Wissenschaftliche Kommunikation aus wissenschaftshistorischer Sicht: im Fall der Mathematik und Astronomie im antiken Mesopotamien

Lis Brack-Bernsen[1]

1 Universität Regensburg, Institut für Philosophie/Wissenschaftsgeschichte
lis.brack-bernsen@ur.de

Zusammenfassung

Dieser Beitrag soll illustrieren, wie es möglich ist, uralte wissenschaftliche Texte so zu deuten, dass die Deutung möglichst nahe an der damaligen Begriffs- und Methodenwelt liegt. Dies wird anhand von Beispielen aus der babylonischen Mathematik und Astronomie gezeigt. Was bedeutet es, einen alten Text zu verstehen? Welche Kriterien oder Forderungen müssen erfüllt sein, bis man mit Recht behaupten kann, verstanden zu haben, was ein Keilschrifttext kommuniziert? An konkreten Beispielen wird gezeigt, wie heutige Forscher vorgehen, um die alten mathematischen und astronomischen Keilschrifttexte zu deuten, und auch zu erforschen, wie die Berechnungsmethoden entstanden sind: durch ein Zusammenspiel zwischen modernem Wissen und Können (d. h. mathematischem und astronomischem Know-how) und profunder Kenntnis der damaligen Kultur und Sprache.

Schlagwörter Babylonische Astronomie und Mathematik, Deutung astronomischer und mathematischer Texte

1 Einleitung

Abbildung 1 Die Karte zeigt das alte Mesopotamien, das die Flüsse Euphrat und Tigris enthält.

Im Westen meinen viele Menschen fälschlicherweise, dass die Wissenschaft im alten Griechenland entstanden sei.[1] Ich werde Texte aus dem alten Mesopotamien vorstellen, die eindeutig belegen, dass die Babylonier lange vor der klassischen Antike sowohl Astronomie als auch Mathematik betrieben. Einige wichtige Texte und ihre Deutungen sollen präsentiert werden. Hierbei geht es insbesondere darum, zu zeigen, wie moderne Wissenschaftler vorgehen, wenn sie mit Schriften, die Tausende von Jahren alt sind, kommunizieren, sprich: wenn sie diese verstehen wollen. Ich werde zeigen, welche Forderungen erfüllt werden müssen, ehe wir zu Recht sagen können, einen alten Text verstanden zu haben. Im Süden Mesopotamiens entstand fruchtbares Land, als sich der Persische Golf zurückgezogen hatte, so dass sich hier viele Menschen niederließen und anfingen, das Land zu bebauen und zu kultivieren. Die alten Städte sind auf der Karte[2] mit drei Punkten

[1] Der griechische Historiker Herodotos (c. 450 v. Chr.) hingegen wusste es besser: Er schrieb über die Anfänge der Wissenschaft, dass die Geometrie in Ägypten und die Astronomie in Mesopotamien entwickelt wurden. Mein Vortrag betrifft nur die mesopotamische Wissenschaft.

[2] Abbildung wurde am 28.10.2017 abgerufen unter https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fe/Karte_Mesopotamien.png. Sie wurde dort veröffentlicht von Nutzer NordNordWest.

IX. Regensburger Symposium 2017 (RSym 2017).
Herausgeber: Christiane Thim-Mabrey und Markus Kattenbeck; Beitrag Nr. 6; S. 6:1–6:17
Tagungsband zum IX. Regensburger Symposium bereitgestellt via
Publikationsserver der Universität Regensburg, Deutschland

markiert. Innerhalb kurzer Zeit entstanden viele neue Siedlungen, und die Stadt Uruk ist so stark gewachsen (um 3100 v. Chr. herum auf 43.000 Personen), dass die Keilschrift sich wohl hier im Rahmen der wachsenden Bürokratie zu entwickeln begann.

Die Zeitspanne, aus der archäologische Funde stammen, ist unten aufgelistet. Es sollen hier mathematische Texte aus der altbabylonischen Zeit präsentiert werden, aber auch astronomische Texte aus der Zeit, in der die avancierte Astronomie entwickelt wurde, bis hin zu den hochentwickelten Texten der mathematischen Astronomie, die während der letzten drei Jahrhunderte v. Chr. berechnet wurden.

≈ 8000–4000	v. Chr.	Tokens
≈ 3200	v. Chr.	Protokeilschrift, Zahlsymbole
≈ 2600	v. Chr.	Sumerische Lyrik in Keilschrift
≈ 2100	v. Chr.	Sexagesimalsystem
≈ 1900	v. Chr.	Altbabylonische Mathematik
≈ 1700	v. Chr.	Venusbeobachtungen
≈ 1400	v. Chr.	EAE und MUL.APIN
≈ 750–69	v. Chr.	Astronomische Beobachtungen und Vorhersagen
≈ 260	v. Chr.	Mathematische Astronomie

In der frühen Zeit, um 3000 Jahre v. Chr. herum, gab es viele verschiedene Zählsysteme für unterschiedliche Güter. Je nachdem, welcher Gegenstand gezählt werden sollte, wurde das Gezählte in Gruppen von 2, 4, 3, 5, 6 oder 10 zusammengefasst, die durch Symbole repräsentiert wurden.[3] Eines der Zahlsysteme, das Sexagesimalsystem, setzte sich durch. In der Zeit von UR III[4] (2100 v. Chr.) wurde (von König Šulgi) verordnet, dass sämtliche Rechnungen anhand von diesem Zahlsystem durchgeführt werden mussten. Das Sexagesimalsystem ist ein Positions-Platzsystem, so wie unser Zehnersystem, und es funktioniert genau so gut wie das unsrige. Unser System hat 10 als Basis, das Sexagesimalsystem basiert auf der Einheit 60. Wir kennen es von unserer Zeiteinteilung: 60 Sekunden ist gleich einer Minute, und 60 Minuten ergeben eine Stunde. Der Beitrag wird nun versuchen, folgende Fragen zu erörtern:

- Was wird kommuniziert?
- Was bedeutet es, einen Text zu verstehen?
- Wie gehen wir vor, wenn wir 4000 bis 2500 Jahre später versuchen, solche Texte zu verstehen?

Ich kann hier keine allgemein gültigen Thesen aufstellen, sondern nur an verschiedenen Beispielen nachzeichnen, wie die Kommunikation über Sprach- und Zeitgrenzen hinweg funktionierte.

2 Was wird durch die Keilschrifttexte an uns kommuniziert?

Das erste, was Forscher in den Texten erkennen konnten, waren das praktische sexagesimale Zahlensystem sowie Zahlenmanipulationen und mathematische Berechnungen. Dadurch konnte man aus den Texten auch technisches „know-how“ der Zeit kennenlernen sowie Methoden

[3] Siehe Nissen, Damerow und Englund (1990).
[4] UR III ist die Bezeichnung für die Zeit, in der die Stadt Ur unter verschiedenen Königen die umliegenden Stadtstaaten beherrschte.

zur Berechnung z. B. von Zinsen, astronomischen Ereignissen oder Materialien für Bauwerke. Die astronomischen Texte enthalten auch sehr gute Werte für spezielle astronomische Parameter. Der synodische Monat, auch Mond-Monat genannt, ist die Zeitspanne von einer Konjunktion (Treffen von Sonne und Mond, also „Neumond“) bis zur nächsten oder von einer Opposition („Vollmond“) bis zur nächsten. Für die mittlere Dauer des synodischen Monats finden wir in Keilschriften den Wert 29; 31, 50, 8, 20 Tage.[5] Dieser Wert (Parameter) ist erstaunlich genau; da er nur um weniger als eine halbe Sekunde zu lang ist. Es fragt sich, wie die Babylonier, die keine Uhren besaßen, einen so genauen Wert bestimmen konnten. Dieser Parameter wurde von Hipparch und Ptolemäus übernommen und bis zur Zeit von Kopernikus verwendet.

Was beobachtet wurde und damit den babylonischen Astronomen zur Verfügung stand, können wir in den heute so genannten *Diaries* (im Akkadischen: „Regelmäßiges Beobachten“) lesen. Dies sind Sammlungen von regelmäßig und systematisch durchgeführten Beobachtungen, die über jeweils ein halbes (oder ganzes) Jahr aufgezeichnet wurden. Dieses wissenschaftliche Beobachtungs-Projekt begann um 750 v. Chr. und wurde über 700 Jahre lang durchgeführt. Die *Diaries* wurden von Hermann Hunger und Abraham Sachs studiert und herausgegeben,[6] so dass wir heute wissen, was die Babylonier beobachteten, und die Genauigkeit ihrer Beobachtungen untersuchen können.

Der babylonische Kalender ist von astronomischen Ereignissen bestimmt: Ein neuer Monat begann an dem Abend, an welchem die neue Mondsichel zum ersten Mal kurz nach Sonnenuntergang sichtbar wurde. Solche Mond-Monate haben entweder 30 oder 29 Tage. Da 12 synodische Monate um knapp 11 Tage kürzer sind als das Sonnenjahr, wurde ca. alle drei Jahre ein zusätzlicher Monat eingeschoben, so dass Monat I (Nisanu) immer nahe am Frühlings-Äquinox (Frühlings-Tag-und-Nacht-Gleiche) lag. Meistens wurde ein zweiter Monat zwölf (XII_2) am Ende des Jahres eingeschoben.

Die *Diaries* listen nun Monat für Monat gewisse Ereignisse auf: wann die neue Mondsichel gesichtet wurde, ob der vorhergehende Monat 29 oder 30 Tage hatte; aber auch die Zeit von Sonnenuntergang bis zum Untergang der neuen Mondsichel wurde notiert. Dieses Zeitintervall ist recht einfach zu beobachten, aber sehr schwierig zu berechnen. Es wurde u. A. auch aufgezeichnet, wann sich der Mond oder die damals bekannten fünf Planeten begegneten oder an bestimmten Sternen vorbeibewegten, sowie spezielle Phasen der Planeten.

Die *Diaries* beschränkten sich aber nicht nur auf ASTRONOMISCHE BEOBACHTUNGEN, sondern enthielten auch Notizen über das Wetter, über Preise,[7] den Wasserstand von Euphrat und Tigris sowie über geschichtliche Ereignisse.

Weitere Informationen erhalten wir durch die sog. Kolophone: Am Ende der Keilschrifttexte wurde oft notiert, was auf einer Tafel geschrieben stand sowie wann und von wem sie geschrieben wurde. Daraus geht für uns hervor, dass das Wissen innerhalb weniger Schreiberfamilien weitergegeben wurde.

[5] Ich folge hier Neugebauers Konvention für die Wiedergabe der Sexagesimalzahlen: ein Komma trennt die einzelnen Ziffern, und ein Semikolon trennt die ganzen Zahlen von den Brüchen: Beispiel $3, 12; 50$ bedeutet $3 \cdot 60 + 12 + 50/60$, und $29; 31, 50, 8, 20$ Tage sind $29 + 31/60 + 50/60 \cdot 60 + 8/60 \cdot 60 \cdot 60 + 20/60 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 60$ Tage.

[6] Sachs und Hunger (1988, 1989 und 1996).

[7] Die „Preise“ von Gerste, Datteln, Senf, Kresse, Sesam und Wolle wurden am Ende jeden Monats aufgeschrieben: welches Volumen von jeweils Gerste, Datteln, Senf, Kresse und Sesam oder welches Gewicht Wolle gleichwertig war mit einem Schekel von gereinigtem Silber.

2.1 Wie sieht ein astronomischer Keilschrifttext aus, und was bedeutet es, ihn zu verstehen?

Der nachfolgend abgebildete ACT 18 (Abbildung 2) ist ein Mond-Tabellentext, der für die Zeit 49 Jahre v. Chr. berechnet wurde. Mit einem Stab, der am Ende dreieckig abgeschnitten war, wurden Zeichen in Form von Keilen und Winkeln in den feuchten Ton gedrückt.

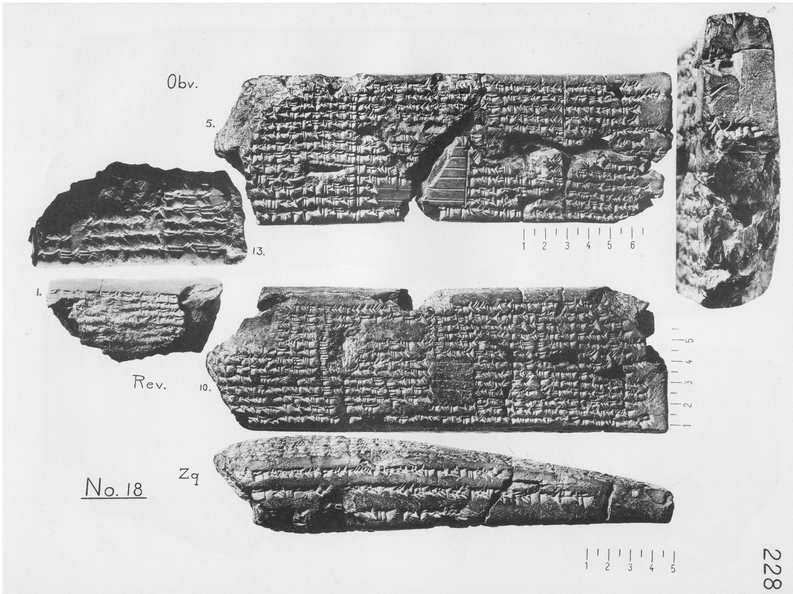


Abbildung 2 Photographie des Keilschrifttextes ACT 18, siehe Neugebauer (1955).

Dieser Text wurde von Otto Neugebauer bearbeitet, der, aufbauend auf den Arbeiten der Jesuiten Epping und Kugler, sämtliche ihm bekannten berechneten Tafeln für Mond und Planeten analysierte und publizierte. Unten wird die Vorderseite der Tafel (Abbildung 3), die ebenfalls teilweise von Neugebauer rekonstruiert wurde, in seiner Handschrift wiedergegeben. Ohne hier weiter ins Detail zu gehen, soll ein visueller Eindruck illustrieren, wie es möglich wurde, solche Zahlenreihen zu analysieren und zu verstehen.

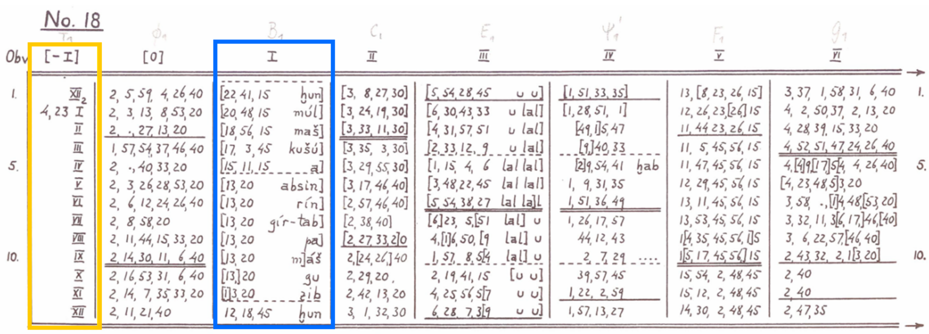
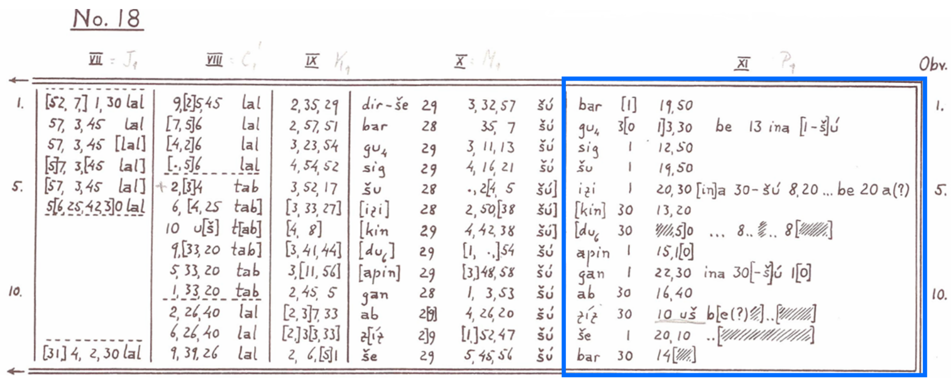


Abbildung 3 Die linke Hälfte des berechneten Tabellentexts ACT 18, rekonstruiert von Otto Neugebauer, siehe Neugebauer (1955).

Die erste, orange umrahmte Kolonne [-I] listet die zwölf Monate I bis XII des Jahres 4,23 (= Jahr 263 der Seleukidischen Ära) auf, samt dem dreizehnten, eingeschobenen Monat des vorhergehenden Jahres. Für jeden Monat dieses Jahres wurden numerische Funktionen berechnet und zeilenweise in die folgenden Kolonnen geschrieben: Die dritte, blau umrahmte Kolonne listet Positionen im Tierkreis. Sie fängt bei 22; 41,15° im Zeichen des Widders an, durchläuft den ganzen Tierkreis und endet mit 12; 18,45° im Zeichen des Widders. Dies sind die berechneten Positionen von Mond und Sonne bei aufeinander folgenden Konjunktionen, die hier notiert wurden. Am Ende des Monats XII_2 fand das Zusammentreffen von Sonne und Mond im ersten Tierkreiszeichen, dem Widder, statt – in Übereinstimmung damit, dass das neue babylonische Jahr immer nahe am Frühlingsäquinox begann. Die siebte Kolonne [V] listet Zahlen zwischen 11 und knapp 16 auf und gibt die tägliche Bewegung (in Grad pro Tag gemessen) des Mondes an. Die zweite Hälfte der Tafel ist unten (Abbildung 4) gezeigt.


No. 18

	VII	VIII	IX	X	XI	Obv.
1.	[52, 7] 1, 30 lal	9,[2]5,45 lal	2, 35, 29	dir-še 29 3, 32, 57 šú	bar [1] 19,50	1.
	57, 3, 45 lal	[7, 5]6 lal	2, 57, 51	bar 28 35, 7 šú	gu4 3[0 1]3,30 be 13 ina [1-š]ú	
	57, 3, 45 [lal]	[4, 2]6 lal	3, 23, 54	gu4 29 3, 11, 13 šú	sig 1 12,50	
	[5]7, 3,[45 lal]	[., 5]6 lal	4, 54, 52	sig 29 4, 16, 21 šú	šu 1 19,50	
5.	[57, 3, 45 lal]	+ 2,[3]4 tab	3, 52, 17	šu 28 ., 2[4, 5 šú]	izi 1 20,30 [in]a 30-šú 8,20 ... be 20 a(?)	5.
	5[6, 25, 42, 3]0 lal	6, [4, 25 tab]	[3, 33, 27]	[izi] 28 2, 50,[38 šú]	[kin] 30 13,20	
		10 u[š] t[ab]	[4, 8]	[kin 29 4, 42, 38 šú]	[du6 30 .,5]0 ... 8.. .. 8[ ]	
		9,[33, 20 tab]	[3, 41, 44]	[du6] 29 [1, .,]54 šú	apin 1 15,1[0]	
		5, 33, 20 tab	3,[11, 56]	[apin] 29 [3]48, 58 šú	gan 1 22,30 ina 30[-š]ú 1[0]	
10.		1, 33, 20 tab	2, 45, 5	gan 28 1, 3, 53 šú	ab 30 16,40	10.
		2, 26, 40 lal	[2, 3]7, 33	ab 2[9] 4, 26, 20 šú	ziz 30 10 uš b[e(?)]..[ ]	
		6, 26, 40 lal	[2,]3[3, 33]	z[iz 2]9 [1,]52, 47 šú	še 1 20,10 ..[ ]	
	[31] 4, 2, 30 lal	9, 39, 26 lal	2, 6,[5]1	še 29 5, 45, 56 šú	bar 30 14[ ]	

Abbildung 4 Die rechte Hälfte des Tabellentexts ACT 18, rekonstruiert von Otto Neugebauer, siehe Neugebauer (1955).

Sämtliche Kolonnen dienten dazu, die letzte Kolonne [XI] zu berechnen: wann der neue Monat anfing – am 30. Tag des vorhergehenden Monats (30) oder am nächsten Tag (1). Die Zahlen 1 und 30 geben also an, ob der vorhergehende Monat 29 oder 30 Tage lang war. Die Zahlen dahinter, 19; 50 (= 19° 50/60°) 13; 30 etc., messen die Zeit vom Sonnenuntergang bis zum Untergang der neuen Mondsichel, die den Anfang des neuen Monats ankündigt. Hier wurde also genau das berechnet, was über Jahrhunderte beobachtet und in den *Diaries* aufgeschrieben wurde. Die Zeit wurde in Zeitgrad, uš, gemessen, wo 24 h = 360° ist, so dass 1 uš = 1° = 4 Minuten ist. Es ist beeindruckend, dass die babylonischen Astronomen solch komplizierte Phänomene berechnen konnten. Nachdem nun die enorme Leistung der babylonischen Astronomen gezeigt wurde, soll der Frage nachgegangen werden, was es bedeutet, einen alten Text zu verstehen. Es bedeutet,

- die Zahlen (Rechnungen, numerische Funktionen) rechnerisch zu verstehen und auch zu deuten, d. h. zu verstehen, was berechnet wird;
- zu erkunden, wie sich diese Berechnungsweisen entwickelt haben;
- alle „Fachwörter“ zu identifizieren und die Maßeinheiten zu kennen;
- zu erkunden, wer den Text wann und zu welchem Zweck geschrieben hat.

Dies alles gehört dazu; aber noch mehr: Der Text muss auch in der damaligen Kultur und Gedankenwelt eingeordnet werden, in der z. B. Astronomie und Astrologie sozusagen ein und dasselbe waren. Es müssen dabei auch Textgattungen berücksichtigt werden, die nach unserem Verständnis nichts mit „Wissenschaft“ zu tun haben, die aber damals als zugehörig angesehen wurden.

Anhand von Beispielen werde ich nun zu zeigen versuchen, wie Forscher vorgehen, wenn sie 4000 bis 2500 Jahre später versuchen, solche alten, im weiteren Sinne „wissenschaftlichen“

Texte zu verstehen. Das erste Beispiel stammt aus der babylonischen Mathematik. Es ist Übung 1 auf einer Tafel (BM 13901), die 24 Übungen über quadratische Gleichungen mit einer, zwei oder mehreren Unbekannten enthält . Danach folgen Beispiele aus der Forschung zur babylonischen Astronomie. Als O. Neugebauer die ersten mathematischen Keilschrifttexte edierte – eine enorme Pionierleistung – hatte er die Zahlen und Berechnungen, die er in Keilschrift vorfand, identifiziert und in algebraischer Schreibweise zusammengefasst und wiedergegeben.[8] Damit war der Inhalt der Texte erfasst; aber es war nicht erfassbar, wie die Babylonier ohne unsere algebraische Notation, oder etwas Entsprechendem, komplizierte Aufgaben wie Gleichungen zweiten Grades lösen konnten. Es sah aus, wie wenn sie „bloß in Formeln einsetzen würden“, aber sie gaben keine Formeln an. Neugebauers Kommentar zu solchen Aufgaben lautet: „They are school products intended to illustrate the rules for dealing with problems which are properly called ‚**algebraic**‘.“

In folgender Übersetzung Neugebauers habe ich die Aufgabenstellung und die Rechnungen hervorgehoben, um seine Vorgehensweise zu demonstrieren.

> *Die **Fläche** und (die **Seite**) des Quadrates habe ich **addiert** und **0;45** ist es. **1**, den Koeffizienten nimmst Du. Die Hälfte (von **1**) brichst Du ab. **0;30** und **0;30** multiplizierst Du. **0;15** zu **0;45** fügst Du hinzu und **1** hat **1** als Quadratwurzel. **0;30** das Du (mit sich) **multipliziert** hast, von **1** **subtrahierst** Du und **0;30** ist das **Quadrat**.*

Eine erste Zusammenfassung der Rechnungen mag in etwa so aussehen:

$$\begin{aligned} X^2 + 1 \cdot X &= 0;45 \\ 1 \cdot 1/2 &= 0;30 \\ 0;30 \cdot 0;30 &= 0;15 \\ X^2 + 1 \cdot X + (1/2)^2 &= 0;45 + 0;15 = 1 \end{aligned}$$

Hieraus folgt, dass

$$X + 1/2 = \sqrt{1} = 1 \qquad X = 1/2$$

Später hat Jens Høyrup die Transliterationen (Umschreibungen der Keilschrift-Zeichen in Sumerogramme und/oder akkadische Wörter) von Neugebauer näher analysiert. Bei dieser Sprachanalyse ist ihm aufgefallen, dass die Babylonier verschiedene Ausdrücke für Addition verwendeten und dass etliche Wörter auf ganz konkrete Handlungen hinwiesen (siehe weiter unten). Er hat deshalb postuliert, dass die Babylonier aufgrund von geometrischen Figuren argumentierten, um herauszufinden, wie man rechnen musste, um gestellte Aufgaben zu lösen. Bis dahin hatten Mathematiker und Wissenschaftshistoriker mit Neugebauers Übersetzungen (d. h. deren algebraischen Versionen) weitergearbeitet, ohne die Originaltexte genauer anzuschauen. So entstand der Begriff „babylonische Algebra“, als ob die Babylonier ihre Aufgaben durch Einsetzen in Formeln lösten. Dieses Missverständnis hat Høyrup korrigiert, indem er den Begriff „naive Geometrie“ einführte und zeigte, wie solche Aufgaben (z. B. quadratische Gleichungen) durch Betrachtung von geometrischen Figuren gelöst werden konnten.

Die beiden Übersetzungen derselben Aufgabe durch Neugebauer und Høyrup sollen nun einander beispielhaft gegenübergestellt werden. Damit wird klar, wie die beiden Übersetzungen

[8] Siehe Neugebauer (1935-1937).

ganz unterschiedliche Interpretationen eines Aufgabentextes darstellen. Dies darf nicht als Kritik an Neugebauer aufgefasst werden, der Enormes geleistet hat. Jeder andere Forscher hätte genauso wie er gearbeitet, wenn er eine Berechnung in einer ihm nicht geläufigen Sprache vorgefunden hätte, nämlich durch die Anwendung unseres heutigen Wissens und unserer heutigen Mittel (z. B. die algebraische Notation) zu versuchen, die Rechnungen zu rekonstruieren.

Neugebauers Übersetzung 1935

Die Fläche und (die Seite) des Quadrates habe ich addiert und 0;45 ist es. 1, den Koeffizienten nimmst Du. Die Hälfte (von 1) brichst Du ab. 0;30 und 0;30 multiplizierst Du. 0;15 zu 0;45 fügst Du hinzu und 1 hat 1 als Quadratwurzel. 0;30 das Du (mit sich) multipliziert hast, von 1 subtrahierst Du und 0;30 ist das Quadrat.[9]

Høyrups Übersetzung 1990

The surface and my confrontation I have accumulated: 45‘ is it. 1, the projection, you posit. The moiety of 1 you break, 30‘ and 30‘ you make hold. 15‘ to 45‘ you append: by 1, 1 is the equal side. 30‘ which you have made hold in the inside of 1 you tear out: 30‘ the confrontation.[10]

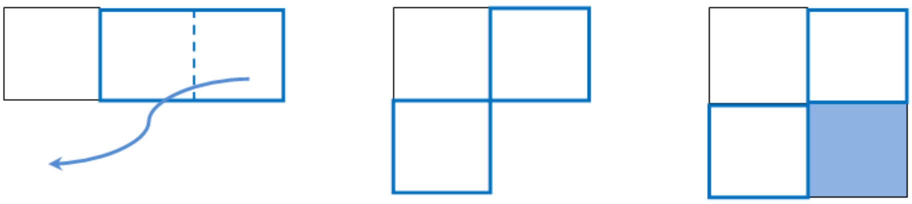


Abbildung 5 Illustration der handwerklichen Art und Weise, in der geometrisch argumentiert wurde.

Høyrup hatte gemerkt, dass das akkadische Wort „wa-si-tam“, das Neugebauer mit „Koeffizient“ übersetzt, eigentlich *Gesims* (oder das, was hervorragt) = *projection* bedeutet. Dieses Stück Gesims soll man nehmen und in der Mitte auseinanderbrechen. Hält man dann die beiden gleich langen Hälften (im rechten Winkel) gegeneinander, so wird ein Quadrat Q aufgespannt. Dieses Quadrat muss man zu der Γ-förmigen Fläche hinzufügen, um ein großes Quadrat zu erhalten. Hier merkt man, wie „konkret handwerklich“ im Text gesprochen wird. Høyrups Übersetzung ist uns etwas fremd, liegt aber den babylonischen Konzepten und Methoden viel näher als Neugebauers Übersetzung. Es hat sich gezeigt, dass Høyrup mit seinem Ansatz Recht hatte. Es wurde konkret anhand von Figuren argumentiert. Wahrscheinlich hat der Lehrer die relevanten Figuren in Sand gezeichnet.

Nun einige Beispiele aus der Forschung zur babylonischen Astronomie. Seit 1955 wissen wir, wie die berechnende mathematische Astronomie (wie Tafel ACT18) funktioniert; aber wir haben immer noch viele Lücken, wenn es darum geht, herauszufinden, wie die Babylonier

[9] Neugebauer (1935-1937).

[10] Høyrup (1990); die wichtigsten Wörter, die Høyrup auffielen, waren: Accumulate: gar.gar = *kamarum* = auf einen Haufen werfen, zusammenwerfen, addieren. Append: dah = *wasbum* = hinzufügen, anhängen, und Projection: *wa-si-tam* = Gesims.

diese numerische Astronomie aus ihren Beobachtungen konstruiert haben. Deshalb sind Texte aus den früheren Epochen ins Zentrum der Forschung getreten. Diese Texte enthalten oft Vorhersageregeln, die in kurze Worte zusammengefasst oder durch exemplarische Berechnungen präsentiert werden. Solche Texte sind schwieriger zu verstehen und zu rekonstruieren als die Zahlenkolonnen der mathematischen Astronomie. Es soll hier gezeigt werden, wie ein Textabschnitt mit Rechenbeispielen zur Vorhersage von Finsternissen gedeutet werden und wie die Goal-Year-Methode rekonstruiert werden konnte. Die Goal-Year-Methode wurde von den Babyloniern entwickelt, um z. B. die Zeit von Sonnenuntergang bis zum Untergang der neuen Mondsichel anhand früherer Beobachtungen vorhersagen zu können.

2.2 Vorhersage von Finsternissen

Wann Mondfinsternisse auftreten können, wurde in den sogenannten „Saros Schemes“ aufgezeichnet. Solche Tafeln, die viele Jahre umfassen, geben in aufeinanderfolgenden Kolonnen sämtliche Monate an, in denen eine Mondfinsternis möglich ist. Die Schemata basieren auf dem sogenannten Saros, einer wichtigen Finsternisperiode, nach der eine Mondfinsternis sich (irgendwo auf der Erde sichtbar) wiederholt. Diese Periode haben die Babylonier gekannt und verwendet, um das Auftreten von Finsternissen systematisch aufzuzeichnen. In Analogie hierzu wurden auch Saros-Schemata für Sonnenfinsternisse konstruiert. Da der babylonische Monat mit der ersten Sichtbarkeit des neuen Mondes (Neulicht) anfing, fanden Mondfinsternisse immer in der Mitte eines Monats statt und Sonnenfinsternisse immer in den letzten Tagen eines Monats.

Die Finsternisperiode „Saros“ besteht aus 223 Mond- (d. h. synodischen) Monaten. Ihre Bedeutung besteht darin, dass sich alle für den Mond wichtigen Bewegungen wiederholen.

223 Mond-Monate	= 6585 1/3 Tage = 241 Umläufe im Tierkreis
	= **18 Jahre + 10 5/6 Tage** = 242-malige Wiederkehr der Breite
	= 239-malige Wiederkehr der Anomalie (Geschwindigkeit)

Von den Babyloniern wurde diese Periode schlicht „18“ genannt. Die Saros-Schemata zeigen, dass die Babylonier imstande waren, „gefährliche“ Monate vorherzusagen, in denen eine Finsternis auftreten konnte; aber sie zeigen nicht, wie man den genauen Tag oder den Zeitpunkt der Finsternis finden kann. Wie die Babylonier auch den genauen Zeitpunkt einer zukünftigen Finsternis vorhersagten, ist auf der wichtigen Tafel TU11 aufgezeichnet. Dies ist ein Keilschrifttext aus Uruk, der viele astronomische Vorhersage-Methoden zusammenstellt. Die Tafel wurde von dem französischen Assyriologen Thureau-Dangin abgezeichnet und 1922 als No. 11 in „Tablettes d'Uruk“ veröffentlicht[11]. Da es aber ein sehr schwieriger Text ist, wurde nur ein kleiner Teil davon 1947 von Neugebauer publiziert. In Zusammenarbeit mit dem Assyriologen Hermann Hunger habe ich die Tafel bearbeiten und deuten können.[12] Ich werde zwei Abschnitte davon präsentieren und dabei zeigen, wie man vorgehen kann, um solche alten Texte zu entschlüsseln. Das erste Beispiel betrifft die Zeilen 22 bis 27 (Section 9) auf der Vorderseite von TU 11. Die Abzeichnung dieser Zeilen ist in der untenstehenden Figur (Abbildung 6) zu sehen.

[11] Vgl. Thureau-Dangin (1922)
[12] Brack-Bernsen und Hunger (2002).

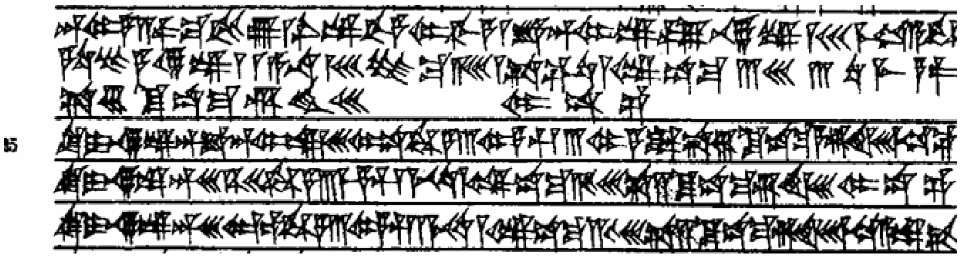


Abbildung 6 Teil von TU 11; Abzeichnung der Zeilen 22 bis 27 von der Vorderseite, siehe Thureau-Dangin (1922)

In vier Rechenbeispielen wird eine Methode zur Vorhersage von Finsternissen illustriert. Ausgehend vom Zeitpunkt einer beobachteten Finsternis wird diejenige Finsternis berechnet, die um 1 Saros später stattfindet. Die Babylonier wussten, dass ein Saros 6585 1/3 Tag dauert, so dass eine Finsternis sich nach einem Saros $\approx$ 18 Jahren wiederholt, aber um 1/3 Tag = 8 Stunden verschoben. In Babylon wurde der Tag in uš (Zeitgrad) gemessen, in denen 24 Stunden = 360° = 6,00 (= 6 x 60) uš ist, so dass die Verschiebung 8 Stunden = 2,00 uš beträgt.

Alle Forscher, mich eingeschlossen, die sich diese Rechnungen angeschaut hatten, kamen zu folgender **erster Interpretation**:

$$\mathbf{t = t_0 + 1/3\ day + 1/3\ night = t_0 + 2}$$

Dies ist aber eine recht ungenaue Vorhersagemethode, denn die zeitliche Verschiebung ist nur im Mittel gleich 2,00 uš. Je nach Position, Geschwindigkeit und Breite des Mondes variiert sie zwischen 1,30 und 2,30 uš.

Nachdem mir dann die Übersetzung von Hermann Hunger vorlag, erschien es mir verwunderlich, dass die Babylonier diese eigentlich einfache Rechnung so umständlich aufgeschrieben hatten.

Unten ist das erste Rechenbeispiel (im ersten Abschnitt von *Section 9*) wiedergeben; zuerst in der Transliteration und dann der Übersetzung durch Hermann Hunger, und darunter schematisch als von mir zusammengefasste Rechnungen.

Section 9

22) ...ITU AN-KU_{10}-ka ù ina 18-ka 1,30 ME NIM-a šal-šú

23) šá u_4-mu šá 18-ka 1 1 a-na 1,30 DAH-ma 2,30 1 ta-mar-tú ana UGU DU-ma 3,30 3 u_4- me šá BAR(?, text: PA)

24) TA ŠÀ E_{11} -ma re-hi 30 GE_6 GIN E

In(?) the month of your eclipse and in your 18(th year preceding) 1,30 is „after sunrise“, one third of the day of your 18(th year preceding) is 1. 1 add to 1,30, and (it is) 2,30. 1, the visibility, add(?) to it, and (it is) 3,30. 3, the length of daylight of month I(?) you subtract from it, and there remains 30; you call it „after sunset“.

Die Rechnungen:

Zeitpunkt der „alten“ Finsternis t_0	=	1,30 uš nach Sonnenaufgang
1/3 Tag = $1/3 \cdot 3$	=	1 (1 uš)
Summe:	=	2,30 (2,30 uš)
Visibility (= 1/3 Nacht?)		1 (1 uš)
Zeitpunkt der „neuen“ Finsternis t	=	3,30 uš nach Sonnenaufgang
Tageslänge (im ersten Monat)		3 (3,00 uš)
Zeitpunkt t der „neuen“ Finsternis	=	30 uš nach Sonnenuntergang

Aber warum sagte der Text nicht einfach: addiere 2 = 1/3 (Tag + Nacht)?

In den Rechenbeispielen der Babylonier diente Monat I immer als Beispiel für alle Monate. Man bemerke: nur in der Mitte von Monat I (der Monat der Frühlingstagundnachtgleiche) gilt, dass der Tag = die Nacht = 3,00 uš. In den Wintermonaten sind die Tage kürzer und die Nächte länger, so dass Tag und Nacht zusammen immer 6,00 uš dauerten. In allen vier Rechenbeispielen steht: addiere 1/3 Tag (oder 1/3 Nacht respektive) = 1, wonach später 1 = „die Visibilität“ dazu addiert wird. Es könnte ja sein, dass die erste 1 = 1/3 Tag bedeuten sollte, also eine variable Funktion, und die zweite 1 eine Konstante sein sollte. Das würde die merkwürdigen Beispielrechnungen erklären. Diese Idee führte zu einer hypothetischen **zweiten Interpretation, der sog. „TU11-Saros Länge“**:

$$\mathbf{t} \quad = \mathbf{t_0} + \mathbf{1/3\ Tag} + \mathbf{1} \qquad (t_0 \text{ am Tag, für Sonnenfinsternisse?})$$
$$\mathbf{t} \quad = \mathbf{t_0} + \mathbf{1/3\ Nacht} + \mathbf{1} \qquad (t_0 \text{ nachts, bei Mondfinsternissen?})$$

Um herauszufinden, welche Interpretation die bessere sei, wurde für 200 aufeinanderfolgende Vollmonde (ab 650 v. Chr.) die Dauer des Saros mit modernen Methoden berechnet und mit der zweiten Interpretation (der „TU11-Saros Länge“) verglichen.

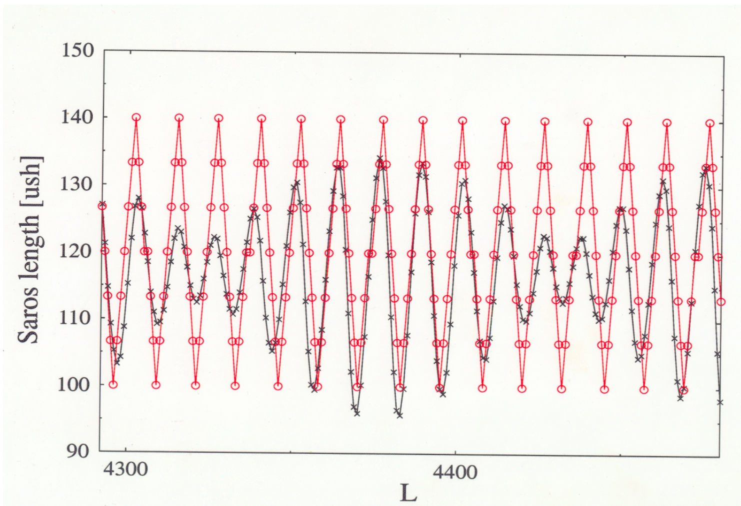


Abbildung 7 Kontrollrechnungen, die zeigen, dass die zweite Berechnungsmethode die Natur sehr gut beschreibt. Für 200 aufeinanderfolgende Vollmonde (ab 650 v. Chr.) wurde die Dauer des Saros mit modernen Methoden berechnet (schwarz) und mit der „TU11-Saros Länge“ (rot) verglichen.

Die Abbildung 7 zeigt eine überraschende Übereinstimmung zwischen der rekonstruierten babylonischen Methode (rote Kurve) und der Natur (schwarze Kurve). Dies ist eine starke

Bestätigung für die zweite Interpretation, die heutzutage allgemein akzeptiert ist – insbesondere weil die Zahlen der roten linearen Zickzack-Funktion in Keilschrifttexten gefunden worden sind.

2.3 Strategien, um die alten Texte zu entschlüsseln

Die babylonische Astronomie war eine Geheimwissenschaft, die nur den „Eingeweihten" zur Verfügung stehen durfte. Deshalb wurden die verschiedenen Vorhersagemethoden oft in wenigen Worten zusammengefasst – so kurz, dass nur diejenigen, welche die Methoden schon kannten, den Text verstehen konnten. In den Keilschrifttexten haben wir nie Erklärungen oder Begründungen gefunden. Im Gegenteil gibt es sogar Tafeln mit astronomischen Vorhersagemethoden, die mit einem Absatz anfangen, der jeden verflucht, der das Wissen an Falsche weitergibt:[13]

1) *Tablet of the secret of heaven, the hidden thing of the great gods. He must not give it out of hand; let him teach (it) to his son whom he loves.*
2) *To teach (it) to a non-citizen of Babylon or a non-citizen of Borsippa or any one who is not learned, is a taboo of Nabû and Nisaba.*
3) *. . . a non-citizen of Babylon or a non-citizen of Borsippa or any one who is not learned who does not . . . and speaks anything,*
4) *may Nabû and Nisaba not confirm him in the knowledge he learned, in poverty and loss*
5) *may they bring his [life(?)] to an end, and kill him with dropsy*

Eben weil die Deutung der Texte, also die Rekonstruktion der Vorhersagemethoden, so schwierig ist, bedarf es besonderer Strategien, um die alten Texte zu verstehen. Etliche der Strategien hierzu habe ich in folgende Fragen zusammengefasst:

- **Was wird berechnet – und wie?**
  Wenn wir (wie oben gezeigt) anders rechnen würden als von den Babyloniern vorgegeben, bedeutet dies, dass wir noch nicht alles verstanden haben.
- **Welche Konzepte wurden von ihnen verwendet?**
- **Wie genau sind die babylonischen Beobachtungen?**
  Diese Frage kann durch moderne Computercodes beantwortet werden, die weit in die Vergangenheit astronomische Phänomene berechnen und es erlauben, die alten Beobachtungen auf ihre Genauigkeit hin zu überprüfen. So konnte festgestellt werden, dass die Babylonier sehr gut und genau beobachtet haben. Weil es sich hier um Astronomie handelt, haben wir eine gute „**Kontrolle durch die Natur**", d. h. astronomische Berechnungen. Astronomische Berechnungen helfen uns, die babylonischen Vorhersagemethoden zu verstehen, denn sie sollten ja funktionieren. Wir gehen also davon aus, dass die Babylonier brauchbare Methoden entdeckt hatten. In einem Text kann man deshalb fragen: **Welche Beobachtungen AB wurden verwendet, um XY vorherzusagen**? Wenn man das herausgefunden hat, folgt eine **systematische Analyse von computersimulierten „Beobachtungen"**, um herauszufinden, ob es wirklich einen Zusammenhang zwischen den Beobachtungen AB und dem vorhergesagten XY gibt. Wird ein solcher Zusammenhang gefunden, haben wir einen ersten Hinweis darauf, dass der Text verstanden worden ist. In der Regel werden danach andere Texte gefunden, die diese Interpretation bestätigen.

[13] Die Übersetzung stammt von Hermann Hunger, siehe Brack-Bernsen und Hunger (2008).

Um zu illustrieren, womit sich TU 11 sonst noch beschäftigt, habe ich in Thureau-Dangins Zeichnung einige Zeichen farbig angemalt (Abbildung 8): Alle blauen Zeichen geben die Länge des babylonischen Monats an, d. h. ob er lang („full“) oder kurz („hollow“) war, also ob er 29 oder 30 Tage hatte. Die grün markierten Zeichen sind „Lunar Six“-Zeitintervalle (s.u.) zwischen Auf- und Untergang von Sonne und Mond, die bei Neu- und Vollmond gemessen wurden. Die Dauer des babylonischen Monats sowie die Zeitintervalle kamen in fast allen Abschnitten (auch auf der Rückseite) vor. Hier wurden Methoden zu ihrer Vorhersage gesammelt.

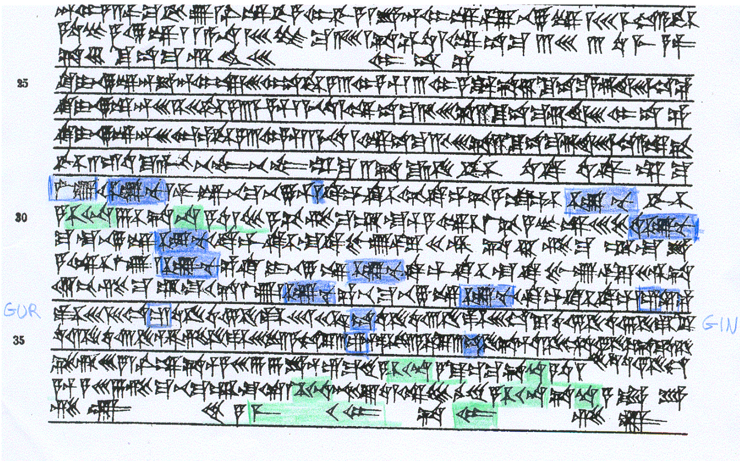


Abbildung 8 Die untere Hälfte von Tafel TU 11, wo die Monatslänge blau und „Lunar Six“ grün markiert sind, siehe Thureau-Dangin (1922).

2.4 Die „Lunar Six“

Heute haben wir Uhren und können z. B. von ihnen ablesen, dass der Vollmond an einem Tag bei Sonnenaufgang, sagen wir um 6 h, untergeht. Am nächsten Tag hat sich der Mond so weit im Verhältnis zur Sonne bewegt, dass er erst lange nach Sonnenaufgang, etwa um 6 h 50 untergeht, dass also der Mond sich in einem Tag um etwa 50 Minuten verspätet hat. Auch die Babylonier haben sich für die tägliche Verspätung des Mondes interessiert und diese vielfach in Vorhersageregeln verwendet; aber sie haben sie anders gemessen: Die Zeit (ŠU) vom letzten Monduntergang vor Sonnenaufgang zum Aufgang der Sonne wurde gemessen, und am nächsten Morgen wurde wiederum die Zeit (NA) vom Sonnenaufgang zum Untergang des Vollmondes gemessen. Die Summe ŠU + NA misst damit, um wieviel sich der untergehende Mond im Verhältnis zur Sonne verspätet hat. Entsprechende Zeitdifferenzen (ME und GE_6) wurden bei zwei aufeinanderfolgenden Aufgängen des Vollmondes gemessen. Diese Zeitdifferenzen, die „Lunar Four“, wurden seit den ganz frühen *Diaries* beobachtet und gemessen (wohl erst mit einem Jakobsstab und später mit Wasseruhren). Um Neumond herum ist der Mond wegen seiner Nähe zur Sonne nur sichtbar, wenn die Sonne genügend weit unter dem Horizont steht. Hier konnten noch zwei charakteristische Zeitdifferenzen gemessen werden: die Zeit vom letzten sichtbaren Aufgang des alten Mondes bis zum Sonnenaufgang, und, nach der Konjunktion, die Zeit von Sonnenuntergang bis zum Untergang der neuen Mondsichel. Notabene: es sind genau diese Zeitdifferenzen für 13 aufeinanderfolgende Monate, die auf der Tafel ACT 18 berechnet wurden. Diese insgesamt sechs Zeitdifferenzen werden heute die „Lunar Six“ genannt. Sie wurden mindestens seit 600 Jahren v. Ch. regelmäßig gemessen und aufgezeichnet.

Table 1
Transcription of the Goal-Year text LBAT 1285

year	175		year	176										
VII	15	*ŠÚNA*	I 1			V 1	15 10	*NA*	IX 30	10 20				
	8	*MEGE*$_6$	14.	4 10	*ŠÚ*	14.	4	*ME*	13.	7 30	*ŠÚ*			
VIII	15	*ŠÚNA*	15.	3 20	*ME*	14.	2 20	*ŠÚ*		6 30				
	9 40*	*MEGE*$_6$	15.	4	*NA*	15.	5	*GE*$_6$						
IX	14 50	*ŠÚNA*	16.	10 40	*GE*$_6$	15.	15	*NA*						
	12 10	*MEGE*$_6$	27.	15	*KUR*	27.	20	*KUR*						
X	14	*ŠÚNA*	II 30			VI 1	12	*NA*	X 1	20	*NA*			
	13	*MEGE*$_6$	15.	10	[*ME*]	13.	7	*ŠÚ*	11.	13 40	*ŠÚ*			
XI	9 30	*ŠÚNA*	15.		*ŠÚ*	14.	1 30	*ME*	12.	1 30	*NA*			
	13 30	*MEGE*$_6$	16.	6	*GE*$_6$			*NA*	13.	5 30	*ME*			
XII	8 40	*ŠÚNA*	16.	9	*NA*			*GE*$_6$	14.	7 30	*GE*$_6$			
	14 30	*MEGE*$_6$	28.	9 50	*KUR*	27.	16	*KUR*	27.	10 10	*KUR*			
...	...	...	III 1	23	*NA*	VII 1	11 30	*NA*	XI 30	17	*NA*			
175 XII$_2$	night 15	☾ ecl.		10	*ME*	12.	13	*ŠÚ*	12.	6	*ŠÚ*			
175 XII$_2$	day 29	⊙ ecl.	14.	9	*ŠÚ*	13.	7	*ME*	13.	2 50	*NA*			
176 VI	night 14	☾ ecl.	15.	4 20	*GE*$_6$	13.	3 40	*NA*	14.	0*	*ME*			
...	...	...	15.	5 30	*NA*	14.	1 10	?	15.	15	*GE*$_6$			
year	175		27.	20 30	*KUR*	27.	15 30	*KUR*	27.	11	*KUR*			
XII$_2$ 30	11	*NA*	IV 30	13	*NA*	VIII 1	15	*NA*	XII 30	13	*NA*			
14.	3 50	*ŠÚ*	14.	12 20	*ME*	12.	2	*ŠÚ*	13.	4 30	*ŠÚ*			
15.	7 40	*ME*	14.	15	*ŠÚ*	13.	5	*ME*	14.	7	*ME*			
15.	3	*NA*	15.	0 40	*GE*$_6$	13.	13	*NA*	14.	2 30	*NA*			
16.	6 20	*GE*$_6$	15.	2 20	*NA*	14.	4	*GE*$_6$	15.	6	*GE*$_6$			
27.	16 30	*KUR*	27.	14 20	*KUR*	26.	22	*KUR*	27.	16	*KUR*			
									I 30	10 40	*NA*			

Between the dots (...) in the first column, the table contains three reports on eclipses of which we here only render the dates. An asterisk (*) signifies collation by Sachs (H. Hunger, private communication).

Abbildung 9 Die Monddaten auf der Goal-Year-Tafel LBAT 1285, von Brack-Bernsen (1999) zusammengestellt.

Ich hatte nun postuliert, dass die Babylonier die Periode der zweiten Kolonne in ACT 18 (sowie in allen Ephemeriden von demselben Typus) anhand von Summen der „Lunar Four“ konstruiert hatten.

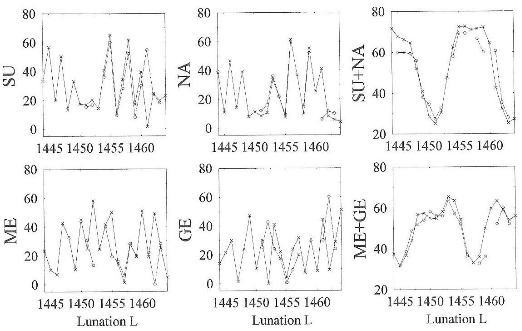


Abbildung 10 Kontrolle der „Lunar Four“-Daten auf LBAT 1285 durch astronomische Zurückrechnungen, Brack-Bernsen (1999).

Um meine Hypothese zu untermauern, musste festgestellt werden, ob die beobachteten babylonischen Daten für diesen Zweck genügend genau waren. Da boten sich die sogenannten „Goal-Year“ Texte an. Das sind Tafeln, die mit einem kommenden Jahr J, dem „Zieljahr“ in Sicht, zahlreiche astronomische Beobachtungen zusammenstellten, die dazu dienten, astronomische Vorhersagen für das Zieljahr machen zu können. Für Jupiter wurden z. B. die charakteristischen Phasen vom Jahr J - 71 aufgeschrieben. Das ist sinnvoll, denn diese Phasen wiederholen sich ungefähr nach 71 Jahren. Die Monddaten, die auf einer „Goal-Year“-Tafel gesammelt sind, stammten vom Jahr J - 18, einem Saros vor dem Zieljahr. Beobachtete Finsternisse wurden notiert, aber auch – Monat für Monat – sämtliche Lunar Six, die im Jahr J - 18 zu messen waren. Solche Goal-Year-Texte, die viele „Lunar-Six“-Zeitintervalle enthalten, können dazu dienen, die Genauigkeit der babylonischen Daten zu überprüfen. Abbildung 10 stellt die Monddaten von der Rückseite der Tafel LBAT 1285 zusammen.[14] Das Zieljahr ist das Jahr 194 in der Seleukidischen Ära, so dass die

[14] Die Goal-Year Tafeln waren damals nur in (Pinches' und Strassmaiers) Kopien von A. Sachs publiziert worden in Sachs (1955).

Monddaten aus dem Jahre SE 176 $\sim$ Jahr 136 v. Chr. stammen. Wie gut sind diese Daten? Moderne Computercodes haben es erlaubt, die Auf- und Untergangszeiten von Sonne und Mond im Jahre 136 v. Chr. zu berechnen. Abbildung 10 zeigt eine sehr schöne Übereinstimmung zwischen „Theorie“ und Praxis (vor 2100 Jahren): zwischen computer-simulierten und babylonischen „Observationsdaten“. Wir sehen, dass die babylonischen Astronomen exzellente Beobachter waren.

Das Kolophon am unteren Rand der Rückseite lautet in der Übersetzung von Hunger[15]:

> *First days, appearances, passings, and eclipses, which were established for year 194, King Arsaces.*

Die Frage stellt sich, wie diese Daten aus dem Jahre 136 v. Chr. verwendet werden konnten, um Mond-Vorhersagen für das Jahr 118 v. Chr. zu machen. Oben wurde schon gezeigt, wie die Babylonier Finsternisse vorhersagen konnten, aber wie steht es mit den „Lunar Six“? Um zu überprüfen, ob es eventuell einen Zusammenhang zwischen „Lunar Six“-Daten gibt, die um einen Saros auseinander liegen, wurden ab JD 1636521 = 20. Juli 233 v. Chr. solche Monddaten für 30 aufeinanderfolgende Monate berechnet.

In Abbildung 11 sind diese Daten mit Linien verbunden (mit kleinen Kreuzen) zu sehen. Sie werden mit denjenigen Daten verglichen, die um einen Saros früher zu beobachten gewesen wären: mit Linien verbunden (mit kleinen schwarzen Kreisen). Wir sehen hieraus, dass der Messwert NA (die Zeit von Sonnenaufgang bis zum Untergang des Vollmondes) sich nicht nach einem Saros wiederholt. Ein Zusammenhang zwischen den beiden Kurven im obersten Kasten ist schwer zu erkennen. Die täglichen Verspätungen des Mondes hingegen wiederholen sich nach einem Saros: Die beiden Kurven für ŠU+NA (bei Monduntergang gemessen) und ME+GE_6 (bei Mondaufgang gemessen) fallen sozusagen zusammen. Hier kommt nun aber unser Wissen über den Saros zum Tragen, denn wir wissen, dass sämtliche relevanten Mondparameter sich nach einem Saros wiederholen: seine Phase (Vollmond), seine Geschwindigkeit, seine Breite (d. h. der Abstand vom Tierkreis) und seine Position im Tierkreis. Das einzige, was sich verändert hat, ist der zeitliche Abstand zwischen Konjunktion (Zusammentreffen) von Sonne und Mond und Sonnenaufgang. Dieser ist um 1/3 Tag verschoben. Dementsprechend wurde der „neue“ ŠU um 1/3 der täglichen Verspätung länger, während NA(neu) um denselben Betrag kürzer wurde:

$$\begin{aligned}\text{ŠU(neu)} &= \text{ŠU(alt)} + 1/3\ (\text{ŠU} + \text{NA})\\ \text{NA(neu)} &= \text{NA(alt)} - 1/3\ (\text{ŠU} + \text{NA})\end{aligned}$$

Diese sehr einfache Weise zu entdecken, die (für uns komplizierten und schwer zu berechnenden) Zeitdifferenzen berechnen zu können, war überraschend und sehr imposant. Dass die Babylonier diese komplizierten Zeitintervalle auf so einfache Weise vorhergesagt haben, wird durch etliche Keilschrifttafeln bestätigt.

Es müssen also viele verschiedene Faktoren zusammenspielen, wenn man die frühesten Wissenschaften erforscht: Man muss die Zahlen und Zahlensysteme kennen und die Berechnungen nachvollziehen und verstehen können. Man sollte außerdem rechnen und argumentieren können wie in den alten Texten. Modernes Wissen und Können (hier: astronomische Berechnungen) darf zwar eingesetzt werden, aber die Hypothesen oder Rekonstruktionen sollten immer durch andere Keilschrifttexte bestätigt werden.

[15] Hunger (2006, S. 275).

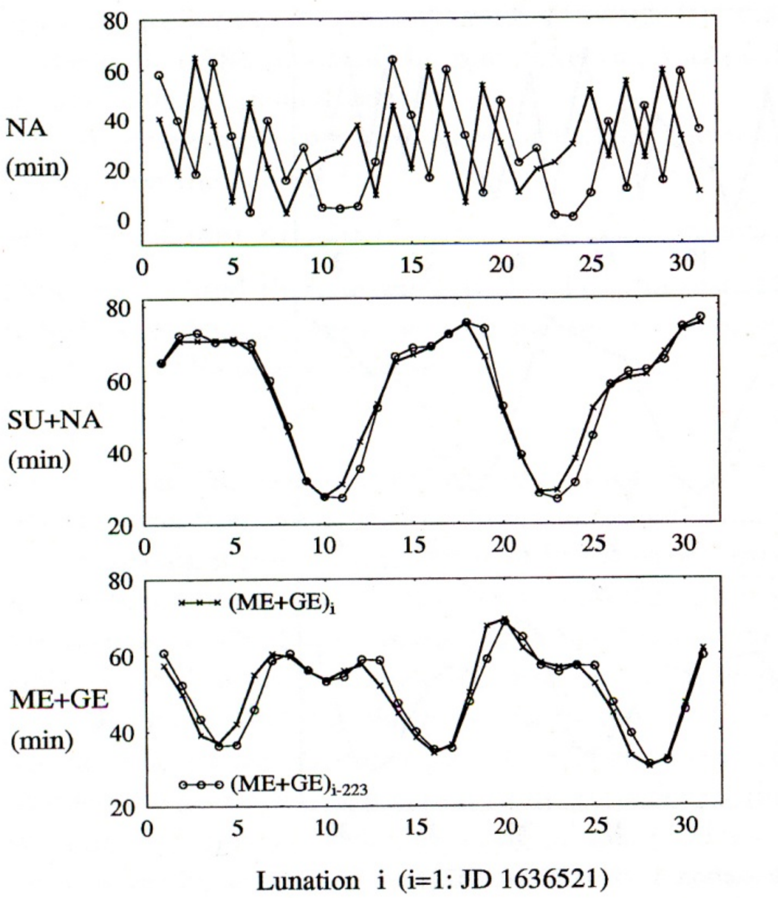


Abbildung 11 Vergleich von Messwerten, die um 1 Saros auseinander liegen. Die „neuen" Daten (Linien mit kleinen Kreuzen) fangen beim Jahr 233 v. Chr. an, während die „alten" Daten um einen Saros älter sind. Diese Linien sind mit kleinen schwarzen Kreisen markiert, siehe Brack-Bernsen (1999, S. 162).

3 Zusammenfassung

Das, was bei diesen Texten am einfachsten zu verstehen ist, sind Zahlen und Berechnungen – also formale Sprachen. Das war es auch, was tradiert wurde und was zuerst von den modernen Wissenschaftlern gedeutet wurde. Die Zahlen in den numerischen Funktionen der berechnenden Astronomie erlaubten es modernen Forschern, die Texte astronomisch zu deuten, Fachwörter zu identifizieren und Berechnungsmethoden zu rekonstruieren. Um aber alte astronomische oder mathematische Texte tiefer zu verstehen, muss man die damalige Sprache und die Kultur noch besser kennen und die Texte ganz genau analysieren. Sprachkenntnisse können z. B. dann dazu führen, dass wir verstehen, wie die sog. „babylonische Algebra" durch Betrachtung von geometrischen Figuren entstanden ist. Im Falle der babylonischen Astronomie haben wir die Natur als helfende Instanz. Unser eigenes astronomisches Wissen und Können spielt dabei eine große Rolle; denn wir können die damaligen Himmelserscheinungen heute berechnen. In frühen Texten können wir erkennen, welche astronomischen Beobachtungen die Babylonier verwendeten, um andere astronomische Ereignisse vorherzusagen. Durch systematische Analyse von computersimulierten Beobachtungen ist es möglich, die extrem kurz gefassten Vorhersageregeln zu rekonstruieren. Dadurch können Fachwörter identifiziert und verstanden werden, und die Rekonstruktionen können durch andere Texte bestätigt werden. Es sind also viele verschiedene Faktoren, die zusammenspielen müssen, wenn wir erfolgreich erforschen wollen, wie die frühesten Wissenschaften entstanden sind.

Literatur

Brack-Bernsen, L. (1999). Goal Year Tablets: Lunar Data and Predictions. In N. M. Swerdlow (Hrsg.), *Ancient Astronomy and Celestial Divination* (S. 149–177). Cambridge, Massachusetts, USA, London, England: MIT Press.

Brack-Bernsen, L. & Hunger, H. (2002). TU 11, A Collection of Rules for the Prediction of Lunar Phases and of Month Lenghts. *SCIAMVS* (3), 3–90.

Brack-Bernsen, L. & Hunger, H. (2008). BM 42282+42294 and the Goal-Year Method. *SCIAMVS* (9), 3–23.

Hunger, H. (2006). *Astronomical Diaries and Related Texts from Babylonia, Volume VI Goal-Year Texts.* Wien: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.

Høyrup, J. (1990). Algebra und Naïve Geometry. An Investigation of Some Basic Aspects of Old Babylonian Mathematical Thought. *Altorientalische Forschungen* (17).

Neugebauer, O. (1935-1937). *Mathematische Keilschrifttexte I-III, Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik und Physik, Abt. A, 3 Bände.* Berlin: Verlag Julius Springer.

Neugebauer, O. (1947). Studies in ancient astronomy VIII, The water clock in Babylonian astronomy. *ISIS*, *37* (1-2), 37–43.

Neugebauer, O. (1955). *Astronomical Cuneiform Texts (ACT) Vols. I-III.* London: Lund Humphries.

Nissen, H. J., Damerow, P. & Englund, R. K. (1990). *Frühe Schrift und Techniken der Wirtschaftsverwaltung im alten Vorderen Orient. Informationsspeicherung und -verarbeitung vor 5000 Jahren.* Bad Salzdetfurth: Verlag franzbecker.

Sachs, A. J. (1955). *Late Babylonian Astronomical and Related Texts.* Providence, RI: Brown University Press.

Sachs, A. J. & Hunger, H. (1988, 1989 und 1996). *Astronomical Diaries and Related Texts from Babylonia. Volumes I, II, III: Diaries from 652 B.C. to 61 B.C.* (2. Aufl.). Wien: Österreichische Akademie der Wissenschaften.

Thureau-Dangin, F. (1922). Tablettes d'uruk. *Musée du Louvre, Textes cunéiformes*, *6*.

Allgemeine Diskussion

Das anschließende Dreiergespräch zwischen der geladenen Diskutantin aus der mediävistischen Literaturwissenschaft[1] und den beiden Vortragenden sowie die nachfolgende allgemeine Diskussion thematisierten die unterschiedlichen Bedingungen, unter denen in verschiedenen Zeiten und Kontexten wissenschaftlich gearbeitet wurde: zunächst am Beispiel der mittelalterlichen gelehrten Mönche, einer sehr kleinen, aus der Gesellschaft herausgehobenen Expertenelite mit einer gemeinsamen, vom Alltag unabhängigen Sprache, die für die Wissenschaft, aber nicht von der Wissenschaft lebte und Astronomie und Mathematik erforschte, ohne damit das Konzept eines geschichtlichen Fortschritts zu verbinden, in dem Neues per se dem Altem überlegen wäre, und ohne die Vermarktung von Wissen und Wissenschaften und von Forschungsergebnissen; dann an weiteren Beispielen von Denk-Kollektiven kleinen oder riesigen Ausmaßes („big science") sowie am Beispiel der „invisible colleges" und ihrer Briefkommunikation. Die Frage nach dem, was in den Wissenschaften als „erfolgreich" zu bewerten ist, wurde gestellt und das Konzept des wissenschaftlichen „Fortschritts" in historischer Perspektive problematisiert. Im Hinblick auf die wissenschaftliche Kommunikation und ihre Zeiten, Räume und Sprachen übergreifende Leistungsfähigkeit wurden auch Brüche und Grenzen der Möglichkeiten, zu verstehen und sich verständlich zu machen, diskutiert, insbesondere aufgrund der zunehmenden Spezialisierung in den Wissenschaften. Die formalen Sprachen wurden an Beispielen aus der Mathematik einerseits als Fortschritt für die wissenschaftliche Kommunikation, andererseits im Zusammenhang mit der starken Spezialisierung auch als Gefahr für diese gesehen.

[1] Prof. Dr. Edith Feistner, Universität Regensburg, siehe oben („Einführung").