

Schlussberichte

R-134/10 " Astronomische Chronologie des östlichen Mittelmeerraumes und Mesopotamiens im 2. und 1. Jahrtausend v. Chr. "

Dr. Rita Gautschy, Universität Basel

CHF 58'330.-

Die geplanten Programmierarbeiten konnten erfolgreich abgeschlossen werden. Somit stehen jetzt alle technischen Werkzeuge für einen Vergleich aufgezeichneter Beobachtungsdaten mit berechneten Daten bereit. Folgende Beobachtungs-daten können nun berücksichtigt werden:

- Letzte und erste Sichtbarkeiten der Mondsichel vor/nach Neumond
- Heliakische Siriuserscheinungen
- Sonnenfinsternisse
- Mondfinsternisse
- Sichtbarkeiten der Planeten
- Heliakische Planetenerscheinungen
- Alle Beobachtungen können mit ägyptischem und babylonischem Kalenderdatum angegeben werden.

Die Programmierung der Mondfinsternisse, der Sichtbarkeiten und heliakischen Ereignisse der Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn, sowie der Angabe eines Ereignisses im babylonischen Kalender konnten realisiert werden.

Es wurde untersucht, nach welchem Koordinatensystem die babylonischen Positionswinkel bei Finsternisberichten gemessen wurden, die angeben, von welcher Seite her die Verfinsterung des Himmelskörpers eintrat und in welche Richtung der Schatten verschwand. Diese Positionswinkel können bei der Identifikation eines überlieferten Finsternisberichts hilfreich sein. Neugebauer & Hiller und Huber & de Meis hatten auf der Basis eines deutlich weniger umfangreichen Datenmaterials den Schluss gezogen, dass die Positionswinkel in einem äquatorialen Koordinatensystem gemessen wurden, allerdings mit grossen Unsicherheiten. In meiner Untersuchung der Positionswinkel habe ich horizontale, äquatorale und ekliptikale Koordinaten berücksichtigt. Es existieren Berichte über 74 neubabylonische Mondfinsternisse und 14 Sonnenfinsternisse aus der Zeit zwischen 702 und 10 v. Chr., die Angaben zu beobachteten Positionswinkeln enthalten. Davon sind 55 Mond- und 8 Sonnenfinsternisse datiert, d.h. das babylonische Datum ist entweder direkt im Text über die Finsternisbeobachtung enthalten, oder aber aus dem Zusammenhang der Tafel, die oftmals weitere Beobachtungen enthält, eindeutig erschliessbar. Die Übereinstimmung der berechneten mit den beobachteten Positionswinkeln ist merklich schlechter bei der Gruppe der undatierten Finsternisse, was dafür spricht, dass der eine oder andere Bericht falsch datiert wurde. Jedoch konnte ich für keine einzige der undatierten Finsternisse eine besser passende zeitliche Einordnung finden, die weniger Diskrepanzen zwischen dem Text und den Berechnungen liefern würde. Für die unterschiedlichen Koordinatensysteme ergaben sich bei den Mondfinsternissen die folgenden Übereinstimmungsquoten mit den Berechnungen:

	Datierte Berichte	Undatierte Berichte
Horizontalsystem	35%	26%
Äquatorialsystem	76%	43%
Ekliptiksystem	77%	56%

Die Übereinstimmungsrate bei den Positionswinkeln der Sonnenfinsternisse betrug maximal 50% (Ekliptiksystem). In den beiden anderen Koordinatensystemen war die Übereinstimmungsrate für die Sonnenfinsternisse noch deutlich geringer. Es konnte eine Beobachtungsmethode vorgeschlagen werden, mit deren Hilfe ekliptikale Positionswinkel bei Mondfinsternissen theoretisch bestimmt werden konnten: die charakteristischen Landschaften auf der Mondoberfläche wie Krater und Maria ermöglichen es, bei einem im Meridian stehenden Mond die Kardinalrichtungen Nord, Süd, Ost und West auf einfache Weise zu bestimmen. Die beiden Krater Kepler und Copernicus sowie die Zentralregion des Mare Tranquillitatis definieren die Ost-West-Richtung, während der Zentralteil des Mare Frigoris die Nordrichtung anzeigt. Steht der Mond nicht im Meridian, können diese Charakteristika der Mondoberfläche dazu benutzt werden, um den wahren Nordpunkt der Mondscheibe abzuschätzen. Die einzige Voraussetzung für das Funktionieren dieser Methode ist, dass der Zusammenhang zwischen den Merkmalen auf der

Mondoberfläche und den Richtungen erkannt worden war. Aufgrund der besseren Übereinstimmungsrate bei den Sonnenfinsternissen, der besseren Übereinstimmungsrate bei den undatierten Mondfinsternissen und der aus Sicht der Beobachtung theoretisch einfacheren Methode der Bestimmung, lässt sich der Schluss ziehen, dass die Positionswinkel in einem vereinfachten ekliptikalen Koordinatensystem gemessen wurden. Bei diesem Koordinatensystem handelte es sich noch nicht um ein konsistentes sphärisches Koordinatensystem mit dem gleichen Nullpunkt für die Messung der beiden Koordinaten, sondern um eine Vorstufe eines solchen Systems. Diese Resultate erschienen im „Journal for the History of Astronomy“.

Die Untersuchung der Positionswinkel war ein Teilbeitrag zur Überprüfung der verwendeten ΔT -Werte. Die Bestimmung einer realistischen Unsicherheit des ΔT -Wertes in der zweiten Hälfte des 1. Jahrtausends v. Chr. ist von entscheidender Bedeutung für alle astronomisch-chronologischen Berechnungen, die in der Folge für das 2. und das Ende des 3. Jahrtausend v. Chr. angestellt werden, da eine grössere Unsicherheit des ΔT -Wertes von 5 Minuten 300 v. Chr. eine grössere Unsicherheit von ca. einer halben Stunde 2000 v. Chr. zur Folge hat. Es stellte sich heraus, dass der verwendete ΔT -Wert in der Berechnung kaum Auswirkungen auf die Positionswinkel hat bei den Finsternissen in neubabylonischer Zeit. Deswegen wurden in der Folge vor allem die angegebenen Zeiten und die angegebenen Magnituden untersucht, die sehr empfindlich auf die ΔT -Werte reagieren. Dabei zeigte sich, dass die ΔT -Werte bei denjenigen datierten Finsternissen hervorragend passen, die von Stephenson als zuverlässig datiert eingeschätzt und somit als verlässliche Ankerpunkte für seine Ableitung der ΔT -Werte verwendet wurden. Bei ca. 35% der datierten und ca. 50% der undatierten Finsternisse können Teile der überlieferten beobachteten Angaben wie Beginn- und Endzeiten, Zeitpunkt der maximalen Bedeckung, Magnitude der Finsternis, Gesamtdauer und Dauer der einzelnen Phasen einer Finsternis jedoch nur sehr schlecht bzw. ungenügend reproduziert werden. Es wurden alle Keilschrifttafeln überprüft und versucht, für schlecht erklärable Beobachtungen alternative Datierungen zu finden. In keinem einzigen Fall wurde eine bessere Datierung vorgeschlagen, bei der weniger Diskrepanzen zwischen dem Text und den Rechnungen geblieben wären. Eine Finsternis kann dann sicher datiert werden, wenn der Bericht Angaben enthält über während der Bedeckung sichtbare bzw. unsichtbare Planeten sowie eine Angabe darüber, in der Nähe welches babylonischen Normalsterns das Ereignis stattfand. Berichtete Zeiten und Magnituden stimmen mitunter nicht gut mit den Berechnungen überein, wobei sich systematische Tendenzen zeigen. Für Mondfinsternisse gelten in etwa die folgenden Richtwerte:

Ereignis	Beobachtungen im Vergleich zu Berechnungen
Im Vergleich zur Gesamtdauer:	
Beginn	+6 ± 4 Minuten
Totalität	-3 ± 5 Minuten
Ende	+13 ± 4 Minuten
Messung kurzer Zeitintervalle	ca. 12 Minuten
Messung langer Zeitintervalle	ca. 15% der gemessenen Zeit
Magnitude	Je kleiner die Magnitude, desto grösser die Abweichung.

Die partiellen Phasen werden verlängert, die totalen verkürzt im Vergleich zu den Berechnungen. Messungen kurzer Zeitintervalle treten vor allem knapp nach Sonnenuntergang bzw. kurz vor Sonnenaufgang auf. Die Messungenauigkeiten langer Zeitintervalle, etwa wenn eine Mondfinsternis gegen Mitternacht beginnt, sind durch die Ungenauigkeiten der babylonischen Zeitmessinstrumente bedingt. Man nimmt an, dass zur Zeitmessung Wasseruhren in Gebrauch waren. Für Sonnenfinsternisse lässt sich kein so einheitliches Bild erstellen. Hier ist wichtig, dass die kleinste beobachtete Sonnenfinsternis eine Magnitude von 0.17 hat. Vier Finsternisse mit geringeren Magnituden wurden zwar beobachtet, aber nicht gesehen. Angegebene Gesamtdauern sind um etwa 12 Minuten verkürzt im Vergleich zu den Berechnungen. Diese ungefähren Richtwerte müssen bei Identifikationen von Finsternissen berücksichtigt werden. Vor allem bei der Messung langer Zeitintervalle können Abweichungen der Beginnzeiten von mehr als einer Stunde vorkommen.

Es wurden sodann Testrechnungen durchgeführt, um für jede Finsternis diejenigen ΔT -Werte zu eruieren, die nötig wären, um die auf der Tafel angegebenen Beobachtungsgrößen gut zu reproduzieren. Dabei haben sich keinerlei systematische Tendenzen finden lassen, die eine Abänderung der bereits verwendeten ΔT -Werte gerechtfertigt hätten. Vielmehr muss man beim Versuch der Identifikation einer Finsternis die systematischen Tendenzen bei der Zeitbestimmung der Babylonier bzw. der Angabe der Grösse der Bedeckung berücksichtigen.

Mit dem Wissen um die Möglichkeiten und Grenzen der überlieferten Beobachtungsdaten aus dem 1. Jahrtausend v. Chr. konnte noch im März 2012 mit der Bearbeitung der Chronologie Ägyptens und des Nahen Ostens der zweiten Hälfte des 2. Jahrtausends v. Chr. begonnen werden. Hier gilt es das Ägyptische Neue Reich, das mittellassyrische Reich, die babylonische Kassitenzeit und das hethitische Grossreich zu synchronisieren und absolut zu datieren. Jede dieser vier Regionalchronologien ist mit eigenen Problemen behaftet:

- 1) In Ägypten müssen viele der ohnehin nur in geringer Anzahl vorhandenen Monddaten aus Texten erschlossen werden, die dadurch verschiedene Interpretationen des Datums zulassen. Es ist nur ein einziges Datum bekannt, bei dem im Text explizit gesagt wird, dass es sich um einen ersten Montag handelt. Zudem sind für drei bis 4 Pharaonen die Regierungslängen nicht gut bekannt. Aus den Monddaten nach und vor diesen Königen lässt sich ableiten, dass die Gesamtdauer ihrer Regierungen entweder 17, 28, 42, 53 oder 78 betragen muss. Eine Dauer von 42 Jahren erscheint von den Monddaten her am wahrscheinlichsten.
- 2) In Assyrien weiss man dank der assyrischen Eponymen- und Königsliste sehr gut über die Regierungslängen der Könige Bescheid, jedoch wird im 12. Jh. v. Chr. für zwei Herrscher der Term „ṭuppišu“ angegeben, von dem man nicht genau weiss, was er bedeutet. Normalerweise wird heute angenommen, dass dieser Term eine Regierungsdauer von weniger als einem Jahr bezeichnet. Um auch andere Interpretationen zuzulassen, behandle ich die früheren Könige als sogenannte schwimmende Sequenz, die über die überlieferten schriftlichen Synchronismen an verschiedene mögliche absolute Chronologien Ägyptens angepasst werden. Astronomische Daten sind aus Assyrien aus diesem Zeitraum nicht bekannt.
- 3) Die babylonische Chronologie der Kassitenzeit wurde ihrerseits aus Synchronismen mit der assyrischen und ägyptischen Standardchronologie erstellt, sodass eine Verwendung der babylonischen Chronologie zur Konstruktion der anderen beiden Chronologien zu Zirkelschlüssen führen würde. In dieser Phase der Geschichte kann die babylonische Chronologie nur eine Brückenfunktion haben, für Fälle wo die Korrespondenz zwischen einem assyrischen und babylonischen Herrscher und demselben babylonischen Herrscher mit einem ägyptischen Pharaos belegt ist, nicht aber eine Korrespondenz zwischen dem ägyptischen Pharaos und dem assyrischen König.
- 4) Aus dem Grossreich der Hethiter sind leider die Regierungslängen der Könige nur sehr ungenügend bekannt. Ein Datierungssystem nach Jahren eines Herrschers scheint es dort nicht gegeben zu haben. Die einzige derartige Zählung ist uns aus den Annalen des Muršili II bekannt. Dennoch könnten die Hethiter den entscheidenden Hinweis für die korrekte ägyptische Chronologie geben: aus dem 9. oder 10. Jahr des Muršili II ist ein Omen der Sonne überliefert, das furchtbare Auswirkungen auf den Herrscher haben sollte. Die einzigen bekannten Ereignisse welche als Ursache die Sonne und Auswirkungen auf den Herrscher haben, sind Sonnenfinsternisse. Demnach wird diese Textstelle auch meist als Sonnenfinsternis interpretiert.

Die geplante Chronologie des Ägyptischen Neuen Reiches konnte erfolgreich abgeschlossen werden. Es wurden alle verfügbaren ägyptischen Monddaten aus der Zeit des Neuen Reiches und die direkten Synchronismen zwischen Ägypten, Assyrien, Babylonien, der Levante und dem Hethiterreich untersucht. Zwei mögliche absolute Chronologien resultieren aus dieser Untersuchung:

- 1) Eine Niedrige Chronologie mit Jahr 1 von Ramses II im Jahr 1279 v. Chr. und einem Jahr 1 von Ahmose, dem ersten Pharaos der 18. Dynastie, im Jahr 1539 v. Chr. Diese Chronologie entspricht der Standardchronologie für die Pharaonen nach Horemheb, die Jahresdaten vor Horemheb sind um ca. 10 Jahre niedriger als in der Standardchronologie. Diese Chronologieoption ist kompatibel mit einer Niedrigen Assyrischen Chronologie.
- 2) Eine Hohe Chronologie mit Jahr 1 von Ramses II im Jahr 1304 v. Chr. und einem Jahr 1 von Ahmose, dem ersten Pharaos der 18. Dynastie, im Jahr 1564 v. Chr. Im Vergleich zur Standardchronologie sind die Jahresdaten für die Pharaonen nach Horemheb um 25 Jahre erhöht, die Jahresdaten vor Horemheb um ca. 15 Jahre. Diese Chronologieoption ist kompatibel mit einer Hohen Assyrischen Chronologie.

Es konnte gezeigt werden, dass die Monddaten eine kurze Regierungsdauer von 14 Jahren für Horemheb stützen, was in Übereinstimmung mit der im Jahr 2007 publizierten archäologischen Evidenz aus dem Grab dieses Pharaos ist. Die zuletzt ins Spiel gebrachte hohe Chronologie mit einem Jahr 1 von Ramses II im Jahr 1315 v. Chr. hingegen konnte ausgeschlossen werden, da die direkten Synchronismen zum Teil nicht mehr erfüllt wären. Das Akzeptieren einer verkürzten Regierungszeit von Horemheb um 13 Jahren im Vergleich zur Standardchronologie führt dazu, dass – je nachdem welche der beiden möglichen Chronologien man favorisiert – entweder die Zweite oder die Dritte Zwischenzeit länger dauerte als bisher angenommen. Eine definitive Entscheidung, welche der beiden möglichen absoluten Chronologien die richtige ist, konnte vorerst nicht getroffen werden. Die Monddaten werden von beiden Chronologieoptionen gleich gut beschrieben. Ein vermeintliches Siriusdatum aus Theben lässt sich nur mit der höheren Chronologieoption vereinbaren. Da jedoch die Lesung des Datums bzw. dessen Interpretation unsicher ist, kann es nicht als entscheidendes Kriterium verwendet werden.

Neben den Untersuchungen der Chronologie des Ägyptischen Neuen Reiches und des Alteren Orients wurde die Arbeit um die Möglichkeiten und Grenzen der überlieferten babylonischen Beobachtungsdaten aus dem 1. Jahrtausend v. Chr. fortgesetzt. Bei den babylonischen Beobachtungen und Berechnungen zeigt sich, dass einige Mondsicheln gesehen wurden bzw. anhand von Rechnungen als potentiell sichtbar eingestuft wurden, die merklich unter der Grenzlinie heutiger gebräuchlicher Sichtbarkeitskriterien liegen. Aus der Analyse der berechneten ersten und letzten Sichtbarkeiten der Mondsichel in Babylon lassen sich jedoch Aufschlüsse über das von den Babyloniern angewandte theoretische Sichtungskriterium gewinnen.