

RITA GAUTSCHY

Der Stern Sirius im Alten Ägypten¹

Einleitung

Die Verwendung überlieferter astronomischer Monddaten aus dem Alten Ägypten als Hilfsmittel zur Erstellung einer absoluten Chronologie ist in den letzten Jahren ganz prinzipiell in Frage gestellt worden. Die Vorbehalte gegenüber überlieferten Siriusdaten für diese Zwecke wurden hingegen eher vorsichtig geäußert². Während die Problematik der Berechnung heliakischer Frühaufgänge und heliakischer Spätuntergänge des Sirius für weit zurückliegende Zeiten ausführlich diskutiert wurde, hat man die viel größeren Unsicherheiten, die sich dadurch ergeben, dass es sich um eine in sehr starkem Maße von den lokalen Wetterverhältnissen abhängige Beobachtung handelt, vernachlässigt³. Dabei zeigen schon Borchardts Bemühungen aus den Jahren 1924–1926 eindrücklich die Probleme einer Beobachtung am Morgenhimmel in der Dämmerung in Ägypten in der Umgebung von Kairo⁴.

Im Alten Ägypten waren ein Sonnen- und ein Mondkalender in Gebrauch. Der heliakische Frühaufgang des Sirius diente ursprünglich zur Korrelation von Sonnenjahr und dem bürgerlichen Jahr. Das bürgerliche ägyptische Jahr bestand aus 12 Monaten à 30 Tagen und 5 sogenannten Epagomenen, war somit insgesamt 365 Tage lang. Das astronomische Sonnenjahr ist im Vergleich dazu um etwa einen Vierteltag länger. Das bedeutet, dass sich das Sonnenjahr und das bürgerliche Jahr um ca. einen Tag pro vier Jahre gegeneinander verschoben. Dadurch wanderte auch der heliakische Frühaufgang des Sirius im bürgerlichen Kalender alle vier Jahre um einen Tag weiter. Die Zeitspanne, in der der Frühaufgang des Sirius auf den gleichen ägyptischen Kalendertag fällt, bezeichnet man als *Tetraëteris* oder *Quadrennium*. Ein Zusammenfall von bürgerlichem und astronomischem Neujahr wurde von den griechischen Schreibern *Apokatastasis* genannt, und die Zeitdauer von einer Apokatastasis zu nächsten als *Sothisperiode* bezeichnet.

¹ Dieser Beitrag entstand im Rahmen eines Marie-Heim-Vögtlin-Stipendiums des Schweizerischen Nationalfonds. Ich danke Susanne Bickel, Alfred Gautschy, Kurt Locher und Rainer Nutz, die das Manuskript vorab gelesen und mit nützlichen Kommentaren verbessert haben.

² Siehe zuletzt T. Schneider, Das Ende der kurzen Chronologie: Eine kritische Bilanz der Debatte zur absoluten Datierung des Mittleren Reiches und der Zweiten Zwischenzeit, *Ä&L* 18, 2008, 287.

³ Als heliakischen Frühaufgang des Sirius bezeichnet man das erste Sichtbarwerden des Sirius in der Morgendämmerung kurz vor Sonnenaufgang nach einer längeren Dauer der Unsichtbarkeit. Mit heliakischem Spätuntergang ist analog dazu die letzte Sichtbarkeit des Sirius in der Abenddämmerung kurz nach Sonnenuntergang gemeint.

⁴ L. Borchardt & P. V. Neugebauer, Beobachtung des Frühaufgangs des Sirius in Ägypten, *OLZ* 29 Nr. 5, 1926, 309–316 und L. Borchardt & P. V. Neugebauer, Beobachtungen des Frühaufgangs des Sirius in Ägypten im Jahre 1926, *OLZ* 30 Nr. 6, 1927, 441–448.

Sothisperiode

Censorinus und andere frühe Autoren berichten, dass Sirius wegen der unterschiedlichen Länge von bürgerlichem und astronomischem Sonnenjahr im bürgerlichen Kalender alle vier Jahre einen Tag nach hinten wandert, und nach einem sogenannten Sothiszyklus von 1460 Jahren wieder am Neujahrstag, I Achet 1, seinen heliakischen Frühaufgang hat⁵. Zusätzlich liefert uns Censorinus die Information, dass im Jahr der Abfassung seiner Schrift der erste Tag des ägyptischen Jahres auf den 25. Juni fiel, während

⁵ K. G. Sallmann (Hrsg.), Censorinus. Betrachtungen zum Tag der Geburt, Leipzig 1988, 18.10.

100 Jahre davor dieser Tag auf den 21. Juli fiel, was der normale Aufgangstag des Sirius in Ägypten sei.⁶ In der Vergangenheit wurden viele Versuche unternommen, das erste Jahr einer Sothisperiode zu bestimmen und damit eventuell auch auf die Einführung des Kalenders schließen zu können. Die Länge einer Sothisperiode ist jedoch nicht konstant, sodass eine schematische Rückrechnung mit einer Verschiebung von einem Tag alle vier Jahre die Situation am Himmel nicht richtig beschreibt. Die tatsächliche Dauer einer Sothisperiode weicht jedoch nicht mehr als 9 Jahre von den angenommenen 1460 Jahren ab, sodass es nicht verwunderlich ist, dass kein einziger antiker Autor sogenannte *Trieteriden* (Dreijahreszyklen) erwähnt und mit Recht bezweifelt werden darf, dass dieser Unterschied in der Antike überhaupt jemals bemerkt wurde.

Sehungsbogen

Der Sehungsbogen bzw. *arcus visionis* eines Sterns ist die ohne Refraktion berechnete Höhendifferenz zwischen dem Stern und der Sonne, wenn der Stern im Horizont steht.⁷ Er ist

⁶ Ibidem, 21.10. Die Schrift des Censorinus lässt sich anhand der im Text gegebenen mehrfachen Datierungen eindeutig auf den Sommer 238 n. Chr. datieren. Der heliakische Frühaufgang des Sirius müsste demnach 139 n. Chr. mit dem bürgerlichen Neujahr in Ägypten zusammengefallen sein. Zum angegebenen Datum 21. Juli muss bemerkt werden, dass schon frühe Chronologen wie Scaliger und Petavius es auf den 20. Juli emendiert haben, da Censorinus behauptet, dass 100 Jahre vergangen sein sollen und daher $100:4 = 25$ Tage von diesem Datum subtrahiert werden müssen, um im Jahr 238 n. Chr. den 25. Juni zu erhalten. Da man weiß, dass die Angabe I Achet 1 = 25. Juni 238 n. Chr. richtig ist, muss man entweder das Datum emendieren, oder aber annehmen, dass die Angabe von 100 Jahren nicht richtig ist, um Übereinstimmung zwischen den beiden gegebenen Daten zu erhalten.

⁷ Die astronomische Refraktion ist definiert als der Winkel, um den sich der tatsächliche Höhenwinkel eines Sterns vom beobachtbaren scheinbaren Höhenwinkel unterscheidet. Ursache der Refraktion ist die Brechung der Lichtstrahlen von Sternen beim Eindringen in die Erdatmosphäre. Die Refraktion ist am größten im Horizont und sie bewirkt, dass ein Stern um

somit eine Größe, die aus einer Beobachtung errechnet werden kann, und die sowohl von der Helligkeit als auch vom Winkelabstand der Aufgangspunkte des Sterns und der Sonne abhängt. Sirius ist der hellste Stern am gesamten Sternenhimmel. Der Winkelabstand zwischen scheinbarer Sonnenbahn und Sirius hat sich im Laufe der Zeit verkleinert. Das bedeutet, dass Sirius früher theoretisch bei einem noch kleineren Sehungsbogen hätte sichtbar werden müssen als heute.⁸

Sirius und seine Erscheinungen im Jahreslauf

Sirius ist im Verlaufe eines Jahres zu unterschiedlichen Zeiten am Nachthimmel sichtbar. In Abbildung 1 sind die unterschiedlichen Erscheinungen des Sirius in Memphis für das Jahr des Kanopusdekrets (239 v. Chr.) bei einem angenommenen Sehungsbogen von 10° und einer scheinbaren Höhe des Sirius von 3° aufgezeichnet.⁹ An der Seite stehen die Tagesstunden, wobei 0^h für Mitternacht steht, auf der horizontalen Achse sind die Monate bzw. Tage aufgeführt.

Die untere Kurve beschreibt die Zeiten des Sonnenuntergangs, die obere diejenigen des Sonnenaufgangs. Die grau hinterlegte Zone zwischen diesen beiden Kurven gibt somit die Nachtzeit an.¹⁰ Die drei gestrichelten Linien stellen die Zeitpunkte für den Siriusaufgang, die Siriuskulmination und den Siriusuntergang für jeden Tag eines Jahres dar. Nun sind auf diesen

einen (prinzipiell berechenbaren) Betrag höher am Himmel steht als es tatsächlich der Fall ist. So kann z. B. der obere Teil der Sonnenscheibe noch gesehen werden, obwohl die Sonne schon untergegangen ist. Die Refraktion ist abhängig vom Luftdruck, von der Temperatur und von der Luftfeuchtigkeit.

⁸ Dies hat schon M. F. Ingham, *The Length of the Sothic Cycle*, JEA 55, 1969, 39 festgestellt.

⁹ Ptolemaios bezeichnet diese Erscheinungen, von denen es insgesamt 8 gibt, als *Phaseis*.

¹⁰ Diese Abbildung wurde in Analogie zu Abb. 16 in P. V. Neugebauer, *Astronomische Chronologie*, Berlin 1929, 151 erstellt, der sie für 50° geographischer Breite und „Jetztzeit“ gemacht hatte.

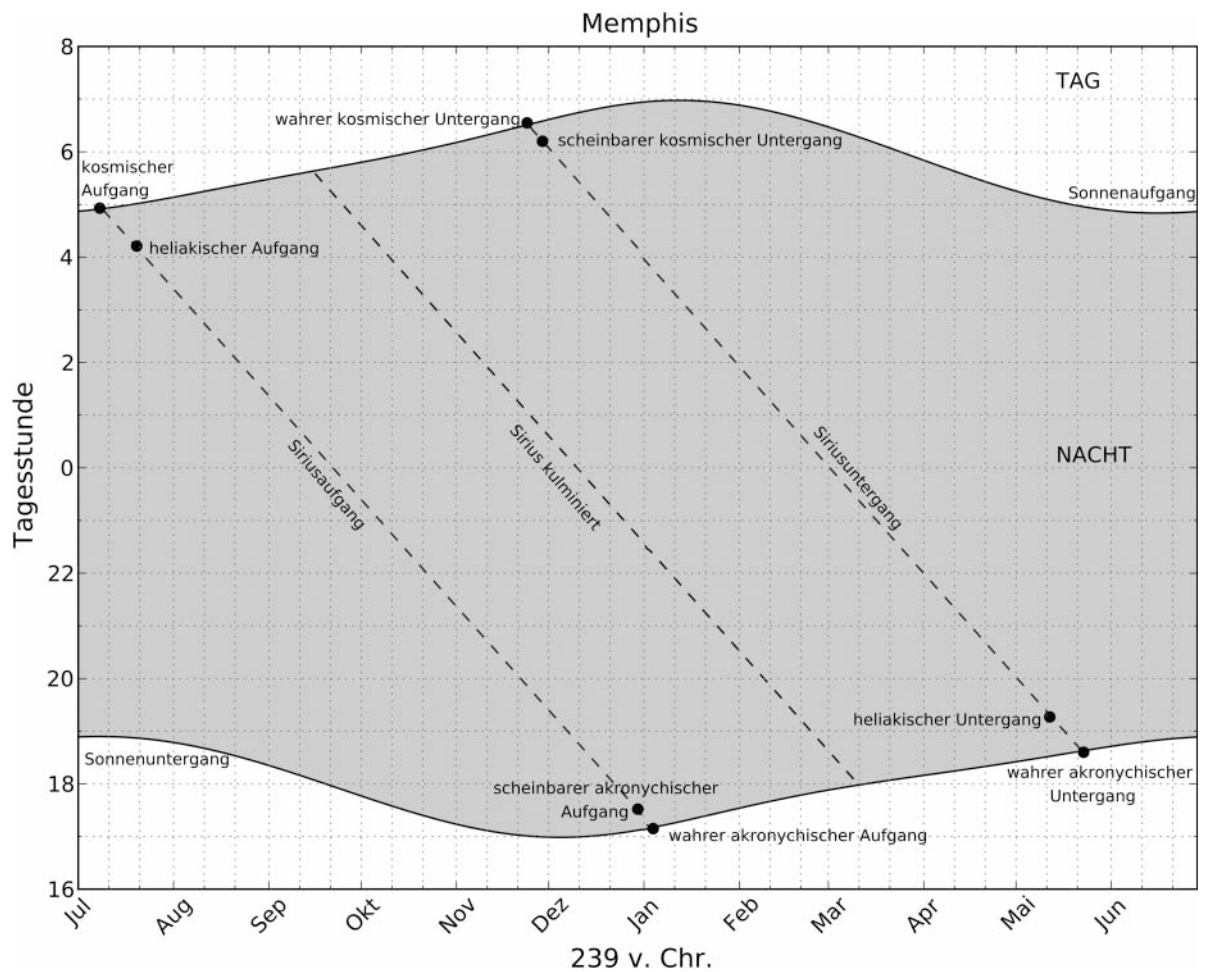


Abb. 1: Verlauf der Siriuserscheinungen im Jahr 239 v. Chr. für Memphis, gerechnet für einen Sehungsbogen von 10° und einer scheinbaren Höhe des Sirius von 3° .

Linien acht Punkte speziell gekennzeichnet, die Ptolemaios als *Phaseis* bezeichnet hat und für die man in der antiken Literatur Datumsangaben findet. Die Reihe der Erscheinungen beginnt mit dem kosmischen Aufgang des Sirius am 7. Juli. An diesem Tag geht Sirius gleichzeitig mit der Sonne auf, er bleibt aber vorläufig noch unsichtbar. Erst am 19. Juli geht er so viel früher auf als die Sonne, dass er in der Morgendämmerung erstmals sichtbar wird; diesen Zeitpunkt nennt man den heliakischen Frühaufgang. Sirius entfernt sich immer weiter von der Sonne und ist zunächst in den letzten Nachtstunden im Osten sichtbar. Am 23. November geht Sirius beim Aufgang der Sonne unter. Dies nennt man den wahren kosmischen Untergang, der aber nicht direkt beobachtet werden kann. Wenige Tage später, am 28. November, kann der so-

nannte scheinbare kosmische Untergang in der Morgendämmerung gesehen werden. Am 9./10. Dezember steht Sirius um Mitternacht im Meridian. Damit beginnt der zweite Teil seiner Sichtbarkeitsperiode. Er geht immer früher am Abend auf; der scheinbare akronychische Aufgang – sein letzter sichtbarer Aufgang in der Abenddämmerung – erfolgt am 29. Dezember. Am 3. Januar geht er genau bei Sonnenuntergang auf, was als wahrer akronychischer Aufgang bezeichnet wird. Im Mai ist Sirius nur mehr in der Abenddämmerung sichtbar; am 12. Mai findet der letzte sichtbare Untergang statt (heliakischer Spätuntergang), womit seine Sichtbarkeitsperiode abschließt. Am 23. Mai geht er gleichzeitig mit der Sonne unter, was aber nicht direkt beobachtet werden kann. Vom 12. Mai bis zum 19. Juli bleibt Sirius unsichtbar.

Berechnungen

Die Berechnung heliakischer Frühaufgänge und heliakischer Spätuntergänge des Sirius für weit zurückliegende Zeiten ist mit gewissen Unsicherheiten belastet:

1. Sirius ist ein sonnennaher Stern mit relativ großer Eigenbewegung¹¹. Bei den Rechnungen muss die Eigenbewegung berücksichtigt werden.
2. Der Sehungsbogen ist nur schwer zu erschließen und nicht konstant. Berechnungen sollten daher für unterschiedliche Sehungsbögen durchgeführt werden.
3. Die Erdrotation verlangsamt sich im Laufe der Zeit. Der resultierende Zeitunterschied, ΔT genannt, der sich auf ca. 12 Stunden im Jahr 2000 v. Chr. aufsummiert, und die Unsicherheit desselben (2000 v. Chr. etwa 2 Stunden), muss in die Berechnungen eingehen.

Ich habe die heliakischen Frühaufgänge und die heliakischen Spätuntergänge des Sirius im Zeitraum zwischen 3000 v. Chr. und 2000 n. Chr. berechnet, wobei systematisch alle Parameter innerhalb der Fehlergrenzen variiert wurden, um die Einflüsse der unterschiedlichen Parameter auf die Resultate zu untersuchen. Für die Berechnung der Siriusposition zu den unterschiedlichen Zeiten wurden die Koordinaten aus dem Jahr 2000 verwendet¹². Präzession und Nutation, die Änderung der Schiefe der Ekliptik im Laufe der Zeit und die Eigenbewegung des Sirius sind berücksichtigt¹³. Für die Berechnung der

Sonnenposition wurden zwei verschiedene Ephemeriden getestet. Einmal die DE406-Langzeit Ephemeriden des Jet Propulsion Laboratory (JPL), welche es erlauben, die Positionen der Sonne und aller Planeten zwischen 3001 v. Chr. und 3000 n. Chr. zu berechnen¹⁴. Für einen Vergleich wurden die Sonnenkoordinaten auch mit der VSOP2000-Theorie berechnet¹⁵. Aufgrund der wesentlich längeren Computerrechenzeit bei Verwendung der VSOP2000-Ephemeriden und der Tatsache, dass in 5000 Jahren nur eine Abweichung um einen Tag auftrat, wurden die systematischen Rechnungen mit den JPL Sonnenephemeriden durchgeführt¹⁶. Es sei betont, dass diese Rechnungen völlig unabhängig von irgendwelchen Annahmen sind, in welchem Jahr der heliakische Frühaufgang des Sirius mit I Achet 1 des ägyptischen bürgerlichen Kalenders zusammengefallen ist. Für eine Umrechnung des errechneten Datums im julianischen/gregorianischen Kalender in ein ägyptisches Kalenderdatum wird nur ein einziges überliefertes Doppeldatum benötigt¹⁷. Für die Berechnung von ΔT

¹¹ Als Eigenbewegung werden die Koordinatenänderungen pro Zeiteinheit bezeichnet, die durch eine räumliche Bewegung der Gestirne relativ zur Sonne verursacht werden. Diese Bewegung verursacht eine Verlagerung der Projektion der Gestirne an die Himmelskugel. Die Eigenbewegung eines Sterns gibt nur Auskunft über die von der Erde messbare Bewegung. Nicht darin enthalten ist die Bewegung, die der Stern eventuell im Raum von uns weg oder zu uns hin vollführt. Bei Sirius macht die Änderung der Koordinaten aufgrund seiner Eigenbewegung über 4000 Jahre hinweg fast drei Vollmonddurchmesser aus.

¹² M. A. C. Perryman et al., *The Hipparcos Catalogue*, *Astronomy & Astrophysics* 323, 1997, L49–52.

¹³ Da die Erde keine Kugel, sondern leicht abgeplattet ist, ist ihr Durchmesser am Äquator etwas größer als der Poldurchmesser. Mond und Sonne sowie die Planeten wirken auf diesen sogenannten Äquatorwulst der Erde. In Summe ergibt sich ein Drehmoment, das versucht, die Erdachse aufzurichten und die Schiefe der

Ekliptik zu verkleinern. Die Erdachse weicht jedoch wie ein Kreisel senkrecht aus und überstreicht so im Laufe der Zeit einen Kegelmantel. Diese sogenannte Präzession bewirkt eine rückwärtige Bewegung des Nullpunktes für das ekliptikale Koordinatensystem in der Ekliptik. Dadurch ändern sich die Koordinaten eines Sterns. Die Nutation wird vom Mond verursacht. Sie hat dieselbe Ursache wie die Präzession und ist eine sehr kleine, wellenförmig überlagerte Bewegung.

¹⁴ E. M. Standish, *JPL Planetary and Lunar Ephemerides, DE405/LE405*, Jet Propulsion Laboratory Interoffice Memorandum 312.F, 1998.

¹⁵ X. Moisson & P. Bretagnon, *Analytical Planetary Solution VSOP2000*, *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy* 80, 2001, 205–213. Ich danke Gérard Francou vom Observatoire de Paris herzlich, dass er mir die Daten und Computerprogramme der VSOP2000-Theorie zur Verfügung gestellt und Fragen immer umgehend beantwortet hat.

¹⁶ Details über die Berechnungen, die unterschiedlichen Ephemeridenversionen und die Fehlergrenzen der Parameter können unter <http://www.gautschy.ch/~rita/archast/sirius/ephemeriden.html> eingesehen werden.

¹⁷ Dafür lässt sich z. B. die Angabe des Censorinus verwenden, dass im Jahr 238 n. Chr. I Achet 1 auf den 25. Juni gefallen ist.

habe ich die Formeln von Espenak verwendet, für die Abschätzung der Unsicherheit dieser Werte die Formel von Huber¹⁸.

Jahr	ΔT	Unsicherheit (ΔT)
-3000	20 ^h 31 ^m	$\pm 2^h 30^m$
-2500	16 ^h 30 ^m	$\pm 1^h 42^m$
-2000	12 ^h 54 ^m	$\pm 1^h 02^m$
-1500	9 ^h 44 ^m	$\pm 32^m$
-1000	7 ^h 01 ^m	$\pm 11^m$
-500	4 ^h 45 ^m	$\pm 7^m$
0	2 ^h 55 ^m	$\pm 5^m$

Da der genaue Beobachtungsort in den meisten Fällen nicht bekannt ist, wurden die heliakischen Auf- und Untergänge des Sirius für Memphis, Theben und Elephantine berechnet und der Sehungsbogen jeweils zwischen 8° und 11° variiert.

Die Ergebnisse dieser Arbeit, welche die Theorie eines fixen Sehungsbogens zur Berechnung der heliakischen Frühauf- bzw. Spätuntergänge verwendet, lassen sich direkt vergleichen mit Arbeiten, welche mit der Extinktion des Sternlichts als Parameter operieren¹⁹. Schaefer hat kritisiert, dass die Theorie eines konstanten Sehungsbogens eine veraltete Berechnungsweise sei²⁰. Allerdings bringt seine Annahme eines konstanten Extinktionskoeffizienten von 0.35 Größenklassen pro Luftmasseneinheit keinerlei Verbesserung, denn dies ist nur eine andere

Formulierung, die der Annahme eines konstanten Sehungsbogens entspricht. Zudem liefert sein umfangreiches Modell einerseits im Endeffekt dasselbe Ergebnis – nämlich dass der Sehungsbogen etwa 11° betragen muss –, andererseits aber auch das unrealistische Ergebnis, dass Sirius beim heliakischen Frühaufgang 6° hoch stehen muss, um gesehen werden zu können²¹. Sämtliche Beobachtungen der Neuzeit, die im Folgenden noch diskutiert werden, widersprechen diesem Ergebnis. Die Annahme liegt nahe, dass in seinem Modell irgendein Parameter nicht optimal gewählt wurde.

Resultate

Die größte Auswirkung auf das Datum des heliakischen Frühauf- und Spätuntergangs des Sirius hat die Wahl des Beobachtungsortes. Bei der Verschiebung des Breitengrades um 0.8° nach Norden verschiebt sich der heliakische Frühaufgang des Sirius im Kalender um einen Tag nach hinten. Misst man der Angabe in ägyptischen Quellen über eine Unsichtbarkeit des Sirius von 70 Tagen eine gewisse Bedeutung zu, so müssen Elephantine und Theben als Bezugsorte sofort ausscheiden, da die Unsichtbarkeitsphase des Sirius dort schon bei einem Sehungsbogen von 11° und um 3000 v. Chr. 69 Tage und weniger beträgt²². Deswegen werde ich im Folgenden von Memphis bzw. Heliopolis als Bezugsort ausgehen.

Der Sehungsbogen des Sirius ist von nahezu ebenso großer Bedeutung wie die geographische Breite. Vergrößert man den Sehungsbogen um 1°, verschiebt sich der heliakische Frühaufgang des Sirius im Kalender um einen Tag nach hinten. Eine etwas kleinere, aber dennoch merkbare Auswirkung hat die angenommene Höhe des Sirius über dem Horizont. Typischerweise wird der Sehungsbogen ohne Refraktion so berechnet, dass der Stern auf einer Höhe von 0°, d. h. im

¹⁸ F. Espenak, Polynomial expressions for deltaT, <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEhelp/deltatpoly2004.html> und P. J. Huber, Modeling the Length of Day and Extrapolating the Rotation of the Earth, *Journal of Geodesy* 80, 2006, 283–303. Dabei wird berücksichtigt, dass diese ΔT -Werte für eine Gezeitenbeschleunigung des Mondes von -26.0 Bogensekunden/Jahrhundert berechnet sind und daher angepasst werden müssen.

¹⁹ T. de Jong, The Heliacal Rising of Sirius, in: E. Hornung, R. Krauss & D. A. Warburton (Hrsg.), *Ancient Egyptian Chronology*, Leiden 2006, 432–438 und B. E. Schaefer, The Heliacal Rise of Sirius and Ancient Egyptian Chronology, *Journal for the History of Astronomy* 31, 2000, 149–155.

²⁰ B. E. Schaefer, *Journal for the History of Astronomy* 31, 2000, 149.

²¹ Ibidem, 151.

²² C. Leitz, *Studien zur ägyptischen Astronomie* 2. Auflage, ÄA 49, Wiesbaden 1991, 31.51.

Horizont, steht und die Sonne 8° (bzw. 9° , 10° , 11°) unter dem Horizont steht²³. Tatsächlich ist es aber unmöglich, in Ägypten Sirius mit der Höhe 0° zu beobachten, dies aus mehreren Gründen:

- Die Extinktion des Sternlichts ist in Horizontnähe sehr hoch und stark abhängig von der Transparenz der Atmosphäre, d. h. von Wolken, Dunst, Staub oder Sand.
- Selten ist der Horizont wirklich eben ohne jegliche Hügel, Gebirge oder Dünen. So bewirkt z. B. eine Hügelkette von etwa 200 Metern Höhe in 20 km Entfernung eine Anhebung des Horizonts um fast 0.6° .

Ein realistischer Wert für eine erste Sichtbarkeit des Sirius ist eine scheinbare Höhe von 2° bis 3° über dem Horizont, wobei die Refraktion berücksichtigt werden sollte. Je nach angenommener Höhe für eine erste Sichtbarkeit des Sirius kann es zu einer weiteren Verschiebung von einem Tag kommen. So ergibt sich z. B. für den heliakischen Frühaufgang des Sirius in Memphis im Jahr 239 v. Chr. bei einem Sehungsbogen von 10° rein rechnerisch gesehen folgendes Bild:

- Steht Sirius scheinbar 3° hoch und die Sonne 7° unter dem Horizont, so erfolgt der heliakische Frühaufgang am 19.7. Die Refraktion beträgt 0.2° , d. h. die wahre Höhe des Sirius ist 2.8° .
- Steht Sirius scheinbar 2° hoch und die Sonne 8° unter dem Horizont, so erfolgt der heliakische Frühaufgang am 19.7. Die Refraktion beträgt 0.3° , d. h. die wahre Höhe des Sirius ist 1.7° .
- Steht Sirius scheinbar 0° hoch und die Sonne 10° unter dem Horizont, so erfolgt der heliakische Frühaufgang am 20.7. Die Refraktion beträgt 0.6° , d. h. die wahre Höhe des Sirius ist -0.6° .

Im Folgenden werde ich *immer* jenen Winkel zwischen Sonne und Stern als Sehungsbogen bezeichnen, bei dem der Stern *scheinbar* 2° oder 3° hoch und die Sonne 6° (bzw. 7° , 8° , 9°) unter dem Horizont steht. Dies widerspricht der klas-

sischen Definition des Sehungsbogens, gibt aber die tatsächlichen Bedingungen am Himmel wieder. Die in dieser Publikation angegebenen Sehungsbögen können einfach in „klassische“ Sehungsbögen umgerechnet werden, indem der Wert für die Refraktion davon abgezogen wird²⁴.

Die restlichen Parameterunsicherheiten sind vernachlässigbar: Der Einfluss der Unsicherheit der ΔT -Werte hat kaum Einfluss, nur etwa zweimal in 5000 Jahren verschiebt sich der heliakische Frühaufgang des Sirius um einen Tag²⁵. Dasselbe gilt für die Unsicherheit der Koordinaten des Sirius.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die geographische Breite und der Sehungsbogen sowie die angenommene Höhe des Sirius bei seinem Wiedererscheinen am Morgenhimmel die entscheidenden Faktoren dafür sind, wann der heliakische Frühaufgang beobachtet werden kann. Für die Länge der Sothiszyklen zwischen 3000 v. Chr. und 2000 n. Chr. ergibt sich für Memphis damit folgendes Bild²⁶:

²³ Diese klassische Definition des Sehungsbogens mit einer Sternhöhe von 0° rührt daher, dass sich die Berechnungsformeln und damit auch der Rechenaufwand in diesem Spezialfall beträchtlich vereinfachen, was in Zeiten vor der Verfügbarkeit von Computern sehr wichtig war.

²⁴ Bei einer Sternhöhe von 3° müssen 0.2° vom angegebenen Wert abgezogen werden und bei einer Sternhöhe von 2° sind es 0.3° .

²⁵ Diese Zahl variiert abhängig vom angenommenen Sehungsbogen und der scheinbaren Höhe des Sirius. Manchmal zeigen sich überhaupt keine Abweichungen, meistens sind es eine oder zwei, im Extremfall vier in 5000 Jahren.

²⁶ Negative Jahre sind astronomisch gezählt, d. h. mit einem Jahr 0, das historisch nicht existiert hat. -2766 bezeichnet daher das Jahr 2767 v. Chr.

Sehungsbogen	Scheinbare Höhe Sirius	Höhe Sonne	Dauer Sothiszyklus [Jahre]	Jahre
8°	2°	-6°	1456	-2763 bis -1307
			1454	-1307 bis 147
			1452	147 bis 1599
8°	3°	-5°	1456	-2763 bis -1307
			1454	-1307 bis 147
			1451	147 bis 1598
9°	2°	-7°	1456	-2768 bis -1312
			1454	-1312 bis 142
			1452	142 bis 1594
9°	3°	-6°	1456	-2768 bis -1312
			1454	-1312 bis 142
			1452	142 bis 1594
10°	2°	-8°	1456	-2773 bis -1317
			1455	-1317 bis 138
			1452	138 bis 1590
10°	3°	-7°	1456	-2773 bis -1317
			1455	-1317 bis 138
			1452	138 bis 1590
11°	2°	-9°	1456	-2778 bis -1322
			1455	-1322 bis 133
			1452	133 bis 1585
11°	3°	-8°	1456	-2778 bis -1322
			1455	-1322 bis 133
			1452	133 bis 1585

Die Differenz zwischen der Sothiszyklusdauer und 1460 Jahren ergibt die Anzahl der Trieteriden, die ein Weiterwandern des heliakischen Frühaufgangs des Sirius auf den nächsten Kalendarstag im ägyptischen Kalender nach nur 3 Jahren bewirken²⁶. D. h. für einen angenom-

menen Sehungsbogen von 10° mit einer scheinbaren Höhe des Sirius von 3° ergeben sich zwischen 138 n. Chr. und 1590 n. Chr. acht Trieteriden. Im gesamten Zeitraum zwischen 3000 v. Chr. und 1590 n. Chr. gibt es 17 Triete-

²⁶ L. E. Rose, *The Astronomical Evidence for Dating the End of the Middle Kingdom of Ancient Egypt to the Early Second Millennium: A Reassessment*, JNES 53, 1994, 237–261 hat versucht, die Verteilung der Trieteriden grob abzuschätzen. Offensichtlich hat sie nicht verstanden, dass Ingham, dessen Berechnungsweise sie kritisiert (Ibidem, S. 243), die wesentlich

bessere Methodik gewählt hatte. Gleiches gilt für die von ihr ebenfalls kritisierten Berechnungen der Monddaten von Illahun durch Krauss und Luft, denen sie beiden unterstellt, falsch gerechnet zu haben (Ibidem, S. 256–261). Tatsache ist jedoch, dass sie ihre eigenen Berechnungen mit veralteten Tabellen durchgeführt hatte, während die anderen Autoren richtigerweise die damals aktuellsten Monddaten verwendeten.

riden und die Anfangsjahre liegen für dieses theoretische Beispiel in den Jahren –2529, –2106, –1727, –1376, –1061, –766, –503, –260, –17, 194, 401, 600, 783, 958, 1133, 1296 und 1455²⁷. Für dieselbe Parameterkombination fällt der heliakische Frühaufgang des Sirius in Memphis in jeder Tetraëteris auf folgende Tage im Juli:

ab dem Jahr	Datum
–2526	18/17/17/17
–2103	18/18/17/17
–1724	18/18/18/17
	18/18/18/18
–1373	19/18/18/18
–1058	19/19/18/18
–763	19/19/19/18
–500	19/19/19/19
–257	20/19/19/19
–14	20/20/19/19
197	20/20/20/19
404	20/20/20/20
603	21/20/20/20
786	21/21/20/20
961	21/21/21/20
1136	21/21/21/21
1299	22/21/21/21
1458	22/22/21/21

Vom Beginn der Rechnungen im Jahr 3000 v. Chr. an bis zum Jahr 2527 v. Chr. erfolgte der heliakische Frühaufgang des Sirius im ersten Jahr der Tetraëteris jeweils am 18. Juli und in den folgenden drei Jahren am 17. Juli, von 1725 v. Chr. bis 1374 v. Chr. immer am 18. Juli, usw.

Die Triëteriden, die eine endgültige Weiterwanderung des heliakischen Frühaufgangs auf ein neues Datum bewirken, sind aber nicht die einzigen Triëteriden, die im Laufe der Jahre vorkommen können. Manchmal ereignet sich eine

Triëteris, der dann aber direkt oder sehr bald danach eine Penteteris folgt, d. h. dass der Frühaufgang dann für fünf Tage auf demselben ägyptischen Kalenderdatum bleibt. Dies kommt für die Standardparameterkombination (Sehungsbogen 10°, Sternhöhe 3°) z. B. beginnend im Jahr 2115 v. Chr. vor, wo für drei Jahre der heliakische Frühaufgang des Sirius auf II Peret 16 fällt und direkt im Anschluss daran ab 2112 v. Chr. für fünf Jahre auf den II Peret 17.

Vergleich mit überlieferten Siriusbeobachtungen

Aus dem Alten Ägypten sind mir insgesamt sechs überlieferte Siriusdaten bekannt, die prinzipiell für chronologische Zwecke benutzt werden können. Das vermutlich zuverlässigste dieser Daten ist die Angabe eines heliakischen Frühaufgangs aus der Ptolemäerzeit. Es ist im Dekret von Kanopus aus dem 9. Jahr des Ptolemaios III. Euergetes I. erwähnt. Demnach sollte im 10. Monat, am 1. Payni (entspricht II Shemu 1) ein Fest des Aufgangs der göttlichen Sothis gefeiert werden²⁸. Aus dieser Zeit kennen wir auch den Beobachtungs- bzw. Referenzort: Olympiodor berichtet, dass in griechisch-römischer Zeit der heliakische Frühaufgang in Memphis entscheidend war²⁹. Daher lässt sich diese Beobachtung für eine Ableitung des Sehungsbogens verwenden. Ein heliakischer Frühaufgang des Sirius in Memphis im Jahre 239 v. Chr. konnte nur dann am 19. Juli stattgefunden haben, wenn der Sehungsbogen 10° betrug.

²⁸ Das Datum II Shemu 1 im 9. Jahr Ptolemaios' III. Euergetes I. entspricht dem 19. Juli 239 v. Chr.

²⁹ Olympiodor, Aristot. Meteor. 25 I schreibt im 6. Jh. n. Chr.: καὶ ὅτι αὐτὴ (Μέμφις) ἔβασίλευσεν, δῆλον ἐκ τοῦ τοὺς Ἀλεξανδρεῖς τὴν τοῦ κυνὸς ἐπιτολὴν ἐπιτέλλειν, οὐχ ὅταν αὐτοῖς ὁ κύων, ἀλλ' ὅταν τοῖς Μεμφίταις ἐπιτέλλει. Das beweist, dass sie (Memphis) geherrscht hat, da die Alexandriner den Aufgang des Hundes nicht von dem Augenblick an zählen, wo er für sie aufgeht, sondern wann er für die Bewohner von Memphis aufgeht.

²⁷ Die Lage der Triëteriden ist vom Sehungsbogen und von der scheinbaren Höhe des Sirius abhängig. Die entsprechenden Werte für andere Parameterkombinationen aus Tabelle 2 können unter <http://www.gautschy.ch/~rita/archast/sirius/sirius.html> eingesehen werden.

Ein weiteres Datum eines heliakischen Frühaufgangs des Sirius ist das schon früher erwähnte Censorinus-Datum aus dem Jahr 139 n. Chr. Trotz aller Probleme und Einwände, die im Laufe der Zeit dagegen vorgebracht wurden, handelt es sich dabei um das zweitzuverlässigste verfügbare Siriusdatum³⁰. Censorinus schreibt, dass 100 Jahre vor der Abfassung seines Büchleins der heliakische Frühaufgang des Sirius mit dem bürgerlichen Neujahrstag in Ägypten, dem 1. Thoth (entspricht I Achet 1), zusammengefallen ist³¹. Um für Memphis im Jahr 139 n. Chr. einen heliakischen Frühaufgang am 21. Juli zu erhalten, ist ein Sehungsbogen zwischen 10° und 11° notwendig.

Ein Tempeltagebuchfragment aus dem 7. Jahr des Sesostri III., das in Illahun gefunden wurde, enthält eine Vorhersage eines heliakischen Frühaufgangs des Sirius³². Der Eintrag in das Tempeltagebuch erfolgte an III Peret 25, was vermutlich der Ankunftstag des Briefes in Illahun war. Der heliakische Aufgang selbst wird für den IIII Peret 16 vorhergesagt. Im weiteren hat sich vom selben Tempeltagebuch aus dem Jahr 7 noch ein kleines Fragment erhalten, auf dem der Eingang der Festgaben für das Fest des heliakischen Aufgangs der Sothis an IIII Peret 17 vermerkt ist³³. Der Unterschied in der Datumsangabe (III Peret 16 bzw. 17) hat zu unterschiedlichen Lösungsvorschlägen geführt. Luft, der von einem Tagesbeginn bei Sonnenaufgang ausgeht, kann die Diskrepanz im Datum auf einfache Weise erklären³⁴. Bei diesem Fest handelt es sich um ein Fest am Tag, das dem Ereignis folgt. Da der heliakische Aufgang des Sirius

vor den Sonnenaufgang fällt, gehört er zum Vortag (III Peret 16), während das Fest auf den darauf folgenden Tag fällt (III Peret 17), der mit dem Sonnenaufgang beginnt. Bei dieser Interpretation gibt es keinerlei Unregelmäßigkeiten, weil die Opfergaben genau zum Festtermin hin geliefert werden können. Krauss hingegen, der für einen Tagesbeginn bei Dämmerungsbeginn eintritt, brachte im Laufe der Zeit verschiedenste Lösungsvorschläge, die alle darauf abzielten, seine absolute Datierung der Monddaten, die ebenso wie das Sothisdatum in Illahun gefunden wurden, zu stützen bzw. überhaupt erst möglich zu machen. Zunächst hielt Krauss an IIII Peret 16 als korrektem Datum fest, meinte aber, man könne es eventuell auch Sesostri II. zuschreiben³⁵. Die detaillierte paläographische Auswertung der Illahun-Papyri von Luft ließ diese Möglichkeit aber schnell nicht mehr zu³⁶. In der Folge wollte Krauss den Bezugspunkt für die Siriusbeobachtung weit in den Süden verschoben wissen, nach Elephantine³⁷. In den letzten Jahren schließlich hat Krauss die Richtigkeit des Datums IIII Peret 16 als Datum des heliakischen Frühaufgangs des Sirius in Zweifel gezogen³⁸. Luft konnte im Eintrag des Tempeltagebuchs, in dem dieser Aufgang vorhergesagt wird, grammatische und syntaktische Fehler nachweisen, die sich als Kopistenfehler erklären lassen. Krauss meint nun, dass sich der Kopist auch beim Datum geirrt haben könnte, denn die Opferlieferungen für ein Fest erfolgten meistens einen Tag vor dem Fest³⁹. Zudem sei eine Verlesung einer hieratisch geschriebenen „18“ in eine

³⁰ Bzgl. der Probleme bei diesem Datum siehe Anm. 6 und bzgl. grundlegender Einwände gegen die Glaubwürdigkeit des Censorinus siehe P. F. O'Mara, Censorinus, The Sothic Cycle, and Calendar Year 1 in Ancient Egypt: The Epistemological Problem, JNES 62 Vol. 1, 2003, 17–26.

³¹ I Achet 1 im Jahr 139 n. Chr. entspricht dem 20. Juli.

³² Papyrus Berol 10012 A rt II (19).

³³ Papyrus Berol 10012 B rt (1)–(2).

³⁴ U. Luft, Die chronologische Fixierung des ägyptischen Mittleren Reiches nach dem Tempelarchiv von Illahun, Wien 1992, 58.

³⁵ R. Krauss, Sothis- und Monddaten. Studien zur astronomischen und technischen Chronologie Ägyptens, HÄB 20, Hildesheim 1985, 74.

³⁶ U. Luft, Die chronologische Fixierung des ägyptischen Mittleren Reiches nach dem Tempelarchiv von Illahun, Wien 1992, 57.

³⁷ R. Krauss, Egyptian Sirius/Sothic Dates, and the Question of the Sothic-Based Lunar Calendar, in: E. Hornung, R. Krauss & D. A. Warburton (Hrsg.), Ancient Egyptian Chronology, Leiden 2006, 441.

³⁸ Ibidem, 448.

³⁹ Er fügt aber selbst hinzu, dass sich in den Illahun-Papyri auch Beispiele finden lassen, an denen die Opfergaben für ein Fest am Festtag selbst geliefert wurden.

„16“ durchaus möglich. Dadurch, dass gewisse Vorbehalte und Zweifel bei diesem Siriusdatum bleiben, eignet es sich nicht für eine Ableitung des antiken Sehungsbogens. Bei einem Sehungsbogen zwischen 9° und 11° und einem angenommenen Beobachtungsort in Memphis erfolgte der heliakische Frühaufgang des Sirius zwischen 1881 v. Chr. und 1868 v. Chr. an III Peret 16.

Darnell entdeckte in der ägyptischen Westwüste am Gebel Tjauti ein Graffito, das er in die 17. Dynastie datiert und in dem die Beobachtung eines heliakischen Frühaufgangs des Sirius in einem Regierungsjahr 11 an II Shemu 20 angegeben ist⁴⁰. Der Schluss liegt nahe, dass diese Beobachtung vor Ort auf dem Plateau gemacht wurde. Für einen Beobachtungsort Theben und einem Sehungsbogen zwischen 9° und 11° ergibt sich eine Zeitspanne von 1608 v. Chr. bis 1595 v. Chr. für einen heliakischen Frühaufgang an II Shemu 20. Zuletzt ist jedoch angezweifelt worden, ob die Lesung des Graffitos als Siriusdatum korrekt ist⁴¹. Eine Datierung ans Ende der 11. Dynastie, wie Schneider andeutet, ist absolut unmöglich, da ein heliakischer Siriusfrühaufgang an II Shemu 20 vor dem hier angegebenen Datum (1608–1595 v. Chr.) nur um etwa 3060 v. Chr. und nachher erst um 150 v. Chr. wieder auftrat⁴².

Auf der Insel Elephantine steht auf einem Stein, der zu den Bauresten des Chnum-Tempels gehört, dass am 28. Epiphi (entspricht III Shemu 28) das Fest des Siriusaufgangs stattgefunden habe. Der Stein ist Teil einer Festliste mit Angaben aus der Zeit Thutmosis' III., das Regierungsjahr ist leider nicht genannt. Daher kann dieses Datum nur einen sehr groben An-

haltspunkt für die Datierung von Thutmosis III. geben. Für Memphis und einen Sehungsbogen zwischen 9° und 11° fiel der heliakische Frühaufgang des Sirius zwischen 1474 v. Chr. und 1461 v. Chr. auf den III Shemu 28.

Auf der Rückseite des medizinischen Papyrus Ebers ist ein Doppelkalender zu finden. In den ersten beiden Zeilen ist ein heliakischer Frühaufgang im 9. Jahr Amenhoteps I. am Datum III Shemu 9 genannt. Für den Beobachtungsort Memphis und einen Sehungsbogen zwischen 9° und 11° ergäbe sich die Zeitspanne 1550 v. Chr. bis 1537 v. Chr. für das 9. Jahr Amenhoteps.

Von diesen sechs überlieferten Daten eines heliakischen Frühaufgangs des Sirius ist aufgrund textlicher Ungereimtheiten (Censorinus-Datum, Illahun-Datum), grundsätzlicher Zweifel, ob es sich dabei überhaupt um ein korrektes Siriusdatum handelt (Gebel Tjauti-Datum, Ebers-Datum) oder unvollständiger Angaben (Elephantine-Datum) ausschließlich das Datum im Kanopus-Dekret ein verlässliches Datum, das die Bezeichnung „Anker für die absolute Chronologie“ verdient. Die anderen Siriusaufgangsdaten können ausschließlich dazu verwendet werden, eine Eingrenzung des in Frage kommenden Zeitintervalls zu geben, aber nicht für eine auf vier Jahre genaue Datierung, wie früher angenommen wurde. Abgesehen vom Censorinus-Datum muss jeweils von einer Zeitspanne von 12 bis 14 Jahren ausgegangen werden – unter der Annahme, dass der Beobachtungsort bekannt ist. Unter diesem Gesichtspunkt ist es vor allem interessant, ob sich der Sehungsbogen weiter eingrenzen lässt, um dieses Zeitintervall eventuell enger begrenzen zu können.

Moderne Beobachtungen und Ableitungen des Sehungsbogens des Sirius

Erst 1924 wurde von Borchardt erstmals versucht, den Sehungsbogen des Sirius in Ägypten in heutiger Zeit zu bestimmen. Dass es so lange gedauert hat, ehe jemand diesen Versuch unternahm, ist erstaunlich, da Borchardt schon 1899 die Illahun-Papyri gesichtet, dort den Eintrag über den heliakischen Frühaufgang des Sirius

⁴⁰ J. C. Darnell, *Theban Desert Road Survey in the Egyptian Western Desert* Vol. 1, Chicago 2002, 49–52.

⁴¹ Laut K. Ryholt ist die Lesung dieses Graffitos sehr schwierig und er bezweifelt, dass es sich dabei um eine Nennung eines Siriusdatums handelt (K. Ryholt, zitiert bei T. Schneider, *Das Ende der kurzen Chronologie: Eine kritische Bilanz der Debatte zur absoluten Datierung des Mittleren Reiches und der Zweiten Zwischenzeit*, *Ä&L* 18, 2008, 286).

⁴² *Ibidem*, 286–287.

gefunden und auch den prinzipiellen chronologischen Wert dieser Angabe erkannt hatte. Drei Jahre lang, von 1924 bis 1926, bemühte sich Borchardt um gute Beobachtungen⁴³. Nachdem die Bemühungen der ersten beiden Jahre aufgrund ungeschickter Standortwahl und/oder ungünstiger Witterungsbedingungen nur wenig relevante Erkenntnisse ergaben, wurde versucht, im Jahr 1926 organisierter vorzugehen und möglichst viele Beobachter an unterschiedlichen Standorten in Ägypten zu platzieren⁴⁴. Letztendlich beobachteten im Jahr 1926 fünf Leute den heliakischen Frühaufgang des Sirius in Luxor, Asyut, Minya, Kairo und Heliopolis. Aus den tatsächlichen Beobachtungen leitete Neugebauer einen Sehungsbogen von 9.4° ab, mit dem Hinweis, dass ein Mittelwert von 9° und eventuell noch weniger realistisch sei, da am Beobachtungsort Asyut einen Tag zu spät mit der Beobachtung begonnen worden war⁴⁵. Neugebauers Motivation, einen niedrigeren Sehungsbogen erkennen zu wollen, rührten daher, dass Schoch basierend auf Siriusbeobachtungen aus Babylon einen wesentlich geringeren Sehungsbogen von 7.8° errechnet hatte⁴⁶. Im Jahr 2003 hatte Krauss

versucht, den heliakischen Frühaufgang des Sirius an aufeinanderfolgenden Tagen in Abu Simbel, Assuan und Luxor zu beobachten⁴⁷. Ungewöhnlich viel Dunst an allen drei Orten hatte erfolgreiche Beobachtungen verhindert⁴⁸. Diese Beobachtungen von Borchardt und Krauss sind meines Wissens die einzigen publizierten Beobachtungen des heliakischen Frühaufgangs des Sirius, die in der Neuzeit in Ägypten gemacht wurden. Im Jahr 1993 organisierte Mucke eine Beobachtungskampagne in Mitteleuropa, an der letztendlich insgesamt sechs Personen teilnahmen: vier in Österreich (drei davon in Wien) und je eine Person in der Schweiz und in Deutschland. Pachner hat die Ergebnisse dieser Kampagne ausgewertet und dabei auch Borchardts Beobachtungen aus Ägypten nochmals angeschaut⁴⁹. Er kommt zum Schluss, dass Sirius bei sehr klarem Wetter sowohl in Europa als auch in Ägypten bei einem Sehungsbogen von $8.85^\circ \pm 0.15^\circ$ sichtbar wird⁵⁰. Zwischen einer Einschätzung der Beobachter des Wetters als „sehr klar“ und „klar mit etwas Horizontdunst“ vergrößerte sich der Sehungsbogen um bis zu 1° ! Zum abgeleiteten Zahlenwert sollte angefügt werden, dass dieser – soweit ich das sehen kann – auf drei von neun Beobachtungen basiert⁵¹. Locher hat mir noch von einem von

⁴³ L. Borchardt & P. V. Neugebauer, *OLZ* 29 Nr. 5, 1926, 309–316, und L. Borchardt & P. V. Neugebauer, *OLZ* 30 Nr. 6, 1927, 441–448.

⁴⁴ Die Hauptaussage der Beobachtungen in den Jahren 1924 und 1925 war, „daß die überlieferte Größe des Sehungsbogens 11° für Sirius zu groß ist. Das Ergebnis ist aber nicht zwingend beweiskräftig, weil das Wetter an den vorhergehenden Tagen entschieden ungünstig war“.

⁴⁵ L. Borchardt & P. V. Neugebauer, *OLZ* 30 Nr. 6, 1927, 446.

⁴⁶ C. Schoch, *The „Arcus Visionis“ of the Planets in the Babylonian Observations*, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society Supplement* 84, 1924, 734. Hier sollte angefügt werden, dass bei den Einträgen in den babylonischen Tagebüchern meistens nicht klar ist, ob der Vorgang beobachtet oder berechnet wurde. Erst bei Einträgen der Art „Sirius war hell“ kann man sicher sein, dass es sich um Beobachtungen handelt. Aus dem Jahr 290 v. Chr. ist ein beobachteter heliakischer Frühaufgang des Sirius am 13. Tag des 4. Monats überliefert und aus dem Jahr 325 v. Chr. einer am 18. Tag des 4. Monats. In Babylon begann ein Monat mit der Sichtung der ersten Mondsichel nach Neumond. Das Jahr begann um die Zeit der Frühjahrs- tagundnachtgleiche. Die zwei babylonischen heliakischen Siriusfrühaufgänge lassen sich in die folgenden julianischen Daten umrechnen: 19. Juli 290 v. Chr. und

20. Juli 325 v. Chr. Daraus resultieren Sehungsbögen von 8° bzw. 9° .

⁴⁷ R. Krauss, *An Egyptian Chronology for Dynasties XIII to XXV*, in: M. Bietak (Hrsg.), *The synchronisation of civilisations in the Eastern Mediterranean in the second millennium B.C. (SCIEM 2003)*, Wien 2007, 184.

⁴⁸ Krauss' Intention war offenbar, bei seinen Beobachtungen den kleinsten möglichen Sehungsbogen zu bestimmen. Für die Bestimmung eines realistischen durchschnittlichen Sehungsbogens, was die Absicht dieser Arbeit ist, wären seine Beobachtungen dann sehr hilfreich gewesen, wenn er sich für einen Ort entschieden und dort abgewartet hätte, bis der heliakische Frühaufgang tatsächlich zu beobachten war. Der daraus resultierende Sehungsbogen wäre ein wichtiger Wert für Beobachtungen unter widrigen Bedingungen gewesen.

⁴⁹ N. Pachner, *Zur Erfassung der Sichtbarkeitsperioden ekliptikferner Gestirne*, *Ä&L* 8, 1998, 125–136.

⁵⁰ *Ibidem*, 133.

⁵¹ Borchardts Beobachtung in Luxor und Callenders Beobachtung in Minya aus dem Jahr 1926 und Krauss' Beobachtung in Münster.

ihm beobachteten heliakischen Frühaufgang des Sirius am 10. 8. 1982 in Nemea auf dem Peloponnes berichtet⁵². Diese Beobachtung lässt sich mit einem Sehungsbogen von 9° erklären. Berücksichtigt man diese Beobachtung sowie eine weitere von Krauss in Deutschland aus dem Jahr 2003 und lässt man die Einschätzung der Wetterbedingungen beiseite, so ergibt sich aus den elf Beobachtungen ein mittlerer Wert für den Sehungsbogen des Sirius von ca. 9.4°⁵³. Dieser Wert gibt die *heutige* Situation wieder und er unterscheidet sich noch immer merklich von den 11°, die man bei Klaudios Ptolemaios zu finden glaubt⁵⁴.

Antike Beobachtungen und Ableitungen des Sehungsbogens

Um einen realistischen Wert für den antiken Sehungsbogen zu erhalten, müssen in erster Linie antike Siriusbeobachtungen ausgewertet werden. Das Kanopus-Datum und das Censorinus-Datum eines heliakischen Frühaufgangs des Sirius lassen sich mit einem Sehungsbogen zwischen 10° und 11° erklären. Die in der astronomischen Literatur des Öfteren auftretende Bezeichnung eines „bei Ptolemaios überlieferten Sehungsbogens von 11°“ ist etwas irreführend, denn in den erhaltenen Werken des Ptolemaios findet sich nirgendwo eine derartige Angabe⁵⁵.

Ptolemaios weist nur in seinen *Phaseis* darauf hin, dass er in einer eigenen Abhandlung gezeigt habe, wie tief beim ersten Auf- und letzten Untergang eines Sterns in der Dämmerung die Sonne unter dem Horizont stehen müsse. Diese Schrift scheint jedoch verloren gegangen zu sein. Einen ganzen Katalog mit den jährlichen Auf- und Untergängen der 30 hellsten Sterne bietet Ptolemaios in seinen *Phaseis*⁵⁶. Ptolemaios definiert dort fünf Klimata, für welche vier Phasen der Sterne berechnet werden sollen, die dadurch definiert sind, dass ein Stern gleichzeitig mit der Sonne in der Nähe des Horizonts steht⁵⁷: das Klima von Syene (I), von Unterägypten (II; Alexandria), von Rhodos (III), vom Hellespont (IV; Byzanz) und von Aquileia (V)⁵⁸. Die Klimata sind dadurch definiert, dass der längste Tag 13½ bzw. 14, 14½, 15 und 15½ Äquinoktialstunden hat. Als Quellen für die Witterungsangaben und die Daten der heliakischen Auf- und Untergänge der Sterne nennt Ptolemaios die Kalender der Ägypter, des Julius Caesar und die griechischen Kalender der Astronomen Meton, Euktemon, Demokrit, Eudoxos, Konon, Dositheos, Metrodoros, Philippos, Kallippos und Hipparchos. Es war Ideler, der zu Beginn des 19. Jahrhunderts aus diesen Angaben für Sirius und für andere helle Sterne die Sehungsbögen ausrechnete, wobei er ausnahmslos die bei Ptolemaios angegebenen Werte für die Sonnenposition, die Schiefe der Ekliptik und die Siriusposition verwendete⁵⁹. Auf diese Weise errechnete Ideler

⁵² K. Locher, private Kommunikation.

⁵³ R. Krauss, in: SCIEM 2003, 184. Zwei der insgesamt dreizehn Beobachtungen erfolgten mindestens einen Tag zu spät, deswegen bleiben elf relevante Beobachtungen für die Auswertung übrig.

⁵⁴ Prinzipiell sollte Sirius früher bei einem noch geringeren Sehungsbogen als heute beobachtbar gewesen sein, da der Azimutunterschied zwischen Sonne und Sirius damals grösser war als heute. Klaudios Ptolemaios lebte im 2. Jh. n. Chr. Er war ein griechischer Mathematiker, Geograph, Astronom und Astrologe, der als Bibliothekar an der Bibliothek in Alexandria wirkte. Sein wichtigstes Werk, die *Megiste Syntaxis*, die heute besser unter dem arabischen Namen *Almagest* bekannt ist, war ein Standardwerk der Astronomie bis ins Mittelalter hinein.

⁵⁵ So z. B. bei F. K. Ginzel, *Handbuch der mathematischen und technischen Chronologie I*, Leipzig 1906, 182.

⁵⁶ Der Kern der *Phaseis* ist ein Wetterkalender (*Parapegma*), der Daten erster und letzter Sichtbarkeiten von hellen Fixsternen und mehr oder weniger fixen Wetterwechseln angibt.

⁵⁷ Mit „Phasen“ meint Ptolemaios die Zeitpunkte des Frühaufgangs, des Spätuntergangs, des Spätaufgangs und des Frühuntergangs.

⁵⁸ Syene liegt auf etwa 24° nördlicher geographischer Breite, Unterägypten auf etwa 31°, Rhodos auf etwa 36°, der Hellespont auf etwa 41°, und Aquileia auf etwa 46°.

⁵⁹ L. Ideler, *Über den Kalender des Ptolemäus*, *Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften in Berlin, Historisch-Philologische Klasse*, 1816–1817, 164–193. Er war sich dessen bewusst, dass die Sonnenpositionen, die er aus den Ptolemäischen Tafeln errechnete, für die damalige Zeit um mehr als ein ganzes Grad zu klein waren (*Ibidem*, 167).

den in der Folge viel zitierten Sehungsbogen von 11° für Sterne erster Größenklasse beim heliakischen Frühaufgang bzw. Spätuntergang und einen Sehungsbogen von 7° für die akronychischen Auf- bzw. Untergänge⁶⁰.

Ptolemaios nennt in seinen *Phaseis* die in Tabelle 1 angegebenen Daten für die heliakischen Frühaufgänge und die in Tabelle 2 angegebenen Daten für die Spätuntergänge des Sirius.

Evans & Berggren meinen, dass Ptolemaios nur die Wetterzeichen von den zitierten Autoren übernommen hat, nicht aber die Beobachtungen⁶¹. Im Gegensatz zu seinen Vorgängern hat er nämlich das Datum der heliakischen Auf- und Untergänge nicht in Tagen eines Tierkreiszeichens (z. B. Krebs 23) angegeben, sondern im sogenannten Alexandrinischen Kalender, worauf er in der Einführung zu seinen *Phaseis* explizit hinweist. Dieser Hinweis ist wichtig, da die Monatsnamen im Alexandrinischen Kalender identisch sind mit jenen des Ägyptischen Kalenders. Die beiden Kalender unterscheiden sich nur dadurch, dass der Alexandrinische Kalender alle vier Jahre ein Schaltjahr mit 366 Tagen hat. Somit sollten die bei Ptolemaios angegebenen Daten für lange Zeit Gültigkeit haben. Evans & Berggren gehen davon aus, dass Ptolemaios die

heliakischen Auf- und Untergangsdaten für Alexandria bestimmt hat und danach die Daten für die anderen Klimata berechnet hat⁶². Für Ägypten (31°) ergibt sich aus dem heliakischen Frühauf- und dem Spätuntergang ein mittlerer Wert für den Sehungsbogen von etwa 11° .

Es existieren Vorläufer des Parapegmas des Ptolemaios. Aus dem 1. Jh. v. Chr. ist uns ein Parapegma des Geminus erhalten, das wiederum auf älteren Parapegmata des Euktemon (um 430 v. Chr.), des Eudoxos (um 360 v. Chr.) und des Kallippos (um 330 v. Chr.) basiert⁶³. Zusätzlich zitiert Geminus im Zusammenhang mit den Sternphänomenen des Sirius noch Meton (um 430 v. Chr.) und Dositheos (um 230 v. Chr.). Geminus verwendet das alte System, welches das Datum anhand des Tages des Tierkreiszeichens angibt, in dem die Sonne gerade steht⁶⁴. Geminus zählte von der Sommersonnenwende an. Da Ptolemaios für sein Parapegma die gleichen Autoren zitiert, sollten theoretisch die Datumsangaben sehr ähnlich sein. In Tabelle 3 sind die Daten der heliakischen Frühauf- und Spätuntergänge, die jeweilige Quelle dieser Information und das mutmaßliche Julianische Datum angegeben.

Tabelle 1: Daten des heliakischen Frühaufgangs des Sirius bei Ptolemaios (2. Jh. n. Chr.) im Alexandrinischen und im Julianischen Kalender und der aus diesen Daten abgeleitete Sehungsbogen.

Klima	Breite	Alex. Datum	Jul. Datum	Sehungsbogen	Tetraëteris
$13\frac{1}{2}$	24°	22. Epiphi	16. Juli	12°	17/16/16/16
14	31°	28. Epiphi	22. Juli	12°	22/22/22/21
$14\frac{1}{2}$	36°	4. Mesore	28. Juli	12°	28/28/28/28
15	41°	9. Mesore	2. August	12°	3/ 3/ 2/ 2
$15\frac{1}{2}$	46°	14. Mesore	7. August	11°	8/ 8/ 7/ 7

⁶⁰ Ibidem, 170–171.

⁶¹ J. Evans & J. L. Berggren, *Geminus's Introduction to the Phenomena. A translation and study of a hellenistic survey of astronomy*, Princeton 2006, 286. Theoretisch hätte Ptolemaios die Daten der Beobachtungen auch umrechnen können.

⁶² Ibidem, 286. Sie behaupten, Ptolemaios zitiere keine einzige Sternphase von den älteren Autoren.

⁶³ J. Evans & J. L. Berggren, *Geminus's Introduction to the Phenomena. A translation and study of a hellenistic survey of astronomy*, Princeton 2006.

⁶⁴ Die Ekliptik wurde in 12 gleich große Teile von jeweils 30° unterteilt und jedem Tierkreiszeichen wurden 30° zugeordnet, auch wenn es am Himmel gar nicht 30° (z. B. der Krebs) bzw. mehr als 30° (z. B. Jungfrau) umfasste.

Tabelle 2: Daten des heliakischen Spätuntergangs des Sirius bei Ptolemaios (2. Jh. n. Chr.) im Alexandrinischen und im Julianischen Kalender und der aus diesen Daten abgeleitete Sehungsbogen.

Klima	Breite	Alex. Datum	Jul. Datum	Sehungsbogen	Tetraëteris
13½	24°	23. Pachon	18. Mai	9°	18/18/18/18
14	31°	17. Pachon	12. Mai	10°	12/12/12/11
14½	36°	12. Pachon	7. Mai	10°	7/ 7/ 7/ 6
15	41°	7. Pachon	2. Mai	10°	2/ 2/ 2/ 1
15½	46°	3. Pachon	28. April	9°	28/28/28/27

Tabelle 3: Datumsangaben der Frühaufgänge und Spätuntergänge bei Geminos und deren ungefähre Entsprechung im Julianischen Kalender (errechnet ausgehend vom Datum der Sommersonnenwende und der Anzahl der Tage, die Geminos für den entsprechenden Monat angibt)⁶⁶.

Astronomisches Phänomen	„Datum“	Quelle	Jul. Datum
Frühaufgang Sirius:	Krebs 23	Dositheos in Ägypten	18./19. Juli
	Krebs 25	Meton	20./21. Juli
	Krebs 27	Eudoxos, Euktemon	22./23. Juli
	Krebs 30	Kallippos	25./26. Juli
Spätuntergang Sirius:	Löwe 1	Euktemon	27./28. Juli
	Stier 2	Euktemon, Eudoxos	23./24. April

Bei einem Vergleich von Tabelle 1 und 2 mit Tabelle 3 fällt sogleich auf, dass die resultierenden Daten teilweise stark differieren. Die fol-

genden Angaben des heliakischen Frühaufgangs des Sirius sollten übereinstimmen:

Geminos	Datum	Ptolemaios	Datum
Dositheos	18./19. Juli	Klima 14 ^h	22. Juli
Eudoxos	22./23. Juli	Klima 14½–15 ^h	zw. 28. Juli und 2. August
Euktemon	22./23. Juli	Klima 14½–15 ^h	zw. 28. Juli und 2. August
Euktemon	27./28. Juli	Klima 14½–15 ^h	zw. 28. Juli und 2. August

Interessant ist, dass Euktemon zwei unterschiedliche Daten für den heliakischen Frühaufgang des Sirius angibt, wobei er beim späteren Datum (Löwe 1) ihn als deutlich sichtbar bezeichnet. Dieses zweite, spätere Datum stimmt mit den Angaben des Ptolemaios überein. Do-

sitheos beobachtete laut Ptolemaios in Ägypten und auf der Insel Kos. Aus der Datumsangabe bei Geminos, 18./19. Juli, würde sich für Alexandria ein Sehungsbogen von 8°, und für Memphis einer von 9° ableiten lassen. Für die Insel Kos ist ein beobachtbarer heliakischer

⁶⁶ Krebs: 31 Tage, Löwe: 31 Tage, Jungfrau: 30 Tage, Waage: 30 Tage, Skorpion: 30 Tage, Schütze: 29 Tage, Steinbock: 29 Tage, Wassermann: 30 Tage, Fische: 30 Tage, Widder: 31 Tage, Stier: 32 Tage, Zwillinge: 32 Tage. Eudoxos erhält andere Daten für die Wintersonnenwende und die Frühlingstagundnachtgleiche

als Kallippos, weil er davon ausgeht, dass alle Jahreszeiten gleich lange dauern, während Kallippos 92 Tagen für den Sommer, 89 Tage für den Herbst, 90 Tage für den Winter und 94 Tage für den Frühling ansetzt. Geminos folgt im wesentlichen Kallippos; bei ihm lauten die entsprechenden Zahlen 92/89/89/95 Tage.

Siriusfrühaufgang am 18./19. Juli um 430 v. Chr. unmöglich⁶⁶. Bei einem Sehungsbogen von 8° fällt der heliakische Frühaufgang für ein Klima von 14^{1/2}^h – wie bei Eudoxus und der früheren Angabe des Euktemon angegeben – auf den 23. Juli.

Für Ägypten sind somit vier gute antike Siriusbeobachtungen erhalten, aus denen sich Sehungsbögen relativ zuverlässig ableiten lassen, weil der Beobachtungsort jeweils bekannt ist:

Kanopus-Dekret	239 v. Chr.	10°
Censorinus	139 n. Chr.	10° bis 11°
Ptolemaios: Aufgang	2. Jh. n. Chr.	11° bis 12°
Ptolemaios: Untergang	2. Jh. n. Chr.	9° bis 10°

Dazu kommt noch die Angaben des Dositheos bei Geminus, aus der sich ein etwas kleinerer Sehungsbogen von 8° bis 9° ableiten lässt, allerdings ist sein Datierungssystem wesentlich ungenauer als das der oben genannten Quellen. Aus diesen Angaben erhält man einen Durchschnittswert für den Sehungsbogen des Sirius in Unterägypten von etwa 10°. Dieser Wert passt gut zu den 9° bis 10°, die bei Borchardts Kampagne im Jahr 1926 in Kairo bzw. Heliopolis beobachtet wurden. Bei hervorragenden Witterungsbedingungen konnte Sirius bei einem Sehungsbogen von etwa 9° beobachtet werden, bei leichtem Dunst und durchschnittlichen Bedingungen erhöhte sich dieser Wert auf 10° bis 11°. In Ägypten finden sich häufig Staub und Dunst in Horizontnähe, sodass hervorragende Witterungsbedingungen selten zu erwarten sind. Mit solch ungünstigen Witterungsverhältnissen hatte auch Borchardt in den Jahren 1924 und 1925 zu kämpfen, wie man seinen Berichten gut entnehmen kann⁶⁷. Aus seinen Berichten geht auch hervor, dass Sirius bei Höhen unter ca. 2° nicht

sichtbar war. Es gibt zudem Hinweise darauf, dass sich die klimatischen Bedingungen im Laufe der Zeit verändert haben. Vermutlich muss von einem feuchteren Klima für das Alte Ägypten ausgegangen werden: der Nil führte mehr Wasser und die Überschwemmungsebene war breiter⁶⁸; dies begünstigt Dunst und die Bildung von Nebel, was sich wiederum auf Himmelsbeobachtungen in Horizontnähe äußerst ungünstig auswirkt.

Schlussfolgerungen

Ich habe die heliakischen Frühauf- und Spätuntergänge des Sirius für die Orte Memphis, Illahun, Alexandria, Theben, Elephantine und Babylon für Sehungsbögen zwischen 8° und 11° berechnet. Alle Daten der hier vorgestellten Rechnungen sind online frei verfügbar⁶⁹.

Da die Witterungsbedingungen sehr großen Einfluss auf den Sehungsbogen des Sirius beim heliakischen Frühauf- und Spätuntergang haben, ist es verfehlt, bei der chronologischen Fixierung eines überlieferten Siriusdatums von einem festen Wert für den Sehungsbogen auszugehen. Die Analyse von vier Siriusbeobachtungen aus der griechisch-römischen Epoche in Ägypten ergibt einen abgeleiteten mittleren Sehungsbogen von 10°, wobei Werte zwischen 9° und 11° möglich sind. Setzt man den Beobachtungsort als bekannt voraus, so bleibt durch den möglichen Parameterbereich des Sehungsbogens und durch die Tatsache, dass im Mittel vier Jahre lang der heliakische Frühaufgang auf dem selben Tag im ägyptischen Kalender verbleibt, ein Zeitintervall von 12 Jahren für eine absolute Datierung des Ereignisses. Ohne zusätzliche astronomische Daten wie etwa die Mondaten im Falle von Illahun lässt sich das Ereignis nicht genauer datieren. Unsicherheiten in anderen Parametern, wie etwa der Verlangsamung der

⁶⁶ Über den gesamten Zeitraum der 5000 gerechneten Jahre hinweg erfolgte der heliakische Frühaufgang des Sirius auf der Insel Kos bei einem angenommenen Sehungsbogen von 8° nie vor dem 22. Juli. Für größere, realistischere Sehungsbögen verschiebt sich das Datum im Kalender nach hinten.

⁶⁷ L. Borchardt & P. V. Neugebauer, OLZ 29 Nr. 5, 1926, 309–316 und L. Borchardt & P. V. Neugebauer, OLZ 30 Nr. 6, 1927, 441–448. Siehe auch M. Robinson, *Ardua et Astra: On the Calculation of the Dates of the Rising and Setting of Stars*, *Classical Philology* 104, 2009, 354–375.

⁶⁸ P. F. O'Mara, *JNES* 62 Vol. 1, 2003, 26.

⁶⁹ <http://www.gautschy.ch/~rita/archast/sirius/sirius.html> und über die Homepage des Ägyptologischen Seminars in Basel (http://aegyptologie.unibas.ch/fileadmin/aegypt/user_upload/redaktion/PDF/gautschy_sirius.pdf).

Erdrotation oder der Sternkoordinaten des Sirius, sind bei den Rechnungen vernachlässigbar.

Herrschen Zweifel über den genauen Beobachtungsort, so zeigt sich, dass eine Verschiebung der geographischen Breite um 0.8° nach Norden eine Verschiebung des Datums des heliakischen Frühaufganges um einen Tag nach hinten bzw. des Spätuntergangs um einen Tag nach vor bewirkt. Da in den Sargtexten jedoch von einer Unsichtbarkeit des Sirius von 70 Tagen die Rede ist, kommt als Bezugspunkt für die Zeit der Sargtexte nur die Umgebung von Memphis bzw. Heliopolis in Frage, weil ausschließlich dort diese Bedingung erfüllt war. Für einen Sehungsbogen von 9° trat in Memphis immer wieder eine Unsichtbarkeitsdauer des Sirius von 70 Tagen zwischen ca. 2500 und ca. 2000 v. Chr. auf, und bei einem Sehungsbogen von 10° von ca. 1600 bis 600 v. Chr. Auf jeden Fall müssen alle Orte deutlich südlich von Memphis (Theben, Elephantine) bzw. merklich nördlich davon (Alexandria) als Bezugsorte ausscheiden. Für die griechisch-römische Zeit gilt der Bezugspunkt Memphis dann als gesichert.

Borchardts Siriusbeobachtungen aus Ägypten zeigen, dass im Normalfall Sirius erst bei einer scheinbaren Höhe von 2° beobachtet werden kann, da der Horizont oft von einer Dunst- oder Staubschicht verunreinigt wird. Dadurch werden die topographischen Einflüsse vernachlässigbar: Die Hügel und Gibäl in der Umgebung von Memphis sind nicht so hoch, dass sie die Beobachtung beeinträchtigen würden. Berechnungen sollten diesem Umstand Rechnung tragen und nicht für eine Sternhöhe von 0° durchgeführt werden, stattdessen sollte die Refraktion in den Rechnungen berücksichtigt werden. Auf Grund des großen Einflusses des lokalen Klimas auf die Sichtbarkeitsbedingungen sind Ableitungen des Sehungsbogens aus Beobachtungen in Mitteleuropa oder Babylon für Ägypten nur wenig aussagekräftig und nicht direkt übertragbar.

Aufgrund der Variabilität des Sehungsbogens je nach vorherrschenden Witterungsbedingungen ist es nicht erstaunlich, dass den Ägyptern

die maximal acht in einem sehr langen Zeitraum von ca. 1460 Jahren auftretenden Trieteriden, die ein Weiterrutschen des heliakischen Frühaufganges des Sirius nach nur drei Jahren auf den nächsten Tag im ägyptischen Kalender bewirken, nicht aufgefallen sind. Eine Entdeckung dieses Phänomens würde jahrhundertlange genaue Aufzeichnungen dieses Ereignisses und konstante Witterungsbedingungen erfordern; beide Punkte waren in Ägypten nicht erfüllt. Ein realistisches Szenario, um die Vorhersage des heliakischen Frühaufganges des Sirius unter Sesostri III. im Archiv von Illahun zu erklären, wäre, wenn dieser Vorgang im Jahr zuvor beobachtet und daraufhin das Datum für das laufende Jahr postuliert wurde. Da der Brief mit der Vorhersage des Datums drei Wochen vor dem eigentlichen Termin eintraf, halte ich es für eher unwahrscheinlich, dass das Datum aufgrund anderer heliakisch aufgehender Sterne vorhergesagt wurde.

Summary

Recorded dates of heliacal risings of the star Sirius as reported from ancient Egypt have been used for chronological purposes for more than 100 years. This paper presents new calculations of heliacal risings and settings of Sirius for different places in Egypt and discusses the influences of various parameters and their uncertainties on the results. Comparison with ancient Egyptian observations gives a mean value for the *arcus visionis* of Sirius of about 10° , with plausible values between 9° and 11° depending on the transparency of the atmosphere. This means that a date of a heliacal rising or setting of Sirius, which was recorded in the Egyptian calendar, can pin down the absolute dating of the observation to 12 years, if one assumes that the place of observation is known and if no further information, e.g. lunar data, is available. All results of the calculations are accessible online.

Keywords

astronomy – chronology – Sothis – Sothis date