27 ☊	15.19. 9 ☊	24.56 7 ☊
5.43.37	5.57.28	6.14.41	6.35. 2	6.58. 7
25.43.16 ☊	15.57.12 ☊	6.14.29 ☊	26.34.53 ☊	16.58. 1 ☊
31.26.21	21.53.30	12.21.57	2.51.11	
4.30.49	4. 3.40	23.35.12 ☊	3. 5.59 ☊	
4	2		0	
4.30.45 ☊	14. 3.38 ☊			
7.23.31	7.50.40	18.19. 6 ☊	8.48.21 ☊	
7.23.27 ☊	27.50.38 ☊			

Prior ingressus deficit per 3". Cadit in 27. Decemb. 1623. Posterioris autem examen hoc est, H. 24 dant 1°1'20". Ergo H. 4.7' dant 10'31" addenda ad 6°9'7" ☊, ut fiant 6°19'38" ☊. Differentia 5". ut in superiori anno. Cadit in 27. Decemb. 1624.¹

Haec omnia per numeros tentatos plus lucis acquirant.

III, 170^v

Huennae ejusque in arce Vraniburgo per circumpolares inventa est altitudo Polj 55°54'15". Ergò altitudo Aequatoris 34°5'45". Adde obliquitatem Tychonicam 23°31'30", fit vera altitudo aestiva 57°37'15". Supposita Parallaxj Solis Horizontalj 3'7"½ in distantia ☉ mediocrj ex numero 1152 semidd: Terrae in distantia ☉ à Terra; fiet parallaxis ☉ apogaej ut in ☊ et solstitio aestivo 3'4"½. Si sinus totus distantiae à vertice 90° dat 3'4"½, quid sinus dist: à vertice 32°22'45". Sequitur 1'38"52". Ergò observata altitudo aestiva fuisset 57°35'36". Sit tanta observata: adde ej parallaxin minorem, ex modulo Horizontalj 0'59", quae fiet

$31^{\circ}36''$; constituetur ex hac altitudine observatâ, vera $57^{\circ}36'7\frac{3}{5}''$. Hinc aufer invariabilem alt: aequatoris $34^{\circ}5'45''$, relinquitur obliquitas Eclipticae $23^{\circ}30'22\frac{3}{5}''$.

In modo secundo, maneant caetera, et ablata obliquitate Tychonica ab alt: aequatoris, restabit alt. hiberna $10^{\circ}34'15''$. Sit igitur vera alt: hiberna tanta, et distantia à vertice $79^{\circ}25'45''$, et cùm Solis Perigaej parallaxis statuatur à Tychone $3'10\frac{1}{2}''$, fiet ea in hac altitudine $3'7\frac{3}{4}''$. Esset ergò observata alt: $10^{\circ}31'7\frac{1}{4}''$. Sint hae altitudines observatae, aestiva $57^{\circ}35'36''$, hiberna $10^{\circ}31'7\frac{1}{4}''$. Supponamus nos jam parallaxin perigaeam ex modulo Horizontalj $61''$, in hac alt: $60''$. Ita nobis fiet hiberna vera $10^{\circ}32'7\frac{1}{4}''$, et erat supra aestiva nobis vera $57^{\circ}36'7\frac{3}{5}''$. Ita fiet vera distantia Tropicorum $47^{\circ}4'0\frac{1}{3}''$, obliquitas $23^{\circ}32'0\frac{1}{6}''$ et sic major; altitudo verò aequatoris $34^{\circ}4'7\frac{2}{5}''$, per $1'38''$ minor quàm prius.

Refractiones sic applicantur. Sit observata sine Refractione altitudo hiberna $10^{\circ}34'15''$. Tycho Brahe prodit Solis Refractionem in hac altitudine $9'43''$: ponit autem tantam quia comparat altitudines refractas cum altitudinibus parallaxi sua magna affectis. Adde, fit alt: refracta $10^{\circ}43'58''$. Sit tanta observata altitudo refracta. Atqui Horizontali parallaxi $3'10\frac{1}{2}''$ affectus motus Solis, computatione instituta cum refracto, dedit Tychonj refractionem Horizontalem $34'0''$: qui si fuisset affectus Horizontalj parallaxj $1'1''$ per $2'9\frac{1}{2}''$ minorj, dedisset Refractionem Horizontalem tantundem minorem, sc: $31'50\frac{1}{2}''$. Ergo $2'9\frac{1}{2}''$ auferenda sunt ab omnibus Refractionibus Solis. Crescunt enim magnae $\odot$ et parvae Fixarum iisdem incrementis. Ergò etiam a $9'43''$, parallaxj altitudinis 10.34 auferenda $2'9\frac{1}{2}''$, ut restent in Refractione illius altitudinis $7'33\frac{1}{2}''$. Ergò ab alt: refracta $10^{\circ}43'58''$, aufer refractionem $7'33\frac{1}{2}''$, restat irrefracta $10^{\circ}36'24\frac{1}{2}''$. Et huic vicissim adde parallaxin $1'$, fit vera alt: hiberna $10^{\circ}37'24\frac{1}{2}''$. Hanc compara cum vera aestiva secundum parallaxin parvam, quae erat $57^{\circ}36'7\frac{3}{5}''$; elicietur distantia Tropicorum $46^{\circ}58'43\frac{1}{10}''$. Et obliquitas $23^{\circ}29'6\frac{3}{4}''$. Et alt: aequatoris $34^{\circ}6'31\frac{1}{4}''$, per $46\frac{1}{6}''$ major iusto. Itaque Tycho in hac alt: ponit refractionem Solis $0'45''$, quae addita ad $34^{\circ}5'45''$, faciunt omnino $34^{\circ}6'30''$.¹

III, 171 Tabulae motus Solis medij ab aequinoctio sic sunt constructae, ut Sol, motu Apogaej aequabili incedente, conficere posset Aequinoctia, antiqua Hipparchj, et hodierna à Tychone observata: Hipparchi quidem vernale 6 horis serius, autumnale totidem maturius, quam annotavit ille; quia Eccentricitatem olim eandem fuisse consentaneum est, quae hodie deprehenditur. Quod si Sol hoc temporum articulos assequitur, motu Apogaej aequabili sub fixis, oportet et aequinoctia motu aequabili repedare sub iisdem; motu enim Solis composito seu ab aequinoctio constat calculus harum Tabb: Si aequinoctialia puncta repedant aequaliter; nulla existere potest ejus motus diversitas à Prosthaphaeresj sensibilj. Equidem signatum est aliquod punctum temporis anno 3993 ante Ch: die 24 Julij retrò extensj, signatum inquam est dispositione omnium motuum Planetariorum, imprimis vero lunarium, qui minutias praebent horarum. Si motum Solis aequabilem, illum, qui fundamentum est harum tabularum, eousque extendam; Sol nodum Lunae assequitur motu medio, Luna ipsa Solj jungitur motibus veris utriusque et fit id, quibuscunque Tabulis consultis circa solstitium. Si ergò locum Solis quem is occupat hoc motu medio, statuum

III, 170^v seitlich Mitte:

(1)	62458	62458
	<u>112393</u>	1681
	49935	64139
(2)	1712	
	<u>115540</u>	
	113828	

exactè o ☉ fuisse; accedet quadrans annj Tropici, ante quem ☉ eodem motu medio in o ♀ fuisset, si caelum fuisset. Atqui Apogaeum Solis, motu eodem aequabili ab aequinoctio incedens, si à loco nostri temporis per locum ab Hipparcho deprehensum eousque retroagatur, assequitur etiam o ♀ exactè: Sol igitur motu aequabili Tabularum nostrarum, quo aequinoctia nostra et Hipparchi conficit, aequinoctium etiam illud antiquissimum ab omnibus Planetis singularj circumstantia designationi conficit; quia in Apogaeo, motus, medius et verus, coincidunt. His tam concinnis considerationibus, in quas magno feror affectu, adducor, ut Prosthaphaeresin Aequinoctiorum nullam in Natura credam.

Vide namque quid nunc, ea inducta Prosthaphaeresi, sequatur. Si est aliqua, formae primae, quartae vel quintae; ea Prosthaphaeresin aliam Hipparcho objicit, aliam nobis. Motu ergo Solis illo, quo Apogaeum et aequinoctium Creationis assequimur, aequinoctia utraque et Hipparchi et nostra, non attingimus amplius simul.¹

MERKUR-EPHEMERIDEN

Partes tabularum sunt tres. 1. Epochae. 2. Diurnj et quadrihorarij Eccentricj. 3. Angulj Elongationis.

Primum igitur ad propositum annum in quem est condenda Ephemeris ☿ vide quoties ☿ incidat in Aphelium. Id inter Epochas invenies. Si ergò Horae diebus anni Julianj currentibus adhaerentes in Epochis sunt dividuae per 4. tunc in tota illa Revolutione Mercurij, quae extendit se 44 dies ante diem in Epochis signatam, et totidem post eam, uteris diurnis ab illa hora vel ejus complemento ad 24 incipientibus, sicut vides horas quaternas praescriptas esse diurnis in Margine. Nam si ☿ fuit in Aphelio die 16 Janu: H 18. Tunc sequens 17 Januarij Juliani (. qui est hoc primo saeculo, 27 Januarij Gregorianj.) est dies 0. H 6. Revolutionis, Post Aphelium. Et $\frac{18}{28}$ Januarij est dies 1. H 6. Post. Ita omnibus 43 diebus post $\frac{17}{27}$ Januarij exscribendj sunt diurni etc: ex linea, quae habet in margine praefixam Horam 6. At die $\frac{16}{26}$ Jan: exscribes ex lineâ quae habet in margine diem 0. H. 18. ante Aph: et ex eadem Hora 18 per omnes dies 43 ante $\frac{16}{26}$ Januarij.

Si verò in Epochis inveniuntur Horae adhaerentes diebus in Epochis, non fuerint dividuae per quatuor: tunc est perinde agendum, ac si essent per 4 dividuae, vel abjectis horis superfluis super quaternarios, si minus quàm 2 erit superfluum, vel additis deficientibus ad complendum quaternarium, si minus quam 2 Horae defecerit. Sed tunc cum superfluis XIII, 137 illis vel deficientibus horis, excerpere debet motus ☿ medius Eccentricus ex vestibulo Epocharum isque vel Ablativae est affectionum, si superfluae horae fuerint vel adjectivae si deficientes. Denique annus 1615 ad quam constructae sunt Epochae, auferatur ab Anno proposito in quem scribenda Ephemeris, cum differentia ex Vestibulo Epocharum excerpatur motus Aphelij addendus post annum 1615, auferendus ante.

Comparitis igitur inter se, illo motu medio si quis fuerit et hoc motu Aphelij, et additis si fuerint ejusdem affectionis ablato minorj a majori, si diversae fuerint affectionis, illic summa hic residuum vel etiam solus motus aphelij, si nullus motus medius colligi debuit. Secundum cujusque affectionem vel addenda vel auferenda sunt ab omnibus locis, quae ex Tabula diurnorum exscribuntur: ut exeat locus ☿ Eccentricus limatus, ad meridiem cujusque diej annj vel Julianj vel Gregorianj.

Cum autem exscribuntur loca sub Zodiaco simul etiam exscribi debet Logarithmus Intervallj ☿ in medio, et Mesologarithmus Inclinationis ad Dextram.

Deinde ex Ephemeride Solis ad illum annum exscribe et locis ☿ Eccentricis limatis subscribe, locum Solis ad diem competentem, unâ cum Logarithmo intervallj ☉, cui apponatur signum + vel —: prout fuerit inventum in Tabulis Aeuationum ☉.

Duorum locorum, Eccentricj ☿ limatj, et Solis antecedentem aufer à sequentj, adscito ad eum si opus est, integro circulo sic constituetur angulus Commutationis. Ejus logarithmum ex Canone Quadrantis desumptum subscribe Mesologarithmo Inclinationum, relicto tamen intervallo, ut inseri lineae possit.

Solis intervallj logarithmum cum signo + adde, cum signo — aufer à logarithmo intervallj ☿: ita formabitur proportio intervallorum.

Angulum commutationis quaere in fronte Tabulae angulj, Proportionem in Margine ejus Ambulatorio ut latius explicatum habes folio hujus antecedentj. Sic excerpes Elongationem ☿ a ☉, addendam loco ☉, si hic prius antecedeat, auferendam si sequebatur locum ☿ Eccentricum. Sic prodit locus ☿ visus, in E . . .

Hujus Elongationis logarithmum ex eodem Canone Quadrantis da . . .¹

Refer haec ad ea quae in vestibulo Tabulae Ang: desumptum, supra priorem Com-XIII, 160

mutationis Logarithmum, et sub Mesologarithmo Inclinationis, in spacio supra relicto insere. Sic collocatum mente concipe additum esse ad Mesologarithmum, a summâ mente conceptâ aufer subscriptum commutationis Logarithmum: relinquetur Mesologarithmus latitudinis.¹

XIII, 200

EPHEMERIS MOTUUM ☿ AD ANNUM 1618

Haec ex anno superiorj 1617.	Anno 1604	$\frac{7}{17}$ Janu:	H 1.42	Mercurius motu Eccentrico in Aphelio in		
	1617	$\frac{8}{18}$ Jan:	H 9.49	12.56	↗	
		$\frac{21}{3}$ Feb. Mar.	H 9.27	12.56	↗	
		$\frac{6}{16}$ Apr:	H 9. 5	12.56	↗	Nodus sumptus fuit in 14.30 ☿
		$\frac{20}{30}$ Maj:	H 8.43	12.56	↗	Anno 1617
		$\frac{3}{13}$ Julij	H 8.21	12.56	↗	
		$\frac{16}{26}$ Aug:	H 7.58	12.56	↗	
		$\frac{29}{9}$ Sept. Okt.	H 7.36	12.56	↗	
		$\frac{12}{22}$ Nov:	H[7.14]	12.56	↗	diurnus dist. Apog. 2.44. 0 14 Perig: 6.23.53 29
		$\frac{26}{5}$ Dec. Jan.	H 6.52	12.57	↗	
	Anno 1618	$\frac{8}{18}$ Feb.	H 6.30	12.57	↗	Praestat reducere loca ☉ ad horam Mercurij
		$\frac{24}{3}$ Mar. Apr.	H 6.18	12.57	↗	98 983
	14 Maji ☉	$\frac{7}{17}$ Maj	H 5.56	12.57	↗	100 225
23.26.53 Hora 1 et 14.24 12 minutis 43 ante H 6.18 ☉ 23.42. 0 ☿ H 5 ☿ 23.56.17 ☿ 14						
Ergo et 5 circiter p: m:						
		$\frac{20}{30}$ Jun:	H 5.34	12.57	↗	101 381
		$\frac{3}{13}$ Aug.	H 5.12	12.57	↗	101 799
		$\frac{16}{26}$ Sep:	H 4.50	12.57	↗	101 269
		$\frac{30}{9}$ Oct. Nov:	H 4.27	12.57	↗	100 057
		$\frac{13}{23}$ Dec. Dec.	H 4. 5	12.57	↗	98 798
						98 206

Usurpetur Inclinatio non ut anno superiore 6°58' ex usurpato sinu 12120, quia posterior correctio suasit tantum 6°54'.

Sit ergo maxima Inclinatio 6°54'. Nodus in 14.31 ♄. Anno 1618.

{... ...}

		LOCA ♄				XIII, 204 ^v	
		11.26 ☿					
1 Jan.	2,55076	<u>21.24.30</u>	Mag. 19.47 ♄ 273963			0.14 —	
		20. 1.30 ♄					13.41
11	3,09424	17.54.40	☉ 21.38 ☿ 3.42.20 ☿	M. 3.57 ☿	0.15 +		
21	4,27897	13. 9.24	☉ 1.50 ☿ 18.40.36 ☿	M. 20.35 ☿	1.55 +	14.58	
31	7,88220	7.13.45	☉ 12. 0 ☿ 4.46.15 ☿	M. 8.29 ☿	3.43 +	16. 6	
10 Feb.	499,20167	0. 4.56	☉ 22. 8 ☿ 21. 1. 0 ☿	M. 26.42 ☿	5.41 +	16.15	
20	6,87440	8.16.30	☉ 2.13 ♄ 10.29.30 ♄	M. 14. 8 ♄	3.38 +	19.29	
2 Mar.	3,41920	16.18. 0	☉ 12.14 ♄ 28.32. 0 ♄	M. 29.29 ♄	0.57 +	18. 2	
		1,88470					10.49
12	<u>4,12713</u>	17. 8.0	☉ 22.13 ♄ 9.21 ♄	M. 9.45 ♄	0.24 +		
		2,24243					18 R 1.44 R
22	10,44042	5.29.45	☉ 2. 7 ♄ 7.36.45 ♄	M. 10.10 ♄	2.33 +		
		6,21684					8.18 R
1 Apr.	<u>10,66924</u>	12.39.30	☉ 11.58 ♄ 29.18.30 ♄	M. 0.46 ♄	1.27 +		
		4,45240					1.29 R
11	2,25219	23.56.30	☉ 21.46 ♄ 27.49.30 ♄	M. 26.38 ♄	1.11 —		
21	1,93647	27. 9.	☉ 1.30 ♄ 4.21.20 ♄	M. 4. 1 ♄	0.16 —	6.22	
1 Maji	2,13150	25. 8	☉ 11.10 ♄ 16. 2. 0 ♄	M. 17.54 ♄	1.52 +	11.51	
11	2,83037	19.27.30	☉ 20.48 ♄ 1.20.30 ♄	M. 5. 6 ♄	3.45 +	15.19	
21	6,61915	10.38.	☉ 0.24 ♄ 19.46 ♄	M. 23.38 ♄	3.52 +	18.25	
		Est min:					21.51
31	34.27817	[1.40].20	☉ 9.57 ♄ 11.35. ♄	M. 12.41 ♄	1. 6 +		
		1.38					21. 7
10 Jun.	4,24777	13.15. 0	☉ 19.29 ♄ 2.44. 0 ☿	M. 1.23 ☿	1.21 —		
20	2,29229	21.43.	☉ 29. 0 ♄ 22.34. ☿	M. 18.54 ☿	3.40 —	19.50	
30	2,06030	25.53.	☉ 8.31 ☿ 4.24 ☿	M. 3.25 ☿	0.59 —	11.50	
		2,05186					13 R 9.10
10 Jul.	<u>4,14442</u>	25.32.40	☉ 18. 1 ☿ 13.33.40 ☿	M. 12. 3 ☿	1.31 —		
		2,09256					1.35
20	3,15436	17.35.30	☉ 27.33 ☿ 15. 8.30 ☿	M. 9.36 ☿	5.32 —		
30	13,39613	4.16.12	☉ 7. 6 ☿ 11.22.12 ☿	M. 29.48 ☿	11.34 —	3.46 R	
							5. 6 dir. 6.12 R
9 Aug.	4,91867	11.29.30	☉ 16.40 ☿ 5.10.30 ☿	M. 28.26 ☿	6.44 —		
19	3,17624	18. 0.20	☉ 26.17 ☿ 8.16.40 ☿	M. 7.38 ☿	0.39 —	3. 6	
29	4,02978	13.56.12	☉ 5.57 ♄ 22. 0.48 ☿	M. 22.21 ☿	0.20 +	13.44	
8 Sep.	11,89428	4.48.10	☉ 15.39 ♄ 10.50.50 ♄	M. 9.33 ♄	1.18 —	18.50	
18	14,69119	3.53.40	☉ 25.25 ♄ 29.18.40 ♄	M. 27.32 ♄	1.27 —	18.28	
28	5,15385	10.58.54	☉ 5.15 ♄ 16.13.54 ♄	M. 15.25 ♄	0.49 —	16.55	
							15.43

XIII, 204^v oberer Rand: Versus ♄ inferiorum iterum subtrahe duplum tang.

8 Oct.	3,34552	16.38.30	⊙ 15.18 ☐	1.56.30 ℳ	M. 2.10 ℳ	0.14 +	
18	2,62207	20.52.36	⊙ 25. 5 ☐	15.57.36 ℳ	M. 16.43 ℳ	0.46 +	14. 1
28	2,33755	23. 9.40	⊙ 5. 5 ℳ	28.14.40 ℳ	M. 26.54 ℳ	1.21 —	12.17
							7.54
						6 R	
7 Nov.	2,60662	20.59.24	⊙ 15. 9 ℳ	6. 8.24 ↗	M. 0. 5 ↗	6. 3 —	
17	8,08675	7. 3.	⊙ 25.16 ℳ	2.19 ↗	M. 25.45 ℳ	6.34 —	3.49
27	3,90158	14.22.36	⊙ 5.29 ↗	21. 6.24 ℳ	M. 22. 1 ℳ	1. +	11.13
					Dir.		3.30
7 De.	2,60473	21. 0.	⊙ 15.36 ↗	24.36. ℳ	M. 26. 2 ℳ	1.26 +	
17	2,86880	19.13. 0	⊙ 25.48 ↗	6.35. 0 ↗	M. 6.42 ↗	0. 7 +	11.59
27	3,71848	15. 3.10	⊙ 6. 1 ☐	20.57.50 ↗	M. 21.18 ↗	0.20 +	14.23

XIII, 205

PRO STATIONIBUS ☿

	Mart.	Υ			Feb.	Υ	
1617	15	10.24	13.24	1619	9	6.13	14.51
	16	10.20			10	6.14	
	25	5.15			☿		
		Υ		23	19	29.40	
23	Apr. 6	26.58		Martij	3	21.21	
	7	27. 0			4	21.20	
	Julij	☿			Jun.	☿	
	15	15.43	11.52		11	7.39	9.10
	16	15.43			12	7.39	
29	Aug. 2	9.45		25	24	2.55	
	12	3.50			☿		
	13	3.51		Julij	5	28.30	
					6	28.29	
	Nov:	↗			Oct.	ℳ	
	10	7.13	16.15		7	5. 4	15.50
	11	7.10			8	5. 6	
		ℳ		22	9	5. 0	
19	20	28.15			☐		
	28	20.56			19	26.43	
	29	20.58			28	19.17	
					29	19.14	
	Feb.	Υ			Janu.	☿	
1618	26	22.54	13.45	1620	24	19.59	15.38
	27	22.50			25	19.58	
24	Mar: 8	16.51		22	Feb: 2	13.42	
	21	9. 7			14	4.21	
	22	9. 9			15	4.21	

26	Jun.	☿				Maji	♄		
	30	27.22	} 10.18	25	Jun.	22	17.38	} 8.38	
	Julij 1	27.21				23	17.36		
	14	21.21				3	13.36		
	25	16.56				15	8.58		
26	17. 4	16				9. 0			
21	Oct.	♍				Sept.	♍		
	24	21. 1	} 16. 9.	23	Oct.	19	18.49	} 15.36	
	25	21. 0				20	18.52		
	Nov. 4	12.37				2	10.13		
	13	4.51				11	3.16		
	14	4.52				12	3.13		
				{ ...	{ ... }				

XIII, 178

Anno 1619.

10. Januarij. Revol. 62.				11. Januarij. Revol. 63.			
1°1'15"		20. 4.28 ☿		1°1'15"		21. 5.43 ☿	
		10.25				10.25	
locus ☉	20.14.53 ☿	98248		☉	21.16. 8 ☿	98257	
Subtract. à lo.	☿ 5.31.22 ☿	42210		☿	8.55. 7 ☿	41725	
An. Com.	15.16.29	39093		An. Com.	17.38.59	40086	
Dimid.	7.38.15	21		Dimid.	8.49.30	25	
		695				199	
	13400	89		9125	3	69	
	30898	39898		30320	0	5	
9800	40227			90960	0	40384	
26344	12060	6.48'59"		250	0		
79032	1072					4	
768	120	409				124	6.52'2"
526	10	302				6	412
	53489	1227				62695	300
Lat. 2°3'30"		8					1236
	3. 3.43	1235			3.35.15		
Elong.	4.34.32			Elong	5.14.15		
☿ 24.49.25 ☿				☿ 26.30.23 ☿			
		{... ...}		Lat. ☉ 2° 3'36"			

Ex Tabula Apheliorum recentissima quae respondet anno 1615 completo.

Motus Aphelij pro 3 annis est 4'41". Ergò Aphelium in 13°4'41" ♄. In fine annj in 13°6'15" ♄.
 Medium esto 13.5 ♄ per totum annum.

In nodis adhibeatur eadem additio.

Mercurius est in Aphelio Anno 1618. $\frac{13}{23}$ Dec: H 5°53'.

Ergò in meridie abest ad huc per H 5.53 ab Aphelio. Excerpe igitur ex d. 43. H 20.
 Haec hora diei revolutionis per totum annum respondet meridiej faciendae Ephemeridis.
 {... ...}

17.			Majus	14.	7.25. 6	
18.			1.	15.	7.12. 9	0.13. 57
19.	5.12.[38]		2. 15.43. 22	16.	6.56. 21	0.16. 48
20.			3. 17.53. 27	17.	6.35. 36	0.21. 45
21.	3. 1. 5	⋈	4.	18.	6.10. 47	0.25. 49
22.	4.10. 31	1. 9. 26	5.	19.		
23.			6.	20.		2.39. 48
24.			7.	21.		
25.	6.15. 30		8. 28.27. 12	22.		
26.			9. 0.30.[36]	23.	3.31.[59]	0.36. 42
27.	10.26. 1		10.	24.	2.55. 17	
28.	11.47. 13	1.21. 12	11.	25.		
29.			12.	26.		2.44. [3]
30.			13.	27.		
31.	7.15. 28		14. 10. 4.[17]	28.		
			15. 11.51.[44]	29.	0.11. 14	27.[19]
			16.	30.	29.44.[55]	II
Aprilis			17.			
1.			18.	Julius		
2.	19. 2.[41]	1.32. 12	19.	1.		1.14. 51
3.	20.34.[53]		20.	2.		
4.			21.	3.		
5.			22.	4.		
6.	7.59. 39		23.	5.	28.30. 4	0. 1. 8
7.			24.	6.	28.29.[56]	0. 4. 56
8.	28.33. 32	1.42. 0	25.	7.	28.33.[52]	0. 9. 15
9.	0.14. 32	Υ	26.	8.	28.42. 7	0.15. 33
10.			27.	9.	28.57.[40]	0.20. 1
11.			28.	10.	29.17.[41]	0.25. 23
12.	8.45. 45		29.	11.	29.42. 4	0.30. 13
13.			30.	12.	0.12. 17	
14.	8.59. 17	1.50. 7	31.	13.		
15.	10.49.[24]			14.		3.54. 28
16.				15.		
17.			Junius	16.		
18.	9.35. 54		1.	17.	4. 6.[45]	1. 3.
19.			2. 3.33. 29	18.	5. 9. 22	
20.	20.24.[18]	2. 0. 53	3.	19.		
21.	22.24. 11		4.	20.		6.27. 44
22.			5.	21.		
23.			6.	22.		
24.	10.21. 50		7. 6.53. 15	23.	11.36. 6	1.32. 29
25.			8. 7.12.[55]	24.	13. 8. 35	
26.	2.45.[27]	⋈	9. 7.26. 23	25.		
27.	4.54.[31]	2. 9. 20	10. 7.34. 9	26.		8.36. 53
28.			11. 7.39.[39]	27.		
29.			12. 7.39.[39]	28.		
30.	10.49. 51		13. 7.34.[45]			

6.		19.		Januarius 1620
7.		20.	7.59. 42	1. 21.32. 4
8.	7.50. 34	21.		2. 23.10. 8
9.		22.	5.18. 56 ☿	3.
10. 16.17.[37]		23.	6.54. 27	4.
11. 17.51. 10	1.34. 33	24.		5. {... ...}
12.		25.		6.
13.		26.	8. 6. 49	7.
14.	7.53. 3	27.		8.
15.		28.	15. 0. 16	9.
16. 25.44. 13		29.	16.38. 1	10.
17. 27.19. 14	1.35. 1	30.	18.16. 45	11.
18.		31.	19.54. 11	12.
			1.38. 53	

CONJUNCTIONES ☉ ☿ ANNO 1620
Principio Januarij

XIII, 209

Perihel. $\frac{13}{3}$	Jan: H 2.38	Per Januarium Februarium Martium manebimus in lineâ horae 20. per reliquos menses annj transibimus ad lineam meridiej.
Aph. $\frac{26}{11}$	Feb. H 2.17	Aphelium toto anno constituemus in 13.7 ☿. siquidem nihil aberraremus in horâ.
Perih. $\frac{21}{11}$	Apr: H 1.55	Sed hic puto nos peccasse annis prioribus, praesertim anno 1619, quòd non [apogaeum] Aphelium sed planetam ipsam transposuimus rursum prorsumque per 20'½, coque plus in Perihelio, minus in Aphelio.
Aph. $\frac{3}{24}$	Jun. H 1.34	Huic igitur peccato occurrendum est cum Aphelij motu. Nam si ponitur Mercurius ibi esse in meridie, ubi verè est aliâ horâ, id compensandum est per Aphelium.
Perih. $\frac{17}{7}$	Maj.	Ut in hujus annj principio horis 3 post meridiem est in locis à Perihelio dependentibus. Si excerptamus loca meridiana ex hora 20 lineâ, anticipamus horam, ponentes illum antè, quàm est, quia ex h: 21 excerptum fuisset si illa extaret. Itaque hic aphelio 13.7 ☿ addemus
Aph. $\frac{30}{20}$	Aug. H 0.50	motum medium horae unius, sc: scr: 10'. Ut initio annj sit Aphelium 13.17 ☿, Februarij initio 13.13 ☿, Martij initio 13.10 ☿ fine 13.7 ☿.
Perih. $\frac{13}{3}$	Oct. H 0.28	Jam porrò quia excerptimus ex lineâ meridiej, usque ad finem annj, cùm initio Aprilis ☿ in meridie stet 2 horis ante Aphelium, nimium igitur promovemus ☿ per 20'½ motu medio.
Aph. $\frac{26}{16}$	Nov. H 0. 7	Utemur igitur hic Aphelio 12°.47' ☿, initio Maji 12°50' ☿, Junij 12.53 ☿, Julij 12.56 ☿, Augustj 13.0 ☿, Sept: 13.3 ☿, Oct. 13.6 ☿, Nov: 13.9 ☿, Dec: 13.12 ☿.

Sed computentur ipsae ☿ purius folio sequentj.¹

XIII, 209 *seitlich Mitte*: Imò facile cavetur hic error, si exquiratur in quolibet revolutionis capite locus Aphelij, et cum horis appendicibus ablatis quadrihoris sumatur portio de diurno vel horario Apogaeo, eaque addatur ad [horarium] locum Aphelij, ut constituatur locus Aphelij in meridie vel in unius quadrihorij principio isque comparetur cum Aphelio Tabulae usurpato, et hunc differentia quae fuerit, per totam illam revolutionem addatur vel subtrahatur a locis ex competentis quadrihorij lineâ excerptis. Mutatâ verò revolutione, est etiam iteranda operatio, novumque constituendum Apogaeum. Puto tamen quod hoc coincidat cum ea via quam in hac Ephemeride adhibui quod vide alibj.

XIII, 183

EPHEMERIS ☿ AD ANNUM 1621 GREGOR.

Motus Aphelij initio 7'49". Fine 9'23".

In Aphelio. 1620 26. Nov: H o.7					
2. Jan: 36 post: H.o.	0.49.30	3. Jan: 38 post H o			
24. 4.14 ☿	32579	315900 M.	5.37.54 ☿	31787	396900 M.
7.50			7.50		7785
11.24.21 ☿	98208	2514	13.26.56 ☿	98215	113067
102.47.43	69000	110920	112.19. 8	67100	105282
51.23.52	22526	108406	56. 9.34	39974	502182
32. 8.30	46474	424306	37.19.20	27126	
19.15.22			18.50.14		
			{... ...}		

Ad quos dies computandum?

Jan. 1. 3. 4. 5. 6. 8. 10. 12. 16. 18. 20. 22. 24. 25. 26. 27. 28. 30. Feb. 2. 5. 8. 12. 16. 21. 26. Martij 3. 9. 15. 21. 27. Apr: 2. 8. 13. 18. 22. 25. 28. 30. Maji 1. 2. 3. 4. 5. 7. 9. 11. 14. 17. 19. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 29. 31. Jun. 3. 7. 12. 18. 24. 30. Julij 5. 10. 16. 22. 28. Aug: 3. 9. 15. 21. 26. 30. Sept. 2. 5. 6. 7. 8. 9. 11. 13. 16. 19. 21. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 30. Oct. 3. 8. 14. 20. 26. Nov: 1. 7. 13. 19. 25. 30. Dec: 4. 8. 11. 14. 17. 19. 21. 22. 23. 24. 26. 28. 31.

Ex Mundis Epochis

1600	2. 6.47. 7	12.49.47 ☿
20	14.51.50	34.56
Aufer	2.21.38.57	13.24.4[3] ☿
d: 10	1.10.55.26	o
	1.10.43.31	
	8.13.24.40	
	4.27.18.51	
	6.53.40	130.20.17
	25.11	34.40
86816		24.19.37 ☿
31940 -	Ephemeris	24.12. 2 ☿
54876		

13 Apr. 1629

An compendiosè possit haberj Logus indicis per intervalla. Ut summa ad 100000, ita diff: ad quaesitum, cujus Logus Mesologo dimidia Coaequatae addendus vel subt:

sint dist:	150000	Log. — 44547
	100000	o
summa	250000	— 91629
diff:	50000	+ 69315
Quotiens	20000	+ 160944

XIII, 183 oberer Rand: In his sum usus intervallis ipsis, puto me per ea excerpisse Indicem ipsum, aut ejus logum et ab eo abstulisse Mesologum dimidij Commutationis, et cum mesologo prodeunte excerpisse partem majorem.

Ecce hic Logus quotientis componitur ex privativo summae et positivo differentiae.

Proportio summae ad sinum totum, est quaesita proportio differentiae ad quaesitum. Si ergo exquiratur proportio differentiae ad totum, et addatur ad proportionem summae ad differentiam, confit proportio sinus totius ad quaesitum.¹

EPHEMERIS ☿ AD ANNUM 1622 GREGORIANUM

XIII, 185

Die $\frac{29 \text{ Jan.}}{8 \text{ Feb.}}$ currente H 20.31 in Aphelio. Ergo Die 1 Januarij Gregorianj, sunt dies 39. H: 20.31 usquedum planeta est in Aphelio. Possum uti H 4 ut ex linea horae 4. Exscribatur motus Eccentricus. Verbi causa ad 9 Febr: Greg: in 13.16.46 ♄ quare in antecedentibus ad H 20 exscribendum.

1 Jan: Greg. D 38. H 20 ante		
☿ 15.14.34 ☾	31334	224800 S.
9.24		
☉ 11. 9.29 ☿	98205	
175.45.31	66124	260800
87.52.46	329600	
85.54.12	263476	336900
1.58.34		76100
9.11 ☿	2.49.40	300900

Pridie 10.39 ☿. Diurnus retrogradus 1.28, Solis 1.1. Obviatio 2.29 distabat pridie per 0.23.

Ita H 5 p: m: diej 31 Decembris esset ☿.

Proba

Anno 1622. D 8 Feb. Gr. Hora 20.31. Est in Aphelio, quod cum anno 1615 finiente fuerit in 12°49'32" ♄.

Sol verò sit in 10°21' ☿ Horâ posita 5 p: m: Mercurius diebus 39, Horis 16 ante 8 Feb. H 20.31, et pridie 31 Dec. H 4.31 reperitur

in 10° 7'34" ☾ ut anno 1615,

Ad. $\frac{9.25}{10.17.0 \text{ ☾}}$

Anno 1621 in 10.17. 0 ☾

Post H: dim: $\frac{7.30}{10.24.30}$ per diurnum

Ergo H 5 in 10.24.30

cum ☉ sit in 10.21.

Satis accurate ista consentiunt.

Hinc omnium ☿ momenta quaeram

Post 8 Feb: H 20.31 diebus 31 H 16 id est 12 Martij H 12.31. Invenitur ☿ motu Eccentrico

XIII, 185 *seitlich oben*: Nota praeterquam in primo die, ubique omissa est promotio aphelij 10' et 11' minorum quae in ☿ efficiunt 7', et in ♄ alicubi fere 20'.

$$\begin{array}{rcl}
 & \text{in} & 1. 6.20 \text{ } \text{V} \\
 & & 9.40 \\
 \odot & \text{in} & 21.58 \text{ } \text{X} \\
 \hline
 \text{D } 29 \text{ H } 8 \text{ in} & & 19.56.42 \text{ } \text{X} \\
 & & 9.40 \\
 \text{Id est } 10 \text{ Mar. H } 8\frac{1}{2} & & \\
 \odot & \text{in} & 19.58.34 \text{ } \text{X} \\
 & & 21.15 \\
 \hline
 \end{array}$$

Adhuc abest per 14

Et in quadrihorie ibi ☿ superat per 36. Ergo post H 1.32. Sc: Die 10. Martij H 11.

Die 24 Apr: $\odot$ 4.11 ☿. At d: 13 H 20 ante 7 Maij H 19.48 id est 24 Apr: Minutis 12 ante Meridiem, ☿ in 3.45.13 ♄. [Superatio] quadrihorij est 20.

Ergo 24 Apr. H 4 $\odot$ 4.26 ☿ ☿ 4.26 ♄.

Die 25 Junij Gr. $\odot$ 3.33 $\frac{1}{2}$ ☾. At Diebus 39 H 19 ante 24 Julij Julianj id est 25 Junij Gr. ☿ in 9.20 ☾

10

3.33

Die 24 Junij Greg. $\odot$ in 2.36 $\frac{1}{2}$ ☾
☿ in 3. 6 ☾

30

Superatio quadrihorij 54. Ergo ante H 2.14

19. 5

Proba 21.19

23 Junij H 21.46 $\odot$ in 2.31 ☾

2.23

9 Sat bene.

Die 1 Sept. $\odot$ 8.39 ♍. At diebus 27 H 4.55 post 4 Augusti H 19.5 Gregorianj est ☿ in 10.34 ☿. Superatio 33.

4.19. 5

32

27. 4.55

Die 31 Aug. $\odot$ 7.41 ♍
d 26 H 4.55 ☿ 6.13

10

1.18

H 12 post $\odot$ 8.10 ♍

☿ 8.19

10

H 8 post $\odot$ 8. 0 ♍

☿ 7.37

10

Ergo 31 Aug: H 9 $\frac{1}{2}$

Die 11 Oct: H 18.22 ☿ 17.20 ♄
 ☾ 18.40

Die 12 Oct: H 18.22 ☿ 20.40 ♄
 ☾ 19.40 ♄

Ergo 12 Oct. H 8.

57.17.38

42 ☿ 25.40 ♀
 15 ☾ 24.19 ♂

Ab H 18 aufer H 8. ☾ 24. 0
 ☿ 23.33

Ergo 15 Dec: H 9½

3 Jan. D 36. H 20 ant.

27.10 ☾	32032	215800 S.
13.12 ☿	98212	
166. 2	67700	142148
83. 1	210000	210955
76. 3½	142300	— 68807
6.58		284607
{... ...}		

5 Feb. D 3. H 20 ant.

2.22.15 ♂	46715	32940 S.
16.49.29 ☿	98621	
74.27.14	103000	3729
37.13.37	27540	97900
15.10	130540	94171
22. 4		423571

EPHEMERIS ☿ IN ANNUM 1623

XIII, 186°

Anno 1623. 16 Jan. H 17.38 ☿ est in Aphelio. Ponitur Aphelium reductum, anno 1615 completo in 12°49'32" ♂. Motus Aphelij ad annos 7 est 10'57".

Quia Aphelius fit in Horâ 17°38'. Diurni igitur in meridie 17 Januarij incipiunt ab Horâ 6°22' post Aphelium.

At nos causâ compendiosae excerptionis, ponemus Diurnos incipere horâ 8 post Aphelium, prius igitur ☿ incidere in Aphelium horis 1°38'. quando ☿ motu medio est per 16'43" loco anteriorj. Hic motus superat motum Aphelij prorsum in annis 7 quare per hanc revolutionem ab excerptis locis 6 auferenda erunt.

Eodem 1623. 14 Ap: H 16.55 redit ☿ in Aphelium. Diurni incipiunt H 7.5 post ἀφελιώτ-ητα. Si ponamus diurnos incipere H 8 post Aph. 15 Apr: ponimus ☿ incidere prius in Aph. per H 0.55 quando ☿ est per 9.23. Hic 2, addenda essent ad excerpta Tabulae.

Eodem 1623. 11 Julij H 16.12 redit ☿ in Aphelium. Diurni incipiunt in meridie 12 Julij H 7.48 post ἀφελιώτ-ητα. Sic ponamus eos incipere H 8 post, ponimus ☿ in Aph: venire prius per horas 0.12 quando ☿ est per 2'3" ante, igitur hoc loco 19 addenda ad excerpta.

XIII, 186° oberer Rand: Januarius vitiosus est usque in 27 correctum in lituris.

Eodem 1623. 7 Oct. H 15.29 redit ☿ in Aph: Diurni incipiunt 8 Oct: H 8.31 post Aphelioteta. Si ponamus, eos incipere H 8 post, ponimus ☿ posterius in Aph: venire per H 0.31 quando ☿ est per 5.17 posterius, igitur 16 hic addenda ad excerpta Tabulae.

Anno 1624. 3 Jan: H 14.46 ☿ redit in Aphelium. Diurni incipiunt H 9.14 posterius in 14 Januarij. Si ponamus eos incipere H 8 posterius, ponimus ☿ posterius in Aph: venire per H 1.14, quando ☿ est per 12.37 posterius. Hic igitur 23 addenda ad excerptos.

In 13.16.46 ♄ reductè anno 1615
10.57 pro annis 7
13.27.43 ♄ reductè anno 1623 16 Jan. H 17.38
16.43 1.38
In 13.11. o ♄ motu medio 16 Jan. H 16. o
5.46 Sub. Hora o Tabulae
13.44. o ♄ Horâ 8 Tabulae 17 Jan. H o
13.38.14 ♄
Ergo 25 ante H 16 cadit in 21 Janua.

27 Dec: 1622 D. 30 ante H 16
6 Su.
☿ 0.5.29 ♀ 104472 214800 S.

Et est novus modus computandj. 94418 est proportio ipsarum distantiarum. 94731 est anguli Elong: 5394. Angulj Çommut. 94418. Et Tabula sit computanđa.

{... ...}

17 Ap: d 7 H 16 ante

2 A.		
☿ 21.44.42 ♀	77394	419800 S.
☉ 27. 9. 8 ☾	618	87512
155.22.26	2	116750
18. 7.40	78010	44900
9. 1.28 ☾		

18 Ap: d 6 H 16 ante

2 A.		
☿ 24.32.42 ♀	76964	386300 S.
☉ 28. 7.31 ☾	647	80810
153.32.49	2	111100
19.13.14	77609	41660
8.54.17 ☾		

VENUS-EPHEMERIDEN

Initium jam est factum in Eph: annj 1618. Manet igitur Aphelium fictum eştque in 112 ab Aphelio in 0.50'.38" $\approx$ et 2 Feb. Gregor. est 112 post Aph.

Pro secundo appulsu ad verum Aphelium et pro tertio

Completo 1618 Juliano in Media nocte est ♀ in	24.14.15 II	
Adde H. 12	0.48. 4	
Et completo 1619 Julia. in M. N.	25. 2.19 II	$\frac{1}{11}$ Jan: in merid.
♀ 10. 1.41 $\approx$ $\frac{1}{11}$ Jan. Sit Aphelium	1.27.21 $\approx$	sc: mobile cum fixis
tunc Aph. 1.28.12 $\approx$	216.25. 2	
8.33.29 Ponatur	Vel 3.36.25. 2	Dies 135 additi ad $\frac{1}{11}$ Jan.
Dies 5. 8. 0.39 igitur 6	Sex 2 dant 3.12.15.35	porriguntur in $\frac{16}{26}$ Maji
32.50 Jan:Greg:	0.24. 9.27	
♀ in Aphe-	Dies 15 24. 1.57	
lio in me-	0. 7.30	
ridie		

A 16 Sept: ad finem annj usurpetur
fictum Aphelium 2.1.2. $\approx$
6 Jan. 1620 est Revolutionis o.
5 est Revolutionis 1. ante
7 est 1. post

Quaeritur nodus ☿ 14°.53'.0" II.

Ponatur igitur ♀ in meridie 26 Maji
Gregorianj in Aphelio, et usurpetur fictum
Aphelium a 3 Feb: inclusive usque in
15 Sept. 1.19.51 $\approx$.
26 Maji est o Revolutionis
25 Maj. est 1 ante
27 Maj. est 1. post

Repetatur initium.

1. Januar. 1619. 80. post.

	0.50.38 $\approx$	
	127.33.13	
♀ 8.23.51 II	72104	
☉ 10.52.53 ☿	98206	
147.30.58	15321	
15.26 S.	5	
46.38.32	15326	
7.43	150	
14	32.36	
29.50	54.57	
37.47 —	27.28	
46. 0.45	1.50	
♀ 26.53.38 $\approx$	32	
a nodo 6.29'.9"	29.50	
Inclinatio 22.31		

2. Januar. 81. post.

	0.50.38 $\approx$	
	129.10. 0	
♀ 10. 0.38 II	72094	
☉ 11.54.11 ☿	98209	
148. 6.27	15394	
17.31 S.	66 —	
46.23. 6	5	
1.45	15333	
8	150	
31. 2	33.18	
32.55 —	55.59	
45.50.11	27.59	
27.44.22 $\approx$	2.48	
4.52.22	15	
0.17.17	31. 2	

23000

746

2238

620

3'

0

17000

736

1472

2280

2'

3

{ ... }

XIII,308

EPHEMERIS MOTUUM ♀ AD ANNUM 1620

Completo Juliano 1619. ♀ 9.48.45 ≈ Aph. 1.38.28 ≈, ♂ 13.10.32 II

Revolutionis die 5 ♀ est in 9°24'42" ≈ motu reducto.

Dierum 5 motus med: 8. 0.39

1.48. 6 ≈ motu medio

Die 27 Dec. Juliano antecedentj in Meridie. 1.33.24 ≈ Aphelium Tabulae

Ergo si utar excerptis ex tabulâ, relinquor per 9.38,

igitur adde ubique promotione. 14'42"

1 Jan. Greg: Revolutionis 5 ante		11 Jan: Revolutionis 5 post	
Aph: 14.42		Aph: 14.42	
♀ 23.36.21 ♂	72857	♀ 9.24.42 ≈	72823
51. 3	98206	39.24	98258
☉ 10.37.58 ♂	191165	☉ 20.50.40 ♂	190713
13.13. 5	226 +	18.48.44	104 +
6.36.33	32 +	9.24.22	197 —
0.58.48	19 —	1.24.30	190620
5.37.45	191404	7.59.52	179700
232286	215554	197200	370320
147560	406958	113160	
		28.51	
	326560		301780
	84726		84040
0.56.16	411286	1.12.30	385820
	{ ... }		

XIII, 308 oberer Rand: Sic ad 27 Dec: Jul. dies 225, ij desinent in meridie diej 8 Augustj. Adde et motus

27 Dec. Juliano 1.48. 6 ≈ Aph: 1.38.2.

dies 212 11. 9.39.33 .4.

dies 13 20.49.41 1.39.13

Aph. in 2.17.20 ≈

1.33.24

43.56 Differentia addenda ubique in hac Revolutione.

20 Maj. Revolut. 90 ante

43.56	
♀ 7.49. 4 ♀	71885
8.33. 0	101436
☉ 29.41.45 ♂	177075
98.51.15	60 —
49.26.38	84 —
11.16. 0	16 —
38.10.38	176915
48110	15580 —
1199	161335
	283747
	46911
2. 6. 0	330658

30 Maj. Revolut. 80 ante

43.56	
♀ 24. 1.41 ♀	71985
24.45.37	101599
☉ 9.15.27 ♀	176514
105.30.10	57 —
52.45. 5	3 —
12.41.34	176454
40. 3.31	27390 —
44070	149064
3711	
	285102
	40356
2.12.44	325458

Ephemeris hujus annj tota reliqua est in alia charta, *XIII*, 307
 quae ante haec debet inserj cum Eph. annj 1621 et
 annj 1622.

1620
 2 Januarij 4. ante

2. 1. 2 ☿	
6.22.14	
♀ 25.38.48 ♂	72855
☉ 11.38.13 ♂	98209
14. 0.35	14855
25.37 A.	37
5.58.13	4
15	14822
1.47 —	144
5.56.41	42.12
♀ 17.34.54 ♂	2.33
40.45.48	1.24
2.11.52	23
	1.47

132000	5
2337	
11685	
15150	
14022	6

3 Januarij 3. ante

2. 1. 2 ☿	
4.47.25	
♀ 27.13.37 ♂	72853
☉ 12.39.30 ♂	98212
14.34. 7	14855
25.37 A.	36 —
5.58.13	6
14.13	14825
21	144
1.48 —	42.30
6.10.59	2.33
♀ 18.50.29 ♂	1.25
42.20.37	23
2.10. 4	1.48

136000	5
2335	
11675	
19250	
18680	8

{... ...}

[... ...]

Hic jam sequuntur residua de Eph: annj 1622

3 Junij 20 ante

35.30 Ad.

29.54. 8 ♂	72828	407742 M.
<u>12.36.48 II</u>	<u>101646</u>	
162. 7.10	180098	118070
81. 3.35	113 +	<u>56390</u>
<u>46.22.50</u>	<u>133 —</u>	<u>61680</u>
34.40.45	180078	346062
	<u>184900</u>	1.18
	4822 —	

35.21 40
36. 0 38
36.37 36
37.11 34
31

{... ...}

28 Julij 35 post

35.30 Ad.

27. 0. 4 X	72576	286287 M.
<u>4.59. 7 Q</u>	<u>101570</u>	
127.23.33	179291	23026
63.41.47	86 —	<u>34520</u>
<u>18.36.42</u>	<u>88 +</u>	<u>11494</u>
45. 5. 5	179293	297781
	<u>70450</u>	2.55
	108843	

1
56
51
45
36

26

XIII, 313

EPHEMERIS ♀ AD ANNUM 1623

1622 — 25.47. 8 ♂
1.42.16 ∞

35.55. 8

d. 22 35.14.51

40.17

H. 10 40. 4

13

M. 3 12

Anno 1623. 23. Janu: H. 10.3.
2. Febr.:

♀ in Aphelio Sc: in 1.42.16 ∞
40. 7

Sit autem in meridie in Aphelio,
et hoc in 1. 2. 9 ∞

Tab. 1.33.24 ∞ non red.

31.15 Diff: subt.

XIII, 313 oberer Rand:

(1) Operare per Logg: intervallorum ipsorum

(2) Adhuc latitudo per differentiam Logg:

Ergo 3 Jan: 30 Ante

♀ 14. 4.31 ♂	72750	693330 M.
31.15 S.		
⊙ 12.57.11 ☿	98212	
29.23.55	31814	71151
12.27.53	1804	153307
0.29.18 ☿	30010	82156
		775486

8 Jan: 25 Ante

♀ 21.59.34 ♂	72795	473807 M.
31.15 S.		
⊙ 18. 3.35 ☿	98237	
26.34.16	31752	80466
11.16. 9	1779	163283
6.47.26 ☿	29973	82817
		556624
	{ }	

{ }
[... ...]

XIII, 312^v

EPHEMERIS ♀ AD ANNUM 1624

Completo Jul: 1623 1.43.32 ≈
10.34.34 ☿
Martius biss: 4.25.47.50
6.22.24 ☿
16 | 25.38. 4 D. 15 24. 1.57
2. 0.28 ≈ 0.24.21
H. 19 1.16. 7
46 3. 4
1.43.32 ≈
Ergo currente die $\frac{16}{26}$ Aprilis, H. 19.46 ♀ in Aphelio in 1°.43'.32" ≈
In meridie sequentj, diej scilicet $\frac{17}{27}$ Apr: esset in 2. 0.28 ≈
Si ergo tunc ponitur in 1.33.24 ≈
Secundum tabulam diurnorum tunc addendum est 27

Sic

1.44.48 ≈
Compl. 1624 26.58. 7)(
Aufer d: 34 1.24.28.24
2.29.43
Et d: 1 1.36. 8
Completo 26 Nov: 0.53.35 ≈

Si ergo currente $\frac{27 \text{ Nov.}}{7 \text{ Dez.}}$ in meridie collocavero in 1.33.24 $\approx$ secundum Tabulam diurnorum tunc auferenda sunt 40.

1 Jan: 108 post
24.26.34 $\ominus$ 33033
2 Sub. 1810
10.39.44 $\oslash$ 31223
166.15.10
31. 1.24
9.38.20 $\nearrow$

2 Jan: 109 post
26. 4. 2 $\ominus$ 33038
2 Sub: 1808 +
11.41. 2 $\oslash$ 31230
165.39. 0
31.57
9.44 $\nearrow$

{ }

MARS-EPHEMERIDEN

Epochae mediorum motuum ad annum 1603 completum qui quidem completur in meri-
 die 1 Januarij annj 1604 St: Veterj.

Ergo in meridie 1 Januarij Stylo veterj long: simplex ♂ ab aequinoctio est 5 signa.
 11° gr. 6 prima 42 secunda: Jam hic additis 3'39", ut fert mea correctio

	Sign:	5.11.6.42
	Sign:	4.29.4.58
Aphelium in 29°4'58" Q:		
Ergo Anomalia		0.12.1.44

Pro diurno. Anno 1604 Completo long: med.	Sign.	11.22.55.18
	Sign.	4.29. 6. 5
Aphelium		
Anomalia	Sign.	6.23.49.13

Anomalia prior	Sign.	0.12. 1.44		
posterior	Sign.	6.23.49.13		
Motus dierum 366	Sign.	6.11.47.29	Sex. Gr.	
Sexag:			3.11.47'29"	
vel 6.6°			6. 6	
			3. 9. 6	31'
			2.41.29	
			2. 2	26"
Aphelium	4.29. 5		36.36	
Nodus	1.16.22		2.53	28'''
	3.12.43		2.51	

	Diurnus ergo 31'26"28'''	
Si sumatur	31'26"30'''	quid peccatur?
	6. 6	
	3. 8.39 0	
Sex.	3. 8.39. 0	
	3.11.47.39	Hoc prodit
Sexa:	3.11.47.29	debuit verò
	10'''	differentia

Post sex dies apogaej locus uno secundo est auctior.

Sig: Gr:

Processus. Primo. Ad hanc anomaliam 1 Jan: 0. 12. 1' 44" adde alternis 31'26" et
 31'27" et constituentur anomaliae simplices ad omnes dies annj (.quorum Februarius jam
 habet 29.) et quando 366ies est factum tunc prodire debet.

207		Signa Gr.
18		6 23.49' 13"
1656		Vel 6 23.49. 23 Tunc benè habet additio.
207		Porro ut ad novam Gregorianam correctionem etiam quadret haec
3726	70	Sig.
54		Ephemeris: Ab hac Epocha 0.12°1'44" subtrahe decies, alternis quidem
78		31' 27" et 31'26". Ita habebitur etiam Anomalia media ad dies 10 primos
		Mensis Januarij Stylo novo. Secundo. Cum his excerpo anomalias coae-
		quatas.

Seu distantias ab apogaeo veras distantias ♂ a centro Solis excerpe.

Tertio.	Subt.	9 Jan: 30 Dec:	0.10.58.51	0. 9. 9.47	166280
			31.26		
		10 Jan: 31 Decemb.	0.11.30.17	0. 9.36. 3	166240
			31.27		
		11.1 Jan:	0.12. 1.44	0.10. 2.24	166216
			31.26		
		12.2 Jan:	0.12.33.10	0.10.28.32	166193
			31.27		
	Add.	13.3 Jan:	0.13. 4.37	0.10.51.50	166166

Nota, si hac viâ, ad decimum quemque diem per anomaliam simplicem excerpseris cohaerentem anomaliam coaequatam: pro intermedijs ducere potes. 60 anomaliae simplicis dat 50'13": vel 50'15" etc. anomaliae coaequatae, quid 31'26" diurni anomaliae simplicis. Productum adde coaequatae . . . idem venerit, bene est.¹

XIV, 375^v [Jam has distantias omnes in 152518 multiplica. Quia verò idem est labor, prius multiplica omnes distantias respondentes gradibus integris anomaliae simplicis in 152518: postea ex his novis excerpe. Conduerit autem ex duabus antiquis scribere novam unam tabulam, in hunc modum. In margine sumpsit 180 grad. anomaliae simplicis: ut in medio primae tabulae. In margine sequuntur distantiae respondentes multiplicatae tamen in 152518 objectis 5 ultimis cum columella differentiarum.]

Denique anomaliae coaequatae cohaerentes, cum columella differentiarum.

		Exemplum
		Distantiae Coaequat.
[0	166496	0. 0. 0
1	166493	3 0.50. 2 50.2
2	166488	5 1.40. 4 50.2
3	166479	9 2.30. 6 50.2
4	166465	14 3.20. 9 50.3]

Quarto adde locum Aphelij ad coaequatam anomaliam prodit Martis locus Eccentricus a prima stella Arietis.

Sig.

Quinto aufer locum nodj ascendentis, (.qui est per hunc totum annum 1. 16° 22'o".) a loco Martis Eccentrico, assumpto, si opus, circulo integro: restat argumentum Inclinationis.

XIV, 375^v seitlich zu „Multiplica scrupula 110 $\frac{3}{4}$ ": Multiplicandus 11075.

Jam ad parallaxes orbis annuj.¹

XIV, 376

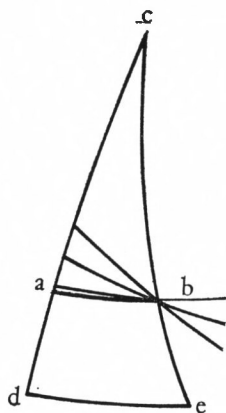
XIV, 376 seitlich zu „Nono“: Si TS vergit in 20 7, ST vergit in 20 9.

Martis est inter $16^{\circ}22'\text{ꝰ}$ et $16^{\circ}22'\text{ꝓ}$, semper et Inclination et inde prodiens latitudo est septentrionalis. Ante 16.22ꝰ , et post 16.22ꝓ est meridiana.

Latitudo ut plurimum hoc anno erit major inclinatione. Puto tamen, versus annj finem futuram minorem.

Quia verò mense Aprilj futura est oppositio Martis et Solis, ideo regula nostra, quae nititur deficientiâ visus, accipiet correctionem. Posset enim notabile quid peccarj.

Angulus igitur ad Terram et Solem constituendus est aliter, illo quidem mense.



Secantem AB inclinationis multiplica in secantem AC angulj ad Solem, prodit secans correctioris angulj CB ad Solem, adeo, ut si planè in nihilum abeat prior ille angulus ad AC Solem, jam in ejus locum succedat ipsa inclinatio AB.

Correcto triangulj angulo inter crura, repetetur operatio, prodibitque et angulus ad Terram correctior CE. At non potest ita simpliciter addi et minuj, sed diducendus est in CD longum et DE latum.

Divide inclinationis sinum per sinum CB.

In ACB igitur quaeratur etiam C angulus. Tunc in DCE, ut D ad CE, sic C ad DE latitudinem visam. Indidem et CD habetur, addenda et subtrahenda loco angulj ad Terram, ut prius.

{... ...}

XIV, 376^o *seitlich Mitte*: Notandum de latitudine

seitlich unten: Sinum inclinationis auctum cyphris divide per sinum angulj ad ☉ correctj quotientem multiplica in sinum angulj ad Terram correctj prodit sinus latitudinis.

Secantem angulj Terrae divide per secantem latitudinis prodit secans angulj longitudinis.

Vel ut prius sinum ang. ad ☉ correctj divide per sinum a: ad ☉ correctum quotiente divide inclinationem, prodit latitudo.

EPHEMERIS
MOTUUM STELLAE MARTIS
ad Annum 1605

Viginti horarum spacio et computata ad decimum
quemque diem, et ad reliquos omnes accommodata.

Ex Tabulis hoc anno jam finito
constructis

Secundum doctrinam Commentariorum
de motibus Martis per Observationes
Tychonicas restitutis

à

Johanne Kepplero, S^{ae} C^{ae} M^{is} vestrae humilimo
Mathematico.

A 29

Ianuarius							Februarius						
	☉			♂	♂			☉			♂	♂	
	♊			♊	♊			♊			♊	♊	
					Magi-						Magi-		
D.	P.	'	"	Tycho	nus	Differentia	D.	P.	'	"	Tycho	nus	Differentia
1	11.17.40			23	18	22 36 42	1	12.53.26			17 20 16 32 48		
2	12.18.59			24	4	23 22 42	2	13.54.19			18 6 17 18 48		
3	13.20.19			24	51	24 9 42	3	14.55.10			18 52 18 4 48		
4	14.21.38			25	38	24 55 43	4	15.55.59			19 38 18 50 48		
5	15.22.57			26	24	25 41 43	5	16.56.47			20 25 19 36 49		
6	16.24.15			27	11	26 28 43	6	17.57.34			21 11 20 22 49		
7	17.25.32			27	58	27 14 44	7	18.58.18			21 57 21 8 49		
8	18.26.49			28	44	28 1 43	8	19.59. 0			22 43 21 54 49		
9	19.28. 6			29	31	28 47 44	9	20.59.40			23 29 22 40 49		
10	20.29.22		♊	0	18	29 33 45	10	22. 0.18			24 15 23 25 50		
11	21.30.32			1	5	0 20 45	11	23. 0.55			25 1 24 11 50		
12	22.31.48			1	51	1 6 45	12	24. 1.30			25 47 24 57 50		
13	23.33. 3			2	38	1 52 46	13	25. 2. 5			26 32 25 42 50		
14	24.34.18			3	24	2 39 45	14	26. 2.37			27 18 26 28 50		
15	25.35.30			4	11	3 25 46	15	27. 3. 8			28 4 27 14 50		
16	26.36.42			4	57	4 11 46	16	28. 3.36			28 49 27 59 50		
17	27.37.53			5	44	4 58 46	17	29. 4. 3			29 35 28 45 50		
18	28.39. 2			6	30	5 44 46		♊		♊			
19	29.40.10			7	17	6 30 47	18	0. 4.28			0 21 29 30 51		
	♊											♊	
20	0.41.17			8	3	7 16 47	19	1. 4.50			1 6 0 16 50		
21	1.42.23			8	51	8 3 48	20	2. 5.11			1 52 1 1 51		
22	2.43.29			9	38	8 49 49	21	3. 5.30			2 37 1 47 50		
23	3.44.34			10	24	9 35 49	22	4. 5.47			3 23 2 32 51		
24	4.45.37			11	10	10 22 48	23	5. 6. 2			4 8 3 17 51		
25	5.46.39			11	57	11 8 49	24	6. 6.15			4 53 4 3 50		
26	6.47.40			12	43	11 54 49	25	7. 6.24			5 38 4 48 50		
27	7.48.40			13	29	12 41 48	26	8. 6.33			6 24 5 33 51		
28	8.49.39			14	16	13 27 49	27	9. 6.40			7 9 6 19 50		
29	9.50.37			15	2	14 13 49	28	10. 6.45			7 54 7 4 50		
30	10.51.34			15	48	15 0 48							
31	11.52.30			16	34	15 46 48							
Latitudo	1			1	4	0 29 35	Latitudo	1			0 43	0 17 26	
Planetæ	11			0	58	0 25 33	Planetæ	11			0 36	0 14 22	
ad diem	21			0	51	0 21 30	ad diem	21			0 29	0 11 18	
				Austr.		Austr.					Austr.	Aust.	

A 29°

Martius								Aprilis							
		☉			♂					☉			♂		
		χ			Υ					Υ			♂		
D.	P.	'	"	Tycho		Magi-	Differentia	Dies	P.	'	"	Tycho		Magi-	Differentia
						nus								nus	
1	11.	6.48		8 39		7 50	49	1	11.50.40			1 38		0 54	44
2	12.	6.49		9 24		8 35	49	2	12.49.35			2 22		1 38	44
3	13.	6.50		10 9		9 20	49	3	13.48.27			3 5		2 22	43
4	14.	6.48		10 54		10 6	48	4	14.47.17			3 48		3 6	42
5	15.	6.45		11 39		10 51	48	5	15.46. 4			4 32		3 50	42
6	16.	6.38		12 24		11 36	48	6	16.44.49			5 15		4 33	42
7	17.	6.27		13 9		12 21	48	7	17.43.32			5 58		5 17	41
8	18.	6.17		13 54		13 6	48	8	18.42.12			6 42		6 1	41
9	19.	6. 2		14 39		13 51	48	9	19.40.50			7 25		6 44	41
10	20.	5.45		15 24		14 36	48	10	20.39.28			8 8		7 28	40
11	21.	5.27		16 9		15 21	48	11	21.38. 2			8 51		8 12	39
12	22.	5. 7		16 53		16 6	47	12	22.36.37			9 35		8 55	40
13	23.	4.44		17 38		16 51	47	13	23.35. 8			10 18		9 39	39
14	24.	4.20		18 22		17 35	47	14	24.33.37			11 1		10 22	39
15	25.	3.53		19 7		18 20	47	15	25.32. 4			11 44		11 6	38
16	26.	3.23		19 51		19 5	46	16	26.30.29			12 28		11 49	39
17	27.	2.51		20 36		19 49	47	17	27.28.51			13 11		12 33	38
18	28.	2.18		21 20		20 34	46	18	28.27.11			13 54		13 16	38
19	29.	1.42		22 5		21 18	47	19	29.25.29			14 37		13 59	38
		Υ							♂						
20	0.	0. 3		22 49		22 3	46	20	0.23.45			15 20		14 43	37
21	1.	0.23		23 34		22 47	47	21	1.22. 0			16 3		15 26	37
22	1.59.42			24 18		23 32	46	22	2.20.14			16 46		16 9	37
23	2.58.58			25 2		24 16	46	23	3.18.26			17 28		16 52	36
24	3.58.13			25 46		25 1	45	24	4.16.35			18 11		17 35	36
25	4.57.24			26 30		25 45	45	25	5.14.43			18 53		18 18	35
26	5.56.32			27 14		26 29	45	26	6.12.49			19 36		19 1	35
27	6.55.39			27 58		27 14	44	27	7.10.51			20 18		19 44	34
28	7.54.48			28 42		27 58	44	28	8. 8.53			21 1		20 27	34
29	8.53.45			29 26		28 42	44	29	9. 6.53			21 43		21 9	34
				♂				30	10. 4.52			22 25		21 52	33
30	9.52.45			0 10		29 26	44								
						♂									
31	10.51.43			0 54		0 10	44								
Latitudo	1			0 24		0 8	16	Latitudo	1			0 2		0 3	5
Planetae	11			0 16		0 6	10	Planetae	11			0 5		0 2	7
ad diem	21			0 8		0 4	4	ad diem	21			0 11		0 1	12
				Aust.		Aust.						Bor.		Austr.	

A 31

September							October						
		☉ ♍			♂ ♍	♂ ♍			☉ ♍	♂ ♍	♂ ♍ Magi-		
D.	P. ' "		Tycho		Magin.	Differentia	D.	P. ' "	Tycho		nus		Differentia
1	8.46.32		14 51		15 18	27	1	8. 7.27	3 40		4 12		32
2	9.44.44		15 29		15 56	27	2	9. 6.42	4 17		4 50		33
3	10.42.57		16 7		16 35	28	3	10. 5.59	4 55		5 27		32
4	11.41.13		16 45		17 13	28	4	11. 5.18	5 32		6 4		32
5	12.39.31		17 23		17 51	28	5	12. 4.39	6 9		6 41		32
6	13.37.51		18 1		18 29	28	6	13. 4. 2	6 46		7 18		32
7	14.36.13		18 39		19 7	28	7	14. 3.28	7 24		7 55		31
8	15.34.37		19 17		19 45	28	8	15. 2.56	8 1		8 32		31
9	16.33. 4		19 55		20 23	28	9	16. 2.25	8 38		9 9		31
10	17.31.33		20 33		21 1	28	10	17. 1.57	9 15		9 46		31
11	18.30. 3		21 10		21 39	29	11	18. 1.32	9 52		10 23		31
12	19.28.35		21 48		22 17	29	12	19. 1. 8	10 30		11 0		30
13	20.27. 9		22 26		22 55	29	13	20. 0.46	11 7		11 37		30
14	21.25.45		23 4		23 33	29	14	21. 0.26	11 44		12 14		30
15	22.24.23		23 41		24 11	30	15	22. 0. 9	12 21		12 51		30
16	23.23. 3		24 19		24 49	30	16	22.59.54	12 58		13 28		30
17	24.21.45		24 57		25 27	30	17	23.59.42	13 35		14 5		30
18	25.20.30		25 34		26 4	30	18	24.59.32	14 12		14 41		29
19	26.19.17		26 12		26 42	30	19	25.59.24	14 49		15 18		29
20	27.18. 6		26 49		27 20	31	20	26.59.18	15 25		15 55		30
21	28.16.57		27 27		27 57	30	21	27.59.15	16 2		16 31		29
22	29.15.51		28 4		28 35	31	22	28.59.15	16 39		17 8		29
	☾						23	29.59.14	17 16		17 45		29
23	0.14.47		28 41		29 13	32		♌					
24	1.13.45		29 19		29 50	31	24	0.59.16	17 52		18 21		29
					♍		25	1.59.20	18 29		18 58		29
25	2.12.45		29 56		0 28	32	26	2.59.26	19 6		19 34		28
			♍				27	3.59.35	19 43		20 10		27
26	3.11.47		0 33		1 5	32	28	4.59.46	20 19		27 47		28
27	4.10.51		1 11		1 43	32	29	5.59.59	20 56		21 23		27
28	5. 9.57		1 48		2 20	32	30	7. 0.14	21 32		21 59		27
29	6. 9. 5		2 25		2 58	33	31	8. 0.32	22 9		22 36		27
30	7. 8.15		3 3		3 35	32							
Latitudo	1		1 9		0 15	54	Latitudo	1	1 16		0 23		53
Planetæ	11		1 12		0 17	55	Planetæ	11	1 18		0 27		51
ad diem	21		1 15		0 20	55	ad diem	21	1 20		0 31		49
			Bor.		Bor.				Bor.		Bor.		

A 31^v

November								December								
☉ ♍		♂ ♊		♂ ♊		Differentialia		☉ ♏		♂ ♏		♂ ♏		Differentialia		
D.	P.	'	"	Tycho		Magi- nus		D.	P.	'	"	Tycho		Magi- nus		
1	9.	0.50		22	46	23	12	26	1	9.23.19		10	48	10	59	11
2	10.	1.10		23	23	23	48	25	2	10.24.25		11	23	11	34	11
3	11.	1.31		23	59	24	24	25	3	11.25.32		11	59	12	9	10
4	12.	1.55		24	36	25	0	24	4	12.26.40		12	34	12	44	10 * ♂ ☉
5	13.	2.21		25	12	25	36	24	5	13.27.49		13	10	13	18	8 H 8
6	14.	2.49		25	49	26	12	23	6	14.28.59		13	45	13	53	8
7	15.	3.19		26	25	26	48	23	7	15.30.10		14	21	14	28	7
8	16.	3.51		27	1	27	24	23	8	16.31.23		14	56	15	2	6
9	17.	4.25		27	38	28	0	22	9	17.32.37		15	31	15	37	6
10	18.	5. 0		28	14	28	36	22	10	18.33.52		16	6	16	12	6
11	19.	5.38		28	50	29	12	22	11	19.35. 8		16	41	16	47	6
12	20.	6.14		29	26	29	48	22	12	20.36.21		17	16	17	21	5
				♏		♏			13	21.37.36		17	51	17	56	5
13	21.	6.53		0	3	0	23	20	14	22.38.52		18	26	18	30	4
14	22.	7.34		0	39	0	59	20	15	23.40. 8		19	1	19	5	4
15	23.	8.17		1	15	1	34	19	16	24.41.25		19	36	19	39	3
16	24.	9. 2		1	51	2	10	19	17	25.42.43		20	11	20	14	3
17	25.	9.50		2	27	2	45	18	18	26.44. 2		20	46	20	48	2
18	26.	10.40		3	3	3	21	18	19	27.45.21		21	20	21	22	2
19	27.	11.32		3	39	3	56	17	20	28.46.41		21	55	21	56	1
20	28.	12.25		4	15	4	31	16	21	29.48. 1		22	29	22	30	1
21	29.	13.18		4	51	5	7	16		♏						
		♏							22	0.49.20		23	4	23	4	0
22	0.	14.13		5	27	5	42	15	23	1.50.39		23	38	23	37	1
23	1.	15. 9		6	3	6	17	14	24	2.51.58		24	12	24	11	1
24	2.	16. 6		6	38	6	53	15	25	3.53.18		24	47	24	44	3
25	3.	17. 4		7	14	7	28	14	26	4.54.38		25	21	25	18	3
26	4.	18. 3		7	50	8	3	13	27	5.55.59		25	55	25	51	4
27	5.	19. 4		8	26	8	38	12	28	6.57.20		26	29	26	25	4
28	6.	20. 6		9	1	9	13	12	29	7.58.40		27	3	26	58	5
29	7.	21. 9		9	37	9	49	12	30	9. 0. 1		27	36	27	31	5
30	8.	22.13		10	12	10	24	12	31	10. 1.22		28	10	28	4	6 * ♂ ☉
																H 10
Latitudo	1			1	22	0	35	47	Latitudo	1		1	26	0	51	35
Planetæ	11			1	24	0	40	44	Planetæ	11		1	27	0	57	30
ad diem	21			1	26	0	45	41	ad diem	21		1	27	1	2	25
												Bor.		Bor.		

XIV, 400

PRO EPHEMERIDE MARTIS AD ANNUM 1609. 1610

Praeparatio

Completo 1609 est Aphelium ♂

in $4^{\circ}29'10''.40''$ Sit Aphelium his duobus
 1608 $\frac{1. 8.35.38}{3.20.35. 2}$ annis in 4.29.10.22.

Jun. $\frac{3. 4.51.24}{15.43.38}$ Ergo anno 1609 d. 31. Jul. St. V.
 in mer. est ♂ in Aphelio.

d. 30 $\frac{15.43.20}{18}$

Apog. Solis $95^{\circ}45' 7''$ Anno 1609 St. Vet. currente $\frac{12.}{2.}$ Jan.

4.29.10.22

 $\frac{3. 9.43.34}{1.19.26.48}$

dat 148715

♂ 1.19.26.48 Ecc.

⊙ $\frac{9.22.33. 7}{116.53.41}$ dist. ab Ap. 163.12 dat $\frac{98272}{20453}$

116.53.41

20453

 $\frac{49.55}{43.17}$

5 A

43.17

76. 4.49

 $\frac{36 S}{20422}$

34

1. 6

20422

 $\frac{49}{44.40}$

44.40

20400

44.40

76.50.35

 $\frac{2'12''}{29 45}$ ⊙ $\frac{22.33. 7}{9.23.42}$

29 45

♂ 9.23.42 √

58

6

 $\frac{2}{1. 6}$

1. 6

♂ ♂ $16^{\circ}51'$ ♂♂ $\frac{19.27}{2.36}$ ♂

Ecc.

Inclin.

2.36

dist.

 $\frac{3'52''}{1. 9}$ $\frac{1.55}{33}$

1. 9

5. 1 Incl.

33

Anguli

 $\frac{36}{116.54}$

116.54

1. 9

63. 6

 $76^{\circ}50'$

22.

12. Januar.

	4.29.10.22		
	<u>3. 4.17.53</u>	dat	150002
♂	1.24.52.29	Ecc.	
☉	10. 2.44.48	dist. ab Ap.	153° 0'19" dat
	112. 7.41	<u>98386</u>	
	48.12	20822	
	<u>5.36</u>	72.49.36	<u>40 S</u>
	33	6.10	20782
	<u>1</u>	17.47	20400
	6.10	73.13.33	38.12
	☉	2.44. 8	<u>27.57</u>
	♂	15.57.41	Υ 17. 6
			5
			<u>36</u>
			17.47

EPHEMERIS MOTUUM MARTIS AD ANNUM 1621

XIV, 380

Mars in Aphelio D. $\frac{12}{22}$ Novembris H. o.32' Anno 1620. quod erat 29°22'48" ♂ non reductè. Radix autem Tabulae diurnorum ♂ reponit Aphelium in 29°17'22" ♀ sine reductione, finito Anno 1615. Differentia igitur est 0°5'26". Jam retineantur eadem reductiones ad singulos revolutionis dies, quae in tabula diurnorum, erit igitur Aphelium $\frac{12}{22}$ Novembris reductum 29°23'10" ♀. Illa itaque differentia erit addenda ad singulos propositos revolutionis dies in tabula: et ut quaelibet loca habeantur ad meridiem, erit pars 45^a de diurnis, subtrahenda à motu vero reducto in tabula expresso, sunt enim 32' horae, pars 45^a de 24 horis vel de una die: quod etiam in distantijs et inclinationibus excerptendis observandum erit. Erunt etiam ad denos quosque dies addenda 2" ferè ad motum Aphelij.

22. Novembris	est Revolutionis 10 ^{us}	} Anno 1620
2. Decembris		
12. Decembris	est Revolutionis 20 ^{us}	
22. Decembris	est Revolutionis 30 ^{us}	
31. Decembris	est Revolutionis 39 ^{us}	

XIV, 380 *Notiz von Kepler am Schluß des 1. Absatzes:* Non est necesse, motus aphelij in tabulae diurnos est coalitus.

Notiz von Kepler zur Revolutiones-Aufstellung: Nota quòd Tabula diurnorum adhuc continebat vitium, correctu in ultima columna.

Notiz von Kepler zur Rechnung, unterer Teil: Logarithmus elongationis est minor, differentiaequè subtrahitur.

Melius sic	358020
	1894
	<u>9409</u>
	350505

1. Januarij Gregoriani 1621, Revolutionis 40^{us}

[♂ Aphel. 29°23'17" ♀]	165612	
5.26	98208	
16.50.34	136500	
16.19.17 ♀	45270 —	
35 —	91230	
Ecc. ♂ 16.18.42 ♀		
☉ 11.24.21 ♂		
115. 5.39		
57.32.50		
21.52.50		
79.25.40		
21.59 ☾		
16.50.34		
5.26		
16.56. 0 ♀	165612	
11.24.21 ♂	98208	
114.28.21	136500	9409
57.14.12	44100 —	1894
21.39. 0	92400	7515
78.53.12		358020
		350505
	{ ...	... }

XIV, 390

ANNOTATIONES IN TABULAM DIURNORUM MARTIS

Martialium in folio, fol. 2. Est motus ♂ medius ad fines mensium annj. Hi sunt diductj per dies singulos periodj dimidia et collocantur in media tabulae columna. Delevi igitur in titulo vocem Anomaliae, et interposui, à *fixo puncto Eclipticae*: scilicet, ne putetur fixum punctum sub fixis. Non sufficere putabatur, *Motus medius*, ne quis subintelligeret à principio ♀.

Non etiam dicere volui, *ab aequinoctio*, ne terminus potius a quo quàm qualitas motus intelligeretur. Sed nec dicere potui: *Ab Aphelio*, sic enim fuisset *Anomaliae medius*; non etiam *Ab Aphelio fixo* ne id sub fixis fixum intelligeretur. Generaliter verò, *a fixo puncto Eclipticae*, includit etiam Aphelium in Ecliptica fixum: ut tamen ista puncta cum Eclipticâ intelligantur mobilia motu praecessionis. Cur autem initio dixerim medium Anomaliae. Vide Martial: fol: f:28. Ibidem est etiam usus hujus mediae columnae: ut et in calce fol: 27.

Jam in 16°55'6" ♀, positus est ♂ inseparabiliter	} Id fuit anno
Sic in 16.55 ♂ positus est ♂.	
	} 1615 completo.

Aphelium ponitur in 29°17'22" ♀ sine reductione: secundo fuit iterum anno 1615 completo. Eccentricitas ex qua diurnj Eccentricj, est ex Martialium Cap: LIV. vide Revis: fol. 45.

Martis annuus ab aequinoctio 6.11°17'7"44"52^{IV}

Aphelij ab aequin.	1.7
In 687 Aph.	2.6
In 687 Medius ♂	2.9.29.13
Superatio	3.29.13

Sciendum quod columna una folij ultimj a me sit correcta, quia tabula perversa fuerit. Res igitur sic habet. In semicirculo descendentj dies 343 ab

Aphelio dant ☿ in 29. 1. 5 $\approx$. Adde semidiurnum
 perihelij 19. 1 Ergo diebus 343½ ab Aphelio
 tabula dat ☿ in 29.20. 6 $\approx$. Vicissim in Ascendenti semicirculo
 dies 343 ante Aphelium, statuebant ☿ in 29°34'23" $\approx$
 Aufer et hic semidiurnum perihelij 19. 1
 Ergo diebus 343½ ante Aphelium, tabula dabat ☿ in 29.15.22 $\approx$

Integris igitur diebus 687. Tabula promovebat ☿ ultra initium per 4'44". Atqui in una Revolutione progreditur Aphelium ☿ non plus quàm per 2'6", vel ad summum per 2'10". Illud quidem per Apogaeum ☉ Ptolemaicum tempore Ptolemaej in 5½ II hoc per Hipparchicum tempore Hipparchj in 5½ II. Et in totis 687 per 2'10" vel per 2'14". Es hoc apparet, abundasse tabulam diurnorum per 2'34" vel per 2'30".

Atque tabula lacera in diebus totidem promovet ☿ ultra initium tantum per 2'37". Hinc apparet occasio perversionis tabulae. [Consilium enim mihi erat, hos haec 2'37" auferre iterum, sed calculator malè expedit addiditque] Perinde enim, ac si motus Aphelij non esset admixtus de novo fuerunt admixta 2'6".

Causa vero cur pro 2.6 admixta sint prius 2.37 est gemina, primò enim illa 2.6 admixta diebus 687 degenerarunt necessario in medium perihelium. Nam fol. 68 Revisionum sicut 31'27" medius ad 38.3 perihelium sic 2'6" ad 2'32"½. Deinde dies 687 ðañt revolutiones non periodi tantum sub fixis, sed etiam Anomaliae . . . Itaque verissimè abundat no . . .

4	1	108	24	306	68
9	2	117	26	315	70
13	3	126	28	324	72
18	4	135	30	333	74
22	5	144	32	342	76
26	6	153	34		
31	7	162	36		
36	8	171	38		
40	9	180	40		
45	10	189	42		
49	11	198	44		
54	12	207	46		
58	13	216	48		
63	14	225	50		
67	15	234	52		
72	16	243	54		
76	17	252	56		
81	18	261	58		
85	19	270	60		
90	20	279	62		
94	21	288	64		
99	22	297	66		

XX, 275

EPHEMERIS ♂ ANNO 1628

Initio annj Juliani erat			
Anomalia	Med:	Aphelium	Nodus
74.23.47		29.30. 2 ♀	17. 2.25 ♂
47. 9.59			6.40. 7 ♀
Ergo in 10 Apr: Greg.			79.37.42
27.13.48			
27.14.33		22.50.33	50165.10
45		38	51
50.48		6.40. 7 ♀	50114
		18	
345460		6.39.49 ♀	
5866		☉ 21. 5.45 ♀	— 398
3737		105.34. 4	49716
347589		35. 0	
1.44 Sep:		70.34. 4	5866
		♂ 1.39.49 ☉	55582
{... ...}			
Repete 10 Apr: Greg.			
1600	10. 7.14.47	28.59.54 ♀	16.44.32 ♂
27	4. 7.51.28	30. 8	17.52
Mart.	1.17. 9.59	16	10
Simpl.	4. 2.16.14	29.30.18 ♀	17. 2.34 ♂
{...}	4.29.30.18 ♀		
	27.14. 4		

Optimè per alium locum Aphelij. Et quia in 1 Apr: currente finitur 31 Martij, ergo hoc est 11 Apr: Greg: si annus fuisset simplex. Sed quia est bissextilis, ergo ut sumus in 11 Aprilis oportet adhuc unum diurnum addere. Sed si non addimus sumus in 10 Aprilis quando ☉ in 21.5.45 ♀ rectè.

{... ...}

Pro latitudine ♂ ad 1. Novembris

♂ 17. 2.25 ♀

Et ♂ 9.30.10

Arg: 7.33.15 547000

Hic probetur praeceptum 99 integratum. Excerptatur ipsa Inclinatio ei etiam 0.14'31".
Sit Ang: Commut: et Proportio orbium sic

	—	44471
	+	1015
	—	45486
0.14.31		
4.31		
0.10. 0	—	584000
Prosth: 6		629486
Quasj Elong. o. 8.31	—	600000
Ergo latitudo 8.31		645486
Sept.		

Pro reliquo semestrij 1628 ordinarie

Ex Bartschio, fine annj, seu $\frac{1}{22}$ Jan: 1629 est Aphelium ♂ 29.31.7 ♀, Nodus 17.3.4 ♀.
 $\frac{22}{22}$ Dec.
 Anom. 3.22.9.16 crescens. Progrediamus retro, subtrahendo motum dierum 10. vicibus 20.

	Greg.	5.14.27		
	22 Dec.	3.16.54.49	29.31. 7	
— 3030		106.12.40	95.44. 7	40319 27
35300		42. 9	43.27	113
32270			5.58.41 ♂	
			34	5
454800			5.58. 7 ♂	
133229			☉ 1.14.43 ♀	1810
85100			25.16.36	42011
502929			15.16.36	133381
lat. o.23			10. 0	175392
			9.58.48	133229
			15.18. 0	175240
			♂ 15.56.43 ♂	
		{... ...}		

JUPITER-EPHEMERIDEN

CALCULUS MOTUUM JOVIS AD ANNJ 1619
INEUNTIS GREGORIANJ DIEM 1 JANUARIJ

XIII, 390^v

Completo Juliano 1618			
Longit: med:	17.17.28	✕	
Correctio ult:	3.15	Auf.	
correctè	17.14.13	✕	
Aufer d: 10	49.52		
	16.24.21	✕	
Aphelium	7. 1.14		
ult. correct:	4		
Aph. correctè	6.57.14	☉	
Anom. med.	159.27. 7		
	159. 2. 6		
	25. 1		
Intercolum:	1. 5.27		
		dat coeq.	156.56.24
			25. 1
			2. 5
			11
		coaequata	157.23.41
			6.57.14 ☉
		Locus Eccent:	14.20.55 ✕
		☉	10.52.53 ☿
			63.28. 2
An: coaeq.	157.24		66863
	90	sub 40	53.34
			14 —
2 $\frac{1}{2}$ a nodo	67.24	dat 36.55	53.42. 9
		36.55	26.[47]
		37 —	1.[47]
			666
		Inclinatio	1.13.13
		Id est	73 $\frac{1}{5}$
			5. 1
			54.12.10
			5. 5. 3 ✕
			27.42
			10.50 +
			4.37
			24
81106		81106	
289467		73 $\frac{1}{5}$	
8361		243318 0	
8943		5677423	
586		4055	6
		596129 10	
		89467	
		536802	6
		59327	
		53680	6
		5647 1	
		53	
1 Jan.	5. 5	182.12.2 197.13.2	
16.	8. 7		
31.	11.24		

PRO EPHEMERIDE 21 AD ANNUM 1620

Completo Juliano 1619	17.38. 0 γ	Aph. 7. 2. 5 $\simeq$
Correctio ultima	<u>3.15</u>	<u>4</u>
	17.34.45 γ	6.58. 5 $\simeq$
Aufer pro di: 10	<u>49.52</u>	<u>16.44.53</u>
1 Januarij Gregorianj	16.44.53 γ	170.13.12
Motus Anom: add: 30		

Greg.	An. med.	Coaequata	distantia
1 Jan:	170.13.12	169.13.30	495326
	<u>2.29.33</u>	<u>2.44.33</u>	
31 Jan.	167.43.39	166.28.57	495577
		2.44.46	
1 Mar.	165.14. 6	163.44.11	495955
31 Mar.	162.44.33	161. 0.19	496170
		2.43.52	
30 Apr.	160.15. 0	158.16.27	496630
		2.44	
30 Maj.	157.45.27	155.32.29	496980
		2.43	
29 Jun.	155.15.54	152.49. 9	497470
29 Jul.	152.46.21	150. 6. 7	498180
28 Aug.	150.16.48	147.23.27	498580
27 Sep.	147.47.15	144.41. 9	499280
27 Oct.	145.17.42	141.59.17	499800
26 No.	142.48. 9	139.17.47	500500
26 De.	140.18.36	136.36.44	501220
25 Jan.	137.49. 3	133.56.15	502000

170.28.48	50.53
<u>13.12</u>	<u>18.36</u>
15.36	27.43
<u>1. 6. 2</u>	<u>1.51</u>
15.36	<u>12</u>
<u>1.34</u>	<u>29.46</u>
17.10	55. 5
	<u>49. 3</u>
37.17	6. 2
<u>43.37</u>	<u>24</u>
6.20	<u>1</u>
<u>38</u>	6.27
{...}	

ET HAEC PRO EPHEMERIDE 24 AD ANNUM 1621 CONTINUATIONE

	An. med.		
25 Jan.	137.49. 3	133.56.14	501000
24 Feb.	135.19.30	131.16.53	502840
26 Mar.	132.49.57	128.36.50	503700
25 Apr.	130.20.24	125.57.48	504560
25 Maj.	127.50.51	123.19.24	505420
		2.37.55	
24 Jun.	125.21.18	120.41.29	506330
		2.37.16	
24 Jul.	122.51.45	118. 4.13	507270
		2.36.43	
23 Aug.	120.22.12	115.27.30	508220
		2.36. 2	
22 Sept.	117.52.39	112.51.28	509240
		2.35.27	
22 Oct.	115.23. 6	110.16. 1	510260
		2.34.47	
21 Nov.	112.53.33	107.41.14	511300
		2.34.10	
21 Dec.	110.24. 0	105. 7. 4	512350
	49.51	51.13	
31 Dec.	109.34. 9	104.15.51	512670

Proba

1621	18.24. 3 II	
	<u>3.15</u>	
	18.20.48	
D. 11	<u>54.52</u>	
	17.25.56 II	
	<u>6.59.48 ☉</u>	
	109.33.52	satis accurata

PRO EPHEMERIDE 24 AD 1628

XX, 274

Pro 11 Jan. Greg.

1600	5.10.44.35	6.52. 1 ☉	5.25.58 ☉
27	<u>3. 9.44.26</u>	<u>21.14</u>	<u>1.35</u>
	8.20.29. 1	7.13.15 ☉	5.27.33 ☉
	<u>6. 7.13.15</u>		
	2.13.15.46		
	<u>72.35.45</u>	67.25.29	166503
	40. 1	<u>38.39</u>	26
		15.17.23 ☿	<u>3</u>
	483000	18	166474
	<u>68687</u>	☉ <u>20.54.12 ☿</u>	<u>+1759</u>

54088	35.36.31	168233
497599	<u>5.20. 0</u>	
Lat. 0.24 S. D.	30.16.31	
	<u>5.22.30</u>	
	30.13.31	<u>68687</u>
24	20.40.11 ↗	236920
{ ...	{ ... }	

PRO TABULA DIURNORUM

Separatur nodus ab Aphelio in annis 64, ad quos Ephemerides struuntur per 46.36. Itaque si 32 annis inciperem ante Epocham, peccarem in argumento lat. per 23.18.

60 dat 83" Incl., quid 23.18 Seq. 32". Hoc nullius est momentj.
Puto Tabulam diurnorum esse extruendam ad dies 24, ut sumi possit intermedia pars proportionalis sicut in horis.

Per veras anomalias fiant loca Eccentrica in Ecliptica, numerationis ab Aphelio, in fine addantur motus Aphelij ad dies 24.

Quia 24 in anno insunt 15ies. Haec duodecies sumpta faciunt 183 circiter. Tot exunt lineae.

In 12 annis motus Aphelij est 9'26". Motus verò diurnus 24 est 4.59. Igitur in 6 Annis rumpatur series saltuum per 24, ut sit semel saltus per 25.

Pro 30 Maj. Gr. 1628		
1.39.45		5. 7.33
<u>83.14.28</u>		<u>26.39.31</u>
84.54.13	7.13.15	2.28 14
<u>84.44. 9</u>	79.16.21	<u>165535</u>
10. 4	<u>9.51</u>	14
59. 6	26.39.31 ↗	<u>1</u>
	<u>10</u>	165520
569000	☉9.19.17 II	<u>1585</u>
<u>100792</u>	162.39.36	163935
<u>121000</u>	<u>4. 4</u>	<u>100792</u>
548792	158.35.36	264727
Lat. 0.14'S. 24	0.43.31 ↻	
{ ...	{ ... }	

SATURN-EPHEMERIDEN

{....}

XIII, 439^o

EPHEMERIS $\mathcal{T}_L$ AD ANNUM 1620

		Aph.	Ω
Completo Juliano 1619	20.52.10 $\mathbb{II}$	25.49.44 $\nearrow$	21. 8 $\ominus$
Aufer d: 10	20. 6	20.32. 4 $\mathbb{II}$	19.48 $\mathbb{II}$
1 Jan. Greg: anno 1620	20.32. 4 $\mathbb{II}$	174.42.20	31.20
	0.41.39 Hoc	20.29	A nodo
	2. 6 cir.	20.51	
	19.52.31 $\mathbb{II}$	897120	21985
Observa, quod motus $\mathcal{T}_L$ circa	Reductio 1.29	98206	169940 —
perigaeum est fere proportio-	$\mathcal{T}_L$ 19.54. 0 $\mathbb{II}$	80266	
nalis. Nam uni gradui Anoma-	$\odot$ 10.37 $\mathcal{O}$	400	
liae mediae	159.17	13.24	
respondet	79.38 $\frac{1}{2}$	5.39	
1.7.23	77.10 +		156.48 $\frac{1}{2}$
1.7.26	156.48	{...}	Lat. 1.28.20 {...}
1.7.29			
coaequatae. Ergo			
Anom: 1.0.18 ad dies 30 dat	31 Jan:		
constanter	20.56. 3 $\mathbb{II}$	897030	
1.7.43	1.27	98518	30.12
1.7.46	20.57.30 $\mathbb{II}$	80209	
1.7.49	$\odot$ 11.13 $\approx$	22053	
	129.44	75685 —	
Anni unius bissextilis motus	64.52	53632 —	
medius est 12°9'38". Et ordina-	59.40.40	381000	
tur in medio annj perihelium.	124.32.40	26263	
Est ergo computatio motus Ec-	$\mathcal{T}_L$ 15.45.40 $\mathbb{II}$	19403	
centrici sine omni difficultate.	49.28	Corrige 6860	
Distantiarum differentia parum		374000	
efficit, unde neque curtatione		Lat. 1.21.40	
est opus.			
	1 Martij		
	22. 3.48 $\mathbb{II}$	896960	
	1.25	99224	29.4
Reductio poterit adhiberj.	$\mathcal{T}_L$ 22. 5.13 $\mathbb{II}$	80079	
Repete hic diem 1.	$\odot$ 11.28 χ	22214	
159.17	100.37	18637 —	
1. 6.41	50.18 $\frac{1}{2}$	3577	
16.40	43.58.36	385000	
2.13	94.17	1727	
4. 8	$\mathcal{T}_L$ 15.45 $\mathbb{II}$	280	
156.25.29	48.45	1447	
156.48.30		384000	
10.37		Lat. 1.13.50	
17.25.30 $\mathbb{II}$	{...}		
[... ...]			

XIII, 44^oPRO EPHEMERIDE $\mathcal{T}_2$ AD ANNUM 22Die $\frac{1}{11}$ Jan: 1622

$\mathcal{T}_2$ in 15.21.25 ☾ motu medio
in 17.41.20 ☾ Coaeq: sine
reductione.
900300

Anomalia inter 160. 161. ubi
differentia 1°6'43" 1.6.56

Et Die $\frac{1}{11}$ Jan: 1623

$\mathcal{T}_2$ in 27.35. 2 ☾
Aph: 25.53.35 ↗

Anomalia inter 148. 149. ubi
differentia 1.5.58 1.6.11
Differentia An: med. d. 30 perpet. 1.0.12

	148.16.33				
	1. 6.56				
10 Feb.	18.48.16 ☾	900900	10 Feb:	18.48.16 ☾	900900
	1. 6.52			21.52. 6 ☾	98727
12 Mar.	19.55. 8 ☾	901500		146.56.10	22005
	1. 6.48			73.28. 5	121460-
11 Apr.	21. 1.56 ☾	902000		69.41. 0	99455-
	1. 6.44		20 +	15. 1.11 ☾	
11 Maj.	22. 8.40 ☾	902600	12 Mar:	19.55. 8 ☾	901500
	1. 6.41			21.58. 1 ☾	99531
10 Jun.	23.15.21 ☾	903100		117.57. 7	22176
	1. 6.37			58.58.34	50600-
10 Jul.	24.21.58 ☾	903700		53. 2. 7	28424-
	1. 6.33		25 +	13.58.42 ☾	
8 Aug.	25.28.31 ☾	904200	{... ...}		
	1. 6.29				
9 Sep.	26.35. 0 ☾	904700			
	1. 6.26				
8 Oct.	27.41.26 ☾	905200			
	1. 6.22				
7 Nov.	28.47.48 ☾	905600			
	1. 6.18				
7 Dec.	29.54. 6 ☾	906000			
	1. 6.15				
6 Jan.	1. 0.21 ☾	906400			

De latitudine considera ista. Saturnus circa nodum toto anno Inclinationem variat aequaliter, illa tamen est hyemibus nona parte minor latitudine, aestate nona parte major. Igitur hyemibus latitudo variatur celerius, aestate tardius, Aprili vero Terra recedit a $\mathcal{T}_2$, Octobrij accedit, illic igitur ex velocè fit celerrimè tarda, hic ex tarda celerrime velox. Jam mutatio est ab 9. 8. 7. 6. 5. 4. 3. 2. 1. 0 in 1. 2. 3. 4. 5. 6.

7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. Summa 36 in 360 ergo ratione aequabili debetur unj dies 10 vel 13. Hyemibus igitur diebus 9 aestate diebus 11.

Jam 6 Jan. est 8½. Et anno seq: 6 Jan. est Incl: 26', et quia lat: nona parte major, ideo 29'. Sic 10 Julij Inclinationis est 8½ latitudo nona parte minor. Ergo 7½. Habemus inde ad finem annj pro 21 scrupulis dies 174. Ergo singulis 8 vel 9. Considera tamen alia vice diligentius. Nam Octobrij septenis diebus tribus scrupulum, Aprilj octonis, Decembrj octonis, Januario novenis, Julio denis. Videtur Octobrij fierj injuria.¹

PRO EPHEMERIDE τ_2 AD ANNUM 1623

XIII, 441

Die $\frac{1}{11}$ Januarij 1623, τ_2 motu medio est in 27.35.2 $\odot$. Anomalia inter 148 et 149, ubi differentia coaequatarum respondens uni graduj est 1.5.58 quae multiplicata in differentiam Anom. mediae ad dies 30 perpetuam sc. in 1.0.12 dat 1.6.11 coaequatae differentiam.

Sic die $\frac{1}{11}$ Jan: 1624, Motu medio est in 9.48.39 $\odot$ Aphelium
in 25.54.52 $\nearrow$

Anomal: 136. 6.13 Diff. 1.4.48

Ergo diff: add: 30 est 1.5.0. Ità haec differentia crescit per 71" menstruatim per 6".
Constituatur coaequata Compl.

| | | |
|------|---------------------------------------|-------------|
| 1622 | 27.35. 2 $\odot$ | |
| | <u>25.53.35 $\nearrow$</u> | 25.53.35 |
| | 148.18.33 | |
| | <u>147.49.35</u> | 144. 7.42 |
| | 28.58 | 28.58 |
| | 1. 5.58 | <u>2.53</u> |
| | | 144.39.33 |

Ergo sine reductione in 1.14. 2 $\odot$

dist: 906645
32

906325 In distantijs differentia in principio est
sic, 57 $\frac{1}{5}$ dat 522 quid 60 $\frac{1}{5}$, vel 19 dat 522, quid 20

| | | | |
|---------------------|------|----------------------------------|-----------------|
| 1044 | 549. | In fine 57 $\frac{2}{3}$ dat 680 | 680 |
| 19 | | | <u>54400708</u> |
| <u>95</u> | | | 122400 |
| 94 | | | 173 |
| Ad 60 $\frac{1}{5}$ | | | <u>1038</u> |

Decrescit dist: per 160 1860
1300

Menstruatim per 13 vel 14.

{... ...}

XIII, 441 *seitlich quergeschrieben*: Censura hujus modj opera ... problema in calce hujus Paginae positum. Primo F habetur taediosissime pro ingressum cruciformem per BD. in Tabulam prolixissimam, quae onus est et deformitas tabularum. At in altera loco ipsius F habetur facillime per levissimam additiunculam duorum quae excerpimus loco ipsorum BD. Ubi non abstrahitur manus et animus a charta. Directe loco bisectionis ipsius A, ego subtraho aliquid ab A: quod facilius est et minus taediosum. Tertio loco excerptiois G per C et E per H. Ego excerpo duos itidem, sed facilius quia non Mesologarithmos quod est confusionj obnoxium sed Mesologarithmos. Quarto loco subtractionis vel additionis F a G. Ego subtraho logarithmos excerptos. Jam abunde excerptioe et additione incrementorum et subtractione portionis datae a residuo, et divisione, qua corripo Elongationem et excerptioe ex Tabula angulj. Ille modus rursus adhuc habet unam additionem.

| | | |
|------------|-------------------|-------------------|
| 1623 | 9.48.39 ♄ | 25.54.52 ♄ |
| d. 5 aufer | <u>10. 3</u> | |
| | 9.38.36 ♄ | |
| | <u>25.54.52 ♄</u> | |
| | 136.16.16 | |
| | <u>136.20.57</u> | 131.36. 3 |
| | 4.41 | 4.41 |
| | 1.4.48 | <u>22</u> |
| | | 131.31. 0 |
| | | <u>14.23.52 ♄</u> |

Nota quod incrementa anomaliarum secunda non planè sint aequalia ut patet nam anno 1622 finiente usurpavj 1.6.15 decrescentibus, differentijs, jam anno 1623 ineunte, usurpo 1.6.22. Parum tamen ista efficiunt.

{... ...} [...]

XIII, 442 {....}

PRO EPHEMERIDE AD ANNUM 1625

| | | |
|--------------------------|----------------------|--------------|
| Completo 1624 Juliano | Aph: 25.57.36 | ♄ 20.59.59 |
| Medius 28.26.39 ♄ | <u>30.16</u> | <u>28.33</u> |
| <u>23.38.15</u> | 26.27.52 ♄ | 21.28.34 ☾ |
| 22. 4.54 ♄ | | 27.19.57 |
| Aufer d. 10 <u>20. 6</u> | | 35.51.23 |
| 1 Jan. Greg: 21.44.48 ♄ | | |
| <u>26.27.52 ♄</u> | | |
| 124.43. 4 | | |
| <u>124.46.11</u> | 119.11.13 | 222176 |
| 3. 7 | <u>3.18</u> | Curt. 34 |
| <u>1. 3.33</u> | 27.19.57 ♄ | 222142 |
| 3. 7 | Reductio <u>1.36</u> | |
| 9.21 | 27.18.21 ♄ | 222176 |
| 1.39 | | |

Completo 1625 Juliano ad motum medium accedit 12.13.36. Anomaliae Complemento detrahatur idem, minus 1.16. At Nodo minus 1'12".

| | | | |
|--------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| | 21.44.48 | <u>1.16</u> | 21.29.46 |
| | <u>12.13.36</u> | 26.29. 8 ♄ | <u>10. 9.59</u> |
| 1 J. Greg. ♄ | 3.58.24 ♄ | | 48.40.13 |
| | <u>26.29. 8 ♄</u> | | |
| | 112.30.40 | | |
| | <u>112. 5.18</u> | 105.52.54 | 223363 |
| | 25.22 | <u>26.15</u> | <u>40</u> |
| | 1. 2. 6 | 10. 9.59 ♄ | 23 |
| | <u>25.22</u> | Red. 1.39 | Curt. 55 |
| | 53 | <u>10. 8.20 ♄</u> | 223228 |
| | 26.15 | | |

Quia in fine annj Intercolumnium est 1.2.6. igitur diebus ultimis 5, eorumque motui medio, seu Anomaliae ferè

10. 3 debentur 10.24.

1. 2. 6

Ergo 27 Dec: 10. 3 Et in Prop: ut 16

Gregoriani est 20. 6 ut sit 223244.

1. 0. 8

$\overline{\eta}$ in 9.57.56 $\overline{\eta}$ Reductè

Initio 17.18.21 $\overline{\eta}$

diff. d. 360

1102

Arcus d. 360 12.39.35

Medius verò d. 15 est pars $\frac{1}{3}$

367 $\frac{1}{2}$

d. 120 4.13.12 30. 9

30. 9

$\frac{1}{6}$

184 -

60 2. 6.36 1. 3.33

1. 2. 6

$\frac{1}{12}$

92 $\frac{1}{2}$

30 1. 3.18 31 47

31. 3

$\frac{1}{24}$

46 $\frac{1}{4}$

15 0.31.39 10

9

Primus semissis Mensis 31.57:

Ultimus 31.12

Hic jam non prodest nisi quod docet primum semissem esse 4s auctiorem ultimo.

0.31.39

23

32. 2

1. 3.18

31.16

{... ...}

PRO EPHEMERIDE $\overline{\eta}$ IN ANNUM 1628

XX, 276

Pro 1 Jan. Gregor.

Erat ad 21 Jan: Greg.

87.25.52

40.12

26.31.39 $\nearrow$

21.32. 9 $\odot$

88. 6. 4

87.14.51

80.45.36

225828.16

51.13

50.27

82

58. 6

4.55.36 $\curvearrowright$

97

50.27

24

225649

312480

4.55.12 $\curvearrowright$

1810

1

$\odot$ 10.41.30 $\curvearrowright$

227459

508

95.46.18

311973

5.54

1

Lat. 2.12.32 Sept: 89.52.18

227460

$\overline{\eta}$ 10.49.12 $\curvearrowright$

{... ...}

Pro Tabula diurnorum $\overline{\eta}$

Separatur nodus ab Aphelio in annis 64 per 7.34 ad quos Ephemerides struantur. Itaque si 32 annis inciperem ante Epocham, peccarem in Argumento lat. per 3.47.

60 dat 159 Incl. quid 3.47, seq. 8". Hoc nullius est momentj.

Puto Tabulam diurnorum esse extruendam ad dies 60, ut sumi possit intermedia pars proportionalis, sicut in scrupulis.

Per veras Anomalias fiant loca Eccentrica in Ecliptica, numerationis ab Aphelio, in fine addantur motus Aphelij ad dies 60 quia 60 in anno insunt 6ies, haec sumpta tricies faciunt 183 circiter. Tot erunt lineae.

In 30 annis Motus Aphelij est 37.50. Motus verò diurnus $\mathfrak{h}$ est 2.1 qui continetur in illo 19ies fere. Itaque in singulis $1\frac{1}{2}$ annis rumpatur series saltuum per 60, ut sit semel saltus per 60.

$$\{ \dots \quad \dots \}$$

VARIA

| | | | |
|--------------|----------------|-------------------------------|---------------|
| 24 Dec: 1616 | | 22 Apr: <1617> | |
| 25 | 78. 9 | Ad 25.38 ☿ Adde diurnum inter | |
| | <u>12.56 ☿</u> | d. 5 et 6 | |
| 18414 | 24.47 ☿ | a 46397 | 25.38 ☿ |
| 182 | ☉ 4.18 ☿ | aufer 155 | <u>2.47</u> |
| 3600 | 99.31 | 46242 | 28.25 ☿ |
| | 49.45½ | 100780 | ☉ 2.28 ☿ |
| | 118160 | 37323 | 124. 3 |
| | 43610 { ... } | 186 | 62. 1½ |
| | 47264 | 37 | 188260 |
| | 3544 8 | 2 | <u>37098</u> |
| | 708 96 | 37098 | 56478 |
| | 51518 | | 13178 { ... } |
| | <u>27.15½</u> | | 188 |
| Elongatio | 22.30 | | 69844 |
| | 4.18 | | <u>34.56</u> |
| | ☿ 11.48 ☿ | | 27. 5½ |
| M. 11.37 | | 9.59 | <u>2.28</u> |
| | | 10.49 | 5.22 |
| | | { ... } | |

DE CELLIS ASPECTUUM

Pro ☿ ☿ non est opus columnae, nec pro ♀ ☿, nec pro ☉ ☿, nec pro ☉ ♀. Fiant cellae quibus sint impositi characteres ☿ ☿ ☉ ☿ ☿. Intus sit aspectus ☿ sine caractere, et reliquorum cum caractere. Ut si sit ☐ ☿ ☿, si non est locus in columna ☿ ponere ☿, invenietur locus in columna ☿ ponere ☿. Si neutrobique locus est, ponatur aspectus ad marginem. Sed ecce id ipsum jam est praestitum, quia non fit columna pro ☿ ☿, sed pro ☿ et inferioribus. In Sole adhuc toleratur quia 7 ☿ ☿ et 1 ☿ vel ♀ ☿ cum 2 ✱.¹

Quid si vero invertatur ratio, cellae ☿ ☿ ☿ sint simplices pro ☿. Aspectus vero superiorum ponantur in margine, cum paucj sint. Duplices vero sint cellae pro ☉ ☿ ☿, et primas teneat ☿ sine inscriptione in cellam sui characteris, sequatur ad dextram cella ampla cum inscriptione superiorum, in ☉ quidem, ☿, ☿, ☿, in ♀ verò, ☿ ☿ ☿ ☉, et in ☿, ☿ ☿ ☿ ☉ ☿. Titulus.

XIII, 197^b

CONFIGURATIONES LUNAE ET INFERIORUM INTER SE ET CUM SUPERIORIBUS

Si planeta cum jam nox est, orirj cernitur cum herj post quam nox facta jam esset ortus. Et si mane cum adhuc nox est, occidere cernitur cum herj dies superveniens nondum occidente extinxisset. Configurationes superiorum inter se, conjunctiones planetarum visibiles cum fixis Zodiaci. Ortus Heliacj Fixarum.

TEIL 2

KOMMENTAR-ERLÄUTERUNGEN UND ERGÄNZUNGEN

VORBEMERKUNG

Auch in den aus den Mss. ersichtlichen Vorarbeiten Keplers zu seinem Ephemeridenwerk, das gleichermaßen die Tabellen der Örter des Mondes, der Sonne und der Planeten umfaßt, muß die Berechnung der Mond-Ephemeriden notwendigerweise eines der schwierigsten Probleme darstellen. Waren um 1605 mit der Fertigstellung der „Marskommentare“ die Prinzipien der neuen Astronomie entsprechend der elliptischen Bewegung der Planeten abgeleitet, so stand Kepler für den Mond fast noch am Anfang der Arbeit. Drei volle Jahrzehnte hat er sich dem Gegenstand der Theorie der Mondbewegung gewidmet, von der Jahrhundertwende an, als er sich mit der Tychonischen Theorie auseinandersetzte und selbst eine „*Transformatio Hypotheseos et Tabularum Lunarium Tychonis Brahei*“ abfaßte, bis kurz vor seinem Tod 1630, als er in gemeinsamer Arbeit mit Jakob Bartsch den dritten Teil der Ephemeriden herausgab und er hier in der Vorrede an den Leser auf Unterschiede zwischen seinen Berechnungsmethoden und denen seines Schwiegersohnes hinwies.

Die Geschichte der Keplerschen Mondtheorie ist bis heute noch nicht geschrieben. Ihre Niederschrift würde vor allem die Durchsicht und die Bearbeitung der Mond-Mss. Keplers zur Voraussetzung haben, ebenso müßten die zahlreichen Mitteilungen des Astronomen in seinen Briefen zu diesem Gegenstand berücksichtigt werden. Mit der Transkription der wichtigsten Mss. zur Mondtheorie Keplers ist inzwischen in der Kepler-Kommission der Bayerischen Akademie der Wissenschaften begonnen worden.

Die hier vorgelegten Mss. zur Darstellung der Mondbewegung dokumentieren die Komplexität sowohl des Problems als auch der Keplerschen Lösungsversuche. Sie belegen auch in ihrem fragmentarischen Charakter, daß seine astronomische Theorie sich zwar bestimmter physikalischer Hypothesen bedient, in der praktischen Umsetzung aber – wie hier in den Überlegungen und Rechnungen zur Ableitung der Ephemeriden – von ihnen kaum berührt ist. Hier erfahren wir weitaus mehr über Rechenverfahren, Rechenhilfsmittel und über die optimale Einrichtung von Tabellen, während physikalische Gesichtspunkte nur sporadisch aufscheinen und nicht weiter vertieft und ausgearbeitet werden. So sind die Ephemeriden einerseits praktisches Resultat der vorangegangenen theoretischen Bemühungen, andererseits aber als wichtige Vorarbeiten Keplers zu seinem Tafelwerk, den „*Tabulae Rudolphinae*“, zugleich auch Prüfstein der Theorie und Anlaß zu deren Korrektur.

Dieser 2. Teil enthält sowohl Ergänzungen zum Material der Mss., über das hier mehr zusammenfassend berichtet wird, als auch Erläuterungen zum Inhalt der Mss., um ihr Verständnis und die Einordnung in den Gesamtzusammenhang des Ephemeridenwerkes zu erleichtern. Die Gliederung dieses Teils folgt Teil 1. Im besonderen ist innerhalb einer Hauptgruppe – Mond, Sonne, Planeten, Varia – auf die Band- und Blattbezeichnung der Mss. Bezug genommen worden, die entweder in Untergruppen zusammengefaßt oder als einzelne Blätter kommentiert wurden. Die in diesem Teil zusätzlich herangezogenen Mss. sind nur im Text genannt, nicht aber in den Mss.-Bezeichnungen der einzelnen Abschnitte des Kommentars erwähnt.

MOND-EPHEMERIDEN

Dieses Blatt enthält eine Tabelle mit doppelten Werten, einmal die „scrupula menstrua Longitudinis“ – im Original mit blau-grüner Farbe geschrieben –, zum anderen die „scrupula menstrua Latitudinis“ – im Original in schwarzer Farbe geschrieben –. Vorausgesetzt, daß die Tabelle um die gleiche Zeit entstanden ist wie die des nachfolgenden Blattes *II, 214^v*, sind Zahlen und Randbemerkungen von *II, 214* der vorläufigen Mondtheorie von 1616/1617 zuzuordnen. *II, 214*

Die „scrupula menstrua Longitudinis“ sind Bestandteil der zweiten Gleichung in der Längenbewegung des Mondes, der Evektion, die eine der Periode des Phasenwechsels entsprechende Änderung der Mittelpunktsgleichung bewirkt. Sie berechnet sich (vgl. N. K. 2,45) zu

$$(1) \quad A = -e \cos (\odot - \pi) \sin (l - \odot)$$

oder in sexagesimaler Schreibweise zu

$$(2) \quad A = -60' \cos (\odot - \pi) \sin (l - \odot)$$

Hierin sind

- e die Exzentrizität der Mondbahn
- $\odot$ die wahre Sonne
- π das Apogäum der Mondbahn
- l der noch unkorrigierte und allein durch die Mittelpunktsgleichung festgelegte Mondort.

In der Tabelle stellen in den Spalten „scrupula“ die jeweils oberen (und größeren) Zahlen die „scrupula menstrua Longitudinis“ ($= 60' \cos (\odot - \pi)$) dar. Die Vorzeichen („Tituli“) „Subtrahe“ und „Adde“ beziehen sich nicht auf die „scrupula“, sondern auf die gesamte Gleichung entsprechend (2): für $0 < l - \odot < 180$ besitzt A negatives, für $360 > l - \odot > 180$ positives Vorzeichen. Demgemäß ist der Mond zunehmend („cre-scens“) oder abnehmend („senescens“).

Die unteren und jeweils kleineren Zahlen, die „scrupula menstrua Latitudinis“, bilden ein Glied in der Darstellung nach der Tychonischen Breitentheorie der „Progymnasmata“ von Brahe. Die monatliche Breite berechnet sich nach:

$$(3) \quad B = B' \sin (l - \Omega) + b \cos (\odot - \Omega) \sin (l - \odot)$$

mit B' mittlere Breite

b Maximalwert der Breitenschwankung

Ω Richtung des aufsteigenden Knotens (hier: „nodus evehens“).

Die „scrupula“ sind durch den Term $b \cos (\odot - \Omega)$ bestimmt. In der Wiedergabe ist eine wichtige Veränderung gegenüber der Vorlage vorgenommen worden. Sind im Original die „scrupula menstrua Latitudinis“ auf drei Spalten aufgeteilt, und zwar

- (a) für $0 \leq \odot - \delta \leq 30$
- (b) für $30 \leq \odot - \delta \leq 60$
- (c) für $60 \leq \odot - \delta \leq 90$,

so sind in der Wiedergabe nur zwei Spalten vorhanden, und zwar

- (a) für $0 \leq \odot - \delta \leq 60$
- (b) für $60 \leq \odot - \delta \leq 90$ mit den gekennzeichneten Auslassungen.

Das bedeutet, daß die am unteren Rand geschriebene Anmerkung (1) sich auf die linke und Anmerkung (2) sich auf die rechte Spalte der Wiedergabe bezieht.

Offenbar war sich Kepler über die Größe von b in Gleichung (3) noch im unklaren. Während er zunächst $14'24''$ für b annahm, halbierte er für die Zahlen der rechten Spalte den Betrag von b . Auf welches „praeceptum“ er sich dabei bezieht, geht nicht hervor. In der endgültigen Theorie der „Tabulae Rudolphinae“ wird b der Betrag von $18'$ zugewiesen (KGW X, 190ff.).

II, 214^v In der endgültigen Fassung der Mondtheorie Keplers, wie sie im Tafelwerk (KGW X) und in der „Epitome Astronomiae Copernicanae“ (KGW VII) dargestellt ist, berechnet Kepler die Variation V der Längenbewegung des Mondes in der von ihm voll akzeptierten Tychonischen Form nach

$$(4) \quad V = 40'30'' \sin 2(\delta - \odot).$$

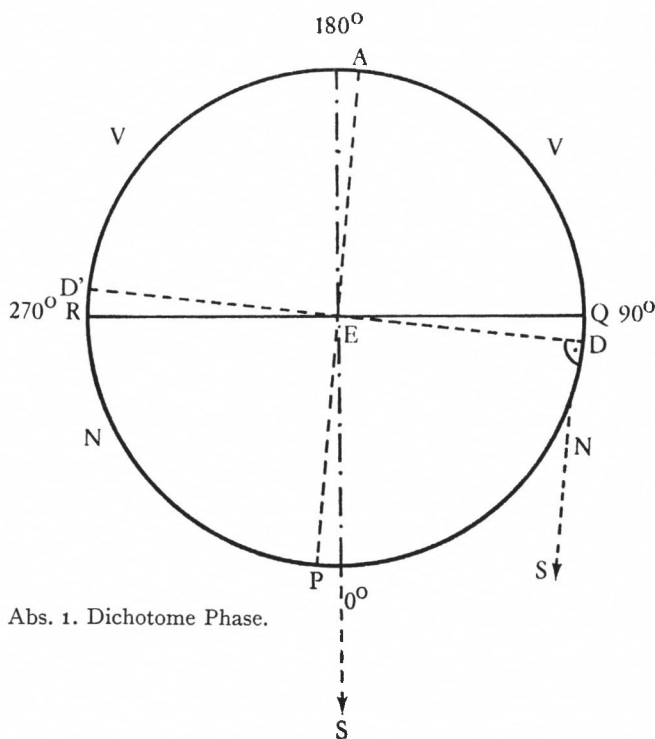
Hierin bedeuten δ der um die Evektion verbesserte Mondort und $\odot$ der wahre Sonnenort.

In der Ephemeride von 1617 geht Kepler in der Berechnung der Variation aus „physikalischen Gründen“ von den Beleuchtungsverhältnissen am Mond aus, ohne jedoch näher zu erklären, wie diese Gründe im einzelnen aussehen. In Bd. I der Pulkowoer Kepler-Mss. finden sich nähere Angaben hierzu, die uns zu einem besseren Verständnis des hier Gemeinten führen.

Wenn auch die kritische Edition dieser Manuskripte und damit die Darlegung der Genesis der Keplerschen Mondtheorie bis zum heutigen Tag fehlt, sei doch kurz auf einige wenige Stellen dieses Bandes eingegangen. Unter der Überschrift „Über die physikalische Hypothese des Mondes“ finden wir auf *I, 191* und den unmittelbar anschließenden Blättern Ausführungen zu diesem Thema vom April 1616. Zunächst entwickelt Kepler seinen bekannten Bewegungsmechanismus für den Mond: die Rotation der Erde um ihre Achse bewirkt die Bewegung des Mondes um die Erde. Jedoch wird die wirkende Kraft der Erde („virtus“) von der Kraft der Sonne unterstützt, solange gewisse immaterielle Erscheinungen („species immateriae“) von Sonne und Erde parallele Linien beschreiben. Wo sie sich aber rechtwinklig schneiden, hört die Unterstützung durch die Sonne auf. In dieser Weise will Kepler im Gegensatz zu Brahe die Variation auf die Natur selbst beziehen (*I, 192*). Die Mondbewegung erhält einen Antrieb („incitatio“), der zweifach variiert wird, einmal wegen des Apogäums des Mondes, zum anderen wegen des Apogäums der Erde. Im Resultat ist die Wirkung auf die einzelnen Bahnpunkte verschieden, der Bewegungsablauf in den einzelnen Quadranten zeigt geringe Unterschiede (*I, 193*).

In der geometrischen Veranschaulichung spielt in derartigen Überlegungen Keplers eine bestimmte Mondphase, bei der der Mond von der Erde aus im Verhältnis von hell und dunkel genau halbiert erscheint, die „dichotome Phase“, eine wichtige Rolle (Abb. 1). Er bezieht die Variation nicht genau auf die Verbindungslinie Erdzentrum–Sonnenzentrum („linea copularum“), sondern auf eine andere Gerade, die von der ersten um denselben

- S Sonne
 E Erde
 N Halbkreis des Neumondes
 V Halbkreis des Vollmondes
 SE Linea copularum
 Q, R Quadraturen
 A Aphel
 P Perihel
 D, D' dichotome Phasen



Abs. 1. Dichotome Phase.

Betrag abweicht wie die dichotome Phase von der Quadratur. Die Richtung dieser Geraden zur Sonne hin bezeichnet Kepler als Perihel der Mondbahn; gerade entgegengesetzt liegt das Aphel der Mondbahn. Diese Linie ist nicht zu verwechseln mit der Apsidenlinie der Mondbahn, die Perigäum und Apogäum des Mondes miteinander verbindet. Aphel und Perihel gehen den „copulae“ bald voraus, bald folgen sie nach und erreichen in der vorläufigen Theorie von 1616/17 eine maximale Differenz zu den Apsidenpunkten von $2^{\circ}30'$ (Eph. 1617, Einleitung Nr. 19).

Die Differenz zwischen Sonnenabstand und Apheldistanz A des Mondes bezeichnet Kepler hier auf Bl. II, 214^v als „Prosthaphaeresis“ (p). Es ist

$$(5) \quad p = (\odot - A) - (\odot - \odot) \\ = \odot - A.$$

Für p nimmt Kepler einen funktionalen Zusammenhang zum „argumentum annuum“ ($\odot - \pi$) an (mit π Richtung zum Apogäum), ohne jedoch Angaben über die Funktion selbst zu machen. Er hat die hier vorliegende Tabelle angegeben, deren Werte sich als

$$(6) \quad p = f(\odot - \pi)$$

in Abb. 2 graphisch darstellen lassen.

Maximalen Wert erreicht p für $(\odot - \pi) = 90^{\circ}$ mit $150'$. Dieser Wert entspricht, wie Kepler erläutert (Eph. 1617, Einleitung Nr. 19; Mss. II, 215^v), dem Verhältnis der Bahnen von Sonne und Mond von 23 : 1. Es ist

$$(7) \quad \sin p_{\max} = 1 : 23 = 0.04348 \\ p_{\max} = 2^{\circ}29'31'' \quad (\text{hierfür setzt Kepler } 2^{\circ}30').$$

Die Funktion p ist in großer Annäherung darstellbar durch

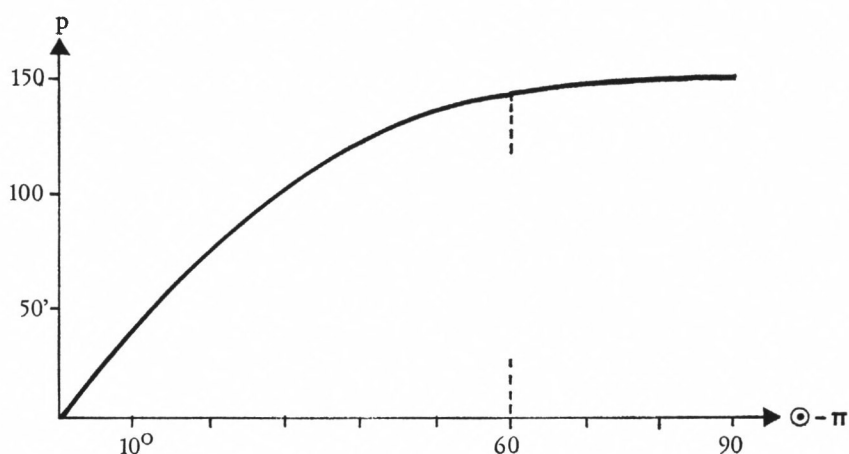


Abb. 2. Prosthaphaeresis p.

$$(8) \quad p = 150' \sin \{(\odot - \pi) + k \sin 2(\odot - \pi)\} \quad \text{mit } k = 14^\circ.$$

Gegenüber den tabulierten Werten (p') besitzen die nach (8) berechneten Werte geringe Restdifferenzen, wie der nachstehenden kleinen Tabelle zu entnehmen ist:

| $(\odot - \pi)$ | p' | p | $p' - p$ |
|-----------------|----------------------|----------------------|----------|
| 0° | $0^\circ \ 0' \ 0''$ | $0^\circ \ 0' \ 0''$ | $0''$ |
| 10 | 0.38.35 | 0.38.17 | 18 |
| 20 | 1.13. 0 | 1.12.43 | 17 |
| 30 | 1.41. 6 | 1.40.37 | 23 |
| 40 | 2. 1. 3 | 2. 1. 1 | 2 |
| 50 | 2.14. 3 | 2.14.34 | —31 |
| 60 | 2.22.17 | 2.22.46 | —29 |
| 70 | 2.27. 4 | 2.27.15 | —11 |
| 80 | 2.29.21 | 2.29.23 | — 2 |
| 90 | 2.30. 0 | 2.30. 0 | 0 |

Das aus der Antike überlieferte Verhältnis der Bahnhalbmesser von Sonne und Mond hat Kepler in seinen Überlegungen zur Mondtheorie verschiedentlich variiert, so zu 1 : 20 (*I*,193), 1 : 30 und 1 : 60 (in *II*,347).

II, 215

Kepler nahm für 1617 und 1618 an, daß die maximale Variation der Längenbewegung des Mondes in einem Abstand von 49° bzw. $127^\circ 30'$ vom Perihel um etwa $9'$ kleiner sei als der maximale Wert der Tychonischen Variation. Näheres darüber ist der Tabelle von *II*,215^v und der entsprechenden graphischen Darstellung (Abb. 4) zu entnehmen. Die hier vorliegende Tabelle enthält vorläufige Werte und entspricht der graphischen Darstellung von Abb. 3. Die Überschrift ist insofern ungenau, als die Tabelle nur zwei Werte der Tychonischen Variation enthält, nämlich $V = 35' 4''$ für $(\text{J}) - \odot = 30^\circ$ und $V = 0$ für $(\text{J}) - \odot = 90^\circ$. Über die ursprünglichen Zahlenwerte der Tabelle hat Kepler, wie Anmerkung (2) zu entnehmen ist und aus dem Zustand der Vorlage erschlossen werden kann, Papierstreifen mit den hier wiedergegebenen Zahlen geklebt.

Anmerkung (1) bezieht sich offenbar auf die zuerst berechneten Werte und bleibt in dieser isolierten Form unklar. Die Tabellenwerte lassen sich näherungsweise innerhalb einer Genauigkeit von $\pm 90''$ darstellen nach

$$(9) \quad V' = 33' 54'' \sin 2 (\text{)} - \odot - 3' 30'' \sin 4 (\text{)} - \odot.$$

Wenn die Keplersche Variation (V_K) mit der Tychonischen Variation (V) verglichen wird (vgl. II, 215^v), so lassen sich vier ausgezeichnete Punkte markieren (Abb. 3):

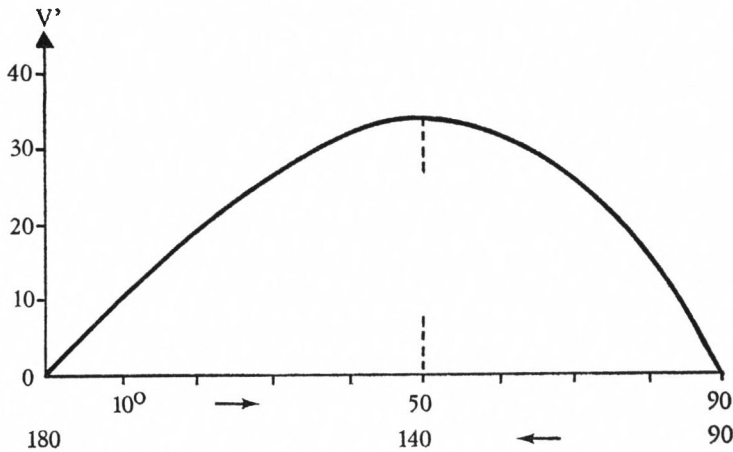


Abb. 3. Keplersche Variation (vorläufige Werte).

- 1 für $(\text{)} - \odot = 33^\circ$ größte Abweichung mit $\Delta V = V - V_K = + 8' 21''$
- 2 für $(\text{)} - \odot = 50^\circ$ Maximum für V_K mit $33' 54''$ gegenüber $V_{\max} = 40' 30''$ bei $(\text{)} - \odot = 45^\circ$
- 3 für $(\text{)} - \odot = 70^\circ$ kleinste Abweichung mit $\Delta V = - 0' 2''$
- 4 für $(\text{)} - \odot = 80^\circ$ größte negative Abweichung mit $\Delta V = - 1' 36''$.

Die Keplersche Variation läßt sich über die Tychonische Variation innerhalb Minutengenauigkeit darstellen, und zwar

für $0 \leq (\text{)} - \odot \leq 70^\circ$ nach

$$(10) \quad V_K = V - k \cdot \sin \{m (\text{)} - \odot\} \quad \text{mit } k = 8' 20''$$

$$m = \frac{90}{35} = 2.5714$$

für $70 < (\text{)} - \odot \leq 90^\circ$

$$(11) \quad V_K = V + 45''.$$

Über den Keplerschen Weg der Berechnung liegen keine Angaben vor. Vermutlich ist Kepler von seinen physikalischen Hypothesen und von Zwischenergebnissen Brahes ausgegangen, ohne jedoch hier schon die Darstellung der Tychonischen Variation zu akzeptieren. So führt er in der Vorrede zur Ephemeride von 1617 aus, daß auch die Tychonische Variation nicht gleichmäßig sei, sondern entsprechend den Beobachtungen im Maximum eine Schwankung zwischen den Grenzen $34'$ und $46'$ aufweise.

In der Wiedergabe der Tabelle ist das Argument mit $(\text{)} - \odot$ gekennzeichnet. Es trägt im Original am linken und rechten Rand die ausführliche Bezeichnung „Gradus distantiae Lunae a Sole vel ejus opposito“.

II, 215^v

Die vorliegende Tabelle enthält die Werte der Variation für die Mondephegeride von 1617, für den Halbkreis des Vollmondes von dem des Neumondes getrennt. Diese Trennung resultiert aus den physikalischen Überlegungen Keplers, nach denen die Beleuchtungsverhältnisse am Mond die Größe dieser Gleichung bestimmen. Hier spielt wiederum die dichotome Phase (vgl. II, 214^v) eine bestimmende Rolle, deren angenommenes Maximum von 150' dem in der Anmerkung angegebenen Verhältnis der Halbmesser der Mond- und Erdbahn von 1 : 23 entspricht.

Das Argument der Tabelle, von Kepler hier nicht ausdrücklich genannt, ist wieder der Sonnenabstand des Mondes (☾ — ☉).

Für den Halbkreis des Neumondes gilt:

$$0^\circ \leq (\text{☾} - \text{☉}) \leq 87^\circ.5 \text{ und } 272^\circ.5 \leq (\text{☾} - \text{☉}) \leq 360^\circ;$$

für den Halbkreis des Vollmondes gilt:

$$87^\circ.5 < (\text{☾} - \text{☉}) \leq 180^\circ \text{ und } 180^\circ \leq (\text{☾} - \text{☉}) < 272^\circ.5.$$

Offenbar ist die Tabelle über die Tabellen von II, 215 und II, 214^v berechnet worden, wenn auch nähere Angaben über den Weg der Berechnung fehlen. Dabei ergaben sich für die Halbkreise geringe Differenzen.

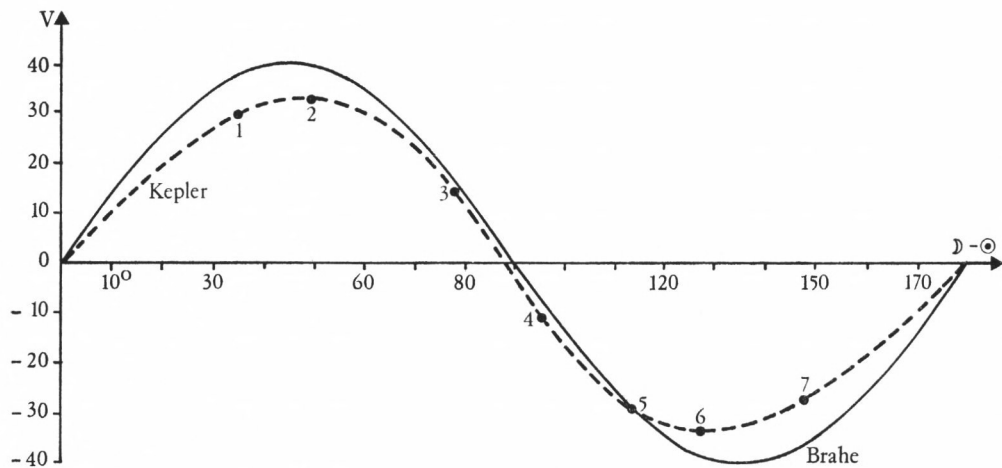


Abb. 4. Mondvariation für Tycho Brahe und Kepler (1617).

In der graphischen Darstellung werden die Unterschiede zur Tychonischen Variation deutlich. Es sind in Abb. 4 die Werte der Keplerschen Variation und die der Tychonischen Variation von der „linea copularum“ aus angetragen. Kepler hebt 7 charakteristische Punkte zur näheren Kennzeichnung seiner eigenen Variation hervor:

- 1 im Halbkreis des Neumondes: bei (☾ — ☉) = 35° mit $\Delta V = V - V_K = + 8' 52''$
- 2 im Halbkreis des Neumondes: bei (☾ — ☉) = 49° Maximum der Keplerschen Variation mit $V_K = 32' 46''$
- 3 im Halbkreis des Neumondes: bei (☾ — ☉) = 78° größte Annäherung der Keplerschen an die Tychonische Variation mit $\Delta V = + 1' 55''$

- 4 im Halbkreis des Vollmondes: bei $(\text{☾}) - (\text{☉}) = 95^\circ$ größte negative Abweichung der Keplerschen von der Tychonischen Variation in diesem Halbkreis mit $\Delta V = + 4' 53''$
- 5 im Halbkreis des Vollmondes: bei $(\text{☾}) - (\text{☉}) = 114^\circ$ Gleichheit beider Variationen mit $- 30' 10''$
- 6 im Halbkreis des Vollmondes: bei $(\text{☾}) - (\text{☉}) = 127^\circ$ Minimum der Keplerschen Variation mit $V_K = - 33' 52''$
- 7 im Halbkreis des Vollmondes: bei $(\text{☾}) - (\text{☉}) = 147^\circ$ größte Differenz zwischen beiden Variationen mit $\Delta V = + 9' 2''$.

Diese 7 Punkte sind von Kepler sowohl in den vorliegenden Tabellen, als auch in der gedruckten Ephemeride (Eph. 1617, Einleitung Nr. 19) genau vermerkt.

Diese Tabelle, die Kepler am 20. Juli 1620 – entsprechend Randbemerkung (3) – gemeinsam mit dem kleinen Kommentar von Randbemerkung (1) geschrieben hat, ist eine Variante der Darstellung der Tychonischen Variation in den „Tabulae Rudolphinae“ (KGW X, Tafelteil, 82 f.). Hier ist die Variation vorgegeben, und zwar für $0 \leq V \leq 40' 30''$ in $30''$ -Intervallen und für $38' 20'' \leq V \leq 40' 30''$ weiter verdichtet am Schluß der Tabelle. Dazu gehören die Argumente

II, 216

$D = (\text{☾}) - (\text{☉})$ in Spalte (1)
 $(90 - D)$ in Spalte (2)
 $(90 + D)$ in Spalte (4)
 $(180 - D)$ in Spalte (5),

mit ☾ dem um die Evektion korrigierten Mondort und
 ☉ dem Ort der wahren Sonne.

Für das Argument D ergibt sich aus Gleichung (4) unmittelbar

$$(12) \quad D = \frac{1}{2} \arcsin \frac{V}{40' 30''}.$$

In Anmerkung (1) erörtert Kepler, welchen Einfluß die Mittelpunktsgleichung des Mondes auf die Distanz D – die dann „distantia ficta“ genannt wird – im Vergleich zur zweiten Gleichung besitzt und damit auch auf die Variation. Um diesen Zusammenhang zu untersuchen, hat er in einer zusätzlichen Spalte, die in der Vorlage die Bezeichnung „Tot Prima Argumenti Variationis, dant $10''$ trägt und hier mit $\langle \text{pro } 10'' \Delta V \rangle$ abgekürzt ist, die Anzahl der Minuten („Prima“) tabuliert, die als Differenz im Argument D von Spalte (1) ein Fortschreiten von gerade $10''$ der Variation in Spalte (2) bewirkt. Die gesuchten Werte erhält er durch einfache Dreiteilung der Differenzen von D .

Diese Erörterung Keplers geht wieder von Gleichung (4) aus und läuft auf eine differentielle Betrachtung hinaus. Es ist:

$$d(\text{☾}) - (\text{☉}) = \frac{1}{2} dV \frac{\rho'}{40' 30'' \cos 2(\text{☾}) - (\text{☉})}$$

Mit $\rho' = 3437'.7$
 $dV = 10''$ ergibt sich

$$(13) \quad dD = \frac{7' 4''}{\cos 2D}.$$

Entsprechend bezieht sich Randbemerkung (2) in der Datierung vom 20. November 1625 auf den Schluß der Tabelle. Hier sind für das Intervall $40^{\circ} 32' \leq D \leq 43^{\circ}$ die Differenzen in D , die einem Tafelfortschritt von $\Delta V = 5''$ entsprechen, links herausgeschrieben.

In der Wiedergabe der Tabelle sind folgende Zahlenwerte Keplers verbessert worden:

in der Zeile für $V = 34.30$ $90 - D = 60.47$ anstatt 60.43
 $180 - D = 150.47$ anstatt 150.43 bei Kepler;
 in der Zeile für $V = 36.0$ $90 + D = 121.23$ anstatt 121.33 bei Kepler.

II, 217

Die Tabelle weist im Original zwei verschiedene Bearbeitungsstufen auf. Zunächst war sie dafür eingerichtet, beide Variationen, die Keplersche und die Tychonische, zu präsentieren. Dementsprechend enthält sie in der ursprünglichen Form

in Spalte (1) $D = (\text{J}) - (\odot)$ für $0 \leq D \leq 90$
 in Spalte (2) $360 - D$
 in Spalte (5) $180 + D$
 in Spalte (6) $180 - D$
 in Spalte (4) die Keplersche Variation V_K von 1617 in der Form von
 Bl. II, 215
 in Spalte (5) die Tychonische Variation V .

In Spalte (3) sind außerdem die Differenz $V_K - V > 0$ für das Intervall $70 \leq D \leq 89$ und in Spalte (4) die Differenz $V - V_K > 0$ für das Intervall $1 \leq D \leq 69$ angegeben. In dieser Form war die Tabelle mit den Werten der Keplerschen Variation Grundlage für die Ephemeride von 1617.

Nun aber, auf dem Boden einer neuen physikalischen Hypothese – die hier nicht erläutert wird –, verwirft Kepler seine eigene Variation und erkennt allein die Tychonische Form mit der einfachen Sinus-Beziehung $V = k \sin 2D$ an, in der allein der Maximalwert k noch unsicher erscheint.

In der physikalischen Begründung des Variationseffekts in der Mondbewegung geht es um die Unterstützung der quasi-magnetischen Kraftwirkung der Erde auf den Mond durch das Licht der Sonne, das sich auf Erde und Mond ergießt. Seine neue physikalische Hypothese leitet Kepler aus der Betrachtung des „circulus illuminationis“ der Erde ab, aus der erst, in Verbindung mit den Beleuchtungsverhältnissen am Mond, das Maß der bewegenden Kraft, wie sie der Variation entspricht, zum Ausdruck gebracht werden kann (KGW VII, 321 ff.).

In der zweiten Phase der Bearbeitung hat Kepler die ursprüngliche Funktion der Tabelle fallen gelassen und eine Hilfstafel für die Breitenberechnung des Mondes eingerichtet. Das Argument $(\text{J}) - (\odot)$ ist durch den Knotenabstand der Sonne $(\odot - \text{♁})$ zu ersetzen. In Spalte (1) ist nun die „Prosthaphaeresis Nodi“ tabuliert, die sich in großer Näherung nach

$$(14) \quad P = 99' 46'' \sin 2(\odot - \text{♁}) \quad \text{berechnet.}$$

Die Größe P spielt in der Tychonischen Breitenberechnung, wie sie auch Kepler in den „Tabulae Rudolphinae“ dargelegt hat, eine Rolle (KGW X, 192 f.; vgl. auch N. K. 2, 52 f.). Sie zeigt die Abhängigkeit der Bewegung des wahren Knotens der Mondbahn vom Ort der Sonne in der Ekliptik.

Die hier mitgeteilten Werte von P stimmen mit denen der „Tabula pro Augmentatione Latitudinis Menstrua“ des Tafelwerkes (KGW X, Tafelteil, 87) weitgehend überein. Die

Größen P und V hängen zwar nicht unmittelbar zusammen, dürfen jedoch in der von Kepler a-posteriori gegebenen physikalischen Begründung innerhalb seiner Mondtheorie nicht zu Widersprüchen führen. Das in Randbemerkung (1) enthaltene Praeceptum bezieht sich vor allem auf das Vorzeichen von P bei der Benutzung der Tabelle in der zweiten Form.

Der vorliegende Auszug für die Argumente um $0,45,90^\circ$ hat die in der Vorlage dreigliedrige Tabelle von je 6 Spalten in einer einfachen Gliederung angeordnet.

In ihrem Aufbau entspricht die Tabelle jener von *II, 214* und besitzt wie sie die Doppel-
funktion, die „Scrupula menstrua“ in Länge und Breite entsprechend dem Argument
($\odot - \pi$) bzw. ($\odot - \delta$) anzugeben. Im Vergleich zur früheren Tafel sind die „Scrupula
menstrua Longitudinis“ gerade halbiert. In dieser Weise ist sie Ausgang für die Be-
rechnung der nachfolgenden Tabellen (*II, 252 ff.*), von denen in der Randbemerkung eine
kurze Beschreibung vorgenommen wird.

II, 220

Ebenso geht sie in den Angaben der „Scrupula menstrua Latitudinis“ von den Werten
der Tabelle *II, 214* aus, halbiert hier die verbesserten Scrupula jener Tabelle. Im Original
ist die Tabelle wiederum dreigliedrig.

In den „Tabulae Rudolphinae“ ist eine Tafel enthalten (KGW X, Tafelteil, 85 u. 86) *II, 253–262*
mit dem Titel „Tabula Aequationis Luminis“, die die Summe der monatlichen Gleichun-
gen in der Längenbewegung des Mondes, also die Summe von Evektion und Variation,
angibt. Die vorliegenden Tabellen der Mss. *II, 252^v–261*, die hier auszugsweise mit Werten
der Blätter *252^v* und *260* wiedergegeben sind, zeigen eine gewisse Annäherung an die ge-
nannte Tafel, basieren aber noch nicht auf der endgültigen Theorie des Tafelwerkes. Es
handelt sich noch um vorläufige Tabellen, hier für die Berechnung der Ephemeriden
von 1620. In den Ausführungen auf Bl. *II, 252* weist Kepler selbst darauf hin, daß die
Tabellen wieder verworfen werden mußten, einerseits wegen der geänderten physikalischen
Hypothese über die monatlichen Gleichungen, andererseits wegen der ungenügenden eige-
nen Variation, an deren Stelle eine noch zu reduzierende Tychonische Variation zu setzen
wäre.

Entsprechend den Ausführungen von Bl. *II, 220 u. 252* geht Kepler wieder von der
Hypothese der getrennten Exzentrizitäten, wie sie der Berechnung der Ephemeriden ab
1619 zugrunde liegt, aus. Während die Exzentrizität des Exzcenters in Richtung der Ap-
sidenlinie des Mondes liegt und großemäßig der maximalen Mittelpunktsgleichung von 5°
entspricht, fällt die monatliche Exzentrizität in Richtung zur Sonne in die „linea copu-
larum“ und bewirkt in der geometrischen Veranschaulichung die Evektion mit dem Maxi-
mum von $2\frac{1}{2}^\circ$. Tabuliert sind die Summe von Evektion und Variation, die hier in der
Form von Bl. *II, 215* genommen ist:

$$(15) A = -150' \cos(\odot - \pi) \sin(\text{)} - \odot) + V_K.$$

Hierbei ist, da vom Ort des Mondes im Exzenter ausgegangen wird (*II, 252*) und im
„argumentum menstruum“ ($\text{)} - \odot$) der durch die exzentrische Anomalie bestimmte Mond-
ort enthalten ist (KGW VII, 454 f.) die Evektion noch auf die „Anomalia soluta“ zu redu-
zieren (N. K. 2, 45). An den um die Evektion korrigierten Mondort ist schließlich noch die
Variation hinzuzufügen, deren Argument über den korrigierten Mondort festgelegt ist.

Kepler gibt selbst ein Beispiel (*II, 263*), um die Vorzeichenregelung zu erläutern.

Mit $(\odot - \pi) = 0$
 $(\text{)} - \odot = 90^\circ$, ergibt sich die Evektion zu $-2^\circ 30'$.

Der um die Evektion korrigierte Ort des Mondes („motus secundo aequatus“) hat, da die Reduktion entfällt, eine Sonnendistanz von $87^{\circ} 30'$. Diesem Argument entspricht, wenn Apsidenlinie und „linea copularum“ zusammenfallen, der Wert der Keplerschen Variation von $+ 3' 53''$. Die Summe beider Gleichungen beträgt $- 2^{\circ} 26' 7''$, tabuliert ist $- 2^{\circ} 26' 17''$ (II, 257).

Es sei noch ein zweites Beispiel angegeben:

$$\begin{array}{rcl} (\odot - \pi) & = & 0 \\ (\text{J}) - \odot & = & 5^{\circ} \\ \hline (\text{J}) - \pi & = & E = 5^{\circ} \end{array} \quad \text{Evektion} = - 13' 4''$$

Einem Zuwachs von ΔE um 1° entspricht eine Zunahme in wahrer Anomalie $\Delta v = 57' 27''$ (KGW X, Tafelteil S. 80);

es ist Reduktionsfaktor $x = \frac{\Delta v}{\Delta E} = \frac{57.27}{60.0} = 0.9575$,
damit die reduzierte Evektion $= - 12' 31''$.

Für $(\text{J}) - \odot = 4.47.29$ ist der Tab. II, 215 $V_K = 4' 54''$ zu entnehmen. Die Summe beider Gleichungen beträgt $- 7' 37''$,
tabuliert ist der Wert $- 6' 58''$.

In welcher Weise sind nun die vorliegenden Tabellen eingerichtet?

Entsprechend der Darstellung der Evektion hat Kepler als Argumente der Tafel einerseits die Sonnendistanz des Mondes $(\text{J}) - \odot$, andererseits die „Scrupula Longitudinis“ bzw. die Distanz der Sonne vom Apogäum $(\odot - \pi)$, also monatliches und jährliches Argument, verwendet. Das „Argumentum menstruum“, Eingangswert für die Spalten der Tabellen, läuft am oberen Rand von 1 bis 180 bzw. von 181 bis 360° , am unteren Rand von 179 bis 0 bzw. von 359 bis 180° . Das „Argumentum annum“, Eingangswert für die Zeilen, läuft am linken Rand von 90 bis 0 bzw. von 270 bis 360° und am rechten Rand von 90 bis 180 bzw. von 270 bis 180.

In den Blättern im Anschluß an die Tabellen (II, 263–264^v) erörtert Kepler in aller Ausführlichkeit die Vorzeichenregelung bei der Benutzung der Tabellen. Im Mai 1621 hat er die Tabellen zur Bestimmung der Mondgleichungen nicht mehr herangezogen.

Die hier vorliegende Einteilung des jährlichen Arguments (vgl. II, 220) entspricht der Anordnung der „Scrupula Longitudinis“ S von 1 bis 30, die die gleichmäßige Teilung der Cos-Funktion innerhalb des Quadranten beschreibt. Es ist S also der in Dreißigstel ausgedrückte Cos-Wert des Arguments $(\odot - \pi)$, oder es ist umgekehrt

$$(16) \quad \arccos \frac{S}{30} = (\odot - \pi).$$

Zum Beispiel ergibt sich für $S = 20$ $\arccos \frac{20}{30} = 48^{\circ} 11'$.

Die Differenzen zwischen den Werten des Arguments, die den aufeinanderfolgenden Scrupula entsprechen, sind auf Bl. II, 252^v am linken Rand vermerkt.

Zweifellos ist die Berechnung der Tabellen nicht in der Weise erfolgt, daß jeder Wert einzeln berechnet wurde. Vielmehr spricht vieles dafür, daß Kepler einer Differenzenmethode gefolgt ist, wie die Ausführungen auf Bl. II, 263, in Verbindung mit der untersten Zeile des Zahlenfeldes vermuten lassen. Kepler stellt hier fest, daß sich die Differenzen der letzten Werte zwischen Spalte 1 und Spalte 2 einerseits und Spalte 23 und 24 andererseits mit $1' 30''$ bzw. $1' 33''$ nur unwesentlich voneinander unterscheiden, so daß eine einfache

lineare Interpolation zur Berechnung dazwischenliegender Werte in Frage kommen könnte. Nun hat Kepler aber nicht diese Differenzen, sondern in den einzelnen Spalten mittlere Differenzen aufeinanderfolgender Werte gebildet.

Beispielsweise ist auf Bl. II,260 für $(\text{J}) - (\odot) = 168^\circ$ die mittlere Differenz $1'6''$ geschrieben, die sich aus $\frac{45'1'' - 12'30''}{30}$ ergibt.

Die mittleren Differenzen bilden ihrerseits eine Zahlenfolge, die in sich Ketten einfacher arithmetischer Reihen zusammengefügt hat. Das Bildungsgesetz dieser Reihe ist derart einfach, daß es genügen würde, einige Stützwerte in den Differenzen zu berechnen, etwa jeden 10. Wert, und dazwischenliegende Werte auf einfachem Weg zu interpolieren. Das Verhalten der Reihen wird an dem Verhalten der Differenzen der mittleren Differenzen ersichtlich, die insgesamt nur zwischen $+5''$ und $-6''$ schwanken, also eine äußerst langsame Veränderung über die gesamte Tafel zeigen.

Demnach scheint folgendes Verfahren in der Bestimmung der Tabellenwerte für das Vorgehen von Kepler wahrscheinlich zu sein (vgl. Abb. 5):

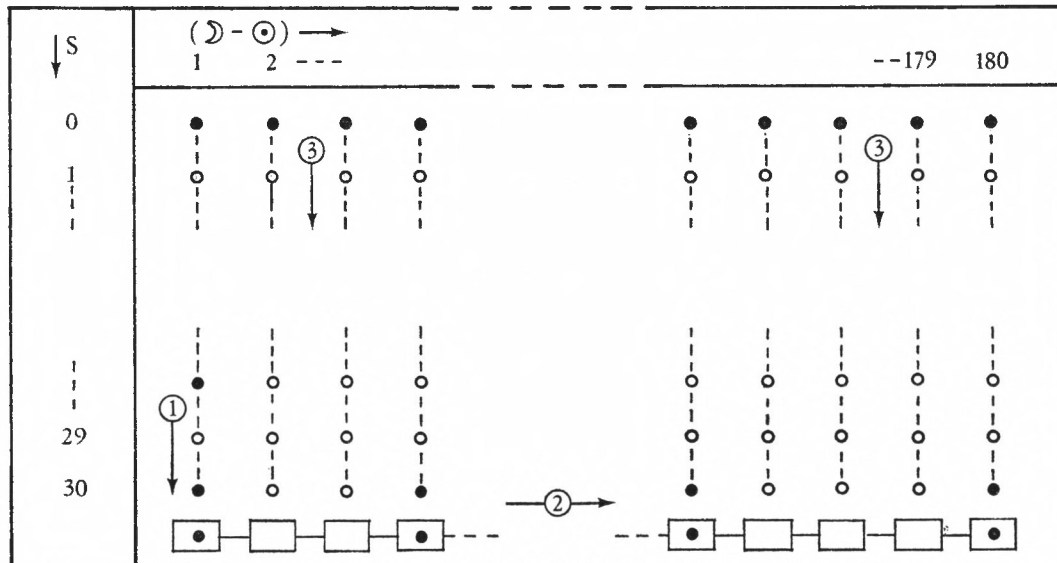


Abb. 5. Interpolationsschema für Tafeln der Gleichungen (1620).

In einem ersten Schritt ① werden, ausgehend, von den Werten der Keplerschen Variation von Bl. II,215 in Zeile 1 des Zahlenfeldes, die für $S = 0$ oder $(\odot - \pi) = 90^\circ$ gerade die Werte der „aequatio menstrua“ präsentieren, und ausgehend von einigen wenigen für $S = 30$ oder $(\odot - \pi) = 0$ berechneten Werten der monatlichen Gleichungen – im Schema mit $\bullet$ gekennzeichnet – einige mittlere Differenzen (im Schema $\blacksquare$) als Stützpunkte berechnet. Anschließend werden in einem zweiten Schritt ② über die Stützwerte durch lineare Interpolation die dazwischenliegenden mittleren Differenzen (im Schema $\square$) gebildet, um dann in einem dritten Schritt ③ von den Werten der Zeile 1 aus durch aufeinanderfolgende Addition der mittleren Differenzen für jede Spalte gesondert die übrigen Tabellenwerte (im Schema $\circ$) zu berechnen.

Nun noch ein Wort zur Wiedergabe der Tabellen. In den 15 Blättern der Tabellen steht das Argument S bzw. $(\odot - \pi)$ abwechselnd einmal am linken, einmal am rechten Rand.

In der Auswahl der wiedergegebenen Tabellen (*II, 252^v u. 260*) ist dieser Umstand berücksichtigt worden. Gegenüber der Vorlage enthalten die Tabellenauszüge folgende Vereinfachungen und Veränderungen:

In der Vorlage besitzt jedes Blatt 12 Spalten für die Werte der monatlichen Gleichungen, während hier nur jeweils 5 Spalten wiedergegeben sind; Spalte (1) von Bl. *II, 252^v*, hier überschrieben mit «Diff.» (= Differenz), besitzt in der Vorlage keine Überschrift; Spalte (2) von Bl. *II, 252^v* und Spalte (7) von Bl. *II, 260*, hier mit «Scr. Long.» überschrieben, tragen in der Vorlage die Überschrift „Scrupula Longitudin.“; Spalte (3) von Bl. *II, 252^v* und Spalte (6) von Bl. *II, 260*, hier mit «Gr. ☉ — π» gekennzeichnet, tragen in der Vorlage die Überschrift „Gr. Distan. ☉ ab Apogaeo Lunae“; schließlich steht die Kennzeichnung «Cresc. ☾» von Bl. *II, 252^v* für „Crescent. ☾“ in der Vorlage.

II, 273–275^v Die Tabellen der Blätter *II, 273, 274^v u. 275* sind zur Entnahme der Evektion eingerichtet und für die Berechnung der Mondephemeride des Jahres 1621 verwendet worden. Dabei folgt Kepler der sexagesimalen Schreibweise, indem er die Evektion E berechnet nach

$$(17) \quad E = 60' \cdot A \cdot B \quad \text{mit } A = \cos (\odot - \pi) \\ B = \sin (\text{☾} - \odot).$$

In *II, 273* berücksichtigt Kepler in der Darstellung der „Scrupula menstrua Longitudinis“ noch eine kleine Korrekturgröße C mit

$$(18) \quad C = 1' 19'' \sin 2 (\odot - \pi).$$

Das Vorzeichen von C richtet sich danach, in welchem Quadranten sich das jährliche Argument $(\odot - \pi)$ befindet. Hierbei läßt Kepler

$$\begin{aligned} &\text{für } 0 \leq (\odot - \pi) \leq 90^\circ \text{ und} \\ &\quad 270 \leq (\odot - \pi) \leq 360^\circ \text{ den Mond zunehmen (☾),} \\ &\text{für } 90 \leq (\odot - \pi) \leq 270^\circ \text{ den Mond abnehmen (☾).} \end{aligned}$$

Der Mond wird also so betrachtet, als ob er sich in einem Abstand von 90° vom Apogäum befände. Die Größe C erhält positives Vorzeichen (Titel „Adde“) für den zunehmenden Mond, negatives Vorzeichen (Titel „Subtrahe“) für den abnehmenden Mond.

Faktor B von Gleichung (17), hier für die weitere Darstellung der monatlichen Gleichung mit $150'.5$ multipliziert und als „aequatio plena“ bezeichnet, ist in *II, 274^v u. 275* von Minute zu Minute tabuliert. Es ist

$$(19) \quad (\text{☾} - \odot) = \arcsin \frac{B}{150'.5}.$$

Die Distanz $(\text{☾} - \odot)$ erhält die Bezeichnung „primò aequata“, wenn der um die Mittelpunktsgleichung korrigierte Mondort herangezogen wird; die um die Evektion verbesserte wahre Anomalie heißt hier „Anomalía secundo coaequata“. Die Größe von B entspricht der Evektion für den Fall, daß die Richtung Erde—Sonne mit der Apsidenlinie zusammenfällt $(\odot - \pi = 0)$. Sonst ist bei der Bestimmung der zweiten Gleichung entsprechend (17) zu verfahren. Das Resultat ist die „portio competens aequationis“.

In Tab. *II, 274^v u. 275* läuft die „aequatio plena“ um $30''$ über $150'$ hinaus. Eingangswert für die Tafel ist nicht das „argumentum menstruum“ entsprechend (19), sondern der um die „aequatio plena“ vergrößerte Abstand des mittleren Mondortes (Spalte 1) bzw. der um diese verkleinerte Abstand des wahren Mondortes von der Sonne (Spalte 4). Die

entsprechenden Anomalien werden als „Anomalia temporaria“ und „Anomalia coaequata vera“ bezeichnet.

Diese Form der Tabulierung der Mondstrecken, die beide als „distantia ficta seu primo aequata“ benannt sind, steht in einem engen Zusammenhang mit der Unterscheidung des „mensis vacuus“ vom „mensis plenus“. Wenn das Mondapogäum in die Quadratur zu liegen kommt ($\odot - \pi = 90^\circ$) und die Evektion entsprechend (1) zu diesem Zeitpunkt zu Null wird, so daß die Gleichungen als „aequationes simplices“ auftreten, so geschieht das quasi im „mensis vacuus“. Umgekehrt, wenn die „linea copularum“ mit der Apsidenlinie zusammenfällt ($\odot - \pi = 0$) und gerade der maximal mögliche Betrag der Evektion in die Berechnung der Länge des Mondortes einfließt, so liegt ein derartiger Zeitpunkt quasi im „mensis plenus“. Ähnliches, auf die Lage der Knotenlinie bezüglich der „linea copularum“ übertragen, gilt auch für die Breitendarstellung (KGW VII, 450f.).

In der geometrischen Veranschaulichung der Evektion, an die die numerische Berechnung unmittelbar anknüpft, hat Kepler die „linea copularum“ als zweite Apsidenlinie ausgewiesen. Die Gleichung wird bezüglich der Geraden berechnet, die durch das Zentrum des Exzentrums parallel zur „linea copularum“ gezogen ist.

Diese Konstruktion führt zu zwei Korrekturen der bisherigen Berechnung: einmal ist das den Wert der Evektion darstellende Dreieck, das über die exzentrische Anomalie berechnet wird, auf die wahre Anomalie zu reduzieren; zum anderen ist als kleine Verbesserung die „particula exsors“ anzubringen, deren Maximalwert Kepler richtigerweise, wie aus dem Beispiel von Bl. II, 275^v zu sehen ist, für $(\odot - \pi) = 45^\circ$ mit $3' 17''$ angibt.

In der Kritik der unübersichtlichen Tabellen kommt Kepler selbst zu der Feststellung, daß diese verbessert werden sollten. Das demonstriert er näher an dem schon erwähnten Beispiel (II, 275^v u. 274).

Die wiedergegebenen Tabellenauszüge der Blätter II, 273 sowie II, 274^v u. 275 enthalten gewisse Vereinfachungen gegenüber der Vorlage. Auf II, 273 sind die Logarithmen der Scrupula weggelassen; die Spalten (1) und (2) sowie (5) und (6), hier mit $\langle \text{Dist. } \odot - \pi \rangle$ überschrieben, tragen in der Vorlage die am seitlichen Rand quergeschriebene Bezeichnung „Distantia Solis ab Apogaeo Lunae“. Ebenso sind in der Wiedergabe von II, 274^v u. 275 die Logarithmen der Werte der mit „aequatio plena“ überschriebenen Spalte weggelassen.

Innerhalb der Mondephemeriden bieten die Mss. II, 276ff. einiges Material über die Berechnung von Örtern an aufeinanderfolgenden Tagen. Dabei spielt die Tagbewegung des Mondes („diurnus“) eine wichtige Rolle. Sie ist jeweils der Ausgangsepoche bzw. dem Wert des zuletzt berechneten Tages hinzuzufügen, um den neuen Ort für den nächsten Tag zu erhalten. II, 276–278

Kepler verfährt zunächst in der Weise, daß er einzelne Tagbögen in verschiedener Anomalie für je zwei aufeinanderfolgende Grade berechnet, die Differenzen bildet und sie miteinander vergleicht. Bei entsprechend kleinen Differenzen erübrigt es sich dann für Tage mit Anomalien zwischen den Ausgangswerten, jeden Tagbogen neu zu berechnen. Die lineare Interpolation ist ausreichend.

In diesen Rechnungen geht Kepler von den Tychonischen Mondtabellen der „Progymnasmata“ (Op. Om. Tych. Brahei II, 98ff.) aus. Hier wird von der mittleren Bewegung aus in bezug auf das zeitlich veränderte Apogäum gerechnet. Die Variation wird entsprechend der Tychonischen Darstellung als „Epicycli correctio“ bezeichnet. Für die Örter von Neumond und Vollmond werden Evektion und Variation zu 0, so daß hier nur die Mittelpunktsgleichung zu berücksichtigen ist.

Es sei ein Beispiel von Bl. II,277^v wiedergegeben. Es betragen

| | |
|---|------------|
| Tagesbewegung in mittlerer Anomalie | 13° 3' 54" |
| Mittelpunktsgleichung nach Tycho | |
| („Prosthaphaeresis Epicyclia“) (Op. Omn. | |
| Tych. Brahei II, 111, „Tabula Prosthaphaeresium“) | 1. 5.44 |
| Tagesbewegung in wahrer Anomalie | 11. 58.10 |

Wird die Länge des Mondortes in der Ekliptik berechnet, so muß die Tagbewegung des Apogäums, für die Kepler hier 11' 36" angibt (in den Tab. Rud.: 6' 41"), hinzugefügt werden. Für die Ausgangsanomalie von 0° mit dem Mondort in den Syzygien (☉ — π = 0) beträgt der Tagbogen 12° 9' 46".

Nachdem Kepler auf Bl. 276^v berechnet hat, um welchen Betrag die Tagbögen für 1° Differenz in Anomalie an verschiedenen Stellen der Bahn auseinanderliegen, werden, ausgehend von den auf II,276^v u. 277 berechneten Tagbewegungen, durch einfache Differenzenbildung die übrigen Tagbögen für die dazwischenliegenden Anomalien berechnet. Das soll wiederum an einem Beispiel gezeigt werden.

Die Rechnungen auf Bl. II,276^v ergeben:

| | | |
|-------------|----------------------|-----------|
| für M = 30° | Tagbewegung 12.21.31 | Diff. 39" |
| M = 31° | 12.22.10 | |

Kepler erhält für die Anomalien

| | |
|-----|--------------|
| M | die Tagbögen |
| 0° | 12° 9' 46" |
| 30 | 12.21.31 |
| 60 | 12.47.16 |
| 90 | 13.21.17 |
| 120 | 13.54.50 |
| 150 | 14.19.11 |
| 180 | 14.25. 3 |

So bestimmt er beispielsweise für $30^\circ \leq M \leq 60^\circ$ die Tagbögen durch nichtlineare Interpolation, indem er, ausgehend von der früher berechneten Differenz von 39" der Tagbögen für den ersten Grad des hier betrachteten Intervalles, durch die kontinuierliche Vergrößerung der folgenden Differenzen die gesuchten Bogen ermittelt. Dementsprechend findet sich auf Bl. II,278 eine nicht ganz zu Ende geführte Tabelle der Tagbögen, die von Bahnpunkten mit den obigen runden Werten in mittlerer Anomalie – entsprechend in der Tychonischen Darstellung: im Zentrum des Epizykels auf der Peripherie des exzentrischen Kreises – in den einzelnen Spalten der Tabelle ihren Ausgang nehmen. Werden zu den Werten der Tagbögen die mittleren Anomalien nebst den Differenzen der Bögen geschrieben, so ergibt sich für das obige Intervall auszugsweise:

| M | Tagbogen d | Δd |
|-----|-------------|-----|
| 30° | 12° 21' 31" | 39" |
| 31 | 12.22.10 | |
| 32 | 12.22.50 | 40 |
| 33 | 12.23.30 | 41 |

| M | Tagbogend | Δd |
|------|-----------|--|
| 34 | 12.24.11 | 42
43
...} |
| 35 | 12.24.53 | |
| 36 | 12.25.36 | |
| {... | | |
| 54 | 12.41.12 | 60
61
60
61
61
61
61 |
| 55 | 12.42.12 | |
| 56 | 12.43.13 | |
| 57 | 12.44.13 | |
| 58 | 12.45.14 | |
| 59 | 12.46.15 | |
| 60 | 12.47.16 | |

Diese Bögen sind also ohne die monatlichen Gleichungen über die Tychonische „Tabula Prosthaphaeresium Lunarium“ bestimmt; sie gelten demnach nur für Zeitpunkte des „mensis vacuus“, die gerade in die Syzygienpunkte fallen.

Die Materialien zu den Tagbewegungen des Mondes sind durch die knappen oder fehlenden Kommentare Keplers nicht immer deutlich zu entschlüsseln. Das gilt ebenso für die nachfolgenden, hier nicht wiedergegebenen Mss. (II,279^v–281^v ohne 280^v). Sie enthalten auf II,279^v u. 280 in 14 Spalten – die am oberen und unteren Rand mit den aufeinanderfolgenden Buchstaben des Alphabets für die richtige Anordnung gekennzeichnet sind – ca. 400 Werte, auf II,281 in 7 Spalten 180 Werte, die jeweils gerade um die mittlere Tagbewegung in Anomalie von 13° 3′ 54″ auseinanderliegen. Schließlich sind auf Bl. II,281^v unter der Überschrift „Diductio motus apogaei“ 73 Werte zur täglichen Bewegung des Mondapogäums tabuliert. Sie differieren in Übereinstimmung mit vorangegangenen Rechnungen von Bl. II,277^v jeweils um den Betrag von 11′ 36″ $\frac{33''}{73}$, um einen Betrag, der sich offensichtlich aus der Division der Apogäumsbewegung innerhalb eines Zeitraums von einem Jahr oder mehreren Jahren durch 365 oder ein Vielfaches davon ergeben hat.

Eine Einschätzung der vorliegenden Blätter ist schwierig. Möglicherweise handelt es sich um Vorarbeiten zur Berechnung der Mondephemeride für das Jahr 1607, wie die Überschrift „Pro Ephemeride) anno 1607“ beweisen könnte. Daß eine derartige Ephemeride in der Tat von Kepler vorgesehen war, geht aus seinem Brief an Herwart von Hohenburg in München vom 13. Januar 1606 hervor. Am Schluß dieses Briefes schreibt Kepler (KGW XV, 300):

„Laborau in Hespero nonnihil, ex quo redij, sic et in Lunâ, vbi nouas cudi tabulas, vt Luna caeteris fiat similis. Ex ijs iam est facta Ephemeris opera Studiosi“.

In diesen Blättern geht es um die Bestimmung der wahren Stundenbewegung des Mondes, die für Ephemeriden- und Finsternisberechnungen ein unentbehrliches Hilfsmittel darstellt. Aus dem Tatbestand, daß Kepler hier noch einen doppelten Weg unterscheidet – einmal die Rechnung für zwei Exzentrizitäten („per duas Eccentricitates“), zum anderen die für eine zusammengesetzte Exzentrizität („per unam compositam“) –, ist für die Abfassung der vorliegenden Texte, Rechnungen und Tabellen der Zeitraum zwischen 1618 und 1619 anzunehmen. Zu dieser Zeit hat Kepler die endgültige Mondtheorie noch nicht fertiggestellt, er schwankt zwischen den Hypothesen der getrennten (a) und der zusammengesetzten Exzentrizität (b). So schreibt er in der Vorrede an den Leser zur Ephemeride II, 291–293

von 1619, daß beide Hypothesen vorteilhaft gehandhabt werden können („compendiosius tractari posse“), außer bei der Tafel der Tagbögen (KGW XI/1).

Entsprechend Hypothese (a) laufen die „Scrupula Longitudinis“, die zur Berechnung des monatlichen Teils der Gleichung – hier: „portio prosthaphaeretica“ – benötigt werden, von 0 bis 60 etwa im Anschluß an Bl. II,214, während sie entsprechend Hypothese (b) von 0 bis 30 etwa im Anschluß an II,220 laufen.

Ein gesonderter Abschnitt ist der Stundenbewegung des Neu- und Vollmondes gewidmet („Luna in copulis“), und auch hier werden wieder die beiden Wege in der Berechnung der wahren Bewegung des Mondes unterschieden. Zunächst zur Hypothese (b). Über die durch die einfache Prosthaphaeresis der Längenbewegung des Mondes ausgeglichene („primo aequata“) Distanz ($\odot - \pi$), die hier die Anomalie des Mondes selbst darstellt, sind die Summen der „aequatio soluta“ und „aequatio menstrua“ als „aequationes novae“ zu bilden. Mit ihnen werden die „Scrupula menstrua“ multipliziert, die Produkte werden den Mondörtern hinzugefügt. Für die Summen der Gleichungen, von denen die Evекtion nahezu gleich der Hälfte der Mittelpunktsgleichung ist, hat Kepler eine gesonderte Tafel auf Bl. II,293^v eingerichtet, die in den Materialien nicht wiedergegeben ist. Wie Tab. II,293 umspannt diese Tabelle ein Feld von 14 Spalten (0 bis 13^d) und 24 Zeilen (1 bis 24^h). Sie enthält neben den erwähnten Gleichungen in den Spalten 0 bis 4^d die Differenzen zwischen aufeinanderfolgenden Werten. Es sei ein kurzer Auszug mitgeteilt.

| Horae | 0 | 1 | {...} | 12 | 13 |
|-------|---------|---------|-------|---------|---------|
| | 4. 3 | | | | |
| 1 | 0. 4. 3 | 1.40.32 | {...} | 3. 2. 3 | 1.19.36 |
| | 4. 3 | 3.58 | | | |
| 2 | 0. 8. 6 | 1.44.30 | | 2.58.26 | 1.15. 8 |
| | 4. 3 | 3.57 | | | |
| 3 | 0.12. 9 | 1.48.27 | | 2.54.18 | 1.10.39 |
| | 4. 3 | 3.57 | | | |
| 4 | 0.16.12 | 1.52.24 | | 2.50. 9 | 1. 6. 9 |
| {...} | | | | | {...} |
| | 3.59 | 3.45 | | | |
| 21 | 1.24.37 | 2.57.46 | | 1.37.21 | |
| | 3.59 | 3.44 | | | |
| 22 | 1.28.36 | 3. 1.30 | | 1.32.55 | |
| | 3.59 | 3.44 | | | |
| 23 | 1.32.35 | 3. 5.14 | | 1.28.30 | |
| | 3.58 | 3.43 | | | |
| 24 | 1.36.33 | 3. 8.57 | | 1.24. 3 | |
| | 3.59 | 3.42 | {...} | | |

Anschaulicher durch das Beispiel von Bl. II,292 sieht der Berechnungsweg nach der Hypothese der getrennten Exzentrizität (a) aus. Es ist ersichtlich, daß, da $(\text{D} - \odot)$ stets $< 1^\circ$, Kepler als monatliche Prosthaphaeresis der Stundenbewegung entweder den Wert von $2'29''$ in dem Bahnstück vor und nach dem Apogäum (hier: „aequatiuncula Apogaea“) oder den Wert von $2'46''$ in dem Bahnstück vor und nach dem Perigäum (hier: „aequatiuncula Perigaea“) verwendet. Diese Werte ergeben sich als die halben Beträge der Mittelpunktsgleichung des Mondes für den ersten bzw. letzten Grad der Anomalie inner-

halb des durch die Apsidenlinie halbierten Exzenters. Sie sind auf den Betrag der Stundenbewegung umzurechnen, d. h. sexagesimal mit dem Betrag des „horarius fictus“ zu multiplizieren. Bei der Variation wird der Form von Tab. II, 215 gefolgt.

Zur weiteren Veranschaulichung sei nun die Rechnung von Bl. II, 292 erläutert.

Aus der anomalistischen Periode des Mondes von $27^d 13^h 18^{min} 35^{sec}$ leitet sich die stündliche Mondbewegung von $32' 56'' 27'''$ bzw. von $32' 39'' 45'''$ (gegen die bewegliche Apsidenlinie gerechnet) ab. Der zweite Wert ist als „Modulus horarij Anomaliae“ Ausgangswert der Rechnung; er wird über die Mittelpunktsungleichung für die mittlere Anomalie von $32' 40''$ und über die Stundenbewegung des Apogäums des Mondes in die „fiktive“ Stundenbewegung, den „fictus Horarius ab aequinoctio“, umgerechnet ($= 30' 15''$). Die dieser entsprechende „distantia ficta“ des Mondes von der Sonne ist Argument für den zureichenden Teil der monatlichen Gleichung („portio competens“). Insgesamt werden unterschieden: der um die Mittelpunktsungleichung korrigierte Mondort („locus fictus“); der außerdem noch um die Evektion korrigierte Ort („pene verus“); der dazu noch um die Variation korrigierte Ort („absolutè verus“).

Die wahren Stundenbewegungen des Mondes sind auf Bl. II, 293 verzeichnet. Diese Tabelle enthält außerdem noch die Mittelpunktsungleichungen (hier: „Aequationes simplices“) der durch die Tage und Stunden gekennzeichneten Bahnanomalien.

Die Ausführungen auf Bl. II, 292^v beziehen sich nicht auf die wahren Stundenbewegungen, sondern erläutern, wie die Tabelle der fiktiven Tagbewegungen über die entsprechenden Stundenbewegungen bestimmt werden kann. Eine derartige Tabelle ist in den Tab. Rud. enthalten (KGW X, Tafelteil, 96f.). Das Apogäum wird so vorgegeben, daß nur die Mittelpunktsungleichung hereinspielt, die Zeitpunkte also quasi im „mensis vacuus“ liegen. Da das Apogäum den gesamten Tag hindurch fixiert ist, in Wirklichkeit aber eine Bewegung von $6' 41''$ ausführt, wird es nach 5 Tagen um den Betrag der stündlichen Bewegung des Mondes vorwärts verlegt. Durch diesen Kunstgriff wird ein kleiner Fehler gemacht, der – entsprechend der veränderten Richtung der Apsidenlinie – gleich der Mittelpunktsungleichung der stündlichen Bewegung ist und für den Mondort im Apogäum zwischen $\pm 1' 21''$ schwankt. Für den Tabellenentwurf sieht Kepler vor, die Bewegung der Apogäumsrichtung durch ein Vorwärtsspringen in Einheiten der stündlichen Bewegung des Mondes darzustellen. Dadurch kann das Apogäum bisweilen vorseilen („Character Acc.“ = acceleratus), bisweilen auch gegenüber der tatsächlichen Richtung zurückbleiben („Character Tar.“ = tardus).

Ob unter Beachtung dieser Vorschrift wirklich eine Tabelle berechnet wurde, ist nicht sicher; Bl. II, 292^v zeigt lediglich einen fragmentarischen Entwurf. Auf Bl. II, 294 findet sich unter dem Titel „Diurnj ficti. Cyclus diurnorum 248 fictorum seu aequatione soluta simplicij affectorum“ eine Aufstellung von 128 Tagbögen.

Hieraus sei ein Auszug mitgeteilt.

| | (1) | (2) |
|----------|-------|----------|
| H. o. o | 1 | 12. 6.13 |
| | 2 | 12. 9. 0 |
| | 3 | 12.14.57 |
| | {...} | |
| H. 21.23 | 55 | 12. 6.22 |
| | 56 | 12. 6. 4 |
| | 57 | 12. 8.33 |
| | {...} | |

| | | |
|----------|-------|----------|
| | 110 | 12. 6.33 |
| H. 18.46 | 111 | 12. 5.58 |
| | 112 | 12. 8. 8 |
| | {...} | |
| | 126 | 14.17.38 |
| | 127 | 14. 9.28 |
| | 128 | 13.57.58 |

Spalte (1) trägt die Überschrift: „Dies a capite cycli, quod Lunam ipso meridie puncto in Apogaeo habet“; Spalte (2) enthält die „Durnj ficti“. Die Uhrzeiten gelten für die danebenstehenden Tage und zeigen die genauen Zeitpunkte an, zu denen sich der Mond im Apogäum aufhält.

Am Schluß von Bl. *II*, 294 schreibt Kepler in der Datierung vom 3. Dezember 1621: „Haec tabula correctius est composita et continuata a Gringalleto.“

Diese Bemerkung zeigt nicht nur, daß Kepler sich mit der Berechnung der Tag- und Stundenbewegung des Mondes als einem wichtigen Problem der Ephemeridenrechnungen über Jahre hinweg beschäftigt hat; sie spricht auch von der Gewissenhaftigkeit des Astronomen, der hier den Anteil seines Gehilfen Gringalletus der Jahre 1617 bis 1620 an der Bearbeitung des genannten Problems festhält.

II, 322–323 Diese Mss. tragen auffallend viele zeitliche Datierungen. Sie sind zu einer Zeit geschrieben, als die Bücher V–VII der „Epitome“ fertiggestellt und in Frankfurt/Main gedruckt wurden, als also die Keplersche Mondtheorie ihre endgültige Form erhält. Die Veränderung der Theorie der Mondbewegung geht auch aus den vorliegenden Ausführungen Keplers hervor, die in einem unmittelbaren Zusammenhang mit der Berechnung der Ephemeriden jener Jahre stehen.

Wie schon in den Erläuterungen zu den Mss. *II*, 273–275^v skizziert, sind die wichtigsten Änderungen in der Einführung einer doppelten Apsidenlinie der Mondbahn, einer doppelten Exzentrizität und in der Form der Berechnung der monatlichen Gleichungen zu sehen, in der ein additives Glied, die „particula exsors“, berücksichtigt wird (KGW VII, 442ff. u. KGW X, 168ff.).

Im unteren Teil von Bl. *II*, 322 wird der maximale Wert der „particula exsors“ berechnet. Mit dem Radius des exzentrischen Kreises

$$\begin{aligned}
 r &= 100000 && \text{und der Exzentrizität} \\
 e &= 4362 && \text{ergeben sich:} \\
 e^2 &= 19030000 \\
 \frac{1}{2}e^2 &= 9515000 && \text{als Maß der „particula exsors“} \\
 \frac{1}{2}er &= 21810000 && \text{als Maß der „aequatio menstrua“}.
 \end{aligned}$$

Wird der „aequatio menstrua“ der Wert von 150' zugewiesen, indem das Verhältnis der Fläche des Dreiecks, das die „aequatio menstrua“ repräsentiert, zur gleich 180° gesetzten Fläche des Halbkreises des Exzenters gebildet wird, so ergibt sich in gleicher Weise aus dem Verhältnis entsprechender Flächen für die „particula exsors“ ein Wert von 6' 33", der noch zu halbieren ist.

Anschließend wird erläutert, wie aus der wahren Anomalie („Anomalia primò aequata“) über die monatlichen Gleichungen des Mondes die verbesserte Anomalie und der korrigierte Mondort bestimmt werden. Für ein Beispiel, wie nun ein Mondort zu berechnen ist, verweist Kepler auf seinen Brief an den in Frankfurt/Oder wirkenden Professor der Mathe-

matik David Origanus. Dieser Brief vom 3. November 1621 (KWG XVIII, 75 ff.), in dem Kepler auf einige kritische Äußerungen von Origanus zu seinen Mondrechnungen antwortet, verdeutlicht sein Verfahren. Ebenso geht aus dem Brief hervor, daß Kepler noch nicht die Form der Tychonischen Variation übernommen hat. Die Verbesserungen durch die monatlichen Gleichungen werden entweder direkt an den Mondort angebracht oder als Korrekturen der der mittleren Anomalie entsprechenden mittleren Ortszeit für Huenna interpretiert. Die mittlere Tagbewegung des Mondes von $13^{\circ}3'54''$ ist dann gleich der Zeitdifferenz von 24 Stunden gesetzt.

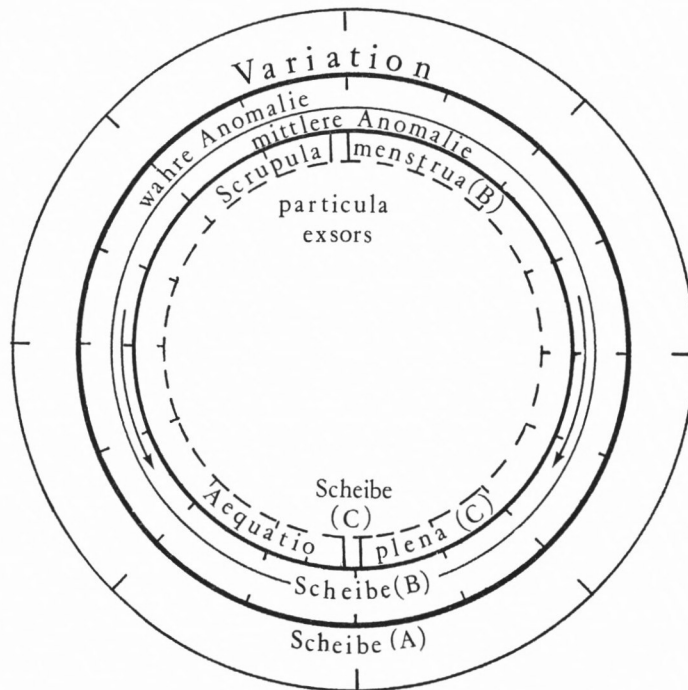


Abb. 6. Rotula von Kepler.

Das Hauptstück der Mss. besteht in der Beschreibung eines mechanischen Hilfsmittels zur Berechnung der Mondörter, das aus einer Anzahl teils beweglicher, teils unbeweglicher Kreise oder Scheibchen („rotulae“) zusammengesetzt ist und hier als „Rotula“ bezeichnet werden soll. Aus den verschiedenen Entwürfen der Rotula in den Mss., zu denen auch das hier nicht wiedergegebene Bl. II, 264^v gehört, ist, ohne daß allerdings eine Skizze vorhanden wäre, ersichtlich, daß das Gerät aus drei Scheiben besteht, deren mittlere allein beweglich ist. Die Scheiben sind folgendermaßen angeordnet (Abb. 6): Die äußere unbewegliche Scheibe (A) trägt die Variation. Entsprechend Bl. II, 264^v wird über Transversallinien („lineolae transversales“) abgelesen. Die anschließende bewegliche Scheibe (B) besitzt am äußeren Rand die Teilung der wahren Anomalie („Anomalia primò aequata“), weiter innen die in mittlerer Anomalie und trägt schließlich am inneren Rand die „Scrupula menstrua“, entweder als doppelte oder als einfache Scrupula. Auf der inneren, wieder unbeweglichen Scheibe (C) ist außen in einem die innerste Skala der Scheibe B verdeckenden Ring die „aequatio menstrua plena“ angeordnet; nur an zwei Stellen, bei denen für $(\text{J}) - (\text{O}) = 180,360^{\circ}$ die Gleichung zu Null wird, sind Einschnitte gemacht, unter denen die „Scrupula menstrua“ hervortreten können. Schließlich trägt der innere Teil der

Scheibe C eine Tabelle der „particula exsors“. Es sind zur Bildung der zweiten Gleichung die Scrupula mit der „aequatio“ zu multiplizieren bzw. ihre Logarithmen zu addieren, und dem Produkt ist die „particula“ hinzuzufügen.

Wie nun die Rotula im einzelnen arbeitet, ist nicht ersichtlich. Der Beschreibung ist allenfalls zu entnehmen, daß kleine Federn („pinnulae“) die Bewegung der mittleren Scheibe B gewährleisten. Die Rotula bietet offenbar gewisse Rechenerleichterungen, ohne daß die Rechnung selbst völlig erspart bleibt. Es handelt sich also um eine Art tabellarisch-mechanisches Hilfsmittel zur Berechnung von Mondörtern im Zusammenhang mit der Ephemeridenrechnung der Jahre 1621/22.

Daß die Rotula tatsächlich hergestellt und benutzt worden ist, zeigt die Überschrift von Bl. II, 264^v „Pro usu Rotulae)), quam feci 1621 Majo“ sowie der mehrmalige Hinweis in den hier wiedergegebenen Mss., daß die Rotula entsprechenden Tafeln äquivalent sei. Mit anderen Worten: Die Verwendung der Rotula vereinfacht die Mondrechnungen, indem die Benutzung der Tafeln, wie die der Mss. II, 217, 273, 274^v u. 275, sich erübrigt und die einzelnen Werte durch einfache mechanische Handgriffe an einer einzigen in sich komplexen Vorrichtung bestimmt werden können. Damit befindet sich Kepler ganz in der Tradition der Spätrenaissance, alle nur erdenklichen mechanischen Hilfsmittel in den Dienst der aufblühenden mathematischen Wissenschaften zu stellen.

Es ist gut möglich, daß Kepler zur Konstruktion der Rotula durch seinen Tübinger Freund Wilhelm Schickard angeregt wurde, mit dem er eine rege Korrespondenz über fachliche Fragen führte. So wußte Schickard auch, daß Kepler astronomische Tafeln vorbereitete und damit zusammenhängend Ephemeriden berechnete. Am 1. April 1618 schrieb Schickard an Kepler:

„Quod tu recentissimo et correctissimo Rudolfino calculo, primus nuper accuratè praestitisti, id ego ex Copernicanis hypothesibus, circino et Regulâ, mechanicè, proinde crassiori Minervâ, imitarj anhelò.“ (KGW XVII, 262).

Was hier mit „Zirkel und Lineal, auf mechanische Weise und mit schlichtem Hausverstand“ von Schickard zu leisten versucht wird, nämlich langwierige Berechnungen von astronomischen Örtern durch graphische Methoden zu erleichtern bzw. zu ersetzen, besaß in Tübingen in den Arbeiten von Johannes Stöffler und Philipp Apian eine ausgezeichnete Tradition (Schickard 1978, 129), an die Schickard mit seiner Trigonometrie ohne Tafeln, mit neuartigen instrumentellen und graphischen Verfahren vortrefflich anknüpfen konnte. Auch der besondere Umstand, daß Kepler im Jahr 1621 zweimal in Tübingen mit ihm zusammentraf, unterstreicht die Möglichkeit der Hilfestellung Schickards bei der Konstruktion und Anfertigung der Keplerschen Rotula.

II, 328

Die vorliegende, in einem Auszug wiedergegebene Tabelle gibt in den einzelnen Feldern die Größe der Mittelpunktsgleichung für das in Stunden und Tagen ausgedrückte Zeitintervall an, um das der Mond vom Durchgang durch das Apogäum („Apogaeitas“) entfernt ist. Das Argument der Tafel ist die anomalistische Mondperiode von $a = 27^h 13^d 18^m 35^s$, nach deren Verlauf der Mond zum Apogäum zurückgekehrt ist (Zeitpunkt A). Für einen Bahnort zur Zeit T nach dem Apogäumsdurchgang ($T > A$) gilt ebenso eine zweite Zeitangabe T' mit $\Delta T = a - (T - A)$, in der ΔT die Zeitdifferenz zum nächsten Apogäumsdurchgang bezeichnet und für die, da stets vom Apogäum ausgegangen wird, die Gleichung das Vorzeichen umkehrt. Aus diesem Grund ist es nicht erforderlich, die Anzahl der Stunden über 14 hinaus auszudehnen.

Die Tafel erlaubt die schrittweise Berechnung der wahren Stundenbewegung des Mondes bezüglich der „Apogaeitas“ in Verbindung mit den entsprechenden Tafeln der fiktiven

Bewegungen und der monatlichen Gleichungen. Dementsprechend bringt Kepler sie mit fol. 509 (*II, 293*) in Verbindung.

In der Vorlage selbst sind die „Dies Revolutionis“ in einer gemeinsamen Mittelspalte tabuliert und die Werte der Gleichung für die „Horae ante Apogaeitatem“ links, die für die „Horae post Apogaeitatem“ rechts von der Mittelspalte in einer einzigen Tafel angeordnet.

Bl. *II, 328* ist ein Beispiel aus einem ganzen Bündel von Tafeln. Ihm folgen:

eine Aufstellung für das „Argumentum menstruum“ von 0 bis 90° in Gradabstand mit entsprechenden Hinzufügungen oder Ergänzungen für die anderen Quadranten des Kreises (*II, 328^v*);

„Tabula Logarithmorum aequationis menstruae seu scrupulorum proportionalium cum Particula Exsorte“ für das Argument von *II, 328^v* vom 19. Dezember 1622 (*II, 329*);

„Tabula Reductionis Logarithmorum in Gradus et scrupula aequationis menstruae fermentatae“, die aus dem innersten Teil der früher beschriebenen Rotula (*II, 322–323*) übertragen und hier auf 20"-Intervalle der monatlichen Gleichung ausgedehnt wurde (*II, 330*); dieselbe Tabelle der Logarithmen wird dann auf die Unterteilung in 10"-Intervalle verfeinert (*II, 330^v*);

schließlich wird unter der Überschrift „Tabula pag. 587 perperam inchoata“ eine gegenüber *II, 329* ein wenig veränderte Tabelle nebst entsprechenden Regeln über das Vorzeichen der „particula exsors“ und Anweisungen für die Benutzung der Tabelle unter dem Datum vom 19. Dezember 1622 vorgelegt (*II, 331*).

Insgesamt dokumentieren diese Tabellen vom Jahresende 1622, wie Kepler in der Vorbereitung der „Tabulae Rudolphinae“ auf der Grundlage seiner endgültigen Theorie der Mondbewegung nach einem übersichtlichen und genau strukturierten Weg sucht, Ephemeriden logarithmisch zu berechnen.

In klarer und übersichtlicher Form erläutert Kepler in den vorliegenden Mss., wie die *II, 346–360* Mondephemeriden zu berechnen und in welcher Weise die entsprechenden Tabellen einzurichten sind. Zu welcher Zeit er seine Ausführungen des ersten Teils (*II, 346–347^v*) niedergeschrieben hat, geht hieraus nicht hervor; jedoch stehen die anschließenden Erläuterungen auf Bl. *II, 348* zu Punkt XII vom 11. Juli 1620 unter der Überschrift: „Ex hypothesi 11 Apr: 1620 renovatâ“. Aus dem Text geht hervor, daß Kepler zu dieser Zeit noch nicht alle für die Ephemeridenrechnung erforderlichen Tafeln, wie sie ja auch Eingang in die Tab. Rud. (KGW X) gefunden haben, fertiggestellt hat und er sich mit den Tafelwerken von Maginus und Brahe behelfen muß.

Maginus, mit dem Kepler schon 1610 Ephemeriden in gemeinsamer Arbeit berechnen wollte (KGW XVI, 295), hatte nicht nur Ausgaben eigener Ephemeriden veröffentlicht, sondern 1585 auch seine mit den Prutenischen Tafeln weitgehend übereinstimmenden Tafeln zur Mond- und Planetenbewegung unter dem Titel „Tabulae secundorum mobilium coelestium“ herausgebracht. Auf der Grundlage des ersten Buches von Brahes „Progymnasmata“ hatte Kepler schließlich selbst eine „Transformatio Hypotheseos et Tabularum Lunarium“ (*Wien Nat. Bibl. Cod. 10686^{88–89}*, Bl. 1–16; *Kepler-Mss. Pulkowo II, 75–80 u. II, 148–164*) in den Jahren 1601 bis 1603 verfaßt und von seinem Gehilfen Matthias Seiffart abschreiben lassen (KGW XV, 135). Auf beide Werke, von denen die „Transformatio“ trotz der Bemühung seines Gönners Herwart von Hohenburg unveröffentlicht blieb und erst bei Frisch nahezu vollständig abgedruckt wurde (Op. Om. III, 707–717), konnte

Kepler nun für einzelne Sonnen- und Monddaten zurückgreifen, für die Sonne auf das Werk des Maginus, für den Mond vor allem auf die „Transformatio“.

In seinen Ausführungen zeigt Kepler, daß infolge der Abhängigkeit der Gleichungen der Mondbewegung vom Stand der Sonne die Berechnung der Mondephemeriden dann am sinnvollsten und am einfachsten ist, wenn zuvor die Sonnenephemeriden für denselben Zeitraum berechnet sind (Punkte I bis V). Hierbei bezeichnet er den Ort am Mittag eines bestimmten Tages, der dem Apogäum am nächsten liegt, als „Radix Ephemeridis Solis“. Von hier aus werden über die Tagbewegung der Sonne die Örter im Abstand von 10 zu 10^4 bestimmt, dazwischenliegende Örter werden durch Interpolation ermittelt.

Ähnlich wird für die durch die Mittelpunktsgleichung einfach korrigierten Mondörter („loci ficti“) verfahren. Die monatlichen Gleichungen Evektion und Variation werden auf 20" genau den Tabellen entnommen. Der über sie berechnete wahre Bahnort („locus verus orbitae“) wird über die einfache Mondbreite (hier: „Latitudo Lunae aequabilis“), die sich über den Knotenabstand des Mondes berechnet, auf die Ekliptik reduziert. Schließlich wird entsprechend dem Braheschen Verfahren der „Progymnasmata“ die wahre Breite gebildet, indem zur einfachen Breite ein monatlicher Teil hinzugenommen wird. Beides, Reduktion des Bahnortes auf die Ekliptik und die „portio latitudinis menstrua“, werden in einem gemeinsamen Gang berechnet ähnlich wie in den Tab. Rud. (vgl. N. K. 2, 51).

Aufschlußreich ist, daß Kepler hier noch von einer Korrelation der zweiten Gleichung mit der dichotomen Mondphase ausgeht (vgl. II, 214ff.), sich hier also noch bei einer Übergangsform seiner Mondtheorie befindet. Hat er jedoch früher in Anlehnung an die antike Astronomie ein Verhältnis der Bahnhalbmesser von Sonne und Mond von 1 : 23 angenommen, so vermutet er nun, daß dieses Verhältnis 1 : 60 beträgt (entsprechend die Differenz zwischen dichotomer Phase und Quadratur $57' 18''$), woraus sich eine Bewegung des Mondes gegen die Sonne „von nicht mehr als zwei Stunden“ ergibt. Diese astronomische Beschreibung schließt Kepler mit der an harmonikale Vorstellungen anknüpfenden Feststellung ab, daß der Durchmesser der Mondbahn die mittlere Proportionale zwischen dem Durchmesser der Sonnenbahn und dem der Erde sei (II, 347, Punkt VIII).

In der „Epitome Astronomiae Copernicanae“ finden sich hierzu einige Erläuterungen (KGW VII, 280).

Es sei der Halbmesser der Sonnenbahn $a = 3469\frac{1}{3}$, wenn der Halbmesser der Erde $R = 1$ gesetzt ist. Dann ist der Halbmesser der Mondbahn m

$$m = \sqrt[3]{a \cdot R} = 58.9,$$

während in Wirklichkeit für die mittleren Dimensionen die Beziehung

$$\sqrt[3]{a \cdot R} = 2.5 \, m \quad \text{gilt.}$$

Umgekehrt ergibt sich (KGW VII, 280) (mit dem Halbmesser des Mondes r)

$$\text{mit } r = 100000$$

$$m = 22\,918\,166 \text{ nach}$$

$$R = \sqrt[3]{m \, r^3}$$

$$R = 398085, \text{ woraus sich, } R = 1 \text{ gesetzt, wiederum } m \text{ zu}$$

$$m = 58.9 \text{ berechnet.}$$

In den Änderungen vom 22. Juli 1620 (II, 350) legt Kepler besonderen Wert auf die Differenzbewegung von Sonne und Mondknoten ($\odot - \oslash$) einerseits, von Mondapogäum und Knoten ($\pi - \oslash$) andererseits. Dadurch treten gewisse Erleichterungen für die Rechnung ein, während das Verfahren selbst im Prinzip unverändert bleibt.

Schließlich überlegt Kepler im letzten der hier vorgelegten Mond-Mss. (II, 360), inwieweit die Tafel der monatlichen Gleichungen eine optimale Form erhalten könnte – sei es in einer rechteckigen oder kreisförmigen Gestalt –, wenn von einer gleichmäßigen Teilung des Sinus des „argumentum annuum“ ($\odot - \pi$) in 150 bzw. 180 Teile ausgegangen wird. Hier, mit dem Datum vom 5. Februar 1623, ist der Übergang zur endgültigen Theorie der Mondbewegung mit der Annahme der Tychonischen Form der Variation bereits vollzogen. Die anschließenden Überlegungen leiten von den Ephemeridenrechnungen zur Strukturierung der „Tabulae Rudolphinae“ über.

SONNEN-EPHEMERIDEN

III, 119^v–127^v Wie fundamental die Sonnen-Ephemeride für die Berechnung der Mond-Ephemeride ist, so einfach ist ihre Berechnung. Hierfür ist Voraussetzung, daß für die scheinbare Sonnenbewegung als einfache elliptische Bewegung in der Ekliptik die Bahnparameter, nämlich Exzentrizität, Richtung des Apogäums, Umlaufperiode der Sonne in der Bahn, Größe der Apsidenbewegung und der Zeitpunkt, zu dem die Sonne durch das Apogäum läuft, bekannt sind.

In zwei nur geringfügig voneinander abweichenden Varianten erläutert Kepler in den vorliegenden Mss. die Berechnung der Sonnen-Ephemeriden (*III, 126 u. 126^v*). Ausgangswert ist der Meridianort der Sonne, der im Apogäum oder diesem am nächsten liegt und als „Radix“ der Ephemeride bezeichnet wird (*III, 127^v u. II, 346*). Dann ist für einen gegebenen Zeitpunkt die Zeitdifferenz in Tagen und Stunden zu bilden, um die der zu berechnende Sonnenort von der Radix entfernt ist, und in wahre Bewegung der Sonne umzurechnen.

Als Periode der mittleren Bewegung der Sonne wird das tropische Jahr mit $365^d 5^h 49^{mn}$ angesetzt. Da die Sonnenbewegung auf das bewegliche Apogäum (mit der mittleren jährlichen Bewegung von $63''$) bezogen ist, wird als Periode der Sonnenbewegung das anomalistische Jahr zugrunde gelegt, das hier nach Kepler – um 26^{mn} größer als das tropische Jahr – mit $365^d 6^h 15^{mn}$ (*III, 127*) um 1^{mn} zu groß angesetzt ist.

Für die Werte der Tagbewegungen hat Kepler mehrere Tabellen angelegt, von denen hier als Beispiel *III, 119^v u. 120* wiedergegeben ist. Diese Tabelle enthält die Werte der Tagbewegung der Sonne unter Einschluß der Bewegung des Apogäums für die halbe Bahn (bis zu 183^d).

Beispielsweise ergibt sich für 10^d Zeitdifferenz zum Apogäumsdurchgang der Sonne die mittlere Bewegung – die gleich der mittleren Anomalie ist – von $9^\circ 51' 23''$, die in $9^\circ 30' 39''$ wahre Bewegung umgerechnet wird und zu der noch $2''$ als Vorwärtsbewegung des Apogäums hinzukommen. Bei der Umrechnung spielt die Mittelpunktsgleichung herein. Hier verweist Kepler auf die Tafel der Zeitgleichung, in der die Differenz zwischen wahrer und mittlerer Anomalie der Sonne als „Aequatio Astronomica“ (wie in KGW X, Tafelteil, 32) verzeichnet ist. Ob Kepler bereits die Umrechnung der mittleren Anomalie in wahre Anomalie über eine entsprechende Tafel (KGW X, Tafelteil, 44–46) vorgenommen und so das „Kepler-Problem“ auf seine eigene praktische Art gelöst hat, ist nicht nachzuweisen.

In der Tabelle hat Kepler zusätzlich zu den Tagbewegungen und ihren Summen auch ihre Differenzen gebildet und diese in einer weiteren Spalte aufsummiert, um – wie der quergeschriebenen Bemerkung auf Bl. *III, 119^v* zu entnehmen ist – Einblick in den arithmetischen Verlauf der aufeinanderfolgenden Werte der Tagbewegungen zu gewinnen. In der durchgestrichenen Spalte sind geringfügig veränderte Werte der Tagbewegungen tabuliert und in der Spalte davor die Differenzen zu den richtigen Werten der Tagbewegungen verzeichnet.

In der Überprüfung der Tabelle der Tagbewegungen (*III, 126^v*) berechnet Kepler, indem er von zwei um ein anomalistisches Jahr auseinanderliegenden Epochen des Apogäumsdurchgangs der Sonne ausgeht, über zwei verschieden große Werte von Tagbögen den Ort der Sonne, der ungefähr in der Mitte des Zeitintervalls liegt.

Es ist: Epoche 1: 17. Juni 1619 21^h 37^{min} in 6.3.20 ☾
 Epoche 2: 17. Juni 1620 3^h 51^{min} in 6.4.23 ☾
 (nach dem alten Kalender)

Gesucht ist der Sonnenort für den Zeitpunkt 17. Dezember 1619 21^h 37^{min}, der von Epoche 1 gerade um 183^d oder um 180° 23' 15" wahrer Bewegung entfernt ist. Wird von Epoche 2 aus gerechnet, so sind 182^d bzw. 179° 21' 55" abzuziehen. Hier verbleibt noch die Zeitdifferenz von 6^h 14^{min}, die sich über die Differenz der Tagbögen von 61' 18" – die der Zeitdifferenz von 24^h entspricht – entweder numerisch oder logarithmisch über die „Heptacosias Logarithmorum Logisticorum“ (KGW X, Tafelteil, 7 u. 4) in Winkelmaß umrechnen läßt.

In den Tab. Rud. sind für derartige Rechnungen die „Tabula Subsidiaria Motuum Solis“ (KGW X, Tafelteil 91) sowie die „Tabula Diurnorum Solis“ (KGW X, Tafelteil, 92–93) eingerichtet.

Die hier ausgelassenen Mss. enthalten Berechnungen und Tabellen zu den Epochen der Sonne in den verschiedenen Jahrhunderten, zu den Längen des tropischen und des siderischen Jahres, zu den Mondepochen sowie eine Tabelle der Tagbewegung der Sonne (*III, 125^v*), aus der hier ein Auszug mitgeteilt sei:

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|-------|-----------|--------|-----|--------|-------|
| 1 | 0° 57' 3" | 57' 3" | 0" | 101800 | |
| 2 | 1.54. 7 | 4 | 0 | 101799 | 1 |
| 3 | 2.51.10 | 3 | 1 | 101798 | 1 |
| 4 | 3.48.14 | 4 | 1 | 101796 | 2 |
| 5 | 4.45.18 | 4 | 1 | 101793 | 3 |
| 6 | 5.42.22 | 4 | 2 | 101790 | 3 |
| 7 | 6.39.27 | 5 | 2 | 101787 | 3 |
| 8 | 7.36.31 | 4 | 2 | 101783 | 4 |
| 9 | 8.33.36 | 5 | 2 | 101779 | 4 |
| 10 | 9.30.41 | 5 | 2 | 101775 | 4 |
| 11 | 10.27.46 | 57. 5 | 3 | 101769 | 6 |
| { ... | | | | | ... } |
| 173 | 170.10.10 | 61.17 | 253 | 98225 | |
| 174 | 171.11.27 | 17 | 253 | 98220 | |
| 175 | 172.12.44 | 17 | 253 | 98216 | |
| 176 | 173.14. 1 | 17 | 254 | 98212 | |
| 177 | 174.15.19 | 18 | 254 | 98209 | |
| 178 | 175.16.37 | 18 | 255 | 98206 | |
| 179 | 176.17.56 | 19 | 255 | 98204 | |
| 180 | 177.19.15 | 19 | 256 | 98202 | |
| 181 | 178.20.35 | 20 | 256 | 98201 | |
| 182 | 179.21.55 | 20 | 256 | 98200 | |
| 183 | 180.23.15 | 61.20 | | 98200 | |

Die Spaltenüberschriften lauten:

- (1) Dies ab Apogaeo;
- (2) Motus coaequatus ab Apogaeo fixo includens motum Apogaej;

- (3) Diurni ab Apogaeo fixo;
- (4) Summa differentiarum inter diurnos;
- (5) Distantia $\odot$ a $\oplus$;
- (6) Incrementum diurnarum <distantiarum>.

Die Entfernungen, die für die Stundenangabe eines Tages zu interpolieren sind, werden für die Berechnung der Planeten-Ephemeriden und hier für die Berechnung des „Index“ herangezogen (vgl. Merkur-Ephemeriden).

III, 164-168 In diesen Blättern werden die Sonnenephemeriden für die Jahre 1619 bis 1624 berechnet. Im Prinzip laufen die Rechnungen für alle Jahre gleich ab:

1. Berechnung der Sonnenörter im Abstand von je 10^d , von der Radix aus gerechnet;
2. Bestimmung des Zeitpunktes, zu dem die Sonne in das Zeichen ♊ eintritt (Winteranfang), oder eines mittäglichen Ortes in der Nähe zur Kontrolle der Ephemeridenrechnung;
3. Verdichtung der Sonnenörter auf Tagabstand über entsprechende Interpolationsrechnungen;
4. Berechnung der wahren Anomalien (bzw. der relativen Entfernungen Sonne—Erde) für die unter 1. ermittelten Sonnenörter.

Diese Werte stehen in keinem unmittelbaren Zusammenhang zu den Ephemeriden der Sonne, sie sind auch nicht im Druck wiedergegeben. Sie werden vielmehr zur Berechnung der Ephemeriden der Planeten herangezogen.

Nun zum ersten Schritt, zur Berechnung von 36 Sonnenörtern im Abstand von je 10^d in einem Jahr.

Vom Apogäumsdurchgang der Sonne aus (Zeitpunkt T_A) wird die Radix (Zeitpunkt T_R) ermittelt, also der mittägliche Sonnenort, der dem Apogäumsdurchgang am nächsten ist. Dabei ist sicher

$$(20) \quad |T_R - T_A| \leq 12^h.$$

Diese Zeitdifferenz führt zu einem kleinen Korrekturglied, der „pars proportionalis“, das in die Berechnung eines jeden der 36 Örter eingeht. Wie kommt es zur Bildung dieses Proportionalteils?

Angenommen, Zeitpunkt T_A liegt um mehr als 12^h nach dem letzten Meridiandurchgang der Sonne, dann ist

$$T_R - T_A = t > 0.$$

Für T_R ergibt sich dann einfach

$$(21) \quad T_R = T_A + t.$$

(Entsprechend wechselt das Vorzeichen von t in (21), wenn T_A um weniger als 12^h nach dem letzten Meridiandurchgang der Sonne liegt.)

Ebenso werden nun die Zeitpunkte der anderen Sonnenörter (T_n) über die jeweilige Anzahl ganzer Tage (n) nicht mehr auf T_A , sondern auf T_R bezogen:

$$T_n = T_A + n + t$$

$$(22) \quad T_n = T_R \pm n$$

(— gilt für einen Zeitpunkt vor dem Apogäumsdurchgang).

Entsprechend läuft die Berechnung der Örter. Die Radix R wird vom Apogäum A über den ersten Tagbogen d_1 berechnet:

$$(23) \quad R = A + \frac{t}{24} d_1.$$

Wenn nun auch die Tagbögen d_i wie die Zeitpunkte T_i auf R und nicht mehr auf A bezogen werden, sind zunächst alle Bögen, die sich aus $\sum d_i$ zusammensetzen, gegenüber dem Zeitpunkt T_A um den letzten Tagbogen zu verkleinern, da das jeweilige Datum um einen Tag vorgerückt ist. Es kommt dann noch ein kleiner Betrag, eben jene „pars proportionalis“, hinzu, der den proportionalen Anteil am ursprünglich letzten Tagbogen (d_{n+1}) entsprechend der Zeitdifferenz t darstellt.

Der Sonnenort S_n bestimmt sich also unter Berücksichtigung von (23) nach:

$$(24) \quad S = R \pm \sum_{i=1}^n d_i + \frac{t}{24} (d_{n+1} - d_1)$$

(— gilt für den Ort vor dem Apogäumsdurchgang der Sonne)

Es ist aber

$$(25) \quad d_{n+1} - d_1 = \sum_{i=1}^n (d_{i+1} - d_i),$$

d. h. die für die Bildung der „pars proportionalis“ verwendete Differenz des letzten und des ersten Tagbogens ist gleich der Summe der Differenzen der Tagbögen.

Dieser Zusammenhang ist von Kepler in der Tabelle von *III, 119^v u. 120*, die zur Bestimmung der 36 Sonnenörter verwendet wird, der Spalte (4) zugrunde gelegt worden.

Der Rechengang sei an einem Beispiel (*III, 164*) veranschaulicht. Es sind für das Jahr 1619:

$$\begin{aligned} T_R &= 28. \text{ Juni } 0^h \\ T_A &= 27. \text{ Juni } 21^h 37^m \\ t &= T_R - T_A = 2^h 23 \end{aligned}$$

Es werden mit $n = \pm 173^d$ entsprechend (22) die Sonnenörter für den 18. Dezember und für den 6. Januar 1619 berechnet.

Mit $A = 6.3.20 \odot$ wird nach (23)

$$\begin{aligned} R &= 6.3.20 \odot + \frac{2^h 23}{24^h} \cdot 57' 3'' \\ R &= 6.9. 0 \odot \end{aligned}$$

Die „pars proportionalis“ p berechnet sich als Summand in (24) zu

$$\begin{aligned} \frac{t}{24} (d_{n+1} - d_1) &= \frac{2^h 23}{24^h} \cdot 256'' \\ p &= 26''. \end{aligned}$$

Somit berechnet sich nach (24):

der Sonnenort für den 18. Dezember (S_{173})

$$\begin{aligned} R & \quad 6. 9. 0 \odot \\ \sum_{i=1}^{173} d_i & 170.10.10 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r} p \quad + 26 \\ \hline S_{173} \quad 26.19.36 \text{ } \nearrow \end{array}$$

der Sonnenort für den 6. Januar (S_{-173})

$$\begin{array}{r} R \quad 6. 9. 0 \text{ } \odot \\ - \quad 170.10.10 \\ \hline p \quad + 26 \\ \hline S_{-173} \quad 15.59.16 \text{ } \curvearrowright \end{array}$$

Jede Rechnung gibt also sogleich nach (22) und (24) zwei Ephemeridenwerte.

Die in dieser Weise von Kepler berechneten Werte für die einzelnen Jahre stimmen bis auf wenige Differenzen von einigen Sekunden mit den Werten der gedruckten Ephemeriden überein.

Wir kommen nun zum 2. Punkt aus den Mss., der Bestimmung des Zeitpunktes, zu dem die Sonne in das Zeichen $\curvearrowright$ eintritt oder um eine kleine Differenz davon entfernt ist.

Das soll wieder am Beispiel der Ephemeride von 1619 (*III, 164*) erläutert werden.

In dem Abschnitt, der mit „Probatio ingressus in $\curvearrowright$ “ überschrieben ist, wird im linken Teil der perigäische Ort der Sonne berechnet, der vom apogäischen Ort der Sonne (A) im Jahr 1619 gerade um eine halbe anomalistische Periode entfernt liegt.

Die Rechnung sieht, ausführlich geschrieben, folgendermaßen aus:

$$\begin{array}{rcl} 1619 \quad 27. \text{Juni} \quad 21^h 37^m & \odot \text{ in } 6. \quad 3.20 \text{ } \odot \text{ (apog.)} \\ \text{in } 182^d \quad 15^h 7^m & 180. \quad 0.32 \\ \hline 1619 \quad 27. \text{Dezember} \quad 12^h 44^m & \odot \text{ in } 6. \quad 3.52 \text{ } \curvearrowright \text{ (perig.)} \end{array}$$

Gesucht ist nun der Zeitpunkt, zu dem die Sonne den Ort $0 \text{ } \curvearrowright$ einnimmt, d. h. der Bogen $b = 6^\circ 3' 52''$ ist in Zeitmaß umzurechnen. Das geschieht im rechten Teil des erwähnten Abschnittes von *III, 164*. Da der zeitliche Abstand von der Radix dieser Ephemeride rund 183^d beträgt und der Bogen b ungefähr der Zeitdifferenz von 6^d entspricht, wählt Kepler aus *Tab. III, 120* einen mittleren Tagbogen von $61' 19\frac{1}{2}''$ aus. So kommt er über die Zeitdifferenz von 6^d weniger $1^h 37^m$ zum Zeitpunkt des Winteranfangs am

21. Dezember 1619 $14^h 20^m$ (die Rechnung differiert um eine Zeit-Minute).

Die „probatio“ dient zugleich der durchgreifenden Kontrolle. Das geht beispielsweise aus der entsprechenden Rechnung für das Jahr 1620 hervor (*III, 164*, letzter Abschnitt).

Zunächst zeigt der Vergleich der Ephemeridenrechnungen von 1619 und 1620, daß die Werte für den Meridianort der Sonne für den 27. 12. 1619 ($5.31.21$ gegen $5.31.18 \text{ } \curvearrowright$) um $3''$ differieren. Um den entsprechenden Vergleichswert für das Jahr 1620 zu erhalten, geht Kepler vom perigäischen Sonnenort des Jahres 1619 aus:

$$\begin{array}{rcl} 1619 \quad 27. \text{Dezember} \quad 12^h 43^m & \odot \text{ in } 6.3.52 \text{ } \curvearrowright \\ (+ \text{ anomal. Periode}) \quad 365^d \quad 6^h 14^m & 1' \quad 3'' \\ \hline 1620 \quad 26. \text{Dezember} \quad 18^h 57^m & \odot \text{ in } 6.4.55 \text{ } \curvearrowright \end{array}$$

Es fehlen also bis zum Meridiandurchgang $5^h 3^m$; diese Zeitdifferenz rechnet Kepler über die Tagbewegung von $61' 20''$ (in einem zeitlichen Abstand von 183^d zum Apogäumsdurchgang) in Bogenmaß um:

$55^h 3^m$ entsprechen $12' 54''$

Also 1620 27. Dezember $0^h \odot$ in $6.17.49 \text{ } \textcircled{3}$.

Dieser Ort stimmt mit dem Ort von $6.17.48 \text{ } \textcircled{3}$ aus der Ephemeridenrechnung des Jahres 1620 vorzüglich überein.

Die Rechnungen der anderen Jahre folgen weitgehend diesem Schema.

Als drittes werden die Örter für die einzelnen Tage des jeweiligen Jahres berechnet. Dieser Verdichtungsprozeß ist auf *III,164* für 1619 angedeutet (linker Rand) und auf *III,167* für das Jahr 1620 ausgeführt. Ausgangswerte (Eckwerte) sind der Ort der Radix ($5.55.14 \text{ } \textcircled{9}$) vom 27. Juni 1620 sowie die auf *III,164* bestimmten Sonnenörter im 10-Tage-Abstand, die – wie der jeweils letzte Tag eines Monats – unterstrichen sind. Die Örter der einzelnen Tage werden nun durch Interpolationsrechnungen zwischen die Ausgangswerte so eingefügt, daß die ersten Differenzen zwischen den Örtern gleichmäßig anwachsen oder fallen. Es sind also jeweils über das betreffende 10-Tage-Intervall hinaus die anschließenden Eckwerte zu beachten. Die Interpolationsrechnungen beginnen mit der zweiten Jahreshälfte (24. Juni bis 31. Dezember) und werden dann mit der ersten Hälfte (1. Januar bis 24. Juni) fortgesetzt. Die Zahlen des Ms. stimmen mit den gedruckten Werten in der veröffentlichten Ephemeride überein.

Schließlich werden als viertes die Entfernungen $\odot - \oplus$ (oder dazu vorbereitend: die wahren Anomalien der Sonnenörter) im Abstand von 10^d bestimmt.

Eine derartige Rechnung ist beispielsweise auf *III,167^v* für das Jahr 1620 ausgeführt. Darin wird das Apogäum das ganze Jahr hindurch in $6.4.23 \text{ } \textcircled{9}$ festgehalten. Die Entfernungen werden über die schon früher erwähnte Tabelle von *III,125^v* gebildet. Das Vorzeichen der Anomalie ist wegen der Bahnsymmetrie bezüglich des Apogäums ohne Interesse. Auftretende kleine Differenzen zwischen den tabulierten Werten von *III,125^v* und den wahren Anomalien, die den Eckwerten von 1620 entsprechen, werden durch lineare Interpolation überbrückt. Zur näheren Erläuterung sei ein Beispiel angegeben:

$$\begin{array}{rcl} 1620 & \text{Apogäum in} & 6. 4.23 \text{ } \textcircled{9} \\ 1620 \text{ 7. März} & \odot \text{ in} & 17.28.10 \text{ } \textcircled{X} \\ \hline & v = & (-) 108.36.13 \end{array}$$

Aus Tab. *III,125^v*

$$\begin{array}{rcl} v_1 = 108.26.38 & & r_1 = 99 \text{ } 401 \\ v_2 = 109.26.29 & & r_2 = 99 \text{ } 372 \\ \hline v - v_1 = \Delta v = 10' & & r_2 - r_1 = \Delta r = -29. \\ r = r_1 + \frac{\Delta v}{60} \cdot \Delta r & & \\ r = 99396 & \text{(bei Kepler: 99397).} & \end{array}$$

Entsprechend werden auf *III,166* für die Jahre 1622 bis 1624 die wahren Anomalien der Örter gebildet. Die Entfernungen sind nicht hingeschrieben.

Die Rechnungen Keplers weisen folgende Differenzen zu den vorher berechneten Örtern der Ephemeriden auf:

$$\begin{array}{rcl} 1622 \text{ 19. Oktober} & v = 109.45.16 \\ \text{gegenüber} & v = 109.45.36 \text{ aus } \odot \text{ in } 25.52.5 \text{ } \textcircled{9} \end{array}$$

MERKUR-EPHEMERIDEN

Bei der Darstellung der Bewegung des Merkur, bei der wie auch bei den anderen Planeten gegenüber der Mond-Bewegung die monatlichen Gleichungen entfallen, liegt die besondere Schwierigkeit darin, daß infolge der seltenen Sichtbarkeit des Planeten die Bahnparameter aus vergleichsweise wenigen und nicht immer zuverlässigen Beobachtungen abgeleitet worden sind. *XIII, 136-209*

Für die Ephemeriden kommt die relativ rasche mittlere Bewegung des Merkur von rund 10' pro Stunde als näherer Umstand hinzu, so daß sowohl von der Beobachtungstechnik des 16. und frühen 17. Jahrhunderts als auch von den Ungenauigkeiten in der quantitativen Beschreibung der Planetenbewegung her die angestrebte Minutengenauigkeit in der Berechnung der Merkur-Örter von vornherein fraglich erscheint.

Über den Weg, wie die Ephemeriden des Merkur von Kepler berechnet worden sind, liegt in der Datierung vom August 1623 ein Konzept vor (*XIII, 136, 137 u. 160*). Daraus geht hervor, daß Kepler seinen Rechnungen vorher abgefaßte Tafeln zugrunde legte, von denen die Epochentafeln und die Tabellen der Tagbewegungen (*diurnj*) und der Vierstunden-Bewegung (*quadrihorij*) in den Manuskripten nicht aufzufinden sind. Vorhanden sind dagegen die *Tabulae Anguli* und *Indicis*.

Das Verfahren zur Berechnung der Merkur-Ephemeriden läßt sich in fünf Schritte gliedern:

(1) Zuerst werden für das betreffende Jahr die Apheldurchgänge des Planeten über die Epochentafel bestimmt.

(2) Weiter werden die Tagbewegungen und Stundenbewegungen des Planeten aus der „*Tabulae diurnorum*“ herausgeschrieben, um die Örter für die einzelnen Tage des betreffenden Jahres zu erhalten.

(3) Es werden aus den Ephemeriden der Sonne die entsprechenden Sonnenörter genommen und über die radialen Abstände von Erde-Sonne und Merkur-Sonne unter Zuhilfenahme der *Tabulae Anguli* und *Indicis* im Dreieck Sonne-Erde-Merkur die Elongationen zwischen Sonne und Merkur gebildet.

(4) Die weitere Rechnung führt den heliozentrischen Ort in den geozentrischen Ort des Planeten (*locus visus*) über und bestimmt die geozentrische Breite (*latitudo*).

(5) Der Abschluß der Ephemeridenrechnungen umfaßt die weitere Verdichtung der Örter durch Interpolationsrechnungen sowie die Bestimmung ausgezeichneter Punkte, wie stationärer Punkte und Konjunktionen, in der scheinbaren Planetenbahn.

Nun sei auf die einzelnen Abschnitte näher eingegangen; dabei werden wichtige Teile der Manuskripte näher erläutert und andere, besonders anschauliche Teile zur Illustration herangezogen.

Zu (1): Apheldurchgänge

Die Tafeln der Epochen sind auf das vollendete Jahr 1615 bezogen, für das gilt:

Aphelium 1615 compl. in 12.49.32 $\nearrow$

So wird beispielsweise für 1623 (*XIII, 186^v*) gefunden, daß der erste Durchgang des Merkur durch sein Aphel (a) am 16. Januar um 17^h38 stattfindet. Die weiteren Durch-

gänge ergeben sich aus der siderischen Umlaufszeit des Merkur von $83^d 23^h 17^m$, so daß sie sich zu folgenden Zeiten ereignen:

- (b) 14. April 1623 $16^h 55$
- (c) 11. Juli 16.12
- (d) 7. Oktober 15.29
- (e) 3. Januar 1624 14.46

Der Durchgang des Planeten durch das Bahnaphel wird hier auch mit ἀφελιότσητα bezeichnet.

An anderer Stelle (*XIII, 200*) sind für die Jahre 1617 und 1618 auch die Periheldurchgänge angegeben. Zwischen dem Aphel- und dem Periheldurchgang liegt die halbe zodiakale Periode von $43^d 23^h 38^m$, in der Merkur gerade um 180° in Länge weiterläuft. Innerhalb eines Jahres ist dann die Richtung der Apsidenlinie festgehalten.

Die Unterschiede zu den „Tabulae Rudolphinae“ (KGW X) sind deutlich: beispielsweise für 1618 ist die Aphelrichtung in der Ephemeride um $22'$ verschieden, die Richtung zum Knoten zeigt sogar eine Differenz von $1^\circ 42'$.

Zu (2): Heliozentrische Länge

Für die Bestimmung der heliozentrischen Länge ist die „Tabula diurnorum“ eingerichtet, die die vom Aphel sowohl vorwärts als auch rückwärts berechnete Bewegung des Planeten bis zu einer halben siderischen Periode von 44^d für einzelne Tage und Unterabteilungen von je 4^h enthält. In dem Beispiel der Ausführungen von *XIII, 136 u. 137*, das mit dem Jahr 1623 identisch ist, wird der Apheldurchgang für den 26. Januar 18^h angenommen. Für den 27. Januar ergibt sich die Differenzbewegung von 6^h , für den 28. Januar die Differenzbewegung von $1^d 6^h$ nach dem Apheldurchgang; für den 26. Januar – oder für den 16./26. Januar, wenn der alte Stil hinzugenommen wird, nicht aber für den 6./16. Januar, wie fälschlicherweise am Schluß von Bl. 136 steht – gilt die Differenzbewegung von 18^h vor dem Apheldurchgang.

Aus den Zeiten der Apheldurchgänge für 1623 wird nun als gemeinsame mittlere Uhrzeit 16^h festgehalten, so daß sich die Rechnung mit der Stundenbewegung von je 8^h für die Örter am Mittag der einzelnen Tage vereinheitlicht und in jeder Rechnung eine bestimmte Korrektur anzubringen ist (*XIII, 186^v*). Beispielsweise gilt für den Apheldurchgang vom 7. Oktober 1623 und die daran angeschlossenen Merkur-Örter: Eigentlich sind die Merkur-Örter der Ephemeride, von den Tagen abgesehen, für $8^h 31$ nach dem Apheldurchgang zu berechnen. Da aber nur 8^h genommen werden, sind noch 31^m mittlerer Bewegung oder $5' 17''$ hinzuzunehmen, zu denen noch die $10' 57''$ für die Aphelbewegung von 7^a zwischen 1615 und 1622 compl. kommen. Die Gesamtkorrektur beträgt hier also $16'$.

Ein anderes Beispiel findet sich für Jahresende 1618 (*XIII, 178*). Der Apheldurchgang fand am 23. Dezember um $5^h 53$ statt. In der Berechnung der mittäglichen Örter der Ephemeride wird die Stundendifferenz von 20^h angehalten. Es bleibt also eine Restdifferenz von $1^h 53$, für die Kepler die mittlere Bewegung von $19' 11''$ annimmt.

Hat er für die Ephemeride von 1619 die Korrektur an die Örter des Planeten angebracht, so kommt er in der Berechnung der Ephemeride von 1620 (*XIII, 209*) und der anschließenden Jahre zu dem Verfahren, das Aphel zu verbessern. Für 1620 wird dem Durchgang des Merkur durch das Aphel mit $13.7 \times^{\text{r}}$ ein fester Wert, ein mittlerer Wert aus allen Durchgängen des Planeten durch die Apsidenpunkte, zugeordnet. Die Korrekturen folgen aus den Differenzen zwischen den berechneten Zeiten des Planetendurchgangs durch die Apsidenlinie und dem angenommenen mittleren Wert aus mehreren Durchgängen: für

das erste Vierteljahr wird von den 4^h-Linien der Tabelle die 20^h-Linie ausgewählt, also eine 4^h-Differenz zum Mittag zugrunde gelegt, für die restliche Zeit des Jahres aber die 24^h-Linie oder die Mittagslinie. In dieser Weise sind die Verbesserungen zur Richtung des Aphel variabel. Für den Jahresanfang nimmt Kepler eine 1^h-Verschiebung an (anstelle der 1^h22^m für den 13. Januar), d. h. eine Korrektur von 10', die das Aphel nach 13.17 $\times$ verlegt, während für Anfang April aus der Zeitdifferenz von —2^h die Korrektur von rund —20' aus der mittleren Bewegung des Merkur berechnet wird und das Aphel die Richtung von 12.47 $\times$ besitzt. Entsprechend den um kleine Beträge geringeren Durchgangszeiten wird im Verlauf des Jahres das Aphel geringfügig vorwärts bewegt.

Ähnliche variable Korrekturen des Aphel innerhalb eines Jahres zeigen sich auch in den Rechnungen für 1621 (*XIII*, 183) und 1622 (*XIII*, 185).

Zu (3) und (4): Berechnung des geozentrischen Merkur-Ortes

Aus Gründen der Vereinfachung der Darstellung ist es zweckmäßig, die Umrechnung des heliozentrischen in den geozentrischen Ort zusammenhängend zu erläutern und dadurch die Punkte (3) und (4) anhand der Manuskripte gemeinsam zu erörtern.

Die Transformation der Planetenkoordinaten vom heliozentrischen in das geozentrische System geht von der räumlichen Konstellation zwischen Planet—Sonne—Erde aus (KGW X, 158ff; N. K. 2, 34ff.).

Werden als Abkürzungen eingeführt:

| | | |
|-------|-------------------------------------|------------------|
| T | Erde | |
| S | Sonne | |
| P | Planet | |
| r_1 | Abstand T — S | |
| r_2 | Abstand P — S | |
| I | Index $\frac{r_1 - r_2}{r_1 + r_2}$ | |
| (S) | Außenwinkel bei S (Commutatio) | } im Dreieck TPS |
| (P) | Winkel bei P (Parallaxis Orbis) | |
| (T) | Winkel bei T (Elongatio) | |
| L | geozentrische Länge | |
| l | heliozentrische Länge | |
| L_s | Ekliptikale Länge der Sonne | |
| B | geozentrische Breite | |
| b | heliozentrische Breite | |
| x | Hilfswinkel, | |

dann gelten folgende Umrechnungsformeln:

$$(26) \quad L = L_s \pm (T) \\ (+ \text{ gilt für } l > L_s \\ - \text{ gilt für } l < L_s)$$

$$(27) \quad (T) = \frac{1}{2} (S) - x \\ (\text{mit } (S) = |L_s - l| \\ x = \frac{1}{2} \{(P) - (T)\})$$

$$(28) \quad \tan x = I \tan (S)$$

$$(29) \quad \cot B = \cot b \frac{\sin (S)}{\sin (T)}$$

Über Gleichungen (26 bis (28) wird die geozentrische Länge berechnet.

Die Rechnungen Keplers in den Merkur-Handschriften sind verkürzt und wenig anschaulich. Sie enthalten sowohl numerische sexagesimale als auch logarithmische Rechnungen.

Als Hilfstafeln werden die „Tabula Indicis pro Mercurio“ (*III, 161–173*) und die „Tabula Anguli pro Mercurio“ (*XIII, 137–159*) herangezogen.

Die Index-Tafel enthält die Werte des Index, also des Quotienten aus Differenz und Summe der radialen Abstände von Erde und Planet zur Sonne. Eingangswerte sind die Abstände Erde—Sonne am linken Rand mit $102100 \geq r_1 \geq 98000$ und der Differenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden Argumenten $\Delta r_1 = -100$ sowie die Abstände Planet—Sonne in der obersten Zeile mit $30500 \leq r_2 \leq 47000$ und der entsprechenden Differenz $\Delta r_2 = +100$.

Beispielsweise bestimmen die Eingangswerte $r_1 = 100000$ (mittlerer Abstand Erde—Sonne) und $r_2 = 31000$ den Index-Wert 52672 (*XIII, 161*). Bei logarithmischer Rechnung ist der Logarithmus des Index der „Chilias Logarithmorum“ (KGW IX) zu entnehmen.

Ein Beispiel für die logarithmische Berechnung eines Index ist auf Bl. *XIII, 183* in der Datierung vom 13. April 1629 mit den fingierten Werten $r_1 = 150000$ und $r_2 = 100000$ zu finden. Bei dieser Rechnung ist zu beachten, daß aus der Definition des Logarithmus

$$\text{Log } \alpha = \ln \frac{1}{N}$$

mit $N = \sin \alpha \cdot 10^7$

für $N > 100000$ der Kehrwert von N zu bilden ist und das Vorzeichen des Logarithmus negativ wird.

Bei der Winkel-Tafel hatte Kepler neben der vorliegenden Tafel nach der Erfindung der Logarithmen eine zweite eingerichtet, bei der der zweite Eingangswert neben der Kommutation der logarithmische Wert des Index war. Im November 1622 griff Kepler, wie er auf Bl. *XIII, 135* ausführt, wieder auf die ursprüngliche Tabelle mit den numerischen Eingangswerten, die einfacher zu berechnen sind, zurück. Eingangswerte sind hier am linken Rand die Werte des Index aus der Index-Tafel mit $34800 \leq I \leq 54000$ und dem gleichbleibenden Zuwachs $\Delta I = 600$ und in der obersten Zeile die Werte der Kommutation mit $1^\circ \leq (S) \leq 180^\circ$ für die einzelnen Grade. Tabuliert sind die Werte der Elongation (T) und die Differenzen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Winkeln. Beispielsweise ist für $I = 54000$ und $(S) = 45^\circ$ der Tafel $(T) = 9^\circ 53' 31''$ zu entnehmen (*XIII, 143*). Die Nachrechnung führt über die Zwischengröße $x = 12^\circ 36' 29''$ zu demselben Wert.

Als Beispiel der numerischen Berechnung eines Merkur-Ortes in Länge sei die Rechnung für den 10. Januar 1619 betrachtet (*XIII, 178*).

$$\begin{aligned} \text{Mit } (S) &= 15^\circ 16' 29'' \\ L &= 39898 \end{aligned}$$

wird nach (28)

$$\begin{aligned} \tan x &= 0.39898 \cdot 0.13409 = 0.053489 \\ x &= 3^\circ 3' 43'' \quad \text{und nach (27)} \\ (T) &= 7.38.15 - 3.3.43 = 4^\circ 34' 32''. \end{aligned}$$

Schließlich ergibt sich nach (26)

$$\begin{aligned} L &= 20.14.35 \text{ } \overline{3} + 4.34.32 \\ L &= 24.49.25 \text{ } \overline{3}. \end{aligned}$$

Als Beispiel einer logarithmischen Berechnung diene die Berechnung des Merkur-Ortes für den 1. Januar 1622 (*XIII*, 185).

In der mittleren Spalte wird die Rechnung entsprechend (28) ausgeführt:

$$\begin{array}{rcl}
 31334 & r_2 & \\
 98205 & r_1 & \\
 \hline
 66124 & \text{Log (I)} & \\
 329600 & \text{Mesolog (S)} & \\
 263476 & \text{Mesolog (x)} & \text{(Zur Erklärung: Es ist Mesolog (x) = } \ln \frac{1}{N} \text{)} \\
 \text{Damit wird (T) = } 1^\circ 58' 34'' & & \text{mit } N = \tan(x) \cdot 10^7
 \end{array}$$

In der rechten Spalte wird die Breite entsprechend (29) logarithmisch berechnet:

$$\begin{array}{rcl}
 224800 \text{ S.} & \text{Mesolog b} & \\
 & (\text{mit } b = -6^\circ 1' 43'') & \\
 260800 & \text{Log (S)} & \\
 336900 & \text{Log (T)} & \\
 \hline
 \text{Differenz } 76100 & \text{Log (r) — Log (S)} & \\
 & (\text{entsprechend: } \frac{\sin(S)}{\sin(T)}) & \\
 300900 \text{ S.} & \text{Log (T) — Log (S) + Mesolog b = Mesolog B} & \\
 -2^\circ 49' 40'' & = B. &
 \end{array}$$

Ist b negativ, wie hier vorausgesetzt, so wird auch B negativ; Mesolog $B = 300900$ erhält den Buchstaben S. (Subtrahe) nachgesetzt.

Besonders aufschlußreich ist die Berechnung der Merkur-Örter für 1617 auf Bl. *XIII*, 204^v. Hier sind in tabellarischer Form viele Zwischenwerte und Vergleichswerte von Maginus für die Örter im Abstand von je 10^d aufgelistet.

Die einzelnen Spalten bezeichnen:

- Spalte (1) das Datum nach dem Gregorianischen Kalender;
- Spalte (2) $\cot(T)$;
- Spalte (3) die Elongatio (T);
- Spalte (4) Sonnenörter aus der Ephemeride für 1617 von Kepler mit geringen Differenzen zu den gedruckten Werten bis zu $5'$;
- Spalte (5) die berechneten Merkur-Örter (L_K), die mit den Werten der gedruckten Ephemeride übereinstimmen;
- Spalte (6) Örter des Merkur aus der Ephemeride des Maginus (L_M) (Eph. Mag. 1582);
- Spalte (7) Differenzen der Werte zwischen den Merkur-Örtern aus den Ephemeriden von Maginus und Kepler ($L_M - L_K$);
- Spalte (8) Differenzen aufeinanderfolgender Werte in Spalte (5) ΔL_K ; R heißt „retrogradus“, dir. „directus“.

Hierzu ist folgendes zu bemerken:

Die $\cot$ -Werte in Spalte (2) zeigen, daß Kepler hier die Berechnung der Elongation auf einem anderen Wege, als zuvor gezeigt, vorgenommen hat. In dem Dreieck TPS wird von P aus das Lot PF auf ST gefällt (Abb. 7) und nun in dem rechtwinkligen Teildreieck Winkel (T) bestimmt, so daß die Gleichungen (27) und (28) zu ersetzen sind durch:

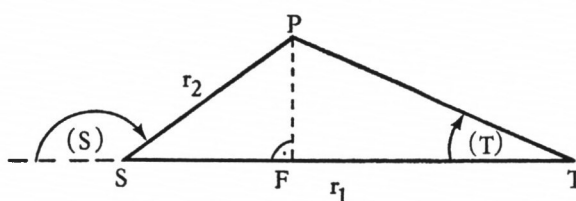


Abb. 7. Zur Berechnung der Elongation.

$$(30) \cot(T) = \frac{r_1 + r_2 \cdot \cos(S)}{r_2 \cdot \sin(S)}.$$

Kepler hat die Elongationen verschiedentlich neu berechnet, ohne die mitgeteilten Werte in den anderen Spalten immer mitzukorrigieren. Bei den Werten in Spalte (2) sind folgende Änderungen festzustellen:

| | | |
|---------------------|-----------|--------------------|
| für den 10. Februar | 499.20167 | anstelle 696.88717 |
| 21. Mai | 6.61915 | 5.32633 |
| 31. Mai | 34.27817 | 34.95179 |
| 20. Juni | 2.29229 | 2.51076 |
| 8. September | 11.89428 | 14.09445 |

In Spalte (4) ist der Sonnen-Ort für den 8. Oktober von 15.18 in 15.8 $\triangle$ zu korrigieren.

Die Merkur-Örter ändern sich (Spalte 5)

| | | | |
|------------------|-----------|----------|------------|
| für den 20. Juni | von 22.34 | in 22.43 | $\odot$ |
| 8. September | 10.50.50 | 11.35.30 | ♂ |
| 8. Oktober | 1.56.30 | 1.47 | ♂ |
| 28. Oktober | 28.14.40 | 28. 0 | ♂ |

Aus der Ephemeride des Maginus ist herauszunehmen (Spalte 6)

| | | |
|--------------------|------------------|--------------|
| für den 11. Januar | 3.53 ♂ | anstatt 3.57 |
| 27. November | 22. 2 ♂ | 22. 1 |

Schließlich ist in Spalte (8) zu ändern:

| | | |
|-------------------------------------|-------|--------------|
| ΔL_K zwischen 11./21. April | 6.32 | anstatt 6.22 |
| 21. April/1. Mai | 11.41 | 11.51 |
| 21./31. Mai | 21.49 | 21.51 |
| 31. Mai/10. Juni | 21. 9 | 21. 7 |

Zu (5): Verdichtung und scheinbare Bahn

Ausgehend von den direkt berechneten Örtern werden durch Interpolationsrechnungen die übrigen Örter für die einzelnen Tage eines Jahres bestimmt. Die Interpolation neuer Werte wird nur dann ohne größere Schwierigkeiten auszuführen sein, wenn einmal die Differenz zwischen den Zeitpunkten der direkt bestimmten Örter nicht zu groß ist und zum anderen der dazwischen liegende Bahnanteil keine merklichen Unterschiede in Richtungssinn und Verlauf zu den angrenzenden Bahnabschnitten aufweist. Anderenfalls müssen weitere Bahnörter direkt berechnet werden.

Die Frage der Verdichtung der Bahnkurve durch zusätzlich berechnete Planetenörter ist also unmittelbar abhängig von dem Verlauf der scheinbaren Bahn. An den Stellen,

wo sich der Planet relativ gleichmäßig und in direkter Richtung, d. h. in Richtung aufeinanderfolgender Tierkreiszeichen bewegt, ist ein Abstand von einigen Tagen zwischen den berechneten Örtern ausreichend; für die Umgebung der Stellen der Bahn dagegen, an denen er die stationären Punkte erreicht und seine Bewegungsrichtung umkehrt, werden weitere Örter berechnet.

Ein Beispiel für die Verdichtung der Bahnpunkte gibt die Aufstellung der Tage für die Ephemeride 1621 (*XIII, 183*). Für Monate mit retrograden Bahnabschnitten sind weitaus mehr Örter zu berechnen als für andere Monate, in denen sich Merkur nur in direkter Richtung bewegt. Die Anzahl der unmittelbar berechneten Örter pro Monat wird von durchschnittlich 6 auf etwa 18 erhöht, so daß dann nicht mehr für alle 5, 6 Tage, sondern im Durchschnitt für jeden zweiten Tag ein Ort zu berechnen ist. Explizit ist die Verdichtung an der Aufstellung für 1619 (*XIII, 186*) erkennbar. In Nähe der stationären Bahnpunkte sind die Örter für jeden Tag berechnet, wie beispielsweise in dem Intervall 7. bis 18. Juni. In die jeweils rechts Spalte sind die Differenzen teils zwischen aufeinanderfolgenden Werten, teils zwischen mehr auseinanderstehenden Zahlen vor der Verdichtung geschrieben.

Die Differenzen sind z. T. mit den Örtern nicht mitkorrigiert (23./24. Februar und 7./8. Oktober).

Insgesamt läßt dieses Blatt sehr schön erkennen, in welcher Dichte Kepler die Merkur-Örter für die Ephemeride eines Jahres direkt berechnet hat und für welche Zeitintervalle die Interpolation ausreichen wird. Es sei noch angeführt, daß die hier tabulierten Werte mit den Angaben der gedruckten Ephemeride innerhalb weniger Minuten übereinstimmen.

Die Stationspunkte sind die Punkte der Bahn, für die

1. die Länge an mindestens zwei aufeinanderfolgenden Tagen konstant bleibt oder $\frac{\Delta L}{\Delta T} = 0$ wird und
2. an denen sich die Bewegungsrichtung des Planeten umkehrt (von direkt zu retrograd, von retrograd wieder zu direkt).

Zwei Verfahren zur Bestimmung der Umkehrpunkte der Bahn sind von Kepler bekannt: einmal bestimmt er die Punkte durch die sie kennzeichnenden Kommutionen über den komplizierten Weg einer doppelten Iterationsrechnung (KGW X, 161 ff.; N.K. 3), zum anderen erschließt er sie aus den berechneten Örtern der Ephemeride eines Jahres, wie in den vorliegenden Manuskripten. Eine Aufstellung der Stationspunkte für die Jahre 1617 bis 1620 enthält Bl. *XIII, 205*. Für jeden in Frage kommenden Zeitraum sind 2 oder 3 äußere Werte, die die jeweilige Station anzeigen, angegeben. Ferner ist jeweils zwischen den Stationspunkten eine Angabe über den ungefähren Zeitpunkt und die ungefähre Richtung der Konjunktion des Merkur mit der Sonne gemacht. An der linken Seite sind jeweils die Anzahl der Tage und rechts die Länge des Bogens des Intervalls herausgeschrieben.

Wie die Aufstellung zustande gekommen ist, ist nicht ersichtlich. Sie beruht jedenfalls auf eigenen Rechnungen, da die angegebenen Örter mit den entsprechenden Zahlen der gedruckten Ephemeriden übereinstimmen.

Wie Kepler die Konjunktionen berechnet hat, ist den Rechnungen für 1622 zu entnehmen (*XIII, 185*). So hat er beispielsweise für die Jahreswende 1621/22 erhalten:

| | ☿ | ☼ |
|--------------|--------|--------|
| 1. Januar | 9.11 ☿ | 11.9 ☿ |
| 31. Dezember | 10.39 | 10.8 |
| | — 1.28 | 1.1 |

Die Differenzbewegung von Merkur und Sonne in 24^h beträgt also $2^\circ 29'$, ihre Distanz zur Mittagstunde des 31. Dezember ist $0^\circ 31'$ (nicht 0.23, wie Kepler schreibt).

Daraus berechnet sich der Zeitpunkt der Konjunktion

$$\Delta T = \frac{24^h \cdot 31}{149} = 5^h$$

zu 5^h nachmittags des 31. Dezember.

Die sich anschließende Kontrollrechnung, die vom genauen Zeitpunkt des Apheldurchganges des Merkur ausgeht, bringt die zufriedenstellende Übereinstimmung der Örter von Merkur und Sonne innerhalb $3'30''$.

Die Ephemeride für 1628 (XX,278) berechnet Kepler über die iterative Bestimmung der Elongation für den jeweiligen Zeitpunkt (vgl. Einzelheiten der Rechnungen in der Mars-Ephemeride für 1628). $(P)_1$ ist vermutlich über die Tab. Anguli in der späteren Form (KGW X, Tafelteil, 20) bestimmt worden. Die Breite ist nach Gleichung (29) logarithmisch berechnet. Es sei abschließend ein Beispiel angegeben:

21. April

| | | |
|------------------|------------------------------------|--------------------|
| ☿ 29.10.16 ♍ | 93206 | |
| 12.29 Korrektur | 170 Log r_1 | |
| ☉ 1.48.33 ☿ | 350 | 248060 Mesolog b |
| 147.34.12 (S) | 732 Log r_2 | 121606 Log $(P)_2$ |
| 17.14.45 $(P)_1$ | 94458 Log $\frac{r_1}{r_2}$ | 63212 Log (S) |
| 130.20.12 (T) | 27148 Log (T) | 306454 Mesolog B |
| 19. 3.18 ☿ | 121606 Log $(P)_2$ | $2^\circ 40'$ B |
| | $\langle 17.14.29 = (P)_1 \rangle$ | |

VENUS-EPHEMERIDEN

Im wesentlichen folgt die Berechnung der Venus-Ephemeriden dem Verfahren der Mer- *XIII*, 304-312^v kur-Rechnungen. Auch hier hat Kepler zur Vereinfachung des Verfahrens zuvor Tafeln aufgestellt, die sich in den Mss. im Einzelnen nachweisen lassen.

Der erste Punkt umfaßt die Apheldurchgänge und die Epochen des Planeten. Für die Venus sind die Apheldurchgänge mit den Tagbewegungen verbunden. Die betreffenden Tabellen werden unter Punkt 2 behandelt.

Die Epochentafeln bestehen einmal (*XIII*, 322^v) aus einem vom 2. Februar 1624 datierten Entwurf von Tabellen für die mittlere Bewegung der Venus und des Aphels für die Zeit — 4000 bis + 2000 (von — 4000 bis — 1000 in Intervallen von 1000^a, von — 1000 bis + 2000 in Intervallen von 200^a) und für den Zeitraum von 200^a (von 1 bis 8^a in Intervallen von 1^a, von 8 bis 200^a in Intervallen von 8^a). Diese Tabellen stellen die Vorlage für die entsprechenden Tabellen der Tab. Rud. „Veneris Epochae seu Radices“ und „Motus medii in Annis expansis et collectis“ (KGW X, Tafelteil, 66-67) dar. Die Zahlenwerte in den Mss. und den gedruckten Tafeln unterscheiden sich lediglich um Sekunden-Beträge voneinander.

Der andere Teil der Epochentafeln (*XIII*, 322) umfaßt neben den Tabellen der mittleren Bewegung der Venus für einzelne Monate, Tage und Stunden unter der Überschrift „Epochae mediorum motuum Veneris correcti“ eine für die Berechnung der Venus-Ephemeriden wichtige Tabelle. Sie enthält für vollendete Jahre Julianischer Schreibweise des Zeitraumes 1560 bis 1628 den mittleren Venus-Ort, die Aphel-Richtung und die Richtung zum aufsteigenden Knoten.

Aus dieser Tabelle sei der folgende Auszug mitgeteilt:

| Post Christum Juliano compl. | <motus medius> | <Aphelium> | Nodus ☿ |
|------------------------------|----------------|------------|------------|
| 1560 | 14.45. 2 ☿ | 0.23.44 ≈ | 12.27.16 ♀ |
| 1 | 29.32.28 ☿ | 0.25. 0 | 12.28. 0 |
| 2 | 14.19.52 ♀ | 0.26.16 | 28.44 |
| 3 | 29. 7.18 ☿ | 0.27.32 | 29.28 |
| 1564 | 15.30.51 ♀ | 0.28.48 | 30.12 |
| {...} | | | ...} |
| 1598 | 21.12.14 ☿ | 1.11.52 | 55. 8 |
| 9 | 5.59.39 ♀ | 1.13. 8 | 55.52 |
| 1600 | 22.23.12 ☿ | 1.14.24 | 56.36 |
| 1 | 7.10.38 ♀ | 1.15.40 | 57.20 |
| 2 | 21.58. 3 ♀ | 1.16.56 | 58. 4 |
| {...} | | | ...} |
| 18 | 25. 1.19 ♀ | 1.37.12 | 13. 9.48 |
| 19 | 9.48.45 ≈ | 1.38.28 | 10.32 |
| 1620 | 26.12.18 ♀ | 1.39.44 | 11.16 |
| 1 | 10.59.43 ☿ | 1.41. 0 ≈ | 12. 0 ♀ |
| 2 | 25.47. 8 ☿ | 1.42.16 | 12.44 |
| 3 | 10.34.34 ♀ | 1.43.32 | 13.28 |
| {...} | | | ...} |

Im Vergleich zu den Tab. Rud. stimmen die Zahlenwerte für motus medius und Aphelium gut überein, während die Richtung zum Knoten eine Differenz von ca. 4' besitzt.

Die Tabelle der Tagbewegungen weist für ♀ eine neue Variante auf. Sie geht von dem Apheldurchgang des Planeten in der Bahn für Jahresende 1615 mit 1.33.24 ≈ aus. Diese Aphelrichtung wird, wie noch erläutert wird, auch für einige folgende Jahre in den Ephemeriden-Rechnungen beibehalten. Für einzelne Tage vor und nach dem Apheldurchgang sind nun nicht die Tagbewegungen, sondern, ausgehend von dem auf die Ekliptik reduzierten Apheldurchgang, die wahren ekliptikalischen Längen tabuliert.

Wiederum sei ein Auszug aus der Tabelle, für die Tage nach und vor dem Apheldurchgang jeweils gesondert, wiedergegeben (XIII, 323–324).

| Post Aphelium | | | | | |
|---------------|----------|----------------|----------------|----------|-----------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| | | Mer. Desc. | | ≈ | |
| 0 | 312494 | 2.30.57 | 72844
31684 | 1.30.26 | 0. 0. 0 |
| 1 | 310029 | 2.34.42 | 72842
687 | 3. 5.16 | 1.36. 8 |
| 2 | 307870 | 2.38. 9 | 72837
31694 | 4.40. 6 | 3.12.16 |
| 3 | | 2.41.35 | 72832
31701 | 6.14.57 | 4.48.23 |
| 4 | | 2.44.51 | 72828 | 7.49.49 | 6.24.31 |
| { ... | | | | | ... } |
| | | Sept. Asc. | | ⊙ | |
| 108 | | 2.13.21 | 71869
033 | 24.26.34 | 173. 2. 2 |
| 109 | | 2.17.37 | 71865
038 | 26. 4. 2 | 174.38.10 |
| 110 | 318800 | 2.21.45 | 71862
043 | 27.41.31 | 176.14.18 |
| 111 | 316031 | 2.25.45 | 71857
049 | 29.19. 1 | 177.50.25 |
| 112 | 313350 | 2.29.41 | 71852
33055 | 0.56.32 | 179.26.33 |
| Ante Aphelium | | | | | |
| | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) |
| | 29.55.36 | 72848
31679 | 2.27.15 | | 1 |
| | 28.20.47 | 72851
676 | 2.23.19 | | 2 |
| | 26.45.59 | 72853
673 | 2.19.24 | | 3 |

| Ante Aphelium | | | | |
|---------------|----------------|------------|--------|-------|
| (7) | (8) | (9) | (10) | (11) |
| 25.11.10
7 | 72855
670 | 2.15.19 | | 4 |
| {...} | | | | {...} |
| 8.34.17 | 71833
083 | 2.46.21 | | 108 |
| 6.56.45 | 71835
080 | 2.43. 3 | | 109 |
| 5.19.13 | 71837
077 | 2.39.36 | 306913 | 110 |
| 3.41.41 | 71839
074 | 2.36. 2 | | 111 |
| 2. 4. 9 | 71842
33070 | 2.32.19 | 311786 | 112 |
| Q | | Sept. Asc. | | |

Die Spaltenüberschriften lauten und bedeuten:

- (1) Dies (Tage nach bzw. vor dem Apheldurchgang)
- (2) Mesolog. Inclinationis ($\ln \cot b$)
- (3) Inclination (heliozentrische Breite b)
- (4) Distantiae curtatae cum Logarithmo (die auf die Ekliptikebene reduzierte Entfernung Venus—Sonne r_0 und der Logarithmus $\text{Log } r_0 = 10^5 \ln \frac{10^5}{r_0}$)
- (5) Motus verus reductus (wahre Bewegung in der Ekliptik)
- (6) «Motus medius» (die beiden Teilen gemeinsame Spalte ohne Überschrift)
- (7)–(11) wie (1)–(5) in umgekehrter Reihenfolge.

Diese Tabelle könnte im Grunde genommen die vorangegangene Tabelle der Epochen überflüssig machen. Kepler hat jedoch in den verschiedenen Phasen seiner Ephemeriden-Rechnungen von beiden Tabellen Gebrauch gemacht. Daneben enthalten die Mss. noch die „Tabula diurnorum ♀“ (*XIII*, 330), die in ihrem Aufbau der Tabelle der Tagbewegung der Sonne (*III*, 125^v) ähnelt und als weitere wichtige Spalten die Spalte „Reductio“ (Reduktion des Bahnbogens auf die Ekliptik) und die Spalte „Inclinatio“ besitzt.

Wir wollen nun die Berechnung einiger Venus-Ephemeriden näher erläutern, zunächst die der Ephemeride von 1619 (*XIII*, 304). Kepler unterscheidet hier das wirkliche Aphel der Bahn (Aphelium verum) vom fiktiven Aphel (Aphelium fictum), dem in der Ephemeride jeweils für einen bestimmten Zeitraum berechneten Aphelwert. Aus früheren Rechnungen wird der Venus-Ort für den $\frac{1}{11}$. Januar am Mittag zu 25.2.19 II abgeleitet und das wahre Aphel mit 1.27.21 $\approx$ angesetzt. Die daraus gebildete Differenz $216^\circ 25' 2''$ wird über die mittlere Bewegung des Planeten in die Zeitdifferenz $135^d (= 2 \times 60 + 15^d)$ umgerechnet. Wenn noch der Bogen $7' 30''$, der bei der Bewegung in 135^d fehlt, vom wahren Aphel abgezogen wird, fällt also das fiktive Aphel mit 1.19.51 $\approx$ auf den 26. Mai nach der neuen Kalenderschreibweise. Innerhalb einer ganzen Venus-Periode von rund 224^d , also für den Zeitraum 3. Februar bis 15. September, wird dieser Wert angehalten. Entsprechend läuft die Rechnung für 1620 auf demselben Blatt.

Hilfstafeln der Berechnung sind wieder die „Tabula Indicis pro Venere“ (*XXI, 297–302*) und die „Tabula Anguli pro Venere“ (*XXI, 354–376*). Die Index-Tafel enthält die Werte des Index für die Eingangswerte Abstand Sonne—Erde (mit $102100 \geq r_1 \geq 98000$ und $\Delta r_1 = -100$) und Abstand Sonne—Venus (mit $74800 \geq r_2 \geq 71900$ und $\Delta r_2 = -100$). Für die Winkeltafel sind I (mit $132000 \leq I \leq 192000$ und $\Delta I = +600$) und (S) (mit $1 \leq (S) \leq 180^\circ$ und $\Delta(S) = 1^\circ$) die Eingangswerte, entnommen wird die Elongation (T).

In dem Beispiel für 1619 ist $(S) = 147^\circ 30' 58''$ und $I = 15326$. Mit den Näherungswerten $(S)_0 = 147^\circ$ und $I_0 = 15000$ wird der Tafel die Elongation $(T)_0 = 46^\circ 38' 32''$ entnommen.

Es ist $\Delta(S) = (S) - (S)_0 = 30' 58''$, mit dem aus der Differenz $\Delta T = -15' 26''$ für $(S) = 147, 148^\circ$ die Interpolationswerte $-7' 43''$ und $-14''$ (linker Teil der Rechnung) gebildet werden. Entsprechend stehen im rechten Teil:

32.36 die sexagesimal geschriebene Differenz ΔT
 -54.57 die Differenz ΔT zwischen den Zeilen $I = 15000$ und $I = 16000$ für $(S) = 147^\circ$.

Die sexagesimale Multiplikation beider Zahlen ergibt den weiteren Interpolationswert von $-29' 50''$, so daß ΔT insgesamt $-37' 47''$ wird und (T) sich zu $46^\circ 0' 45''$ berechnet.

Bei der Bestimmung der Breite wird folgendermaßen vorgegangen: Der Knoten ist mit $14.53.0 \text{ II}$ gegeben. Über den heliozentrischen Venus-Ort wird der Knotenabstand u gebildet und dann nach

$$(31) \sin b = \sin u \cdot \sin i$$

(mit i = Neigung der Planetenbahnebene gegen die Ekliptikebene)

b berechnet oder der Breitentafel entnommen (*XIII, 329^v*).

B wird dann nach (29) in der Form

$$\tan B = \tan b : \frac{\sin(S)}{\sin(T)} \text{ berechnet.}$$

Hier wird für einen kleinen Winkel der Tangens durch den Bogen ersetzt und der Quotient mit 1000 erweitert:

$$B' = 1000 b' : 1000 \frac{\sin(S)}{\sin(T)}.$$

In dieser Weise wird beispielsweise für den 1. Januar 1619 gerechnet:

| | | | |
|-----------------------------|-----------------|--------------------------------|---------|
| $u = -6^\circ 29' 9''$ | | $1000 \cdot \left b \right $ | 23000 |
| $b = -22' 31''$ | dividiert durch | $1000 \frac{\sin(T)}{\sin(S)}$ | 746 |
| (richtig:
— $22' 49''$) | | <hr/> | <hr/> |
| | | ergibt für $B = 30'$ | |

B wird also ohne Hilfsmittel (Tabellen, Logarithmen) berechnet.

Von den eingangs beschriebenen und im Auszug mitgeteilten Tafeln wird bei der Berechnung der Ephemeriden anderer Jahre ausführlicher Gebrauch gemacht. Das sei am Beispiel des Jahres 1623 näher erläutert (*XIII, 313*).

Der Tab. *XIII, 322* wird entnommen:

$$\begin{array}{ll} 1622 \text{ compl.} & \text{♀ in } 25.47.8 \text{ ♀} \\ & \text{Aphel in } 1.42.16 \approx \end{array}$$

Die Differenz von $35^{\circ}55'8''$ in mittlerer Bewegung wird in die Zeitspanne von $22^d10^h3^m$ umgerechnet und ergibt, reduziert auf den Mittag des 2. Februar für den Durchgang der Venus durch das fiktive Aphel, 1.2.9 $\approx$. Da Kepler aber das Bahnaphel von Tab. *XIII*, 323 anhält, ist jeweils eine Korrektur von $-31'15''$ an den heliozentrischen Venus-Ort anzubringen. Entsprechend wird für 1624 (*XIII*, 312^v) und für 1620 (*XIII*, 308) verfahren.

In der Berechnung der Örter des Jahres 1623 benutzt Kepler wieder die Tab. *XIII*, 323, der er den Venus-Ort, die radiale Entfernung zur Sonne und den Mesologarithmus der Neigung entnimmt. Für die Bestimmung der geozentrischen Länge zieht er dann eine andere, bisher noch nicht erwähnte Winkeltafel heran, die in den Mss. nicht vorhanden ist und in ihrem Aufbau offenbar der „Tabula Anguli“ der Tab. Rud. (KGW X, Tafelteil, 20–21) ähnelt. Eingangswerte sind das Verhältnis der Entfernungen von Venus und Erde zur Sonne am oberen Rand und die Kommution am linken Rand, entnommen wird die Tafel der Elongation.

Beispielsweise wird für den 3. Januar 1623 gerechnet:

$$\begin{array}{rcl} (S) = 29^{\circ}23'55'' & \odot - \ominus = 72750 & \text{Log } 31814 \\ & \odot - \oplus = 98212 & \text{Log } 1804 \\ & (\text{log.}) \text{ Verhältnis der Entfernungen} & 30010 \\ (T) = 12^{\circ}27'53'' & \text{(der Winkeltafel entnommen).} & \end{array}$$

Die Breite B wird logarithmisch berechnet entsprechend (29).

Für den 3. Januar bedeuten die Zahlen der rechten Spalte:

$$\begin{array}{ll} 693330 \text{ M.} & \text{negativer Mesolog b} \\ 71151 & \text{Log (S)} \\ 153307 & \text{Log (T)} \\ 82156 & \text{Log (T) — Log (S)} \\ 775486 & \text{Mesolog B} \\ B = 1' & \text{(im Ms. nicht geschrieben).} \end{array}$$

Die Rechnungen für 1624 (*XIII*, 312^v) laufen in gleicher Weise, für die wiedergegebenen Berechnungen der Örter des 1. und 2. Januar fehlt die Breitenbestimmung.

Ebenso ist die Ephemeride für 1620 (*XIII*, 307 u. 308), wie die Beispiele zeigen, unter Benutzung der Tafeln von *XIII*, 322 u. 323 logarithmisch berechnet worden. Hier folgt Kepler dem bei der Kommentierung der Merkur-Ephemeriden erläuterten Rechengang mit den Gleichungen (26) bis (28).

Für 1628 (*XX*, 281) tritt eine Änderung in der Berechnungsweise ein: die Elongation wird über eine Iteration berechnet (vgl. Mars-Ephemeride 1628). Hier wird $(P)_1$ der Tab. Anguli (KGW X, Tafelteil, 20) entnommen. Die letzte Iteration führt zu $(P)_3 = 34.27.9$, woraus sich der Ort der Venus zu $14.59.5 \text{ II}$ berechnen würde. Die Breite wird logarithmisch entsprechend Gleichung (29) berechnet.

$$\begin{array}{lll} 30. \text{ April } 1628 & & \\ 7.41.39 & 33038 \text{ Log } r_1 & 2^{\circ}44' \text{ b} \\ 10.31.36 & 987 \text{ Log } r_2 & 304100 \text{ Mesolog b} \\ 87.10. 3 (S) & 34070 \text{ Log } \frac{r_1}{r_2} & 56951 \text{ Log } (P)_3 \\ 34.30 (P)_1 & 22881 \text{ Log (T)} & \underline{122} \text{ Log (S)} \\ 34.28.30 (P)_2 & 56951 \text{ Log } (P)_3 & 360929 \text{ Mesolog B} \\ 52.42. 3 (T) & (P)_3 = 34.27.29 & 1^{\circ}33' \text{ B} \\ 15. o. 6 (\text{geoz.}) & & \end{array}$$

MARS-EPHEMERIDEN

XIV, 375–376^v Unter den Mars-Ephemeriden befinden sich die frühesten Ephemeriden, die Kepler berechnet hat. Ihre Abfassung hängt einerseits eng mit dem Fortgang der „Astronomia Nova“, d. h. mit der Ausarbeitung der heliozentrischen Planetentheorie, zusammen; andererseits sah Kepler in der Herausgabe eigener Ephemeriden eine Möglichkeit – wie er in einem Brief vom Februar 1604 an David Fabricius schrieb (KGW XV, 23) –, seine eigenen Einkünfte zu verbessern. Da es Kepler im Februar 1605 gelungen war, den Zusammenhang zwischen den radialen Abständen Sonne–Mars und der exzentrischen Anomalie aufzudecken (KGW III, 435), und da bereits früher mit der „stellvertretenden Hypothese“ ein Rechenmittel für die Bestimmung der Mars-Örter in Länge gefunden war – das dann 1605 mit der richtigen Formulierung der Bahntheorie abgelöst wurde –, waren ihm bereits Anfang 1605 seine neuen Hilfsmittel zur Berechnung der Ephemeriden an die Hand gegeben. Der Vergleich berechneter Planeten-Örter mit den Tychonischen Beobachtungen vor 1600 und den Werten anderer Ephemeriden, etwa denen von Maginus, stellten zudem einen reizvollen Prüfstein für die Genauigkeit der neuen Theorie dar.

Kepler hat, wie er in einem anderen Brief an seinen Freund Fabricius in Friesland vom 18. Dezember 1604 ausführt (KGW XV, 80), gemeinsam mit seinem Assistenten Seiffart am 3. Dezember desselben Jahres Marstafeln berechnet, die es erlauben, an einem Tag die Mars-Örter in Länge von 10 zu 10 Tagen für ein Jahr zu schreiben. Dasselbe teilte er wenige Tage zuvor seinem früheren Lehrer Mästlin in Tübingen mit (KGW XV, 73).

In den vorliegende Mss. finden sich Keplers Ausführungen zur Ephemeride des Jahres 1604. Sie enthalten einmal die numerischen Ausgangswerte der Ephemeride, zum anderen aber darüber hinaus prinzipielle Ausführungen Keplers, vermutlich seine frühesten überhaupt, die sich auf die Berechnung von Ephemeriden beziehen.

Zunächst (*XIV, 375*) bestimmt er aus den Epochenwerten des Mars für Jahresende 1603 und 1604 die mittlere Bewegung des Planeten pro Tag mit $31'26''30'''$. Bei der Berechnung der Ephemeride wird von der mittleren Anomalie vom 1. Januar 1604 ausgegangen und abwechselnd die mittlere Tagbewegung von $31'26''$ und $31'27''$ addiert, um so die mittlere Anomalie für alle Tage des Jahres zu erhalten. Anschließend wird vom alten Kalender zur neuen Kalenderschreibweise übergewechselt, indem die Anomalien für die dem Jahresanfang Julianischer Schreibweise vorangehenden 10 Tage bestimmt werden. Ausgehend von den mittleren Anomalien, die Kepler hier auch „Anomaliae simplices“ nennt, werden die wahren Anomalien und die radialen Abstände gebildet. Ob Kepler hierfür eine Tabelle verwendet, wie sie in den Mss. (*XIV, 412–414^v*) vorliegt, wird nicht näher ausgeführt.

Die weiteren Schritte zur Aufstellung der Ephemeride sind mit der Berechnung des Bahnortes (locus Eccentricus) – aus der Addition von Aphelrichtung und wahrer Anomalie – und der heliozentrischen Breite gegeben (*XIV, 375^v*). Anstatt jede Breite einzeln zu berechnen, wird so verfahren, daß zunächst eine Breitentabelle eingerichtet und dann interpoliert wird.

Der Tabelle liegt Gleichung (31) in der Form

$$b = i \cdot \sin u$$

zugrunde, wobei b , i als kleine Winkel behandelt werden.

Der Wert von $i = 1^\circ 50' 45''$ wird in Minuten umgerechnet und mit 100 multipliziert ($i = 11075$), um so – wie auch Maginus bei der Einrichtung einer Breitentafel des Mondes verfahren ist – die Breiten in Hundertstel von Minuten zu erhalten. Damit ist der „locus Eccentricus“ des Mars in Länge und Breite (nicht der des Mondes, wie am Schluß von *XIV*, 375^v geschrieben steht) bekannt. Er ist nun über die Parallaxe der jährlichen Bahn oder über die Elongation auf die Erde zu reduzieren (*XIV*, 376).

Das Verfahren zur Berechnung der geozentrischen Koordinaten des Mars unterscheidet sich prinzipiell nicht von dem schon im Zusammenhang mit den Merkur-Mss. erläuterten Weg. Wiederum wird die Rechnung an eine Sonnenephemeride angeschlossen, die noch um die radialen Abstände Sonne – Erde erweitert wird. Nachdem Kepler eine Tycho-nische Tabelle der Tagbögen der Sonne aus den „Progymnasmata“ (Op. Omn. Tych. Br. II, 51) diskutiert und für nicht ausreichend befunden hat, schlägt er einen anderen Weg zur Ableitung der Sonnen-Ephemeride für 1604 ein. Er geht von der Tychonischen Ephemeride für 1572 aus (Op. Omn. Tych. Br. II, 53–54) und bildet für einige wenige Tage die Differenzen zu den von ihm berechneten Örtern des Jahres 1604, so daß für die übrigen Tage von 1604 die Differenzen und damit auch die Sonnen-Örter ohne Neuberechnung gefunden werden können.

Für die Entfernungen verweist er auf eine eigene Tabelle (*XIV*, 276), die am „Die ♀ 23 No: 1604“ geschrieben wurde und so gerade die in dem eingangs erwähnten Brief an Fabricius erwähnte Datierung trägt. Die Tabelle trägt die Überschrift „Sequitur tabula aequationis Eccentricij simplicis cum distantia ☉ a ⊕ ad Eccentricitatem 1800. Unâ cum aequationis alterâ parte“.

Aus ihr sei folgender Auszug mitgeteilt:

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|-------|-----|--------|------------|-----------|
| 0 | 180 | 0.0. 0 | 101 800 00 | 98 200 00 |
| 1 | 179 | 0.1. 5 | 101 799 73 | 98 200 27 |
| 2 | 178 | 0.2.10 | 101 798 88 | 98 201 08 |
| 3 | 177 | 0.3.14 | 101 797 48 | 98 202 42 |
| 4 | 176 | 0.4.18 | 101 795 54 | 98 204 03 |
| { ... | | | | ... } |
| 86 | 94 | 1.1.43 | 100 109 45 | 99 858 33 |
| 87 | 93 | 1.1.46 | 100 078 06 | 99 889 66 |
| 88 | 92 | 1.1.49 | 100 046 65 | 99 921 05 |
| 89 | 91 | 1.1.51 | 100 015 23 | 99 952 41 |
| 90 | 90 | 1.1.53 | 99 983 80 | 99 983 80 |

Die Spalten, die in der Vorlage selbst keine Überschrift tragen, enthalten in

- (1) E_1 (exzentrische Anomalie) mit $0 \leq E_1 \leq 90^\circ$
- (2) $E_2 (= 180 - E_1)$ mit $180 \geq E_2 \geq 90^\circ$
- (3) aequationis pars physica mit $e \sin E_1 = e \sin E_2$
- (4) radialer Abstand $r_1 = (1 + e \cos E_1) 10^7$
- (5) radialer Abstand $r_2 = (1 + e \cos E_2) 10^7$

Bei der Berechnung der Breite ist zu beachten, daß für kleine Winkel die Tangens-Funktion durch den Bogen ersetzt werden kann.

Schließlich wird eine Korrektur in der Breitenrechnung des Mars erläutert (*XIV*, 376^v).

Wir wollen abschließend noch auf einige Einzelheiten der Berechnung eingehen. Nach der Bestimmung der Unterschiede zwischen den neu berechneten Sonnen-Örtern des Jahres 1604 und denen aus der Ephemeride von 1572 von Brahe für den jeweils ersten Tag der einzelnen Monate unter der Überschrift „Pro loco Solis“ (*XIV*, 377) wird die Mars-Ephemeride für 1604 berechnet. Auf Bl. *XIV*, 377^v sind drei dieser Rechnungen für den 1., 11. und 21. Januar 1604 (alter Stil) erhalten. Die erste Rechnung, die älteste in den Kepler-Mss. nachweisbare Ephemeriden-Rechnung überhaupt, sei hier als Beispiel mitgeteilt.

Die Rechnung folgt den vorangegangenen allgemeinen Überlegungen. Zur Vereinfachung sind hier Multiplikationen und Divisionen weggelassen. Zusätzliche Erläuterungen stehen rechts neben den Zahlen, Angaben links von den Zahlen stammen von Kepler.

| | | | |
|----------|---|----------|---------------------------|
| $\odot$ | 9. 7.23 $\mathbb{M}$ | 166214 | r_1 |
| $\odot$ | 20.44.11 $\odot$ | 98262 | r_2 |
| Ad Solem | 131.36.48 (S) | 25693 | I |
| | 65.48.24 $\frac{1}{2}$ (S) | | |
| | 222630 $\tan \frac{1}{2}$ (S) | | |
| | 256931 I | | |
| | 57270 $\tan \frac{x}{2}$ | 48.23.12 | 180 — (S) |
| | 29.48. 0 $\frac{x}{2}$ (richtig: 29.46) | 74764 | $\sin$ (S) |
| | 65.48.24 $\frac{1}{2}$ (S) | 99522 | $\sin$ (T) |
| | 95.36.24 (T) | 75122 | $\frac{\sin(S)}{\sin(T)}$ |
| | 290.44.11 $\odot$ | 10220 00 | 100 · b |
| $\odot$ | 195. 7.47 | 75122 | |
| | 15. 7.47 $\odot$ | 136.28 | |
| Maginus | 15.31 | 2.16.28 | Breite B |
| | 23 $\frac{1}{4}$ Differenz | | |

A 28–A 31^v Unter den Handschriften der Wiener Nationalbibliothek findet sich im Cod. 10686² auch diese vollständige Mars-Ephemeride auf das Jahr 1605. Sie stellt im Resultat die erste umfassende wissenschaftliche Anwendung der in den „Marskommentaren“ der „Astronomia Nova“ niedergelegten Planetentheorie Keplers dar. Diese Probe erfolgte allerdings unter Ausschluß der Öffentlichkeit. Denn die Ephemeride auf 1605 ist weder gedruckt, noch einem größeren Benutzerkreis zugänglich gemacht worden. Da ein entsprechender Hinweis darauf fehlt, muß es als fraglich angesehen werden, daß die Ephemeride – wie offenbar die auf 1604 (KGW XV, 23) – dem Kaiser in Prag überreicht worden ist. Dennoch weist die äußere Form der Mss. in der sorgfältigen Ausführung der Tabellen durch Keplers Assistenten Matthias Seiffart darauf hin, daß eine Verwendung der Ephemeride in diesem Sinn vielleicht vorgesehen war.

Kommen wir nun zu Einzelheiten der Ephemeride selbst. In der knappen Vorbemerkung (*A 28*) wird ausgeführt, daß die Ephemeride in einem Zeitraum von nur 20 Stunden hergestellt wurde. Es wurden die Örter für jeden 10. Tag berechnet und für die anderen Tage – durch Interpolationsrechnungen – eingepaßt. Grundlage der Rechnungen bildeten eigens angefertigte Tabellen.

Die Ephemeride enthält auf 6 Blättern (*A 29–A 31^v*) für die einzelnen Tage des Jahres 1605 in der Schreibweise nach dem neuen Kalender die Örter der Sonne (Spalte 2),

des Mars in der Berechnung von Kepler auf der Grundlage der Tychonischen Beobachtungen (Spalte 3) sowie die des Mars nach der Ephemeride des Maginus (Spalte 4) (Eph. Mag. 1582). In Spalte (5) sind schließlich die Differenzen Tycho—Maginus gebildet, d. h. die Abweichungen der Werte des Maginus von der Keplerschen Ephemeride tabuliert. Die entsprechenden Angaben für die Breiten – hier aber nur für den 1., 11. und 21. Tag eines Monats – ist in dem kleinen Feld unten angegeben.

Gerade weil diese Ephemeride eine herausragende Stellung unter anderen Ephemeriden der Zeit einnimmt, ist es sinnvoll, ihre Genauigkeit zu ermitteln. Vergleicht man die Ephemeride mit den Angaben neu berechneter, auf Resultaten der modernen Himmelsmechanik basierender Tafeln (Tuckerman 1964) für das Jahr 1605, so erhält man folgende bemerkenswerte Ergebnisse:

(a) In Länge weisen die Örter Keplers eine Differenz von maximal 3' auf. Der durchschnittliche Fehler beträgt 1.'6 und der mittlere Fehler $\pm 1.'9$ (beide gebildet aus 36 Vergleichswerten). In Breite stimmen die Angaben Keplers weitgehend mit den Vergleichswerten überein, der mittlere Fehler beträgt $\pm 0.'8$ (gebildet aus 33 Werten ohne den Monat Juli, für den Seiffart fälschlicherweise die Zahlen vom Juni übernommen hat).

(b) Für die Ephemeride von Maginus erreichen die Abweichungen sowohl in Länge als auch in Breite den maximalen Betrag von etwa 60'. Der durchschnittliche Fehler in Länge besitzt den Wert von 27.'5, der mittlere Fehler beträgt für die Länge $\pm 31.'9$, für die Breite $\pm 36.'6$.

(c) Berücksichtigt man die allgemeine Wertschätzung, die die Ephemeriden von Maginus zu Beginn des 17. Jahrhunderts erfuhren, so erhellt dieser Genauigkeitsvergleich die neue Qualität der Keplerschen Astronomie; denn bereits die erste auf der Grundlage der „Astronomia Nova“ berechnete Ephemeride ist um eine Größenordnung genauer als die bis dahin am zuverlässigsten geltende Ephemeride der Zeit.

Wie hat Kepler die Ephemeride berechnet und auf welchen Tafeln basiert die Rechnung?

Auf anderen Blättern desselben Codex der Wiener Mss. (*A 12–A 12^v*) hat Kepler nähere Angaben zur Berechnungsweise gemacht. Sie ähneln denen von 1604, zeichnen sich aber durch eine bemerkenswerte Kürze aus, so daß sie an dieser Stelle wiedergegeben werden sollen.

PRO LOCO MARTIS

A 12

1. Ad datum tempus quaeratur Anomalia Solis Media et verus locus Solis.
2. Inquiratur simplex locus Martis, Aphelium, et limes nodorum.
3. Simplicem Martis et Aphelium invicem aufer remanet Anomalia Eccentri, per quam excerpe Coaequatam et distantiam ☿ à ☉ ex posteriori tabula.
4. Cum Anomalia Solis Simplici excerpe distantiam ☉ is à Terra ex priori.
5. Si Aphelium subtraxisti à media longitudine Martis Anomaliā Coaequatam adde Aphelio, si vero simplicem Martis subtraxisti ab Aphelio, et Anomaliā coaequatam subtrahe ab Aphelio, et remanet locus Martis Eccentricus.
6. E Tabula Indicis cum distantia Martis à Sole in fronte et distantia ☉ is à Terra excerpe Indicem.
7. Locum Martis Eccentricum à vero loco Solis aufer remanet Angulus Commutationis cum quo in
8. fronte ingredi tabulam Anguli et cum Indice in latere in area excerpe Angulum visionis auferendum à vero loco Solis.¹

A 12^v

PRO LATITUDINE

1. Simplex limes nodorum et Locus Martis Eccentricus invicem subtrahantur, ut habeatur distantia à Nodo.
2. Quaeratur Inclinatio ad Eclipticam ut s. t. ad sr. distantiae à Nodo; sic sr. maximae Inclinationis ad sr. inclinationis quaesitae.
Inclinatio maxima est $1^{\circ} 50' 45''$ sr. 322103.¹

In den Ausführungen zur Breitenrechnung – die wie die Ephemeride auch von Seiffart geschrieben sind – fehlt die Umrechnung der heliozentrischen in die geozentrische Breite. Der entsprechende Punkt 3 auf *A 12^v* ist unleserlich gemacht. Bei Punkt 2 bedeutet sr. sinus rectus (= sin), s. t. steht für sinus totus (= $\sin 90^{\circ} = 1$), so daß an dieser Stelle Gleichung (31) in die Form $\frac{1}{\sin u} = \frac{\sin i}{\sin b}$ gebracht ist. Für keine andere Ephemeride eines bestimmten Jahres sind derart viele Tabellen in den Mss. vorhanden. Es läßt sich nachweisen, daß jeder Punkt der Berechnungsanweisung von *A 12* mit einer Tabelle oder zumindest einem Tabellenteil korrespondiert. Über diese Tabellen hat Kepler in einem ausführlichen Brief an Fabricius vom 11. Oktober 1605 geschrieben (KGW XV, 261):

„Dixi tibi simul compendiosum meum calculum, is constat tabulis 1. Solis. 2. loci Eccentrici, et distantiae ♂. 3. Tabula indicis valde prolixa sed iam confecta. 4. Tabula anguli.“

Folgende Tafeln, die Kepler zur Berechnung der Mars-Ephemeride von 1605 verwendet hat, finden sich in den Mss.:

- (a) Tafel der Epochen der mittleren Bewegung des Mars (*A 3—A 4*) mit $10^8 7^{\circ} 11' 34''$ als motus medius für 1600 compl.;
- (b) Tafel der Bewegung von Aphel und Knoten sowie der Örter des Aphel (*A 20*) mit $4^8 29^{\circ} 2' 38''$ als Aphelium für 1600 compl.;
- (c) Tafel der Gleichungen der Sonne sowie der Entfernung der Erde von der Sonne (*A 20^v—A 21^v*) mit $e = 0.01800$, die erste dem Fabricius genannte Tafel;
- (d) Tafel der Tagbewegungen, der radialen Sonnen-Abstände und der Gleichungen des Mars (*A 23—A 27*) mit $a = 152500$ und $e = 0.09230$, die zweite dem Fabricius genannte Tafel (vgl. KGW XV, 530, Anmerkung Z. 842).

Hieraus sei folgender Auszug mitgeteilt:

| M | v | r |
|-------|-----------|--------|
| 0 | 0 | 166576 |
| 1 | 0.49.58 | 575 |
| 2 | 1.39.56 | 573 |
| 3 | 2.29.53 | 566 |
| 4 | 3.19.54 | 548 |
| 5 | 4. 9.53 | 527 |
| {...} | | {...} |
| 178 | 177.35.18 | 138432 |
| 179 | 178.47.39 | 138426 |
| 180 | 180 | 138424 |

Die Tatsache, daß in der „Astronomia Nova“ als genauere Werte $a = 152350$ und $e = 0.09265$ abgeleitet wurden (KGW III, 344), zeigt erneut, daß die Tabellen vor dem Abschluß des Mars-Werkes aufgestellt wurden;

- (e) Tafel des Index des Mars (*A 34—A 53*), die dritte dem Fabricius genannte Tafel: diese Tafel enthält für die Entfernungen des Mars von der Sonne am oberen Rand (mit $166700 \geq r_1 \geq 138100$ und $\Delta r_1 = -100$) und für die Entfernungen der Erde von der Sonne am linken Rand (mit $102100 \geq r_2 \geq 97900$ und $\Delta r_2 = -100$) die Werte des Index $\frac{r_1 - r_2}{r_1 + r_2}$ (mit $26002 \leq I \leq 15035$). Diese Tafel findet sich ebenso in den Pulkowoer Kepler-Mss. (*XXI, 266–286*);
- (f) Winkeltafel des Mars (*A 55—A 76*), die vierte dem Fabricius genannte Tafel: Eingangswerte sind Kommution am oberen Rand (mit $1 \leq (S) \leq 180^\circ$) und $\Delta(S) = +1^\circ$ und die Werte des Index am linken Rand (mit $15000 \leq I \leq 26400$ und $\Delta I = +600$), entnommen wird der Tafel die Elongation (T) . Auch diese Tafel besitzt in den Pulkowoer Kepler-Mss. eine gleiche Ausfertigung (*XXI, 306–328*).

Auf Bl. *XXI, 328* findet sich zum Abschluß der Tabelle die Notiz von Keplers Hand, daß Johannes Schuler aus Wolfhagen in Hessen bei der Rechnung mitgeholfen und die Tabelle von Keplers Vorlage abgeschrieben habe.

Die Berechnung der Mars-Ephemeride von 1609 – für 1610 sind entgegen der Überschrift keine Rechnungen erhalten – ist mit der Mitarbeit von Benjamin Ursinus (1587–1633) bei Kepler in Prag verbunden. In einem Brief an Kepler vom 24. September 1609 bietet Ursinus Kepler seine Dienste an und bittet den berühmten Astronomen um Aufträge, damit er als sein Schüler den vortrefflichen Lehrer einmal wird rühmen können: „Vale, et si quid habes audacter manda . . . utque tam de me discipulo aliquando gloriare, quàm ego de Tua Excellentia praeceptore meo“ (KGW XVI, 254).

XIV, 400

Einer der ersten Aufträge für Ursinus ist die Berechnung der Mars-Ephemeride für 1609. Die entsprechenden Mss. (*XIV, 400–406*) sind von dem damals 22jährigen Mathematiker, der später Professor der Mathematik in Frankfurt/Oder wird, geschrieben.

Er rechnet zunächst aus, daß der Planet am Mittag des 31. Juli 1609 (alter Stil) durch das Bahnaphel läuft. Für die Bestimmung der geozentrischen Länge verwendet er die „Tabula Anguli“ des Mars und interpoliert hierin die Elongation über die gegebenen Werte von Index und Kommution in bekannter Weise (vgl. Venus-Rechnungen für 1619). Ebenso wird die Breite in einer Tabelle, ähnlich der „Tabula Latitudinaria Martis“ in den Tab. Rud. (KGW X, Tafelteil, 65) interpoliert.

Beispielsweise wird für den 2. Januar gerechnet:

für die Länge

$$\begin{aligned} (S) &= 116.53.41 & I &= 20422 \\ \Delta(S) &= 53.41 & \Delta I &= 22 \\ (T) &= (T)_0 + \Delta T_1 + \Delta T_2 \\ &= 76.4.49 + 44' 40'' + 1' 6'' = 76.50.35 \end{aligned}$$

für die Breite

$$\odot - \delta\odot = u = 2^\circ 36'$$

In der Tabelle steht

$$\begin{aligned} \text{für } u_1 &= 2^\circ & b_1 &= 3' 52'' \\ u_2 &= 3^\circ & b_2 &= 5' 47'' \\ \Delta u &= 36' & \Delta b &= 1' 9''; \\ \text{somit } b &= b_1 + \Delta b = 5' 1''. \end{aligned}$$

Die weiteren Rechnungen, die die Mars-Örter im Abstand von je 10^d ermitteln, sind teilweise mit dem Fehler behaftet, daß Ursinus für Zeitpunkte vor dem Apheldurchgang des Mars die entsprechenden Bahnbögen zum Aphel addiert, anstatt sie – wie richtig für den Zeitraum 2. 1.–11. 2. ausgeführt – vom Aphel zu subtrahieren.

XIV, 380–390 Die Berechnung der Mars-Ephemeriden der Jahre 1620–1623 unterscheidet sich kaum von der der anderen Planeten derselben Jahre. Wiederum wird für das jeweilige Jahr der Durchgang des Planeten durch das Aphel bestimmt und dann über die „Tabula diurnorum“ der Ort des Planeten für einzelne Tage vor und nach dem Apheldurchgang gebildet. Da dieser Tafel als „Radix“ der Apheldurchgang von 1615 compl. zugrunde liegt, das Aphel über den gesamten Zeitraum der Tafel festgehalten gedacht wird, ist in der Rechnung eines anderen Jahres eine kleine Korrektur an die tabulierten Bögen der Tafel anzubringen.

Beispielsweise ist in der Ausarbeitung der Ephemeride für 1621 (*XIV, 380*) durch Keplers Mitarbeiter Janus Gringalletus der Unterschied zwischen dem Apheldurchgang vom November 1620 und dem Wert der Radix zu $5'26''$ bestimmt worden. Dabei wird die Angabe, daß der Planet am 22. November 1620 um 0^h32 das Aphel in $29.22.48 \text{ } \mathcal{Q}$ durchläuft, der entsprechenden, von Kepler für die Jahre 1575 bis 1666 berechneten und am 5. Juli 1620 nochmals durchgesehenen Tabelle entnommen (*XIV, 409^v*).

Hieraus sei folgender Auszug wiedergegeben:

| Quando Mars in Aphelio | | | Locus Aphelij |
|------------------------|----------|---------|------------------------|
| { ... | | | ... } |
| 1617 | 7 Febr. | H. o.37 | 29.18.36 $\mathcal{Q}$ |
| 1618 | 26 Dec. | H. o.35 | 20.42 |
| 1620 | 12 Nov. | H. o.32 | 22.48 |
| 1622 | 30 Sept. | H. o.29 | 24.54 |
| 1624 | 17 Aug. | H. o.27 | 27. 0 |
| 1626 | 5 Julij | H. o.24 | 29. 6 |
| 1628 | 22 Maji | H. o.21 | 31.12 |
| 1630 | 9 April. | H. o.19 | 33.18 |
| 1632 | 25 Febr. | H. o.16 | 35.24 |
| 1634 | 12 Jan. | H. o.13 | 37.30 |
| 1635 | 30 Nov. | H. o.11 | 39.36 |
| { ... | | | ... } |

Im Rechenbeispiel der Ephemeride für 1621 – 1. Januar, 40. Tag nach dem Apheldurchgang – wird als Marsort bezüglich des fiktiven Aphel 1615 compl. der Wert $16.50.34 \text{ } \mathcal{M}$ genommen und die oben genannte Korrektur von $5'26''$ hinzugefügt. Da der Apheldurchgang 1620 nicht genau zur Mittagsstunde erfolgt, sondern 32^{min} später, wird noch der 45. Teil des wahren Tagbogens (hier: $35''$) abgezogen. Dagegen ist die Verschiebung des Aphel von $29.23.10 \text{ } \mathcal{Q}$ nach $29.23.17 \text{ } \mathcal{Q}$ nicht erforderlich, da – wie Kepler bemerkt – das Aphel in der Tab. diurnorum festgehalten ist. Die Elongation ($79.25.40$) wird in üblicher Weise nach Gleichungen (26) bis (28) logarithmisch berechnet. Allerdings hat Gringalletus für den Bahnort den falschen Wert von $16.18.42 \text{ } \mathcal{M}$ erhalten, so daß sich eine Neuberechnung anschließt, die zur verbesserten Elongation $78.53.12$ – und damit zum korrigierten Marsort $22.31 \text{ } \mathcal{Q}$ – führt.

Die immer wieder erwähnte Tab. diurnorum gehört zu den wichtigsten Tafeln für die Berechnung von Ephemeriden. Sie entspricht in ihrem Aufbau der Venus-Tabelle und umfaßt für den Mars die Tagbewegungen des Planeten bis zur halben siderischen Periode von rund 343^d nach und vor dem Apheldurchgang (*XIV*, 386–389^v).

Aus der Tafel sei folgender Auszug mitgeteilt:

| Post Aphelium | | | | | |
|---------------|--------|-------------|--------|-------------|-----------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| | | Sept. Des. | | | |
| 0 | 346050 | 1.47.57 | 166382 | [29.17.44 ♀ | 0. 0. 0 |
| | | | 50912 | 0.26.37 | |
| 1 | | 1.47.46 | 166381 | 29.44.21 | 0.31.27 |
| | | | 12 | 0.26.38 | |
| 2 | | 1.47.35 | 166380 | 0.10.59 ♀ | 1. 2.53 |
| | | | 11 | 0.26.40 | |
| 3 | | 1.47.23 | 166378 | 0.37.39 | 1.34.20 |
| | | | 10 | 0.26.42] | |
| {... | | | | | ...} |
| 340 | 345290 | 1.48.46 | 138176 | 27. 5.41 ♀ | 178.11. 3 |
| | | | 32336 | 38. 3 | |
| 341 | | 1.48.33 | 138171 | 27.43.44 | 178.42.30 |
| | | | 32332 | 38. 2 | |
| 342 | | 1.48.19 | 138168 | 28.21.46 | 179.13.56 |
| | | | 32329 | 38. 3 | |
| 343 | | 1.48. 4 | 138166 | 28.59.49 | 179.45.23 |
| | | | 32327 | | |
| Ante Aphelium | | | | | |
| (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | |
| | | | | | 0 |
| 28.51.30 ♀ | 166381 | 1.48. 8 | 345870 | | 1 |
| 26.14 | 50912 | | | | |
| 28.25.16 | 166380 | 1.48.17 | | | 2 |
| 26.14 | 11 | | | | |
| 27.59. 2 | 166378 | 1.48.27 | | | 3 |
| 26.14 | 10 | | | | |
| {... | | | | | ...} |
| 1.29.47 ♀ | 138175 | 1.46.59 | 346960 | | 340 |
| | 32334 | | | | |
| 0.51.44 | 138170 | 1.47.17 | | | 341 |
| | 32330 | | | | |
| 0.13.42 | 138167 | 1.47.34 | | | 342 |
| | 32328 | | | | |
| 29.35.39 ♀ | 138166 | 1.47.50 | | | 343 |
| | 32327 | Merid: Asc: | | | . |

Die Spaltenüberschriften lauten:

- (1) Dies
- (2) Mesologar. Inclinationis
- (3) Inclination
- (4) Distantiae curtatae cum Logarithmo
- (5) Motus verus reductus
- (6) Martis Motus Medius
(Motus Anomaliae compositus auf Bl. *XIV*, 387)
- (7) Motus verus reductus
- (8) Distantiae curtatae cum Logarithmo
- (9) Inclination
- (10) ‹Mesologarithmus Inclinationis›
- (11) Dies

Kepler hat zu dieser Tafel einige Anmerkungen gemacht, die in die Materialien aufgenommen wurden (*XIV*, 390). Er gibt zunächst eine kurze Beschreibung und hebt hervor, daß die Tafel in der mittleren Spalte nicht einfach Anomalien, sondern mittlere Bewegungen bezüglich eines festen, aber mit der Präzessionsbewegung beweglichen Aphel enthält. Das astronomisch-numerische Fundament der Tafel ist durch folgende Werte gebildet:

Aphel in 29.17.22 Q für 1615 compl.

Knoten in 16.55 Y für 1615 compl.

jährliche♂-Bewegung mit $191^{\circ}17'8''$

jährliche Aphelbewegung mit $1'7''$

Exzentrizität $e = 0.09265$ nach „Astronomia Nova“, cap. LIV (KGW III, 344)

Neigung $i = 1^{\circ}50'30''$.

Eine Kontrollmöglichkeit der mehrfach korrigierten Werte der Tafel sieht Kepler darin, daß, ausgehend vom Apheldurchgang des Planeten, der gerade um eine halbe Periode entfernte Ort zweifach bestimmt wird, einmal durch Addition („in semicirculo descendit“), zum anderen durch Subtraktion („in Ascendenti semicirculo“) der Bewegung des Mars, die der halben siderischen Periode von $343.^d_5$ entspricht. Als Ergebnis seiner Überprüfung stellt Kepler – für den gesamten Umlauf des Planeten innerhalb von $687.^d$ – eine Differenz zwischen beiden Werten von $4'44''$ fest. Dieser Betrag läßt sich unter Berücksichtigung der Aphelbewegung für diesen Zeitraum um etwa $2'10''$ auf rund $2'30''$ verringern. Den Restbetrag sucht Kepler durch eine neue Korrektur in Form einer Tabelle auszugleichen.

In Wirklichkeit beträgt auch nach den Angaben Keplers die siderische Periode des Mars nicht volle $687.^d$, sondern nur $686.^d.931$; sie ist also um $1^h38^m50^s$ kleiner als $687.^d$. Wird dieser genaue Wert für die Periode angehalten, so erhält man im absteigenden Halbkreis anstelle von 29.20.6 $\approx$ die Richtung 29.18.47 $\approx$ und im aufsteigenden Halbkreis anstelle von 29.15.22 $\approx$ die Richtung 29.16.41 $\approx$ für das Perihel. Die Differenz zwischen beiden Richtungen beträgt also nicht $4'44''$, sondern nur $2'6''$ und ist gerade gleich der Aphelbewegung in diesem Zeitraum. Die Mitte 29.17.44 $\approx$ ist die Richtung zum Perihel für 1615 compl. und ist um genau 180° von der in der Tabelle durchgestrichenen Ausgangsrichtung für das Aphel verschieden.

Kommen wir noch kurz zu den anderen in den Mss. enthaltenen Ephemeriden-Rechnungen für den Mars. Als Beispiel der Ephemeride 1620 wird zunächst die von Gringal-

letus ausgeführte Rechnung für den 1. Januar wiedergegeben (*XIV*, 378^v). Dabei sind Erläuterungen der Rechnung den Zahlen nachgestellt.

| | |
|---------------------------------------|---------------------|
| 1. Januar 1620, 326 ^d ante | |
| 29.21.48 ♀ (Aphel) | |
| 168.55.50 | |
| ♂ 10.25.58 ⋈ | |
| 10.36.55 ♂ ☉ | |
| 59.49. 3 (S) | 16.57. 0 ♂ (Knoten) |
| 35.29.41 (T) | 66.31. 2 u |
| ♂ 16. 6.55 ≈ | 1.41.22 b |
| | 1° 8' B |

Gringalletus benutzt die Tafeln Tab. diurnorum, Tab. anguli und Tab. latitudinaria und interpoliert linear. Die geozentrische Breite B berechnet er nach Gleichung (29) und ersetzt darin den Tangens durch den Winkel.

Für 1622 sei als Beispiel die Rechnung von Kepler für den 23. Mai mitgeteilt (*XIV*, 382).

| | | |
|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| 23. Mai 1622, 140 ^d ante | | ⟨b = 69'⟩ |
| 25.41 19 ♀ ⋈ | 157500 r ₁ | 390400 Mesolog b |
| 2. 5.19 ♀ ☉ | 101482 r ₂ | 91540 Log (S) |
| 23.36. 0 (S) | 153100 Log I | 139200 Log (T) |
| 11.48. 0 ½ (S) | 156600 Mesolog $\frac{(S)}{2}$ | 47660 Log $\frac{(T)}{(S)}$ |
| 2.35 $\frac{x}{2}$ | 309700 Mesolog $\frac{x}{2}$ | 438060 Mesolog B |
| 14.23. 0 (T) | | B = 43' |
| 16.28 ♀ ⋈ (geoz.) | | |

Kepler benutzt für die Berechnung der Mars-Ephemeride von 1622 nur noch die Tab. diurnorum und bedient sich sonst der logarithmischen Rechnung, die rascher als die mehrfache Interpolation mit den Tafeln zum Ziel führt.

Für 1623 (*XIV*, 382^v) wird vom Apheldurchgang 1622 ausgegangen, der am

$\frac{10. \text{Oct.}}{30. \text{Sept.}}$ H. o.29 in 29.24.54 ♀ liegt

und gegen die Radix der Tab. diurn. 29.17.22

eine Differenz von 7.32 als Korrektur ergibt.

Es folgt ein Beispiel:

| | | |
|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 17. Februar 1623 | | ⟨b = 36'⟩ |
| ♂ 28. 1.29 ⋈ | 158664 r ₁ | 456700 Mesolog b |
| ☉ 28.41.26 ≈ | 98885 r ₂ | |
| 7.32 Korrektur | 23152 Log ½ r ₁ | 14920 Log (S) |
| 120.32.25 (S) | 70435 Log ½ r ₂ | —886 Log (T) |
| 82.23.20 (T) | 47283 Log $\frac{r_1}{r_2}$ | 14034 Log $\frac{(S)}{(T)}$ |
| 6.18. 6 ⋈ ⋈ (geoz.) | | 442666 Mesolog B |
| | | ⟨B = 41'⟩ |

Wie schon bei der Venus-Ephemeride, so schlägt Kepler auch bei der Mars-Ephemeride für das Jahr 1623 einen neuen Weg der Berechnung ein. Er bildet – nachdem er r₁, r₂ durch 2 geteilt hat, so daß auch der erste Wert < 100000 ist – das logarithmische Verhältnis der radialen Abstände $\text{Log } \frac{r_1}{r_2}$ und bestimmt aus einer anderen Winkeltafel, die in den Mss.

nicht auffindbar ist, direkt die Elongation (T). Diese Tafel ähnelt in ihrem Aufbau sicherlich der Tab. Anguli der Tab. Rud. (KGW X, Tafelteil, 20f.) oder ist vielleicht sogar mit ihr identisch. Eingangswerte sind (S) und $\text{Log } \frac{r_1}{r_2}$, entnommen wird die „Prosthaphaeresis Orbis“, d. h. die jährliche Parallaxe (P). Die Elongation berechnet sich dann einfach nach

$$(32) \quad (T) = (S) - (P).$$

Die Breite wird entsprechend der Gleichung (29) logarithmisch berechnet.

XX, 275

Die Arbeit an der Ephemeride für 1628 fällt bereits in Keplers Zeit in Sagan. Zum Herbst 1628 kann er Jakob Bartsch, seinen späteren Schwiegersohn, gewinnen, mit dem er 1630 den dritten Teil seines Ephemeridenwerkes herausgibt und von dem er schon für die Ephemeride 1628 – „ex Bartschio“ – Werte für die Richtungen von Aphel und Knoten übernimmt.

Das erste Beispiel aus den Rechnungen für 1628 kann an die Rechnung für 1623 angeschlossen werden. Es wird wiederum logarithmisch gerechnet, ebenso wird die Tab. Anguli (KGW X, Tafelteil, 20f.) benutzt. Mit $\text{Log } \frac{r_1}{r_2} = 49776$ und $(S) = 105.34.4$ als Eingangswerte wird $(P) = 35^\circ$ entnommen und über Gleichung (32) (T) zu $70.34.4$ berechnet. Die logarithmische Kontrollrechnung ergibt den richtigen Logarithmus $\text{Log } (P) = 55582$.

Eine andere Kontrollrechnung nach den Tab. Rud. (KGW X, Tafelteil, 60f.) zeigt für den 10. April eine gute Übereinstimmung der Werte für den mittleren Ort, für Aphel und Knoten mit den Ausgangswerten der vorangegangenen Rechnung.

Für den 1. November 1628 wird anschließend die Konjunktion $\odot \nearrow \odot$ bestimmt. Hier zeigt die Berechnung der Breite eine originelle Variante. Kepler nutzt die besondere Konstellation aus, daß Sonne, Erde und Mars praktisch in einer Ebene senkrecht zur Ebene der Ekliptik liegen (Abb. 8). Anstatt die Breite in gewohnter Weise nach praeceptum 99 der Tab. Rud. (KGW X, 149) zu berechnen – ein Weg, der hier bei der geringen Größe der Kommotation ausscheiden muß –, wendet er das Verfahren der Längenberechnung auf die Bestimmung der Breite an. Indem (S) durch $b = 14' 31''$ ersetzt wird, berechnet sich (T) (hier gleich B) über das logarithmische Verhältnis $\text{Log } \frac{r_1}{r_2} = 45486$ zu $8' 31''$. Als Zwischengröße erscheint der Winkel beim Mars – in der Längenrechnung $= (P) -$ zu $6'$. B fungiert also quasi als Elongation. Die Rechnung ist eine Iterationsrechnung mit $(P)_1 = 4' 31''$, $(T)_1 = 10' 0''$ und $(P)_2 = 6'$, $(T)_2 = 8' 31''$. Der genaue Wert ist $(T)_3 = 8' 53''$ und $(P)_3 = 5' 38''$.

In ähnlicher Weise als Iterationsrechnung gestaltet sich die Ableitung der Örter in Länge für das 2. Halbjahr 1628. Für den 22. Dezember 1628 hat die Rechnung folgendes Aussehen:

| | | |
|------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| $\odot$ in | 5.58. 7 $\nearrow$ | |
| $\odot$ in | 1.14.43 $\searrow$ | |
| | <u>25.16.36</u> (S) | 42011 $\text{Log } \frac{r_1}{r_2}$ |
| | 15.16.36 (T) ₁ | 133381 $\text{Log } (T)_1$ |
| | 10. 0 (P) ₁ | 175392 $\text{Log } (P)_2$ |
| | <u>9.58. 4</u> (P) ₂ | 133229 $\text{Log } (T)_2$ |
| | 15.18. 0 (T) ₂ | 175240 $\text{Log } (P)_3$ |
| | | (P) ₃ = 9.58.59 |

Kepler berechnet also $\langle T \rangle$ über Gleichung (32) und über die einfache Beziehung

$$(33) \quad \frac{\sin \langle T \rangle}{\sin \langle P \rangle} = \frac{r_1}{r_2}.$$

Um die genaue Rechnung nach der etwas umständlichen Gleichung

$$(34) \quad \tan \langle P \rangle = \frac{D \sin \langle S \rangle}{1 + D \cos \langle S \rangle}$$

zu vermeiden (vgl. N.K. 2, 15), wird eine Iterationsrechnung angesetzt, in der der Ausgangswert über

$$(35) \quad \langle P \rangle_1 = \frac{D \langle S \rangle}{1 + \langle D \rangle}$$

als Vereinfachung von (34) – für $\langle P \rangle$, $\langle S \rangle$ kleine Winkel – zu berechnen ist. Hiernach wird $\langle P \rangle_1 = 10^\circ$, $\langle T \rangle_1$ nach (32) $15^\circ 16' 36''$. Dann werden $\langle T \rangle_2$ über (32), $\langle P \rangle_2$ über (33) bestimmt.

Die Breitenrechnung folgt Gleichung (29) und wird über den Ausgangswert $b = 36' 24''$ logarithmisch ausgeführt.

Unter den nicht gebundenen Mss. befinden sich im Archiv der Akademie der Wissenschaften der UdSSR in Leningrad unter dem Titel „Mss. Jacobi Bartschii Calculi Ephemeridum“ rund 150 Blatt der Ausführungen und Rechnungen von Bartsch zu den Ephemeriden auf der Grundlage der „Tabulae Rudolphinae“. Darauf konnte hier nicht mehr eingegangen werden. Eine Edition durch die Kepler-Kommission der Bayerischen Akademie der Wissenschaften im Einvernehmen mit dem Archiv in Leningrad ist zu späterer Zeit vorgesehen.

Damit sind die Erläuterungen zu den Mars-Ephemeriden abgeschlossen. Es läßt sich zusammenfassend festhalten, daß für keinen anderen Planeten das Material der Mss. derart reichhaltig und aufschlußreich wie gerade für den Mars ist. Seit 1604 war Kepler mit der Berechnung von entsprechenden Ephemeriden beschäftigt, schon vor der endgültigen Fertigstellung der „Astronomia Nova“ lagen Tabellen für die Ableitung von Mars-Ephemeriden vor. Schließlich werfen die Mss. auch ein besonderes Licht auf den Umstand, daß dem großen Astronomen mit Seiffart, Schuler, Ursinus, Gringalletus und Bartsch Mitarbeiter – wenn auch jeweils nur für kurze Zeit – hilfreich bei der Berechnung der Ephemeriden zur Seite stehen.

JUPITER-EPHEMERIDEN

XIII, 390^v u. Gegenüber den Mars-Ephemeriden bieten die Mss. der Jupiter-Ephemeriden wenig Neues: sowohl Tabellen als auch Rechenverfahren sind von den früheren Ephemeriden her bekannt. Daher wird hier in der Weise verfahren, daß aus den Mss. zwei Beispiele wiedergegeben sind, während über die übrigen Ephemeriden des Jupiter zusammenfassend berichtet wird.

Beginnen wir zunächst mit den Erläuterungen zu Bl. *XIII, 390^v*. Im oberen Teil wird, ausgehend von der mittleren Länge des Planeten, für den 1. Januar 1619 die geozentrische Länge berechnet:

$$\begin{array}{rcl}
 24 \ 14.20.55 \ \text{X} & & \text{(heliozentrisch)} \\
 \ominus \ 10.52.53 \ \text{Z} & & \\
 \hline
 63.28. \ 2 \ \text{(S)} & & I = 0.66887 \\
 54.12.10 \ \text{(T)} & & \\
 \hline
 24 \ 5. \ 5. \ 3 & & \text{(geozentrisch)}
 \end{array}$$

Die Länge des Jupiter für 1619 wird – ebenso wie für die Venus in der entsprechenden Ephemeriden-Rechnung desselben Jahres – über die „Tabula Anguli“ des Jupiter bestimmt, die gemeinsam mit der Venus-Tafel tabuliert ist (*XXI, 354–376*). Aus ihr wird die Elongation über die Eingangswerte von Kommotation und Index entnommen. In der Handschrift von Gringalletus enthält die Tafel für Jupiter für $1 \leq (S) \leq 180^\circ$ (mit $(S) = 1^\circ$) und $69000 \geq I \geq 64800$ (mit $I = -600$) die Werte der Elongation.

Die Breite wird entsprechend Gleichung (29) zu 66' berechnet.

Für 1620 werden im Abstand von je 30^d die Größen M, v, r als Ausgangswerte der weiteren Rechnungen aufgelistet. Aus den darunterstehenden Zahlen ist ersichtlich, daß die Umrechnung von M in v, mit der die Lösung des „Kepler-Problems“ verbunden ist, über den Faktor $\frac{\Delta v}{\Delta M}$ erfolgt, der in den Tab. Rud. in der Spalte „Intercolumnium“ der „Tabula Aequationum Iovis“ (KGW X, Tafelteil, 58) tabuliert ist. Die gleiche Aufstellung wird für 1621 gegeben. Am Schluß von Bl. *XIII, 390^v* kontrolliert Kepler diese Liste, die ja durch die aufeinanderfolgende Addition der mittleren Brennweiten von je 30^d zustande gekommen ist, indem er über die Epoche

1621 compl. (Julian.) motus medius in 18.24.3 II

den mittleren Ort für den 31. Dezember 1621 (Gregorian.) zu 17.25.56 II und das Aphel zu 6.59.48 $\cap$ berechnet. Die Differenz, die mittlere Anomalie, ist $M = 109.33.52$, die gegenüber dem Wert aus der Auflistung ($M = 109.34.9$) als „satis accurata“ eingeschätzt wird.

Wir geben nun eine Zusammenfassung der anderen in den Mss. enthaltenen Ausführungen zu den Ephemeriden des Jupiter mit Beispielen aus den Rechnungen.

Mit am ergiebigsten vom Material her ist die Aufstellung der Ephemeride für 1617 (*XIII, 444^v*), die direkt an die Berechnung der Saturn-Ephemeride desselben Jahres anschließt. Ausgangswerte der Rechnungen sind die Richtungen von Aphel und Limes, dem vom Knoten um 90° entfernten Punkt der Ekliptik. Beide werden für Anfang 1617 auf 6.56 $\cap$ gelegt. Die mittlere Bewegung wird für 1616 compl. (Jul.) einer vorher berech-

neten, in den Mss. nicht nachweisbaren Tabelle entnommen. Für den Übergang zum Gregorianischen Kalender wird die Bewegung von 10^d abgezogen:

$$\begin{array}{r} \text{completo } 1616 \text{ } 2\downarrow \text{ in } 16^\circ 33' 9'' \text{ } \overline{3} \\ \text{subt: d: } 10 \quad \quad \quad 49.52 \\ \hline 15.43.17 \text{ } \overline{3} \end{array}$$

Von diesen Grundwerten aus wird für 1617 eine Liste der für die Berechnung der Ephemeride benötigten astronomischen Daten für jeden 10. Tag des Jahres aufgestellt. Hieraus wird nur ein kurzer Auszug wiedergegeben:

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) |
|-------|---------|-------------------------|------------|------------|-----------|--------|-------|
| 98210 | 1 Jan. | 15.43.17 $\overline{3}$ | 98.47.17 | 98.44.51 | 93.14.37 | 517454 | 436 |
| 98260 | 11 | 16.33.10 | 99.37.10 | 99.44.31 | 94.14.53 | 517018 | 433 |
| 98375 | 21 | 17.23. 2 | 100.27. 2 | | | | |
| 98530 | 31 | 18.12.55 | 10[1.16.55 | 100.44. 9] | 95.15.12 | 516585 | 433 |
| {...} | | | | | | | {...} |
| 98310 | 7 | 13.59. 5 | 127. 3. 5 | | | | |
| 98230 | 17 | 14.48.58 | 127.52.58 | 127.15.46 | 122.42.16 | 505692 | 357 |
| 98200 | 27 Dec: | 15.38.50 $\approx$ | 128.42.52 | 128.14. 0 | 123.43.55 | 505335 | 351 |

Die Spalten beinhalten:

- (1) den radialen Abstand Sonne—Erde;
- (2) das Datum (Greg.);
- (3) mittlerer Ort des Jupiter;
- (4) M: mittlere Anomalie;
- (5) M_0 : der in der „Tab. Aequ. Jovis“ M am nächsten liegende Wert, der für die Umrechnung in die wahre Anomalie v benötigt wird;
- (6) v_0 : die M_0 entsprechende wahre Anomalie aus der „Tab. Aequ. Jovis“;
- (7) radialer Abstand Sonne—Jupiter in der Bahn;
- (8) Differenz aufeinanderfolgender Werte von (7).

Wir verfolgen nun die Berechnung des Jupiter-Ortes für den 1. Januar 1617 weiter. Der Wert für die Elongation wird in der „Tabula Anguli“ über die Eingangswerte (S) und I interpoliert, die geozentrische Breite B wird durch sexagesimale Multiplikation entsprechend Gleichung (29) berechnet.

$$\begin{array}{rcl} 98.47.17 & M & \\ 93.17. 4 & v & \\ \hline 6.56 \text{ } \overline{2} & \text{Aphel} & \\ 10.13. 4 \text{ } \overline{3} \text{ } 2\downarrow & 517430 \text{ } r_1 \text{ (red.)} & 4'28'' \text{ } b \\ 11.25.48 \text{ } \overline{3} \text{ } \odot & \underline{98210} \text{ } r_2 & 50.22 \text{ } \frac{\sin(T)}{\sin(S)} \text{ (sexag.)} \\ \hline 1.12.44 & (S) & 68095 \text{ } I \\ 1. 0.56 & (T) & 3.45 \text{ } B \\ \hline 10.24.52 \text{ } \overline{3} & \text{(geoz.)} & \end{array}$$

Für 1618 (*XIII*,387) wird, ausgehend vom motus medius 1. Januar (Jul.) in $16.53.40 \approx$ und Aphel in $6.57 \overline{2}$ und abzüglich der Bewegung von 10^d , für den 1. Januar (Greg.) M zu

129.6.48 bestimmt und dann die entsprechende Auflistung in M, v, r für die um je 30^d auseinanderliegenden Zeitpunkte vorgenommen.

Im Rechenbeispiel für den 2. März 1618 wird wie in der Ephemeride für 1617 verfahren: Die Länge wird über I, (S) aus der Tab. Anguli des Jupiter durch Interpolation herausgenommen und die Breite nach (29) berechnet.

| | | |
|-------------------|-----------|-------------------------------|
| 2. März 1618 | | |
| 134. 5. 2 | M | |
| 129.57.38 | v | |
| 6.57 | ☾ Aphel | 51' b |
| Ecc: 24 16.54.38 | ≈ | 503200 r ₁ |
| ☉ 11.57.36 | ∖ | 99234 r ₂ |
| Com: 25. 2.58 (S) | | 67053 I |
| 20.59.49 (T) | | |
| 24 20.57.47 | ≈ (geoz.) | |
| | | 3589 sin (T) |
| | | 4234 sin (S) |
| | | 848 $\frac{\sin(T)}{\sin(S)}$ |
| | | 43.3 B |

Für 1619 finden sich weitere Einzelheiten der Berechnung der Jupiter-Ephemeride auf Bl. *XIII*,388. Die Rechnungen in der Ausführung durch Keplers Mitarbeiter Gringalletus folgen dem üblichen Muster. Es sei ein Beispiel mitgeteilt:

| | | |
|------------------------|-----------|-----------------------|
| 16. Januar 1619 (Jul.) | | |
| 160.41.13 | M | |
| 158.45.32 | v | |
| 6.57.14 | Aphel | 1.13.53 b |
| 24 15.42.46 | ∖ | 496484 r ₁ |
| ☉ 26.11.36 | ☾ | 98309 r ₂ |
| 49.31.10 (S) | | 66943 I |
| 41.55. 0 (T) | | |
| 8. 6.36 | ∖ (geoz.) | |
| | | 66805 sin (T) |
| | | 76059 sin (S) |
| | | 1. 5 B |

Auch für 1620 (*XIII*,391) wird für die Bestimmung der Länge des Jupiter die Tab. Anguli herangezogen und die Elongation durch Interpolation bestimmt, während die Breite nach (29) logarithmisch berechnet wird. Die Rechnungen seien wieder an einem Beispiel erläutert:

| | | |
|----------------|-----------|------------------------|
| 1. Januar 1620 | | |
| 6.58. 5 | ☾ Aphel | |
| 169.13.30 | v | ⟨b = 1° 18'⟩ |
| 24 17.44.35 | ∖ | Incl: 378600 Mesolog b |
| ☉ 10.37 | ☾ | 280 Log (T) |
| 97. 7 (S) | | 571 Log 96° 7' |
| 85.42.52 (T) | | 291 |
| 24 6.19.52 | ∖ (geoz.) | 378309 Mesolog B |
| | | 1.18.15 B |

In der Breitenberechnung ist anstelle 97.7 für (S) 96.7 genommen worden. Das richtige Ergebnis von 1.18.22 ist aber nur um 7" von dem von Kepler ausgerechneten Wert verschieden.

Für 1620 sind in dieser Weise 12 Örter im 30^d -Abstand berechnet.

Die Rechnung für 1621 (*XIII*, 391) folgt der Vorlage von 1620. In dem vorliegenden Beispiel hält Kepler einen etwas ungenauen Wert für den Ort der Sonne an. Mit dem richtigen Wert von $5.53.6 \approx$ nach der gedruckten Ephemeride (und entsprechend $r = 98430$) ergibt sich für $24.11.47.54 \approx$, einen um rund $1'$ größeren Wert.

25. Januar 1621

| | | |
|---|--------------------------|-----------------------------------|
| 6.58.57 $\simeq$ Aphel | | |
| <u>133.56.15</u> v | | $\langle 55'14'' = b \rangle$ |
| 23. 2.42 $\approx$ 24 | 502000 r_1 | 413100 Mesolog b |
| $\odot$ 5.42 circ. $\approx$ | <u>98470</u> circ. r_2 | |
| 107.20 (S) | 67200 I | 565 Log (T) |
| 96. 5. 5 | | 4648 Log (S) |
| <u>24.11.47. 5 $\approx$ (geoz.)</u> | | <u>4083</u> Log $\frac{(T)}{(S)}$ |
| | | 409017 Mesolog B |
| | | 57.31 B |

Für die Jupiter-Ephemeride 1622 (*XIII*, 392) sind wieder für 13 um jeweils 30^d auseinanderliegende Zeitpunkte die Werte für M, v, r tabuliert. Ausgang dafür bildet der 1. Januar (Gregor.):

| | |
|--------------|------------------------------------|
| 1621 compl. | 18.20.48 Π |
| Aphel | <u>6.59.47 $\simeq$</u> |
| | 108.39. 0 |
| pro 10^d | <u>49.52 retro</u> |
| 1. Jan. 1622 | 109.28.52 (Greg.) |
| | 109.28.52 M |
| | 104.10.23 v |
| | 512740 r |

Aus diesen Ausgangswerten wird der geozentrische Ort entsprechend den Gleichungen (26) bis (29) logarithmisch ohne Verwendung der Tab.Anguli oder anderer Hilfstafeln berechnet.

Die Fortsetzung des Beispiels lautet:

1. Januar 1622

| | | |
|---|---|--------------------------------|
| 22.49.24 Π 24 | 512740 r_1 | |
| <u>11. 9.29 $\approx$ $\odot$</u> | <u>98205</u> r_2 | $\langle -19'33'' = b \rangle$ |
| 161.39.55 (S) | 38800 Log I | 517000 Mesolog b |
| 80.49.58 $\frac{1}{2}$ (S) | <u>182400</u> — Mesolog $\frac{(S)}{2}$ | 115700 Log (S) |
| <u>76.37</u> x | 143600 — Mesolog x | <u>95844</u> Log (T) |
| 157.27. 0 (T) | | <u>19856</u> |
| <u>24.18.36.29 Π (geoz.)</u> | | 497144 Mesolog B |
| | | 0.24 — B |

Auch für 1623 (*XIII*, 392^v) beginnt die Berechnung der Jupiter-Ephemeride mit der Aufstellung der Werte für M, v, r zu den 13 Zeitpunkten. Wiederum wird vom 1. Januar ausgegangen:

$\mathcal{L}$ 18.41.21 $\odot$ 1622 compl. (Jul.)
 Aphel 7. 0.38 $\curvearrowright$
 D. 10 49.52 Retro

 1. Jan. 79. 9. 9 M
 73.47.38 v
 525860 r

Die Berechnung des geozentrischen Ortes folgt dem Beispiel von 1622:

1. Januar 1623

| | | | |
|--|----------------------------------|------------------|--|
| 23.13. 2 $\odot$ $\mathcal{L}$ | 525820 r_1 | | |
| 10.54.35 $\odot$ $\odot$ | 98206 | | |
| <hr/> 167.41.33 (S) | 37800 Log I | | |
| 83.50.47 $\frac{1}{2}$ (S) | 222700 — Mesolog $\frac{(S)}{2}$ | 154700 Log (S) | |
| 81. 3.30 x | 184900 — Mesolog x | 134600 Log (T) | |
| <hr/> 164.54.17 (T) | | 20100 | |
| | | 505000 Mesolog b | |
| $\mathcal{L}$ 26. 0.18 $\odot$ (geoz.) | | 484900 Mesolog B | |
| | | 0.26.56 B | |

Für 1624 (*XIII*, 393) zeigt die Aufstellung die Besonderheit, daß gleich die Bahnörter (loci Eccentrici) gebildet sind und die Angaben der radialen Abstände fehlen.

In der Berechnung der Länge wird eine neue Form der Tab. Anguli – ähnlich der Tafel von KGW X, Tafelteil, 20f. – verwendet. Im vorliegenden Beispiel sind $\text{Log } \frac{r_1}{r_2} = 167299$ und (S) = 31.57.1 die Eingangswerte, entnommen wird (P) = 4.53.49.

29. Juli 1624

| | | | |
|-------------------------------------|------------------------------|------------------|-----------------------------------|
| 8.23. 7 $\mathcal{M}$ $\mathcal{L}$ | 168833 — Log r_1 | | |
| 6.26. 6 $\odot$ $\odot$ | 1534 — Log r_2 | | $\langle 1^\circ 10' = b \rangle$ |
| <hr/> 31.57. 1 (S) | 167299 Log $\frac{r_1}{r_2}$ | 390000 Mesolog b | |
| 4.53.49 (P) | | 78800 Log (T) | |
| <hr/> 27. 3.12 (T) | | 63640 Log (S) | |
| 3.29.18 $\mathcal{M}$ (geoz.) | | 405160 Mesolog B | |
| | | 1. 0 B | |

Aus den Berechnungsunterlagen für 1625 (*XIII*, 393^v) ist ersichtlich, daß auch bei der Aufstellung einer Jupiter-Ephemeride die Örter weiter verdichtet werden. Hier findet sich die entsprechende Aufstellung von 38 Örtern (1. Januar bis 31. Dezember), in der für den jeweils 1., 11. und – sofern existierend – den 31. eines Monats der mittlere Ort und die mittlere Anomalie aufgelistet sind. Die Berechnung der Werte für den 1. Januar erfolgt mit Hilfe der Tab. Rud. (KGW X, Tafelteil, 54f.).

| | mot. medius | Aphel
$\curvearrowright$ | Knoten
$\odot$ |
|-----------------------|------------------|--|-------------------|
| 1600 | 5.10.44.35 | 6.52. 1 | 5.25.58 |
| 24 | 0. 8.42.49 | 18.52 | 1.24 |
| | <hr/> 5.19.27.24 | 7.10.53 | 5.27.22 |
| außer 10 ^d | 49.52 | $\langle 7.11.20 \text{ fest für } 1625 \rangle$ | |
| | <hr/> 5.18.37.32 | | |

Wie für 1624 wird auch für 1625 mit der Tab. Anguli (neu) gerechnet. Eingangswerte der Tafel sind $\text{Log } \frac{r_1}{r_2} = 170831$ und $(S) = 111.9.19$, entnommen wird (P) ; (T) wird berechnet. Die Fortsetzung mit $\text{Log } (T)$ und $\text{Log } (P)$ dient der Kontrolle. B wird wie früher berechnet.

| | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| 1. Januar 1625 | | $\langle 1.16.36 = b \rangle$ |
| 20.16.52 $\text{M} 24$ | 169023 $\text{Log } r_1$ | 380370 Mesolog b |
| $\odot$ 11.26.11 Z | 1808 $\text{Log } r_2$ | 1828 $\text{Log } (T)$ |
| <u>111. 9.19 (S)</u> | 170831 $\text{Log } \frac{r_1}{r_2}$ | 6981 $\text{Log } (S)$ |
| 10.14.49 (P) | 1828 $\text{Log } (T)$ | 375217 Mesolog B |
| <u>100.54.30 (T)</u> | 172659 $\text{Log } (P)$ | 1.20.40 B |
| 0.31.41 Z | | |

Für die Jupiter-Ephemeride des Jahres 1628 ist das entsprechende Material aus den Mss. (XX, 274) vorn in den Haupttext übernommen. Die Eingangsrechnung bestimmt mit Hilfe der Tab. Rud. (KGW X, Tafelteil, 54–56) für den 11. Januar den Bahnort (locus Eccentricus) des Jupiter zu $15.17.23 \nearrow$ und für $u \approx 160^\circ$ die Reduktion auf die Ekliptik nach den Tab. Lat. (KGW X, Tafelteil, 59) zu $18''$. Die Berechnung der Winkel zur Koordinatentransformation geht von $\text{Log } \frac{r_1}{r_2} = 168233$ und $(S) = 35.36.31$ aus. Durch einfache Interpolation in der Tab. Anguli wird (P) zu $5^\circ 20'$ und dann genauer zu $5.22.30$ bestimmt.

Ebenso läuft die Rechnung im zweiten Beispiel für den 30. Mai 1628. Hier ist nur ein Wert für (P) und (T) ohne Iteration gebildet. Die Schlußrechnung gibt nach Gleichung (33), wenn (T) eingesetzt und (P) berechnet wird, für $(P) = 4.3.45$ entsprechend $\text{Log } (T) = 100792$.

Die Breitenrechnung ist in der üblichen Weise nach Gleichung (29) logarithmisch ausgeführt worden.

Es ist also auch für die Jupiter-Ephemeriden die Vielfalt der Berechnungsmethoden, wie sie sich nach den einzelnen Jahren gliedern lassen, anzutreffen.

SATURN-EPHEMERIDEN

XIII, 439^v-44² Auch die Berechnung der Saturn-Ephemeriden schließt weitgehend an die Ausführungen *u. XX, 439^v* zu den Mars-Ephemeriden an und geht von den üblichen Tafeln als Grundlage der Aufstellung von Ephemeriden aus. Hiervon ausgenommen ist lediglich die „Tabula diurnorum“, auf die in keiner Rechnung zurückgegriffen wird, obwohl sie im Zusammenhang mit der Berechnung der Ephemeride für 1628 ausführlich erörtert wird. Der Grund dafür, daß die „Tabula diurnorum“ des Saturn nicht berechnet, zumindest nicht benutzt wurde, dürfte in der langsamen scheinbaren Bewegung des Planeten von 1'2" pro Tag und rund 12° im Jahr liegen. Hier fand sich das einfachere methodische Mittel in der jeweiligen Neuberechnung des Bahnortes für jeden 30. oder 15. Tag.

Kommen wir nun zu den Mss. selbst, deren Inhalt in der Reihenfolge der einzelnen Jahre teils erläutert, teils – wenn es sich um Stücke handelt, die unter die Materialien von Teil 1 nicht aufgenommen wurden – zusammenfassend dargestellt werden soll.

Ausgangswerte der Rechnungen sind fast immer die mittleren Längen des Saturn sowie die Richtungen zu Aphel und Knoten, die in den Mss. neben der Bewegung des Planeten und des Aphel in einzelnen Monaten und Tagen in einer eigenen Tafel unter der Überschrift „Diductio mediorum motuum SATURNI“ tabuliert sind (*XIII, 436 u. 436^v*).

Hieraus sei folgender Auszug mitgeteilt:

| «annus» | Motus medius
Longitudinis | Aphelium in ♄ | Nodus ♄ |
|---------|------------------------------|---------------|------------|
| 1560 | 18.58.39 II | 24.34. 1 | 20.26.36 ☊ |
| 1 | 1.12.16 ☊ | 24.35.18 | 27.18 |
| 2 | 13.25.53 ☊ | 36.35 | 28. 0 |
| { ... } | | | ... } |
| 1616 | 14.11.18 ☊ | 25.45.53 | 21. 5.48 |
| 1617 | 26.24.56 ☊ | 47.10 | 21. 6.30 |
| 1618 | 8.38.33 II | 48.27 | |
| 1619 | 20.52.10 II | 49.44 | |
| 1620 | 3. 7.47 ☊ | 25.51. 1 | 21. 8.36 |
| 1621 | 15.21.25 ☊ | 25.52.18 | 21. 9.18 |
| 1622 | 27.35. 2 ☊ | 25.53.35 | 21.10. 0 |
| 1623 | 9.48.39 ☊ | 25.54.52 | 21.10.42 |
| 1624 | 22. 4.16 ☊ | 25.56. 9 | 21.11.24 |

Für 1617 (*XIII, 443^v*) nimmt Kepler aus dieser Tafel die Werte für 1616 compl. (Jul.) und berechnet die Längen, ausgehend vom 11. Januar (Greg.), für jeden 30. Tag. Der Übergang zur geozentrischen Länge wird durch Interpolation in der „Tabula Anguli“ über die Kommution und den Index hergestellt. Für das Ausgangsdatum hat die Rechnung folgendes Aussehen:

11. Januar 1617

| | | |
|-----------------------------|--|---------------|
| $\overline{\mathcal{H}}$ in | 9.36.50 $\mathcal{O}$ Orbitae | |
| $\overline{\mathcal{H}}$ in | 9.37.11 $\mathcal{O}$ Eclipt. | 911058 r_1 |
| $\odot$ | 21.38.29 $\mathcal{O}$ $\langle$ um 3' zu groß $\rangle$ | 98264 r_2 |
| | <hr/> 107.58.42 (S) | <hr/> 80527 I |
| | 101.55.11 (T) $\langle$ interpoliert $\rangle$ | |
| | <hr/> 3.33.40 $\mathcal{O}$ (geoz.) | |

Die Tab. Anguli (*XXI*, 338–352) enthält die Werte der Elongation (T) für die Eingangswerte (S) (mit $1 \leq (S) \leq 180^\circ$ und $\Delta(S) = 1^\circ$) und I (mit $78600 \leq I \leq 99400$ und $\Delta I = +600$).

Die Rechnung für 1618 (*XIII*, 437) folgt dem Vorgehen für 1617. Auch hier werden die Ausgangswerte der Tafel der mittleren Bewegung (*XIII*, 436^v) entnommen, und die Elongation wird über die Tab. Anguli gewonnen. Es sei wieder ein Beispiel angegeben:

11. Januar 1618

| | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|---------------|
| $\overline{\mathcal{H}}$ | 26.24.56 $\mathcal{O}$ | |
| Aphel | 25.47.10 $\mathcal{O}$ | |
| | <hr/> 150.37.46 M | |
| | 147.13. 8 v | |
| $\overline{\mathcal{H}}$ in | 23. 0.18 $\mathcal{O}$ | 904587 r_1 |
| $\odot$ in | 21.20.30 $\mathcal{O}$ | 98259 r_2 |
| | <hr/> 121.39.48 (S) | <hr/> 80404 I |
| | 116. 3.50 (T) | |
| $\overline{\mathcal{H}}$ | <hr/> 17.24.20 $\mathcal{O}$ (geoz.) | |

Für 1620 (*XIII*, 439^v) wird die Rechnung sowohl in Länge als auch in Breite logarithmisch ausgeführt. Sie folgt dem mit den Gleichungen (26) bis (29) beschriebenen Verfahren. Da schon für den 1. Januar ein Fehler von 2'6" in der Bestimmung der exzentrischen Anomalie gemacht wurde, sind auch die anderen Örter entsprechend zu korrigieren.

Für 1621 (*XIII*, 440) werden eingangs für die um je 30^d auseinanderliegenden Zeitpunkte, beginnend mit dem 11. Januar, die ekliptikalen Längen des Saturn aufgelistet. Hierfür wird angesetzt, daß die Differenz zwischen zwei Örtern in wahrer Anomalie zu Beginn des Jahres $1^\circ 7' 30''$ beträgt, so daß für alle dazwischenliegenden Zeitpunkte die Anomalie leicht interpoliert werden kann. Die Berechnung des geozentrischen Ortes wird wie für 1620 logarithmisch ausgeführt.

Beispiel: 11. Januar 1621

| | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|------------------------|
| $\overline{\mathcal{H}}$ | 4. 1.13 $\mathcal{O}$ | 897350 | |
| $\odot$ | 21.37. 4 $\mathcal{O}$ | 98259 | |
| | <hr/> 162.24. 9 (S) | <hr/> 21983 Log I | 119610 Log (S) |
| | 81.12. 5 $\frac{(S)}{2}$ | 186560 – Mesolog $\frac{(S)}{2}$ | 108660 Log (T) |
| | <hr/> 79. 5. 0 x | <hr/> 164577 – Mesolog x | <hr/> 10950 |
| | 160.17. 5 (T) | | 436000 Mesolog b |
| | <hr/> 1.54. 9 $\mathcal{O}$ (geoz.) | | <hr/> 425050 Mesolog B |
| | | | 0° 49' B |

Auch für 1622 (*XIII, 440^v*) werden, ausgehend vom Bahnort für den 11. Januar, durch aufeinanderfolgende Addition die Längen für die anderen, um jeweils 30^d auseinanderliegenden Zeitpunkte gebildet. Die Differenzen ergeben sich über den Wert der mittleren Bewegung des Planeten gegen das bewegliche Aphel innerhalb dieses Zeitraumes ($= 1^{\circ} 0' 12''$). Entsprechend der Anomalie des Ortes ist dann die Umrechnung in die wahre Bewegung vorzunehmen. So wird für den Jahresanfang die Differenz von $1^{\circ} 6' 56''$, für das Jahresende der Betrag von $1^{\circ} 6' 11''$ erhalten und dann für die Zwischenwerte linear interpoliert. Die Berechnung der Längen erfolgt also über die 2. Differenzen in wahrer Anomalie.

Die kleine Tabelle enthält neben dem Datum (Greg.) die Bahnörter des Saturn und die Entfernungen des Planeten von der Sonne. Die geozentrischen Örter werden wieder wie für die Ephemeride von 1620 logarithmisch berechnet.

Eine Vereinfachung ergibt sich aus der Breitenbestimmung: wegen der großen Annäherung des Planeten an den Knoten seiner Bahn schwankt im Verlauf des Jahres die Breite zwischen $+9'$ und $-28'$, so daß die dieses Intervall umfassenden Minuten-Werte gleichmäßig – bei geringem Unterschied zwischen dem Sommer- und Winterhalbjahr – auf die einzelnen Monate verteilt werden können.

Für 1623 (*XIII, 441*) werden die 2. Differenzen in wahrer Anomalie und die Differenz in radialer Entfernung von der Sonne am Beginn und Ende des Jahres zu monatlich 6^o bzw. 13 oder 14 Einheiten bestimmt. Die nachfolgenden Rechnungen sind durchgestrichen, weil – wie Kepler vermerkt hat – für die Sonnenörter fälschlicherweise die Datierung der Tage nach dem alten Kalender vorgenommen wurde. In der ausführlichen Anmerkung zu diesen Rechnungen verwirft Kepler die Benutzung der Tafel des Index und erläutert die logarithmische Rechnung. Hierbei verwendet er eine Reihe von Abkürzungen, die in unserer Terminologie folgende Bedeutung haben:

$$\begin{aligned} A &\text{ entspricht } (S), C = \frac{(S)}{2}, B = r_1, D = r_2, F = \text{Log } I, E = x \\ G &= \text{Mesolog } \frac{(S)}{2}, H = \text{Mesolog } x. \end{aligned}$$

Zur Tafel des Index ist noch zu sagen: diese Tafel (*XXI, 288–296^v*) enthält für den Saturn die Werte des Index I für den Abstand Sonne—Saturn r_1 (mit $1000000 \geq r_1 \geq 749000$ und $\Delta r_1 = -1000$) und den Abstand Sonne—Erde r_2 (mit $102100 \geq r_2 \geq 98000$ und $\Delta r_2 = -100$) als Eingangswerte.

Die korrigierten Rechnungen für 1623 befinden sich auf dem anschließenden Blatt (*XIII, 441^v*). Hieraus sei ein Beispiel angegeben:

11. Januar 1623

| | | |
|-------------------------------------|--------------------|-------------------------|
| $\mathcal{P}$ 1.14. 2 $\mathcal{Q}$ | 906320 r_1 | |
| $\odot$ 21. 7.21 $\mathcal{Z}$ | <u>98258</u> r_2 | |
| <u>1.19. 6</u> vorher | 21763 | Log I |
| 169.53.19 (S) | <u>242500</u> | Mesolog $\frac{(S)}{2}$ |
| 84.56.40 $\frac{(S)}{2}$ | 220737 | Mesolog x |
| <u>83.43.26</u> x | | |
| 168.40. 6 (T) | | 174000 Log (S) |
| 2.27.15 $\mathcal{Q}$ (geoz.) | | 162800 Log (T) |
| | | <u>11200</u> |
| | | 486500 Mesolog b |
| | | 475300 Mesolog B |
| | | 29'40" B |

Für die Berechnung der Ephemeride des Jahres 1624 wird von der Epoche 1623 compl. (Jul.) ausgegangen. Aus der mittleren Anomalie von 136.26.27 für den Ort des Planeten

am Jahresanfang und 124.22.58 für den Ort am Jahresende werden die Differenzen in wahrer Anomalie („Additamenta“) von 1.5.13 bzw. 1.3.54 abgeleitet, so daß die Längen des Saturn – ausgehend von 14.14.8 Q am 1. Januar – im 30^d-Abstand wieder leicht aufgelistet werden können.

Ein Beispiel wird von Bl. *XIII, 442* genommen:

1. Januar 1624

| | | |
|--|------------------------------|----------------------|
| $\overline{\text{h}}$ 14.14. 8 Q | 221192— Log r_1 | |
| $\odot$ 10.39.44 $\overline{\text{z}}$ | 1810+ Log r_2 | |
| <u>146.25.36 (S)</u> | 223002 Log $\frac{r_1}{r_2}$ | 405760 Mesolog b |
| 3.44.12 (P) | | 50070 Log (T) |
| 142.41.24 (T) | | <u>59240</u> Log (S) |
| 17.58.20 Q (geoz.) | | 396590 Mesolog B |
| $\odot$ 21.11 $\overline{\text{u}}$ | | 1° 5' 8" = B |
| 23. 3 u | | |

Kepler berechnet die geozentrische Länge logarithmisch unter Zuhilfenahme der Tab. Anguli in der von den Tab. Rud. her bekannten Form (KGW X, Tafelteil, 20f.), in der $\text{Log } \frac{r_1}{r_2} = 223002$ und (S) = 146.25.36 die Eingangswerte darstellen für die Entnahme von (P). Die geozentrische Breite wird logarithmisch unter Benutzung der „Tabula Latitudinaria Saturni“ (KGW X, Tafelteil, 53) berechnet.

Die Ephemeride für 1625 findet sich auf Bl. *XIII, 442*. Im oberen Teil enthält es für den 1. Januar die Berechnung der Länge des Saturn und des auf die Ebene der Ekliptik reduzierten Abstandes des Planeten von der Sonne. In analoger Weise ergeben sich anschließend diese Werte für den 1. Januar 1626 und hieraus, durch einfache Subtraktion der Bewegung, die 5 Tagen entspricht, der Ort für den 27. Dezember 1625. Der Planet beschreibt also in 360^d gerade den Bogen von 12° 39' 35". Aus der mittleren Bewegung von 30' 9" in 15^d folgt über die Umrechnungsfaktoren 1.3.33 bzw. 1.2.6 die Differenz in wahrer Bewegung von 31' 57" am Beginn und von 31' 12" am Ende des Jahres innerhalb des Zeitintervalls von 15^d. Zwischen diese Randwerte lassen sich durch einfache Interpolation leicht die Längen des Saturn für die anderen, jeweils um 15^d auseinanderliegenden Zeitpunkte einfügen.

Die Umrechnung von Länge und Breite in das geozentrische System erfolgt wieder logarithmisch unter Benutzung der gerade erwähnten Tafeln.

Beispiel: 16. Januar 1625

| | | |
|--|------------------------------|----------------------|
| $\overline{\text{h}}$ 27.50.23 Q | 222188 Log r_1 | |
| $\odot$ 26.44.57 $\overline{\text{z}}$ | 1703 Log r_2 | 363800 Mesolog b |
| <u>148.54.34 (S)</u> | 223891 Log $\frac{r_1}{r_2}$ | <u>56717</u> Log (T) |
| 3.27.34 (P) | 56717 Log (T) | <u>66085</u> Log (S) |
| 145.27. 0 (T) | 280608 Log (P) | 354432 Mesolog B |
| 1.17.57 $\overline{\text{m}}$ (geoz.) | | 1° 39' 18" B |

Schließlich finden wir auf Bl. *XX, 276* die Ausführungen Keplers zur Ephemeride des Saturn für 1628 und zum Aufbau einer Tafel der Tagbewegungen. Vom 21. Januar ausgehend, wird für den 1. Januar unter Hinzufügung von 40' 12" in mittlerer Bewegung die

Länge zu 4.55.12 $\ominus$ berechnet. Für die Bestimmung der geozentrischen Länge wird wieder (P) in der Tab. Anguli (neu) über die Eingangswerte (S) und $\text{Log } \frac{r_2}{r_1}$ ermittelt.

Die Bemerkungen zur Konstruktion der Tafel der Tagbewegungen des Saturn gehen davon aus, daß die Ephemeriden für den Zeitraum von 64 Jahren berechnet und jeweils die Bewegungen innerhalb eines Zeitintervalls von 60^d überblickt werden sollen, so wie ja in den vorangegangenen Ephemeriden-Rechnungen die Örter für jeden 30. bzw. 15. Tag bestimmt wurden. Vermutlich ist es zur Aufstellung dieser Tafel doch nicht gekommen, weil die früheren Rechnungen einem anderen Schema folgten und auch ohne Tafelbenutzung rasch zum gewünschten Ziel führten.

VARIA

Die in diese Gruppe eingeordneten Mss. sind Ausführungen und Tabellen, die sich auf mehr als einen Planeten beziehen. Sie umfassen sowohl die Aspekte als auch Ephemeriden-Tafeln für einzelne Monate.

Kepler kam, indem er die Aspekte der Planeten berechnete und sie gemeinsam mit den Örtern in den Ephemeriden publizierte, nicht nur einem allgemeinen Bedürfnis der Zeit nach. Er war auch selbst davon überzeugt, daß die von einem Beobachter auf der Erde wahrnehmbaren Konfigurationen zwischen Sonne, Mond und den Planeten – sofern diese in der Größe des zu beobachtenden Winkels, eben des Aspekts, den harmonischen Teilungen der Instrumentensaite entsprechen – auf die sublunare Natur einen Einfluß ausüben würden. Insofern war Kepler auch in der Erörterung dieser Fragen ein Kind seiner Zeit. Gleichwohl zog er weit eher als viele seiner Kollegen eine Grenze gegen eine zu weitreichende Auslegung der Aspekte, gegen die einfache Sterngläubigkeit der Menschen. Denn daß der Mensch mit seinem Glauben, der ja vielfach seine Tätigkeit in der täglichen Praxis des Handwerkers, Arztes und Bauern beeinflusste, nicht gegen die Gesetze der Natur sich wenden konnte, war ihm völlig klar: „Nichts ist am Anfang deines mit der Hand vollbrachten Werkes, was nicht zugleich auch in der Natur selbst enthalten ist“ (Eph. 1617, Vorrede).

In den vorliegenden Mss. gibt Kepler einige Erläuterungen zur Einrichtung der Tabellen der Aspekte in dem gedruckten Ephemeridenwerk. Nachdem er auf Bl. *XIII, 197* im oberen Teil einige Örter des Merkur für das Jahr 1617 ohne Tafelbenutzung in der üblichen Weise berechnet hat, um die maximale Elongation des Planeten zu bestimmen, wendet er sich den Aspekten zu. Er führt einige Einzelheiten über die Aufteilung der Aspekte für die einzelnen Himmelskörper in den Tabellen an (*XIII, 197 u. 197^v*) und erläutert den abendlichen Aufgang und morgendlichen Untergang der Planeten. Weitere Rechnungen zur maximalen Elongation des Merkur für 1617 beschließen die Aufzeichnungen auf diesem Blatt. Nicht nur die Aspekte der Planeten, des Mondes und der Sonne, auch die Konfigurationen der Planeten mit den Fixsternen der Sternbilder im Tierkreis werden in den Ephemeriden berechnet und aufgeschrieben. Auf Bl. *II, 230* beschreibt Kepler derartige Konfigurationen für Januar 1619 als Grundlage der gedruckten Werte auf dem unteren Rand der Seite für Januar 1619.

Fertige Ephemeriden in Form der Monatstabellen finden sich in den Mss. neben der hier edierten Mars-Ephemeride für 1605 noch in zwei Fragmenten. Bl. *III, 168^v* enthält die Ephemeride für Januar 1617 für alle Planeten. Text und Zahlen des Ms. stimmen weitgehend mit dem Druck überein mit Ausnahme der Sonne, für die sich Abweichungen bis zu etwas mehr als 2' nachweisen lassen.

Schließlich präsentieren die Mss. *XXI, 395–400^v* eine von Bachmeier aus den Tab. Rud. berechnete Ephemeride für das Jahr 1626 für Sonne, Mond und die Planeten mit Ausnahme des Mars. Die angegebenen Örter zeigen Abweichungen in den Sekunden gegenüber den gedruckten Werten Keplers. Nähere Angaben zur Berechnung der Ephemeride des Jahres enthalten die Mss. nicht.

QUELLEN UND LITERATUR

1. Manuskripte

Kepler-Mss. Pulkowo Bde I–III, XIII, XIV, XX, XXI

(heute: Archiv der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Abt. Leningrad, F. 285 op. 1 No. 1–3, 9, 10, 16, 17)

Wien National-Bibliothek Cod. 10686² (A)

Wien National-Bibliothek Cod. 10686^{68–69}

2. Literatur

- DGK E, 2 M. List, Der handschriftliche Nachlaß der Astronomen Johannes Kepler und Tycho Brahe. Deutsche Geodätische Kommission, Reihe E, Nr. 2, München 1961
- Eph. Mag. 1582 Ephemerides Coelestium Motuum Io. Antonii Magini Patavini, ad annos XL ab anno Domini 1581 usque ad annum 1620. . . Venetiis 1582
- Eph. 1617 vgl. KGW XI/1
- KGW III Johannes Kepler Gesammelte Werke Band III, Astronomia Nova, ed. M. Caspar, München 1937
- KGW VII Johannes Kepler Gesammelte Werke Band VII, Epitome Astronomiae Copernicanae, ed. M. Caspar, München 1953
- KGW IX Johannes Kepler, Gesammelte Werke Band IX, Mathematische Schriften, ed. F. Hammer, München 1955
- KGW X Johannes Kepler Gesammelte Werke Band X, Tabulae Rudolphinae, ed. F. Hammer, München 1969
- KGW XI/1 Johannes Kepler Gesammelte Werke Band XI/1 Ephemerides 1617–1636 (in Vorbereitung)
- KGW XV Johannes Kepler Gesammelte Werke Band XV, Briefe 1604–1607, ed. M. Caspar, München 1951
- KGW XVI Johannes Kepler Gesammelte Werke Band XVI, Briefe 1607–1611, ed. M. Caspar, München 1954
- KGW XVII Johannes Kepler Gesammelte Werke Band XVII, Briefe 1612–1620, ed. M. Caspar, München 1955
- KGW XVIII Johannes Kepler Gesammelte Werke Band XVIII, Briefe 1620–1630, ed. M. Caspar, München 1959
- N. K. 2 V. Bialas, Die Rudolphinischen Tafeln von Johannes Kepler – Mathematische und astronomische Grundlagen. Nova Kepleriana Neue Folge, Nr. 2, München 1969
- N. K. 3 V. Bialas, Eine doppelte Iterationsrechnung von Johannes Kepler und ihre Programmierung – Zu seiner Berechnung der scheinbaren Planetenbahn. Nova Kepleriana Neue Folge, Nr. 3, München 1970
- N. K. 4 V. Bialas, Jovialia – Die Berechnung der Jupiterbahn nach Kepler. Nova Kepleriana Neue Folge, Nr. 4, München 1971
- Op. Omn. III Joannis Kepleri Opera Omnia Vol. III, ed. Ch. Frisch, Frankfurt/Erlangen 1860
- Op. Omn.
- Tych. Brahe II Tycho Brahe Dani Opera Omnia Tomus II, ed. I. L. E. Dreyer, Hauniae 1915
- Schickard 1978 Wilhelm Schickard 1592–1635, ed. F. Seck, Tübingen 1978
- Tuckermann 1964 B. Tuckerman, Planetary, Lunar, and Solar Positions A. D. 2 to A. D. 1649, Philadelphia 1964

ÜBERSICHT ÜBER DIE MSS. ZU DEN EPHEMERIDEN KEPLERS

| Mss. | Seitenangabe in | | Inhalt |
|------------------------------------|-----------------|--------------------|--|
| | Teil 1 | Teil 2 | |
| MOND-EPHEMERIDEN | | | |
| I, 191 | | 144 | über physikalische Hypothesen zur |
| 192 | | 144 | Mondbewegung 1616 |
| 193 | | 144, 146 | |
| II, 214 | 13, 14 | 143, 151, 158 | monatliche Gleichung 1616, 1617 |
| 214 ^v | 14 | 143–146, 148 | Variation der Mondbewegung 1617 |
| 215 | 15 | 146–148, 151 | Variation der Mondbewegung |
| 215 ^v | 16, 17 | 145–149 | Variation der Mondbewegung 1617 |
| | | | Verhältnis der Bahnen von ☾ und ☉ |
| 216 | 18–20 | 149, 150 | Tychonische Variation |
| 217 | 21 | 150, 151, 162 | Variation der Mondbewegung |
| 220 | 22 | 151, 152, 158 | monatliche Gleichung |
| 230 | 138 | 209 | (Konfigurationen Planeten–Fixsterne) |
| 252–263 | 23–27 | 151–154 | monatliche Gleichungen für 1620 |
| 263 ^v –264 | | 152 | Vorzeichenregelung der Tab. für 1620 |
| 264 ^v | | 161, 162 | über die Rotula 1621 |
| 273–275 ^v | 28–33 | 154, 155, 160, 162 | Evекtion der Mondbewegung 1621 |
| 276–278 | 33–37 | 155–157 | zur Berechnung von Örtern an aufeinanderfolgenden Tagen, vielleicht 1607 |
| 279 ^v –281 ^v | | 157 | Tab. der Tagbewegungen des Mondes |
| 291–293 | 38–43 | 157–160, 163 | zur wahren Stundenbewegung |
| 293 ^v | | 158 | Summe der Gleichungen der Mondbewegungen |
| 294 | | 159, 160 | Tab. der Tagbögen für 1621 |
| 322–323 | 44–48 | 160–163 | Verbesserungen der Mondtheorie und Beschreibung der Rotula 1621/22 |
| 328 | 49 | 162, 163 | Tab. aequationis Argumenti menstrui |
| 328 ^v | | 163 | Aufstellung für Arg. menstruum |
| 329 | | 163 | Tab. Logarithmorum aequation. menstruum |
| 330 | | 163 | Tab. Red. Logar. aequ. menstruum für 20" |
| 330 ^v | | 163 | diese Tab. für 10"-Intervalle |
| 331 | | 163 | andere Version von II, 329 |
| 346–360 | 50–55 | 163–166 | Ausführungen zur Berechnung von Mond-Ephem. |
| 347 | | 146, 164 | Verhältnis der Bahnen von ☾ und ☉ |
| SONNEN-EPHEMERIDEN | | | |
| III, 119 ^v | 59 | 166, 169 | Tab. diurnorum |
| 120 | 60, 61 | 166, 169, 170 | Tab. diurnorum und Praecepta |
| 125 ^v | | 167, 171, 183 | Tab. der Tagbögen |
| 126 | 61, 62 | 166 | Compendium über Sonnen-Ephemeriden |
| 126 ^v | 62 | 166 | Praeceptum über Berechnungen |
| 127 | 62 | 166 | über die Tagbewegung der Sonne |
| 127 ^v | 63 | 166 | über die Tagbewegung der Sonne |
| 164–168 | 64–73 | 168–172 | Sonnen-Ephemeriden der Jahre 1619–1624 |
| 168 ^v | | 209 | Ephemeriden der Planeten für Jan. 1617 |
| 170 ^v –171 | 73–75 | 172 | zu verschiedenen astronomischen Fragen |

| Mss. | Seitenangabe in | | Inhalt |
|----------------------------|-----------------|--------------------|---|
| | Teil 1 | Teil 2 | |
| | | | MERKUR-EPHEMERIDEN |
| XIII, 135 | | 176 | Kommentar zur Ephemeridenrechnung |
| 136–137 | 79 | 173, 174 | Konzept zur Berechnung von Ephemeriden |
| 137–159 | | 176 | Tab. Anguli pro Mercurio |
| 160 | 79, 80 | 173 | Konzept zur Berechnung von Ephemeriden |
| 161–173 | | 176 | Tab. Indicis pro Mercurio |
| 178 | 83, 84 | 174, 176 | Merkur-Ephemeride für 1619 |
| 183 | 88, 89 | 175, 176, 179 | für 1621 |
| 185 | 89–91 | 175, 177, 179, 180 | für 1622 |
| 186 | 84–87 | 179 | für 1619 |
| 186 ^v | 91, 92 | 173, 174 | für 1623 |
| 197 | 137 | 209 | (Aspekte der Planeten), Merkur-Örter 1617 |
| 197 ^v | 137, 138 | 209 | (Aspekte der Planeten) |
| 200 | 80, 81 | 174 | Periheldurchgänge 1617 u. 1618 |
| 204 ^v | 81, 82 | 177–179 | Merkur-Ephemeride für 1617 |
| 205 | 82, 83 | 179 | Stationspunkte 1617–1620 |
| 209 | 87 | 174 | Konjunktionen 1620 |
| | | | VENUS-EPHEMERIDEN |
| XIII, 304 | 95, 96 | 183, 184 | Venus-Ephemeride für 1619 |
| 307 | 97, 98 | 185 | Venus-Örter 1620, 1622 |
| 308 | 96, 97 | 185 | Venus-Ephemeride für 1620 |
| 312 ^v | 99, 100 | 185 | für 1624 |
| 313 | 98, 99 | 184 | für 1623 |
| 322 | | 181, 184, 185 | Epochentafeln der Venus |
| 322 ^v | | 181 | |
| 323–324 | | 182, 183, 185 | Tab. der Tagbewegungen |
| 329 ^v | | 184 | Breitentafel |
| 330 | | 183 | Tab. diurnorum Veneris |
| | | | JUPITER-EPHEMERIDEN |
| XIII, 387 | | 199, 200 | Jupiter-Ephemeride für 1618 |
| 388 | | 200 | für 1619 |
| 390 ^v | 123–125 | 198 | für 1619, 1620, 1621 |
| 391 | | 200, 201 | für 1620 u. 1621 |
| 392 | | 201 | für 1622 |
| 392 ^v | | 201, 202 | für 1623 |
| 393 | | 202 | für 1624 |
| 393 ^v | | 202 | für 1625 |
| | | | SATURN-EPHEMERIDEN |
| XIII, 436–436 ^v | | 204, 205 | Tab. mittlerer Örter, Aphel und Knoten |
| 437 | | 205 | Saturn-Ephemeride für 1618 |
| 439 ^v | 129 | 205 | für 1620 |
| 440 | | 205 | für 1621 |
| 440 ^v | 130 | 206 | für 1622 |
| 441 | 131, 132 | 206 | für 1623 |
| 441 ^v | | 206 | für 1623 |
| 442 | 132, 133 | 207 | für 1624 u. 1625 |
| 443 ^v | | 204, 205 | Saturn-Ephemeride für 1617 |
| 444 ^v | | 198, 199 | (Jupiter-Ephemeride für 1617) |

| Mss. | Seitenangabe in | | Inhalt |
|--|-----------------|----------|--|
| | Teil 1 | Teil 2 | |
| MARS-EPHEMERIDEN | | | |
| XIV, 276 | | 187 | Tab. der Entfernungen Erde-Sonne |
| 375 | 103, 104 | 186 | Mars-Ephemeride 1604 |
| 375 ^v | 104, 105 | 186, 187 | Anweisungen zur Berechnung von Ephemeriden |
| 376 | 105 | 187 | Anweisungen |
| 376 ^v | 105, 106 | 187 | Breitenrechnung 1604 |
| 377 | | 188 | zur Sonnen-Ephemeride 1604 |
| 377 ^v | | 188 | Mars-Ephemeride 1604 |
| 378 ^v | | 195 | Mars-Ephemeride für 1621 |
| 380 | 115, 116 | 192 | für 1621 |
| 382 | | 195 | für 1622 |
| 382 ^v | | 195, 196 | für 1623 |
| 386-389 ^v | | 193, 194 | Tab. diurnorum |
| 390 | 116, 117 | 194 | Anmerkungen zur Tab. diurnorum |
| 400 | 114, 115 | | Mars-Ephemeride für 1609 |
| 400-406 | | 191, 192 | |
| 409 ^v | | 192 | Tab. der Apheldurchgänge |
| 412-414 ^v | | 186 | Tab. aequationum |
| A, 3-4 | | 190 | Epochentafeln des Mars |
| 12-12 ^v | | 189, 190 | Anweisungen zur Berechnung von Ephemeriden |
| 20 | | 190 | Tab. der Aphel- und Knotenbewegung |
| 20-21 ^v | | 190 | Tab. aequationis Solis |
| 23-27 | | 190 | Tab. der Tagbewegungen u. der Gleichungen |
| 28-31 ^v | 107-113 | 188, 191 | Mars-Ephemeride für 1605 |
| 34-53 | | 191 | Tab. Indicis Martis |
| 55-76 | | 191 | Tab. Anguli Martis |
| VERSCHIEDENE EPHEMERIDEN
UND TAFELN | | | |
| XX, 274 | 125, 126 | 203 | Jupiter-Ephemeride für 1628 |
| 275 | 118, 119 | 196, 197 | Mars-Ephemeride für 1628 |
| 276 | 133, 134 | 207, 208 | Saturn-Ephemeride für 1628 |
| 278 | | 180 | Merkur-Ephemeride für 1628 |
| 281 | | 185 | Venus-Ephemeride für 1628 |
| XXI, 266-286 | | 191 | Tab. Indicis Martis |
| 288-296 ^v | | 206 | Tab. Indicis Saturni |
| 297-302 | | 184 | Tab. Indicis pro Venere |
| 306-328 | | 191 | Tab. Anguli Martis |
| 338-352 | | 205 | Tab. Anguli Saturni |
| 354-376 | | 184, 198 | Tab. Anguli pro Venere |
| 354-376 | | 198 | Tab. Anguli Jovis |
| 395-400 ^v | | 209 | Ephemeriden der Planeten für 1626 |

REGISTER ZU TEIL 2

- Additamenta 207
aequatio astronomica 166
aequationes simplices 155, 159, 186
aequationis pars physica 187
Apheliotheta 174
Aphelium fictum 183
– verum 183
Apian, Ph. 162
argumentum annuum 145, 152, 165
– menstruum 152, 163
Aspekte 209
- Bachmeier, W. 209
Bartsch, J. 141, 196, 197
Brahe, Tycho 141, 143, 164, 172, 188, 189
- Circulus illuminationis 150
Commutatio 175
- Dichotome Phase 144, 145, 164
dies creationis 172
directus 177, 179
diurnus 173
- Elongatio 175
- Fabricius, D. 186, 187, 190, 191
Frisch, Ch. 163
- Gringalletus, J. 160, 192, 195, 197, 198
- Herwart v. Hohenburg 157, 163
Hipparch 172
- Incitatio 144
inclinatio 183
Index 168, 175, 176
- Latitudo 175
limes 198
locus Eccentricus 186
locus visus 174
Logarithmus 176
Luna 143–165
 aequatio menstrua 160
 aequationes novae 158
 aequatio plena 154, 161
 aequatiuncula Apogaea 158
 aequatiuncula Perigaea 158
 Anomalia primò aequata 160, 161
 Anomalia secundo coaequata 154
 Aphelium 145
- Apogaeitas 162, 163
Character acceleratus 159
Character tardus 159
distantia ficta a Sole 149, 154, 159
distantia primò aequata a Sole 154, 158
eccentricitas composita 157
Epicycli correctio Tychonis 155
Evektion 152, 154, 158
Latitudo aequabilis 164
linea copularum 144, 155
locus absolutè verus 159
locus fictus 159, 164
locus pene verus 159
locus verus orbitae 164
modulus horarij Anomaliae 159
motus secundo aequatus 152
nodus evehens 143
particula exsors 155, 160–163
portio competens aequationis 154, 159
portio prosthaphaeretica aequationis 158
Prosthaphaeresis 145, 146
Prosthaphaeresis Epicyclia Tychonis 156
Prosthaphaeresis Nodi 150
Scrupula menstrua Latitudinis 143, 151
Scrupula menstrua Longitudinis 143, 151, 158
Transformatio Hypoth. et Tab. Lun. 143, 163
Variatio 144, 146–151
- Maestlin, M. 186
Maginus, J. A. 163, 164, 177, 186, 187, 189
mensis plenus 155
– vacuus 155, 157
Mesologarithmus 177
- Origanus, D. 161
- Parallaxis orbis 175, 196
– Solis 172
pars proportionalis 168, 169
probatio ingressus 170
Progymnasmata 155, 163, 164, 172, 187
Prosthaph. orbis s. parallaxis orbis
- Quadreriorius 173
- Radix Ephemeridis Martis 192
– Ephemeridis Solis 164, 166, 169
reductio 183
Refraktion 172
retrogradus 177, 179
Rotula 161, 162

Schickard, W. 162
Schuler, J. 191, 197
Seiffart, M. 163, 186, 188–190, 197
species immateriae 144
statio 179
Stöffler, J. 162

Tituli 143
Tuckerman, B. 189
Ursinus, B. 191, 197
Virtus 154

ZUSAMMENFASSUNG

Das vorliegende Material aus dem handschriftlichen Nachlaß von Johannes Kepler enthält die wesentlichen Vorarbeiten zu seinen Ephemeriden als Ableitungen und Anwendungen aus seiner neuen astronomischen Theorie zur Bewegung des Mondes und der Planeten. Für diesen Zweck sind 120 Mss. ediert und mehr als 100 Mss. zusätzlich für den Kommentar herangezogen.

Da die Mss. viele Tabellen und Erläuterungen enthalten, die nicht im gedruckten Werk wiedergegeben sind, ist ihre Veröffentlichung besonders wichtig im Hinblick auf die Herausgabe von Bd. XI/1 der Gesammelten Werke Keplers und kann zum inhaltlichen und historisch-genetischen Verständnis erheblich beitragen.

In Teil 1 dieses Heftes sind ausgewählte Mss. ediert. Teil 2 enthält die Erklärungen zum Teil 1, häufig unter Verwendung von anderen nicht edierten Mss., um die Beziehungen zum Ephemeridenwerk aufzuzeigen.

Als wichtige Ergebnisse dieser Edition kann folgendes zusammengefaßt werden: Bei der langjährigen Analyse der Mondbewegung hat Kepler in den Jahren 1617–1620 der physikalischen Begründung der Variation und der Ableitung der Exzentrizität der Mondbahn erhebliche Aufmerksamkeit zugewandt. Zur Erleichterung der komplizierten Mondrechnungen hat er 1621 – vermutlich mit Unterstützung von Schickard in Tübingen – ein mechanisches Hilfsmittel konstruiert. Diese „Rotula“ war aus einer Anzahl teils beweglicher, teils feststehender Scheibchen oder Kreise zusammengesetzt. Erst gegen Ende 1622 ist Kepler im Besitz der Theorie, auf deren Grundlage er die Mondtabellen der „Tabulae Rudolphinae“ und hier nach einem genau strukturierten Verfahren Ephemeriden berechnet.

Die Ephemeriden der Sonne gehen notwendigerweise denen der Planeten voraus. Es werden die Örter für jeden 10. Tag berechnet und durch Interpolationsrechnungen auf Tagesabstand verdichtet. Dieses Verfahren wird auch für die Aufstellung der Planeten-Ephemeriden angewandt. Hier kommt als Erschwernis hinzu, daß eine Koordinatentransformation vom heliozentrischen in das geozentrische System ausgeführt werden muß. Die Mss. geben über die entsprechenden Rechnungen, die sowohl numerisch als auch logarithmisch ausgeführt werden, sowie über die Vielzahl der benutzten Tafeln näheren Aufschluß.

Die stationären Punkte der scheinbaren Planetenbahn werden, wie den Merkur-Mss. zu entnehmen ist, entweder über den komplizierten Weg einer doppelten Iterationsrechnung berechnet oder aus den berechneten Örtern des Planeten erschlossen. Für den Mars wird eine vollständige Ephemeride für das Jahr 1605 ediert. Dabei handelt es sich nach den frühen Rechnungen für 1604 um die ersten praktischen Anwendungen seiner Theorie der „Astronomia Nova“. Ebenso geht aus den Mss. hervor, daß Kepler bei seiner Arbeit – wenn auch nur für kurze Zeit – durch Mitarbeiter, wie Seiffart, Ursinus, Gringalletus und Bartsch, unterstützt wird.

Die Genauigkeit der Keplerschen Ephemeriden ist exemplarisch an der Mars-Ephemeride für 1605 geprüft worden. Während beispielsweise die entsprechende Ephemeride von Maginus – dessen Tabellen sich um 1600 besonderer Beliebtheit erfreuten – in Länge und Breite des Mars einen mittleren Fehler von rund $\pm 30'$ aufweist, ist die Ephemeride von Kepler (mit den mittleren Fehlern von rund $\pm 2'$ bzw. $\pm 1'$) um eine Zehnerpotenz genauer.

Am Schluß dieser Arbeit sind eine Übersicht der edierten und der im Kommentarteil zusätzlich benutzten Mss. sowie ein Verzeichnis der im Kommentarteil erläuterten Fachbegriffe und auftretenden Eigennamen vorgelegt.

Insgesamt enthalten die Mss. viele Details zur numerischen Astronomie Keplers und informieren uns über quantitative Verfahren und über Anwendungen der deduktiv-induktiven Methode in der Frühzeit der Wissenschaftlichen Revolution.

SUMMARY

The material presented here from Kepler's Mss. includes the essential preparatory work for his Ephemerides, i. e. deductions from, and applications of his new astronomical theory for the lunar and planetary motions. For this purpose 120 Mss. have been edited and more than 100 others have been used for the commentary.

Because the Mss. contain many tables and texts not in the printed Ephemerides, the publication of these Mss. is especially important for a full understanding of Vol. XI/1 of Kepler's *Gesammelte Werke* and contributes much to the understanding of its content and history.

In part 1 of this Volume editions of selected Mss. are presented. Part 2 contains explanations of part 1 – often by reference to other unedited Mss. – to show the connections with the Ephemerides. The important results of the present work may be summed up as follows.

In analysing the motion of the moon for many years Kepler paid special attention to the physical basis of the Variation and the determination of the eccentricity during the years 1617–20. To make the complex calculations for the Moon easier, he constructed in 1621 a mechanical device – presumably with the support of Schickard in Tübingen. This device, the *Rotula*, was composed of wheels, some of them movable and some stationary. Only towards the end of 1622 was Kepler in possession of the theory that provided the basis for the lunar tables in the *Tabulae Rudolphinae* and for an explicit procedure of the calculations of Ephemerides.

The Ephemerides of the Sun necessarily precede those of the planets. The positions for every tenth day – and by interpolation for every day – are calculated. This procedure is also used in setting up the planetary Ephemerides. In this case the matter is complicated by having to transform the coordinates from the heliocentric to the geocentric system. The Mss. tell us about the corresponding calculations, numerical and logarithmic, and about the numerous tables used.

As can be seen from the Mercury Mss., the stationary points of the apparent orbits of the planets are either calculated according to a complex double-iteration or are deduced from the calculated planetary positions. For Mars complete Ephemerides for 1605 are edited. They are treated – after early calculations for 1604 – in the first practical applications of the theory in the *Astronomia Nova*. In the same way we learn from the Mss. that Kepler was supported in his work – even if for only a short time – by assistants such as Seiffart, Ursinus, Gringalletus and Bartsch.

Kepler's tables for Mars for 1605 are taken to demonstrate the accuracy of his Ephemerides. They are, for instance, over ten times more accurate than the corresponding tables of Maginus which were much used around 1600. These tables showed an average error of $\pm 30'$ for both longitude and latitude, while Kepler's Ephemerides were accurate to $\pm 2'$ in longitude and $\pm 1'$ in latitude.

The indexes in the end of the work cover all the edited Mss. and those used in the commentary section, technical terms explained in the commentary section and proper names.

In sum, the Mss. exhibit many details of Kepler's astronomy and give information about quantitative procedures and the applications of the deductive-inductive method at the beginning of the Scientific Revolution.