Mitt. Math. Ges. Hamburg **33** (2013), 43–73

Babylonische Astronomie und Mathematik

Lis Brack-Bernsen

1 Vorschau

Thema der Tagung war „Mathematik jenseits des Abendlandes“, und dieser Beitrag hat vorwiegend von der babylonischen Astronomie gehandelt. Ein kurzer Blick in die babylonische Mathematik hat aber auch nicht gefehlt. Dasselbe gilt für diese schriftliche Version des Vortrages. Etliche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, um vorhersagende oder berechnende Astronomie betreiben zu können. Eine Schriftsprache muss vorhanden sein und auch eine adäquate Zeitrechnung (Kalender) sowie ein funktionierendes Zahlensystem. Damit ist ein Zahlensystem gemeint, in dem die Grundrechenoperationen einigermaßen einfach auszuführen sind.

Einleitend wird über die Entstehung der Zählsysteme und der Schrift in Mesopotamien berichtet. Dann wird die numerische Astronomie der Babylonier anhand von Texten präsentiert und charakterisiert. Die babylonische Astronomie ist numerisch und phänomenologisch. Sie basiert auf jahrhunderte langer Beobachtung: Wiederholung und Regelmäßigkeit spezieller astronomischer Ereignisse werden festgehalten, und sich wiederholende astronomische Phänomene werden mit numerischen Funktionen „beschrieben“. Diese sehr elegante, numerische Astronomie funktioniert also ganz anders, als wir es uns von der bekannten klassischen Astronomie gewöhnt sind. Soviel wir wissen, haben die Babylonier in ihren astronomischen Berechnungen keinerlei geometrische Modelle verwendet, sondern nur numerische Reihen, und sie waren sehr geschickte Numeriker. Dazu kommt, dass die babylonische Astronomie Teil der so genannten mesopotamischen Weisheit war, in der man nicht zwischen Astronomie und Astrologie unterschieden hat; diese waren eins und dasselbe. Eine ihrer wichtigen Funktionen - als „Ratgeber für die Könige“ - soll durch Briefe belegt werden.

2 Entstehung der Keilschrift

Mesopotamien ist in vielerlei Hinsicht einzigartig. Hier ist, soviel wir wissen, die früheste Schrift der Welt entstanden. Die schriftlichen Zeugnisse sind auf Tontafeln geschrieben, die nicht, wie z.B. Papyrus oder Pergament, mit der Zeit verderben. Im Gegensatz zu den griechischen mathematischen Quellen, von denen man nur Abschriften von Abschriften von Abschriften hat (da eine Pergamentrolle nach etwa 400 Jahren Gebrauch unlesbar wird), findet man in Irak Tontafeln, die aus vor-antiker Zeit stammen.

Figur 1

Figur 2

Tokens aus der Zeit um 3300 v. Chr.(Figur 1) und Tonkugel mit Inhalt - und Abdrücke davon - aus derselben Zeit (Figur 2).

Die Zeitspanne, aus der es schriftliche Zeugnisse in Keilschrift gibt, umfasst mehr als drei Jahrtausende: von ca. 3200 v. Chr. bis A.D. 69. Schrift und Zahlensystem sind langsam durch Weiterentwicklung von Tokens und archaischen Texten entstanden, die im Kontext der Wirtschaftsverwaltung im südlichen Mesopotamien entstanden sind. Im untenstehenden Schema sind Zeitpunkte, die für unsere Fragestellung wichtig sind, angegeben. Tokens sind kleine verschiedentlich geformte Gebilde aus Ton, die, soviel wir wissen, Gegenstände repräsentieren sowie Mengenangaben anzeigen sollten. Sie wurden wohl, je nach Form, als Pfand für Schafe, Kühe usw. verwendet - eine Art Zählsymbole. Man findet sie aus späterer Zeit auch in Tonkugeln eingeschlossen - wobei sie manchmal in die Oberfläche von gesiegelten Tonkugeln gedruckt wurden. Damit wurden die gegenständlichen Tokens überflüssig - und die Protokeilschrift, auf Tontafeln eingedrückt und eingeritzt, entstand. Daraus entwickelte sich die Keilschrift: Statt Figuren oder Symbole mit einem spitzen Rohr einzuritzen, wurden diese mit einem dreieckig zugeschnittenen Rohr, das schräg oder gerade in den Ton eingedruckt wurde, stilisiert nachgezeichnet. Diese sehr überzeugende Deutung der Tokens und ihrer Bedeutung bei der Entstehung der Proto-Keilschrift wurde 1977 von der französischen Archäologin Denise Schmandt-Besserat vorgeschlagen. Die unten stehende Tabelle gibt den ungefähren Entstehungszeitpunkt wichtiger Textgattungen an.

Zeitspanne

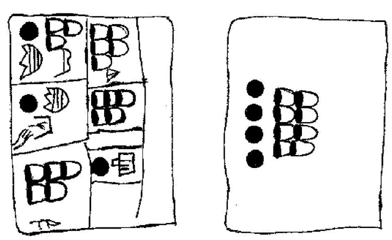
[8000 - 4000 v. Chr.: Tokens]
∼ 3200 v. Chr.: Protokeilschrift, Zählsymbole
∼ 2600 v. Chr.: Sumerische Lyrik in Keilschrift
∼ 2100 v. Chr.: Das Sexagesimalsystem wurde eingeführt
∼ 1900 v. Chr.: Altbabylonische Mathematik
∼ 1700 v. Chr.: Venusbeobachtungen
∼ 1400 v. Chr.: EAE und MUL.APIN
∼ 750 - 69 v. Chr.: Astronomische Beobachtungen + Vorhersagen
∼ 260 v. Chr.: Mathematische Astronomie

Figur 3 Das Gebiet von Mesopotanien

Die wichtigsten antiken Städte sind jeweils durch drei kleine schwarze Punkte markiert. Städte aus unserer Zeit sind durch Kreise markiert.

3 Die Entstehung des babylonischen Sexagesimalsystems

Die (Proto-)Keilschrift ist in einer sich schnell entwickelnden Gesellschaft entstanden. Die südmesopotamische Stadt Uruk ist sehr schnell gewachsen und hatte um 3200 v. Chr. bis zu 45.000 Einwohner. Dabei wurde es für die Verwaltung unumgänglich, mancherlei Informationen schriftlich festhalten zu können. Die archaischen Tontafeln aus Uruk halten u. a. Mengen von Getreide oder Getreideprodukten fest.



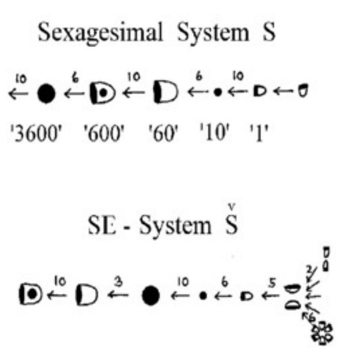
Figur 4 Abzeichnung einer Tontafel mit Verwaltungstext aus Uruk.

Wir sehen hier eine frühe Schriftstufe. Die Oberfläche ist durch Ritzlinien aufgeteilt. Zählsymbole wurden mit einem runden Rohr, das gerade oder schräg gehalten wurde, in den Ton eingeprägt. Ikonogramme wurden mit einem spitzen Rohr eingeritzt.

Es gibt eine ganze Sammlung solcher Tafeln, die ähnlich strukturiert sind. Die Einträge auf der Vorderseite wurden auf der Rückseite aufsummiert. Die in Figur 4 abgebildete Tafel zeigt beispielhaft, wie man die Beziehungen zwischen Zahlsymbolen finden kann. Auf der Vorderseite zählen wir 18 D-förmige Löcher, die durch ein schräg gehaltenes Rohr entstanden sind, sowie 3 runde Löcher, die entstehen, wenn das runde Rohr senkrecht in den noch feuchten Ton hereingedrückt wird. Die Summe auf der Rückseite hat 4 runde Löcher ●, aber nur 8 D-förmige. Daraus folgt, dass ein rundes Loch dieselbe Anzahl angibt wie 10 D-förmige.

Der schwedische Mathematiker Ernst Jöran Friberg hat als erster die Zahlsymbole auf den archaischen Schrifttafeln analysiert (Friberg 1984). Später hat dann eine Forschergruppe aus Berlin die große Erlenmeier-Sammlung von archaischen Texten aus Uruk analysiert und dabei weitere Erkenntnisse über die frühe Phase der Schriftentwicklung gewonnen (Nissen et al 1991). Diese frühen Texte zeigen, dass je nach Objekt mittels unterschiedlicher Zahlzeichensysteme gezählt wurde. Die Gruppe aus Berlin konnte 60 verschiedene Zahlzeichensymbole identifizieren, die in 13 unterschiedlichen Systemen verwendet wurden.

Das so genannte Sexagesimal System S zur Zählung von diskreten Objekten (z. B. von Menschen oder Tieren) wird zuoberst in Figur 5 gezeigt. Darunter wird ein anderes Zahlensystem, das ŠE-System Š, gezeigt, das zur Notierung von diskreten Getreideprodukten verwendet wurde. Das System zur Notierung von Hohlmaßen von Gerste war wiederum ganz anders und auch verschieden vom System zur Zählung von Hohlmaßen von Milchprodukten. Wir haben es also hier nicht mit abstrakten Zahlen zu tun, denn Zahlzeichensysteme und Zahlsymbole waren eng mit den gezählten Gegenständen verknüpft. Auch waren die Relationen zwischen den Zahlzeichen unterschiedlich: oben wurde illustriert, wie 10 „D -Löcher“ gleich 1 ● ist. Wurden hingegen Hohlmaße von Getreide gezählt, dann wurden 6 D-Symbole als ein ● gerechnet. Wir haben es hier also mit kontextabhängigen Zahlensystemen zu tun.



Figur 5
Die beiden Zahlzeichen-Systeme S und Š. Die Pfeile mit Zahlen geben an, wie viele Einheiten jeweils zur nächsthöheren Einheit zusammengefasst werden. Um die Zahlzeichen zu schreiben, wurden ein dünnes und ein dickeres rundes Rohr verwendet. Später wurden die unterschiedlich dicken runden Rohre mit dreieckig geformten Stäben ersetzt. Je nach Richtung der Einprägung im Ton entsteht dadurch ein Winkel oder ein senkrechten Keil. (Daher die Bezeichnung „Keilschrift“.)

Aus dem System S hat sich später das bekannte babylonische Sexagesimalsystem entwickelt, das in den mathematischen und astronomischen Texten verwendet wurde. In der Zeit um 2100 v. Chr. wurde ein neues und einheitliches Berechnungssystem eingeführt: für Berechnungen sollte ausschließlich das einheitliche Sexagesimalsystem verwendet werden. Alle Mengenangaben, die in den jeweiligen traditionellen Einheiten notiert waren, wurden ins Sexagesimalsystem umgerechnet, die Berechnung durchgeführt, und das Resultat wurde wieder umgerechnet und in den artspezifischen Einheiten angegeben.

4 Das babylonische Sexagesimal-System

Das babylonische Sexagesimalsystem ist ein Positions-Zahlensystem mit der Basis 60. Wir finden Spuren davon in unseren Zeiteinheiten: jede Stunde wird in 60 Minuten geteilt und jede Minute enthält 60 Sekunden (analog für Grade und Minuten in der Winkelmessung).

Unser Zehnersystem ist ein Positions-Zahlensystem mit der Basis 10.

Jeder weiß. was 1379 bedeutet: $1 \cdot 1000 + 3 \cdot 100 + 7 \cdot 10 + 9$
Und Jeder weiß, was 13h 7min 9sec oder kurz: 13h 7' 9" bedeutet, und wir können diese Zeitspanne auch in Sekunden umrechnen:

$13h\ 7'\,9'' = 13 \cdot 60 \cdot 60 + 7 \cdot 60 + 9$ sec = 47229 Sekunden.

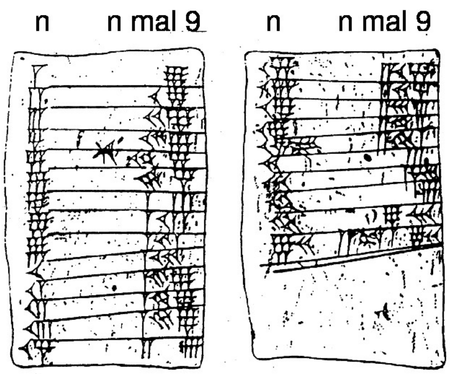
Das babylonische Sexagesimalsystem funktioniert ganz analog. Die oben erwähnten 47229 Sekunden wären im babylonischen Zahlsystem als

„13 7 9“ $[= 13 \cdot 60^2 + 7 \cdot 60 + 9]$

notiert worden. Hier haben wir unsere indo-arabischen Zahlen verwendet, die Babylonier schrieben ihre Zahlen in Keilschrift: ein Keil steht für eins, (| = 1) zwei Keile für 2 (|| = 2) und ein Winkel bedeutet 10 (<= 10), während drei Winkel (<<<) 30 bedeutet. Mit dieser additiven Schreibweise konnten alle Zahlen von 1 bis 59 notiert werden. Die Zahl 23 würde also etwa wie << ||| und 63 wie | ||| aussehen.

Figur 6 enthält die Abzeichnung von einer Multiplikationstafel (hier $n \cdot 9$), aus der man sehen kann, wie die Zahlen notiert wurden. Die Schreibweise für 63 ist in Zeile 7 zu finden.

Alle Zahlenmanipulationen waren für die Babylonier einfach auszuführen: Multiplikation kann leicht anhand von Multiplikationstafeln ausgeführt werden. Addition und Subtraktion geht wie bei unserem Zehnersystem; und statt eine Zahl Z mit d zu dividieren, wurde das Inverse von d, i=1/d, aus einer Reziproktabelle gefunden (i = 60:d) und Z wurde dann mit i multipliziert. Reziproktabellen gab es nur für reguläre Zahlen d (das sind Zahlen, die nur die Primfaktoren 2, 3 und 5 enthalten). Sollte etwa durch 7 dividiert werden, verwendeten die Babylonier Näherungen.



Figur 6 Das „n mal 9“.
In der linken Kolonne steht der Faktor n und in der rechten Kolonne das Resultat n mal 9.
Der Faktor n nimmt alle ganzen Zahlen von 1 bis 19 an und danach nur 20, 30, 40 und 50. Die letzte Zeile auf der Rückseite (d.h. rechts) gibt die Kopfzeile der nächsten Multiplikationstafel:
8 20 a ra 1 8 20.
(„a ra“ bedeutet „mal“.)

So wie wir Dezimalbrüche haben, verwendeten die Babylonier Sexagesimalbrüche, die genau so gut zu handhaben sind wie unsere Dezimalbrüche. Wir notieren Dezimalbrüche, indem wir durch ein Komma die ganzen Zahlen von den Brüchen trennen (z. B. 365,2422). Dies taten die Babylonier nicht; sie gaben aber manchmal die Größenordnung durch Angabe von Einheiten an. Eine Zahl wie 13 7 9 ist also mehrdeutig: Sie kann wie im Beispiel oben $13 \cdot 60^2 + 7 \cdot 60 + 9$ bedeuten, was wir heute mit 13, 7, 9 wiedergeben. Es kann aber jede Zahl $60^z(13 \cdot 60^2 + 7 \cdot 60 + 9$ bedeuten, wo z eine ganze (positive oder negative) Zahl ist. Ist z als -2 zu verstehen, geben wir heute die Zahl durch 13; 7, 9 wieder. Diese durch „;“ angedeutete Nullstelle ist also eine moderne Konvention und Interpretation. Im Keilschrifttext stehen nur die Zahlen für 13 7 9. Meistens gibt diese Unbestimmtheit keinen Anlass zur Unsicherheiten, denn aus dem Kontext wird klar, wo die Nullstelle sein soll.

Der Mathematiker und Wissenschaftshistoriker Otto Neugebauer, der als Pionier viele mathematische und astronomische Keilschrifttexte ediert und uns dadurch zugängig gemacht hat, betonte immer, dass die Babylonier im Gegensatz zu den Ägyptern Astronomie auf hohem Niveau treiben konnten, weil sie ein „gescheites“ Zahlensystem hatten, mit dem man leicht rechnen konnte, während die Ägypter Rechnungen nur mit großem Aufwand ausführen konnten. Die Babylonier arbeiteten mit Sexagesimalbrüchen, während die Ägypter Zahlen zwischen 0 und 1 durch Summen verschiedener Stammbrüche darstellte. Zum Beispiel wurde die Zahl „zwei siebtel“ nie als 1/7+1/7, sondern als 1/4 + 1/28 geschrieben. Man kann leicht erahnen, dass solche Zahlen ungeeignet sind, um größere Rechnungen mit Brüchen auszuführen. Neugebauer schreibt etwas provokativ (in: The exact sciences in Antiquity, Munksgaard, 1951, S. 81):

> *“The role of Egyptian mathematics is probably best described as a retarding force upon numerical procedures.”*

Ich gebe ihm insofern Recht, als es unmöglich ist, Mond-Astronomie mit ägyptischen Stammbrüchen zu betreiben. Es gibt bei einer Division verschiedene äquivalente (also mehrdeutige) Resultate; Subtraktion von Stammbrüchen ist sehr kompliziert bis unmöglich durchzuführen, und es ist sehr schwierig, Brüche mit einander zu vergleichen. Um die Effizienz des babylonischen Sexagesimalsystems gegenüber den ägyptischen Stammbrüchen zu illustrieren, gebe ich als Beispiel eine Aufgabe, die in den beiden Systemen der Zahlen-Notation sehr unterschiedlich aussieht:

Welche von den Zahlen (1/4 + 1/10) und (1/3 + 1/45) ist die größere?
Welche von den Zahlen (0;21) und (0; 21,20) ist die größere?
Und wie groß ist die Differenz?

Um diese Fragen anhand der ägyptischen Rechenkunst zu beantworten, benötigt man sehr viel Zeit und Geschick!
Im babylonischen Zahlensystem hätten wir die Zahlen 0;21 (= 1/4 + 1/10) und 0; 21,20 (= 1/3 + 1/45). Hier sehen wir unmittelbar, dass die zweite Zahl um $0;0,20 = 20/60^2$ größer ist als die erste. Damit haben wir auch die „ägyptische Aufgabe“ gelöst: Die Zahl (1/4 + 1/10) ist kleiner als (1/3 + 1/45) und die Differenz beträgt 1/180: 1/4 + 1/10 + 1/180 = 1/3 + 1/45.

5 Der babylonische Kalender

Der babylonische Kalender war ein astronomischer Luni-Solar-Kalender, bei dem die Zeiteinheiten von Sonne und Mond bestimmt wurden. Der neue Tag begann bei Sonnenuntergang, und ein neuer Monat begann, wenn die neue Mondsichel (das „Neulicht“) zum ersten Mal nach einer Konjunktion am abendlichen Himmel kurz nach Sonnenuntergang sichtbar wurde.

Der Tag dauerte also von einem Sonnenuntergang bis zum nächsten Sonnenuntergang. Der (synodische) Monat dauerte von einem Neulicht bis zum nächsten Neulicht. Ein Jahr hatte 12 (synodische) Monate = 12 × 29.53 Tage = 354 Tage. Dies ist um ca. 11 Tage kürzer als das tropische Jahr von 365,2422 Tagen. Deshalb wurde in etwa jedem dritten Jahr ein dreizehnter Monat eingeschoben. Diese Schaltjahre hatten dann 13 Monate. Damit wurde erreicht, dass Monat I immer nahe am Frühlings-Äquinox (= Tag-und-Nacht-Gleiche) anfing. Dieser Luni-Solar-Kalender ist sehr alt. Er ist durchgehend von 2600 v. Chr. bis Jahr 63 n. Chr. belegt.

Die Handhabe dieses Kalenders sowie die Wichtigkeit von Planeten-Erscheinungen wird oft als Motivation angesehen, um Astronomie zu betreiben. Die Babylonier hatten vorwiegend Interesse an speziellen Mondphasen: Neulicht, Vollmond, Altlicht und Finsternisse, sowie an speziellen Planetenphasen.

Beispiel 1: Jupiterberechnungen – babylonische Astronomie versus klassische Astronomie
In der klassischen sphärischen Astronomie ging man davon aus, dass die Erde sich im Zentrum des Universums befand und die Himmelskörper – Sonne, Mond, Planeten und Sterne – sich um die Erde drehten. In der obersten Sphäre waren

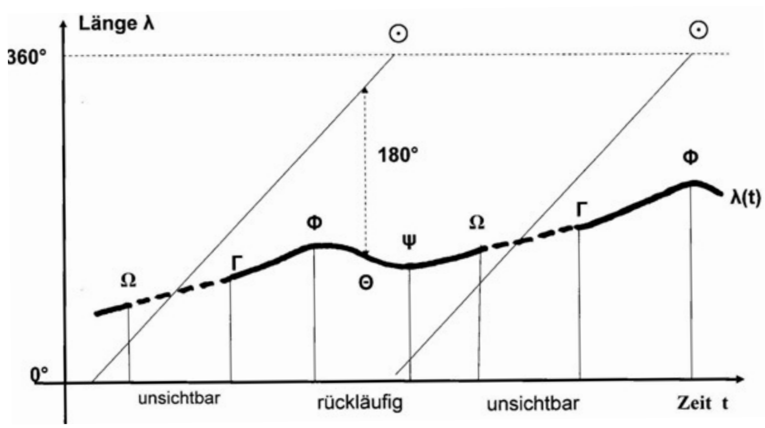
die Fixsterne, die sich pro Tag ein Mal um die Erde drehten. Darunter befanden sich die Wandersterne (Planeten), samt Sonne und Mond, in ihren jeweiligen Sphären. Diese wurden in der täglichen Drehung mitgeführt, hatten aber dazu auch noch eine Eigenbewegung. Die Position der Himmelskörper wurde, und wird oft heute noch, anhand der Himmelskoordinaten Länge λ und Breite β angegeben. Die Länge λ wird dabei entlang des Tierkreises in Grad gemessen, und zwar mit dem Frühlingspunkt als Nullpunkt. Die Breite β gibt den Abstandstand des Himmelkörpers oberhalb (positives Gradmaß) oder unterhalb des Tierkreises (negatives Gradmaß) an. Sowohl die Einteilung des Kreises in 360^0 wie der Tierkreis (auch Ekliptik genannt) stammen von den Babyloniern.

Figur 7
Die Figur zeigt eine Armillarsphäre mit der Erde im Zentrum. Wir sehen den Horizont, die Weltachse, die durch Nord- und Südpol geht und um die sich der Himmel scheinbar dreht, und wir sehen die (dünnen) Wendekreise, welche vom Tierkreis tangiert werden.

Der große antike Astronom Ptolemäus ($\sim$ AD 150) konnte die Bewegungen von Sonne, Mond und Planeten anhand von Epizyklen gut simulieren. In seinen Tabellen zur Berechnung von Positionen der Himmelkörper verwendete er das babylonische Sexagesimalsystem, wobei die Zahlen mit Buchstaben des alten phönikischen Alphabets geschrieben wurden ($\alpha = 1$, $\beta = 2$, $\gamma = 3, \ldots\ , \theta = 9$, $\iota = 10$ und $\iota\beta = 12$).

Für jeden Zeitpunkt t konnte man anhand von Ptolemäus' Tafeln die Länge $\lambda(☾)$ und Breite $\beta(☾)$ des Mondes sowie die Länge der Planeten berechnen. Die Länge wurde als kontinuierliche Funktion der Zeit berechnet: $\lambda = \lambda(t)$. Seitdem werden Bewegungen der Himmelskörper durch Funktionen der Zeit erfasst:
$\lambda_{\text{Planet}} = \lambda_{P(t)}$, $\lambda(☾) = \lambda(t)$ und $\beta(☾) = \beta(t)$ etc.

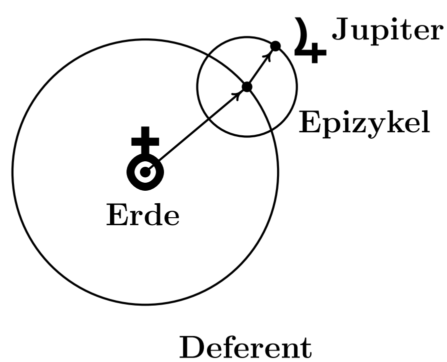
Figur 8 Claudius Ptolemäus (als König dargestellt) mit der allegorischen Figur Astronoia. Aus *Margarita Philosophica* von Gregor Reisch (1503).



Figur 9: Die Position von Jupiter als Funktion der Zeit $\lambda_j = \lambda(t)$.

Figur 9 illustriert, wie die Bewegung von Jupiter als kontinuierliche Funktion der Zeit graphisch dargestellt wird. Die beiden parallelen Linien zeigen die jährliche Bewegung der Sonne. Eine synodische Periode von Jupiter (z. B. von einer Konjunktion mit der Sonne bis zur nächsten) dauert im Schnitt 399 Tage, also ca. 1 Jahr plus ein Monat.

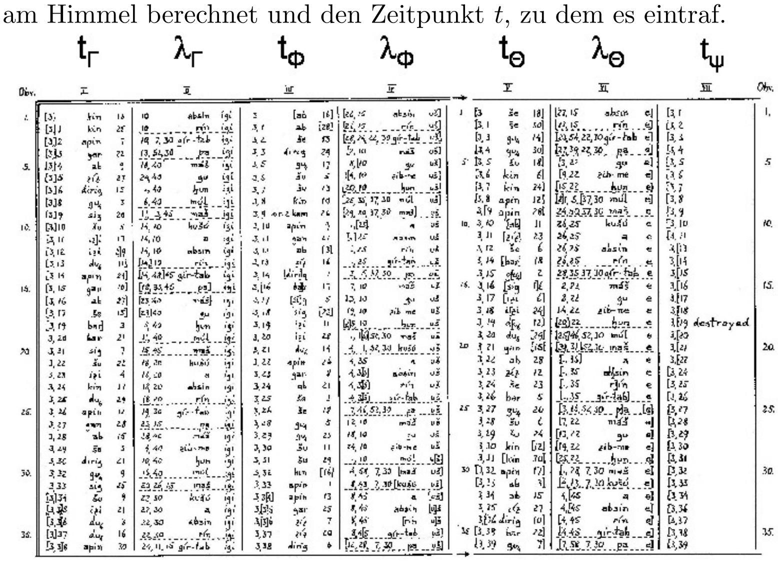
Ptolemäus' Berechnungen basierten auf einem Epizykel-Modell mit der Erde als Zentrum. Die Richtung zu Jupiter wurde durch den beweglichen Punkt ♃ auf der Peripherie des kleinen Kreises (Epizykel) simuliert. Das Zentrum des Epizykels liegt auf dem großen Kreis (Deferent) und bewegt sich mit konstanter Winkelgeschwindigkeit um die Erde herum. Die Winkelgeschwindigkeiten auf Epizykel und Deferent sowie das Verhältnis der beiden Radien können durch Beobachtungen ermittelt werden. Damit ist das BerechnungsModell eindeutig festgelegt.



Figur 10
Das Epizykel-Modell für Jupiter

Wir wissen heute, dass sowohl Erde als auch Jupiter sich auf Ellipsen um die Sonne bewegen, aber wir berechnen trotzdem die Richtung zu Jupiter als kontinuierliche Funktion der Zeit, wie dies in Figur 9 gezeigt ist. Die Babylonier sind ganz anders vorgegangen: sie betrachteten isolierte Phänomene, die aus ihrer Beobachtungspraxis stammten. Wenn Jupiter sich in der Nähe der Sonne befindet, ist er nicht sichtbar. In Figur 9 wird diese Unsichtbarkeitsperiode durch Strichelung der Jupiterbahn gekennzeichnet. Die letzte Sichtbarkeit Jupiters, an einem Abend kurz nach Sonnenuntergang, war von besonderem Interesse. Von Astronomie-Historikern wird dieses Phänomen Ω genannt. Die erste Sichtbarkeit Jupiters nach einer Konjunktion wird als Γ oder dessen heliakischen Aufgang bezeichnet. Um die Opposition herum gibt es drei bemerkenswerte Punkte auf der Jupiterbahn: den ersten stationären Punkt Φ, wonach Jupiter am Himmel bis zum zweiten stationären Punkt Ψ rückläufig erscheint. Dazwischen liegt die Opposition, die nicht direkt beobachtet werden kann. Das Phänomen Θ, das die Babylonier beobachteten, war eher der acronytische Aufgang des Planeten. (Dies ist der Aufgang Jupiters, der bei Sonnenuntergang stattfindet.) Wir berechnen heute die Jupiterbewegung als Funktion der Zeit, und erst danach werden die heliakischen Phänomene Ω, Γ, Φ, Θ und Ψ anhand von Sichtbarkeitskriterien bestimmt. Danach folgt die zweite synodische Periode mit denselben Phänomenen Ω_2, Γ_2, …etc.

Die Babylonier hingegen, haben die Phänomene isoliert betrachtet und numerische Funktionen entwickelt, die aufeinander folgende Phänomene von derselben Art berechneten: sukzessive heliakische Aufgänge Γ_1, Γ_2, Γ_3, …wurden mit einer Funktion berechnet, und mit einer anderen numerischen Funktion wurden aufeinander folgende Stillstände Φ_1, Φ_2, Φ_3, … Φ_i, …berechnet, etc. Für jedes der Phänomene haben die babylonischen Astronomen die Position Jupiters λ am Himmel berechnet und den Zeitpunkt t, zu dem es eintraf.



Figur 11 Neugebauers Edition einer Jupitertafel, die als No. 611 in seinem Werk „Astronomical Cuneiform Texts“ (ACT) veröffentlicht wurde.

Die erste Kolonne in Fig. 11 gibt unter einander die Zeitpunkte $t(1)$, $t(2)$,... aufeinander folgender heliakischen Aufgänge an, die zweite Kolonne berechnet die Positionen Jupiters $\lambda(1)$, $\lambda(2)$,... bei dessen heliakischen Aufgängen. Kolonne drei und vier geben für aufeinander folgende erste stationäre Punkte Φ deren Zeitpunkte und Längen an. Danach kommen Zeitpunkte und Position von den folgenden Phänomenen Ψ, Θ und Ω. Wie wir sehen, wurden also nur die isolierten Phänomene berechnet; die kontinuierliche Bewegung von Jupiter dazwischen konnte dann durch Interpolation bestimmt werden.

Die Berechnungsmethode konnte rekonstruiert werden:
Auf einem Teil der Ekliptik bewegte sich Jupiter von einem heliakischen Aufgang bis zum nächsten um 30°. Auf einem anderen Teil wurde diese Bewegung $\triangle_i\lambda$ als 36° angesetzt. In unseren Worten formuliert, wurde die Länge aufeinander folgender Γ-Phänomene aus einer numerischen Geschwindigkeitsfunktion berechnet. Die neue Position $\lambda(i+1)$ wird aus $\lambda(i)$ gefunden:

$\lambda(i+1) = \lambda(i) + \triangle_i\lambda$ mit $\triangle_i\lambda = 30°$ auf einem Teil der Ekliptik
und mit $\triangle_i\lambda = 36°$ auf dem anderen Teil.

Beim Übergang von einer Geschwindigkeit zur nächsten wurde linear interpoliert. In Tabelle 1 sind einige Daten aus Figur 11 eingetragen, um diese Berechnungsweise zu illustrieren.

	t_Γ			λ_Γ		t_ϕ			λ_ϕ
Zeile	Jahr	Monat	Tag	Grad	Tierkreis	Jahr	Monat	Tag	
1	3,0	VI	13	10	♍	3,0	X	16	♍
	3,1	VI	25	10	♎				
	3,2	VIII	7	10,7,30	♏				
	3,4	IX	22	13,52,13	♐				
5	3,5	X	9	**18,40**	♑				
	3,6	XI	27	**24,40**	♒				
	3,7	XII_2	15	**.,40**	♈				
	3,9	II	3	**6,40**	♉				
	3,10	III	20	11,3,45	♊				
10	3,11	IV	5	**14,10**	♋				
	3,12	V	17	**14,10**	♌				
	3,13	V	29	**14,10**	♍				
	3,14	VII	11	14,48,35	♎				

Tabelle 1: Der obere linke Teil von ACT 611, wobei die Monate aus dem babylonischen Kalender mit römischen Zahlen I, II,..., XII angegeben werden und die babylonischen Bezeichnungen der Tierkreiszeichen durch die uns geläufigen Symbole ersetzt wurden.(Fette Gradangaben werden im folgenden Text erwähnt.)

Zwischen den Positionen 18°40 ♑ in Zeile fünf und 24°40 ♒ in Zeile sechs liegen genau 36°, dasselbe gilt für die Distanzen zwischen den Positionen in Zeile 6, 7, und 8. Den babylonischen Berechnungen zufolge hat sich der heliakische Aufgang um jeweils 36° im Tierkreis verschoben. Kontrollieren wir die dazu gehörenden Daten in der linken Kolonne, dann sehen wir, dass genau 13 Monate plus 18 Tage zwischen den entsprechenden Daten liegen. Auf dem „langsamen" Bogen, also zwischen den Positionen in Zeile 10, 11 und 12, liegen nur 30°, und die Zeitdifferenzen zwischen den Daten in diesen Zeilen betragen immer 13 Monate und 12 Tage. Wie die neue Länge $\lambda(i+1)$ des Phänomens Γ von $\lambda(i)$ gefunden wurde, so wird auch der neue Zeitpunkt $t(i+1)$ vom Zeitpunkt $t(i)$ gefunden: $t(i+1) = t(i) + \triangle_i t$, wobei $\triangle_i t$ von $\triangle_i \lambda$ abgeleitet wurde: $\triangle_i t = \triangle_i \lambda + C$. Für jeden Längenunterschied wurde dieselbe Konstante C dazu addiert. Dies ist für moderne Naturwissenschaftler durchaus überraschend; dennoch sind die berechneten Daten nicht schlecht – die Babylonier konnten die charakteristischen Phänomene der Planeten über lange Zeiträume erstaunlich gut berechnen. Aber ihre empirischen Methoden waren ganz anders als unsere Methoden, um dasselbe zu berechnen.

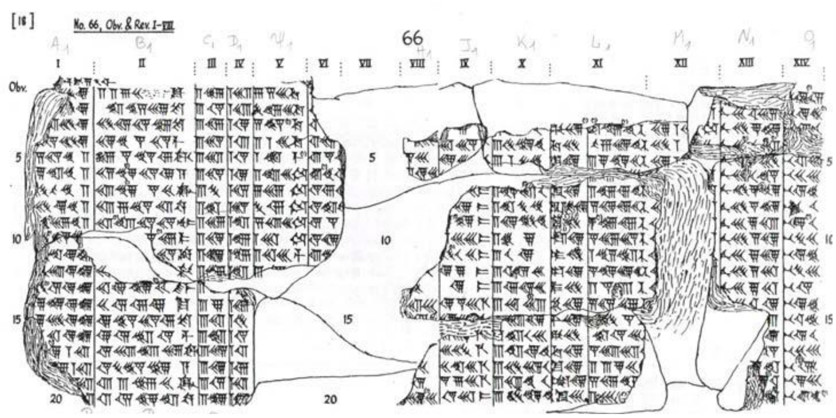
Dies führt zu folgender *Charakterisierung der babylonischen Astronomie*:

- Sie ist numerisch und phänomenologisch.
- Wiederholung und Regelmäßigkeit wurden beobachtet und festgehalten.
- Spezielle, isolierte astronomische Phänomene wurden mit numerischen Funktionen „beschrieben".
- Diese Astronomie ist ganz anders, als wir es uns gewöhnt sind.
- So viel wir wissen, hatten die Babylonier keine geometrischen Modelle.
- Die Babylonier waren sehr geschickte Numeriker.

6 Geschichte der Entzifferung babylonischer astronomischer Texte

Bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts hatte man einzig aus antiken Quellen (griechische Autoren und Altes Testament) Hinweise auf Astronomie aus dem Zweistromland. Die babylonischen Gelehrten wurden nicht als kundige Astronomen erwähnt, sondern „Magier" oder „Chaldäer" genannt, da man wusste, dass sie sich mit Zahlenmystik, Magie und Astrologie befassten. In den griechischen Texten findet man nur undifferenzierte Bezeichnungen für die mesopotamischen Gelehrten: „Magi" oder „Chaldäer". (Der Ursprung dieser Namen ist jetzt bekannt: „Magi" oder Magier kommt aus dem altpersischen Maguš, eine Bezeichnung von Zoroaster-Priestern, und „Chaldäer" ist eine Verballhornung des babylonischen Kaldû, dem Namen von nomadischen Stämmen aus dem Südirak.) Aus dem Alten Testament nehmen z.B. Jesaja 47 und Daniels Buch Bezug auf die babylonischen Astrologen und Wahrsager. Die Propheten warnten vor selbstgemachten Göttern und Wahrsagerei. Die Folgerung, die aus diesen Quellen gezogen wurde, war, dass die „babylonischen Gelehrten" bloß Magier, Chaldäer oder Astrologen waren, und dass Mystik und Astrologie die treibende Kraft hinter den babylonischen Gelehrten sei. Dies sollte sich radikal ändern, nachdem man originale babylonische Quellen fand.

Seit 1830 wurden Hunderttausende von Keilschrifttexten in Mesopotamien gefunden - meistens durch „wilde“ Ausgrabungen, bei denen in der Regel nicht aufgezeichnet wurde, wo, in welcher Schicht und mit welchen anderen Funden zusammen die Tontafeln gefunden wurden. Die ausgegrabenen (oder von Händlern gekauften) Tafeln wurden in verschiedenen westlichen Museen (in London, Paris, Berlin, New York,. . .) gesammelt und gelagert. Als man ab 1850 die Keilschrift lesen konnte, hat sich unsere Auffassung von den Babyloniern radikal geändert. Im British Museum hat der Jesuit Pater Strassmaier Keilschrifttafeln kopiert; er schickte diejenigen Abzeichnungen, die sehr viele Zahlen enthielten, an Jesuiten-Kollegen, die sich mit Astronomie auskannten: zuerst an Pater Epping, und nach dessen Tod an seinen Kollegen Pater Kugler. Im Jahre 1881 ist es Epping gelungen, einige Zahlenkolonnen aus einem Ephemeriden-Text zu deuten.



Figur 12 Die Abzeichnung des Mondtextes, dessen Kolonnen X und XI Epping als Dauer und Zeitpunkt aufeinander folgender Konjunktionen von Sonne und Mond deuten konnte.

Er entdeckte, dass eine Kolonne mit guter Genauigkeit die Dauer des synodischen Monats aufzeichnete. (Ein synodischer Monat ist die Zeit von einem Neuoder Vollmond bis zum nächsten Neu- oder Vollmond.) Die folgende Zahlenkolonne gab den Zeitpunkt von aufeinander folgenden Konjunktionen von Sonne und Mond an. Als gelehrter Astronom wusste Epping, wieviel astronomisches Wissen und „know how“ es braucht, um aufeinanderfolgende Konjunktionen zu berechnen. In den Keilschriften hatte er eine hoch entwickelte berechnende Astronomie gefunden. Er folgerte: „Diese beiden Kolonnen geben uns mehr Information über die babylonische Astronomie als sämtliche Bemerkungen und Notizen aus der Antike.“[1]

Die Patres Epping und Kugler, und danach der Mathematiker und Wissenschaftshistoriker Otto Neugebauer, waren Pioniere der Entzifferung der babylonischen

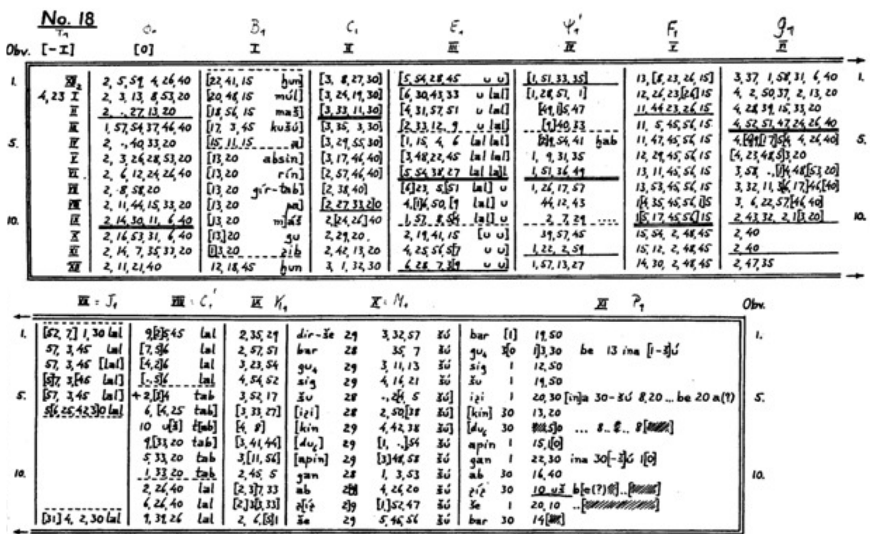
[1]Epping-Strassmaier 1881, S. 285

Astronomie. Sie haben sich die Keilschrift beigebracht, um die für sie interessanten Texte zu lesen: dies waren die astronomischen und mathematischen Texte. Neugebauer untersuchte, entzifferte und übersetzte sämtliche zu seiner Zeit bekannten mathematischen und astronomischen Keilschrifttexte. Diese Pioniere haben Großartiges geleistet und dabei die Grundlage für die weitere Forschungen gelegt. In den ersten Herausgaben von Keilschrifttexten sind die Errungenschaften in unserer wissenschaftlichen Sprache formuliert. Neugebauer gab die Keilschrifttexte zuerst in akkadischer Transliteration wieder, und danach die Methoden der gerechneten Aufgaben in moderner algebraischer Schreibweise. Er bemerkte bereits, dass jede Wissenschaft von den jeweiligen Kulturen geprägt ist, in denen sie betrieben wurde. Es gab aber zu jener Zeit recht wenig Wissen über das historisch-kulturelle Umfeld dieser Texte. Neugebauer zeigte, dass die babylonische Astronomie auf einer konsistenten mathematischen Theorie basierte und dass die späteren und am höchsten entwickelten Theorien (aus der Zeit von ca. 200 v. Chr.) sich durchaus mit der griechischen Astronomie messen ließen – und dass sie, genau so wie diese, als eine gut und elegant funktionierende mathematische Theorie zu charakterisieren war. Er sah die babylonische Mathematik und Astronomie anerkennend mit den Augen eines modernen Naturwissenschaftlers an. Dass Astrologie und Magie „primus motor" für ihre Entwicklung sein sollte, wies er zurück. Neugebauer vermutete, dass der astronomische babylonische Luni-Solar Kalender der wichtigste Beweggrund war, um Astronomie zu treiben.

Der babylonische Kalender war, wie oben schon geschildert, ein astronomischer Kalender, der von den Bewegungen von Mond und Sonne bestimmt war. Der Tag dauerte von einem Sonnenuntergang bis zum nächsten Sonnenuntergang; der Monat fing bei der ersten Sichtbarkeit der neuen Mondsichel ☽ an und dauerte bis zur ersten Sichtbarkeit des Mondes nach der nächsten Konjunktion. Der Mond-Monat dauerte damit 29 oder 30 Tage. Die kurzen und langen Monate wechselten sich dabei in einer unregelmäßigen Weise ab und waren nur schwer vorherzusagen. Aber um Zeitabstände und Feste bestimmen zu können, muss man wissen, welche Monate 30 Tage lang sind und welche nur 29 Tage. Ein Ziel der berechneten Mondephemeriden war es deshalb, herauszufinden, wann die neue Mondsichel wieder sichtbar wird. Das normale Jahr hatte 12 Mond-Monate = 354 Tage, also etwa 11 Tage weniger als das Sonnen-Jahr. Etwa alle drei Jahre wurde ein extra Monat eingeschaltet, damit der erste Monat des Jahres, Nissan, immer nahe am Frühlings-Äquinox (= Tag-und-Nacht-Gleiche) anfing. Die Bestrebung, den babylonischen Kalender „in den Griff zu bekommen", mag schon ein wichtiger Beweggrund gewesen sein, um Astronomie zu betreiben; aber es war sicherlich nicht der einzige oder wichtigste Grund.

Nach 25-jähriger Forschung erschien 1955 Neugebauers großes dreibändiges Werk über die babylonische Astronomie „Astronomical Cuneiform Texts"(ACT). Für eine neue und hervorragende Einführung in die Methodik der babylonischen mathematischen Astronomie siehe Ossendrijer (2012).

Diese Astronomie war ganz anders als die unsrige: sie war zwar geschickt und bewunderungswert elegant, aber sie basierte, wie wir oben im Beispiel 1 gesehen haben, auf rein numerisch ermittelten Zahlenfunktionen, und überraschenderweise verwendete sie, soviel wir wissen, keinerlei geometrische Modelle. Die Babylonier waren gute Astronomen: genaue Beobachter und geschickte Numeriker. Eine Voraussetzung für diese Entwicklung ist ihr gut funktionierendes Positions-Zahlenystem, das Sexagesimalsystem, in dem die Rechenoperationen Addition, Subtraktion, Multiplikation sowie Division sich alle gut und einfach ausführen lassen. Wir sehen hier, wie das vorhandene mathematische Werkzeug die Naturbeschreibung wesentlich mitbestimmt. Neugebauer bemerkte zwar, dass die antike Naturwissenschaft auch eng mit ihrer Kultur und Tradition verbunden war. Er beschäftigte sich aber fast ausschließlich mit den technisch-wissenschaftlichen Texten.



Figur 13: Neugebauers Edition einer Mond-Ephemeride. Jede Zeile befasst sich mit einem Monat. Sie notiert die verschiedenen Größen, die zur Berechnung des nächsten Neulichts benötigt wurden. Die erste Kolonne (T1) listet den letzten Monat XII_2 eines Jahres und die darauf folgende 12 Monate des Jahres 4,23 der Seleukidischen Ära (∼ 48 v. Chr.).

Beispiel 2: Mondberechnungen

Oben in Figur 13 sehen wir die Vorderseite der Ephemeriden-Tafel ACT 18 in Neugebauers Handschrift. Für 13 Monate wird der Beginn des nächsten Monats anhand von vielen Zahlenkolonnen berechnet. In der letzten Kolonne P werden für jeden Monat der Tag 30 oder 1 [=31] angegeben, an dem die neue Mondsichel gesehen wird, zusammen mit dem Zeitintervall zwischen Sonnen- und Monduntergang. Die numerischen Funktionen, die zur Berechnung verwendet wurden, befinden sich in den davor stehenden Kolonnen. Kolonne B gibt die Position λ(☾) im Tierkreis an bei der die Konjunktion zwischen Sonne und Mond stattfindet, Kolonne C liefert die Länge des Tages in dem betreffenden Monat, und Kolonne F enthält die momentane Mondgeschwindigkeit v(☾). Es ist in der Tat den Babyloniern gelungen, die erste Sichtbarkeit des Mondes, ein sehr schwierig zu berechnendes Phänomen, korrekt zu berechnen. Sie konnten also die Länge des Monats voraussagen aber auch wie lange nach Sonnenuntergang das neue Mondlicht unterging. Dieses Zeitintervall, NA_N, ist eine Funktion vieler Variablen. Es hängt vom Zeitpunkt der Konjunktion zwischen Sonne und Mond, von der momentanen Mondgeschwindigkeit und Mondbreite, samt von der Position des Mondes im Tierkreis ab:

$$NA_{\mathrm{N}} = \mathrm{F}(\triangle(t),\, v(☾),\, \lambda(☾),\, \beta(☾)).$$

Dies sind erstaunliche und bewunderungswerte Errungenschaften der Babylonier. Ich stimme Neugebauer zu, wenn er bemerkt:

> *"It is one of the most brilliant achievements in the exact sciences of antiquity to have recognized the independence of these influences and to develop a theory which permits the prediction of their combined effects"*[2]

Diese Leistungen sind das Endprodukt einer langen Entwicklung. Viele Faktoren haben dabei zusammengespielt. Unten sind einige wichtige Quellen zur babylonischen Astronomie entlang einer Zeitachse angegeben. Schon seit 3000 v. Chr. wurde im Süden Mesopotamiens der oben beschriebene Luni-Solar Kalender verwendet. Frühe astronomische Beobachtungen von Mondfinsternissen sowie Perioden der Sichtbarkeit des Planeten Venus (im babylonischen Mondkalender angegeben) sind in der Omen-Sammlung Enūma Anu Enlil (EAE) aufgezeichnet. Die vierzehnte Tafel dieser Sammlung, EAE XIV (Al-Rawi und George 1991), enthält, wie auch das astronomisch-astrologische Kompendium MUL.APIN (Hunger und Pingree 1989), astronomische Zahlenschemata – was als ein frühes Stadium der Theoriebildung angesehen werden kann.

2500 v. Chr

EAE 20: Omentexte mit Berichten über Mondfinsternisee
EAE 64: Venusobservatiobnen z. Z. Amisadugas'

1500 v: Chr.

EAE 14: schematische Erfassung der ☾-Phasen
MUL.APIN: schematische Erfassung von ☾ und ☉

1000 v. Chr.

Vorhersageregeln für Planeten- und Mondphasen **Diaries**

500 v. Chr.

Berechnende Astronomie:ACT Astronomie

[2] The exact sciences in Antiquity, Dover 1969 p. 109

Ab 750 v. Chr. wurde über einen Zeitraum von mehr als 700 Jahren der Sternehimmel regelmäßig beobachtet. In den „Diaries“ wurden die Beobachtungen aufgeschrieben (Sachs und Hunger, 1988-1996). Dies bezeugt ein großes Interesse an Astronomie, beantwortet aber nicht die Frage, wie ein so großes Projekt zustande kam und wofür, wer die Schreiber für ihre Arbeit bezahlt hat, und was dessen Zweck war.

Wie im letzten Abschnitt ausführlicher gezeigt werden soll, war auch die altbabylonische Mathematik (1800 v. Chr.) erstaunlich hoch entwickelt. Die Babylonier hatten Rechentechniken, um „Gleichungen 2. Grades“ zu lösen, der „Satz von Pythagoras“ wurde verwendet, und es gab eine sehr gute Nährung zu $\sqrt{2}$. Alle Rechnungen wurden in dem effizienten Sexagesimalsystem ausgeführt. Alle diese Faktoren haben dazu beigetragen, dass die Babylonier eine so elegante numerische Astronomie entwickeln konnten. Sie waren sogar imstande, Zeitpunkte, Größen und Verlauf von Mondfinsternissen zu berechnen, und sie haben sehr genaue Perioden der Planeten oder des Mondes bestimmt: dass zum Beispiel 1 synodischer Monat = 29;31,50,08,20 Tage ist, haben die Babylonier gefunden. Dieser Wert (wie viele andere) wurde z. B. von Hipparch und Ptolemäus übernommen und lange danach noch verwendet. Dennoch wurde die babylonische Astronomie in Geschichtsbüchern kaum erwähnt.

7 Kritik an der Geschichte der Naturwissenschaften

Das Konzentrieren auf die griechische Wissenschaft als alleinigem relevantem Vorgänger von moderner Naturwissenschaft erregte Widerspruch. Dazu kam, dass viele andere Gattungen von Keilschrifttexten (als die mathematischen und astronomischen) übersetzt worden waren, so dass man viel mehr über die babylonische Kultur und Tradition wusste. Die wissenschaftlichen Texte sollten nicht isoliert und für sich alleine behandelt werden.

Deshalb wurde ein ganzes Heft von Isis als Themenheft einer Diskussion darüber gewidmet, wie man Wissenschaftsgeschichte betreiben soll (Isis, Vol. 83, Dezember 1992). Die bisherige Art, Geschichte der „Naturwissenschaften“ zu betreiben, wurde kritisiert, da man davon ausging, dass „echte“ Naturwissenschaft (ab jetzt durch NW abgekürzt) erst bei den Griechen anfängt. Es gab Kritik an den Methoden, mit denen alte wissenschaftliche Texte aus dem Standpunkt der heutigen Wissenschaft betrachtet und interpretiert wurden, und mit denen Inhalte alter Texte alleine anhand moderner mathematischer Notation wiedergeben wurden. Und es gab Kritik an der Auswahl der Quellen: Oft wurde in älteren „NW“ Texten nur nach Bekanntem, also nach „Vorläufern“ der jetzigen NW gesucht. Statt nur die „Rosinen zu picken“, sollten sämtliche „relevante“ Texte berücksichtigt werden. Die Frage wurde aufgeworfen: Was ist „relevant“? Was darf als Objekt der Forschung dienen? Was verstehen wir unter „NW“ („exact science“) im weiteren Sinne? Nur das, was wir jetzt als wissenschaftlich einstufen

– oder auch das, was die Menschen der damaligen Zeit als Wissenschaft ansahen? Es wurde darauf hingewiesen, dass die NW nicht als ein stetig wachsender Baum der Weisheit aufgefasst werden darf. Die Arbeiten früherer Naturforscher zeigen, dass es vielfältige Methoden und Wege mit Unterbrüchen und Irrwegen gab. Irrwege sind aber auch von Interesse. Mathematik wird manchmal als ewige Wahrheit aufgefasst, die man entdecken muss (à la platonische Ideenlehre). Mathematik kann aber auch als ein von Menschen entwickeltes Werkzeug gedeutet werden. Z. B. als Rechentechnik, die aus der Praxis entstanden und dann weiterentwickelt wurde. Nicht nur die passenden griechischen Vorläufer sollten Objekt der historischen Forschung sein, sondern auch die vorgriechischen (babylonischen und ägyptischen) sowie nicht-westlichen „NW“ Texte. David Pingree gab in seinem Artikel „Hellenophilia versus the History of Sciences“ einen provokativen Vorschlag dafür, was als Objekt der Wissenschaftsgeschichte dienen soll:

> *A proper definition of science for a historian of science: “Science is a systematic explanation of perceived or imaginary phenomena ”.*

In jenem Themenheft von Isis wurden neue Ziele der Geschichtsschreibung formuliert: Alte „NW“ Texte müssen von den damaligen Voraussetzungen ausgehend verstanden werden; es geht also darum, ihre Konzepte und Methoden zu rekonstruieren. Die Wiederherstellung der Kontexte, Ziele und Methoden der antiken „Natur-Forscher“ wurde gefordert. Denn es ist schon lange gezeigt worden, dass auch Naturwissenschaft abhängig von Zeit, Kultur und Tradition (auch „kultureller Erfahrungsraum“ genannt) ist. Diese Sicht beeinflusst auch die Forschung über babylonische Astronomie, denn Astronomie und Astrologie waren eins und dasselbe im alten Babylon, weshalb diese Texte zusammen behandelt werden müssen. Bei uns sind diese Disziplinen erst nach Kepler ganz auseinander gegangen. Astronomie ist bei uns eine ernst zu nehmende Wissenschaft über Himmelskörper und Universum. Astrologie hingegen hat mit Wahrsagung und Aberglaube zu tun und wird nicht als seriöse Wissenschaft angesehen.

8 Quellen zur babylonischen Astronomie

Es gibt in den Museen der Welt drei bis vier tausend Keilschrifttafeln mit astronomischem Inhalt, oder Fragmente davon. Nimmt man die astrologischen Tafeln dazu, vergrößert sich die Zahl der Texte um knapp zwei tausend. Unten sind die verschiedene Typen von astronomischen und/oder astrologischen Keilschrifttafeln schematisch angegeben zusammen mit ihrer ungefähren Anzahl und dem Zeitpunkt, zu dem sie in edierten Ausgaben publiziert worden sind.

Text Typus:	**Publiziert**	**Anzahl**
ACT Texte: numerisch berechnende Astronomie	1955	(300)
später sind noch mehr dazugekommen:		(+150 - 200)
nicht-mathematische Keilschrifttexte:		
(von Sachs klassifiziert und als Abzeichnungen publiziert)	1955	
Diaries: Beobachtungsberichte (750 v. Chr. $\sim$ 0)	1988-96	(1500)
Goal-Yea Texte: Beobachtungen für Vorhersagen	2007	(178)
Almanacs, NS Almanacs: geordnete Vorhersagen		
(immer noch nur in Abzeichnung veröffentlicht)		
Astronomisch/Astrologische Keilschrifttexte:		
EAE[3]**, MUL.APIN**, und andere Omen-Texte	1991, 1989	(1000)
Briefe und Rapporte an den Assyrischen Königen	1992	(389, 567)

Simo Parpola, der die Briefe an die Assyrischen Könige (sowie etliche sumerische Lyrik) herausgegeben hat, prägte den Begriff „Mesopotamian Wisdom“[4] Mesopotamische Weisheit steht für das gesamte mythologische, kulturelle und religiöse Umfeld der alten Mesopotamier. Jeder Stadtstaat hatte seinen Stadtgott, und der König war Repräsentant des Stadtgottes auf Erden. Die Götter gaben Zeichen, die gedeutet werden mussten, um dem König Wegweisung zu geben. In Mesopotamien wurden die Himmelskörper als Götter bezeichnet und geehrt. In Keilschrift-Texten haben die Gestirne ein Zeichen d (= göttlich) als Determinant. Der Sonnengott wird z. B. als ^{d}UTU geschrieben, wo UTU das sumerische Zeichen für Tag ist. Das Zeichen d = DINGIR, das davor steht, war die Weiterentwicklung des alten Zeichens für Stern. Auch in den Namen für Mond und Planeten tritt dieses d, das auf eine Gottheit hinweist, auf.

Wenn man die Ephemeriden-Tafeln alleine betrachtet, könnte man meinen, dass diese elegante babylonische Astronomie, wie die unsrige, eine „reine und nüchterne“ Naturwissenschaft sei. Wenn man jedoch die Einleitung zu dem unten abgebildeten Lehrtext liest, wird klar, dass die Schreiber es anders sahen. Ein Lehrtext ist eine Gattung der astronomischen Keilschrifttexte; er enthält kurze Anweisungen, wie man astronomische Phänomene berechnen oder vorhersagen kann, aber keinerlei Erklärung oder Begründung. Der abgebildete Lehrtext, Tafel, BM 42282+, befindet sich im British Museum. Sein erster Abschnitt wurde erst neulich von I. Finkel (2000, S. 140) übersetzt:

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

[3]EAE besteht aus 72 Tafeln mit Omina für die fünf bekannten Planeten, die Sonne und den Mond. Es ist nur ein Teil der Tafeln bis jetzt veröffentlicht. Die vierzehnte Tafel, die Mittelwert-Schemata für Sonne und Mond enthält, ist 1991 veröffentlicht worden.

[4]Siehe Parpola 1993, SS XIII-XXVII.

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.

Figur 14 Die Vorderseite des Lehrtextes BM 42282+.

Die restlichen 8 Abschnitte auf der Tafel enthalten Rezepte, wie man aus Beobachtungen von gewissen Zeitintervallen zwischen Auf- und Untergang von Sonne und Mond dieselben Zeitintervalle einen Saros[5] später finden kann. (Brack-Bernsen and Hunger 2008). Diese Vorhersagemethode ist sehr präzise. Solch gute empirische Vorhersage-Regeln für astronomische Phänomene würde man nicht nach der Einleitung der Tafel erwarten. Hier sehen wir auch, dass es sich um eine Geheimwissenschaft handelte, die „von den großen Göttern“ nur für Wenige offenbart worden war.

9 Astronomie und Astrologie im Mesopotamien: eins und dasselbe

Wenn wir die Errungenschaften der babylonischen Schreiber anschauen, müssen wir zugeben, dass diese alten Astronomen Erstaunliches und Bewunderungswürdiges geleistet haben. Nicht nur haben sie sehr elegante numerische Methoden

[5]Der Saros ist eine wichtige Periode nach der sich Mond- und Sonnenfinsternisse wiederholen. Er ist gleich 223 synodische Monate und war spätestens ab dem 7. Jahrhundert vor Christus in Mesopotanien bekannt.

entwickelt, um Mond- und Planeten-Phänomene berechnen zu können – sie haben auch äußerst genaue empirische Vorhersage- Methoden gefunden und verschiedene astronomische Perioden sehr genau bestimmen können. Diese Perioden wurden später von den hellenistischen Astronomien verwendet. Wenn man aber nur diesen Teil der babylonischen Astronomie betrachtet, bekommt man ein falsches Bild von den alten Schreibern und ihrer Tätigkeit. Unwillkürlich mag man sie (mit einem modernen Weltbild im Hinterkopf) als „frühe Kollegen“ heutiger Naturwissenschaftler sehen; was sie aber nicht waren, denn in Mesopotamien war Astronomie und Astrologie eins und dasselbe. Beides wurde von denselben Schreibern betrieben. Sie waren die Gelehrten, die den König beraten sollten, weil sie die himmlischen Zeichen beobachten und deuten konnten. Ihr Weltbild umfasste viele Stadt- und Himmelsgötter und die „Mesopotamische Weisheit“ lenkte das Leben. Die Schreiber verwendeten dieselben Methoden für beide Bereiche, Astronomie sowie Astrologie. Es sind wir, die eine Unterscheidung machen. Wahrsage-Texte und astronomische Texte sind beide Resultat systematischer Bearbeitung von Beobachtungen und Ereignissen. Es ging darum, Prognosen zu stellen für das Wetter, für Preise, Krankheitsverläufe, zukünftige Ereignisse und Himmelsphänomene. Es gibt ein umfassendes Quellenmaterial für Astronomie und Astrologie in Mesopotamien, und alles stammt aus einer Tradition. Die verschiedenen astronomischen Tätigkeiten mit den englischen Fachbegriffen sind:

Astral sciences	(Astronomie)
Celestial divination	(Wahrsagung, Omen Astrologie)
Personal horoscopy	(Horoskope)
Astral magic	(Astrale Magie)

Die Götter sandten Zeichen, um den König zu leiten. Die Schreiber sollten die Zeichen deuten, um den König recht zu beraten. Die Idee oder Annahme hinter den astrologischen Prognosen ist, dass Ereignisse sich wiederholten, wenn die Bedingungen oder Zeichen dafür sich wiederholten. Man hat also Ereignisse auf Erden mit solchen am Himmel in Verbindung gebracht. Wenn z. B. einmal ein Krieg oder eine Dürre kurz nach einer speziellen beobachteten Planetenkonstellation eingetroffen ist, dann wurde eine Verbindung zwischen diesen Geschehnissen vermutet, so das man wieder einen Krieg oder ein Dürre befürchten musste, wenn dieselbe Planetenkonstellation sich wieder zeigte.

Die Struktur der Omina kann kurz zusammengefasst werden:
Wenn Ereignis X, dann wird Ereignis Y eintreten

Die Omensammlungen basieren auf systematische Sammlungen und Analysen von Zeichen und dazugehörigen Ereignissen. Es waren aber nicht nur die Gestirne, die als Zeichengeber dienten. Zeichen konnten auch durch Träume oder sonderbare Ereignisse auftreten. Dem entsprechend gab es viele verschiedene Omen-Sammlungen.

Enūma Anu Enlil	Himmelsphänomene
Šumma ălu	Terrestrische Phänomene
Ziqīqu	Tarum Gott
Alamdimmû	Menschliche Physiologie
Šumma izbu	Anomal geborenen Tiere
SA.GIG	Krankheit Symptome
Iqqur īpuš	Zahlenmystik

Es gab natürliche und provozierte Omina. Wenn ein Schreiber ein sehr schlechtes Himmels-Omen abgeben musste, konnte er versuchen, es durch ein anderes, provoziertes, Omen zu bestätigen oder zu entschärfen.

Von den Briefen an die Assyrischen Könige wissen wir, dass diese Könige von fünf Typen von Gelernten beraten wurden. Links unten sind ihre assyrischen „Berufe“ aufgeschrieben, und rechts daneben die entsprechenden Tätigkeiten:

Tupšarru	Schreiber-Wahrsager
Bārû	Wahrsager durch Leber-Inspektion von geopferten Tieren
Āšipu	Magier-Exorzist
Kalû	Klagesänger-Priester
Asû	„Arzt“

Diese Tätigkeiten sehen für uns recht sonderbar aus. Ein ernst zu nehmender Astronom, so würde man vermuten, hat nichts mit diesen Praktiken zu tun. Dennoch zeigen Briefe, dass die Gelehrten im Assyrien des siebten Jahrhunderts vor Christus in allen Gebieten ausgebildet waren und sich auskannten. Die späteren Schreiber der Ephemeriden-Texte nannten sich z. B. Schreiber von Enūma Anu Enlil. Die Vielfältigkeit der babylonischen Gelehrten wird belegt durch einen Brief, den ich in Parpula's Übersetzung wiedergebe (Parpula 1993, S. 122). Der Brief ist von Marduk-šāpik-zēri geschrieben (einem Experten in Himmelskunde und Wahrsagung) und an den König Aššurbanipal gerichtet:

> *I fully master my father's profession, the discipline of lamentation; I have studied and chanted the Series. I am competent in [...], 'mouth-washing', and purification of the palace [...]. I have examined healthy and sick flesh. I have read the (astrological omen series) Enūma Anu Enlil [...] and made astronomical observations. I have read the (anomaly series) Šumma izbu, the (physiognomical works) [Kataduqqû, Alamdi]mmû and Nigdimdimmû, [... and the (terrestrial omen series) Šum]ma ālu.*

Der Nächste Brief (Parpola 1993, S. 8-9) zeigt, wie ängstlich der König manchmal war und unsicher, ob er den Beratern vertrauen konnte. Erst muss der Schreiber den König (auf alle Götter schwörend) beteuern, dass er ihm nie etwas verschwiegen hat. Erst danach berichtet er, was beobachtet wurde (z.B. Mars, der in seiner rückgängigen Bewegung zurück in das Tierkreiszeichen Skorpion kommt) und welches Omen dies nach der mündlichen Tradition zu bedeuten hat.

> *To the king my lord; your servant Issar-šumu-ereš. Good health to the king, my lord! May Nabû and Marduk bless the king, my lord! Concerning what the king, my lord, wrote to me: "Why have you never told me the truth? When will you (actually) tell me all that there is to it?" Aššur, Sin, Šamaš, Bel, Nabû, Jupiter, Venus, Saturn, Mercury, Mars, Sirius, and ... be my witnesses that I have never untruly ...*
> *When the planet Mars comes out from the constellation Scorpius, turns and re-enters Scorpius, its interpretation is this: If Mars, retrograding, enters Scorpius, do not neglect your guard; the king should not go outdoors on an evil day. This omen is not from the Series; it is from the oral tradition of the masters. When Mars, furthermore, retrogrades from the Head of Leo and touches Cancer and Gemini, its interpretation is this: End of reign of the king of the Westland.*

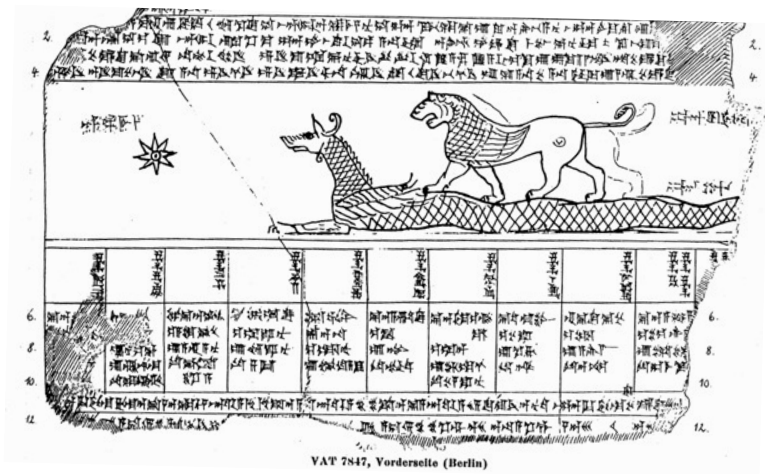
Man bemerke, dass die Anrede im unten zitierten Brief (Parpola S. 4-5) sehr ähnlich anfängt. Der Titel „König“ ist bloß mit „Bauer“ ersetzt worden. In diesem Brief geht es um den Ersatzkönig. Es herrschte die Überzeugung, dass ein König sterben musste nach einer Mondfinsternis. Das belegen viele Omentexte. Welcher König im Nahen Orient dies Schicksal traf, hing vom Verlauf der Finsternis ab. Es galt also darum, im Voraus zu wissen, wann eine gefährliche Mondfinsternis zu erwarten war, damit man rechtzeitig den König warnen konnte. Er versteckte sich in einer Strohhütte, und ein anderer Ersatzkönig wurde während der gefährlichen Zeit auf dem Thron gesetzt. Nach den schicksalhaften Ereignissen nahm der Ersatzkönig die Zeichen auf sich, wurde zusammen mit seiner Königin getötet und mit königlichen Ehren begraben. Der Brief zeigt, dass er trotzdem den König gegen eine Intrige warnen möchte.

> *To the 'farmer', my lord: your servant Nabû-zeru-lešir. Good health to my lord! May Nabû and Marduk bless my lord for many years! I wrote down whatever signs there were, be they celestial, terrestrial or malformed births, and had them recited in front of Šamaš, one after the other. They (the substitute king and queen) were treated with wine, washed with water and anointed with oil; I had those birds cooked and made them eat them. The substitute king of the land of Akkad took the signs on himself. He cried out: "Because of what ominous sign have you enthroned a substitute king?" And he claims: "Say in the presence of the 'farmer': on the evening of the xth, we were drinking wine. Sakkaya gave bribes to his servant Nabû-usalli and meanwhile he inquired about Nikkal-iddina, Šamaš-ibni, and Na'id-Marduk, speaking about upheaval of the country: Seize the fortified places one after another!' He is to be watched carefully; he should no longer belong to the entourage of the 'farmer'. His servant Nabû-usalli should be questioned - he will spill everything."*

Noch ein paar Bemerkungen zur babylonischen Astrologie/Astronomie. Es ist offensichtlich, dass die schrecklichen Folgen von Mondfinsternissen, wie in Omen-Serien zu lesen ist, eine ganz gewaltige Motivation für die Erforschung von Mond- (und anderen Himmels-) Phänomenen bedeutete. Die Astrologie entwickelte sich im Takt mit der Astronomie. Neue astronomische Theorien und Methoden wurden von der Astrologie übernommen und in die Vorhersage-Systeme integriert. Schon in den frühesten bürokratischen Texten sehen wir, wie mit dem unregelmäßigen Mondkalender (aus praktischen Gründen) umgegangen wurde: unabhängig davon, ob der Monat 29 oder 30 Tage hatte, wurde jeder Monat als 30 Tage gerechnet. Daraus entstand das „ideale“ oder „schematische Jahr“ von 12 Monaten aus 30 Tagen.
In MUL.APIN wurde dieses schematische Jahr dazu verwendet, die Daten der verschiedenen Mondphasen approximativ zu erfassen: Laut dem idealen Schema hatte jeder Monat 30 Tage, das Neulicht wurde am Tag 1 gesehen, am 14. Tag wurde es Vollmond, und am Tag 30 Schwarzmond. In den Omentexten sehen wir, dass es ein gutes Omen ist, wenn der Mond sich nach diesem Schema verhält. Es ist ein gutes Omen, wenn das Neulicht zur rechten Zeit erscheint – und ein schlechtes Omen, wenn er „zu früh kommt“ und schon am 30ten Tag des vorhergehenden Monats gesehen wird. Mit anderen Worten: ein Monat von 29 Tagen ist ein schlechtes Omen. Ähnlich wird es als gutes Omen angesehen, wenn der Mond am 14. Tag seine volle Phase erreicht – und als schlechtes Omen, wenn diese Phase früher oder später als am Tag 14 eintrifft. Später wurde der Tierkreis von 12 Zeichen von je 30° eingeführt. Ihr Ursprung ist das ideale Jahr von 12 Monaten zu je 30 Tagen und die Identifikation 1 Tag entspricht 1° Bewegung der Sonne.[6] Am Tag N im Monat M befindet sich die Sonne bei N° im Zeichen M. Der Tierkreis sollte danach in der Astrologie eine wichtige Rolle spielen. Auch simple babylonische Mittelwertschemata sind in der Astrologie übernommen worden. Weder die Sonne noch der Mond bewegen sich mit konstanter Winkelgeschwindigkeit im Verhältnis zu den Fixsternen. Doch es gibt Keilschrifttexte mit simplen Mittelwertschemata für die Bewegung des Mondes, die so genannten Dodekatemoria-Texte, die für jeden Tag im Monat die schematische Position des Mondes angeben. Die Logik dahinter ist, dass jeder Mond-Monat als 30 Tage gerechnet wird und dass die Sonne sich 1° pro Tag bewegt; dann muss der Mond sich 13° pro Tag bewegen, also um 12° pro Tag schneller als die Sonne. (In Wirklichkeit variiert die Mondgeschwindigkeit zwischen 11° und 15° pro Tag.) Laut dem Dodekatemoria-Schema stehen Sonne und Mond am Tag 0 eines Monats M bei 0° des Tierkreiszeichens M. In einem Monat durchläuft die Sonne das Tierkreiszeichen M, während der Mond den ganzen Tierkreis plus Zeichen M durchläuft. Dies ist eine einfache, aber ungenaue Methode, um die Position des Mondes anhand des schematischen

[6] Die Positionen am Himmel werden durch Winkelabstände bestimmt. Sonne, Mond und Planeten bewegen sich relativ zu den Fixsternen. Ihre Bewegungen werden durch ihre Winkelgeschwindigkeiten erfasst: Im Mittel bewegt sich die Sonne knapp 1° pro Tag, der Mond hingegen 13° pro Tag.

Tages (welcher der Sonnenposition gleich ist) zu finden. Jedes Mal, wenn die Sonne sich um $2\,{}^1\!/_2°$ bewegt hat, hat der Mond ein ganzes Zeichen plus die $2\,{}^1\!/_2°$ durchlaufen. Wir finden das Dodekatemoria- Schema auch in Zeichnungen, wo jedes Tierkreiszeichen in 12 Minizeichen von $2\,{}^1\!/_2°$ geteilt ist.



Figur 15 Das Tierkreiszeichen Löwe von der Tafel VAT 7847.

Figur 15 zeigt das Tierkreiszeichen Löwe: der Löwe steht auf dem Rücken des Sternbildes Hydra. Unterhalb sind kleine beschriftete Quadrate zu sehen: von den zwölf Minizeichen, in die das Zeichen Löwe geteilt worden sind, sind die ersten zehn ganz und das elfte Teilweise erhalten. Die Namen der Mini-Tierkreiszeichen sind in Keilschrift in den Quadraten aufgeschrieben. Diese Zwölfteilung der Tierkreiszeichen, das Dodekatemoria, spielte in der griechischen Astrologie eine große Rolle. VAT 7847 ist gezeichnet von Ernst Weidner und als Tafel 6 publiziert in Ernst Weidner, Gestirn-Darstellungen auf babylonischen Tontafeln, Sitzungsberichte der Philosophisch-historischen Klasse, Band 254/ 2. Abhandlung, Wien 1967.
Die Babylonier versuchten, allerlei zukünftige Ereignisse durch „Vorzeichen" zu erkennen. Nach solchen Zeichen wurde am Himmel und auf der Erde, bei Tieren und Menschen gesucht. Nur auf einem Gebiet wurde zuverlässige Vorhersage möglich: in der Sternkunde. Die babylonische Astronomie ist und bleibt eine überraschend gute und genaue Naturbeschreibung.

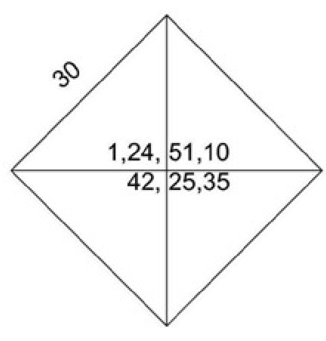
10 Ein Kurzer Einblick in die babylonische Mathematik

An dieser Stelle kann über dieses große und interessante Thema nur punktuell und summarisch berichtet werden. Für weitere Kenntnisse wird auf die grundlegenden Werke von O. Neugebauer, J. Høyrup und E. Robson hingewiesen. (Siehe Literatur; dazu die Homepages der beiden letzteren Autoren, wo es noch viel mehr Literatur gibt, die zum Teil im pdf-Format heruntergeladen werden kann.)

Zuerst soll in Figur 16 eine altbabylonische Tafel mit Aufgaben zu geometrischen Figuren vorgestellt werden. Die Tafel stammt etwa aus der Zeit 1800 v. Chr. und wurde in Robson (1999, SS. 208-215) wiedergegeben und ausführlich besprochen.

Figur 16: Teil der Keilschrifttafel BM 15285, die sich im British Museum befindet.

Dieser Text enthält viele gezeichnete geometrische Figuren und dazu in Keilschrift die Aufgaben, die zu diesen Figuren zu lösen sind. Der Text zur zweiten Figur von links stellt die Aufgabe: „1 ist die Länge. Ein Quadrat; in sein Inneres habe ich 8 Dreiecke gelegt. Wie sind ihre Flächen?“ Diese Aufgabe kann einfach und allein durch Betrachtung der Figur gelöst werden: man muss nur bemerken, dass die 8 gleichseitigen Dreiecke, in die das Quadrat geteilt ist, alle kongruent, also gleich groß, sind. Daraus ergibt sich, dass jedes Dreieck eine Fläche von 1/8 des Quadrats hat, nämlich $1^2 \cdot 1/8$ [= 0; 7,30 - eine Zahl, die man sofort in einer Reziprok-Tabelle finden konnte].



Figur 17: Links ein Photo von der Tafel YBC 7289, rechts das stilisierte Quadrat, in dem die Keilschrift-Zahlen durch unsere Zahlen wiedergegeben sind.

Die Tafel in Figur 17 stammt aus derselben Zeit als BM 15285 und befindet sich im Yale Museum. Sie ist sehr berühmt, denn sie zeigt ein Quadrat mit Diagonalen und ist mit Zahlen beschriftet. Diese Zahlen belegen, dass die Babylonier schon um 1800 v. Chr. eine sehr gute Nährung zur $\sqrt{2}$ kannten. Wir lesen 30 und interpretieren es als die Seiten-Länge des Quadrats. Dann bemerken wir dass $30 \cdot 1;24,51,10 = 42;25,35$, und identifizieren die Zahl 42;25,35 als die Länge der Diagonale. So lassen sich die Zahlen mit der gezeichneten Figur in Verbindung bringen. Wir schließen daraus, dass die Babylonier den Koeffizienten 1;24,51,10 kannten, der eine sehr gute Nährung zum Verhältnis zwischen Seite und Diagonale eines Quadrates darstellt. Wir bezeichnen diese Zahl heute mit $\sqrt{2}$. Wie gut die Nährung ist, wird klar, wenn wir die Zahl 1;24,51,10 quadrieren: $(1;24,51,10)^2 = 1;59,59,59,38 = 1.999998$ – in der Tat eine sehr gute Nährung für 2!

Wie die Babylonier diese gute Nährung gefunden haben, wissen wir nicht. Doch haben wir etliche Belege dafür, denn außer auf dieser Tafel ist sie auch in etlichen Listen mit so genannten Koeffizienten zu finden. Wir haben es also hier keineswegs mit einer „primitiven" Mathematik zu tun. Dass die mesopotamischen Mathematiker den so genannten „Pythagoräischen Lehrsatz" schon in altbabylonischer Zeit, also um bereits um 1800 v. Chr. kannten, ist lange bekannt (seit Neugebauer, 1934). Wird doch in etlichen Beispiels-Aufgaben eine Seite oder die Diagonale eines rechtwinkligen Dreiecks damit gefunden. Die Babylonier wussten, dass die Summe der Quadrate der Seiten eines solchen Dreiecks gleich dem Quadrat der Diagonale ist. (In unserer modernen algebraische Schreibweise: $a^2 + b^2 = c^2$.)

Als O. Neugebauer die ersten mathematischen Keilschrifttexte edierte – eine enorme Pionierleistung – hat er die Zahlen und Berechnungen, die er in Keilschrift vorfand, identifiziert und in algebraischer Schreibweise zusammengefasst und wiedergegeben. 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. Später hat Jens Høyrup die Transliterationen (Umschreibung der Keilschrift-Zeichen in Sumerogramme 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. 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 mit Neugebauers Übersetzungen (d.h. deren algebraischen Versionen) weitergearbeitet, ohne die Originaltexte anzuschauen, und es entstand der Begriff „babylonische Algebra", als ob die Babylonier ihre Aufgaben durch Einsetzen in Formeln lösten. Dieses Missverständnis hat Høyrup korrigiert.

Hier sollen die Übersetzungen von Neugebauer und Høyrup von derselben Aufgabe einander beispielhaft gegenübergestellt werden. Damit wird klar, wie die beiden Übersetzungen ganz unterschiedliche Interpretation eines Aufgabentextes darstellen. (Für Genaueres über die Deutungsgeschichte mathematischer Texte aus Mesopotamien, siehe Høyrup, 1996.) Dies darf nicht als Kritik von Neugebauer aufgefasst werden. Er hat Enormes geleistet, und ich denke, dass ein Jeder genau so wie er gearbeitet hätte, wenn er eine Berechnung in einer ihm nicht gängigen Sprache vorfindet: nämlich durch Verwendung von unserem Wissen und unseren Mitteln (z.B. algebraische Notation) zu versuchen, die Rechnungen zu rekonstruieren. In folgender Übersetzung Neugebauers habe ich die Aufgabestellung und die Rechnungen hervorgehoben.

> **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:

$$\begin{aligned} X^2 + 1 \cdot X &= 0;45 \\ 1 \cdot 1/2 = 0;30 & \\ 0;30 \cdot 0;30 &= 0;15 \\ X^2 + 1 \cdot X + (1/2)^2 &= 0;45 + 0;15 = 1 \\ \text{Hieraus folgt, dass} & \\ X + 1/2 &= \sqrt{1} = 1 \qquad X = 1/2 \end{aligned}$$

Oder als allgemeine Formel, da viele verschiedene ähnliche Aufgaben gelöst wurden:

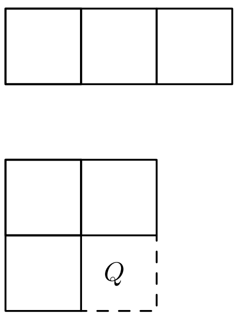
$$\begin{aligned} X^2 + bX &= a \qquad\qquad b/2 \qquad (b/2)^2 \\ X^2 + bX + (b/2)^2 &= a + (b/2)^2 \\ (X + b/2)^2 &= a + (b/2)^2 \\ X + b/2 &= \sqrt{a + (b/2)^2} \end{aligned}$$

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.*

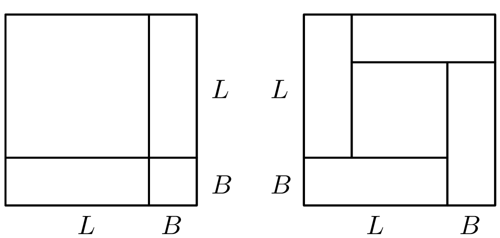
Høyrups Übersetzung 1990:

> *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 equalside. 30‘ which you have made hold in the inside of 1 you tear out: 30‘ the confrontation.*



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) gegen einander, so wird ein Quadrat Q ausgespannt. Dieses Quadrat muss man zur der Γ-förmigen Fläche hinzufügen. Hier merkt man wie „konkret handwerklich“ im Text gesprochen wird.

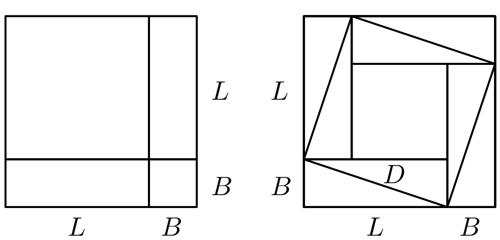
Høyrups Übersetzung ist uns etwas fremd, liegt aber den babylonischen Konzepten und Methoden viel näher als Neugebauers Übersetzung. Es hat sich gezeigt, dass Høyrup mit seinem Ansatz Recht hatte. Es wurde konkret an Figuren argumentiert. Um zu illustrieren, wie gut das geht, sind unten geometrische Figuren gezeichnet, von denen man leicht die binomischen Formeln ablesen kann und auch auf die „Pythagoreische Formel“ kommen kann. In den Keilschrifttexten wird ein Rechteck durch seine Länge und Breite angegeben. Wir nennen die Seiten deshalb L und B.



Man sieht sofort:

$$\boldsymbol{(L+B)^2 = L^2 + B^2 + 2LB}$$

$$\boldsymbol{(L+B)^2 = (L-B)^2 + 4LB}$$



Bei Kombination der beiden Figuren kommt man auf die Formel

$\boldsymbol{L^2 + B^2 = D^2}$.

Literatur

[1] Al-Rawi, F. N. H. und George, A. R. (1991). "Enūma Anu Enlil XIV and Other Early Astronomical Tables", *Archiv für Orientforschung*, 38/39: 52-73.

[2] Brack-Bernsen, L. (1997). *Zur Entstehung der babylonischen Mondtheorie, Beobachtung und theoretische Berechnung von Mondphasen*, Boethius, Vol 40, Franz Steiner Verlag, Stuttgart.

[3] Brack-Bernsen, L., und Hunger, H. (2008). "BM 42282+42294 and the Goal-Year Method" in SCIAMVS 9: 3 - 33.

[4] Epping J. und Strassmaier, J.N. (1881). „Zur Entdeckung der astronomischen Tafeln der Chaldäer“ in *Stimmen aus Maria Laach* 21 SS. 277-292.

[5] Finkel, I. L. (2000). "On the Late Babylonian Medical Training" in *Wisdom, Gods, and Literature. Studies in Assyriology in Honour of W. G. Lambert*, Winona Lake, S. 140f.

[6] Friberg, J. (1984) „Zahlen und Maße in den ersten Schriftzeugnissen“, *Spektrum der Wissenschaft*, April 1984, 116-124.

[7] Høyrup, J. (1990). "Algebra und Naive Geometry. An Investigation of Some Basic Aspects of Old Babylonian Mathematical Thought". *Altorientalische Forschungen* **17** (1990), 27-69, 262-354.

[8] Høyrup, J. (1996). "Changing Trends in the Historiography of Mesopotamian Mathematics: An Insider's View". *History of Science* **34**, 1-32

[9] Høyrup, J. (2002). *Lengths, Widths, Surfaces: A Portrait of Old Babylonian Algebra and Its Kin.* (Studies and Sources in the History of Mathematics and Physical Sciences). New York: Springer.

[10] Hunger, H. und Pingree, D. (1989). MUL.APIN,*an astronomical compendium in cuneiform*, Archiv für Orientforschung, Beiheft 24, Verlag F.Berger Horn.

[11] Neugebauer, O. (1935-37). *Mathematische Keilschrifttexte* I-III, Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik und Physik, Abt. A, 3 Bände, Verlag Julius Springer, Berlin.

[12] Neugebauer, O. und Sachs, A. (1945). *Mathematical cuneiform texts* (American Oriental Series 29), New Haven: American Oriental Society.

[13] NEUGEBAUER, O. (1955). *Astronomical Cuneiform Texts* (ACT) Vols. I-III, Lund Humphries, London.

[14] NEUGEBAUER, O. (1969).*The exact sciences in Antiquity*, Dover.

[15] NISSEN,H., DAMEROW, P. und ENGLUND, R. (1991). „*Frühe Schrift und Techniken der Wirtschaftsverwaltung im alten Vorderen Orient. Informationsspeicherung und -verarbeitung vor 5000 Jahren*“, Verlag Franzbecker, 1991.

[16] OSSENDRIJVER, M. (2012). *Babylonian Mathematical Astronomy: Prodedure Texts.* Verlag Springer Verlag GmbH.

[17] PARPOLA, S.(1993). *Letters from Assyrian and Babylonian Scholars.* State Archives of Assyria volume X, Helsinki University Press.

[18] ROBSON, E. (1999). *Mesopotamian Mathematics, 2100-1600 BC Technical Constants in Bureaucracy and Education*, Clarendon Press, Oxford.

[19] ROBSON, E.(2008). *Mathematics in Ancient Iraq: A Social History.* Princeton, N. J.: Princeton University Press.

[20] SACHS, A. J., und HUNGER, H.(1989-1996). *Astronomical Diaries and Related Texts from Babylonia. Volume I-III: Diaries from 652 B. C. to 61 B. C.*, Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wien´

[21] SCHMANDT-BESSERAT, D. (1978). “The Earliest Precursor of Writing”, *Scientific American* 238 : 50-59.

[22] SCHMANDT-BESSERAT, D. (1977). “An Archaic Recording System and the Origin of Writing”, *Syro-Mesopotamian Studies* 1:1-32.

[23] SCHMANDT-BESSERAT, D.(1979). “Reckoning before writing”, *Archaeology* (May/June 1979, Vol. 32, No. 3, p. 22-31.)

Ich danke Herrn Tischel ganz herzlich für seine große Hilfe beim Umsetzen des Manuskripts in LaTeX.

Eingegangen am 05.03.2013

Lis Brack-Bernsen
Wissenschaftsgeschichte
Institut für Philosophie
Universität Regensburg
D - 93040 Regensburg.