ENCHORIA

Zeitschrift für

Demotistik und Koptologie

Herausgegeben von

Friedhelm Hoffmann, Heinz-Josef Thissen

und Karl-Theodor Zauzich

Band 30, 2006/2007

Harrassowitz Verlag · Wiesbaden

Friedhelm Hoffmann

Astronomische und astrologische Kleinigkeiten V:[1] Die Mondephemeride des P. Carlsberg 638[2]

(Tafel 4)

Mit einem Anhang von Alexander Jones: Dating and Method of Computation

Edition des römerzeitlichen P. Carlsberg 638 mit den Fragmenten einer Liste zur Position des Mondes an jedem Tag des Jahres 13/14 n. Chr. Der Text stellt die erste derartige demotische Mond-Ephemeride dar und bildet zugleich den frühesten sicher datierten Beleg für das „Standard Lunar Scheme".

Beschreibung

Der hier erstmals publizierte Papyrus aus dem Besitz des Carsten Niebuhr Institut in Kopenhagen besteht in seinem jetzigen Zustand aus zwei Fragmenten, von denen das größere 6,7 cm hoch und 8,2 cm breit, das kleinere 4,5 cm hoch und nur 1,5 cm breit ist.[3] Die Farbe des Papyrus ist relativ hell, die Schrift kräftig schwarz. Der demotische Text steht auf dem papyrologischen Verso. Eine Klebung verläuft so durch das große Fragment, daß der Bereich, in dem die beiden Papyrusblätter übereinandergeklebt sind, das mittlere Drittel dieses Fragmentes einnimmt. Das kleine Fragment bildet den Rest einer Klebungsstelle. Durch die kräftig ausgeprägte Faserstruktur ist die Lesbarkeit der Schrift mitunter etwas behindert, auch hat das starke Relief der Papyrusoberfläche stellenweise die Abplatzung und Abreibung von Tinte begünstigt. Schwerer wiegt aber der auf den ersten Blick gar nicht zu erkennende Verlust der oberen Papyruslage im rechten Teil des großen Fragmentes, so daß von der Kolumne x+1 nur im unteren Bereich noch kleine Reste von drei Zeilenenden erhalten sind.

---

1 I: *Enchoria* 22, 1995, S. 22–26; II: *Enchoria* 24, 1997/8, S. 34–37; III: *Enchoria* 25, 1999, S.24–26; IV: *Enchoria* 29, 2004/5, S. 44–52.

2 U. Kaplony-Heckel danke ich dafür, daß sie meine Aufmerksamkeit auf diesen Papyrus gelenkt hat. Für die Publikationserlaubnis bedanke ich mich sehr herzlich bei K. Ryholt, der auch so freundlich war, mir die technischen Angaben zum Papyrus zu liefern. A. Jones schließlich hatte die Liebenswürdigkeit, die astronomische Datierung beizusteuern.

3 Die Herkunft des Papyrus ist unbekannt. Nach K. Ryholt stammt P. Carlsberg 638 nicht aus Tebtynis.

Auf der anderen Seite des Papyrus, dem papyrologischen Recto, befinden sich Reste eines griechischen Textes, der paläographisch in die römische Zeit gehört. Die Orientierung hinsichtlich oben und unten ist dieselbe wie auf der demotisch beschrifteten Seite.

Datierung des Papyrus

Paläographisch läßt sich der Papyrus in die römische Zeit datieren. Die Verwendung des *calamus* spricht neben dem allgemeinen Charakter der übrigens auffällig kleinen Schrift generell für diese Epoche. Doch würde ich die Datierung des Papyrus ungern später als das 1. Jh. n. Chr. ansetzen, da die im P. Carlsberg 638 übliche Schreibung von *sw* „Tag" als *t*-ähnlicher Winkel bisher nur in der Ptolemäerzeit häufiger belegt zu sein scheint.[4] Auch die Schreibungen einiger Datumszahlen sind in der vorliegenden Form bisher nur ptolemäisch belegt: *4* (x+2.5) sieht aus wie ein kleiner Kreis, und *5* (x+2.6) endet mit einem kurzen senkrechten Strich. Ich bin daher geneigt, den *terminus ante quem* für P. Carlsberg 638 noch weiter nach vorne zu verlegen und eine Niederschrift spätestens in der frühen Römerzeit, also vielleicht bis Mitte des 1. Jh. n. Chr. zu favorisieren. Freilich ist zu bedenken, daß prinzipiell natürlich eine spätere Abschrift eines ptolemäischen Papyrus vorliegen könnte, in der die Zeichenformen der Vorlage beibehalten worden sind.

Geben wir also in jede Richtung zu Sicherheit etwa 20 Jahre hinzu, so wird man ziemlich sicher sein können, daß die Niederschrift innerhalb dieses Zeitraumes erfolgte, also von etwa 50 v. Chr. bis 70 n. Chr., wahrscheinlich ist aber, wie ausgeführt, ein engerer zeitlicher Rahmen, der etwa von 30 v. Chr. bis 50 n. Chr. gespannt ist.

Die astronomische Datierung, die A. Jones ermittelt hat, bestätigt diesen Ansatz vollkommen. Die im P. Carlsberg 638 aufgelisteten Ereignisse betreffen demnach das Jahr 13/14 n. Chr.

Umschrift und Übersetzung

großes Fragment

x+1.x+1	[...].. [5]	[...]..
x+1.x+2	[...]	[...]
x+1.x+3	[...]	[...]
x+1.x+4	[...] ⌜...⌝ *r? sẖ=w?*	[...], um(?) sie(?) zu(?) schreiben

4 Vgl. ERICHSEN: *Glossar*, S. 707ff.

5 Das Zeichen erinnert an das Riegel-*s*.

x+1.x+5	[...] ⌜*r? ...*⌝		[...] um(?) zu(?) ...	
x+2.1	*ḥꜣ.t*[6] *n rnp.t*		Jahresanfang	
x+2.2	*1 sw*[7] *1*	*ḏl.t · 4*	(Monat) 1[8] Tag 1:	Skorpion · 4
x+2.3	*sw 2*	*ḏl.t · 18*	Tag 2:	Skorpion · 18
x+2.4	⌜*sw 3*⌝	*pꜣ-nty-ꜣtḥ · 2*	Tag 3:	Schütze · 2
x+2.5	*sw 4*[9]	*pꜣ-nty-ꜣtḥ* [·] ⌜*1*⌝*6*	Tag 4:	Schütze [·] 16
x+2.6	*sw* ⌜*5*⌝[10]	*ḥr-ʿnḫ* · ⌜*1*⌝	Tag 5:	Steinbock · 1
x+2.7	*sw 6*	*ḥr-ʿnḫ* · ⌜*15*⌝	Tag 6:	Steinbock · 15
x+2.8	⌜*sw 7*⌝	*ḥr-ʿnḫ* · 30	Tag 7:	Steinbock · 30
x+2.9	*sw 8*	*mw · 14*	Tag 8:	Wassermann · 14
x+2.10	*sw 9*	⌜*mw*⌝ · ⌜*27*⌝	Tag 9:	Wassermann · 27[11]
x+2.11	*sw 10*	*tbṭ.w · 1*⌜*?1*⌝[12]	Tag 10:	Fische · 11(?)
x+2.12	*sw 11*	⌜*tbṭ.w*⌝ · *2*⌜*4*⌝	Tag 11:	Fische · 24
x+2.13	[*sw*] ⌜*1*⌝[*2*]	*isw* · ⌜*7*⌝	[Tag] 1[2]:	Widder · 7

kleines Fragment

x+1	[*sw*] ⌜*7*⌝	[...]	[Tag] 7:	[...]
x+2	⌜*sw 8*⌝	⌜..⌝[13] ⌜..⌝ [..]	Tag 8:	.. ..[..]
x+3	*sw 9 -*[14]	*pꜣ-nty-ꜣtḥ*[15] · [...]	Tag 9 -	Schütze(?) · [...]
x+4	⌜*sw 10 -* ⌝	*pꜣ-nty-ꜣtḥ?* [...]	Tag 10 -	Schütze(?) [...]

---

6 Zur Schreibung vgl. ERICHSEN: *Glossar*, S. 287.

7 Nur hier ist *sw* mit einem großen Sonnenideogramm, über das auch noch ein Füllpunkt gesetzt ist, geschrieben. Im weiteren Verlauf des Textes ist *sw* als *t*-artiger Winkel geschrieben (vgl. in der Einleitung zur paläographischen Datierung).

8 Es entspricht durchaus den Gepflogenheiten in demotischen astronomischen Texten, anstelle der z.B. in dokumentarischen Texten normalen Monatsbezeichnungen einfach von „1" bis „12" fortlaufende Zahlen zu verwenden. Das bekannteste Beispiel dürfte wohl P. Berlin P 8279 sein. Dieselbe Erscheinung findet man auch regelmäßig in den griechischen astronomischen Texten, z.B. Jones, A.: *Astronomical Papyri from Oxyrhynchus (P. Oxy. 4133–4300a)*. 2 Bde. Philadelphia 1999 (= Memoirs of the American Philosophical Society Held at Philadelphia for Promoting Useful Knowledge 233), *passim*.

9 Zur Form der *4* als Kreis vgl. oben im Abschnitt zur Datierung.

10 Vgl. im Abschnitt zur Datierung das zur Gestalt des Zeichens Gesagte.

11 Ich erwarte „28", da nur dann die tägliche Bewegung des Mondes so weiter abnimmt, wie es dem „Standard Lunar Scheme" entspricht (vgl. die Diskussion). Die 7 (in der großen Form) ist aber sicher.

12 Eher so als *1*⌜*2*⌝.

13 Das Sterndeterminativ ist recht gut erhalten.

14 Ein *t*-ähnliches Zeichen.

15 Allerdings ist das Zeichen mit einem größeren runden „Kopf" als im großen Fragment gemacht. Für „Löwe" ist es aber zu sehr geschlossen.

x+5	[.]...[...][16]		[.]...[...]	
x+6	[.].	*ḥr-ꜥnḫ* [...]	[.].	Steinbock [...]
x+7	[...]	*ḥr-ꜥnḫ?* [...]	[...]	Steinbock(?) [...]

Diskussion

Identifizierung des Himmelskörpers

Bei dem vorliegenden Papyrus handelt es sich um eine Aufstellung zur täglichen Bewegung eines Himmelskörpers. Wie es auch sonst in der spätzeitlichen ägyptischen Astronomie üblich ist, werden nur Längenangaben gemacht. Aufgrund der hohen Geschwindigkeit von bis zu 15° pro Tag kann es sich bei dem fraglichen Himmelskörper nur um den Mond handeln.[17] Unser Text setzt in einer Phase der Mondbewegung ein, als diese sich mit 14° täglicher Bewegung bereits ihrem Maximum von 15° nähert. Im weiteren Verlauf des Textes nimmt die tägliche Bewegung auf 13° ab. Im nicht mehr erhaltenen weiteren Teil des Textes hat sie dann auf 11° abgenommen, ehe sie schließlich wieder ansteigt.

Zugrundeliegende Berechnungsmethode

Man bemerkt in den Positionsangaben zwei Unregelmäßigkeiten; die Stellen sind durch "!" markiert:

Tag	tägliche Bewegung
1 → 2	14°
2 → 3	14°
3 → 4	14°
4 → 5	15°
5 → 6	14°!
6 → 7	15°
7 → 8	14°
8 → 9	13°!
9 → 10	14(?)°
10 → 11	13(?)°
11 → 12	13°

16 Von dem zu erwartenden [*s*]*w 11 pꜣ-nty-ꜣtḥ* [· *30*] „[Ta]g 11 - Schütze [· 30]“ ist nichts zu sehen. Die Reste erinnern eher u.a. an *ḥtp* „untergehen“.

17 Vgl. die Tabelle bei JONES: *op. cit.*, Bd. 1, S. 51.

Erstens ist die Bewegung von Tag 5 bis 6 geringer als die von Tag 4 bis 5. Zweitens würde man für die Bewegung von Tag 8 bis 9 nicht 13° erwarten. Denn der Mond bewegt sich nicht mit einer Geschwindigkeit, die von Tag zu Tag hin und her schwankt. Auch ist ein solch kurzfristiger Wechsel der Mondgeschwindigkeit nicht in der antiken Mondtheorie angenommen worden.[18]

Eine Erklärung für die erste Unregelmäßigkeit bietet sich in der Annahme, daß den Berechnungen des Textes zwar das von Jones „Standard Lunar Scheme" genannte System zugrundegelegt ist, daß der Schreiber aber das notierte Ergebnis auf volle Grad gerundet hat.[19] Ein wirklicher Fehler dürfte allerdings bei der Position für den 9. Tag vorliegen, da die Mondgeschwindigkeit nicht so schnell abnimmt, wie der Text es angibt. Für die folgenden Tage wäre dann zwar mit einer korrekten täglichen Bewegung weitergerechnet worden, doch sind die angegebenen Positionen um 1° zu gering, da von der falschen Position an Tag 9 ausgegangen wurde.

Zur Verdeutlichung der Auswirkungen dieser beiden Annahmen stelle ich den Angaben des PC 638 die Angaben des „Standard Lunar Scheme" von Tag 11 an[20] zur Seite.

I = tägliche Bewegung, gerundet auf ganze Grad;
II = gerundete tägliche Bewegung, fortlaufend aufaddiert;
III = auf Sekunden genaue tägliche Bewegung, fortlaufend aufaddiert.

PC 638			*Standard Lunar Scheme*			
Tag	Bewegung		Tag	Bewegung		
	I	II		I	II	III[21]
1 → 2	14°	14°	11	14°	14°	13° 50' 31"
2 → 3	14°	28°	12	14°	28°	27° 53' 52"
3 → 4	14°	42°	13	14°	42°	42° 10' 3"
4 → 5	15°	57°	14	15°	57°	56° 39' 4"
5 → 6	14°!	71°	15	14°	71°	71° 15' 12"

18 Vgl. die Tabelle bei JONES: *op. cit.*, Bd. 1, S. 337ff.

19 Für unseren Text kommt jedenfalls keine Trunkierung von Zahlenangaben in Frage (zu diesem Verfahren s. JONES: *op. cit.*, Bd. 1, S. 55), da so kein Hin und Her der Werte wie z.B. in der Folge 14 – 15 – 14 – 15 entstehen könnte.

20 Nach JONES: *op. cit.*, Bd. 1, S. 337. Dieser Ausgangspunkt ist willkürlich gewählt. Die Tagesangaben des P. Carlsberg 638 beziehen sich auf Kalenderdaten, die Tageszählung bei JONES nicht. Für den Vergleich ist nur wichtig, daß ein Zeitabschnitt herangezogen wird, in dem der Mond kurz vor seiner größten täglichen Bewegung steht. Das ist alle 28 Tage der Fall.

21 Ich begnüge mich für meine Zwecke mit der Angabe von Grad, Minuten und Sekunden. Die genauen Einzelwerte sind nach JONES, *loc. cit.*: 13;50,30,37 – 14;3,20,37 – 14;16,10,37 – 14;29,0,37 – 14;36,7,37 – 14;23,17,37 – 14;10,27,37 – 13;57,37,37 – 13;44,47,37 – 13;31,57,37 – 13;19,7,37.

6 → 7	15°	86°	16	15°	86°	85° 38' 30"
7 → 8	14°	100°	17	14°	100°	99° 48' 58"
8 → 9	13°!	113°	18	14°	114°	113° 46' 36"
9 → 10	14(?)°	127(?)°	19	14°	128°	127° 31' 24"
10 → 11	13(?)°	140°	20	13°	141°	141° 3' 22"
11 → 12	13°	153°	21	13°	154°	154° 22' 30"

Wie man unschwer erkennen kann, lassen sich die Zahlen des Textes auf diese Weise verstehen.

Position des kleinen Fragmentes und einstiger Umfang des Papyrus

Nun ist noch das Verhältnis des kleinen zum großen Fragment zu bestimmen. Es ist natürlich nicht beweisbar, daß es überhaupt zum selben Papyrus gehört wie das große Fragment, aber aufgrund der Ähnlichkeit von Material sowie Schriftgröße und -charakter doch wahrscheinlich. Ohne Zweifel sind gewisse Unterschiede in manchen Zeichenformen und im Layout vorhandenen. Ich denke zu Letzterem besonders an die Einfügung eines kleinen Trennzeichens nach der Tagesangabe in den Zeilen x+3f. des kleinen Fragmentes. Dennoch lassen sich meines Erachtens diese Differenzen leicht durch den – wie sich sofort zeigen wird – größeren Abstand der beiden Stücke zueinander und die Veränderung der Handschrift im Verlaufe des Textes erklären.

Die Position des kleinen Fragmentes läßt sich astronomisch bestimmen. Die wenigen erhaltenen Positionsangaben ergeben für den in Zeile x+4 genannten Tag 10 als Aufenthaltsort des Mondes den Bereich Schütze 12° bis 30° (= 261° ± 9°), da der Mond auch am Vortag im selben Tierkreiszeichen war und sich mit mindestens 11° pro Tag bewegt. An dem auf dem Hauptfragment genannten 10. Tag des ersten Monats des Jahres stand der Mond bei 341° (Fische · 11). Gesucht ist also ein Datum genau 1, 2, 3 oder mehr Monate später, an dem der Mond 280° ± 9° weitergewandert ist.[22] Anhand der Tabelle bei Jones *op. cit.*, Bd. 1, S. 337ff. findet man schnell, daß das kleine Fragment einen 8 Monate später liegenden Zeitraum betrifft.[23] Man könnte den Text des kleinen Fragmentes dann etwa folgendermaßen wiederherstellen:

22 Aus ökonomischen Gründen wird man die erste passende Übereinstimmung als die wahrscheinlichste ansehen.

23 Ausgehend vom 20. Tag des Standard Lunar Scheme (267° 43') und jeden 30. Tag überprüfend, trifft man an Tag 260 (182° 33') auf eine Positionsangabe, die der geforderten Bedingung (280° ± 9° weiter) entspricht.

x+1	[Tag] 7	[Skorpion · 4] (= 214°)
x+2	Tag 8	Skorpion [· 18] (= 228°)
x+3	Tag 9 -	Schütze · [2] (= 242°)
x+4	Tag 10 -	Schütze [· 16] (=256°)
x+5	[Tag] 11(?)	Schütze(?)[24] [· 30] (= 270°)
x+6	[Tag] 12	Steinbock [· 15] (=285°)
x+7	[Tag 13]	Steinbock [· 29] (= 299°)

Angesichts der kleinen Schrift passen auch bei ungewöhnlich geringer Blatthöhe die Angaben zu einem Monat auf jeden Fall ohne weiteres in eine Spalte. Das kleine Fragment stellt also ein Bruchstück allerspätestens der Kolumne x+9 dar. Bei einer Kolumnenbreite der Mondliste von 3–4 cm bedeutet das nicht viel für die einstige Länge des Papyrus, der doch wohl mindestens das ganze Jahr abgedeckt haben wird, der aber, wie die minimalen Reste in Kolumne x+1 beweisen, noch weitere Angaben enthalten hat. Deren Natur ist jedoch nicht mehr greifbar (Lehrtext?).

Grenze zwischen Tierkreiszeichen

Abschließend sei noch auf ein interessantes Detail hingewiesen. In Zeile x+2.8 des großen Fragmentes wird die Grenze zwischen zwei Tierkreiszeichen dem vorderen zugerechnet („Steinbock 30") und nicht dem folgenden („*Wassermann 0"). Dies steht im Gegensatz zur Praxis des griechischen P. Oxy. 4174 Recto(?) 7.[25] Dies ist umso bemerkenswerter, als es sich bei P. Oxy. 4174 ebenfalls um eine Liste zur Mondbewegung handelt. In den griechischen Texten könnte diese Tendenz, die Grenze bereits zum nächsten Zeichen zu ziehen, daher rühren, daß man normalerweise nicht auf Grad gerundete Angaben machte, sondern wenigstens auf Minuten oder Sekunden genaue (JONES: *op. cit., passim*). Für das demotische Material scheinen, soweit ich sehe, abgesehen vom hier publizierten P. Carlsberg 638 keine sonstigen direkten Angaben darüber vorzuliegen, ob die Grenze eines Tierkreiszeichens zum nächsten als 30° des vorderen oder 0° des nächsten interpretiert wurde. Indirekt könnten aber die Angaben der demotischen Tafeln zu Eintrittsdaten der Planeten in ein Tierkreiszeichen darauf hindeuten, daß zumindest dort die Grenze als 0° des folgenden Tierkreiszeichens verstanden wurde. Jedenfalls ergibt sich unter dieser Annahme eine vollständige Übereinstimmung zwischen den gemachten Angaben mit der astro-

24 Das würde man erwarten. Ich sehe aber nicht, wie die erhaltenen Zeichenreste dazu passen können.
25 Ed. JONES: *op. cit.* Bd. 1, S. 169 und Bd. 2, S. 163.

nomischen Wirklichkeit.[26] Die zugrundeliegende Rechengenauigkeit der entsprechenden Texte ist natürlich unbekannt.[27] Ich muß es hier dabei belassen, auf das Phänomen hingewiesen zu haben.

ALEXANDER JONES

Dating and Method of Computation

At first glance it would seem a hopeless task to try to date the lunar longitudes in this papyrus, given the uncertainties. We do not know which version of the Egyptian calendar is being assumed, or what time of day the longitudes were computed for, and the longitudes are given only as whole numbers. In a case like this our chances of identifying the dates in question are considerably improved if we can also determine the method by which the longitudes were computed.

For this period in Greco-Roman Egypt we know of three methods that could have been used. First, there existed an arithmetical model for the moon's motion of Babylonian origin, according to which the moon's daily progress varies between a minimum of about 11.1° and a maximum of about 15.2° by constant increments of 0.3° per day; this scheme is attested in the *Isagoge* of Geminus (mid first century B.C.), a Greek papyrus ephemeris from 24 B.C., and a Greek papyrus table of the second century A.D.[28] Secondly, there was a widely used revision of this scheme, which I have called the Standard Lunar Scheme, according to which the moon's daily progress varies between about 11.7° and about 14.7° by constant increments of a little over 0.2° per day; the Standard Scheme is attested in many Greek papyri ranging from the first century A.D. to the fourth century A.D.[29] Thirdly, there should have been lunar tables based on geometrical models in the manner of Hipparchus and Ptolemy; unfortunately, no example of such a table antedating Ptolemy's own has so far been identified.

---

26 Vgl. die Tabellen bei NEUGEBAUER, O.: *Egyptian Planetary Texts*. Philadelphia 1942 (= Transactions of the American Philosophical Society Held at Philadelphia for Promoting Useful Knowledge. N.S. 32.2), S. 233 und 235. Es ist allerdings auffällig, daß ausgerechnet alle 0°-Werte – und nur diese – absolut korrekt sind! Liegt das an Neugebauers Methode?

27 Auf vier Stellen genau sind die Angaben im (anders gearteten) demotischen P. Carlsberg 32, der die Merkurbewegung betrifft.

28 Geminus ch. 18; P. Oxy. astron. 4175; P. Fay. ined. Gc36 in A. JONES, "More Astronomical Tables from Tebtunis," *ZPE* 134, 2001, 211–220.

29 A. JONES, "Studies in the Astronomy of the Roman Period. I. The Standard Lunar Scheme," *Centaurus* 39, 1997, 1–36, with addendum in *Centaurus* 40, 1998, 39-40.

Let us begin by considering the line-to-line differences between the longitudes in P. Carlsberg 638, which represent the moon's progress from one day to the next (see p. 15): Apparently the moon's velocity is increasing towards a maximum in the first days of this sequence, and decreasing in the last days. Unfortunately the fact that only whole degrees are given in the table makes it difficult to see on which day the maximum was reached and what this maximum was. A useful technique when dealing with rounded or truncated numbers is to work with running averages; thus we can look at the average velocity over intervals of five consecutive days:

Days	average progress
1–6	14.2°
2–7	14.4°
3–8	14.4°
4–9	14.2°
5–10	14.0°
6–11	13.8°
7–12	13.4°

From this we can see that the maximum occurred about day 5, and that it was slightly more than 14.4°.[30] Moreover, the day-to-day change in the velocity appears to be a bit over 0.2°, and definitely not as large as 0.3°. This fits the behaviour of the Standard Scheme, and rules out of consideration the older Babylonian scheme. Tables based on a geometrical model remain a possibility.

Whatever the method of computation, we are justified in assuming that (a) the longitude Scorpio 4° (or 214° counted from the Vernal Equinoctial Point) was correct for the day in question to within say 10°, and (b) that the moon reached maximum velocity about four days later, give or take a day or two. Now we can look for dates within the paleographically admissible range (say 50 B.C. to A.D. 70) that fit this pattern of lunar motion as well as the calendrical information in the papyrus.

This search for dates can be made using modern astronomical theory, but it is more convenient, and just as thorough, to use Ptolemy's tables for the moon in the *Almagest*.[31] Not only do Ptolemy's tables work directly from dates in the (old) Egyptian calendar, but

30 Since the velocity is slower than maximum both before and after the maximum, the average will be slightly less than the maximum itself.

31 Testing of all possible dates by means of the Standard Scheme tables would also be possible, but rather laborious

along with the moon's longitude they yield a quantity, the "mean anomaly," which is a measure of where the moon is currently in its cycle of speeding up and slowing down.[32] The mean anomaly four days before maximum velocity is about 128°. We compute all longitudes and mean anomalies for six hours past noon, Alexandria time, since that is the time assumed in the Standard Scheme tables and in many Greco-Egyptian ephemerides. Initially we allow generous tolerances: a test date is not rejected if the moon's longitude on that date is between 199° and 229°, and if the mean anomaly is between 98° and 158°.[33]

We have to consider all occurrences of Thoth 1 according to both the old and the reformed Egyptian calendars within the 120 year interval. Moreover, since between 30 B.C. and A.D. 8 there is uncertainty about whether the intercalations of the reformed calendar were at regular 4-year intervals, we have to check the positions for as many as three consecutive days during this period.

It turns out that there are only three dates for which the moon's longitude and mean anomaly according to the *Almagest* tables fall within these ranges:

> A.D. 14 August 20 = Thoth 1 in the old calendar, 6 P.M. Alexandria, longitude 215.4°, mean anomaly 107.0°
>
> A.D. 5 August 29 = Thoth 1 in the reformed calendar, 6 P.M. Alexandria, longitude 224.0°, mean anomaly 120.0°
>
> A.D. 13 August 29 = Thoth 1 in the reformed calendar, 6 P.M. Alexandria, longitude 207.8, mean anomaly 135.9°

Among these, the first date has a rather low mean anomaly, and the second date has a rather high longitude, while the third is in good agreement with our analysis of the data in the papyrus.

As a last test, we can use the Standard Scheme to compute the moon's longitudes for Thoth 1–12 in these three years:

Day	Papyrus	A.D. 14/15 (old cal.)	A.D. 5/6 (reformed)	A.D. 13/14 (reformed)
1	214°	223° 4'	231° 31'	213° 48'
2	228°	236° 46'	255° 26'	227° 58'
3	242°	250° 41'	269° 33'	242° 22'

32 The tables are in *Almagest* 4.4 and 5.8. I have used the very handy JavaScript computer programs for simulating Ptolemy's tables by R. van Gent, currently accessible at http://www.phys.uu.nl/~vgent/astro/almagestephemeris.htm/.

33 This amounts to allowing for an error of at least one day in the date and time for which the longitude is computed, and an error of more than two days in the location of the maximum velocity.

4	256°	264° 49'	283° 54'	256° 58'
5	271°	279° 9'	298° 28'	271° 27'
6	285°	293° 43'	313° 0'	285° 43'
7	300°	308° 15'	327° 19'	299° 46'
8	314°	322° 34'	341° 25'	313° 36'
9	327°	336° 40'	355° 18'	327° 14'
10	341° (?)	350° 33'	8° 58'	340° 39'
11	354°	4° 13'	22° 26'	353° 51'
12	7°	17° 41'	35° 41'	6° 50'

For ten of the twelve days, the dating to A.D. 13/14 results in a longitude that, rounded to the nearest whole number, agrees exactly with the papyrus, while for the remaining two days the number in the papyrus is the same as the Standard Scheme longitude truncated. Inconsistency in rounding habits would not be surprising in an ephemeris of this kind. All in all, the agreement is so good that there can be little doubt that P. Carlsberg 638 was computed by means of the Standard Scheme for dates equivalent to August 29–September 9, A.D. 13. Probably the papyrus was written within a few months, or at most within a year or two, of those dates. This is an interesting result, since it pushes the invention of the Standard Scheme back probably to the first century B.C.[34]

34 Hitherto the earliest attestation of the Standard Scheme was the paleographically dated first century A.D. procedure text P. Oxy. astron. 4136.